



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRAFICAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA**

INFORME FINAL

**PROYECTO DEL FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA
N° 2004-03**

**“EVALUACION DEL STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA
Y SARDINA COMUN ENTRE LA V Y X REGIONES, AÑO 2004”**

**DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION**

CONCEPCION, JUNIO DE 2005

**Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción**

PROYECTO

FIP N° 2004-03
Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2004

REQUIRENTE

Fondo de Investigación Pesquera
Presidente CIP: Sr. Felipe Sandoval P.

UNIDAD EJECUTORA

Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción
Director Departamento: Dr. Ciro Oyarzún
E-mail: coyarzun@udec.cl

JEFE PROYECTO

MSc. Luis Cubillos Santander
Departamento de Oceanografía
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Universidad de Concepción
Casilla 160-C, Concepción, Chile
Tel.: 56-41-207233
Fax: 56-41-256571
E-mail: lucubillos@udec.cl

• **Concepción, Junio de 2005** •



Informe Final
Evaluación del Stock Desovante de Anchoqueta y
Sardina común entre la V y X Región, año 2004

AUTORES

Luis Cubillos S.
Leonardo Castro
Ciro Oyarzún

• Junio de 2005 •

**Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción**

1 Personal participante

PERSONAL	FUNCIÓN
Profesional:	
Luis Cubillos S.	Jefe Proyecto.
Ciro Oyarzún G.	Análisis integrado reproductivo.
Billy Ernst E.	Análisis integrado evaluación de stock.
Leonardo Castro	Análisis integrado huevos – oceanografía.
Santiago Gacitúa B.	Análisis reproductivo, monitoreo y fecundidad.
Elson Leal F.	Análisis reproductivo, monitoreo.
Gustavo Aedo U.	Análisis reproductivo, frecuencia de desove.
Paola González K.	Análisis reproductivo, frecuencia de desove.
Ricardo Chong F.	Análisis reproductivo, fecundidad.
Iván R. Veas F.	Análisis integrado huevos – oceanografía
Alejandra Llanos R.	Análisis ictioplancton, larvas y estadios de huevos.
María C. Krautz B.	Análisis ictioplancton, monitoreo
Sebastián Vásquez P.	Análisis ictioplancton, monitoreo
Samuel Soto M.	Análisis ictioplancton, estadios de huevos.
Katty Riquelme C.	Análisis ictioplancton, monitoreo, larvas con saco.
Carolina Alarcón M.	Análisis integrado ictioplancton-adultos
Claudio Castillo J.	Análisis reproductivo, muestreo adultos X Región
Milton Pedraza	Análisis reproductivo, muestreos adultos VIII Región
Técnico:	
Adolfo Meza	Muestreo a bordo, adultos VIII Región, reproducción
Germán Vásquez	Muestreo a bordo, adultos VIII Región
Cristian Valenzuela	Muestreo a bordo, adultos VIII Región
Robinson Carrasco	Muestreo a bordo, adultos X Región
Pablo Ortiz L.	Muestreo a bordo, adultos X Región
Ulises Mella O.	Muestreo a bordo, adultos X Región
Cristian Valero	Procesamiento, reproducción
Técnico colaborador:	
Eduardo Navarro V.	Muestreo a bordo, oceanografía
Pedro Inostroza B.	Muestreo a bordo, ictioplancton
Roxana León L.	Muestreo a bordo, ictioplancton
José M. Giacaman S.	Muestreo a bordo, ictioplancton
Cristian M. Chandía	Muestreo a bordo, ictioplancton
María I. Muñoz L.	Muestreo a bordo, ictioplancton
Mónica Barros	Procesamiento, reproducción
Profesionales colaboradores:	
Gabriel Claramunt Q.	Reproducción anchoveta
Paola Moreno	Reproducción anchoveta
Rubén Roa	Geoestadística

2 Resumen ejecutivo

Se evaluó el stock desovante de anchoveta y sardina común en el área frente a la V y X Regiones en invierno de 2004. Se utilizó el método de la producción diaria de huevos (MPDH), determinándose la producción diaria de huevos y la condición reproductiva de los cardúmenes desovantes mediante un crucero de evaluación que se desarrolló entre la V y X Regiones entre el 21 de agosto y 26 de septiembre de 2004.

Previo al crucero de evaluación, indicadores reproductivos macroscópicos de sardina común indicaron que en agosto las hembras se encontraban en proceso de desove. Asimismo, un monitoreo ictioplanctónico reveló que la abundancia de huevos de ambas especies se incrementó notablemente a comienzos de agosto, la que se mantuvo alta hasta mediados de septiembre. En este contexto, se considera que el crucero de evaluación se desarrolló en plena actividad reproductiva.

El crucero de huevos y de adultos, se ejecutó simultáneamente entre el 21 de agosto y 26 de septiembre de 2004. El crucero de huevos se desarrolló mediante la evaluación del desove en tres estratos geográficos: a) sector norte, sur de Valparaíso – norte de Constitución ($33^{\circ}00'S - 34^{\circ}00'S$), b) sector centro, entre Constitución y Golfo de Arauco ($34^{\circ}30'S - 37^{\circ}10'S$), y c) sector sur, entre el sur de Lebu – Bahía San Pedro ($38^{\circ}00'S - 41^{\circ}35'S$), a través de un muestreo sistemático sobre una grilla regular de estaciones dispuestas en transectas perpendiculares a la costa, equidistante cada 8 millas náuticas y estaciones separadas cada 4 millas náuticas. El sector norte fue evaluado a bordo de la L/M María Elena II (24 – 26 de septiembre), el sector centro fue evaluado a bordo de las L/I Kay Kay (21 agosto – 13 de septiembre), y el sector sur por el PAM La Niña (28 de agosto – 01 de septiembre). Se evaluó un total de 295 estaciones con red Calvet, y 81 estaciones con red Bongo.

La expresión del desove indica la ausencia de huevos de ambas especies entre Valparaíso y norte de Constitución. En el sector centro, hubo una mayor abundancia de huevos de anchoveta en toda el área ($6,5$ huevos/ $0,05\text{ m}^2$) mientras que la sardina común mostró una baja expresión de desove, localizada y de menor abundancia ($0,1$ huevos/ $0,05\text{ m}^2$). En el sector sur, el desove de ambas especies fue más importante y restringido al sector más costero y asociado a la isóbata de 50 m entre los $38^{\circ}30'S$ y $40^{\circ}S$, siendo la densidad de anchoveta de $19,3$ huevos/ $0,05\text{ m}^2$, mayor que la sardina común ($1,2$ huevos/ $0,05\text{ m}^2$). Se considera que el crucero abarcó de buena forma el área global de desove de ambas especies, resolviéndose los límites latitudinales al interior del área de estudio.

El crucero de adultos se desarrolló bajo la modalidad de pesca de investigación, utilizando 8 lanchas artesanales distribuidas en 4 lanchas en el sector centro y 4 en el sector sur del área de estudio. Se lograron 84 lances de pesca, con una mayor incidencia de lances de anchoveta que de sardina común. La cobertura geográfica del muestreo de adultos fue amplia, entre la desembocadura del río Itata y el Golfo de Arauco en el sector norte, y entre Toltén y Punta Galera en el sector sur.

La composición por talla de los cardúmenes desovantes, revela una estructura bi-modal en la anchoveta y sardina común en el sector centro, con la moda más importante en ejemplares de 13 a 14 cm de longitud total (LT). En la zona sur, la estructura de tallas fue unimodal, sin embargo la longitud media fue similar entre sexos y estratos geográficos para ambas especies. En los aspectos reproductivos, en el caso de la anchoveta, se evaluó un total de 1.385 hembras, distribuidas en 43 lances de pesca. En la sardina común, se analizó 1.075 hembras distribuidas en 33 lances de pesca.

Los principales resultados obtenidos permiten concluir lo siguiente:

- a) La producción diaria de huevos fue estimada en 12,2 huevos/0,05 m²/día para la anchoveta (CV = 43,9 %) y 2,5 huevos/0,05 m²/día para la sardina común (CV = 30%).
- b) La fracción diaria de hembras desovantes se estimó utilizando la hembras con folículos postovulatorios de día 1 y 2, siendo en la sardina común de 13,7 % (CV = 12,4 %) y de 20,0% (CV = 6,8%) en la anchoveta. Durante el periodo de evaluación, las hembras de ambas especies se encontraban reproductivamente activas. En la anchoveta el 43,5% se encontró madura (ovocitos vitelados) y 41,7% en actividad reproductiva ya sea en desove, desove reciente, o desovadas. Similar situación se observó en la sardina común con 40% de las hembras maduras y 45% en actividad de desove.
- c) La fecundidad parcial en ambas especies se relacionó linealmente en función del peso corporal a partir de 63 hembras hidratadas de sardina común, y 68 hembras de anchoveta. La fecundidad media poblacional estimada fue de 7.244 ovocitos (CV = 8,2%) en la sardina común y de 7.117 ovocitos (CV=4,7%) en la anchoveta.
- d) La proporción de hembras en peso fue de 50 % en sardina común (CV = 5,4 %), y el peso promedio de las hembras maduras fue de 15,7 g (CV = 7,68%). En la anchoveta, la proporción de hembras fue de 32% (CV = 6,0%), y el peso promedio de 19,3 g (CV = 4,1%).
- e) El área de desove fue más extenso en la anchoveta que en la sardina común, con 34,3 % y 13,9 % del área total de estudio (26969 km², incluyendo la zona norte). El área de estudio representada por los sectores centro (34°30'S-37°10'S) y sur (38°S-41°30'S) fue de 24.270 km², al interior de la cual el área de desove de anchoveta fue de 9.270 km² y el de sardina común de 3.764 km².

f) La biomasa desovante de anchoveta fue evaluada en 95.721 t (CV = 45,4%), y la biomasa desovante de sardina común en 5.916 t (CV = 33,2 %). La situación del stock de sardina común se encuentra seriamente disminuida, lo que es consistente con la tendencia a disminuir observada a partir de comienzos de 2002 a través de las evaluaciones acústicas de biomasa total.

La dinámica reproductiva de los adultos desovantes de sardina común se observan consistentes y dentro del rango esperado para una condición de máxima actividad reproductiva. En consecuencia, la baja producción diaria de huevos observada en el 2004 es consecuencia de la baja abundancia del stock desovante y no debida a cambios que puedan ser atribuidos a la condición reproductiva de los adultos.

3 Índice general

1	PERSONAL PARTICIPANTE.....	1
2	RESUMEN EJECUTIVO.....	3
3	INDICE GENERAL.....	7
4	INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	9
5	OBJETIVO GENERAL	13
6	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
7	ANTECEDENTES	14
8	METODOLOGÍA	16
8.1.	ÁREA Y PERÍODO DE ESTUDIO.....	17
8.1.1.	<i>Crucero de huevos.....</i>	<i>17</i>
8.1.2.	<i>Crucero de adultos.....</i>	<i>17</i>
8.2.	VIGILANCIA REPRODUCTIVA	18
8.2.1.	<i>Estado reproductivo.....</i>	<i>18</i>
8.2.2.	<i>Monitoreo ictioplanctónico.....</i>	<i>20</i>
8.3.	DISEÑO DE MUESTREO ICTIOPLANCTÓNICO	21
8.3.1.	<i>Grilla regular y muestreo de huevos con red PAIROVET.....</i>	<i>21</i>
8.3.2.	<i>Grilla regular y Muestreo larval con red BONGO.....</i>	<i>24</i>
8.3.3.	<i>Análisis en el laboratorio.....</i>	<i>25</i>
8.3.4.	<i>Muestreo oceanográfico.....</i>	<i>25</i>
8.4.	DISEÑO MUESTREO DE ADULTOS DESOVANTES.....	25
8.4.1.	<i>Número de lances y tamaño de muestra.....</i>	<i>26</i>
8.4.2.	<i>Justificación del número de lances y ejemplares por lance.....</i>	<i>27</i>
8.5.	METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	30
8.5.1.	<i>Objetivo 1: Producción diaria de huevos, mortalidad, y varianza asociada</i>	<i>30</i>
8.5.2.	<i>Producción diaria de huevos incorporando la abundancia de larvas con saco vitelino: caso de la anchoveta.....</i>	<i>33</i>
8.5.3.	<i>Objetivo 2: Proporción de estadios de madurez microscópicos, frecuencia diaria del desove y varianza asociada.....</i>	<i>35</i>
8.5.4.	<i>Objetivo 3: Fecundidad parcial, fecundidad media poblacional y varianza asociada</i>	<i>39</i>
8.5.5.	<i>Objetivo 4: Proporción sexual, peso promedio de hembras maduras, y varianza asociada</i>	<i>41</i>
8.5.6.	<i>Objetivo 5: Biomasa desovante y varianza asociada.....</i>	<i>43</i>
8.6.	OBJETIVO 6: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE HUEVOS ASOCIADA A VARIABLES OCEANOGRÁFICAS	45
8.7.	OTROS ASPECTOS METODOLÓGICOS	51
8.7.1.	<i>Taller de discusión de resultados.....</i>	<i>51</i>
8.7.2.	<i>Comparación con otras evaluaciones.....</i>	<i>51</i>

9	RESULTADOS.....	52
9.1.	MONITOREO REPRODUCTIVO DE ADULTOS	52
9.2.	MONITOREO REPRODUCTIVO DE HUEVOS	54
9.3.	DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN	55
9.3.1.	<i>Estaciones con presencia de huevos</i>	55
9.3.2.	<i>Abundancia de huevos</i>	56
9.3.3.	<i>Distribución de huevos</i>	57
9.4.	CRUCERO DE ADULTOS.....	59
9.4.1.	<i>Distribución espacial de los lances de pesca</i>	59
9.4.2.	<i>Estructura de tamaños</i>	60
9.5.	RESULTADOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	62
9.5.1.	<i>Objetivo 1: Producción diaria de huevos, mortalidad y varianza asociada</i>	62
9.5.2.	<i>Incorporación de larvas con saco vitelino en la estimación de P_0</i>	65
9.5.3.	<i>Objetivo 2: Estados de madurez microscópicos, fracción diaria de hembras desovantes y su varianza asociada</i>	68
9.5.4.	<i>Objetivo 3: Fecundidad parcial, fecundidad media poblacional y varianza asociada</i> 71	
9.5.5.	<i>Objetivo 4: Proporción sexual, peso promedio de hembras maduras, y varianza asociada</i> 72	
9.5.6.	<i>Objetivo 5: Biomasa desovante y varianza asociada</i>	73
9.5.7.	<i>Objetivo 6: Distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas</i> 74	
9.5.8.	<i>Características ambientales y distribución de huevos</i>	87
9.5.9.	<i>Distribución de huevos, larvas pre-flexión y larvas post-flexión notocordal</i>	90
9.5.10.	<i>Análisis preferencia-rechazo</i>	92
9.5.11.	<i>Análisis geoestadístico convencional</i>	93
9.5.12.	<i>Geoestadística paramétrica</i>	95
9.5.13.	<i>Comparación con otras evaluaciones</i>	98
10	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	107
11	CONCLUSIONES.....	112
12	REFERENCIAS	114
13	ANEXOS	121
13.1.	TALLER DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS	121
14	HORAS HOMBRE DEL EQUIPO DE TRABAJO.....	127
15	BASE DE DATOS FIP 2004-03	128

4 Índice de tablas y figuras

Tablas	Pág.
Tabla 1. Embarcaciones utilizadas en los muestreos de ictioplancton, coordenadas de cada sector, periodo de muestreo y número de estaciones por sector.	17
Tabla 2. Bitácora de pesca del crucero de adultos de anchoveta y sardina común.	19
Tabla 3. Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos, modificada para hembras de sardina común y anchoveta.	20
Tabla 4. Monitoreo quincenal de huevos de anchoveta y sardina común en el sector costero entre Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata.	21
Tabla 5. Relación entre el número de lances (n) y el tamaño de la submuestra (m) para un rango de coeficientes de variación (CV) para los datos de fracción diaria de hembra desovante determinada en el crucero del 2002 (Cubillos et al. 2003).	29
Tabla 6. Características morfohistológicas de los folículos postovulatorios.	36
Tabla 7. Estados de madurez microscópicos (EMM) por mes, en numero y porcentaje (entre paréntesis) para la sardina común y anchoveta obtenidos del monitoreo reproductivo.	53
Tabla 8. Presencia de folículos postovulatorios totales (FPO) en las muestras del monitoreo reproductivo de anchoveta y sardina común.	54
Tabla 9. Número de estaciones totales por sector, estaciones con huevos de anchoveta y sardina común, y el porcentaje que representan las estaciones con huevos de cada especie del total de estaciones muestreadas por sector.	56
Tabla 10. Número total de huevos de anchoveta y sardina común por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por estación (huevos/0,05 m ²) en cada sector.	57
Tabla 11. Longitud promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, y número de ejemplares de sardina común y anchoveta por zona, sexo y total, 21 de agosto – 26 de septiembre de 2004.	62
Tabla 12. Area total, área positiva y estimación de la producción diaria de huevos por especie y sector, varianza y coeficiente de variación (CV).	65
Tabla 13. Area total, área positiva y estimación de la producción diaria de huevos (P_0) para la anchoveta incorporando la producción de larvas con saco vitelino a la curva de mortalidad embrionaria por sector, varianza, $\text{Var}(P_0)$, y coeficiente de variación (CV).	67
Tabla 14. Resumen de los datos de los lances de anchoveta: longitud total (LT), peso total (PT), peso total corregido (PTCOR), peso corporal (PC), peso de gónada (PG), fecundidad parcial estimada (FPE), hembras maduras (HM), hembras hidratadas (HH), folículos postovulatorios (FPO) de edad 0, 1, y 2 días. Peso promedio de hembras corregido (PTHCOR), número de hembras (H), peso promedio de machos corregidos (PTMCOR), y número de machos (M) del muestreo aleatorio de proporción sexual.	68
Tabla 15. Resumen de los datos de los lances de sardina común (ver Tabla 14 para nomenclatura).	69
Tabla 16. Frecuencia y proporción de estadios de madurez sexual microscópicos (%) de anchoveta y sardina común (ver Tabla 3 y Fig. 3). Los estadios en desove, postdesovante de tanda, y desovados se agruparon en el estadio VII.	70
Tabla 17. Parámetros del modelo lineal utilizado para estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal.	71

Tablas	Pág.
Tabla 18. Parámetros reproductivos, producción diaria de huevos y biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. Entre paréntesis se indica el coeficiente de variación entre paréntesis.	73
Tabla 19. Covarianza (COVAR) y correlación (COR) entre los parámetros reproductivos de las hembras de anchoveta y sardina común.	73
Tabla 20. Prueba de aleatorización de la asociación entre los huevos de sardina común y anchoveta con la temperatura y profundidad. El símbolo “*” denota los valores de probabilidad $p \leq 0,05$ y el símbolo “**” denota los valores de probabilidad de $p \leq 0,01$. El número debajo de cada valor p es el rango de preferencia de la variable ambiental.	92
Tabla 21. Parámetros de la correlación espacial mediante la aplicación de un model formal de verosimilitud a los datos de los proyectos FIP 2000-14 y FIP 2004-03, y comparación de los intervalos de confianza de los rangos.	97
Tabla 22. Resumen de los parámetros reproductivos, producción diaria de huevos y biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común evaluados con el MPDH en el periodo 2002 – 2 004. Nomenclatura: W = peso promedio de hembras maduras (g), F = fecundidad media poblacional (ovocitos/día), S = fracción diaria de hembras desovantes; R = proporción sexual en peso; P_0 = producción diaria de huevos (huevos/0,05 m ² /día) en el área positiva; B = biomasa desovante (t); A_1 = área de desove positiva; FED=fecundidad específica diaria.	105
Figuras	Pág.
Figura 1 Distribución espacial de las estaciones de muestreo de huevos con red Pairovet. Se indica la distribución del veril de los 200 m.	23
Figura 2 Distribución espacial de las estaciones de muestreo de larvas con red Bongo (+). Círculos en el primer panel corresponden a estaciones Calvet. El recuadro en el panel central corresponde a la zona de monitoreo quincenal de huevos del sector centro.	24
Figura 3. Estadios de madurez sexual microscópicos característicos de sardina común.	35
Figura 4 Evolución del IGS promedio semanal para sardina común y anchoveta en la VIII y X Regiones.	52
Figura 5 Serie de tiempo de la abundancia promedio de huevos de anchoveta y sardina común en las muestras de monitoreo ictioplanctónico realizado entre la Desembocadura del Río Itata y Bahía Coliumo, Octava Región.	55
Figura 6 Número de estaciones totales y positivas con huevos de anchoveta y sardina común.	56
Figura 7 Distribución de huevos de anchoveta en los sectores centro y sur.	58
Figura 8 Distribución de huevos de sardina común en los sectores centro y sur.	59
Figura 9 Distribución espacial de los lances de pesca totales y lances de pesca efectivos de (a) anchoveta y (b) sardina común, 21 de agosto – 26 de septiembre de 2004.	60

Figuras		Pág.
Figura 10	Composición de longitudes de la anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) en el crucero de adultos (20 de agosto – 26 de septiembre, 2004).	61
Figura 11	Número de huevos por estadio de desarrollo y zona de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) (21 de agosto – 26 de septiembre, 2004).	62
Figura 12	Abundancia de huevos de anchoveta en función de su edad por zona.	63
Figura 13	Abundancia de huevos de sardina común en función de su edad por zona.	64
Figura 14	Producción de huevos y larvas con saco vitelino de anchoveta en el sector centro y sur.	66
Figura 15	Regresión lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal de hembras de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha), año 2004.	72
Figura 16	Dirección y magnitud del viento superficial cada 2° de latitud. Valores negativos se refieren a vientos del cuadrante norte, favorable a la convergencia costera (29 julio-30 septiembre 2004).	75
Figura 17	Imágenes de temperatura superficial del mar (NOAA-14).	77
Figura 18	Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m) en el sector centro.	78
Figura 19	Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) a 10 m en el sector centro.	79
Figura 20	Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) a 50 m en el sector centro.	80
Figura 21	Distribución del oxígeno disuelto a 10 y 50 m en el sector centro.	81
Figura 22	Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m) en el sector sur.	82
Figura 23	Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) a 10 m en el sector sur.	83
Figura 24	Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) a 50 m en el sector sur.	84
Figura 25	Distribución del oxígeno disuelto a 10 y 50 m en el sector sur.	85
Figura 26	Secciones verticales de salinidad y densidad (sigma-t) en el núcleo (transectas 34 (39°04'S), 36 (39°20'S), 38 (39°36'S)) y fuera del núcleo mayor de abundancia de huevos, (transecta 40 (39°52'S)) del sector sur.	86
Figura 27	Distribución de huevos de anchoveta en el sector sur, sobrepuesto a diagrama de isohalinas del mismo sector. Línea roja adicional corresponde a isobata de 200 m.	87
Figura 28	Diagrama de abundancia de huevos de anchoveta en el sector centro y sur, sobrepuestos al diagrama de salinidad y temperatura a 10 m de profundidad en el mismo sector. El número de puntos considerados en estos diagramas corresponde a las estaciones simultáneamente muestreadas con CTD y red CalVET.	88
Figura 29	Diagrama de abundancia de huevos de sardina en el sector centro y sur, sobrepuestos al diagrama de salinidad y temperatura a 10 m de profundidad en el mismo sector. El número de puntos considerados en estos diagramas corresponde a las estaciones simultáneamente muestreadas con CTD y red CalVET.	89
Figura 30	Imágenes satelitales de clorofila a del área completa de estudio.	90

Figuras	Pág.
Figura 31 Distribución de huevos, larvas pre-flexión y larvas post-flexión de anchoveta en las zonas centro y sur. Huevos fueron colectados con red CalVET (150 um trama) y larvas con red Bongo (300 um trama). Las unidades de abundancia son diferentes entre huevos y larvas.	91
Figura 32 Distribución de frecuencia acumulada de las variables del hábitat: profundidad ($f(t)$, línea azul) y profundidad por los huevos de anchoveta ($g(t)$, línea verde). La línea roja indica la diferencia absoluta entre $g(t)$ y $f(t)$.	92
Figura 33 Distribución espacial y distribución de frecuencia de la densidad de huevos de anchoveta.	93
Figura 34 Variograma empírico y variograma Gaussiano ajustado con mínimos cuadrados ponderados. Los parámetros son nugget =0, sill=4541, y rango=9965 m.	94
Figura 35 Reconstrucción del proceso espacial mediante kriging puntual ordinario utilizando parámetros de variograma obtenidos por mínimos cuadrados ponderados. La escala indica valores de densidad de huevos de anchoveta en número/0,05 m ² .	95
Figura 36 Panel superior izquierdo. Distribución espacial de los valores positivos de densidad de huevos. Panel superior derecho. Distribución latitudinal de las observaciones positivas indicando falta de tendencia. Panel inferior izquierdo. Distribución longitudinal de las observaciones positivas indicando falta de tendencia. Panel inferior derecho. Distribución de frecuencia de las observaciones positivas con parámetro de transformación Box-Cox, $\lambda = -0,4$.	96
Figura 37 Variogramas direccionales promediados en 23 bins y 4 direcciones ortogonales demostrando falta de anisotropía.	97
Figura 38 Grilla de muestreo de los cruceros FIP 2002-14, FIP 2003-06 y FIP 2004-03, y distribución de las estaciones positivas con huevos de anchoveta.	99
Figura 39 Grilla de muestreo de los cruceros FIP 2002-14, FIP 2003-06 y FIP 2004-03, y distribución de las estaciones positivas con huevos de sardina común.	100
Figura 40 Distribución de la abundancia de huevos de anchoveta en tres cruceros de evaluación en el sector centro.	101
Figura 41 Distribución de la abundancia de huevos de anchoveta en tres cruceros de evaluación en el sector sur.	102
Figura 42 Distribución de la abundancia de huevos de sardina común en tres cruceros de evaluación en el sector centro.	103
Figura 43 Distribución de la abundancia de huevos de sardina común en tres cruceros de evaluación en el sector sur.	104
Figura 44 Evaluaciones directas de la biomasa de sardina común (arriba) y de anchoveta (abajo). La evaluación acústica de biomasa total se indica con cuadros, y la biomasa del stock desovante (MPDH) con puntos. La captura de ambos pelágicos ocurre durante el primer semestre de cada año.	106
Figura 45 Esquema de circulación costera que favorece la concentración costera de huevos (tomada de Cubillos, 1999).	109

5 Objetivo general

Evaluar el stock desovante de los recursos anchoveta y sardina común correspondiente al litoral de la V a la X Regiones.

6 Objetivos específicos

6.1. Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos para los recursos anchoveta y sardina común.

6.2. Estimar la proporción de estadios de madurez sexual microscópicos y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta y sardina común con su varianza asociada.

6.3. Estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal, el modelo de regresión correspondiente a esta relación, y la fecundidad media poblacional de los recursos anchoveta y sardina común, con sus respectivas varianzas.

6.4. Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras de los recursos anchoveta y sardina común, con sus respectivas varianzas.

6.5. Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos.

6.6. Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas.

7 Antecedentes

La sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) son peces pelágicos pequeños de gran importancia pesquera para una flota industrial y otra artesanal de cerco que opera en la zona centro-sur de Chile, con Talcahuano y Corral como los principales centros de desembarque. Ambas especies se caracterizan por su fuerte distribución costera, por presentar un corto ciclo de vida, con tres a cuatro años de longevidad, rápido crecimiento, elevada tasa de mortalidad natural, por formar cardúmenes altamente densos, y por ser especies marcadamente influenciadas por factores ambientales (bióticos y abióticos) en todas las etapas de su ciclo vital (Yáñez et al. 1992, Cubillos y Arancibia 1993, Cubillos et al. 1998, Castro et al. 2000, Castro y Hernández 2000, Cubillos et al. 2001, Cubillos y Arcos, 2002).

La pesquería se desarrolla estacionalmente en la zona centro-sur, con capturas fuertemente dependientes de los pulsos de reclutamiento anual, proceso que tiende a ocurrir entre noviembre y enero de cada año, cuatro a cinco meses después del desove y representado por peces con una longitud modal centrada entre los 6 y 7 cm de longitud total (Cubillos et al. 1998, 2001, 2002). La evaluación del reclutamiento anual de los stocks de anchoveta y sardina común se realiza desde 1999 mediante el método hidroacústico (Castillo et al. 2000, 2001, 2002a, 2003a), método que también fue aplicado en el 2001 para evaluar la biomasa del stock desovante (Castillo et al., 2002b). Sin embargo, el método hidroacústico evalúa la biomasa total presente más bien que el stock desovante. Asimismo, es bastante cuestionable utilizar solamente la talla de primera madurez sexual para fraccionar la biomasa total hidroacústica evaluada. En otras palabras, el método hidroacústico no considera la dinámica reproductiva del stock, principalmente en términos de la frecuencia del desove y la subsiguiente producción de huevos realizada. Por esta razón, el método más adecuado para evaluar el stock desovante de peces con fecundidad indeterminada como la sardina común y la anchoveta es el Método de la Producción Diaria de Huevos (MPDH), ya que incorpora tanto la dinámica reproductiva como la producción de huevos realizada.

En efecto, actualmente el MPDH es la metodología más robusta para la evaluación de la biomasa desovante de peces pelágicos pequeños con desove parcial (Lasker 1985, Hunter y Lo 1993, 1997, Lo et al. 2001, Somarakis et al., 2004). La biomasa desovante se define como la razón entre la producción diaria de huevos (huevos por unidad de superficie por día) y la fecundidad específica diaria de la población adulta (huevos por día por tonelada métrica) en el área de desove. La producción diaria de huevos se evalúa a partir de la producción total de huevos durante la época reproductiva mediante un crucero ictioplanctónico. La fecundidad específica diaria de la población adulta se determina a partir de muestras de peces obtenidas durante un crucero de pesca, y de las cuales se determina la fecundidad media

poblacional, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporción sexual. Estos parámetros reproductivos, así como la producción diaria, son tasas instantáneas que permiten evaluar la biomasa desovante en un instante determinado dentro del periodo reproductivo sin la necesidad de integrar toda la producción de huevos en una estación de desove completa (Hunter y Lo 1993, 1997).

En el año 2002, el Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado por Subsecretaría de Pesca en términos de la conveniencia de iniciar y mantener una línea de investigación respecto del stock desovante de anchoveta y sardina común, incluyó por primera vez una evaluación del stock desovante a través de la aplicación del método de la producción diaria de huevos (MPDH) en el programa anual de investigación del Fondo de Investigación Pesquera. Dicho primer estudio fue desarrollado por investigadores del Instituto de Investigación Pesquera, el Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción, y el Instituto de Fomento Pesquero, permitiendo estimar adecuadamente la producción de huevos y los parámetros reproductivos que permiten evaluar la biomasa del stock desovante (Cubillos et al. 2003). En el 2003, investigadores del Instituto de Fomento Pesquero, Instituto de Investigación Pesquera, Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción, y del Departamento de Ciencias del Mar de la Universidad Arturo Prat y ejecutaron el estudio FIP 2003-06 (Bernal et al., 2004), consistente en la segunda aplicación del método de producción diaria de huevos. El presente proyecto (FIP 2004-03) constituye la tercera aplicación del método demandada por el Consejo de Investigación Pesquera.

Se destaca que en todos los estudios previos ha participado básicamente el mismo equipo de trabajo, cuya ventaja radica en la generación y mantención de una serie de tiempo estandarizada y consistente de biomasa desovante, producción diaria de huevos, área de desove y parámetros reproductivos. Estos aspectos son fundamentales en evaluación de stock, particularmente cuando las evaluaciones de biomasa o producción de huevos se integran a un modelo de dinámica para evaluar la situación del stock. En efecto, los protocolos de muestreo, así como los criterios y análisis metodológicos, entre otros, se mantendrían constantes en el tiempo reduciendo la importancia del sesgo (si existe) y la propagación de la varianza debida a criterios de análisis basados en juicios de valor. De particular importancia son los criterios y análisis relativos a la determinación de los parámetros reproductivos de los adultos (i.e. clasificación de estadios microscópicos de los adultos, fecundidad parcial), como en la determinación de la producción diaria de huevos (i.e. clasificación de estadios de desarrollo de los huevos, asignación de la edad, criterios para delimitar el área de desove). Es más, los resultados de los dos proyectos previos (FIP 2002-14, FIP 2003-06), y el actual (FIP 2004-03), han sido ampliamente discutidos con los mismos expertos internacionales: Dra. Nancy Lo (SWFSC, EE.UU.) y Dr. Andrés Uriarte (AZTI, España), lográndose

mejoras metodológicas y un seguimiento riguroso de las recomendaciones sugeridas por ellos. La amplia experiencia de estos investigadores ha permitido aplicar correctamente el MPDH a la sardina común y anchoveta en la zona centro-sur, en términos convencionales. Ello dice relación con los criterios que deben tenerse en cuenta para una adecuada estimación de la producción diaria de huevos (P_0), por ejemplo: a) respecto de las cohortes de huevos no observadas (valores cero) al interior del área de desove, b) sobre los criterios de post-estratificación y la incorporación de estaciones negativas que no están representando el área de desove, c) los criterios de corte de edades debido al reclutamiento incompleto de huevos y aquellas próximas a la eclosión, y d) los criterios de diseño para evitar la autocorrelación espacial de la densidad de huevos con el objeto de considerar que cada una de las muestras sean independientes en el espacio (Smith y Hewitt 1985, Somarakis y Tsimenides 1997). Asimismo, la adecuada evaluación del sesgo en la determinación de la fracción diaria de hembras desovantes, y la fecundidad parcial utilizando las hembras hidratadas.

8 Metodología

La aplicación del método de la producción diaria de huevos (MPDH) implica el desarrollo de un diseño de muestreo suficiente, en términos de la abundancia promedio y precisión de la producción total de huevos en el área de desove, y simultáneamente evaluar la condición reproductiva 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 en peso de las hembras durante el período de mayor actividad reproductiva (Hunter y Lo 1993, Hunter y Lo 1997, Alheit 1993).

El periodo de máxima actividad reproductiva se identificó a través de un monitoreo de la condición reproductiva de los adultos y de la abundancia de huevos en el plancton, antecedentes que permitieron definir el periodo de muestreo (Sección 8.3). El diseño del muestreo ictioplanctónico contempló cubrir completamente el área de desove, asegurándose que la densidad de huevos en cada estación fuera independiente de la densidad observada en estaciones adyacentes. Para ello se tomó en cuenta el rango de los variogramas de sardina común y anchoveta sobre la base del muestreo intensivo realizado durante el 2002 (Cubillos et al., 2003; Sección 8.4). A su vez, el diseño de muestreo de adultos se realizó en forma simultánea con el crucero de huevos y contempló un número suficiente de muestras en términos del número de lances y de ejemplares necesarios para reducir la variabilidad interlances (Sección 8.5).

8.1. Área y período de estudio

8.1.1. Crucero de huevos

El área de estudio quedó definida por la zona costera comprendida entre los 33°00'S y los 41°35'S. Desde un punto de vista operacional, el área de estudio se dividió en tres sectores: a) Sector Norte, entre el sur de Valparaíso y norte de Constitución (33°00' – 34°00'S), b) Sector Centro, entre el norte de Constitución y el Golfo de Arauco (34°30' – 37°10'S), y c) Sector Sur, entre los 38°S y 41°35'S. En cada uno de estos sectores se desarrollaron cruceros para colecta del ictioplancton utilizando las siguientes embarcaciones, en las fechas indicadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Embarcaciones utilizadas en los muestreos de ictioplancton, coordenadas de cada sector, periodo de muestreo y número de estaciones por sector.

	Sector	Coordenadas	Período	Nº Estaciones
María Elena II	Norte	33°00' S - 34°00' S	24/09/2004 - 26/09/2004	14
LC Kay Kay	Centro	34°30' S - 37°10' S	21/08/2004 - 13/09/2004	137
PAM La Niña	Sur	38°00' S - 41°35' S	28/08/2004 - 01/09/2003	144
Total				295

El muestreo de ictioplancton se realizó entre el 21 de agosto y 26 de septiembre (37 días), justo en el periodo de máximo desove conocido para la anchoveta y sardina común en la zona centro-sur. El sector sur, donde tradicionalmente se encuentran las mayores abundancias de huevos, fue muestreada la última semana de agosto (28 de agosto al 01 de septiembre); el sector centro entre la tercera semana de agosto y la segunda semana de Septiembre (21 de agosto al 13 de septiembre), mientras que el sector norte, donde normalmente la abundancia de huevos ha sido nula, se cubrió entre el 24 y 26 de septiembre.

8.1.2. Crucero de adultos

El crucero de adultos se inició durante la veda reproductiva, comprendida entre fines de julio y el 31 de agosto. La Subsecretaría de Pesca, mediante resolución N° 2216 del 18 de agosto de 2004, autorizó a ocho embarcaciones artesanales para que desarrollaran actividades de pesca para la obtención de muestras de adultos de sardina común y anchoveta. Estas embarcaciones se distribuyeron en cuatro lanchas con puerto

base en la VIII Región y cuatro lanchas con puerto base en la X Región (Corral). En la misma resolución, se autorizó al PAM La Niña para desarrollar el crucero de huevos.

El crucero de adultos se desarrolló simultáneamente con el crucero de huevos, y cubrió el periodo comprendido entre el 21 de agosto y el 26 de septiembre de 2004. En dicho periodo se efectuó un total de 90 lances de pesca, de los cuales 6 fueron sin pesca, 13 lances fueron clasificados como muestra (presencia). Del total de lances positivos (84), 18 lances de pesca fueron mixtos permitiendo contar con 39 lances con sardina común y 63 con anchoveta. La bitácora de pesca se presenta en la Tabla 2.

8.2. Vigilancia reproductiva

8.2.1. Estado reproductivo

Los antecedentes disponibles señalan que la principal época reproductiva de sardina común y anchoveta ocurre entre julio y octubre, con indicadores macroscópicos que presentan un máximo entre la segunda quincena de agosto y fines de septiembre, aunque en la anchoveta se puede extender hasta octubre (Cubillos et al. 1999).

Entre el 11 de junio y el 02 de noviembre de 2004, se realizó un monitoreo semanal de los estados de madurez microscópica con el objeto de evaluar la condición reproductiva de las hembras de sardina común y anchoveta a partir del desembarque durante el periodo de reproductivo de ambas especies. Las muestras obtenidas correspondieron a 183 hembras de anchoveta, 173 de sardina común provenientes de las zonas de pesca de la VIII Región y 32 hembras de la pesca desembarcada en la localidad de Calbuco. Se realizaron 170 cortes histológicos de anchoveta y 187 de sardina común.

La actividad reproductiva de las muestras de adultos del monitoreo, en el periodo previo, durante y después del crucero de evaluación, se evaluó mediante indicadores reproductivos macroscópicos. En la escala temporal, se analiza la evolución del índice gonadosomático (*IGS*), expresado por:

$$1)... \quad IGS = \frac{G}{P - G} \times 100$$

donde *G* es el peso de la gónada y *P* es el peso total. En los peces con desove parcial y fecundidad indeterminada el peso de la gónada varía en función del estado de madurez sexual.

Tabla 2. Bitácora de pesca del crucero de adultos de anchoveta y sardina común.

L/M	Nº lance	Zona	Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Captura (ton)	Sardina común	Anchoveta
Don Julian	1	Centro	22/08/04	7:45	3624.62	7255.39	8	X	X
Don Julian	2	Centro	22/08/04	11:30	3626.30	7255.56	5	X	X
Don Julian	3	Centro	23/08/04	8:20	3706.81	7311.12	50		X
Don Julian	4	Centro	28/08/04	9:30	3708.64	7312.52	35		X
Don Julian	5	Centro	01/09/04	7:40	3635.55	7300.47	6		X
Don Julian	6	Centro	11/09/04	8:20	3625.55	7253.60	20	X	X
Don Julian	7	Centro	11/09/04	11:50	3625.22	7254.51	7	X	X
Don Julian	8	Centro	12/09/04	11:35	3628.69	7259.11	10		X
Don Julian	9	Centro	12/09/04	15:05	3627.61	7259.75	10	X	X
Don Julian	10	Centro	12/09/04	16:40	3627.00	7257.17	10	X	X
Don Julian	11	Centro	25/09/04	9:20	3637.12	7305.53	5	X	
Don Julian	12	Centro	25/09/04	12:05	3635.11	7305.52	2	X	
Don Julian	13	Centro	26/09/04	8:10	3620.10	7254.31	2	X	
Don Julian	14	Centro	26/09/04	11:30	3621.42	7254.82	8	X	
Don Leonel	1	Centro	22/08/04	8:33	3705.83	7311.36	1		X
Don Leonel	2	Centro	22/08/04	11:05	3707.08	7312.19	10		X
Don Leonel	3	Centro	23/08/04	7:40	3706.25	7311.26	5		X
Don Leonel	4	Centro	23/08/04	10:05	3706.62	7311.81	2		X
Don Leonel	5	Centro	23/08/04	12:03	3705.37	7311.31	10		X
Don Leonel	6	Centro	24/08/04	8:02	3705.14	7311.55	4		X
Don Leonel	7	Centro	24/08/04	10:35	3703.03	7310.83	7		X
Don Leonel	8	Centro	24/08/04	12:30	3705.11	7310.81	5		X
Don Leonel	9	Centro	25/08/04	8:53	3709.69	7313.74	8	X	X
Don Leonel	10	Centro	25/08/04	11:50	3703.86	7310.60	7		X
Don Leonel	11	Centro	25/08/04	13:30	3705.33	7310.94	S/P		
Don Leonel	12	Centro	25/08/04	16:10	3706.12	7311.74	S/P		
Don Leonel	13	Centro	26/08/04	16:30	3620.45	7251.82	5		X
Don Leonel	14	Centro	27/08/04	8:05	3622.83	7253.15	14		X
Don Leonel	15	Centro	30/08/04	9:10	3621.67	7252.50	10	X	
Don Leonel	16	Centro	30/08/04	11:03	3623.27	7253.73	12	X	
Don Leonel	17	Centro	31/08/04	7:14	3625.67	7254.30	4	X	
Don Leonel	18	Centro	31/08/04	8:40	3625.42	7254.30	7	X	
Don Leonel	19	Centro	31/08/04	10:40	3626.06	7254.31	3	X	
Don Leonel	20	Centro	31/08/04	12:58	3628.04	7254.36	5	X	
Don Leonel	21	Centro	31/08/04	14:17	3627.05	7254.99	2	X	
Galeon I	1	Centro	25/08/04	8:40	3710.30	7314.30	30		X
Galeon I	2	Centro	25/08/04	12:30	3704.30	7310.70	10		X
Galeon I	3	Centro	26/08/04	11:00	3712.20	7319.00	20		X
Galeon I	4	Centro	26/08/04	14:30	3710.60	7318.30	10		X
Galeon I	5	Centro	26/08/04	17:30	3707.60	7314.80	10		X
Galeon I	6	Centro	29/08/04	19:20	3717.30	7311.90	muestra		X
Galeon I	7	Centro	30/08/04	16:00	3656.70	7310.50	muestra		X
Galeon I	8	Centro	31/08/04	14:00	3709.30	7323.90	muestra		X
Galeon I	9	Centro	31/08/04	17:50	3704.80	7312.30	muestra		X
Galeon I	10	Centro	01/09/04	8:30	3704.80	7311.00	muestra		X
Galeon I	11	Centro	01/09/04	12:30	3704.80	7311.60	muestra		X
Galeon I	12	Centro	02/09/04	18:00	3631.10	7257.10	muestra	X	
Galeon I	13	Centro	12/09/04	15:30	3711.70	7327.90	muestra	X	
Galeon I	14	Centro	13/09/04	17:30	3708.60	7331.40	muestra	X	
Galeon I	15	Centro	15/09/04	9:45	3707.70	7307.70	muestra	X	
Galeon I	16	Centro	15/09/04	11:30	3708.60	7312.50	muestra	X	
Galeon I	17	Centro	22/09/04	7:30	3712.90	7316.60	muestra	X	
Galeon I	18	Centro	22/09/04	9:00	3715.30	7315.30	muestra	X	
Glaciar	1	Centro	22/08/04	7:51	3622.21	7252.38	S/R		X
Glaciar	2	Centro	24/08/04	7:54	3703.85	7311.37	S/R		X
Glaciar	3	Centro	27/08/04	21:05	3616.28	7251.06	S/R		X
Glaciar	4	Centro	22/08/04	12:08	3624.03	7252.85	S/R		X
Glaciar	5	Centro	24/08/04	10:30	3703.38	7310.42	S/R		X
Agulla real	1	Sur	25/08/04	9:20	4004.00	7341.00	S/P		
Agulla real	2	Sur	25/08/04	14:05	4003.00	7338.00	0.4	X	X
Agulla real	3	Sur	01/09/04	15:30	3936.00	7329.00	5	X	X
Agulla real	4	Sur	02/09/04	12:45	3950.00	7328.00	6		X
Agulla real	5	Sur	02/09/04	14:10	4004.00	7341.00	S/P		
Agulla real	6	Sur	02/09/04	15:50	4002.00	7339.00	0.2		X
Agulla real	7	Sur	08/09/04	18:10	3932.00	7330.00	20	X	X
Agulla real	8	Sur	09/09/04	13:00	4002.00	7336.00	5		X
Agulla real	9	Sur	09/09/04	18:00	4001.00	7337.00	5		X
Don Joaquin	1	Sur	21/08/04	14:00	3925.26	7321.91	30	X	X
Don Joaquin	2	Sur	22/08/04	13:00	3920.88	7320.02	60	X	
Don Joaquin	3	Sur	22/08/04	15:00	3922.73	7321.02	30	X	
Don Joaquin	4	Sur	25/08/04	13:00	3928.64	7320.12	10		X
Don Joaquin	5	Sur	25/08/04	16:00	3925.16	7321.63	10	X	X
Don Joaquin	6	Sur	25/08/04	18:00	3923.70	7324.50	S/R	X	X
Don Joaquin	7	Sur	01/09/04	14:00	3924.59	7323.48	8	X	X
Don Joaquin	8	Sur	02/09/04	13:30	3920.87	7324.49	10		X
Don Joaquin	9	Sur	08/09/04	15:00	3921.18	7325.84	5		X
Don Joaquin	10	Sur	08/09/04	17:00	3925.12	7327.18	15		X
Don Joaquin	11	Sur	09/09/04	13:00	3928.31	7328.13	60		X
Nicolas	1	Sur	25/08/04	11:35	3926.40	7324.60	10	X	X
Nicolas	2	Sur	25/08/04	18:00	3923.30	7323.70	25		X
Nicolas	3	Sur	01/09/04	14:05	3928.50	7326.40	3		X
Nicolas	4	Sur	10/09/04	12:35	3929.60	7328.10	20		X
Nicolas	5	Sur	10/09/04	14:45	3928.90	7327.20	45		X
Samaritano	1	Sur	22/08/04	8:40	4015.00	7345.00	15		X
Samaritano	2	Sur	25/08/04	13:00	3927.00	7320.00	0.3	X	X
Samaritano	3	Sur	25/08/04	14:10	3927.00	7319.00	5	X	X
Samaritano	4	Sur	25/08/04	17:00	3927.00	7324.00	15	X	
Samaritano	5	Sur	02/09/04	11:55	3923.00	7325.00	1		X
Samaritano	6	Sur	02/09/04	13:25	3923.00	7325.00	S/P		
Samaritano	7	Sur	09/09/04	13:00	3923.00	7325.00	S/P		

*S/P = sin pesca; S/R = sin registro; muestra = pesca poco abundante, sólo para muestras.

El *IGS* promedio de peces en diferentes estados de madurez sexual constituye un indicador de los estados más dominantes, esperándose valores promedio máximos del *IGS* como indicadores de una mayor actividad reproductiva. La condición reproductiva de las hembras se precisó con un análisis histológico con el objeto de determinar la incidencia de las hembras reproductivamente activas, y particularmente las post-desovante de tanda según la escala de madurez sexual descrita en la Tabla 3.

Tabla 3. Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos, modificada para hembras de sardina común y anchoveta.

ESTADIO OVARICO	CITOLOGIA E HISTOMORFOLOGIA OVARICA
Estadio I: Virginal	Ovario con numerosos nidos ovogoniales y ovocitos primitivos rodeados por tejido conectivo intersticial de donde destacan tabiques fibro-conectivos.
Estadio II: Inmaduro (reincidente)	Lamelas repletas con ovocitos no vitelados rodeados por delgadas células foliculares. Vesícula germinativa grande y de posición central, con prominentes nucléolos esféricos, próximos a la membrana nuclear. El citoplasma es escaso, finamente granular y fuertemente basófilo. En ovocitos previtelogénicos tardíos se observan pequeñas vesículas periféricas.
Estadio III: Parcialmente vitelado	Predominio de ovocitos en estado temprano de depósito de vitelo, abarcando no más de las $\frac{3}{4}$ partes del citoplasma. Vesícula germinativa grande, central, con numerosos nucléolos periféricos. Se destaca la presencia de vesículas periféricas. La zona radiata es delgada, subyacente a células foliculares de poca altura.
Estadio IV: Vitelado	Ovocitos cargados de glóbulos de vitelo, desde la periferia a la región perinuclear. Vesícula germinativa mantiene su posición central permaneciendo los nucléolos en la periferia. La zona radiata bien desarrollada. Células foliculares rectangulares en sentido transversal con núcleo esférico, central y citoplasma ligeramente basófilo.
Estadio V: Próximo a la hidratación	Ovocitos cuyo citoplasma presenta grandes glóbulos de vitelo (término del depósito de vitelo). Vesícula germinativa excéntrica migrante hacia el polo animal. Células foliculares altas claramente distinguibles, con núcleo ovoide desplazado a la base y citoplasma claro de aspecto espumoso.
Estadio VI: Hidratado	Ovocitos con o sin vesícula germinativa en el polo animal, según se haya iniciado la maduración, los cuales se han expandido incrementando considerablemente de tamaño por incorporación de fluidos. Los glóbulos de vitelo se fusionan formando placas de vitelo por ingreso de líquido al citoplasma. La granulosa y la zona radiata se adelgazan.
Estadio VII: En desove	Co-existencia de ovocitos hidratados y folículos postovulatorios nuevos, entre ovocitos con depósito temprano de vitelo.
Estadio VIII: Postdesovante de tanda	Ovario con presencia de folículos postovulatorios y ovocitos vitelogénicos; eventualmente ovocitos próximos a la hidratación.
Estadio IX: Desovado	Predominio de ovocitos inmaduros. Se aprecia atresia folicular. Ovocitos vitelados residuales y eventualmente folículos postovulatorios.

8.2.2. Monitoreo ictioplanctónico

Adicionalmente, y como parte del monitoreo reproductivo de adultos, se realizó un monitoreo quincenal de abundancia de huevos de anchoveta y sardina común en el plancton desde la primera semana de julio y hasta mediados de Noviembre, periodo que incluye el periodo de máxima reproducción de ambas especies

(Tabla 4). El propósito de este monitoreo fue contar con antecedentes adicionales respecto de la abundancia de huevos antes, durante y posterior al periodo de la veda reproductiva y periodo de evaluación. El monitoreo de huevos en el plancton se llevó a cabo en la Octava Región y consiste de 6 a 10 muestras por salida, colectadas en estaciones ubicadas entre la Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata, zona reconocida como de alta frecuencia de ocurrencia de huevos de anchoveta y sardina común (ver el recuadro en la Figura 2, más adelante). La metodología de muestreo consistió en arrastres oblicuos con red Bongo de 300 micrones de trama, aro de 60 cm de diámetro, y equipada con flujómetro para la cuantificación de agua filtrada. Las muestras fueron preservadas en formalina al 10% y procesadas bajo lupa estereoscópica utilizando los métodos estándares de identificación de huevos y larvas de las dos especies objetivo. La abundancia de huevos fue estandarizada por el volumen de agua filtrada, cuantificada mediante la lectura del flujómetro.

Tabla 4. Monitoreo quincenal de huevos de anchoveta y sardina común en el sector costero entre Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata.

Muestreo	Fecha	Número de muestras
1	03/07/04	6
2	15/07/04	7
3	29/07/04	9
4	06/08/04	6
5	25/08/04	10
6	10/09/04	10
7	21/09/04	10
8	07/10/04	8
9	20/10/04	10
10	10/11/04	5

8.3. Diseño de muestreo ictioplanctónico

8.3.1. Grilla regular y muestreo de huevos con red PAIROVET

Se considera que la expresión espacial del desove de ambas especies en la principal época de desove es costera, no superando las 20 millas náuticas de la costa, tal como lo sugieren los resultados de cruceros previos (Castro et al., 1997), en agosto-septiembre de 2001 (FIP 2001-14, Castillo et al., 2002b), agosto de 2002 (FIP 2002-14, Cubillos et al. 2003), y en agosto-octubre de 2003 (FIP 2003-06, Bernal et al. 2004).

En el 2002, se realizó un muestreo intensivo (estaciones cada 2 millas a lo largo de transectas separadas cada 5 mn) con el objeto de evaluar diferentes diseños de grilla (Cubillos et al. 2003). El análisis

geoestadístico reveló que la distribución espacial de los huevos de anchoveta presentó anisotropía zonal, con el rango del variograma de aproximadamente el doble en la dirección N-S que en la dirección E-O. El tamaño de las agregaciones de los huevos de anchoveta fue de aproximadamente 3,6 millas en la dirección E-O y de 6,6 millas en la dirección N-S. En el caso de la sardina común, la distribución espacial de los huevos mostró anisotropía zonal, con el rango en el eje N-S (15,6 millas) aproximadamente igual al doble del rango en el eje E-O (6,4 millas). La Dra. Nancy Lo (SFSC, NOAA, EE.UU.) recomendó reducir la intensidad del muestreo realizada el 2002 ya que es necesario mantener independencia entre las estaciones, tratando de evitar el sobre-muestreo y la autocorrelación espacial de la abundancia entre estaciones adyacentes. Por esta razón, y sobre la base de los rangos de los variogramas, se consideró una grilla regular de muestreo consistente en transectas separadas cada 8 mn y estaciones cada 4 mn a lo largo de cada transecta.

Asimismo, dada la distribución costera del desove durante el máximo reproductivo de ambas especies, atribuida esencialmente al predominio de convergencias costeras inducidas por vientos norte que determinan concentración y retención de huevos y larvas en la región costera (Cubillos 1999, Cubillos et al. 2001), se consideró que la extensión longitudinal del área de evaluación cubriera solamente la plataforma continental delimitada por la isóbata de 200 m.

En consecuencia, teniendo en cuenta los rangos de los variogramas, que están relacionados con el tamaño de las agregaciones, parches o cluster de huevos, y la extensión de la plataforma continental variable delimitada por la isóbata de 200 m, se estableció la grilla de estaciones separadas cada 4 millas náuticas y transectas separadas cada 8 millas náuticas para los sectores centro y sur, previamente mencionados. Sin embargo, dado el carácter exploratorio del sector norte, la grilla en dicho sector comprende sólo estaciones cada 4 mn y transectas cada 20 mn (Figura 1).

El área completa de estudio fue muestreada utilizando una grilla de 295 estaciones. El límite occidental de las transectas, y por lo tanto su extensión, varió latitudinalmente a lo largo del área de estudio dependiendo de la ubicación del quiebre de la plataforma continental (200 m), desde la cual se realizaron a lo menos una o dos estaciones más hacia el océano. La grilla de estaciones, para efectos operacionales, se dividió en los sectores previamente definidos:

Sector Norte: El muestreo en este sector fue de carácter exploratorio y de menor intensidad. La distribución de transectas estuvo espaciada cada 20 millas náuticas, comenzando en los 33°00'S y terminando en los 34°00'S. En cada transecta, la disposición espacial de las estaciones de muestreo fue

cada 4 mn comenzando la primera estación en la media milla náutica de la costa. En total se realizarán 4 transectas de longitud variable y se evaluó 14 estaciones en total.

Sector Centro: El diseño en esta zona estuvo orientado a la evaluación de la producción diaria de huevos, y consideró 20 transectas separadas cada 8 millas náuticas entre los 34°30'S y el Golfo de Arauco. En cada transecta, las estaciones estuvieron separadas cada 4 millas náuticas, comenzando a partir de la media milla náutica, totalizándose 137 estaciones.

Sector Sur: En esta zona la grilla de estaciones tuvo la misma resolución que el sector centro, y se extendió entre los 38°00'S y 41°30'S. En total se realizaron 26 transectas y 162 estaciones planctónicas.

En cada estación, la colecta de huevos de sardina común y anchoveta consistió en un arrastre vertical desde una profundidad máxima de 70 m en zonas profundas, mientras que en aguas someras se realizó considerando un resguardo máximo de 5 m sobre el fondo. Para el muestreo se utilizó una red PAIROVET, consistente en dos redes CalVET (California Vertical Egg Tow, Smith et al. 1985) de 0,05 m² de área de boca y 150 µm de trama, equipada con un depresor de 36 kg que mantuvo la red vertical, y cuya velocidad de virado fue 70 m por minuto.

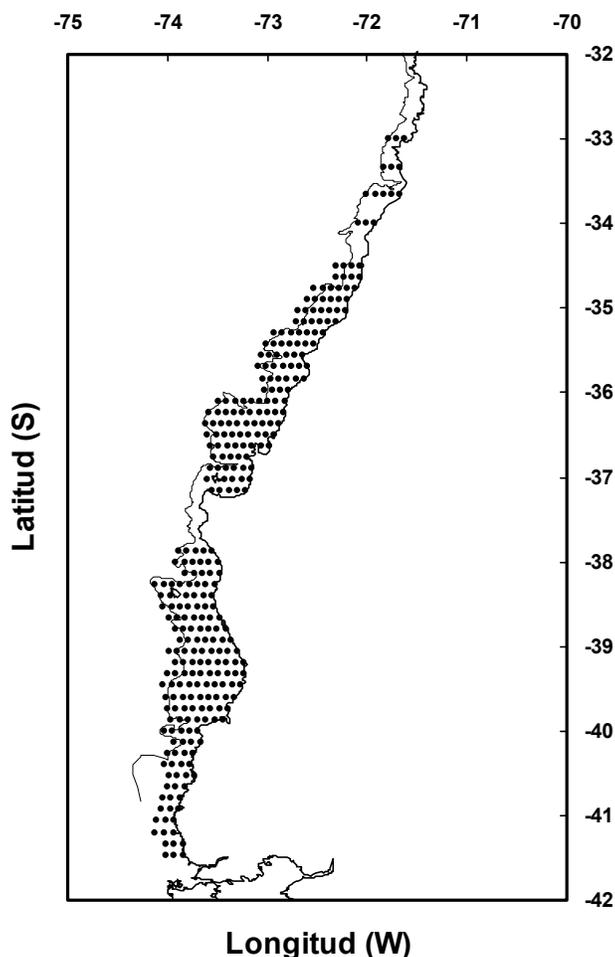


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones de muestreo de huevos con red Pairovet. Se indica la distribución del veril de los 200 m.

En cada lance de red, se registró el número de transecta, estación, fecha, hora, posición geográfica, profundidad de ecosonda, tipo de arrastre, red planctónica utilizada, cantidad de cable arriado, ángulos de

cable y duración del lance (tiempo de arriado y virado). Una vez a bordo, las muestras de zooplancton fueron preservadas en una solución de formalina al 10% de agua de mar neutralizada con bórax (tetaborato de sodio).

8.3.2. Grilla regular y Muestreo larval con red BONGO

Adicionalmente, y como parte de la sobre-oferta en este proyecto, dentro de la misma grilla de muestreo regular con red Pairovet, se realizó un muestreo oblicuo de zooplancton con redes Bongo en un total de 81 estaciones con el objeto de contar con larvas de anchoveta y sardina común que permitieran contar con una mejor base explicativa respecto de la producción diaria de huevos así como de la distribución espacial del desove y del área de crecimiento larval de ambas especies. La ubicación de las estaciones utilizadas para muestreos con red Bongo correspondió a las estaciones en que se realizó el muestreo hidrográfico (CTD), realizándose por sector: 5 estaciones en el sector norte, 39 en el sector centro y 37 en el sector sur (Figura 2). Los lances con red bongo fueron oblicuos desde una profundidad de 70 m, y a una velocidad de 2 nudos. La red bongo utilizada fue de 60 cm de diámetro de boca, 300 μm de trama, equipada con un flujómetro General Oceanics para la cuantificación del volumen de agua muestreada y con un depresor de 30 kg. Las muestras, una vez a bordo, fueron preservadas en formalina al 10% para su posterior análisis en laboratorio.

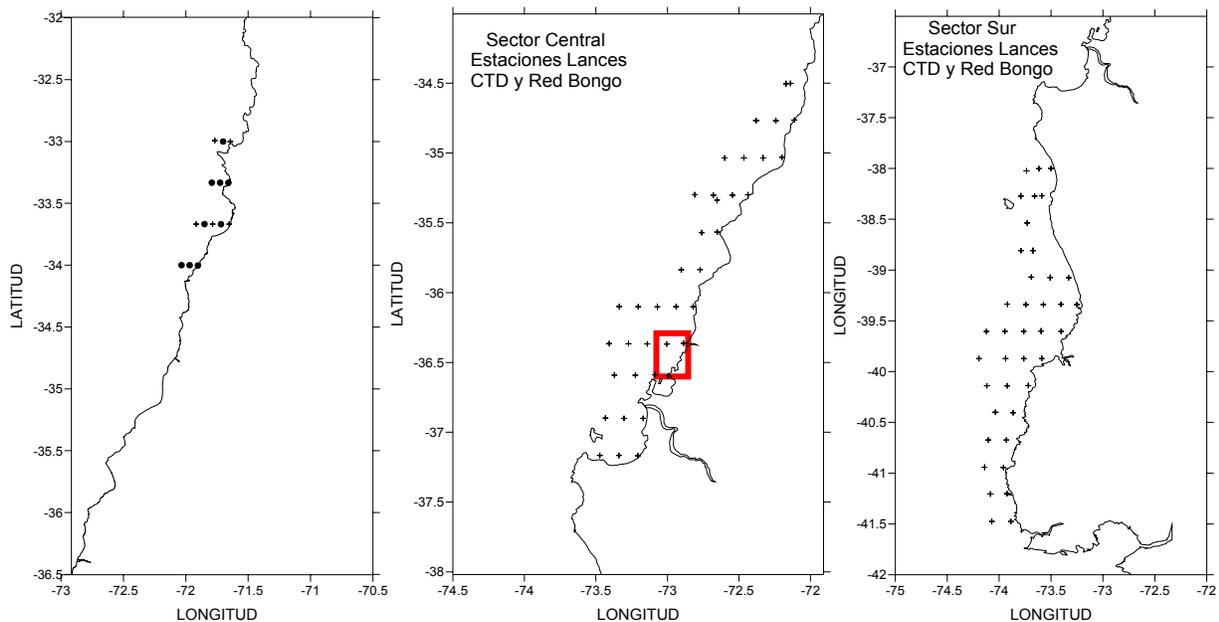


Figura 2. Distribución espacial de las estaciones de muestreo de larvas con red Bongo (+). Círculos en el primer panel corresponden a estaciones CalVET. El recuadro en el panel central corresponde a la zona de monitoreo quincenal de huevos del sector centro.

8.3.3. Análisis en el laboratorio

Las muestras de plancton colectadas fueron analizadas en el Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL, <http://www2.udec.cl/~lopel/>) del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción. El plancton se analizó bajo lupa con el objeto de separar la totalidad del ictioplancton, identificando y separando los huevos y larvas de sardina común y anchoveta según los criterios de Fischer (1958), Einarsson y Rojas (1963), Moser y Ahlstrom (1985), Santander et al. (1984), y Herrera et al. (1987).

Los huevos de las dos especies fueron clasificados en 11 estadios de desarrollo sobre la base de los cambios morfológicos que ocurren durante la embriogénesis, y que han sido descritos por Moser y Ahlstrom (1985) y Santander et al. (1984) para la anchoveta, y por Herrera et al. (1987) y Sepúlveda et al. (2000) para sardina común. Los estadios de desarrollo no identificables o desintegrados se clasificaron como huevos deteriorados, y asignados aleatoriamente a uno de los 11 estadios de desarrollo (Lo, 1985).

8.3.4. Muestreo oceanográfico

Según lo indicado en las secciones anteriores, en las mismas estaciones de la grilla regular en que se realizaron muestreos con red bongo se llevaron a cabo perfiles hidrográficos con un CTD Seabird 19 (sectores centro y sur), equipado además con un sensor de oxígeno disuelto. Los lances hidrográficos se realizaron hasta 100 metros de profundidad o hasta 10 metros del fondo, según la batimetría de las estaciones. En el sector norte (5 estaciones), los lances hidrográficos (CTD sin sensor de oxígeno) se realizaron utilizando un CTD Sensordata 2000. Adicionalmente, en todas las estaciones de la grilla (295 estaciones), se midió la temperatura superficial del mar a bordo (temperatura de balde) con termómetros digitales. En los sectores centro y sur, finalmente, se registró a bordo la dirección e intensidad del viento en todas las estaciones, además de las condiciones generales del estado del mar.

8.4. Diseño muestreo de adultos desovantes

El muestreo de adultos de sardina común y anchoveta se realizó simultáneamente con la ejecución del crucero ictioplanctónico, bajo la modalidad Pesca de Investigación autorizada por Subsecretaría de Pesca (Resolución 2216 del 18 de agosto de 2004). Se utilizó cuatro lanchas artesanales con puerto base en la VIII Región (L/M Glaciar I, L/M Don Julián, L/M Don Leonel y L/M Galeón) y cuatro lanchas

artesanales con puerto base en la X Región (L/M Samaritano, L/M Don Joaquín, L/M Nicolás, y L/M Aguila Real), las cuales ejecutaron el crucero de adultos entre el 21 de agosto y el 26 de septiembre de 2004 (Tabla 2). Las lanchas artesanales operaron con red de cerco anchovetera, estando equipadas con sonar, radar, GPS, y radios VHS y HF.

8.4.1. Número de lances y tamaño de muestra

El diseño de muestreo compatibilizó las características biológicas de los clupeiformes en el sentido que los cardúmenes desovantes se estructuran y segregan según su condición reproductiva (Blaxter y Hunter, 1982). El diseño de muestreo consideró un muestreo bi-etápico, donde las unidades primarias están determinadas por el número de cardúmenes (lances) y las de segunda etapa por el número de ejemplares dentro de cada lance (Picquelle, 1985).

El muestreo bi-etápico en cada estrato geográfico se desarrolló al azar desde el punto de vista de la hora del lance, y se cubrió los extremos geográficos de cada zona según autonomía de cada lancha, con el objeto de evitar que los lances de pesca se distribuyeran muy cerca de los puertos bases. En las aplicaciones del MPDH de anchoveta en la zona norte de Chile (Regiones I y II), el número de lances ha variado entre 32 (Claramunt et al. 1997) y 60 lances (Oliva et al. 2001). En Perú, se han realizado 40 lances (Ayon y Buitron 1997). En agosto de 2002, se realizaron 57 lances de sardina común y 32 lances de anchoveta (Cubillos et al. 2003). La experiencia indica que un mínimo de 40 lances y 30 a 35 hembras maduras por lance satisfacen los requerimientos de precisión en términos de coeficientes de variación inferiores o cercanos al 10 %, considerando que la fracción diaria de hembras desovantes es usualmente el parámetro menos preciso (ver justificación en la Sección 8.4.2).

El muestreo de ejemplares se realizó a bordo, obteniéndose de cada lance positivo una muestra aleatoria de 120 ejemplares para determinar la estructura de tallas de los cardúmenes desovantes. A estos ejemplares se les identificó el sexo y fueron medidos en su longitud total utilizando un ictiómetro con una precisión de 0,5 cm. Posteriormente, se obtuvo una muestra aleatoria de 40 hembras maduras (Picquelle, 1985), las que fueron fijadas vivas en una solución de formalina al 10% (bufferada con sales). El procedimiento consistió en abrir los ejemplares desde el ano hasta las aletas pélvicas, sin dañar la gónada, y preservados enteros en el fijador. Para evitar la saturación del fijador, se preservó un máximo de 10 ejemplares por frasco de 2,5 litros de capacidad. La solución se preparó según Oliva et al. (2001) consistente en 16,2 l de agua destilada, 117 g de fosfato de sodio dibásico (Na_2HPO_4), 72 g de fosfato monosódico ($\text{NaH}_2\text{PO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$) y 1,8 L de solución de formaldehído (37%).

A su vez, con el objeto de determinar la proporción sexual en peso, en cada lance se obtuvo una muestra aleatoria de 50 ejemplares, los cuales fueron preservados en formalina al 10% (diluida en agua de mar). Estos individuos fueron trasladados al Laboratorio de Evaluación de Poblaciones Marinas y Análisis de Pesquerías (<http://www2.udec.cl/~lucubillos/>) de la Universidad de Concepción, para determinar el sexo, peso y longitud de cada ejemplar.

Finalmente, a bordo se realizó un muestreo dirigido de hembras hidratadas con el objeto de contar con un número suficiente para determinar la fecundidad parcial. Estos ejemplares fueron preservados en formalina al 10% (bufferada con sales). La totalidad de los ejemplares colectados fueron sometidos a un examen histológico para descartar aquellos que contengan folículos postovulatorios.

8.4.2. Justificación del número de lances y ejemplares por lance

El tamaño de muestra se justifica estadísticamente según metodología descrita por Picquelle (1985), consistente en la evaluación del diseño de muestreo bi-etápico y donde la media y la varianza son estimadas según Cochran (1980) por:

$$2)... \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n},$$

donde:

$$3)... \quad \bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^m X_{ij}}{m}$$

y

$$4)... \quad \hat{V}AR(\bar{X}) = (1 - f_1) \frac{S_1^2}{n} + f_1(1 - f_2) \frac{S_2^2}{nm}$$

donde:

$$5)... \quad S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{n - 1} \text{ es el componente de varianza entre lances, y}$$

$$6)... \quad S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n(m-1)} \text{ es el componente de varianza intra-lances.}$$

Además,

$$7)... \quad f_1 = \frac{n}{N},$$

donde N es el número total de estaciones, y

$$8)... \quad f_2 = \frac{m}{M}$$

donde M es el número total de elementos en cada estación. La ecuación del estimador de varianza permite encontrar valores óptimos de n (número de lances) y m (elementos en cada estación) que son de mínima varianza. Como en la mayoría de las evaluaciones pesqueras la fracción muestreada es pequeña o despreciable ($f_1 \cong 0$), entonces la ecuación de varianza quedaría expresada por:

$$9)... \quad V\hat{A}R(\bar{\bar{X}}) = \frac{S_1^2}{n}$$

En esta expresión queda eliminado el componente de varianza intra-lances, y la muestra de lances puede ser tratada como una muestra agrupada, permitiendo analizar la relación entre la varianza y los valores de n y m . La correlación intra-grupos (ρ) es una función de la razón de la varianza de muestras agrupadas y la varianza de muestras aleatorias, según:

$$10)... \quad \frac{\sigma_{\bar{\bar{X}}}^2 \text{ agrupada}}{\sigma_{\bar{\bar{X}}}^2 \text{ aleatoria}} = 1 + \rho(m-1)$$

donde:

$$11)... \quad \sigma_{\bar{\bar{X}}}^2 \text{ agrupada} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X}_i - \bar{\bar{X}})^2}{n(n-1)},$$

y

$$12)... \quad \sigma_{\bar{\bar{X}}}^2 \text{ aleatoria} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{\bar{X}})^2}{nm(nm-1)}$$

Ya que no existe una combinación óptima de m y n para los distintos parámetros (proporción sexual, fracción desovante, fecundidad y peso de hembras), entonces el parámetro que tenga la mayor varianza relativa fue elegido para determinar m y n . En el crucero realizado el 2002, la fracción diaria de hembras desovantes (S) fue el menos preciso, con $S = 0,107$ ($CV = 0,128$) para la anchoveta y $S = 0,131$ ($CV = 0,113$) para la sardina común. Cubillos et al. (2003) calcularon las curvas de precisión (CV) en función del número de hembras por lance (m) y el número de lances (n), considerando una correlación intra-grupos estimada en 0,02 para ambas especies, con un número de lances efectivos de $n = 32$ en anchoveta y $n = 57$ en sardina común. El número promedio de hembras muestreadas por lance fue de $m = 42$ y $m = 22$ para anchoveta y sardina común, respectivamente. Se observó que con 40 lances por especie y una muestra de 35 hembras se satisfacen los requerimientos de precisión para la estimación de la fracción diaria de hembras desovantes, con CV cercanos al 10% (Tabla 5). Este coeficiente puede ser aún menor si la fracción diaria de hembras desovantes es mayor a 0,120 tal y como lo demuestra Picquelle (1985).

Tabla 5. Relación entre el número de lances (n) y el tamaño de la submuestra (m) para un rango de coeficientes de variación (CV) para los datos de fracción diaria de hembra desovante determinada en el crucero del 2002 (Cubillos et al. 2003).

Nº de lances (n)	$CV = 0,1$	$CV = 0,128$	$CV = 0,15$	$CV = 0,2$
a) anchoveta:				
$m =$ submuestra de hembras				
20	215	52	28	13
25	92	34	20	10
30	60	25	16	8
35	44	20	13	7
40	35	16	11	6
60	19	10	7	4
80	13	7	5	3
100	10	6	4	2
b) sardina común:				
20	475	47	25	10
25	102	30	17	8
30	56	21	13	6
35	40	17	11	5
40	30	14	9	5
60	16	8	6	3
80	10	6	4	2
100	8	5	3	2

8.5. Metodología por objetivos específicos

8.5.1. Objetivo 1: Producción diaria de huevos, mortalidad, y varianza asociada

La producción diaria de huevos corresponde al número de huevos promedio desovados por día, por unidad de superficie, en el área de desove evaluada a través de un crucero de huevos (Picquelle y Stauffer 1985). La producción diaria de huevos, P_0 , y su varianza, se estimó de acuerdo con el siguiente modelo de mortalidad:

$$13)... \quad P_{t_{kij}} = P_0 \exp(-Zt_{kij}) + \varepsilon_{kij}$$

donde $P_{t_{kij}}$ es el número de huevos (huevos por unidad de área) a la edad t de la k -ésima cohorte o tanda diaria de huevos de la estación i en el j -ésimo estrato, t_{kij} es la edad en días, medido como el tiempo transcurrido desde la hora del desove, estimada para la k -ésima cohorte o tanda diaria de huevos en la i -ésima estación del estrato j , P_0 es la producción diaria de huevo por una unidad de área, Z es la tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos, y ε_{kij} es un término de error aditivo.

El modelo asume que todos los huevos son fertilizados y desovados a una hora fija, y que todos los huevos experimentan una tasa instantánea de mortalidad constante. Debido a la estructura aditiva del término error, se utilizó regresión no lineal minimizando las diferencias cuadráticas entre la producción de huevos estimada por el modelo y la observada. Sin embargo, en el caso de la anchoveta se evaluó también el desempeño de una regresión no-lineal ponderada por el inverso del error estándar en el caso que la abundancia de huevos en función de la edad evidencie la ocurrencia de valores extremadamente altos de abundancia (Lo et al. 2001, Somarakis et al. 2002).

Un aspecto no contemplado en las estimaciones de producción diaria de huevos realizadas hasta la fecha en Chile, dice relación con el uso de la abundancia cero para las cohortes de huevo no observadas en el área positiva. En efecto, de acuerdo con las sugerencias de la Dra. Nancy Lo (SWFSC, NOAA, EE.UU.) y Dr. Andrés Uriarte (AZTI, España), debido a la asunción de una producción diaria de huevos es factible que algunas cohortes esperadas no se observen en algunas estaciones. Por lo tanto, la abundancia cero para cohortes que debieron observarse debería ser tomada en cuenta debido simplemente al hecho de que el modelo de estimación asume una producción diaria de huevos por unidad de superficie. Trabajar sólo con la abundancia positiva (>0) podría determinar una sobre-estimación de la producción diaria de huevos, al interior del área de desove.

Por otra parte, también se establecieron los criterios asociados con las colas de la abundancia de huevos. En el caso de la sardina común y anchoveta se descartó todos los datos con una edad inferior a 4 horas después de la hora del desove para evitar sesgos relacionados con el reclutamiento incompleto de huevos al plancton. Este criterio se acordó también en el caso de la anchoveta de la zona norte de Chile (G. Claramunt, com. pers.). A su vez, se evitó las edades cercanas a la eclosión de las larvas ya que podrían producir sesgo en la estimación de la mortalidad y producción diaria de huevos. Esto se debe a que los huevos que eclosionan pasan a ser larvas con saco vitelino, y no necesariamente mueren. Por lo tanto, solamente una fracción de la edad máxima esperada para una cohorte de huevos debe estar representada en el modelo de mortalidad. Todas las edades mayores al 90% de la edad esperada de eclosión fueron descartadas para evitar los probables sesgos causados por eclosión (Somarakis et al. 2002, 2004). Estos criterios metodológicos fueron aplicados a los datos de producción diaria de huevos de los dos cruceros previos (FIP 2002-14 y FIP 2003-06) con el objeto de establecer comparaciones válidas entre los parámetros estimados.

Para asignar la edad a los huevos, se utilizó el procedimiento automatizado de Lo (1985) con los modelos temperatura-estadio-dependiente descritos por Sepúlveda et al. (2000) que permiten calcular la edad en función de la temperatura y el estadio de desarrollo. En el caso de la sardina común, se tiene:

$$14)... \quad Y_{D,T} = 15,98 \times \exp(-0,0631 \times T - 0,0198 \times D) \times D^{1,04},$$

y para el caso de la anchoveta:

$$15)... \quad Y_{D,T} = 18,1 \times \exp(-0,0789 \times T - 0,0542 \times D) \times D^{1,31}$$

donde $Y_{D,T}$ es la edad promedio estimada de los huevos para cada estadio y temperatura; T es la temperatura, y D es el estadio de desarrollo. Se utilizó el procedimiento de Lo (1985) para corregir la estimación de la edad al tiempo de la colecta de huevos considerando un tiempo cero que corresponde a la hora del desove, asumida a las 22:00 horas. La corrección consiste en ajustar la fracción del día desde la hora del desove hasta la colecta, considerando la siguiente expresión:

$$16)... \quad Y_{D,T,k} = Y_{D,T} + k - f$$

donde $Y_{D,T}$ es la edad estimada por el modelo, k es la hora de la colecta (lance), y f es la fracción remanente que surge de la suma de la hora estimada y la hora del desove menos 24 horas. Las decisiones de corrección según la hora de colecta son:

$$17)... \quad Y_{D,T,k} = \left[\begin{array}{l} k < (f - g) \Rightarrow y_{D,T} - g \\ (f - g) < k < (f + g) \Rightarrow y_{D,T} + k - f \\ (f + g) < k \Rightarrow y_{D,T} + g \end{array} \right]$$

donde g es el doble de la desviación estándar de la edad dentro de cada estadio.

El área de desove quedó definida por el área delimitada por las estaciones positivas. La producción diaria de huevos se estimó para el área de desove en cada estrato geográfico, mientras que la producción diaria total se estimó utilizando una ponderación por el área de desove de cada estrato geográfico, lo que viene expresado por:

$$18)... \quad P_0 = \frac{\sum_i A_i P_{0,i}}{\sum_i A_i}$$

y varianza igual a:

$$19)... \quad Var(P_0) = \frac{\sum_i A_i^2 V(P_{0,i})}{\left(\sum_i A_i \right)^2}$$

No obstante lo anterior, y ante la probabilidad de que el desove de sardina común y anchoveta quede restringida a un área costera, podría ocurrir una alta incidencia de estaciones con valores cero (estaciones negativas) que podrían influir notablemente en la varianza de la producción diaria de huevos en el área de estudio. Sin embargo, dado que el área de estudio es una cantidad fija y el área de desove una variable aleatoria, se consideró la post-estratificación en cada estrato geográfico dividiendo el área de estudio en dos estratos (Picquelle y Stauffer 1985). El estrato 0 comprenderá todas las estaciones fuera del área de desove en las cuales la producción de huevos es en esencia igual a cero. El área geográfica que incluya las estaciones positivas, más aquellas negativas al interior del área de desove, será considerada como el área de desove y estrato 1. Se espera que la distribución espacial de la abundancia de huevos sea agregada, de

tal manera que se ajuste a una función de distribución del tipo binomial negativa en la cual la varianza es mayor que la media. Bajo el enfoque de post-estratificación, la producción diaria total en cada estrato geográfico corresponderá, según Picquelle y Stauffer (1985), a la siguiente expresión:

$$20)... \quad P_0 = \sum_{h=0}^1 P_{0,h} \frac{A_h}{A}$$

donde:

$P_{0,h}$ = producción diaria de huevos por unidad de superficie para el estrato h.

A_h = área del estrato h (h=0 área negativa, h=1 es el área de desove).

A = área total evaluada al interior de cada sector.

La varianza de la producción diaria de huevos en el área de estudio, puede ser estimada por:

$$21)... \quad Var(P_0) = (1 + 1/n) \sum_{h=0}^1 \frac{A_h}{A} V(P_{0,h})$$

donde la varianza del estrato cero es cero por definición.

8.5.2. Producción diaria de huevos incorporando la abundancia de larvas con saco vitelino: caso de la anchoveta

Con el objeto de mejorar la precisión de las estimaciones de P_0 para la anchoveta, se utilizó la producción de larvas con saco vitelino en las curvas de mortalidad de huevos asumiendo que huevos y larvas con saco están expuestos a la misma tasa de mortalidad diaria. La asignación de edad a las larvas con saco vitelino se realizó considerando un modelo de desarrollo temperatura-dependiente descrito para las larvas con saco vitelino de *Engraulis ringens* de la zona central de Chile, el cual fue presentado en el XXIII Congreso de Ciencias del Mar (Llanos y Castro, 2003) y una aplicación en la reunión SPACC realizada en Concepción entre el 14 y 16 de enero de 2004 ("A temperature dependent model of yolk sac larval development and the effects of the addition of yolk sac larvae data on the estimations of P_0 in the Daily Egg Production Method" presentado por Riquelme, K, Cubillos, L., Llanos, A, y Castro, L., <http://www.pml.ac.uk/globec/structure/regional/spacc/workshop/meeting.htm>). La aplicación de este modelo temperatura-dependiente y la adición de la producción de larvas con saco vitelino a los datos obtenidos del proyecto FIP 2002-14 permitió ampliar en 2,3 veces la distribución de edades sobre las cuales se estimó la curva de mortalidad y P_0 . La estimación de la biomasa desovante se incrementó en 5,1

% con el P_0 estimado con la inclusión de las larvas con saco vitelino, y la precisión mejoró en cerca de 14,1 %, lo que se debe a la reducción en el CV de P_0 (en aproximadamente 17%). A su vez, la precisión de la tasa de mortalidad total mejoró con una reducción de 41% respecto del estimado con el método tradicional (sin larvas con saco vitelino, Riquelme et al. 2004).

En el presente estudio, en la estimación de la edad de las larvas con vitelo se considera que el único carácter que varía junto con la longitud larval es el tamaño del saco vitelino. El modelo de desarrollo temperatura-dependiente propuesto por Llanos y Castro (2003), utiliza una razón (R) resultante entre la longitud del saco vitelino presente y la longitud notocordal de la larva. El cociente resultante fluctúa entre 60 % para larvas recién eclosionadas y 0 % para las larvas que han absorbido completamente el vitelo. Este modelo a su vez, es dependiente de la temperatura y la ventaja es que puede ser usado cuando las muestras de larvas son fijadas en formalina, ya que no afecta a las proporciones corporales. El modelo es el siguiente:

$$Y_{R,T} = \alpha e^{(\beta_1 T + \beta_2 R)} (R)^{\beta_3}$$

donde $Y_{R,T}$ es la edad promedio estimada para las larvas con vitelo de anchoveta con una razón R y temperatura T (edad desde la eclosión); R es la razón entre longitud del vitelo y la longitud notocordal, mientras que $\alpha = 435,23$; $\beta_1 = -0,117$; $\beta_2 = -0,052$; y $\beta_3 = 0,259$ ($r^2 = 0,95$; $p < 0,05$) son constantes específicas para la anchoveta. El rango de temperatura de los datos a partir de los cuales se deriva este modelo varía entre los 10 y 18 °C, rango que admite los valores de temperatura registrados durante el crucero como también el tamaño de las larvas con saco vitelino.

La abundancia de larvas con saco vitelino fue dividida por la edad promedio para obtener la producción larval con el objeto de ser incorporada en la curva de mortalidad (Lo et al., 2001). La edad al momento de la eclosión se estimó con el procedimiento automatizado de Lo (1985), utilizando la ecuación (15) y se sumó a la edad determinada para las larvas. Se consideró la edad promedio de la totalidad de las larvas con saco vitelino en cada estación. A su vez, sólo se consideró las estaciones con larvas que quedaron dentro del área de desove definida para los huevos.

8.5.3. Objetivo 2: Proporción de estadios de madurez microscópica, frecuencia diaria del desove y varianza asociada

La condición reproductiva de las hembras se evaluó mediante el análisis de la proporción de los estadios de madurez de los ovarios. Se considera adecuada la escala microscópica específica basada en los criterios señalados por Wallace y Selman (1981), Selman y Wallace (1989), y Hunter y Macewicz (1985), y resumidos en la Tabla 3 (Figura 3). La escala microscópica incorpora un estadio llamado "Postdesovante de tanda" que contiene un momento importante en el proceso reproductivo de desovadores parciales y que además permite definir con mayor claridad el máximo período reproductivo.

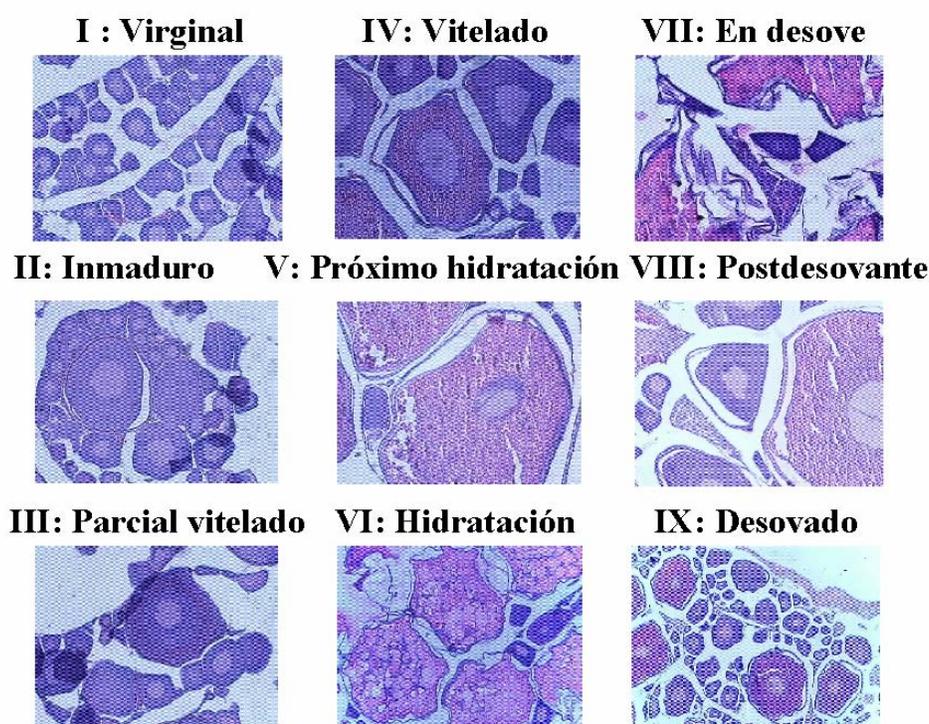


Figura 3. Estadios de madurez sexual microscópica característicos de sardina común.

La frecuencia del desove se evaluó a través de la presencia de folículos postovulatorios (FPO), los cuales se analizaron sobre la base de los criterios establecidos por Hunter y Goldberg (1980). Cada ovocito hidratado está rodeado por un folículo alargado y fino, una capa epitelial de células granulosas y una única capa externa de tejido conectivo de células con algunos capilares sanguíneos. Durante la ovulación los ovocitos completamente hidratados son liberados desde sus folículos. El folículo vacío o folículo

postovulatorio no se fragmenta y se mantiene íntegro en el ovario, deteriorándose rápidamente para posteriormente ser reabsorbido en el tejido ovárico.

En la anchoveta, los folículos postovulatorios pueden ser observados hasta 56 horas después del desove. Dependiendo de las características morfo-histológicas es factible determinar si la hembra tuvo un desove reciente, la noche anterior o dos noches antes, lo que permite usar los folículos postovulatorios para estimar la frecuencia de desove. El proceso de deterioración y reabsorción del folículo debe ser dividido en una serie de diferentes estadios histológicos, cada uno con una edad asignada. Los diferentes estadios de degeneración han sido definidos sobre la base de criterios discretos de las características citológicas y morfohistológicas (tamaño, forma aparente, aspectos de las células de la granulosa y del lúmen).

En la anchoveta y otros desovantes parciales se utiliza la clasificación por edades de los FPO que utilizan los criterios citológicos y morfohistológicos propuestos por Hunter y Goldberg (1980) para *Engraulis mordax* y por Macewicz y Hunter (1993) para *Trachurus symmetricus*, asumiendo que dichos criterios y cambios estructurales son similares a los que experimentan los FPO de *E. ringens* y *S. bentincki* y que fueron descritos en el FIP 97-04 por Sepúlveda et al. (2000, Tabla 6).

Tabla 6. Características morfohistológicas de los folículos postovulatorios.

FPO nuevos de día 0 (< 24 h)	Folículos postovulatorios nuevos que no muestran signos de degeneración. Estructura de forma irregular formada por una columna epitelial bien organizada con numerosas involuciones. Adyacente a las células foliculares se ubica la lámina de células tecales conectivas que pueden verse como una prominente capa. El lúmen es amplio e irregular.
FPO de día 1 (24 h < FPO 48 h)	Folículos postovulatorios en regresión, mostrando signos de degeneración. Son más pequeños que los folículos postovulatorios nuevos, el cual se ha contraído sobre sí mismo. Presencia de células foliculares con citoplasma vacuolado y núcleo picnótico, cuyas paredes no son claramente distinguibles. La disposición lineal de las células se mantiene. La lámina tecal se destaca claramente. El lúmen es estrecho e irregular.
FPO de día 2 (> 48 h)	Folículos postovulatorios con marcada degeneración celular. De menor tamaño que el folículo postovulatorio de día 1. Epitelio folicular desorganizado, perdiendo la disposición lineal de sus células, las cuales se presentan en avanzado estado degenerativo, de forma irregular, con citoplasma vacuolado y núcleo picnótico. Lámina tecal desarrollada. El lúmen está ocluido.

Los criterios histológicos que se describen se basan en aquellos comunicados para la anchoveta del norte (*Engraulis mordax*) por Hunter y Goldberg (1980). La clasificación de los folículos postovulatorios (FPO) se basa en los mismos criterios estructurales, y en todos los casos ellos son similares en apariencia a aquellos descritos para muchos teleósteos. Lo ideal, para establecer criterios únicos es estimar la edad de

los FPO a partir de ejemplares que han desovado en laboratorio y muestrear en tiempos conocidos después del desove, tal como lo describe Hunter y Goldberg (op.cit). Sin embargo, Macewicz y Hunter (1993) utiliza la hora de la colecta en un ciclo diario para describir las características de los FPO en el jurel (*Trachurus symmetricus*), y concluyen que las características histológicas fueron muy similares a la de la anchoveta y de la caballa (*Scomber japonicus*) por Dickerson et al. (1992). En consecuencia, las características estructurales histológicas definirán una clasificación de los FPO en nuevos, jóvenes, y viejos; mientras que la hora de colecta respecto de la hora de desove permitió asignar la edad correctamente.

La fracción diaria de hembras desovantes considera solamente los ovarios con folículos postovulatorios, y en su estimación se usará las ecuaciones de Alheit et al. (1983) y Santander et al. (1984). Cuando el muestreo de hembras hidratadas o de hembras con FPO de día 1 ó de día 2 no es sesgado, entonces la fracción de hembras desovantes en el lance i puede ser estimado por:

$$22)... \quad S_i = \frac{m_{h,i}}{m_i} \quad \text{ó} \quad \frac{m_{1,i}}{m_i} \quad \text{ó} \quad \frac{m_{2,i}}{m_i}$$

donde:

$$23)... \quad m_i = m_{h,i} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}$$

donde:

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, FPO nuevos)

m_i = Número de hembras maduras en el lance i.

S_i = Fracción desovante en el lance i.

En este proyecto, las hembras fueron capturadas con red de cerco y es probable que pueda ocurrir un sesgo en el número de hembras hidratadas (Alheit 1985), razón por la cual fue necesario realizar una corrección asumiendo que el número de hembras hidratadas (m_{hi}) puede ser representado por:

$$24)... \quad m_{h,i} = \frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2}$$

de tal forma que la fracción de hembras desovantes de día 1 es:

$$25)... \quad S_{1,i} = \frac{m_{1,i}}{\frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}} = \frac{m_{1,i}}{m_{y,i}}$$

y la fracción desovante de hembras de día 2 es:

$$26)... \quad S_{2,i} = \frac{m_{2,i}}{\frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}} = \frac{m_{2,i}}{m_{y,i}}$$

donde S_i es la fracción corregida de hembras con FPO de día 1 ó de día 2, en el lance i. El número de hembras que no ha desovado se estima por: $m_{a,i} = m_i - m_{0,i} - m_{1,i} - m_{2,i} - m_{h,i}$ (se recuerda que $m_{a,i}$ incluye las hembras con FPO nuevos menores a 9 hrs, $m_{0,i}$), mientras que el número corregido de hembras maduras para el lance i viene dado por la siguiente expresión:

$$27)... \quad m_{y,i} = \frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}$$

El promedio de la fracción desovantes de hembras de día 1 y 2, se calculó mediante la siguiente expresión para el lance i:

$$28)... \quad \bar{S}_i = \frac{S_{1,i} + S_{2,i}}{2} = \frac{\sum (m_{1,i} + m_{2,i})}{2 \sum m_{y,i}}$$

La fracción de hembras desovantes promedio se estimó por:

$$29)... \quad \bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{S}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

con varianza igual a:

$$30)... \quad Var(\bar{S}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum \left(\frac{m_{y,i}}{\bar{m}} \right)^2 (\bar{S}_i - \bar{S})^2$$

donde \bar{S} es la fracción promedio de hembras desovantes por día en todos los lances, m_{yi} es el número corregido de hembras maduras en el lance i , \bar{m} es el número promedio corregido de hembras maduras.

8.5.4. Objetivo 3: Fecundidad parcial, fecundidad media poblacional y varianza asociada

Se utilizó el método gravimétrico para estimar la fecundidad parcial (Hunter y Goldberg 1980, Hunter et al. 1985, Santander et al. 1984, Oliva et al. 2000, 2001, Cubillos et al. 2003). El método se basa en que todos los ovocitos hidratados en el interior del ovario son liberados en corto tiempo y el número de éstos refleja la fecundidad parcial o la liberación de la tanda de huevos por noches. En este contexto, solamente aquellos ovarios hidratados deben ser utilizados, razón por la cual todos los ovarios clasificados macroscópicamente como hidratados fueron sometidos a un examen histológico, descartándose aquellos con indicios de desove reciente (presencia de folículos postovulatorios) ya que la fecundidad podría ser subestimada.

El procedimiento de conteo de ovocitos consistió de las siguientes etapas: a) absorción de líquido superficial del ovario con papel filtro, b) submuestreo de la mitad más grande del ovario, tomando tres segmentos del tejido uno del centro y dos de la parte media entre el centro y los extremos del eje mayor del ovario; c) pesaje de las submuestras en una balanza analítica con una precisión de 0,001 gramos; y d) conteo de los ovocitos en cada submuestra bajo lupa, las que serán depositadas en una cápsula pettri y cubiertas con gotas de glicerina (33%).

Se utilizó el número promedio de ovocitos hidratados de las tres submuestras (metodología descrita por Hunter et al. 1985), para estimar el número total de ovocitos hidratados del ovario (fecundidad parcial) según:

$$31)... \quad \bar{E}_j = \bar{n} \times \bar{W}_j$$

donde:

\bar{E}_j = Fecundidad parcial (número total de ovocitos hidratados en el ovario de la hembra j).

\bar{W}_j = Peso húmedo del ovario (g) de la hembra j .

\bar{n} = Número promedio de ovocitos hidratados por gramo de submuestra en el ovario de la hembra j .

El MPDH requiere la fecundidad media poblacional, es decir el número de ovocitos liberados por una hembra promedio representativa de la población de hembras maduras. Para ello, se estableció la relación entre la fecundidad parcial y el peso corporal mediante regresión lineal. El modelo lineal ha sido el modelo que mejor se ajusta a los datos en otros estudios (Oliva et al. 2000, 2001, Sepúlveda et al. 2000). El peso corporal corresponde al peso total menos el peso de la gónada. Además, el modelo lineal es particularmente importante pues la varianza de la pendiente de esta relación se incorpora en la estimación de la varianza de la fecundidad media poblacional. Hunter et al. (1985), sostienen que un número mínimo de 50 hembras hidratadas obtenidas de todos los lances, es suficiente para establecer la relación entre la fecundidad y el peso corporal para mantener un coeficiente de variación menor a un 10%.

Por otra parte, desde el punto de vista biológico la relación entre la fecundidad parcial y el peso corporal (o longitud total) siempre exhibirá problemas de homocedasticidad, ya que la variación de la fecundidad parcial se mantiene constante (CV) respecto del peso corporal. Esto implica que la desviación estándar se incrementa proporcionalmente con el incremento del peso corporal (o longitud total). Un modelo alternativo, desde el punto de vista estadístico, es ponderar las observaciones por el inverso de la varianza. Sin embargo, ello determinaría cambiar los modelos de propagación de varianza para la fecundidad media poblacional. Sucede lo mismo si se establece una relación no-lineal aunque el utilizar, por ejemplo una relación potencial, no necesariamente evitaría el problema de la heterocedasticidad.

Se debe dejar claramente establecido que la relación lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal se utiliza solamente en un contexto operacional para estimar la fecundidad media poblacional. Hunter et al. (1985) recomiendan el modelo lineal para estimar la fecundidad media poblacional, por las siguientes razones: a) explica mejor la variación que los modelos no-lineales; b) los coeficientes de regresión tienen una interpretación biológica; y c), para la estimación de la fecundidad media poblacional, la fecundidad de los ejemplares en los extremos no es tan importante como aquellos del rango promedio.

La fecundidad media de las hembras en cada lance se determinó utilizando el peso corporal de las hembras colectadas aleatoriamente. 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):

$$32)... \quad \bar{\bar{F}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{F}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

donde:

$\bar{\bar{F}}$ = Fecundidad media poblacional, m_i es el número de peces muestreados en el lance i , \bar{F}_i es la fecundidad promedio de las hembras en el lance i .

Debido a que se utiliza la fecundidad parcial estimada a través del modelo de regresión, cada estimado tiene su propia varianza. Entonces, la estimación de la varianza de la fecundidad media poblacional se debe ajustar para incluir esta variación adicional, representada por:

$$33)... \quad Var(\bar{\bar{F}}) = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{(\bar{F}_i - \bar{\bar{F}})^2}{n-1} + \frac{S_h^2}{n_h} + (w_i^* - w_h^*) S_\beta^2 \right]}{\left(\sum_{i=1}^n (m_i / n) \right)^2 n}$$

donde:

$\bar{\bar{F}}$ = Fecundidad media poblacional,

\bar{F}_i = Fecundidad promedio en 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, $S^2(\beta)$ es la varianza de la pendiente de la regresión, y n es el número de lances.

8.5.5. Objetivo 4: Proporción sexual, peso promedio de hembras maduras, y varianza asociada

La proporción en peso de las hembras se estimó para cada lance a partir de una submuestra aleatoria de un mínimo de 50 ejemplares, preservados en formalina. La proporción total de hembras en peso fue estimada por:

$$34)... \quad \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{R}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

y su varianza por:

$$35)... \quad V\hat{A}R(\bar{R}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right]^2 n(n-1)}$$

donde:

- \bar{R} = Proporción en peso promedio de hembras maduras,
- \bar{R}_i = Proporción en peso de hembras maduras en el lance i,
- m_i = Número de peces muestreados del lance i, y
- n = Número total de lances.

El peso promedio de las hembras es un estimado a partir de un tamaño fijo de submuestra de hembras maduras, que viene dado por:

$$36)... \quad \bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

y la varianza por

$$37)... \quad V\hat{A}R(\bar{W}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{W}_i - \bar{W})^2}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right]^2 n(n-1)}$$

donde:

- \bar{W} = Peso promedio de hembras maduras,
- \bar{W}_i = Peso promedio de hembras maduras en el lance i,
- m_i = Número de peces muestreados del lance i, y
- n = Número total de lances.

El peso observado es ajustado hacia abajo en las hembras maduras cuyos ovarios contienen huevos hidratados, debido a que su peso corporal está temporalmente sobreestimado debido a la retención de

agua. El peso ajustado (\hat{W}_{ij}) es estimado a partir de una regresión lineal entre el peso total y el peso sin gónadas (W_{ij}^*) y que es ajustado solo en aquellas hembras con huevos hidratados, i.e.

$$38)... \quad \hat{W}_{ij} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}W_{ij}^*$$

La distribución de frecuencia observada del peso promedio de hembras por lance es usualmente simétrica aunque puede ocurrir cierta insinuación de bimodalidad si hay más de una clase anual. Los pesos dentro de cada lance tienden a ser homogéneos, lo que sugiere que los cardúmenes de anchoveta (y sardina común) son homogéneos en relación al peso.

Debido a que los peces se preservarán en formalina hasta su procesamiento en laboratorio, fue necesario además aplicar una corrección a las mediciones de la longitud y peso debido a que el fijador introduce una variación en estos parámetros. De acuerdo con lo recomendado por Hunter (1985), los factores que influyen en esta variación se deben a diferencias en el tamaño de los peces, estado del pez cuando es preservado, tiempo en formalina y razón de formalina y dilución, razón por la cual los efectos de la preservación en formalina son muy específicos. Considerando estos aspectos, es necesaria una calibración para cualquier cambio en técnica, especie o estadio de vida. El factor de corrección fue calculado a partir de una muestra de 30 machos y 30 hembras, las cuales se pesaron en fresco para luego ser fijadas, con la misma solución y procedimientos utilizados a bordo, siendo vueltos a pesar a intervalos regulares. El factor de corrección para cada parámetro y sexo, fue calculado como la media del porcentaje de variación de las mediciones efectuadas después de 48 h y al mes después de la fijación.

8.5.6. Objetivo 5: Biomasa desovante y varianza asociada

Según Stauffer y Picquelle (1980) la estimación de la biomasa desovante puede ser formulada mediante:

$$39)... \quad B = \frac{P_0 AW}{SFR} k$$

donde:

B = Biomasa desovante;

P_0 = Producción diaria de huevos por unidad de superficie;

- W = Peso promedio de hembras maduras;
 R = Razón de sexos, fracción en peso de la población que son hembras maduras;
 F = Fecundidad parcial, número de huevos por hembra madura por vez;
 S = Fracción de hembras maduras desovantes por día;
 A = Area de desove;
 k = Factor de conversión de unidades.

Sobre la base del método Delta de Seber (1973), Stauffer y Picquelle (1980) demostraron que el sesgo y la varianza para el estimador de biomasa son función de las varianzas y covarianzas muestrales. El sesgo (b) está dado por:

$$40)... \quad E[B] = \hat{B} + b$$

donde $E[B]$ es el valor esperado de la biomasa y \hat{B} es el estimado de biomasa con la ecuación (39). El sesgo puede estimarse aproximadamente de la siguiente forma:

$$41)... \quad b \cong \hat{B}(CV(P)^2 + CV(W)^2 + CV(R)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + COVS)$$

donde CV representa el coeficiente de variación del parámetro estimado y $COVS$ corresponde a la suma de términos que incorpora las respectivas covarianzas:

$$42)... \quad COVS = \frac{COV(PW)}{PW} - \frac{COV(PR)}{PR} - \frac{COV(PF)}{PF} - \frac{COV(PS)}{PS} - \frac{COV(WR)}{WR} - \frac{COV(WF)}{WF} - \frac{COV(WS)}{WS} \\ + \frac{COV(RF)}{RF} + \frac{COV(RS)}{RS} + \frac{COV(SF)}{SF}$$

Si se ignora el sesgo, la varianza aproximada del estimado está dada por:

$$43)... \quad Var(B) \cong \hat{B}^2 \times (CV(P)^2 + CV(W)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + CV(R)^2 + 2 \times COVS)$$

Las formulas de covarianza son estándar, y dicen relación con:

$$44)... \quad COVS = \sum_i \sum_{i < j} sign \frac{COV(x_i, x_j)}{x_i x_j}$$

donde x representa los parámetros adultos, y los sub-índices i y j se refieren a diferentes parámetros, i.e. $x_i = F$ (fecundidad) y $x_j = W$ (peso promedio). El signo de cualquiera de dos términos utilizados depende de su lugar en la ecuación de estimación de biomasa (positivo si están ambos en el numerador o en el denominador, y negativo en otro caso). La correlación es función de la matriz de varianza – covarianza. Por ejemplo, la correlación entre la fecundidad (F) y el peso corporal (W) viene dada por:

$$45)... \quad r(F, W) = \frac{\sum_i m_i (\bar{F} - \bar{F}) k_i (\bar{W} - \bar{W})}{\{\bar{m} \bar{k} n(n-1)\} \sigma_F \sigma_W}$$

donde m_i y k_i se refieren al número de hembras maduras en el i -ésimo lance para cada parámetro, y σ se refiere al error estándar de cada parámetro. Sin considerar el producto entre los errores estándar en el denominador, la ecuación se transforma en la ecuación de covarianza.

La delimitación del área de desove constituye un aspecto de fundamental importancia para la estimación de la biomasa desovante. Los criterios utilizados en la delimitación del área de desove son aquellos acordados para la anchoveta de la zona norte (Oliva et al. 2002). Al respecto, se define como área de crucero o de estudio a aquella delimitada por los contornos del total de las estaciones que fueron muestreadas, sin realizar interpolaciones inter-transectas, y que viene dada por la suma de las áreas que representa cada estación de muestreo. El área de desove, en cambio viene determinada por el patrón espacial de estaciones positivas, considerando el criterio estructural o de límite inferior, cuyos límites están dados por las estaciones positivas y considerando un mínimo de tres estaciones negativas por transectas si éstas caen entre dos positivas.

8.6. Objetivo 6: Distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas

Con la información oceanográfica obtenida en el crucero de huevos, se describe la distribución espacial de la temperatura, salinidad, y densidad. Dicha descripción se realizó mediante mapas de isolíneas que fueron contruidos mediante interpolación cuadrática (kriging), consistentes en:

- secciones horizontales de isotermas en superficie, a 10 y 50 m de profundidad para toda el área de estudio,
- secciones horizontales de isohalinas en superficie, a 10 y 50 m de profundidad para toda el área de estudio,

- secciones horizontales de isopícnas en superficie, a 10 y 50 m de profundidad para toda el área de estudio,
- secciones verticales de salinidad costa-océano, y
- secciones verticales de densidad costa-océano.

Adicionalmente, y con el fin de explorar la variabilidad de las condiciones oceanográficas de menor escala temporal, se obtuvieron imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM), Clorofila *a* y vientos superficiales para el área y periodo de estudio. El análisis de estas imágenes permitió caracterizar los procesos oceanográficos de mesoescala que pudieran explicar la distribución de huevos durante el estudio.

Las relaciones entre la distribución de huevos con las variables ambientales se investigó según dos métodos cualitativos, y dos métodos estadísticos. El análisis cualitativo consistió en la sobreposición de los mapas de distribución de las variables oceanográficas descritas con la distribución de la densidad de huevos de anchoveta y sardina común en una escala horizontal. A su vez, se construyeron diagramas T-S en los cuales se sobrepuso una representación escalada de la abundancia de huevos de anchoveta y sardina común, siguiendo la metodología de Checkley et al. (2000).

En los análisis cuantitativos se utilizó el método de preferencia-rechazo de Perry y Smith (1985). A su vez, la estructura de la distribución espacial de los huevos de anchoveta se analizó con métodos geoestadísticos. En la sardina común, dada la baja abundancia no fue posible analizar la estructura espacial con métodos geoestadísticos.

- Preferencia-rechazo

El muestreo de huevos permite la observación pareada de densidad de huevos y las variables físico-químicas del ambiente marino, permitiendo utilizar la prueba de asociación descrita por Perry y Smith (1994), en su versión univariada. Considerando el diseño de muestreo, el análisis se realizará para cada estrato geográfico contemplado. Se define por f_{hi} a una variable físico-química de las 2 (salinidad y temperatura) medidas en el crucero, donde $h = 1, 2, 3...$ indica el estrato mientras que $i = 1, ..., n_h$ indica la muestra. Si se cuenta con t que representa a otra variable con el mismo rango que f (i.e. $\max[t]-\min[t] = \max[x]-\min[x]$), pero que es discreta y que está ordenada de menor a mayor. Sea $I(f_{hi}, t)$ una variable indicadora que toma el valor 1 si $x_{hi} \leq t$ y 0 en cualquier otro caso. Por último sea W_h la proporción del área total cubierta por el muestreo que pertenece al estrato h . Entonces

$$46)... \quad F(x, t) = \sum_{h=1}^3 \frac{W_h}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} I(f_{hi}, t)$$

es la función de distribución acumulada para f . Tomando ventaja del pareo de observaciones físico-químicas y de densidad de huevos (z observada), se construirá la función de distribución acumulada conjunta bajo la hipótesis nula de independencia entre ambas variables.

$$47)... \quad G(z, t) = \sum_{h=1}^3 \frac{W_h}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} \frac{z_{hi}}{\bar{z}} I(f_{hi}, t)$$

donde:

$$48)... \quad \bar{z} = \sum_{h=1}^3 W_h \bar{z}_h$$

representa la media global (a través de los estratos) de la densidad de huevos. Bajo la hipótesis nula de independencia, un estadístico de prueba que mide la distancia vertical entre las dos distribuciones acumuladas es el siguiente:

$$49)... \quad \max |G(f, z, t) - F(f, t)| = \max \left| \sum_{h=1}^3 \frac{W_h}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} \left(\frac{z_{hi}}{\bar{z}} - 1 \right) I(f_{hi}, t) \right|$$

el cual debe tener un valor bastante pequeño, pues bajo la hipótesis la distribución G se genera al multiplicar F por un número aleatorio. Si el muestreo fuera aleatorio simple el estadístico de prueba se distribuiría asintóticamente de la misma manera que el estadístico de dos muestras de Kolmogorov-Smirnov. En ausencia de tal diseño de muestreo, utilizaremos una distribución empírica bajo la hipótesis

nula para el estadístico de prueba mediante el remuestreo aleatorio simple de los pares $\frac{W_h}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} \left(\frac{z_{hi}}{\bar{z}} - 1 \right)$

(densidad de huevos) e $I(f_{hi}, t)$ (variable físico-química) (Perry y Smith 1994).

- Análisis geoestadístico convencional

El análisis geoestadístico convencional se aplicó para analizar la distribución espacial de la densidad de huevos de anchoveta. Este no se aplicó a los datos de sardina común, ya que su abundancia estuvo escasamente representada en el espacio. La estimación geoestadística convencional se basa en la

correlación espacial entre los datos en lugar de evitarla, como en el caso de un muestreo aleatorio, y permite obtener resultados insesgados prácticamente desde cualquier tipo de diseño muestral (Conan 1985, Petitgas 1996). No obstante, se obtiene una mayor precisión al aplicar este tipo de análisis bajo estrategias de muestreo de tipo regular (Conan 1985), como es el caso de este estudio (diseño de muestreo). Las estimaciones locales de cada variable obtenidas durante el crucero son consideradas como una representación muestral del proceso aleatorio subyacente (i.e. campo de la densidad local). En primer lugar, se realizó el análisis estructural que permite caracterizar el proceso sobre la base de las propiedades de los datos, modelando el cambio en su disimilitud en función de la distancia entre ellos. Posteriormente, este modelo de correlación espacial fue utilizado durante una interpolación por kriging puntual ordinario para asignar ponderadores óptimos a las mediciones de la variable densidad local, en cada lance. El procedimiento básico del kriging lineal consiste en la interpolación sobre el área no muestreada mediante combinaciones lineales de las observaciones provenientes del área muestreada en la grilla de transectas. Los coeficientes de las combinaciones lineales son óptimos desde el punto de vista de las desviaciones cuadráticas esperadas entre las observaciones y las interpolaciones (Isaaks y Srivastava 1989).

Para el análisis estructural, se asume la existencia de estacionaridad de segundo orden, es decir, que la media del proceso aleatorio bajo estudio es constante en el área de prospección y la covarianza entre dos puntos de muestreo sólo depende de sus distancias relativas (Isaaks y Srivastava 1989). La herramienta estructural utilizada es el variograma, definido (Journel y Huijbregts 1978) como la esperanza de la variable aleatoria $(Z(x) - Z(x+h))^2$. Bajo la hipótesis intrínseca, es posible estimar el variograma $2\gamma(h)$ a partir de los datos mediante el variograma experimental $2\gamma^*(h)$, que es la media aritmética de las diferencias al cuadrado entre dos mediciones experimentales, $z(x_i) - z(x_i+h)$, realizadas en dos puntos cualesquiera separados por el vector h . Este cálculo se realizó en varias direcciones para investigar la existencia de diferencias direccionales en la estructura del proceso (i.e. anisotropía).

Una vez obtenido el variograma experimental, se ajustó un modelo estadístico para relacionar la estructura observada con el proceso generador. El modelo gaussiano fue el más apropiado para los datos y se consideró el modelo propuesto por Cressie (1993). En este variograma, el efecto nugget caracteriza la variabilidad de micro-escala, mientras que el rango del variograma indica la distancia más allá a partir del cual los datos ya no presentan correlación. Los parámetros del variograma teórico fueron estimados mediante el método de mínimos cuadrados descrito por Cressie (1993), y aplicado con éxito por Pelletier y Parma (1994) y por Roa y Tapia (2000). Este procedimiento tiene la ventaja de disminuir la ponderación de pares menos representados en la muestra y aumentar la de puntos cercanos al origen del variograma, zona crucial en la estimación de los parámetros del modelo (Pelletier y Parma 1994). Una vez obtenido el

modelo teórico, se realizó una validación cruzada de los parámetros del variograma teórico ajustado y de los parámetros a utilizar en la interpolación por kriging (i.e. parámetros del variograma teórico, radio de búsqueda, número máximo de pares a utilizar en la interpolación). El método de validación cruzada (Deutsch y Journel 1998) consiste en eliminar una a una las estaciones de muestreo y utilizar el resto de los datos para estimar el valor de la variable en la estación eliminada, utilizando el modelo de variograma y parámetros de kriging seleccionados (Maravelias et al. 1996). De esta forma, se define el error de predicción en cada localidad muestreada como la diferencia entre el valor medido y el estimado a partir del resto de los datos (Isaaks y Srivastava 1989). El objetivo final de este procedimiento fue obtener un criterio de decisión para seleccionar una combinación dada de parámetros del variograma teórico y del kriging.

El criterio de selección fue el error medio cuadrado (MSE), asumiendo que un buen modelo de continuidad espacial debería entregar estimaciones cuyo sesgo y dispersión de residuos se aproximen a cero. Por lo tanto, la combinación seleccionada de modelo y parámetros de kriging será aquella con el menor MSE. Sin embargo, el hecho de que la distribución univariada de los residuos cumpla con estas condiciones no es suficiente para garantizar que las predicciones del modelo espacial en localidades no visitadas serán de buena calidad. Por ello, y como ha sido sugerido por Isaaks y Srivastava (1989), se inspeccionó además el grado de sesgo condicional (i.e. correlación entre las magnitudes de las estimaciones y sus residuos) y el de correlación existente entre los estimados y las observaciones. La selección del conjunto de parámetros con mínimo MSE estuvo restringida a las combinaciones que cumplieron estos dos requisitos.

Los parámetros del variograma teórico y del kriging fueron seleccionados después de la validación cruzada. Estos fueron utilizados para calcular las ponderaciones óptimas a ser asignadas a cada estimación local de la variable, para así estimar la misma $\hat{z}(x_0, y_0)$ en cada uno de los nodos de la grilla de interpolación (x_0, y_0) . Los datos sugerirán si es necesario dividir la zona de muestreo total en focos o si realizar un análisis más global. Como se trata de un ejercicio de modelación y no de prueba de hipótesis el uso de los datos para decisiones de análisis es válido. Se utilizó el módulo de estadística espacial del programa S-plus 2000 para el cálculo de los variogramas experimentales y teóricos, Geo-Eas 1.2.1 (Englund y Sparks 1988) para la validación cruzada y el kriging, y el programa SURFER 8.0 para el posterior mapeo de la densidad.

- Análisis geoestadístico paramétrico

Las concentraciones de huevos en número de huevos por 0,05 m² y la latitud y longitud de cada observación fueron tomadas como la base de datos original para el análisis de modelo espacial. Se aplicó la teoría geoestadística basada en la función de verosimilitud con un modelo Gaussiano para la distribución marginal de las observaciones (Diggle et al. 2003, Ribeiro y Diggle 2001). En sentido estricto, un modelo Poisson habría sido más adecuado pues los datos tomaron la forma de conteos, pero se adoptó el modelo Gaussiano para poder aprovechar las capacidades del paquete geoR, contribuido a R, que se basa en el modelo Gaussiano. Para una mejor aproximación a los datos cuya distribución marginal sea Gaussiana, se adoptó la familia de transformaciones de Box-Cox, $z_i^c = f_\lambda(z_i) = (z_i^\lambda - 1)/\lambda$ si $\lambda \neq 0$, y $\ln(z_i)$ si $\lambda = 0$, donde z_i^c es la densidad de huevos transformada, z_i es la densidad en unidades originales, y λ es el parámetro de la transformación Box-Cox. El valor inicial de este parámetro fue elegido por inspección visual de la simetría de la distribución de frecuencia de los z_i^c . Luego el parámetro fue estimado al maximizar la verosimilitud del modelo espacial.

El ajuste de máxima verosimilitud del modelo espacial tuvo dos objetivos. Primero, construir mapas de la distribución espacial de huevos de anchoveta con los valores de parámetros del modelo espacial más apoyados por los datos. Segundo, probar la hipótesis que los parámetros de rango del modelo espacial con las observaciones colectadas en el proyecto del año 2000 (FIP 2000-14), y con las observaciones del presente proyecto (FIP 2004-03), no son significativamente diferentes. Este análisis es relevante ya que en el presente diseño de muestreo se aumentó el espaciamiento entre estaciones y transectas sobre la base de los resultados obtenidos a partir del muestreo intensivo del año 2002 (Cubillos et al., 2003). Con este fin se re-analizó los datos del proyecto FIP 2000-14 (caso de la anchoveta) utilizando la teoría geoestadística basada en la función de verosimilitud. Esto ha sido necesario porque la estadística convencional no permite generar directamente intervalos de confianza para los parámetros del modelo espacial, incluido entre ellos el rango. Para ello hemos calculado la inversa de la matriz Hessiana en el máximo de la función de verosimilitud, pues geoR no entrega directamente la varianza de los parámetros del modelo espacial (Paulo Ribeiro, autor de geoR, comunicación personal). Debido a que el modelo geoestadístico emplea distancia Euclidianas, la latitud y la longitud no son coordenadas apropiadas. Deben ser transformadas a unidades métricas. Esto fue hecho utilizando el programa GeoConv, proporcionado libremente por Eino Uikkanen (<http://www.kolumbus.fi/eino.uikkanen/gb/index.htm>).

8.7. Otros aspectos metodológicos

8.7.1. Taller de discusión de resultados

Las Bases Especiales del Proyecto estipulan en el punto 5.8 que se deberá realizar un taller que de cuenta de los principales resultados y conclusiones de la evaluación del stock desovante de sardina común y anchoveta mediante el MPDH.

El Taller se realizó en dos modalidades: a) revisión de los criterios metodológicos y resultados, con el objeto de establecer recomendaciones y sugerencias para mejorar aplicaciones futuras, y b) presentación y discusión de los resultados a una audiencia amplia. La primera etapa se desarrolló los días 12 y 13 de enero de 2005, y en los que participó el equipo de trabajo con la supervisión de la Dra. Nancy Lo y Dr. Andrés Uriarte. La segunda etapa se realizó el 14 de enero de 2005, instancia en que no sólo participó el equipo de trabajo y los expertos internacionales sino también investigadores de IFOP, INPESCA, UDEC, y Subsecretaría de Pesca (ver Anexo A para detalles).

8.7.2. Comparación con otras evaluaciones

De acuerdo con el punto 5.7 de las Bases Especiales del Proyecto, en la discusión del proyecto se incorporará explícitamente un listado con las estimaciones previas de biomasa total y/o desovante de anchoveta y sardina común, indicándose el método aplicado. Según las mismas bases, Subsecretaría de Pesca pondrá a disposición los resultados de las evaluaciones indirectas del stock de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur.

Se solicitaron los informes finales de proyectos FIP relacionados con la evaluación hidroacústica del reclutamiento que se han ejecutado entre el año 1999 y 2004 (www.fip.cl) y a Subsecretaría de Pesca los informes finales de los proyectos "Investigación CTP de anchoveta centro-sur 2005" e "Investigación CTP de sardina común centro-sur 2005".

Además, se compara los resultados 2004 con los obtenidos en los proyectos de evaluación de biomasa desovante 2002 y 2003, tanto en términos de biomasa desovante como en términos de la distribución de la abundancia de huevos, producción diaria de huevos, parámetros reproductivos y biomasa desovante.

9 Resultados

9.1. Monitoreo reproductivo de adultos

La condición reproductiva de las hembras de sardina común y anchoveta durante el monitoreo reproductivo de estados de madurez microscópica comenzó el 11 de junio y terminó el 02 de noviembre de 2004. Se contó con 183 hembras de anchoveta, 173 de sardina común provenientes de las zonas de pesca de la VIII Región y 32 hembras de la pesca desembarcada en la localidad de Calbuco (X Región). Se realizaron 170 cortes histológicos de anchoveta y 187 de sardina común (164 de la VIII Región y 32 de la X Región) sobre las cuales se analiza el presente monitoreo.

El índice gonadosomático (IGS) se calculó para cada una de las hembras de sardina común y anchoveta, y fue agrupado por semanas respecto a la fecha de la obtención de la muestra. Al analizar el IGS promedio semanal no se observa una tendencia muy clara (Figura 4), pero para la anchoveta se observan valores altos prácticamente durante todo el periodo, mientras que en el caso de la sardina común los valores mayores del índice se encontrarían entre aproximadamente el 09 de agosto y 27 de septiembre (Figura 4). Finalmente, en el caso de la sardina común de la localidad de Calbuco no es posible establecer una tendencia ya que las muestras colectadas correspondieron sólo a una semana del mes de junio y otra de julio.

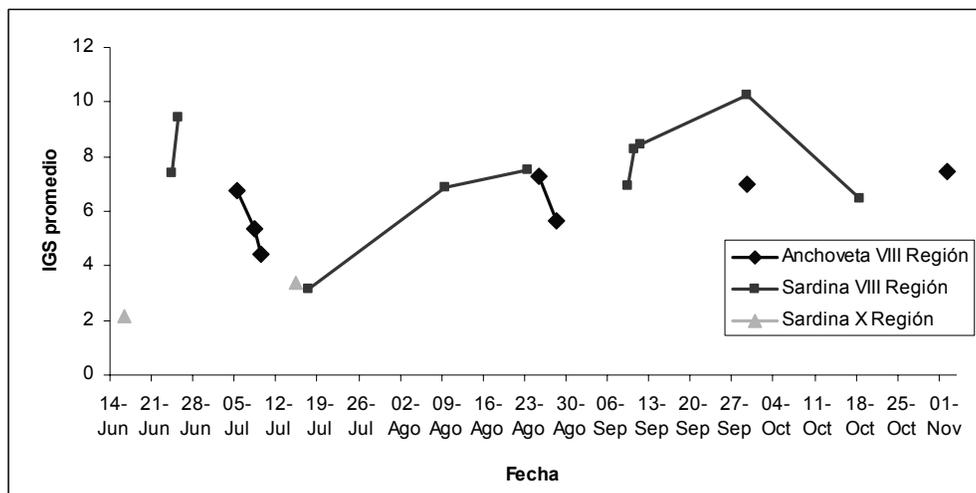


Figura 4. Evolución del IGS promedio semanal para sardina común y anchoveta en la VIII y X Regiones.

A partir de las preparaciones histológicas realizadas, se identificó los distintos estadios de madurez microscópicos. La frecuencia y porcentaje de cada uno de los estadios de madurez microscópicos mensual

se presenta en la Tabla 7, donde se observa que los estados III a IX corresponden a los estadios más representados en las muestras analizadas. En la sardina común, en las muestras de julio se detectó el estadio IX (desovados), mientras que en las muestras de agosto se verificó el estadio VIII (post-desovante de tanda), indicando junto a los estadios IV (vitelados) y V (próximos a la hidratación) que las hembras se encontraban reproductivamente activas. Estas muestras pertenecen a la combinación de las muestras del 09 y 23 de agosto. En el caso de la anchoveta, se verifica un comportamiento similar, indicando que en agosto las hembras se encontraban reproductivamente activas, situación que se extendió hasta noviembre.

Tabla 7. Estados de madurez microscópicos (EMM) por mes, en número y porcentaje (entre paréntesis) para la sardina común y anchoveta obtenidos del monitoreo reproductivo.

EMM	Sardina						Anchoveta				
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	TOTAL	JUL	AGO	SEP	NOV	TOTAL
I	2 (3,17)					2 (1,07)					
II	13 (20,63)					13 (6,95)	1 (2,04)				1 (0,59)
III	2 (3,17)	17 (51,52)				19 (10,16)	1 (2,04)				1 (0,59)
IV	44 (69,84)	8 (24,24)	10 (38,46)	11 (24,44)	7 (35,00)	80 (42,78)	27 (55,10)	6 (23,08)	12 (26,67)	11 (22,00)	56 (32,94)
V	2 (3,17)	1 (3,03)	7 (26,92)	2 (4,44)	3 (15,00)	15 (8,02)	4 (8,16)	1 (3,85)	6 (13,33)	14 (28,00)	25 (14,71)
VI				7 (15,56)		7 (3,74)	9 (18,37)	1 (3,85)	3 (6,67)	10 (20,00)	23 (13,53)
VII				2 (4,44)		2 (1,07)		2 (7,69)			2 (1,18)
VIII			8 (30,77)	20 (44,44)	10 (50,00)	38 (20,32)	7 (14,29)	14 (53,85)	24 (53,33)	14 (28,00)	59 (34,71)
IX		7 (21,21)	1 (3,85)	3 (6,67)		11 (5,88)		2 (7,69)		1 (2,00)	3 (1,76)
Total	63 (100)	33 (100)	26 (100)	45 (100)	20 (100)	187 (100)	49 (100)	26 (100)	45 (100)	50 (100)	170 (100)

En las muestras de anchoveta, los folículos postovulatorios totales (FPO, sin discriminar su edad) se encontraron más representados en agosto y septiembre con el 62 y 52 % del total de hembras, respectivamente. Al asumir que en los FPO totales están representados FPO de día 0, 1 y 2, se podría estimar que la fracción desovante diaria fue de 20,7 y 17,4 % en agosto y septiembre, respectivamente (Tabla 8). En el caso de la sardina común, los FPO totales se presentaron con mayor frecuencia en las muestras del monitoreo de septiembre y octubre con 46 y 56 % del total de hembras en cada mes. Al considerar el supuesto de presencia de FPO de día 0, 1 y 2, entonces se podría señalar que la fracción desovante diaria de sardina común fue más importante en septiembre y octubre (Tabla 8).

Tabla 8. Presencia de folículos postovulatorios totales (FPO) en las muestras del monitoreo reproductivo de anchoveta y sardina común.

	Anchoveta				Sardina			
	FPO	Fracción desove*	Fracción en	TOTAL	FPO	Fracción desove*	Fracción en	TOTAL
JUN	-	-	-	-	-	0,00	0,000	65
JUL	7	0,12	0,041	57	7	0,21	0,071	33
AGO	18	0,62	0,207	29	9	0,28	0,094	32
SEP	24	0,52	0,174	46	21	0,46	0,152	46
OCT	-	-	-	-	10	0,50	0,167	20
NOV	14	0,27	0,092	51	-	-	-	-

*Fracción en desove = fracción de FPO totales dividida por 3 (ver texto).

9.2. Monitoreo reproductivo de huevos

El monitoreo de huevos en el plancton se llevó a cabo en estaciones ubicadas entre la Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata, y se resume a la forma de una serie de tiempo de abundancia promedio en la Figura 5. En la anchoveta, se observó un incremento importante en la abundancia de huevos el 29 de julio, manteniéndose dicho incremento hasta el 10 de septiembre. Posteriormente, el 21 de septiembre se observó una disminución que se verificó hasta el 07 de octubre. Sin embargo, en las últimas dos fecha (20 de octubre y 10 de noviembre) se observó abundancias máximas de huevos de anchoveta que podrían ser consecuencia de un segundo periodo reproductivo después del ocurrido entre agosto-septiembre, cuando se desarrolló el crucero de evaluación. Sin embargo, el máximo observado hacia fines de octubre tiene una amplia desviación estándar, lo que es consecuencia de una sola muestra con alta abundancia.

En el caso de la sardina común, se observó una abundancia de huevos más baja respecto de la anchoveta. En la serie de tiempo, se produjo un periodo de mayor abundancia que se inició entre el 29 de julio y 25 de agosto, declinando en forma importante el día 10 de septiembre. Sin embargo, la mayor abundancia de huevos de sardina común ocurrió el 21 de septiembre en el área del monitoreo (Fig. 5) y, al igual que la anchoveta, en las últimas dos fechas se observó un nuevo periodo de alta abundancia de huevos que se podría interpretar como un segundo periodo de desove.

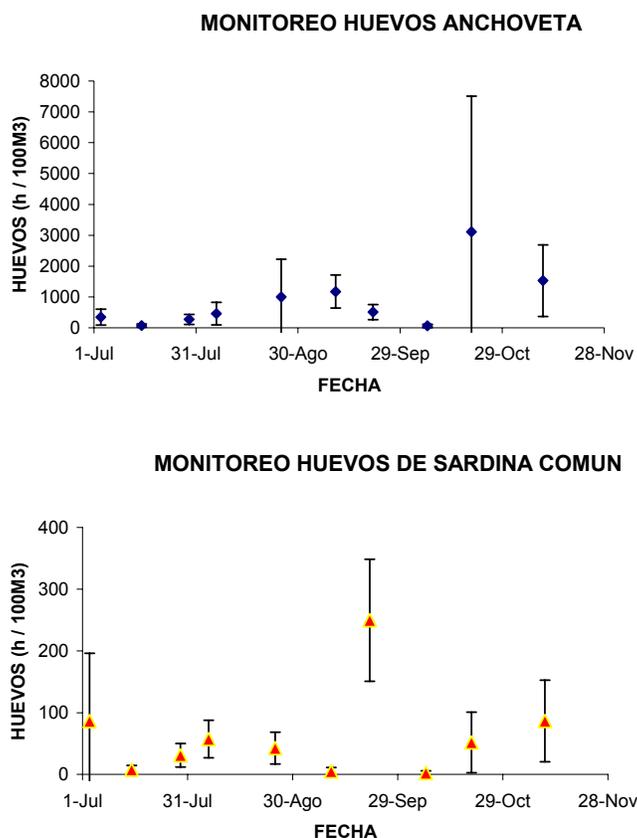


Figura 5. Serie de tiempo de la abundancia promedio de huevos de anchoveta y sardina común en las muestras de monitoreo ictioplanctónico realizado entre la Desembocadura del Río Itata y Bahía Coliumo, Octava Región.

9.3. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta y sardina común

9.3.1. Estaciones con presencia de huevos

Del total de 295 estaciones de la grilla regular en que se realizó muestreo con red Pairovet, 100 estaciones presentaron huevos de anchoveta, lo que representa un 33,9 % del total, y 31 estaciones con huevos de sardina común, que corresponden a un 10,5 % del total de estaciones muestreadas (Figura 6, Tabla 9). Mientras que en el sector norte no hubo estaciones con huevos de ninguna de las dos especies, en los otros dos sectores la proporción de estaciones positivas difirió entre especies. La proporción de estaciones con huevos de anchoveta fue similar en el sector centro (35,8%, 49 estaciones positivas) y sur (35,4 %, 51

estaciones positivas). Alternativamente, la proporción de estaciones con huevos de sardina común en el sur (14,6%, 21 estaciones) fue el doble que en el sector centro (7,3%, 10 estaciones).

Tabla 9. Número de estaciones totales por sector, estaciones con huevos de anchoveta y sardina común, y el porcentaje que representan las estaciones con huevos de cada especie del total de estaciones muestreadas por sector.

Sector	Estaciones totales	Anchoveta		Sardina común	
		Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%
Norte	14	0	0	0	0
Centro	137	49	35,8	10	7,3
Sur	144	51	35,4	21	14,6

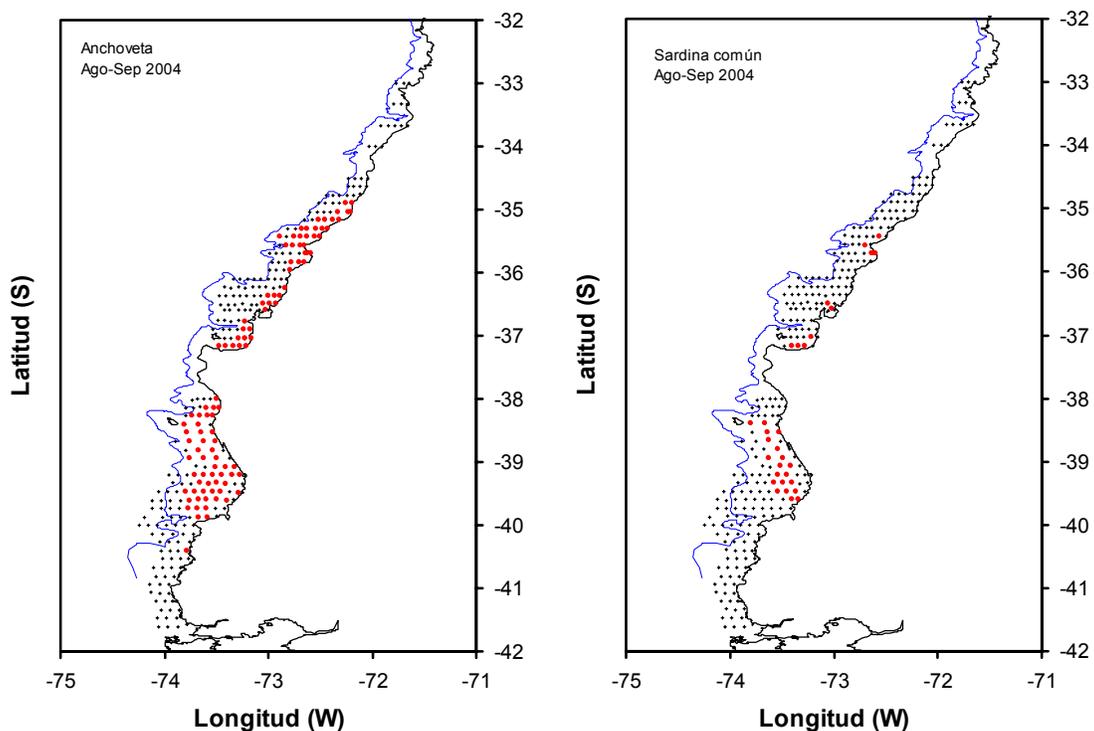


Figura 6. Número de estaciones totales y positivas con huevos de anchoveta y sardina común.

9.3.2. Abundancia de huevos

Un total de 3596 huevos de anchoveta y 191 huevos de sardina común fueron colectados en el área completa de estudio. No se encontró huevos de ninguna de las dos especies en el sector norte. Del total de huevos de anchoveta, 886 fueron colectados en el sector centro y 2710 en el sector sur. Del total de huevos de sardina común, 16 correspondieron al sector centro y 175 huevos al sector sur.

El promedio de huevos de anchoveta por estación fue mayor en el sector sur (Tabla 10), tanto al considerar el total de estaciones por sector (137 y 144 estaciones en los sectores centro y sur, respectivamente) como al considerar sólo las estaciones positivas (49 y 51 estaciones en los sectores centro y sur, respectivamente). De igual modo las máximas abundancias de huevos de anchoveta por estación fueron registradas en el sector sur (861 huevos/0,05m²).

En el caso de la sardina común, el promedio de huevos por estación fue también mayor en el sector sur (Tabla 10), ya sea considerando tanto el total de estaciones por sector como sólo las estaciones positivas (10 y 21 estaciones en los sectores centro y sur, respectivamente). Los núcleos de mayor abundancia de huevos de sardina común también ocurrió en el sector sur (79 huevos/0,05m²).

Tabla 10. Número total de huevos de anchoveta y sardina común por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por estación (huevos/0,05 m²) en cada sector.

	Anchoveta						
	Suma	Promedio Total estaciones	DS Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	DS Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Norte	0	0	-	0	-	0	0
Centro	886	6,5	23,7	18,1	36,9	166	0
Sur	2710	19,0	84,8	53,1	136,2	861	0
	Sardina común						
	Suma	Promedio Total estaciones	DS Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	DS Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Norte	0	0	-	0	-	0	0
Centro	16	0,1	0,5	1,6	0,8	3	0
Sur	175	1,2	6,9	8,3	17,2	79	0

9.3.3. Distribución de huevos

En líneas generales, existe una muy buena correspondencia entre las distribuciones de huevos de anchoveta y de sardina común: i) ambas especies presentaron huevos sólo en los sectores centro y sur, y ii) las zonas de agregación tienden a coincidir, aunque claramente las abundancias entre los huevos de ambas especies difiere significativamente en todas las áreas (sardina común menos abundante en todas las áreas).

En el sector centro, ambas especies presentan agregaciones entre Punta Nugurue y Constitución (35°30'S), en la zona costera entre Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata (36°30'S), y dentro del Golfo

de Arauco (37°S). En términos de extensión, las áreas de agregación de huevos más extensas correspondieron a Punta Nugurue-Constitución y el Golfo de Arauco, siendo la agregación de huevos de anchoveta frente a Punta Nugurue-Constitución mayor en extensión a la de sardina común en esa zona, cubriendo un rango latitudinal de más de medio grado (35°S – 35,75°S, aproximadamente) (Figura 7).

En el sector sur, los huevos de ambas especies tuvieron aproximadamente una misma distribución caracterizada por una única y extensa zona de agregación al norte de Bahía Corral, entre los 38,25°S y 39,75°S. Esta zona de agregación de huevos de anchoveta y sardina común fue más extensa y con mayor número de huevos que las del sector centro. Al sur de Bahía Corral, a excepción de una estación, no se colectaron huevos de estas especies. En el eje costa-océano, y a diferencia de la zona centro, las mayores abundancias de huevos no se ubicaron en las estaciones más costeras, sino dos o tres estaciones mar afuera (>4 mn) (Figura 8).

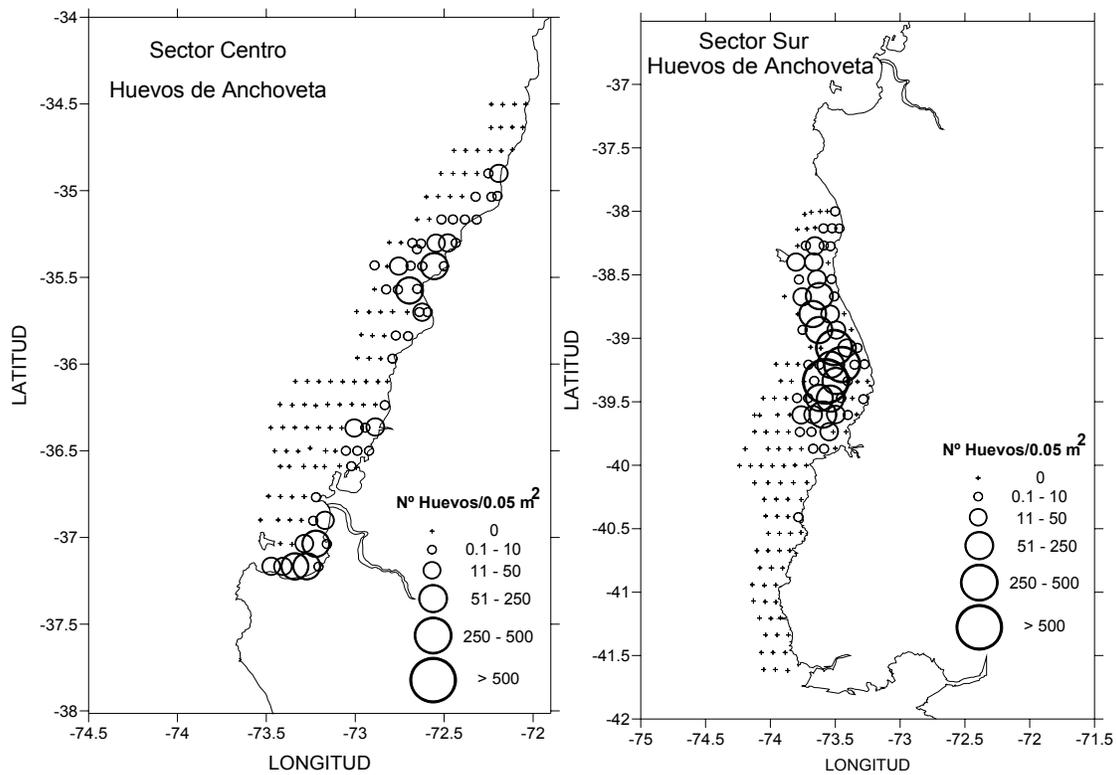


Figura 7. Distribución de huevos de anchoveta en los sectores centro y sur.

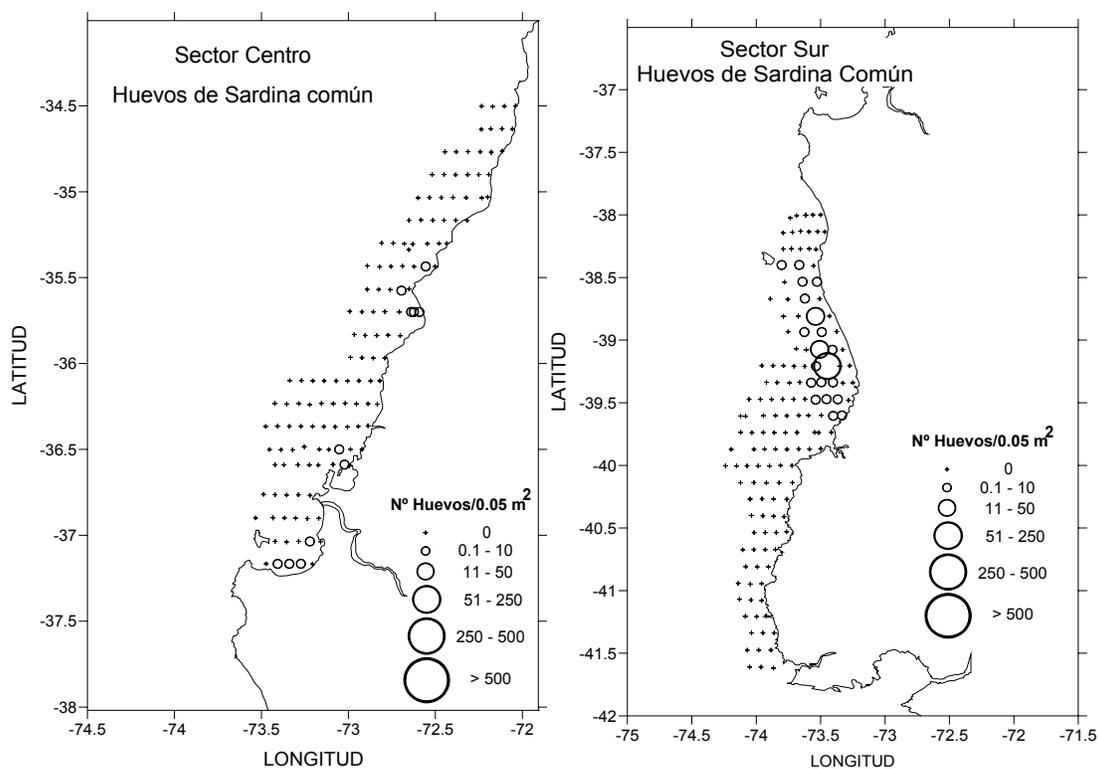


Figura 8. Distribución de huevos de sardina común en los sectores centro y sur.

9.4. Crucero de adultos

9.4.1. Distribución espacial de los lances de pesca

La distribución espacial de los lances de pesca totales y efectivos se presenta en la Figura 9 para anchoveta y sardina común, respectivamente. La distribución espacial de los lances de pesca indicaron que las agregaciones de anchoveta se detectaron en tres sectores: a) Desembocadura del río Itata ($36^{\circ}15'S - 36^{\circ}30'S$), b) Bahía de Concepción – Golfo de Arauco ($36^{\circ}35'S - 37^{\circ}15'S$), y c) entre Toltén y el sur de Punta Galera ($39^{\circ}20'S - 40^{\circ}10'S$) (Figura 9a). En el caso de la sardina común, los cardúmenes desovantes fueron detectadas los siguientes sectores: a) sur del Itata ($36^{\circ}20'S - 36^{\circ}30'S$), b) Golfo de Arauco, y entre los $39^{\circ}20'S - 40^{\circ}10'S$ (Figura 9b). En términos generales, las pescas fueron costeras, al interior de las 5 millas náuticas.

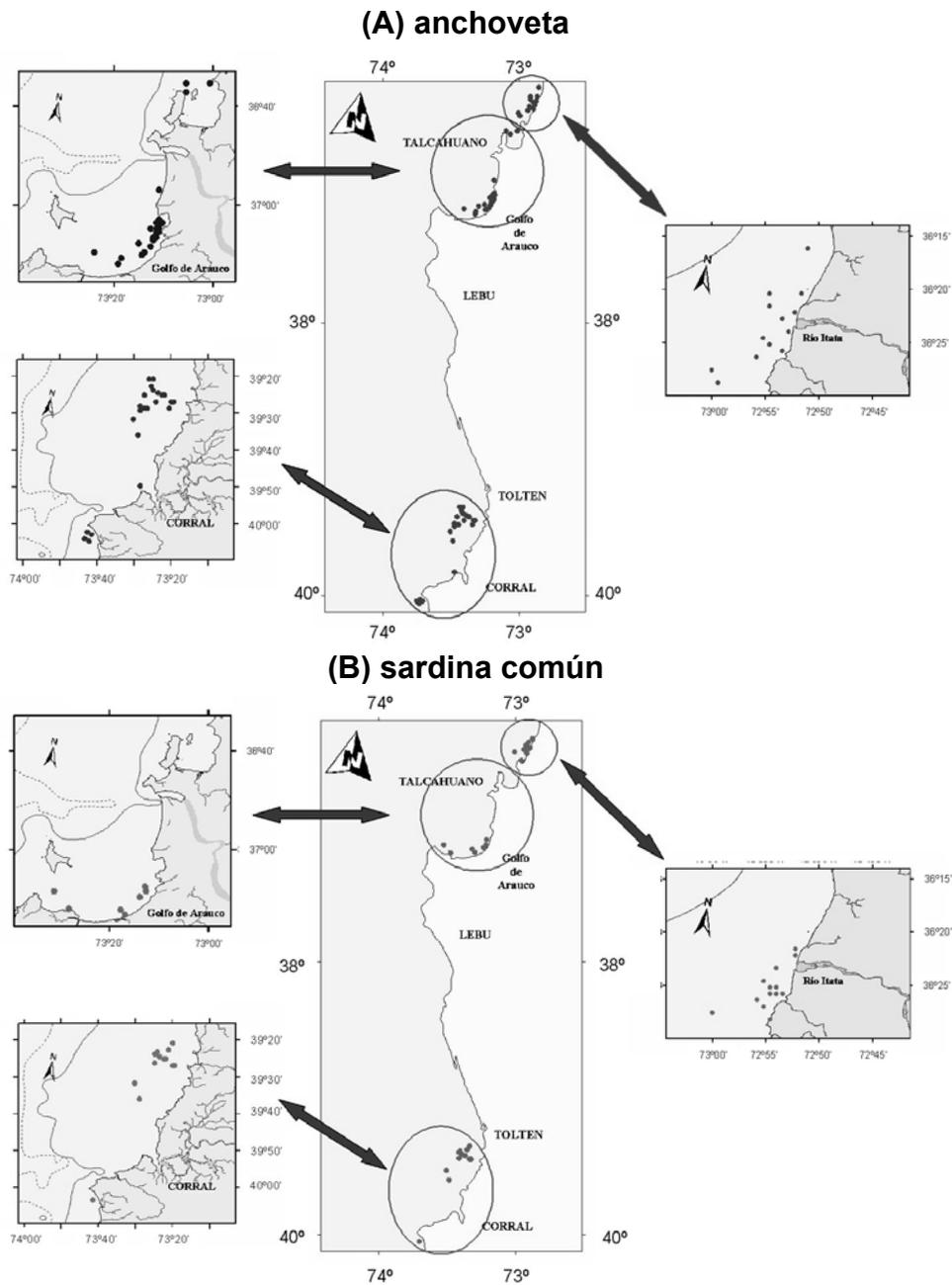


Figura 9. Distribución espacial de los lances de pesca totales y lances de pesca efectivos de (a) anchoveta y (b) sardina común, 21 de agosto – 26 de septiembre de 2004.

9.4.2. Estructura de tamaños

El crucero de adultos determinó la composición por longitudes de 7.433 ejemplares de anchoveta, con un rango comprendido entre 6,5 y 18,0 cm de longitud total (LT). Del total, 3.784 fueron machos y 3.649 hembras, cuya distribución por tamaño se muestra en la Figura 10, y talla media y estadísticos de

dispersión en la Tabla 11. En el sector centro, se observó una bi-modalidad en la estructura de tallas, mientras que en el sector sur tanto machos como hembras presentaron una moda en 14 cm LT.

En el caso de la sardina común, se obtuvo un total de 5.267 ejemplares en un rango comprendido entre 6,5 y 18,0 cm LT. Del total de ejemplares 2.623 fueron machos y 2.644 hembras con similar rango de tamaño. En la zona centro, la sardina común presentó una estructura similar en ambos sexos caracterizada por una distribución bi-modal. En la zona sur, se observó una estructura con una moda principal en 12,5 cm. La longitud media fue similar entre sexos y estratos geográficos (Tabla 11).

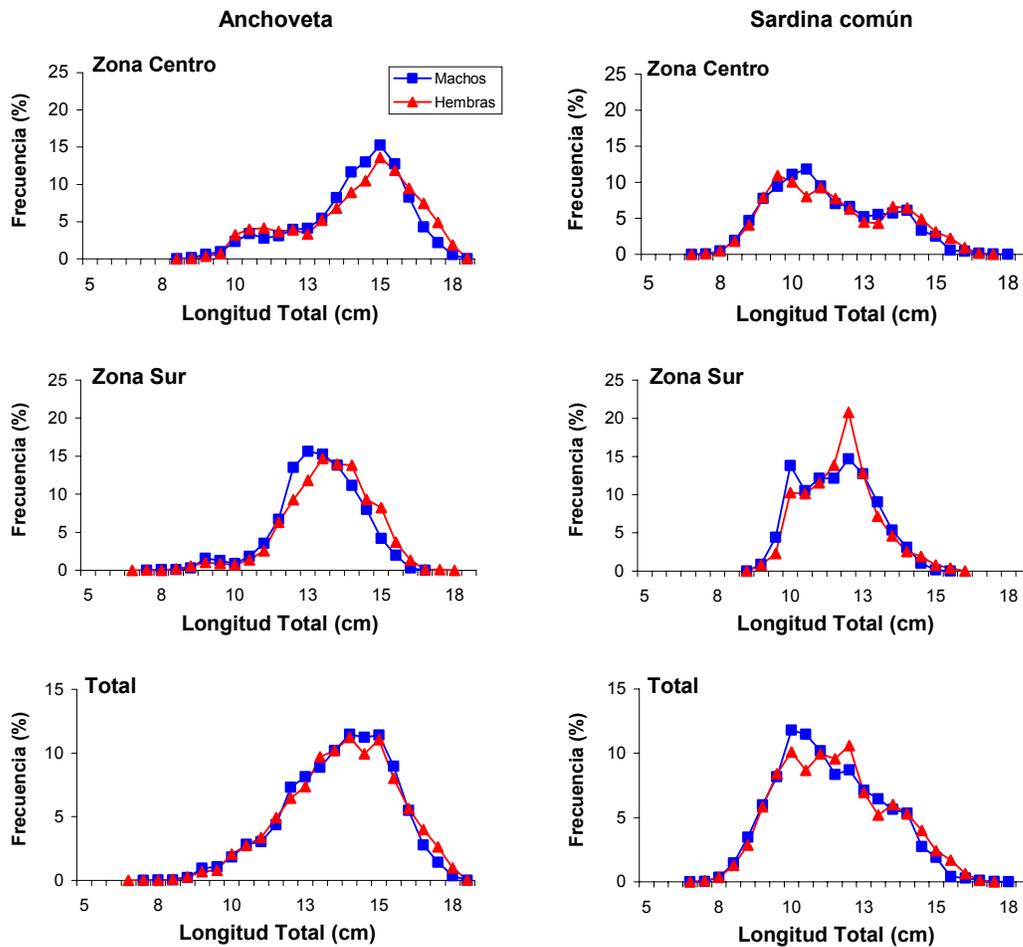


Figura 10. Composición de longitudes de la anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) en el crucero de adultos (20 de agosto – 26 de septiembre, 2004).

Tabla 11. Longitud promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, y número de ejemplares de sardina común y anchoveta por zona, sexo y total, 21 de agosto – 26 de septiembre de 2004.

Zona		Sardina			Anchoveta		
		Machos	Hembras	Total	Machos	Hembras	Total
Centro	Promedio	11,5	11,7	11,6	14,7	15,0	14,9
	DS	1,889	2,044	1,967	1,859	2,103	1,970
	CV	0,165	0,175	0,170	0,126	0,140	0,133
	N	1948	1865	3813	2453	1920	4373
Sur	Promedio	11,8	12,0	11,9	13,1	13,2	13,2
	DS	1,250	1,214	1,232	1,339	1,444	1,400
	CV	0,106	0,101	0,104	0,102	0,109	0,106
	N	675	779	1454	1331	1729	3060
Total	Promedio	11,6	11,8	11,7	14,2	14,3	14,2
	DS	1,753	1,843	1,800	1,471	1,564	1,518
	CV	0,152	0,157	0,154	0,104	0,110	0,107
	Total	2623	2644	5267	3784	3649	7433

9.5. Resultados por objetivos específicos

9.5.1. Objetivo 1: Producción diaria de huevos, mortalidad y varianza asociada

El número de huevos por estadios de desarrollo se presenta en la Figura 11, observándose en el caso de la anchoveta una mayor abundancia del estadio II-III y V-VI, básicamente debido a una mayor contribución de la abundancia de huevos en el sector sur para esos estadios. En caso de la sardina común, la abundancia de huevos fue baja, con una mayor contribución de los estadios III, V y VIII provenientes del sector sur.

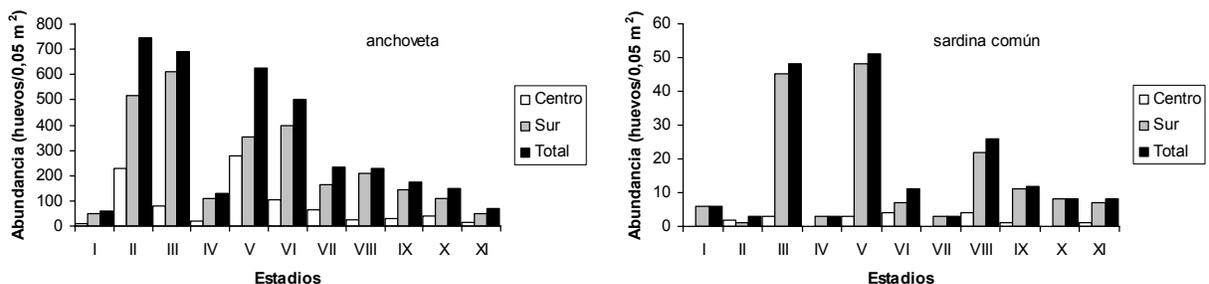


Figura 11. Número de huevos por estadio de desarrollo y zona de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) (21 de agosto – 26 de septiembre, 2004).

En relación con la estimación de la producción diaria de huevos, en la Figura 12 se muestra la abundancia de huevos de anchoveta por edad y zona. En estos gráficos, se descartó las edades menores de 4 horas por

reclutamiento incompleto y también las edades mayores al 90% de eclosión. En la zona centro, se observa una menor abundancia de huevos que en el sector sur del área de estudio, y a su vez una mayor rango de edades. Por otra parte, en la zona sur se encontraron a lo menos tres cohortes de huevos con una muy alta abundancia (> 100 huevos/ $0,05\text{ m}^2$) que podrían incidir en la precisión de la estimación de la producción diaria de huevos.

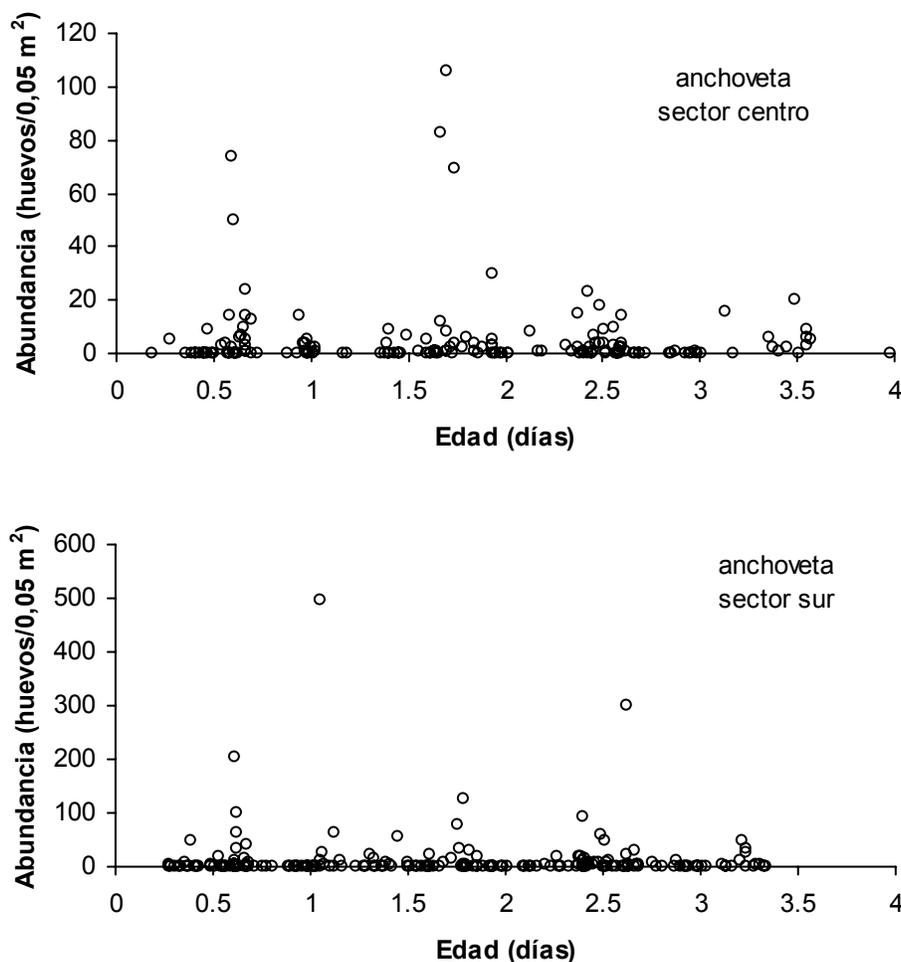


Figura 12. Abundancia de huevos de anchoveta en función de su edad por zona.

En la sardina común, la baja abundancia de huevos observada en el sector centro no permite una estimación independiente de la producción diaria de huevos para dicha zona (Figura 13). De acuerdo con las recomendaciones del Taller de Discusión de Resultados (Anexo A), la producción diaria de huevos se estimó combinando los datos de ambos sectores para obtener el valor de mortalidad total diaria. Posteriormente, considerando que es de interés poder contar con estimaciones para cada sector se puede

asumir que la tasa de mortalidad diaria es similar en ambas zonas y obtener un estimado de producción diaria para cada zona con mayor precisión. Al combinar los datos de la zona centro y sur, la producción diaria de huevos de sardina común se estimó en 1,8 huevos/día/0,05 m², con un error estándar de 1,382 (CV = 76,8%). La tasa de mortalidad diaria de huevos se estimó en 0,260 d⁻¹, con un error estándar de 0,398 (CV = 152,9%).

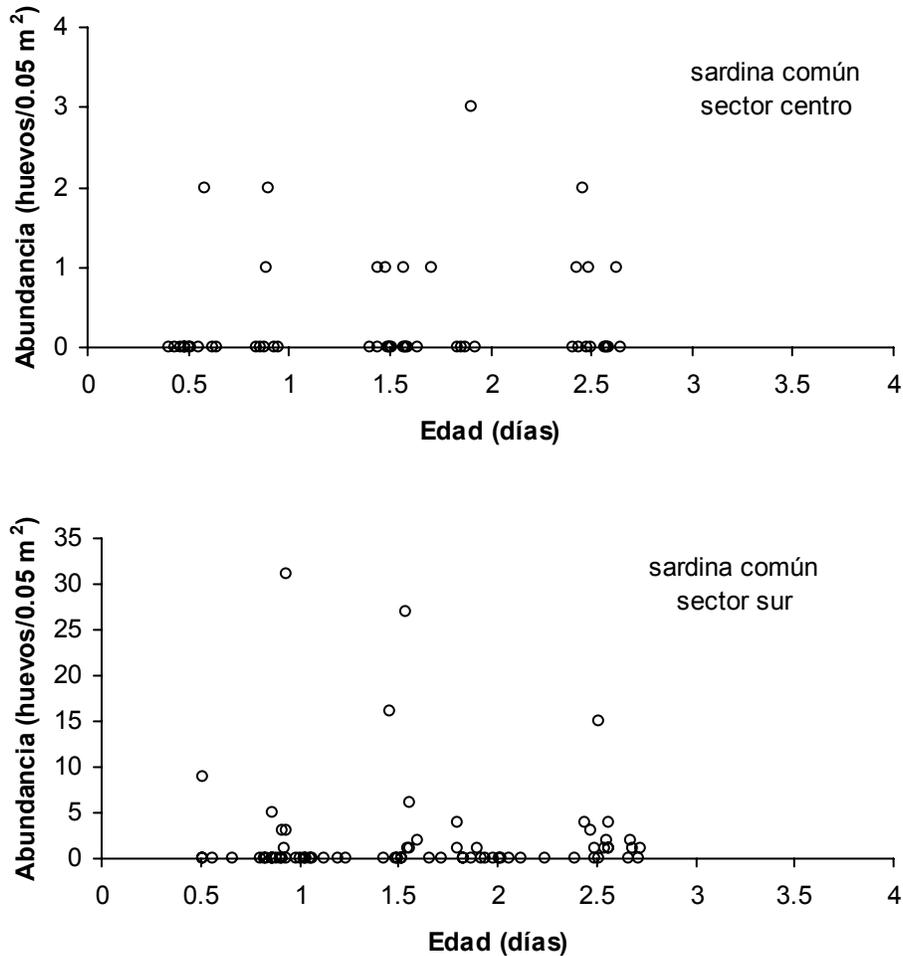


Figura 13. Abundancia de huevos de sardina común en función de su edad por zona.

Las estimaciones finales de producción diaria de huevos para cada especie se resumen en la Tabla 12. En el caso de la anchoveta, se estimó un producción diaria de 6,4 huevos/día/0,05 m² (CV = 41,3%) para la zona centro y de 15,1 huevos/día/0,05 m² (CV = 52,5%) para el sector sur, permitiendo un estimado total de 12,2 huevos/día/0,05 m² para el área positiva. Al llevar este estimado al área total de estudio se tiene un $P_0 = 4,67$ huevos/día/0,05 m², i.e. $22,6 \times 10^{11}$ huevos por día. En el caso de la sardina común, las

estimaciones de P_0 fueron de 0,57 y 3,01 huevos/día/0,05 m² para las zonas centro y sur, respectivamente. Al dejar fija la tasa de mortalidad diaria, el coeficiente de variación fluctuó entre 29 y 30%. El estimado para el área de desove total fue de 2,47 huevos/día/0,05 m² (CV = 30%), lo que implica una producción diaria de huevos de 0,38 huevo/día/0,05 m² en el área total, i.e. $1,85 \times 10^{11}$ huevos por día.

Tabla 12. Area total, área positiva y estimación de la producción diaria de huevos por especie y sector, varianza y coeficiente de variación (CV).

Especie	Sector	Area total de estudio (km ²)	Area positiva (A ₁) (km ²)	P_0 (h/d/0,05 m ²)	Varianza Var(P_0)	CV
Anchoveta	Centro	10.219,3	3.079,7	6,40	6,980	0,41
	Sur	14.050,8	6.180,5	15,11	62,974	0,53
	Total	24.270,0	9.260,1	12,21	28,824	0,44
Sardina	Centro	10.219,3	833,4	0,57	0,027	0,29
Común	Sur	14.050,8	2.930,9	3,01	0,898	0,31
	Total	24.270,0	3.764,3	2,47	0,545	0,30

Las estimaciones de P_0 mediante regresión no-lineal ponderada por el inverso de la varianza, indican en el caso de la anchoveta valores de 7,11 huevos/día/0,05 m² para el sector centro (CV = 40%) mientras que para el sector sur fue de 11,79 huevos/día/0,05 m² (CV = 45,6 %), reduciendo sólo marginalmente la varianza pero con una notable reducción de la producción diaria de huevos en el área positiva (10,24 huevos/día/0,05 m², Var(P_0) = 13,77; CV = 36%). En el caso de la sardina común, esta aproximación metodológica no se intentó, principalmente por el enfoque utilizado previamente con el método convencional de mínimos cuadrados asociados a la baja abundancia de huevos de esta especie.

9.5.2. Incorporación de larvas con saco vitelino en la estimación de P_0

La estimación de la producción diaria de huevos (P_0) de anchoveta utilizando solamente la abundancia de huevos reveló un coeficiente de variación de 44 % (Tabla 12). Al incorporar la producción de larvas con saco vitelino, se incrementa el rango de edades durante el desarrollo embrionario de anchoveta (Figura 14). Sólo se incorporó las larvas con saco vitelino en el área positiva (de desove) determinada para los huevos, descartándose la abundancia de larvas fuera de dicha zona. Al incorporar las larvas con saco vitelino se logró una estimación más precisa de la producción diaria de huevos (Tabla 13).

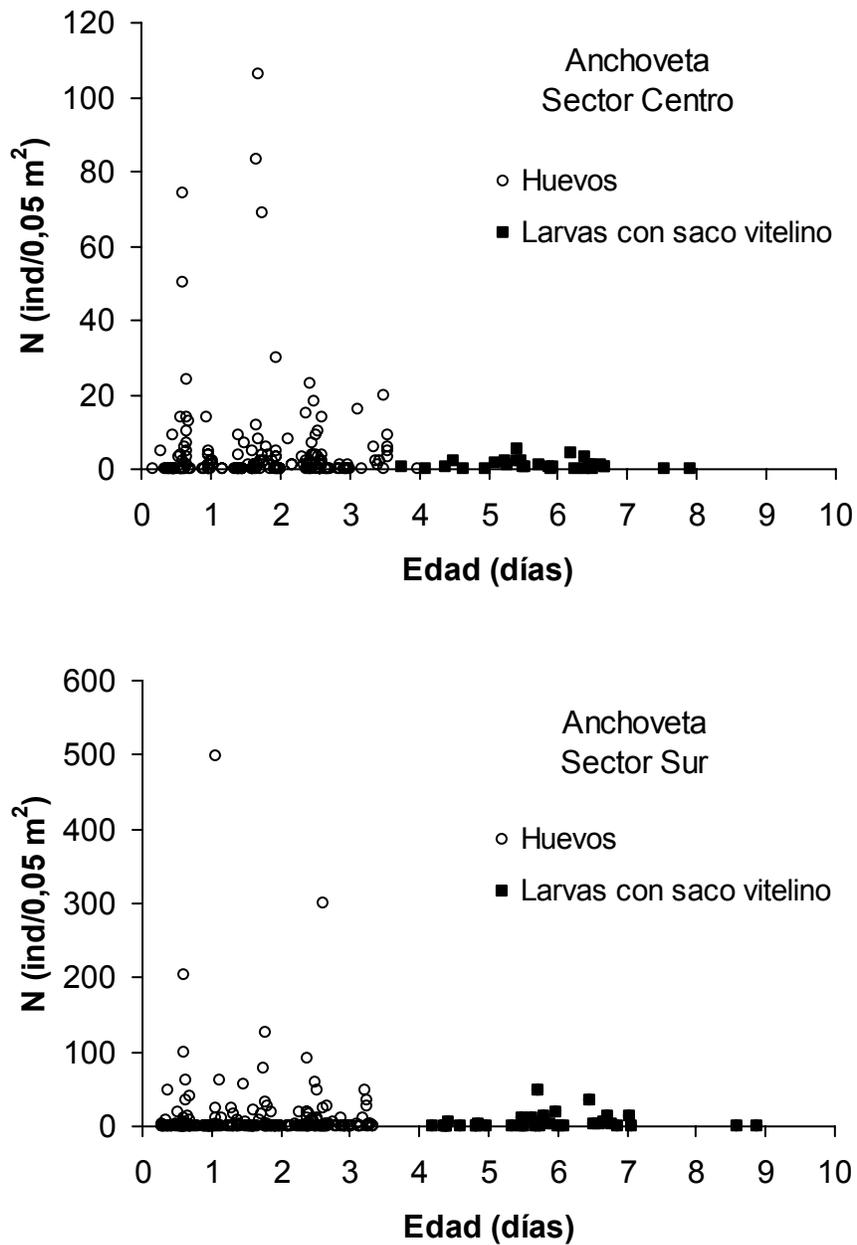


Figura 14. Producción de huevos y larvas con saco vitelino de anchoveta en el sector centro y sur.

Tabla 13. Área total, área positiva y estimación de la producción diaria de huevos (P_0) para la anchoveta incorporando la producción de larvas con saco vitelino a la curva de mortalidad embrionaria por sector, varianza, $\text{Var}(P_0)$, y coeficiente de variación (CV).

Especie	Sector	Área total de estudio	Área positiva (A_1)	P_0	Varianza	CV
		(km ²)	(km ²)	(h/d/0,05 m ²)	$\text{Var}(P_0)$	
Anchoveta	Centro	10.219,3	3.079,7	6,97	5,221	0,328
	Sur	14.050,8	6.180,5	15,62	39,516	0,402
	Total	24.270,0	9.260,1	12,74	18,180	0,335

Al incorporar la producción de larvas con saco vitelino, se logró además una estimación más precisa de la tasa de mortalidad embrionaria diaria de anchoveta. La mortalidad diaria de huevos de anchoveta fue de 0,133 d⁻¹ en el sector centro (CV = 173,4%) y de 0,119 d⁻¹ para el sector sur (CV = 248,9 %). En cambio, al agregar las larvas con saco vitelino la tasa de mortalidad embrionaria fue de 0,204 d⁻¹ (CV = 83,2 %) par el sector centro y de 0,150 d⁻¹ (CV = 128,3 %). El estimado total ponderado de la mortalidad diaria embrionaria fue de 0,17 d⁻¹ (CV = 83,6 %).

El objetivo de estas estimaciones pretendía demostrar que al incorporar las larvas con saco vitelino se logra una reducción importante en la varianza asociada con la producción diaria de huevos y tasa de mortalidad total embrionaria, resultado que ya había sido demostrado para la anchoveta de la zona centro-sur por Riquelme et al. (2004). Para el caso de la sardina común aún no se cuenta con un modelo de desarrollo temperatura-dependiente para las larvas con saco vitelino, razón por la cual se sugiere iniciar las acciones para contar con esta aproximación metodológica que permite una mejoría de la producción de huevos en términos de la precisión del estimado.

9.5.3. Objetivo 2: Estados de madurez microscópicos, fracción diaria de hembras desovantes y su varianza asociada

En la anchoveta, se analizó un total de 1.391 hembras distribuidas en 43 lances de pesca que se consideran suficientes según los criterios mínimos justificados (Tabla 14). Del total de lances, 27 fueron de la zona centro (842 hembras) y 16 lances de la zona sur (549 hembras). En el caso de la sardina común se contó con 1.075 hembras distribuidas en 33 lances de pesca (Tabla 15), de los cuales 21 lances se realizaron en el sector centro (695 hembras) y 12 en el sector sur (380 hembras). El número de lances que se comunican son suficientes desde el punto de vista de la precisión en la estimación de los parámetros reproductivos de los adultos.

Tabla 14. Resumen de los datos de los lances de anchoveta: longitud total (LT), peso total (PT), peso total corregido (PTCOR), peso corporal (PC), peso de gónada (PG), fecundidad parcial estimada (FPE), hembras maduras (HM), hembras hidratadas (HH), folículos postovulatorios (FPO) de edad 0, 1, y 2 días. Peso promedio de hembras corregido (PTHCOR), número de hembras (H), peso promedio de machos corregidos (PTMCOR), y número de machos (M) del muestreo aleatorio de proporción sexual.

Orden (n)	DATOS LANCES						DATOS HEMBRAS MADURAS										PROPORCIÓN SEXUAL				
	Lance (n)	Barco	Fecha (d-m)	Colecta (h)	Posición (s)	Posición (w)	LT (cm)	PT (g)	PTCOR (g)	PC (g)	PG (g)	FPE (n)	HM (n)	HH (n)	EDAD F. P. O.	PTHCOR (g)	H (n)	PTMCOR (g)	M (n)		
1	1	Don Julian	22-Aug	7:45	3625	7255	11.2	8.4	7.9	7.9	0.46	3296	43	4	0	4	8	6.6	17	11.3	33
2	3	Don Julian	23-Aug	8:20	3707	7311	15.2	25.7	24.2	23.5	2.15	8550	29	7	0	5	8	17.7	13	35.8	37
3	5	Don Julian	1-Sep	7:40	3636	7300	13.3	13.8	13.1	13.1	0.68	5079	30	2	0	10	1	12.4	21	27.3	29
4	6	Don Julian	11-Sep	8:20	3626	7254	11.3	8.7	8.3	8.2	0.50	3425	30	1	0	6	3	7.8	20	15.0	30
5	7	Don Julian	11-Sep	11:50	3625	7255	14.6	18.9	17.9	17.6	1.36	6577	30	3	0	2	0	7.2	27	26.4	23
6	10	Don Julian	12-Sep	16:40	3627	7257	13.0	13.8	13.1	13.1	0.74	5061	30	5	0	7	8	9.9	19	27.7	31
7	1	Don Leonel	22-Aug	8:33	3706	7311	12.3	12.2	11.5	11.4	0.76	4480	30	9	0	7	11	12.1	25	21.3	25
8	3	Don Leonel	23-Aug	7:40	3706	7311	14.4	19.5	18.5	18.0	1.42	6763	30	2	0	7	3	17.6	14	34.2	36
9	4	Don Leonel	23-Aug	10:05	3707	7312	14.4	18.9	17.7	17.3	1.60	6425	30	10	0	9	4	17.3	20	30.4	30
10	5	Don Leonel	23-Aug	12:03	3705	7311	15.3	22.3	21.1	20.8	1.48	7888	30	4	0	10	6	20.3	18	36.7	32
11	6	Don Leonel	24-Aug	8:02	3705	7312	14.9	23.1	21.9	21.7	1.43	8000	29	3	0	6	8	16.8	32	39.4	18
12	7	Don Leonel	24-Aug	10:35	3703	7311	15.7	25.5	23.9	23.7	1.87	8563	40	12	0	5	11	22.4	27	34.2	23
13	8	Don Leonel	24-Aug	12:30	3705	7311	14.4	20.4	19.2	19.0	1.42	7028	30	6	0	6	8	12.8	25	28.3	25
14	9	Don Leonel	25-Aug	8:53	3710	7314	16.1	28.3	26.6	26.6	1.72	9703	32	3	0	5	7	17.4	22	35.0	23
15	10	Don Leonel	25-Aug	11:50	3704	7311	14.9	21.7	20.9	20.4	1.29	7580	30	2	0	9	10	14.2	29	30.2	21
16	2	Galeon	25-Aug	12:30	3704	7311	15.2	23.3	21.9	21.7	1.59	7940	30	8	0	9	7	22.4	25	46.4	25
17	3	Galeon	26-Aug	11:00	3712	7319	15.5	23.9	22.7	22.5	1.39	8296	30	6	0	2	5	17.8	23	37.7	27
18	4	Galeon	26-Aug	14:30	3711	7318	16.4	29.5	27.5	27.1	2.39	9652	30	10	0	2	6	19.0	17	37.9	33
19	5	Galeon	26-Aug	17:30	3708	7315	15.7	28.0	25.7	25.4	2.60	8936	30	15	0	1	7	18.5	21	41.4	29
20	8	Galeon	31-Aug	14:00	3709	7324	15.3	24.8	23.5	23.2	1.63	8510	30	3	0	7	3	14.6	23	29.2	27
21	9	Galeon	31-Aug	17:50	3705	7312	15.3	25.1	23.8	23.5	1.64	8594	30	3	0	3	4	14.7	17	29.7	33
22	10	Galeon	1-Sep	8:30	3705	7311	15.1	24.0	22.8	22.5	1.52	8265	30	3	0	5	7	19.4	22	43.4	28
23	1	Glaciar	22-Aug	7:51	3622	7252	11.0	8.3	7.9	7.8	0.43	3281	30	3	0	2	6	19.1	12	36.9	38
24	2	Glaciar	24-Aug	7:54	3704	7311	15.6	25.5	23.9	23.5	1.97	8533	30	11	1	4	4	24.4	11	44.3	39
25	3	Glaciar	27-Aug	21:05	3616	7251	14.9	21.4	20.4	20.3	1.18	7547	39	0	3	22	7	6.2	35	11.3	15
26	4	Glaciar	22-Aug	12:08	3624	7253	10.7	7.1	6.8	6.7	0.40	2901	30	1	0	14	7	5.4	32	13.3	18
27	5	Glaciar	24-Aug	10:30	3703	7310	15.4	25.7	24.4	24.0	1.69	8782	30	10	0	3	5	21.0	24	39.6	26
28	7	Aguila Real	8-Sep	18:10	3932	7330	15.2	22.6	21.6	21.5	1.14	7971	39	0	0	12	13	11.1	32	22.3	18
29	9	Aguila Real	9-Sep	18:00	4001	7337	12.9	13.5	12.9	12.5	1.04	4879	13	0	0	0	0	9.2	36	18.1	14
30	1	Don Joaquin	21-Aug	14:00	3925	7322	14.3	19.6	18.7	18.7	0.92	7017	10	0	0	0	0	16.8	19	39.0	6
31	4	Don Joaquin	25-Aug	13:00	3929	7320	14.5	20.9	19.9	19.7	1.24	7338	46	0	0	2	13	19.5	25	36.8	25
32	5	Don Joaquin	25-Aug	16:00	3925	7322	14.5	20.3	19.3	19.2	1.11	7171	39	0	0	1	12	18.0	19	40.5	31
33	6	Don Joaquin	25-Aug	18:00	3924	7325	14.6	21.2	20.2	20.1	1.12	7475	39	0	0	10	11	18.4	23	36.3	27
34	9	Don Joaquin	8-Sep	15:00	3921	7326	15.4	24.6	23.3	23.0	1.57	8433	30	3	0	0	1	22.0	21	40.9	29
35	10	Don Joaquin	8-Sep	17:00	3925	7327	14.9	22.5	21.4	21.3	1.21	7900	30	0	0	0	5	13.7	26	28.2	24
36	1	Nicolás	25-Aug	11:35	3926	7325	14.1	18.8	17.9	17.8	1.04	6688	27	1	0	1	8	14.4	19	27.9	31
37	2	Nicolás	25-Aug	18:00	3923	7324	14.8	22.6	21.5	21.3	1.29	7908	40	0	0	3	4	20.6	33	39.8	17
38	3	Nicolás	1-Sep	14:05	3929	7326	13.5	16.5	15.7	15.7	0.80	5971	40	0	1	16	11	14.2	40	24.9	10
39	4	Nicolás	10-Sep	12:35	3930	7328	14.8	20.2	19.2	19.2	1.04	7168	40	0	0	9	13	19.3	28	32.9	22
40	5	Nicolás	10-Sep	14:45	3929	7327	14.8	21.8	20.7	20.7	1.09	7688	38	0	1	17	12	16.3	23	33.9	27
41	2	Samaritano	25-Aug	13:00	3927	7320	14.5	19.9	18.9	18.9	1.00	7066	41	0	0	5	6	16.2	29	35.2	21
42	3	Samaritano	25-Aug	14:10	3927	7319	13.8	17.8	17.0	17.0	0.86	6426	40	0	0	1	12	12.0	18	27.1	32
43	5	Samaritano	22-Sep	11:55	3923	7325	15.3	24.2	23.0	23.0	1.23	8452	37	3	1	16	13	21.6	27	39.9	23

Tabla 15. Resumen de los datos de los lances de sardina común (ver Tabla 14 para nomenclatura).

DATOS LANCES							DATOS HEMBRAS MADURAS										PROPORCIÓN SEXUAL					
Orden (n)	Lance (n)	Barco	Fecha (d-m)	Colecta (h)	Posición (s)	(w)	LT (cm)	PT (g)	PTCOR (g)	PC (g)	PG (g)	FPE (n)	HM (n)	HH (n)	EDAD 0	F. 1	P. 2	O. 3	PTHCOR (g)	H (n)	PTMCOR (g)	M (n)
1	1	Don Julian	22-Aug	7:45	3625	7255	11.5	11.3	11.5	10.6	0.69	5347	33	1	3	3	4	7.3	16	8.3	34	
2	2	Don Julian	22-Aug	11:30	3626	7256	10.0	8.0	8.1	7.5	0.52	3757	34	4	3	1	2	7.2	29	9.1	21	
3	6	Don Julian	11-Sep	8:20	3626	7254	10.3	8.0	8.1	7.4	0.59	3726	33	0	0	1	3	5.6	23	7.4	27	
4	7	Don Julian	11-Sep	11:50	3625	7255	10.4	8.1	8.2	7.5	0.57	3800	39	0	0	1	6	5.3	16	6.7	34	
5	9	Don Julian	12-Sep	15:05	3628	7260	10.0	7.5	7.6	7.0	0.50	3501	40	0	0	0	4	6.1	19	6.6	31	
6	10	Don Julian	12-Sep	16:40	3627	7257	9.4	6.3	6.4	5.9	0.37	2996	29	0	1	1	5	6.2	19	6.6	31	
7	11	Don Julian	25-Sep	9:20	3637	7306	10.9	10.8	10.9	10.0	0.76	5043	42	3	3	2	6	6.4	8	10.0	42	
8	12	Don Julian	25-Sep	12:05	3635	7306	9.9	7.1	7.2	6.6	0.50	3331	18	0	0	0	0	6.6	25	7.0	25	
9	13	Don Julian	26-Sep	8:10	3620	7254	10.3	8.0	8.1	7.4	0.62	3726	25	1	0	0	0	8.1	40	8.9	10	
10	14	Don Julian	26-Sep	11:30	3621	7255	9.9	7.4	7.5	6.9	0.46	3497	35	0	0	2	0	7.7	21	6.5	29	
11	9	Don Leonel	25-Aug	8:53	3710	7314	14.2	25.1	25.5	23.2	1.87	11684	37	6	3	13	12	21.0	28	18.5	22	
12	17	Don Leonel	31-Aug	7:14	3626	7254	10.1	9.1	9.2	8.4	0.69	4233	15	3	0	4	3	8.9	22	7.1	28	
13	18	Don Leonel	31-Aug	8:40	3625	7254	10.6	9.2	9.4	8.5	0.68	4300	15	3	0	3	4	8.1	26	9.6	24	
14	12	Galeón	2-Sep	18:00	3631	7257	13.4	20.5	20.8	19.0	1.51	9553	37	0	0	4	10	14.9	29	16.3	21	
15	13	Galeón	12-Sep	15:30	3712	7328	13.9	22.1	22.4	18.8	3.26	9494	35	19	0	1	8	12.0	16	12.1	34	
16	14	Galeón	13-Sep	17:30	3709	7331	14.8	27.7	28.2	25.8	1.92	13000	38	0	0	2	3	25.5	35	23.4	15	
17	15	Galeón	15-Sep	9:45	3708	7308	14.1	23.6	24.0	21.6	2.01	10884	35	4	4	3	6	16.7	25	15.5	25	
18	16	Galeón	15-Sep	11:30	3709	7313	14.5	25.3	25.7	23.1	2.23	11650	34	7	3	7	4	18.6	18	21.6	32	
19	17	Galeón	22-Sep	7:30	3713	7317	13.3	20.9	21.3	19.3	1.58	9748	36	2	9	9	13	9.9	22	9.9	27	
20	18	Galeón	22-Sep	9:00	3715	7315	14.5	26.3	26.7	24.1	2.28	12120	41	7	4	7	2	13.5	16	14.0	34	
21	1	Glaciar	22-Aug	7:51	3622	7252	11.0	9.6	9.8	9.1	0.56	4568	44	3	1	3	2	9.0	29	9.8	21	
22	2	Aguila Real	25-Aug	14:05	4003	7338	11.5	14.0	14.2	12.8	1.12	6469	6	0	0	0	0	6.4	29	5.8	21	
23	3	Aguila Real	1-Sep	15:30	3936	7329	12.8	16.9	17.2	15.9	1.02	8017	36	0	0	0	1	13.3	36	13.7	14	
24	7	Aguila Real	8-Sep	18:10	3932	7330	13.0	17.7	17.9	16.6	1.07	8360	38	0	3	3	4	15.3	26	14.2	24	
25	1	Don Joaquín	21-Aug	14:00	3925	7322	12.1	13.6	13.8	12.7	0.85	6400	12	0	1	3	5	14.0	25	13.2	25	
26	2	Don Joaquín	22-Aug	13:00	3921	7320	11.8	13.1	13.3	12.4	0.72	6257	42	0	9	5	15	10.5	25	12.7	25	
27	3	Don Joaquín	22-Aug	15:00	3923	7321	11.9	14.9	15.1	14.1	0.86	7079	44	0	5	4	21	12.4	30	13.7	20	
28	5	Don Joaquín	25-Aug	16:00	3925	7322	12.9	17.5	17.7	16.5	0.91	8335	42	0	2	11	12	17.4	38	17.4	12	
29	6	Don Joaquín	25-Aug	18:00	3924	7325	12.8	18.2	18.5	17.1	1.07	8630	39	0	8	5	5	17.1	34	16.1	16	
30	7	Don Joaquín	1-Sep	14:00	3925	7323	10.6	9.7	9.9	9.4	0.31	4726	14	0	0	1	0	9.0	25	9.2	25	
31	1	Nicolás	25-Aug	11:35	3926	7325	12.6	17.1	17.4	16.2	0.96	8150	33	0	0	3	13	14.7	23	14.1	27	
32	2	Samaritano	25-Aug	13:00	3927	7320	13.2	18.9	19.2	17.7	1.23	8912	38	0	1	7	8	15.7	34	17.0	16	
33	3	Samaritano	25-Aug	14:10	3927	7319	12.4	16.1	16.4	15.2	0.96	7649	36	0	0	2	1	14.5	31	12.6	19	

El análisis de los estadios microscópicos se muestra en la Tabla 16 para anchoveta y sardina común, en este último caso separado por sectores. En la anchoveta, la proporción de ejemplares maduros (EMS III, vitelados) alcanzó un 43,5 % mientras que otro 41,7 % estuvo representado por hembras reproductivamente activas (agrupadas en el estado de madurez sexual VIII). El estado hidratado (EMS VI) alcanzó un 11,0%. Las hembras con folículos postovulatorios de día 0 estuvieron escasamente representadas (0,5 %), básicamente debido al muestreo diurno donde es más probable encontrar hembras desovantes de día 1 y 2. Al respecto las hembras de día 1 fluctuaron entre 12,5 y 20,5 % en la zona sur y centro, respectivamente; en tanto, las hembras de día 2 lo hicieron entre 17,2 y 19,6 %. Hubo similitud entre zonas en la distribución de los estadios microscópicos (Tabla 16).

En el caso de la sardina común, 45 % de las hembras se presentó un estado maduro vitelado, mientras que 35% de las hembras se encontró en desove, como postdesovante de tanda o desovadas (EMS VII). La fracción de hembras hidratadas alcanzó a 5,9 %. Entre el sector centro y sur se encontraron resultados similares, con una mayor fracción de hembras activas en el sector sur.

Tabla 16. Frecuencia y proporción de estadios de madurez sexual microscópicos (%) de anchoveta y sardina común (ver Tabla 3 y Fig. 3). Los estadios en desove, postdesovante de tanda, y desovados se agruparon en el estadio VII.

EMS	Anchoveta							Sardina común					
	Total		Centro		Sur		Total		Centro		Sur		
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
I	1	0,1	0	0,0	1	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
II	9	0,6	0	0,0	9	1,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
III	0	0,0	0	0,0	0	0,0	17	1,6	15	2,2	2	0,5	
IV	603	43,5	325	38,8	278	35,7	484	45,0	332	47,8	152	40,0	
V	42	3,0	30	3,6	12	1,5	135	12,6	80	11,5	55	14,5	
VI	153	11,0	146	17,4	7	0,9	63	5,9	63	9,1	0	0,0	
VII	577	41,7	336	40,1	241	31,0	376	35,0	205	29,5	171	45,0	
FPO 0	7	0,5	4	0,5	3	0,4	63	5,9	34	4,9	29	7,6	
FPO 1	265	19,1	172	20,5	93	12,0	111	10,3	67	9,6	44	11,6	
FPO 2	298	21,5	164	19,6	134	17,2	182	16,9	97	14,0	85	22,4	
TOTAL	1385		837		778		1075		695		380		

Para ambas especies se contó con dos conjuntos independientes para determinar la fracción diaria de hembras desovantes; esto es, hembras desovantes con FPO de día 1 y de día 2 (Tablas 14 a 16). En la anchoveta, la fracción desovante de día 1 fue de 18,9 % con un CV igual a 11,4% ($\text{Var}(S_1) = 0,00047$), en tanto la fracción diaria de hembras desovantes de día 2 fue de 21,2% con un CV de 6,6% ($\text{Var}(S_2) = 0,00020$). La fracción diaria de hembras desovantes para el conjunto de hembras de día 1 y día 2, fue de 20,0% ($\text{CV} = 6,8\%$; $\text{Var}(S) = 0,00019$). Las estimaciones por estratos geográficos indicaron homogeneidad en la frecuencia del desove, siendo para el sector centro la de las hembras de día 1 de 20,4% ($\text{CV} = 11,8\%$), de 19,4% ($\text{CV} = 8,5\%$) para las hembras de día 2, y 19,9% para el conjunto de hembras de día 1 y 2 ($\text{CV} = 7,1\%$). En la zona sur, la fracción desovante de hembras de día 1 fue de 16,6% ($\text{CV} = 24,6\%$), de 23,9% para las hembras de día 2 ($\text{CV} = 9,6\%$), y 20,3% para el conjunto combinado ($\text{CV} = 13,5\%$).

En el caso de la sardina común, al considerar la totalidad de los lances se encontró que la fracción diaria de hembras desovantes de día 1 fue de 10,3% ($\text{CV} = 14,9\%$, $\text{VAR}(S_1) = 0,00024$), en tanto la fracción desovante de día 2 fue de 17,0% ($\text{CV} = 14,2$; $\text{VAR}(S_2) = 0,00058$). Aunque la frecuencia de desove de hembras de día 1 fue menor, no existen diferencias significativas entre ambas estimaciones. La estimación conjunta sobre la base de ambos conjuntos de datos fue de 13,7% ($\text{CV} = 12,4\%$; $\text{Var}(S) = 0,00029$) para ambas zonas combinadas (33 lances).

Al considerar los 21 lances de sardina común realizados en la zona centro, la fracción diaria de hembras desovantes de día 1 fue de 9,7% (CV = 21,0%) y la de día 2 de 14,0% (CV = 15,8%). En dicha zona, la combinación de ambos conjuntos de datos conduce a una estimación de 11,8% (CV= 15,7%; Var(S)=0,00035). En la zona sur, y a partir de 12 lances de pesca, se encontró una mayor actividad reproductiva en términos de la fracción diaria de hembras desovantes. En efecto, la frecuencia diaria del desove de hembras de día 1 fue de 11,6% (CV=20,4%), mientras que la de hembras de día 2 fue de 22,4% (CV=22,8%). La combinación de ambos conjuntos de datos resultó en una frecuencia de desove de 17% (CV = 18,6%; Var(S)=0,0010).

9.5.4. Objetivo 3: Fecundidad parcial, fecundidad media poblacional y varianza asociada

La fracción parcial de anchoveta y sardina común se determinó sobre la base de 68 y 63 hembras hidratadas, respectivamente. Los parámetros del modelo lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal de ambas especies se presentan en la Figura 15 y Tabla 17. En el caso de la sardina común el intercepto no fue significativamente diferente de cero, razón por la cual se evaluó una función forzada a pasar por el origen, manteniéndose la varianza explicada.

Tabla 17. Parámetros del modelo lineal utilizado para estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal.

	Anchoveta		sardina común	
	Estimado	Error Estándar	Estimado	Error Estándar
Intercepto	600,21	864,32	0	-
Pendiente	360,86	39,08	495,34	12,31
Error típico	1787,2		1707,6	
r^2	0,564		0,790	
n	68		63	

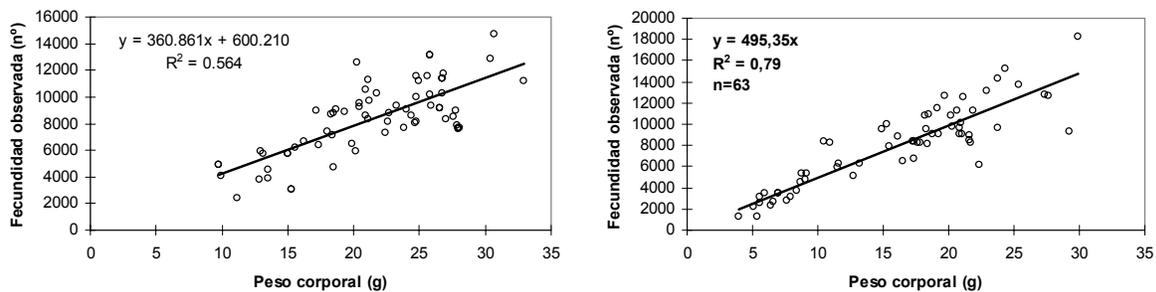


Figura 15. Regresión lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal de hembras de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha), año 2004.

La fecundidad media poblacional estimada a partir de las relaciones lineales encontradas se presenta en las Tablas 14 y 15 para anchoveta y sardina común, respectivamente. Al analizar el total de lances, la fecundidad media poblacional de anchoveta se estima en 7.117 ovocitos y varianza de 111.169,1 (CV = 4,7%). En el caso de la sardina común, la fecundidad media poblacional fue estimada en 7.244 ovocitos y varianza igual a 348.803,3 (CV = 8,2%).

9.5.5. Objetivo 4: Proporción sexual, peso promedio de hembras maduras, y varianza asociada

En la anchoveta, la proporción de hembras en peso presentó un rango entre 0,13 y 0,70 (Tabla 14), con un promedio de 0,32 y varianza de 0,00037 (CV = 6,0%). En el caso de la sardina común, la proporción de hembras fluctuó entre 0,11 y 0,78 (Tabla 15), con un promedio de 0,50 y varianza de 0,00073 (CV = 5,4%).

El peso promedio de las hembras maduras se estimó a partir del muestreo aleatorio de hembras. Los datos fueron corregidos por el efecto del fijador y, a su vez, el peso de las hembras hidratadas fue corregido utilizando una regresión entre el peso total corregido y el peso corporal de las hembras que no estuvieron hidratadas (anchoveta: $a = -0,02647$; $b = 1,065$; $r^2 = 0,996$; $n = 1238$; sardina común: $a = -0,1697$; $b = 1,080$; $r^2 = 0,997$; $n = 1012$).

El peso promedio de las hembras maduras de anchoveta fue de 19,3 g con varianza de 0,6132 (CV = 4,1%), mientras que el peso promedio de las hembras maduras de sardina común fue de 15,7 g con varianza de 1,462 (CV = 7,7%).

9.5.6. Objetivo 5: Biomasa desovante y varianza asociada

Los parámetros reproductivos y la producción diaria de huevos de anchoveta y sardina común que han sido estimados se resumen en la Tabla 18, con la covarianza y correlación en la Tabla 19. En consecuencia, entre la V y X Regiones y durante el periodo de máxima actividad reproductiva que ocurrió entre agosto y septiembre de 2004, la biomasa del stock desovante de los recursos objetivos ha sido evaluada en 95.721 t de anchoveta y 5.916 t de sardina común, con varianza de $18,87 \times 10^8$ (CV = 45,4%) para anchoveta y de $0,039 \times 10^8$ (CV = 33,2%) para sardina común (Tabla 18). El área de estudio, comprendida por los sectores centro y sur, fue de 24.270 km², al interior de la cual el área de desove de anchoveta fue de 9.260,1 km² (38,2 % del área de estudio) y el área de desove de sardina común de 3.764,3 km² (15,5 % del área de estudio).

Tabla 18. Parámetros reproductivos, producción diaria de huevos y biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. Entre paréntesis se indica el coeficiente de variación entre paréntesis.

Parámetro	Anchoveta	Sardina común
Producción diaria de huevos, P_0 (huevos/m ² /día)	93,19 (0,440)	7,65 (0,300)
Producción diaria en el área de estudio, PA (huevos/día)	$22,62 \times 10^{11}$	$1,86 \times 10^{11}$
Peso promedio de hembras maduras, W (g)	19,3 (0,041)	15,7 (0,077)
Fracción de hembras maduras en peso, R	0,32 (0,060)	0,50 (0,057)
Fecundidad parcial, F (Nº promedio de huevos por hembra)	7117 (0,047)	7244 (0,082)
Fracción diaria desovante, S	0,20 (0,068)	0,137 (0,124)
Fecundidad específica diaria*, DSF (huevos/g)	23,6	31,42
Area de estudio, A (m ²)	24270×10^6	24270×10^6
Biomasa del stock desovante, B (t)	95721 (0,454)	5916 (0,332)

* $DSF = FSR/W$

Tabla 19. Covarianza (COVAR) y correlación (COR) entre los parámetros reproductivos de las hembras de anchoveta y sardina común.

	anchoveta		sardina común	
	COVAR	COR	COVAR	COR
F – W	203,1839	0,9986	659,447	0,998
F – R	-0,4038	-0,0169	4,719	0,218
F – S	0,1152	0,0367	4,558	0,438
W – R	-0,0009	-0,0370	0,009	0,194
W – S	0,0002	0,0306	0,010	0,428
R – S	0,0001	0,1546	0,000	0,093

9.5.7. Objetivo 6: Distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas

Actividad del viento

Durante el periodo de estudio, la actividad diaria del viento fue fluctuante entre vientos provenientes de los cuadrantes norte y sur y con una mayor presencia de vientos sur a contar del 18 de agosto (Figura 16). Al norte de los 36°S, se presentaron dos frentes de mal tiempo que se caracterizaron por vientos del cuadrante norte durante el periodo de estudio (21 de agosto – 13 de septiembre, principalmente). Estos vientos son capaces de generar convergencia costera (transporte hacia la costa) y, por ende, atrapamiento de huevos en la costa. El primer periodo ocurrió una semana antes del inicio del crucero y el segundo, entre el 3 y 5 de septiembre (Fig. 16).

Al sur de los 38°S, se presentó un tercer periodo de días de mal tiempo (vientos norte) con una mayor intensidad centrada durante el periodo comprendido entre el 26 y 28 de agosto de 2004 (Fig. 16). Este frente de mal tiempo, se presentó cuando se inició el crucero de huevos en el sector sur incidiendo notablemente en la ejecución de algunas de las estaciones programadas para las transectas comprendidas entre los 38°S y 38°30'S.

Los gráficos, a su vez, ilustran la transición de un periodo caracterizado por una mayor frecuencia de vientos norte hacia una mayor presencia de vientos del cuadrante sur, que a su vez marcan el inicio del ciclo estacional de surgencias costeras en la zona centro-sur de Chile. Estas surgencias son más bien moderadas, es decir generar un transporte mar afuera y turbulencia moderada que favorecen la sobrevivencia de los primeros estadios de anchoveta y sardina común, según la triada de Bakun (1996).

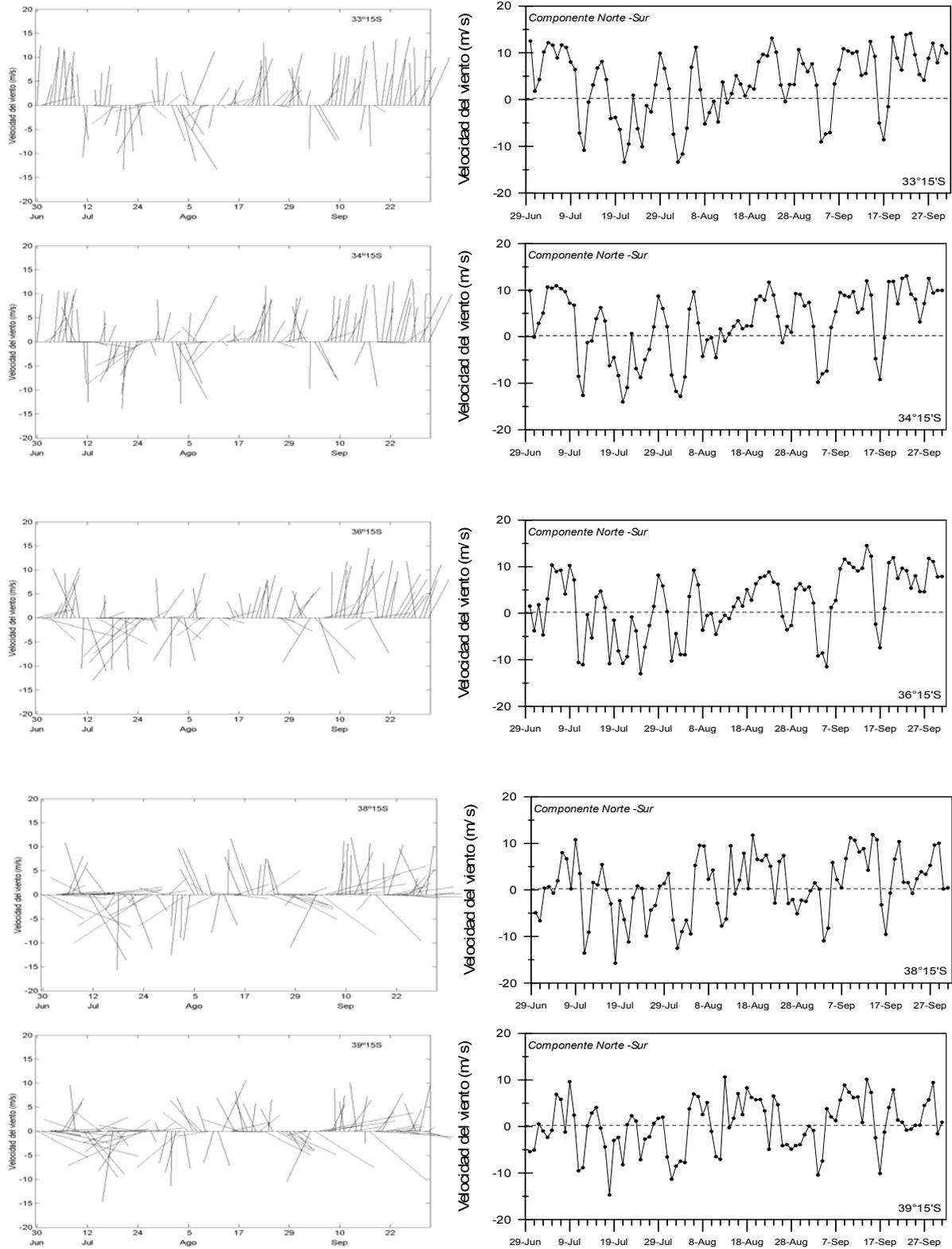


Figura 16. Dirección y magnitud del viento superficial cada 2° de latitud. Valores negativos se refieren a vientos del cuadrante norte, favorable a la convergencia costera (29 julio-30 septiembre 2004).

Temperatura superficial del mar

Las imágenes satelitales de temperatura superficial del mar muestran en general una disminución en la temperatura desde el área más al norte ($>14^{\circ}\text{C}$ en el sector más oceánicas) hasta la zona más al sur del sector sur ($< 11^{\circ}\text{C}$). Se observa también variaciones latitudinales alternantes en este patrón general, de aproximadamente 6 y 10 días, donde existiría un incremento en la temperatura entre la V y VIII Región, en que se alcanzarían valores de hasta $13 - 14^{\circ}\text{C}$ hasta la zona del Golfo de Arauco-Punta Lavapié (37°S) (Figura 17). La franja costera a lo largo de la IX y X Regiones presentó un menor rango de variabilidad, con temperaturas relativamente frías entre 11 y 13°C .

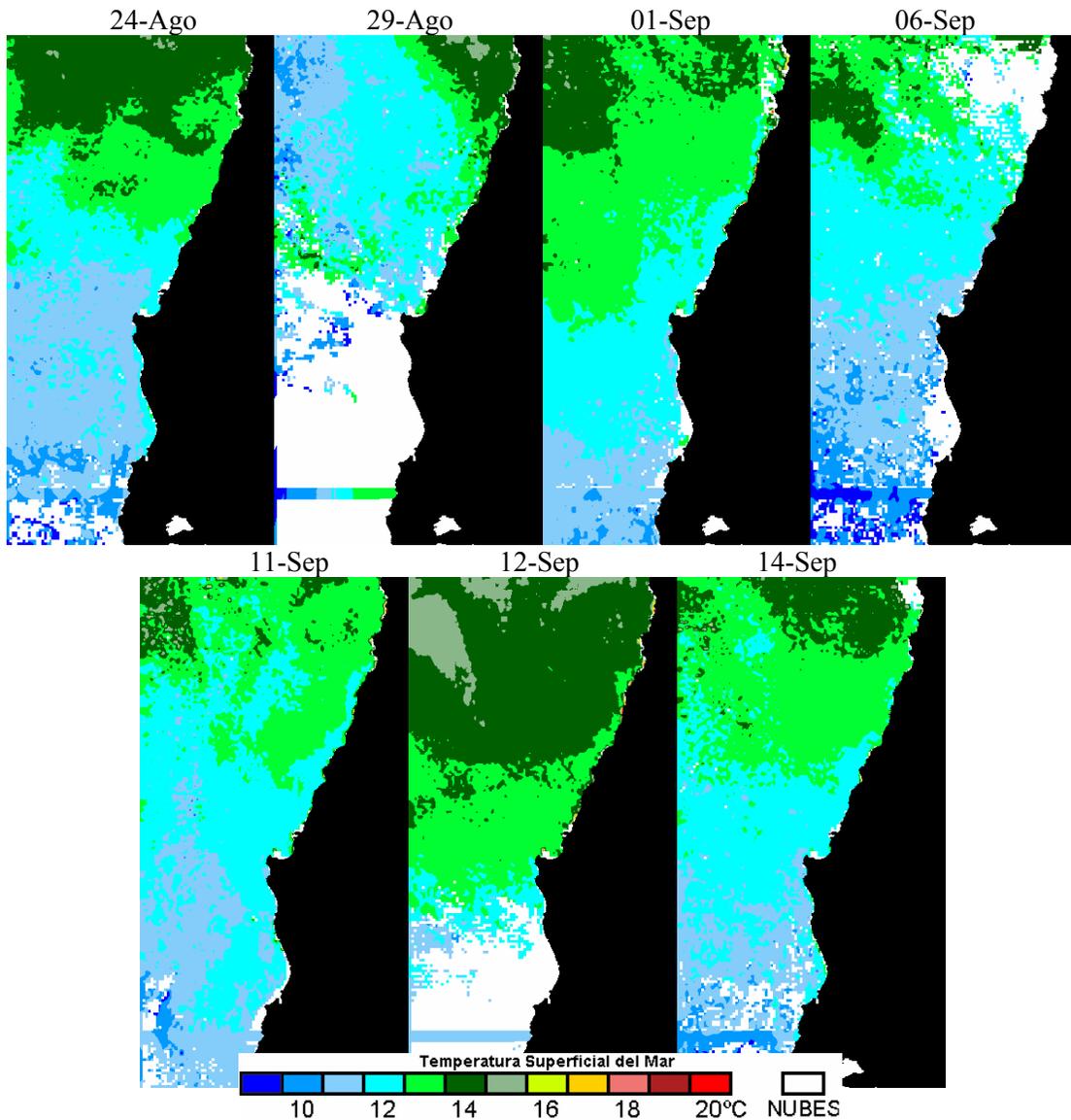


Figura 17. Imágenes de temperatura superficial del mar (NOAA-14).

Se analizan las secciones horizontales de temperatura, salinidad y densidad ($\sigma\text{-t}$) en superficie (1 m), de los sectores centro y sur ya que en esas áreas se presentaron la totalidad de los huevos de anchoveta y sardina común. En términos generales para toda la zona de estudio, se observa una leve disminución en temperatura superficial del mar desde el área más al norte del sector centro (temperaturas $>12,8$ °C en las estaciones más oceánicas) hasta la zona más al sur del sector sur (temperaturas menores a $11,8$ °C).

a) Sector Centro. La distribución horizontal de temperatura del sector centro en superficie (1 m, Figura 18) señala relativamente bajas temperaturas en toda la zona ($12\text{-}13$ °C) y gradientes muy tenues entre la zona costera y más alejada de la costa (menores temperaturas en la zona costera). Las distribuciones superficiales de salinidad y densidad (Sigma-t) sugieren que las menores temperaturas observadas en la franja costera no se deberían a aguas invernales frías provenientes de los ríos sino que a probablemente a aguas de surgencia ya que las mayores salinidades y densidades también se ubicaron en la zona costera (Figura 18), situación que es corroborada en las secciones horizontales de temperatura, salinidad densidad y oxígeno disuelto presentadas a 10m y a 50 m (Figuras 19 y 20). A esta última profundidad (50 m), se evidenció la presencia de aguas con muy bajo contenido de oxígeno (< 1.5 ml O_2 l $^{-1}$), característica de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) de surgencia en esta zona (Figura 21).

b) Sector Sur. La distribución de temperatura superficial del mar (1 m de profundidad) en el sector sur señala un leve gradiente latitudinal en temperatura con valores mayores hacia el norte. Los gradientes en salinidad y densidad, sin embargo, son menos notorios en sentido latitudinal y mucho más marcados en sentido costa – océano, estando las menores salinidades, a diferencia del sector centro previamente descrito (VIII Región), en la franja costera de mayor influencia fluvial (Figura 22). La influencia de aguas de menores salinidades se evidenció también en las secciones horizontales a 10 m de profundidad (Figura 23) pero no a 50 m (Figura 24). El oxígeno disuelto revela aguas relativamente más oxigenadas que en el sector centro (Figura 25).

Las secciones verticales de salinidad y densidad (Figura 26) en el núcleo principal de huevos de anchoveta y sardina común (sector sur: Transectas 34 ($39^{\circ}04'S$) a 38 ($39^{\circ}36'S$)) corroboran el efecto de las aguas de menor salinidad en la franja costera, las cuales se propagan en superficie cubriendo cada vez mayores extensiones hacia el sector más al sur (ver isopícnas $\text{Sigma-t} = 25.0$), donde la abundancia de huevos de ambas especies termina siendo finalmente mínima Transecta 40 ($39^{\circ}52'S$).

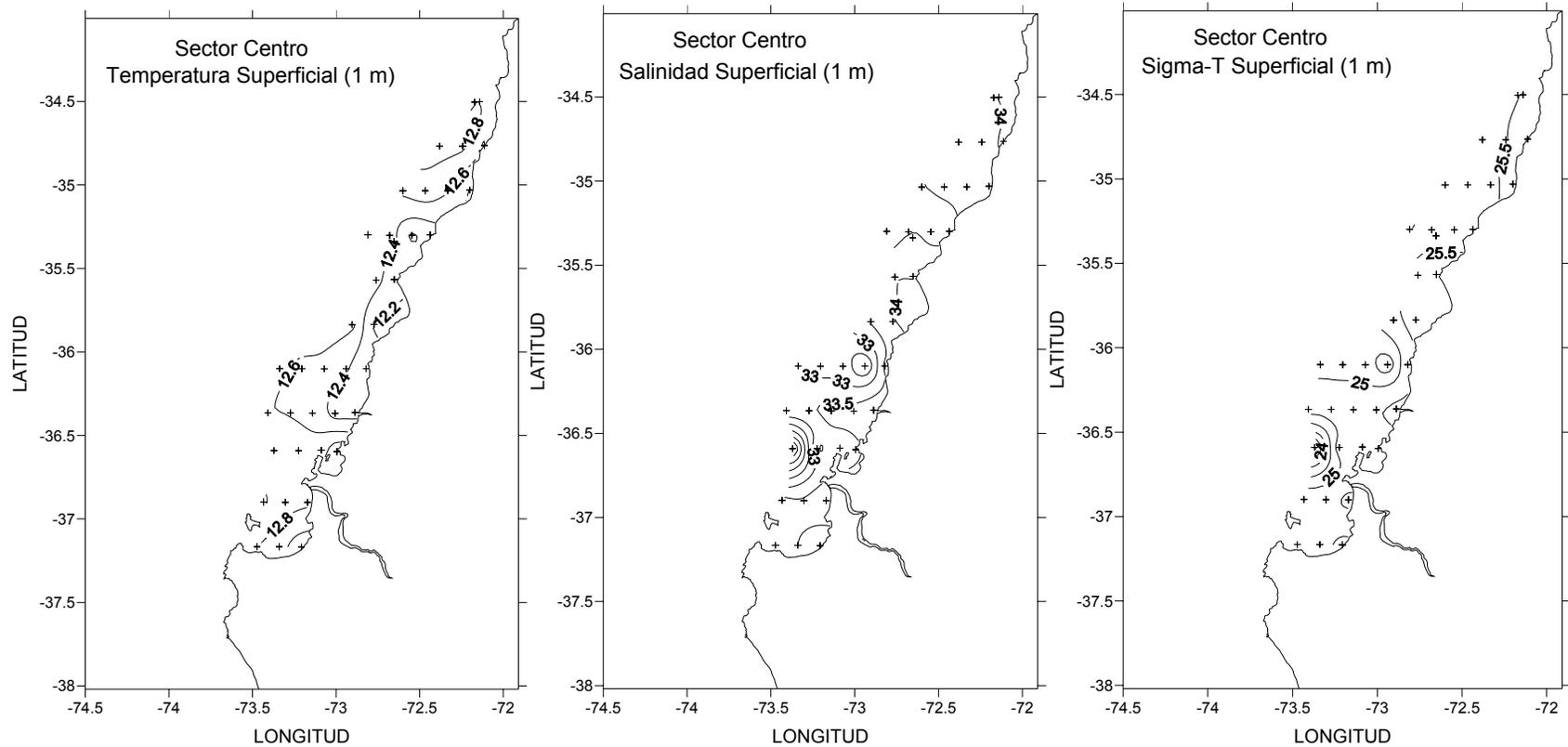


Figura 18. Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m) en el sector centro.

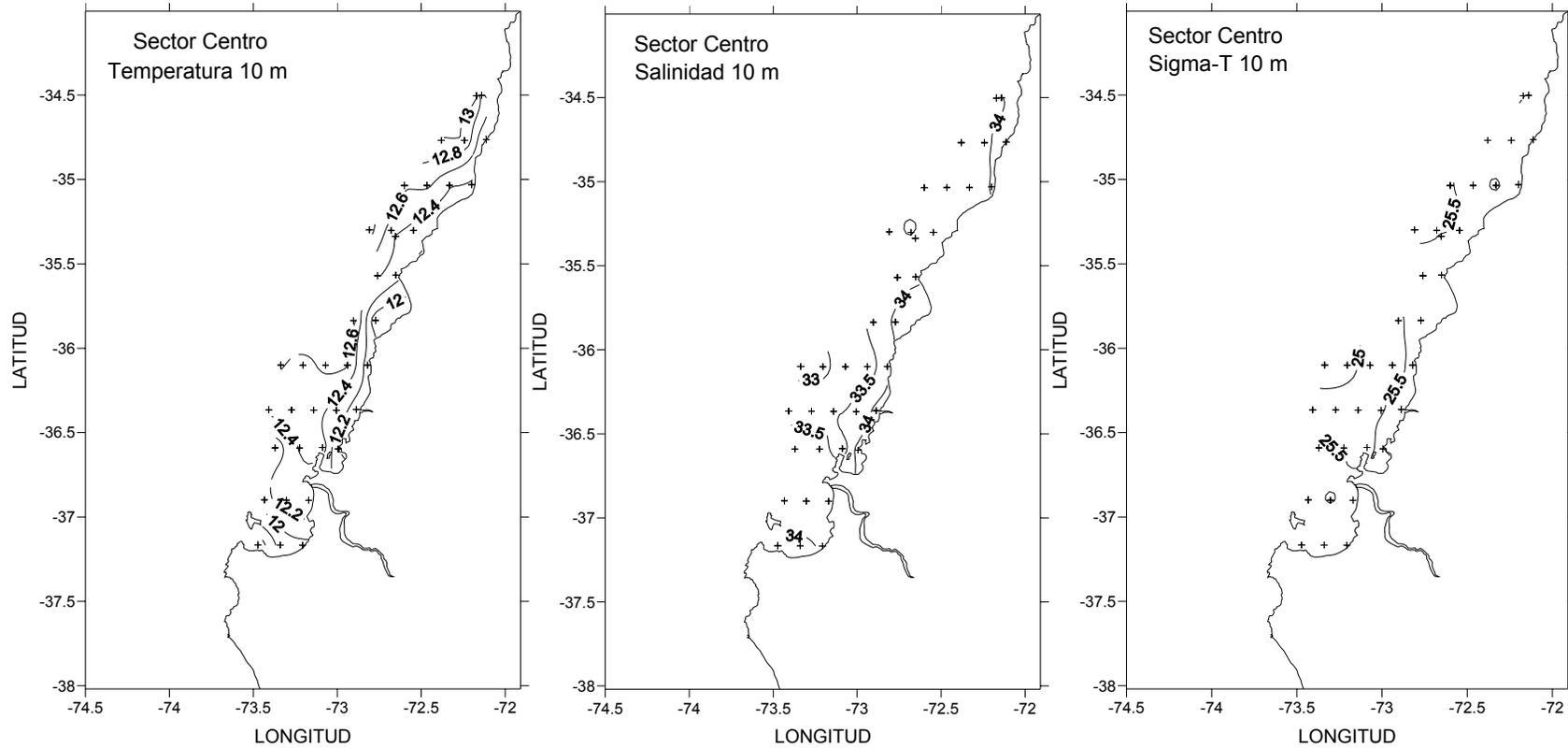


Figura 19. Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) a 10 m en el sector centro.

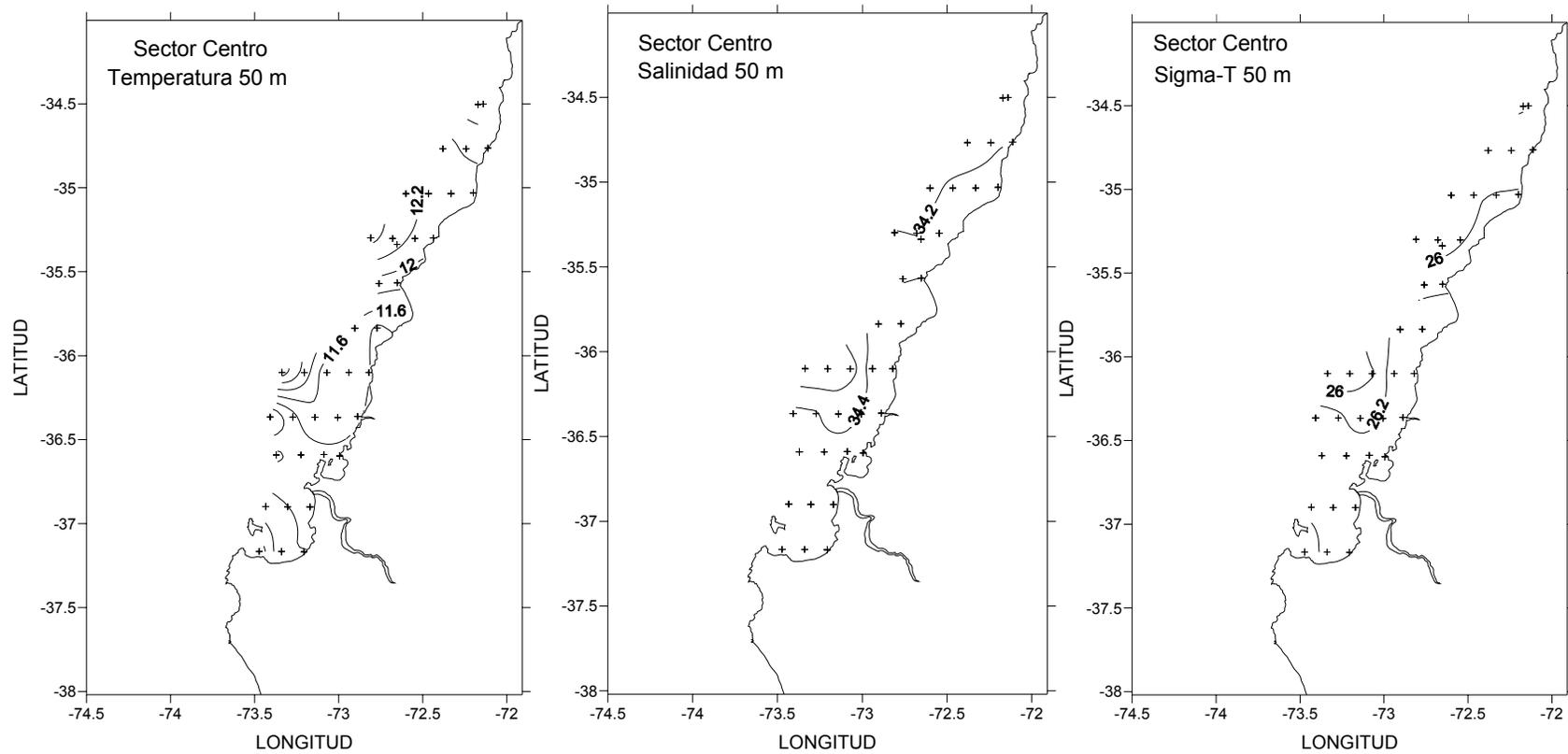


Figura 20. Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) a 50 m en el sector centro.

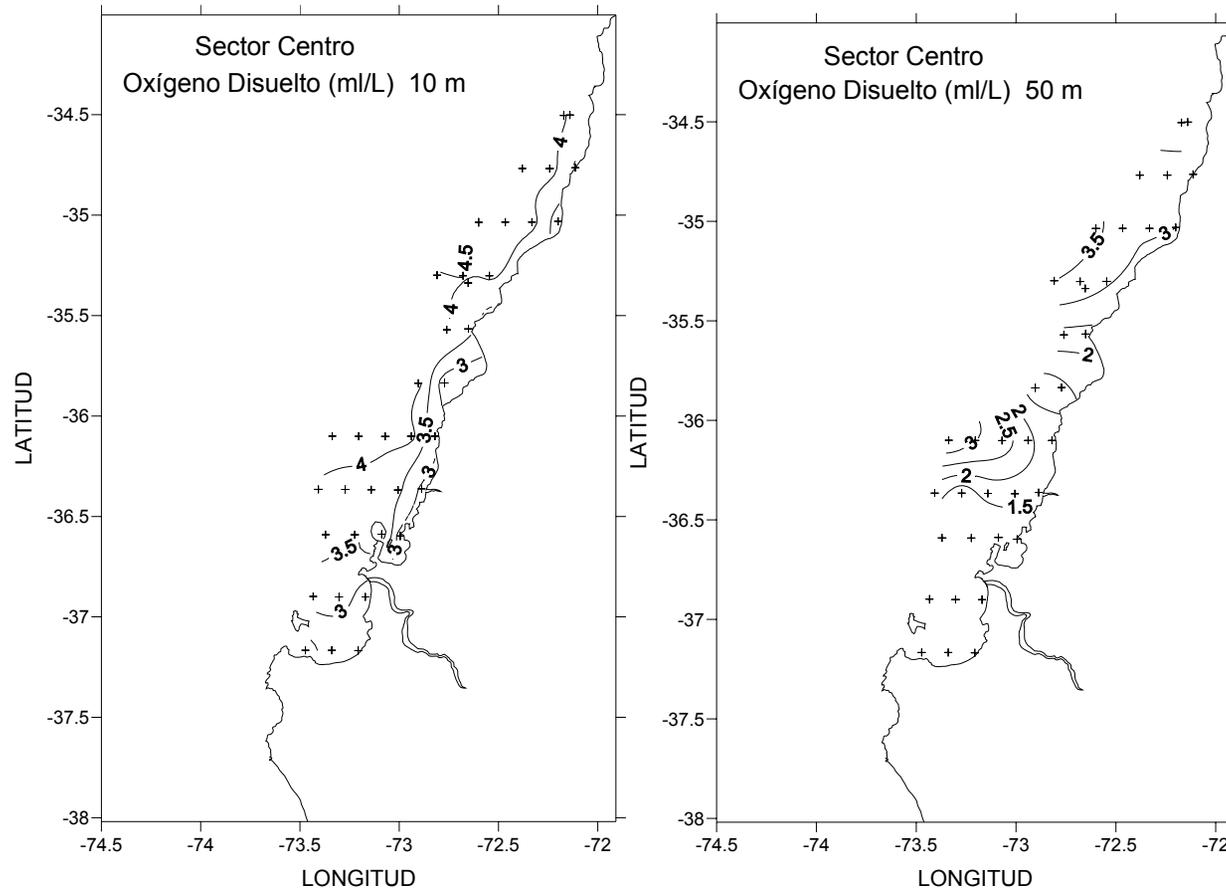


Figura 21. Distribución del oxígeno disuelto a 10 y 50 m en el sector centro.

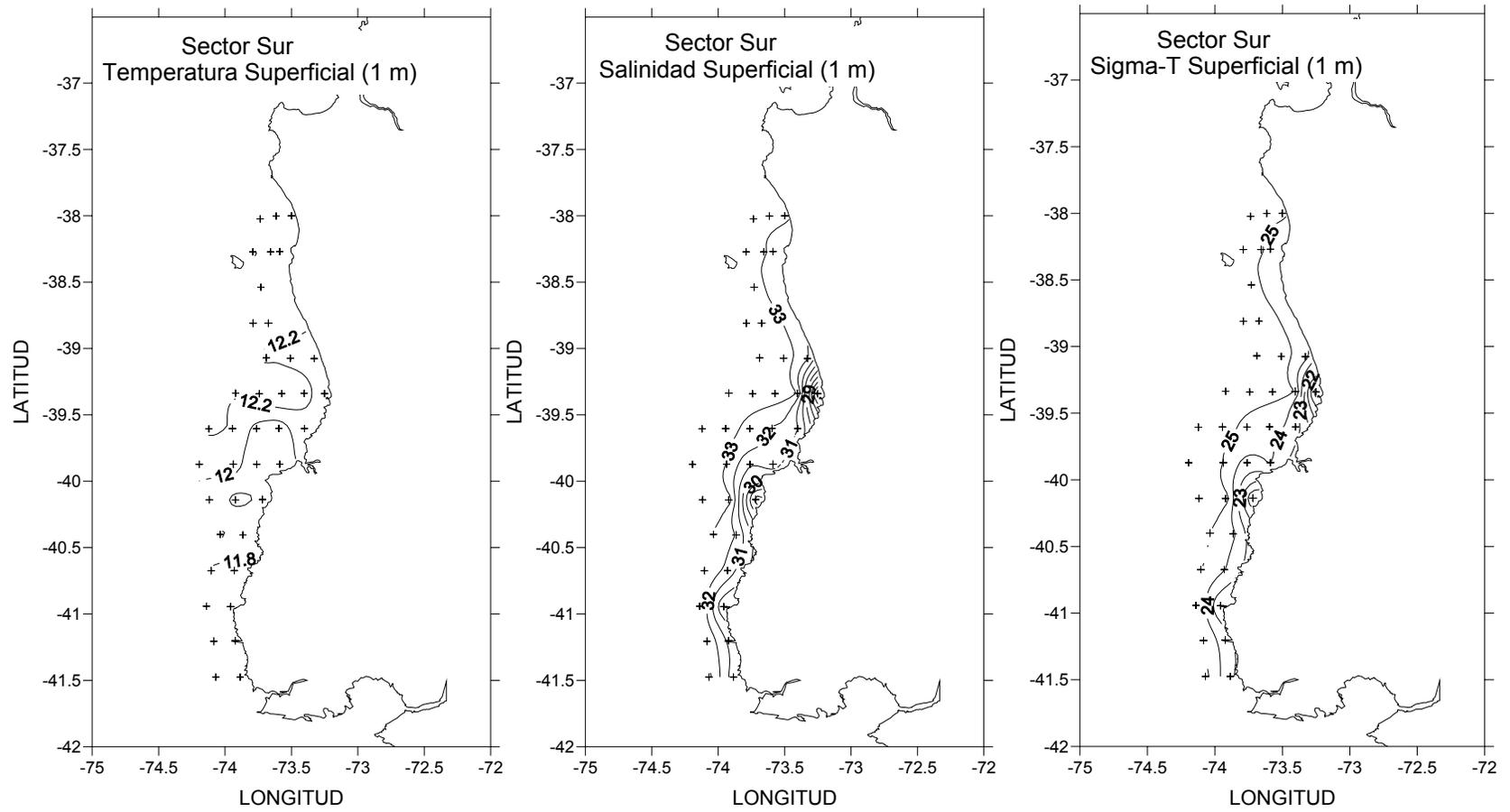


Figura 22. Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m) en el sector sur.

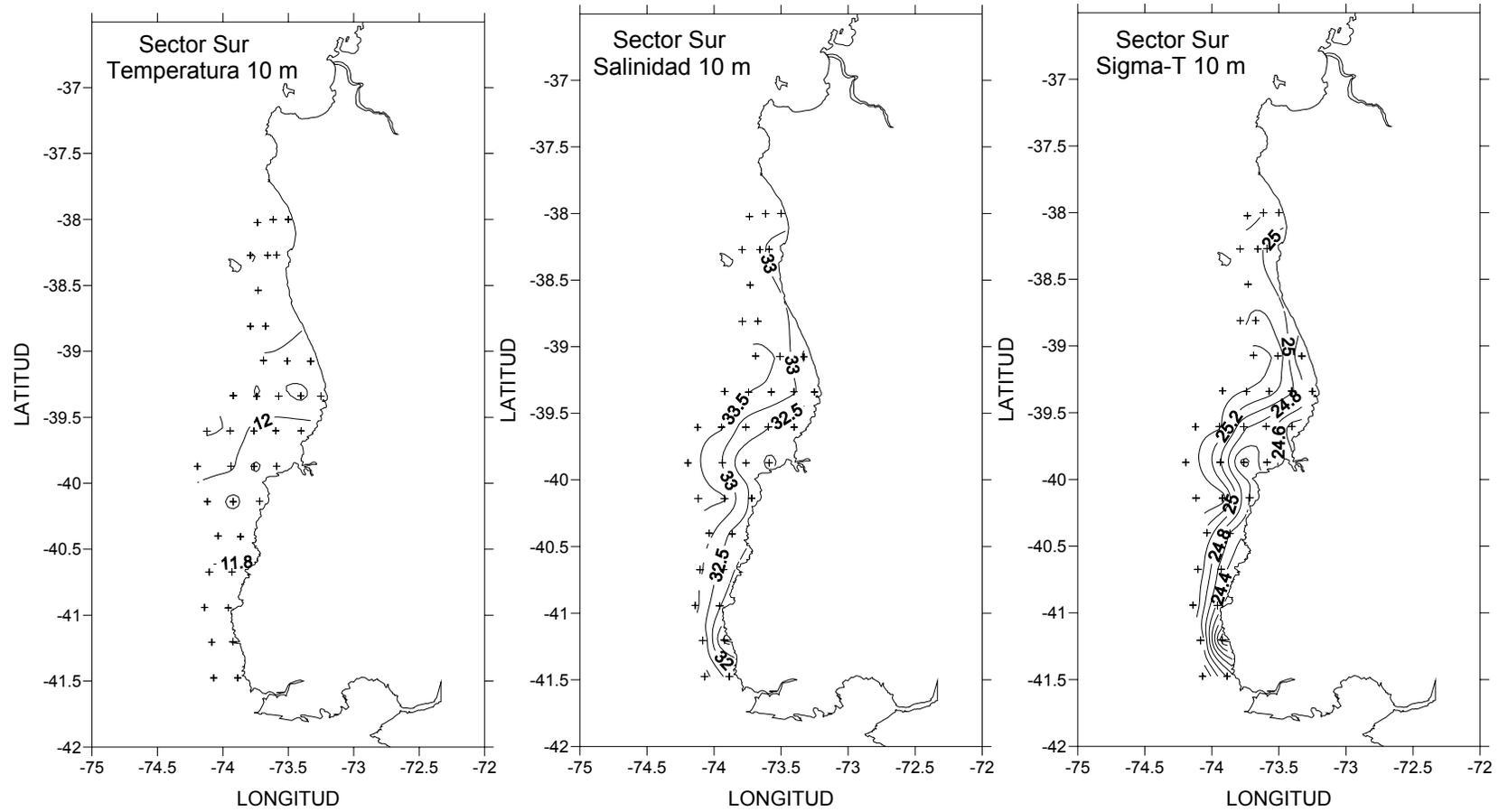


Figura 23. Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) a 10 m en el sector sur.

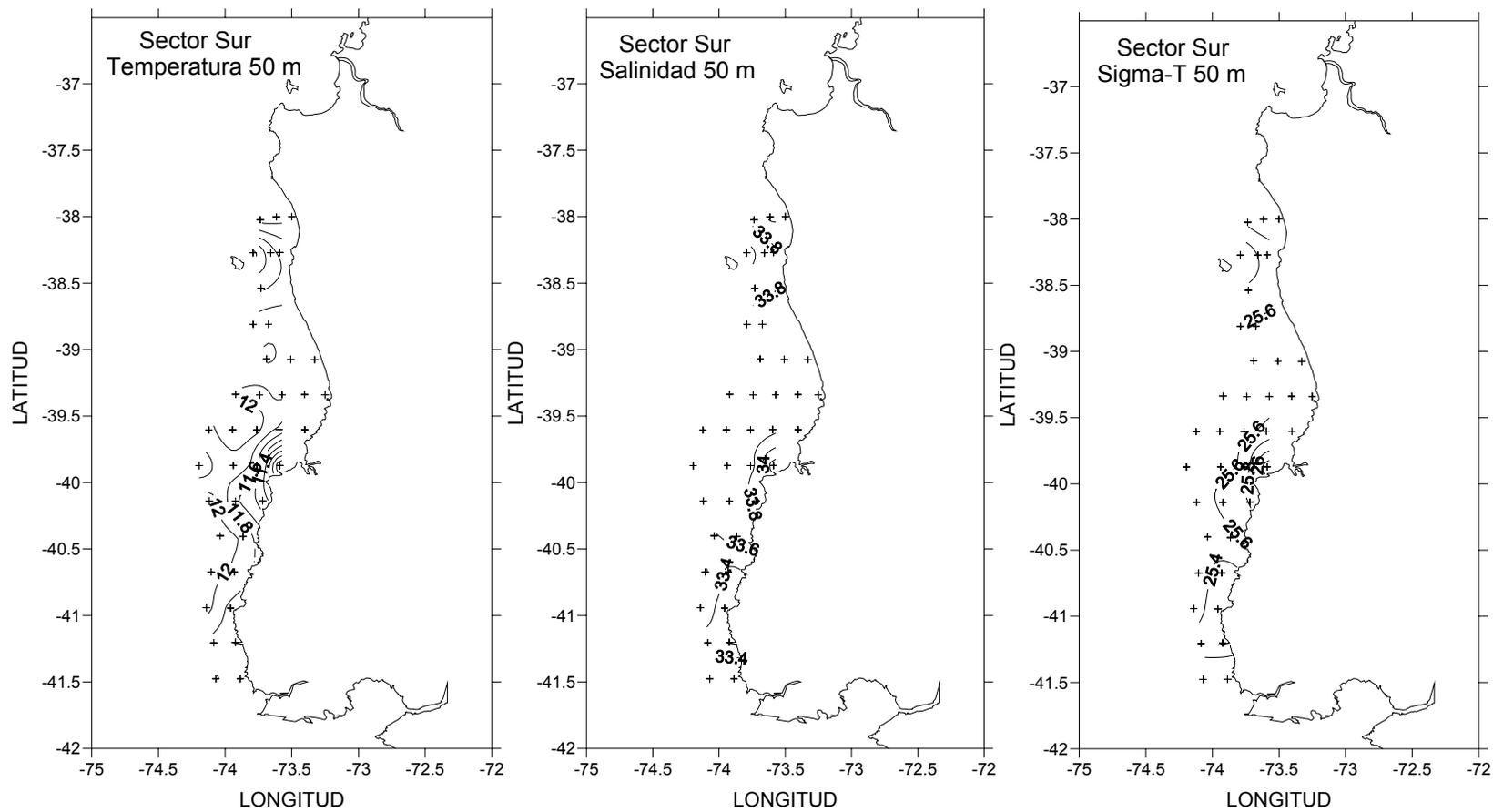


Figura 24. Características hidrográficas (temperatura, °C), salinidad y densidad (sigma-t) a 50 m en el sector sur.

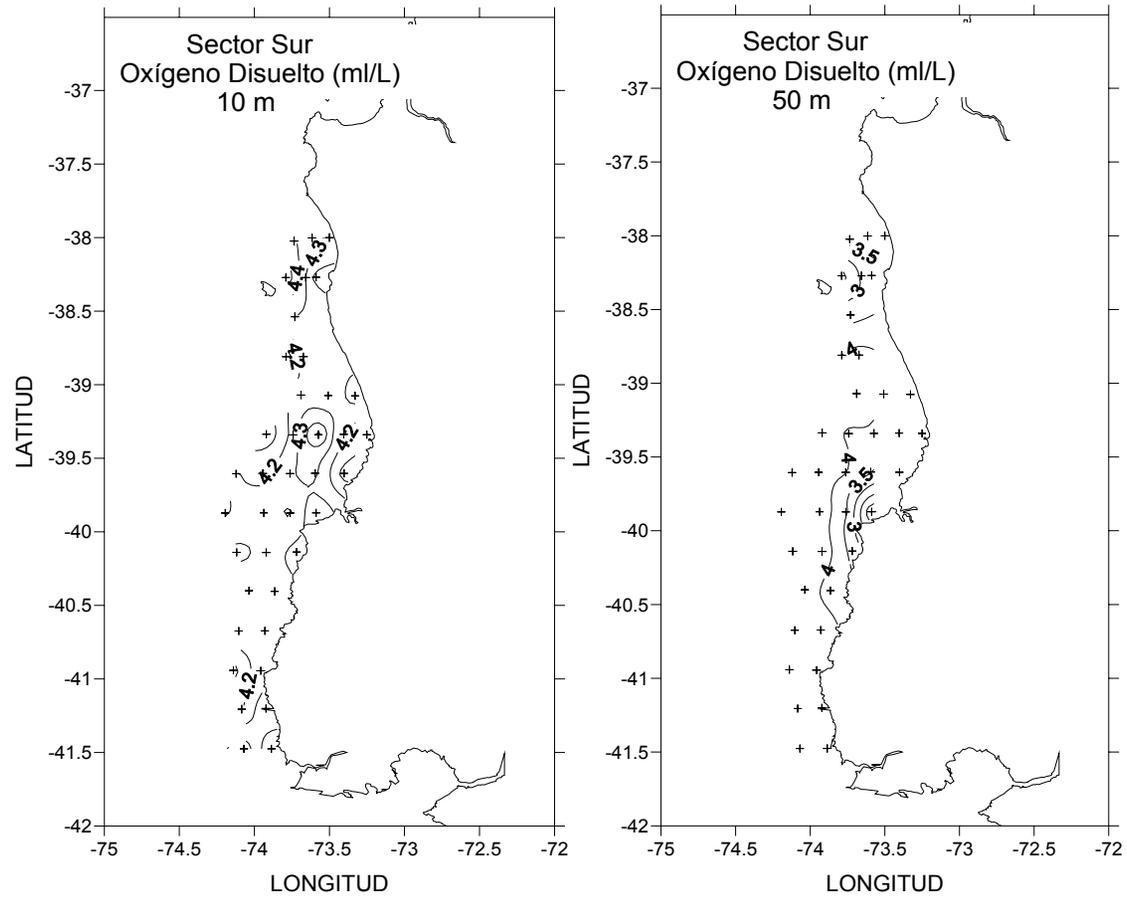


Figura 25. Distribución del oxígeno disuelto a 10 y 50 m en el sector sur.

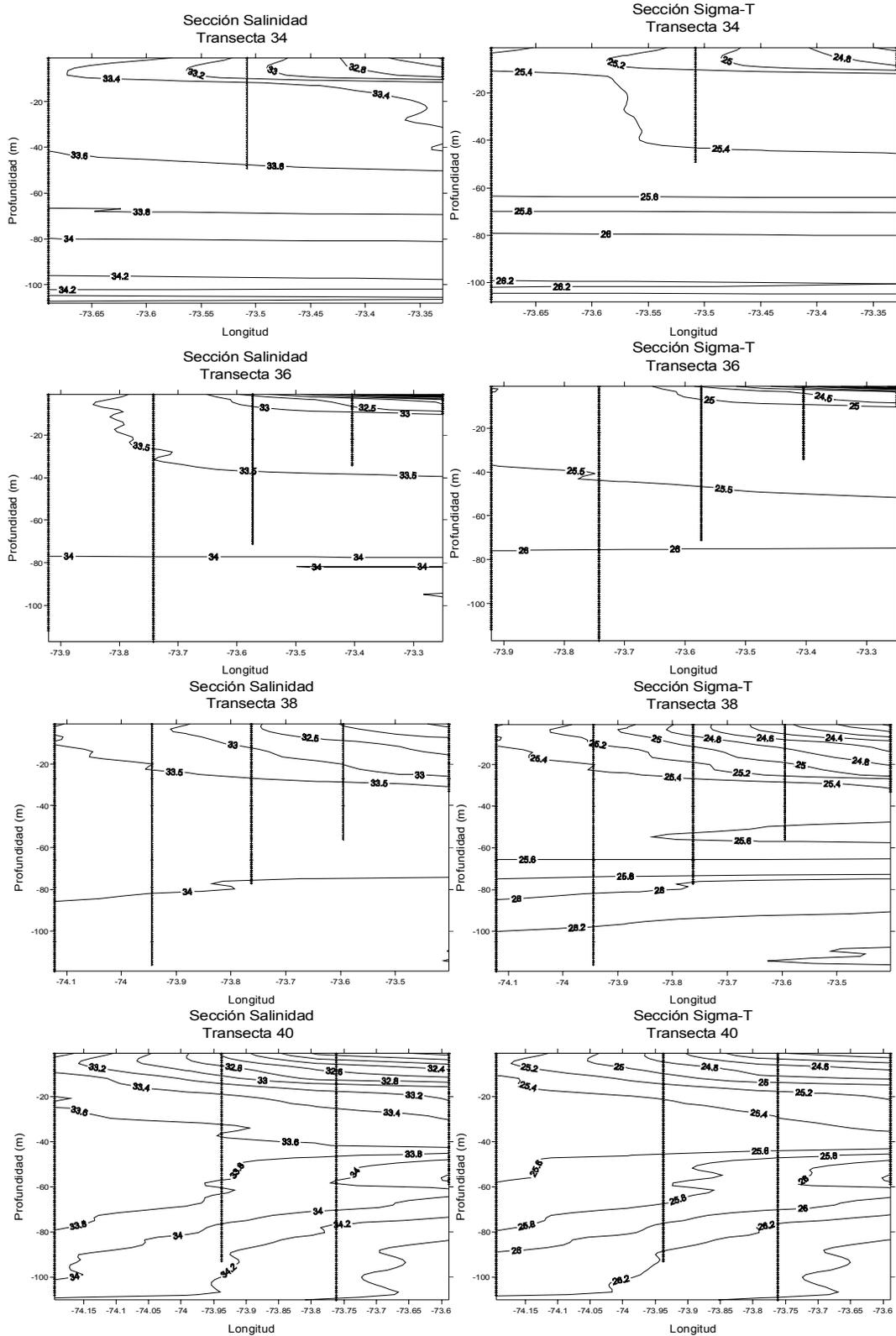


Figura 26. Secciones verticales de salinidad y densidad (sigma-t) en el núcleo (transectas 34 (39°04'S), 36 (39°20'S), 38 (39°36'S)) y fuera del núcleo mayor de abundancia de huevos, (transecta 40 (39°52'S)) del sector sur.

9.5.8. Características ambientales y distribución de huevos

El análisis básico de *sobreposición de distribución de huevos y salinidad* en el sector de mayor abundancia de huevos de anchoveta (sector sur) señala que las mayores abundancias de huevos no habrían ocurrido en la zona más costera de bajas salinidades, sino alejados más de 5 km de la costa en salinidades entre 32,5 y 33,5 (Figuras 27 y 28) y temperaturas entre 11,8 y 12,3 °C. Sin embargo, el mismo análisis revela que en el sector centro que, si bien los rangos de temperatura se mantienen similares, las salinidades en que la mayores abundancias de huevos habrían sido mayores (>33,5, Figura 28).

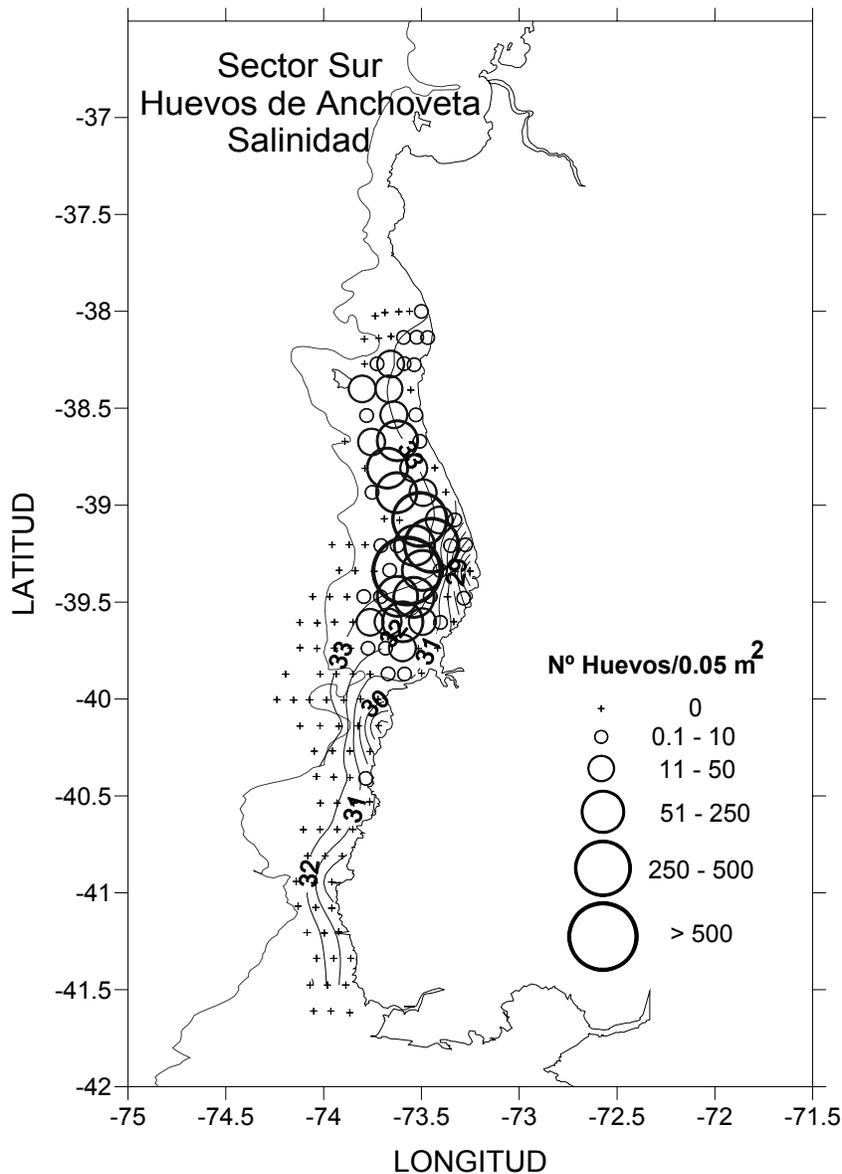


Figura 27. Distribución de huevos de anchoveta en el sector sur, sobrepuesto a diagrama de isohalinas del mismo sector. Línea roja adicional corresponde a isobata de 200 m.

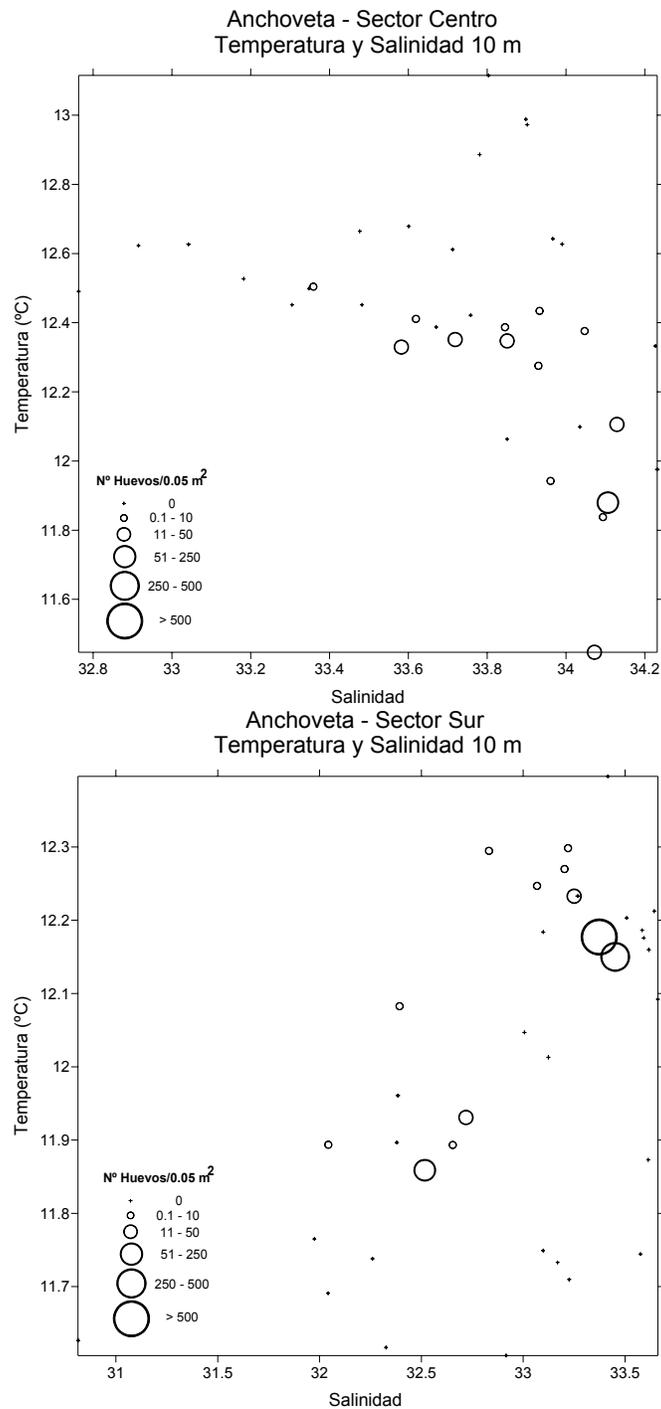


Figura 28. Diagrama de abundancia de huevos de anchoveta en el sector centro y sur, sobrepuestos al diagrama de salinidad y temperatura a 10 m de profundidad en el mismo sector. El número de puntos considerados en estos diagramas corresponde a las estaciones simultáneamente muestreadas con CTD y red CalVET.

El análisis de diagrama T-S respecto de la distribución de huevos de sardina común no es muy concluyente dada la baja abundancia de sus núcleos, especialmente en el sector centro (Figura 29). No obstante, en el sector sur se aprecia una distribución similar a la de anchoveta asociada a temperaturas de 12,3 °C y salinidades cercanas 33,5 psu (Figura 29).

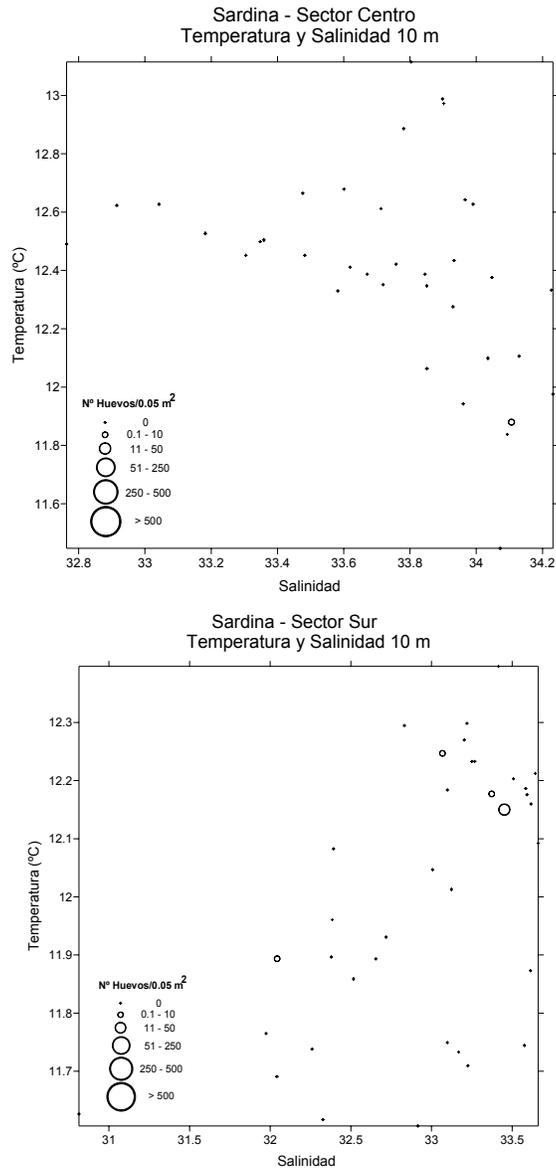


Figura 29. Diagrama de abundancia de huevos de sardina en el sector centro y sur, sobrepuestos al diagrama de salinidad y temperatura a 10 m de profundidad en el mismo sector. El número de puntos considerados en estos diagramas corresponde a las estaciones simultáneamente muestreadas con CTD y red CalVET.

Finalmente, las imágenes satelitales de clorofila *a* señalan la alta variabilidad espacial de mesoescala en la distribución de clorofila *a* (Figura 30), muestran un gradiente en concentración desde la costa hacia la zona oceánica y, as su vez, indican que altas concentraciones de clorofila *a* habrían ocurrido en la zona costera y sobre la plataforma continental de toda la zona centro de Chile, insinuando que la disponibilidad potencial de alimento larval no pareciera ser limitante para las larvas durante la estación de desove de ambas especies, tal como ha sido propuesto en estudios previos de la zona (Castro et al. 1997, Castro et al. 2000 a,b).

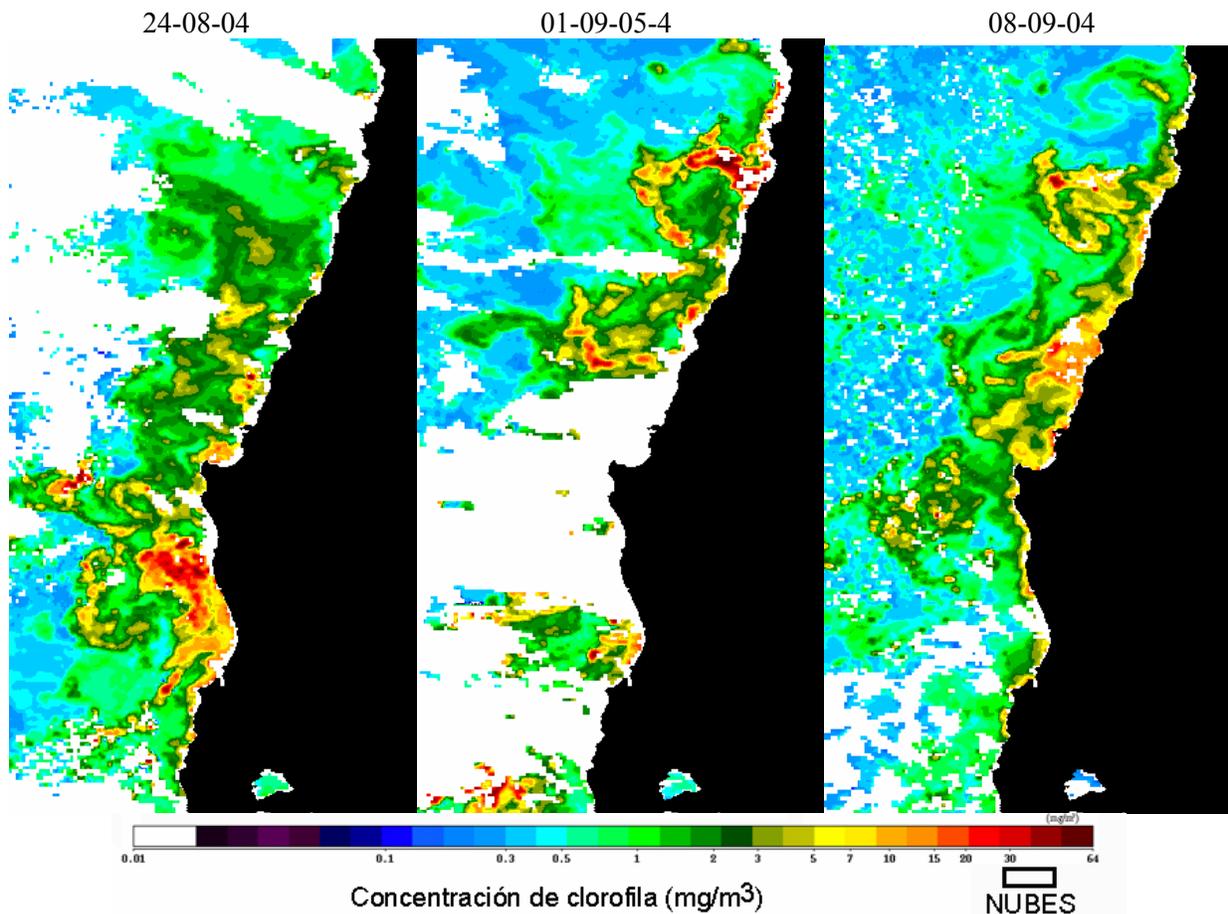


Figura 30. Imágenes satelitales de clorofila *a* del área completa de estudio.

9.5.9. Distribución de huevos, larvas pre-flexión y larvas post-flexión notocordal.

La distribución de huevos, larvas pre-flexión y larvas post-flexión de anchoveta en las zonas centro y sur se presentan en la Figura 31. No se encontraron larvas pre- o post-flexión de sardina común en las muestras colectadas con res Bongo. En el sector centro, las larvas en pre-flexión notocordal se encuentran

en la zona costera y no se presentaron núcleos de abundancia bien definidos como en el caso de los huevos. La abundancia de larvas en estado post-flexión notocordal fue muy baja y solo se encontraron larvas fuera de la costa sobre la plataforma continental frente al Río Itata (36,5°S, probablemente debido a advección horizontal desde la costa) y en la boca de Bahía Concepción. En el sector sur, larvas en estado pre-flexión notocordal ocurrieron en un solo núcleo frente a Bahía Corral. Larvas en estado post-flexión notocordal ocurrieron en la misma zona de mayor abundancia de huevo, sugiriendo que esa zona podría mantener huevos y larvas por más de 10 días (estado huevo + estado larva pre-flexión).

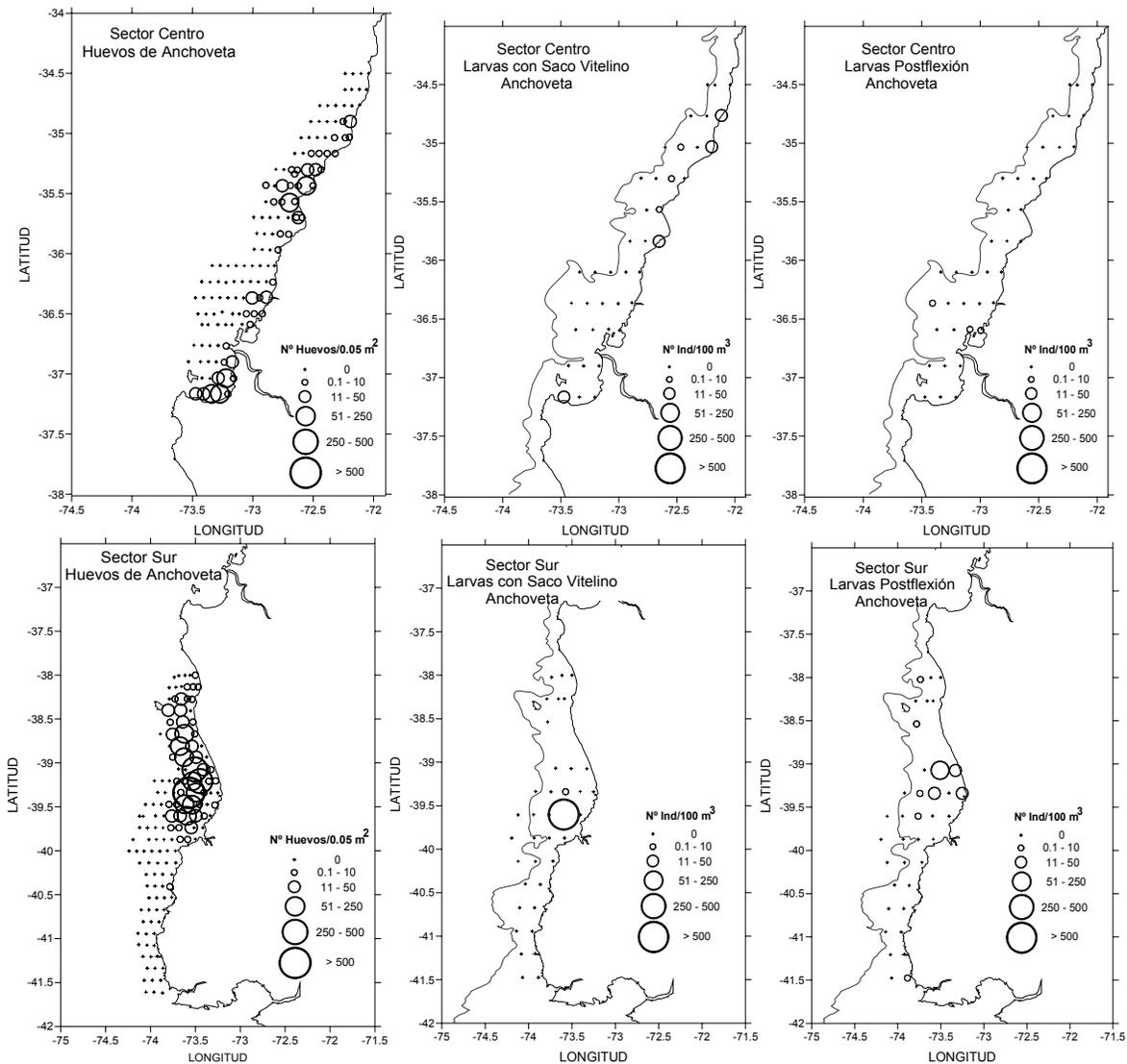


Figura 31. Distribución de huevos, larvas pre-flexión y larvas post-flexión de anchoveta en las zonas centro y sur. Huevos fueron colectados con red CalVET (150 um trama) y larvas con red Bongo (300 um trama). Las unidades de abundancia son diferentes entre huevos y larvas.

9.5.10. Análisis preferencia-rechazo

La prueba de aleatorización del total de los huevos de sardina común y anchoveta con las variables del hábitat analizadas (temperatura y profundidad del fondo), solamente mostraron asociaciones significativas con la profundidad para los huevos de anchoveta y sardina común (Tabla 20). Esto es, la profundidad de fondo es determinante en la distribución de la densidad de huevos de anchoveta y sardina común, con una preferencia por fondos de 66 a 77 m de profundidad (Fig. 32). La temperatura no parece ser un factor significativo, aunque en la sardina común la prueba de aleatoriedad fue marginalmente superior al nivel de significancia utilizado.

Tabla 20. Prueba de aleatorización de la asociación entre los huevos de sardina común y anchoveta con la temperatura y profundidad. El símbolo “*” denota los valores de probabilidad $p \leq 0,05$ y el símbolo “**” denota los valores de probabilidad de $p \leq 0,01$. El número debajo de cada valor p es el rango de preferencia de la variable ambiental.

Especie	Temperatura (°C)	Profundidad (m)
Sardina Total	0,085 (12,1)	0,002** (66,5)
Anchoveta Total	0,120 (12,4)	< 0,001** (76,5)

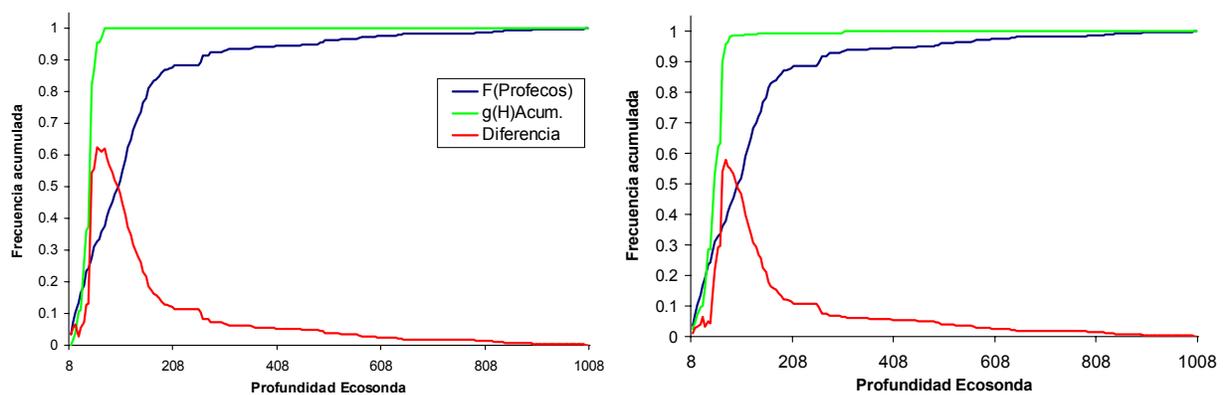


Figura 32. Distribución de frecuencia acumulada de las variables del hábitat: profundidad ($f(t)$, línea azul) y profundidad por los huevos de anchoveta ($g(t)$, línea verde). La línea roja indica la diferencia absoluta entre $g(t)$ y $f(t)$.

9.5.11. Análisis geoestadístico convencional

La localización geográfica de las transectas y estaciones fue transformada a una distancia en metros. En ese sistema de referencia, la distribución espacial y la frecuencia de la abundancia de huevos de anchoveta se presenta en la Figura 33, observándose que los núcleos de mayor abundancia se localizan en el sector sur del área de estudio y ligeramente fuera de la costa. La mayor frecuencia de la abundancia es menor a 100 huevos/0,05 m², y por sobre este nivel la frecuencia de abundancias altas es más bien poco frecuente y local.

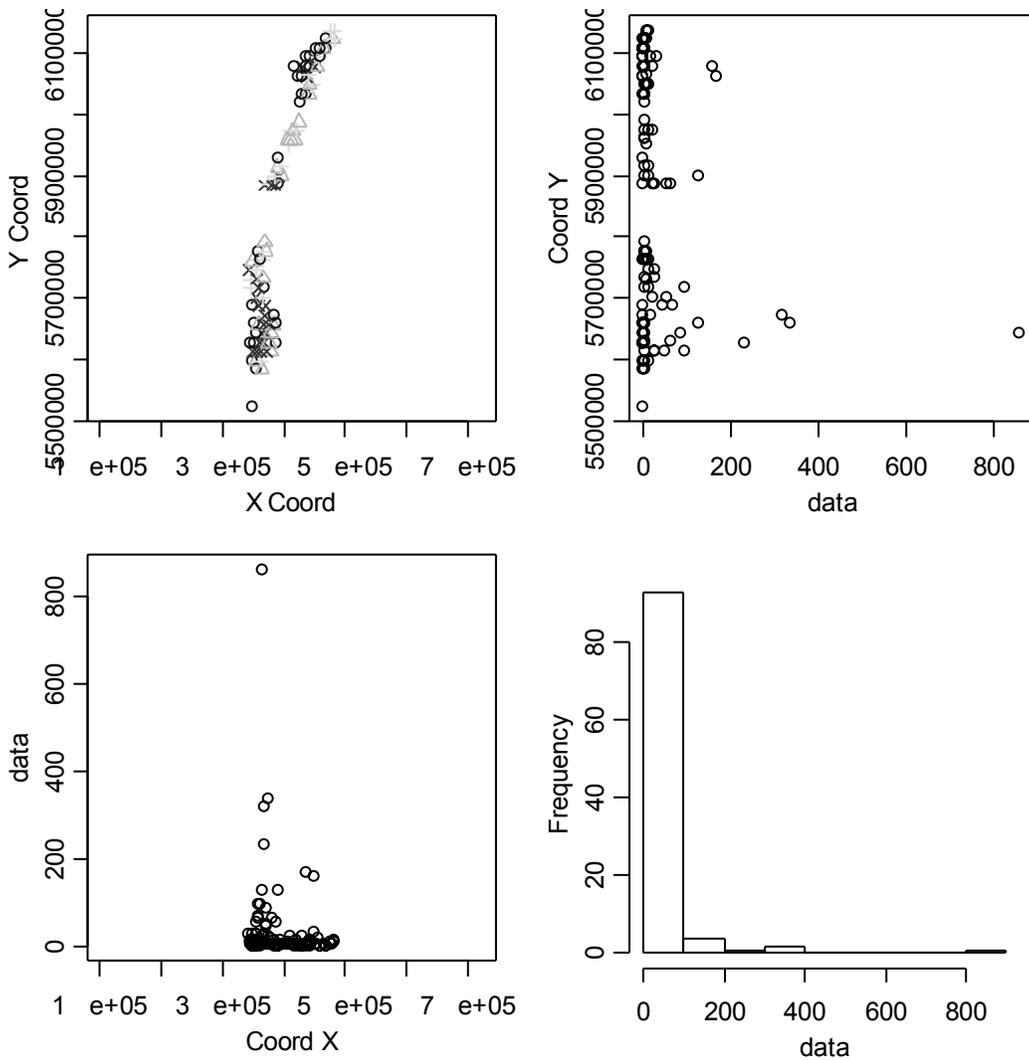


Figura 33. Distribución espacial y distribución de frecuencia de la densidad de huevos de anchoveta.

El variograma experimental y teórico ajustado se muestra en la Figura 34, que resultó ser omnidireccional (ausencia de anisotropía) y del tipo Gaussiano con un tamaño de agregaciones, cluster o parches de huevos determinados por el rango del variograma teórico definido en 9,9 km (ca. 5,4 mn). Es decir, aunque la distancia entre transectas evitó la autocorrelación la distancia entre estaciones fue marginalmente inferior al rango del variograma.

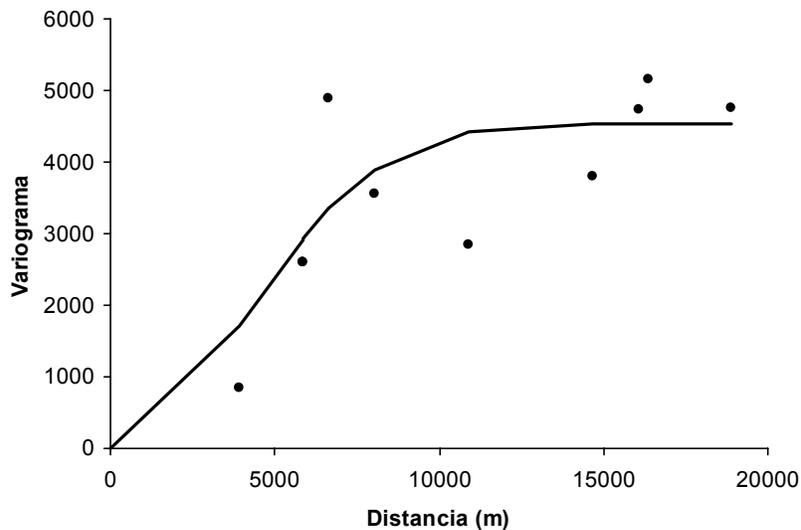


Figura 34. Variograma empírico y variograma Gaussiano ajustado con mínimos cuadrados ponderados. Los parámetros son nugget =0, sill=4541, y rango=9965 m.

La reproducción del patrón de distribución espacial de anchoveta considerando la estructura de autocorrelación espacial descrita por los parámetros del variograma y el kriging puntual ordinario se muestra en la Figura 35, observándose que describe muy bien el patrón observado en la distribución de la abundancia de huevos de anchoveta. Se observa la baja abundancia de huevos de anchoveta en el sector centro, y el núcleo de mayor importancia localizado en el sector sur, con un núcleo importante de abundancia que tiende a localizarse ligeramente fuera de la consta. A pesar de esto, la modelación geostatística revela que el núcleo de abundancia fue cubierto por el crucero de evaluación.

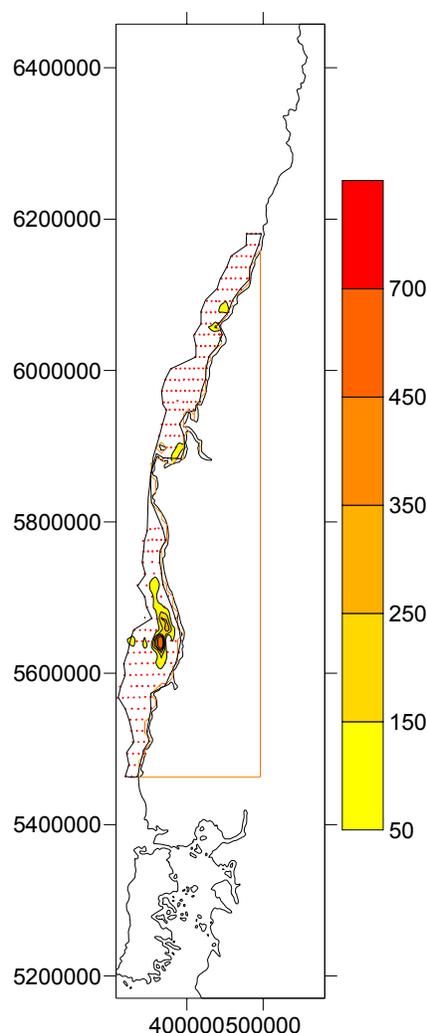


Figura 35. Reconstrucción del proceso espacial mediante kriging puntual ordinario utilizando parámetros de variograma obtenidos por mínimos cuadrados ponderados. La escala indica valores de densidad de huevos de anchoveta en número/0,05 m².

9.5.12. Geoestadística paramétrica

La distribución espacial proporcional de la densidad en el muestreo de 2004 muestra tres áreas de abundancia: una cerca de los 35°30'S, otra hacia el sur en el Golfo de Arauco, y la mayor al norte de la X Región. La reconstrucción del proceso espacial mediante geoestadística tradicional y kriging muestra los mismos resultados (Figura 35). La distribución espacial marginal en cada uno de los ejes (norte-sur y este-oeste) no muestra signos de tendencia espacial y la distribución de frecuencia marginal de los datos de densidad indican que una valor inicial de $\lambda = -0.4$ es apropiado (Figura 36). Tampoco aparece evidencia de

anisotropía (Figura 37). El modelo espacial contuvo 5 parámetros, la varianza debida a observación incompleta o nugget, la varianza debida al proceso espacial o sill, el rango de correlación espacial, la densidad media, y el parámetro de la transformación Box-Cox. Los resultados del ajuste y la comparación de los rangos se muestran en la Tabla 21. A juzgar por la sobreposición de los intervalos de confianza, no se observan diferencias significativas en el parámetro de rango en ambos conjuntos de datos.

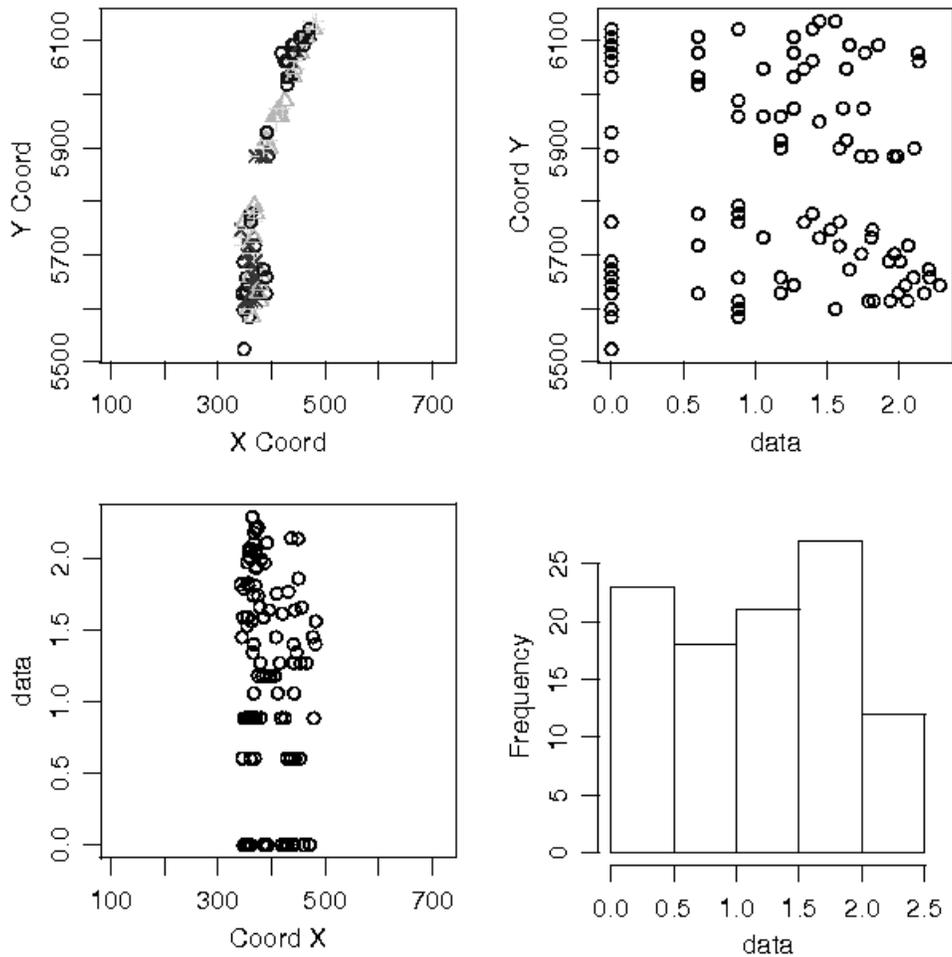


Figura 36. Panel superior izquierdo. Distribución espacial de los valores positivos de densidad de huevos. Panel superior derecho. Distribución latitudinal de las observaciones positivas indicando falta de tendencia. Panel inferior izquierdo. Distribución longitudinal de las observaciones positivas indicando falta de tendencia. Panel inferior derecho. Distribución de frecuencia de las observaciones positivas con parámetro de transformación Box-Cox, $\lambda = -0,4$.

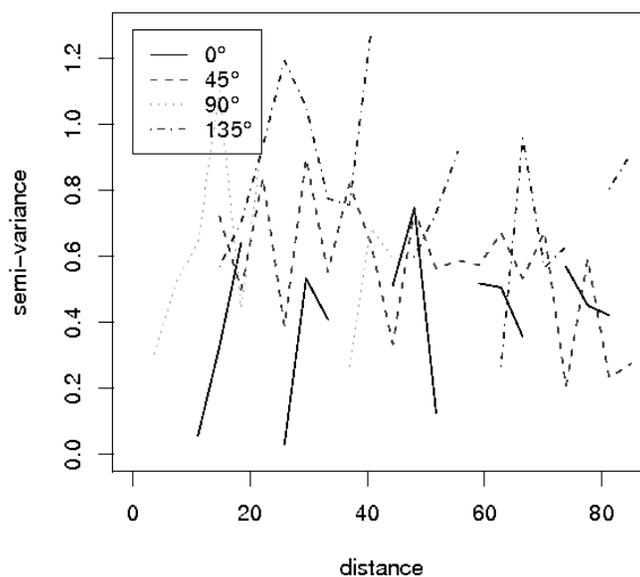


Figura 37. Variogramas direccionales promediados en 23 bins y 4 direcciones ortogonales demostrando falta de anisotropía.

Tabla 21. Parámetros de la correlación espacial mediante la aplicación de un modelo formal de verosimilitud a los datos de los proyectos FIP 2002-14 y FIP 2004-03, y comparación de los intervalos de confianza de los rangos.

Cantidad	FIP 2002-14	FIP 2004-03
Sill (número ² /0.025 m ⁴)	0,76	0,51
Nugget (número ² /0.025 m ⁴)	0,55	0,78
Densidad Media Transformada (número/0.05 m ²) ^λ	1,15	1,34
Parámetro de la Transformación Box-Cox, λ	-0,17	-0,18
Rango (km)	9,38	15,36
Error Estándar del Rango (km ²)	4,63	1,85
Intervalo de Confianza del 95% para el Rango	[6,29; 24,43]	[5,76; 13,00]

9.5.13. Comparación con otras evaluaciones

La evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile comenzó sólo en el 2002 mediante el método de la producción diaria de huevos (Cubillos et al., 2003). En dicho estudio se evaluó una grilla intensa de estaciones que permitió evaluar el tamaño de los parches o cluster de huevos de ambas especies y mejorar, por ende, el diseño de muestreo de huevos. El 2003, Bernal et al. (2004) realizaron una segunda evaluación del stock desovante con el MPDH. Sin embargo, una serie de problemas de logística relacionados con la disponibilidad oportuna de embarcaciones determinó un muestreo de huevos que se extendió por casi tres meses (23 de agosto – 19 de octubre) mientras que el muestreo de adultos se realizó entre el 20 de agosto y 12 de septiembre de 2003. En consecuencia, la evaluación 2003 presenta limitaciones importantes, particularmente en términos de la simultaneidad de los parámetros reproductivos y la producción total de huevos realizada.

Una comparación cualitativa de los tres cruceros de evaluación con el MPDH se presenta en las Figuras 38 y 39, en términos de la grilla de muestreo y la distribución espacial de las estaciones positivas. Solamente en el crucero 2002 se cubrió plenamente el área de desove, mientras que en el 2003 hubo transectas en las que el límite occidental del desove no fue satisfactoriamente resuelto, tanto en el sector centro como sur. No obstante lo anterior, y de un análisis general de los tres cruceros, se puede señalar que las zonas de desove de anchoveta y sardina común han sido características y con persistencia interanual.

En el caso de la anchoveta, se identifica una zona de desove que se presenta en forma continua principalmente desde los 35°S hasta el Golfo de Arauco (37°10'S), y otra zona de desove localizada desde los 37°30'S hasta los 41°S, con una mayor abundancia entre los 38°S y 40°S (Figs. 38, 41 y 42). En la sardina común, en cambio, se identifican zonas de desove más discretas reconociéndose un núcleo de desove en los alrededores de Constitución y centrado en los 35°30'S, otro entre la desembocadura del Río Itata y la Bahía Concepción, y otro en el fondo del saco del Golfo de Arauco (Fig. 39). En estas zonas, la abundancia de sardina común es menor que en la zona de desove que se presenta entre los 38°S y 40°S (Figs. 43 y 44).

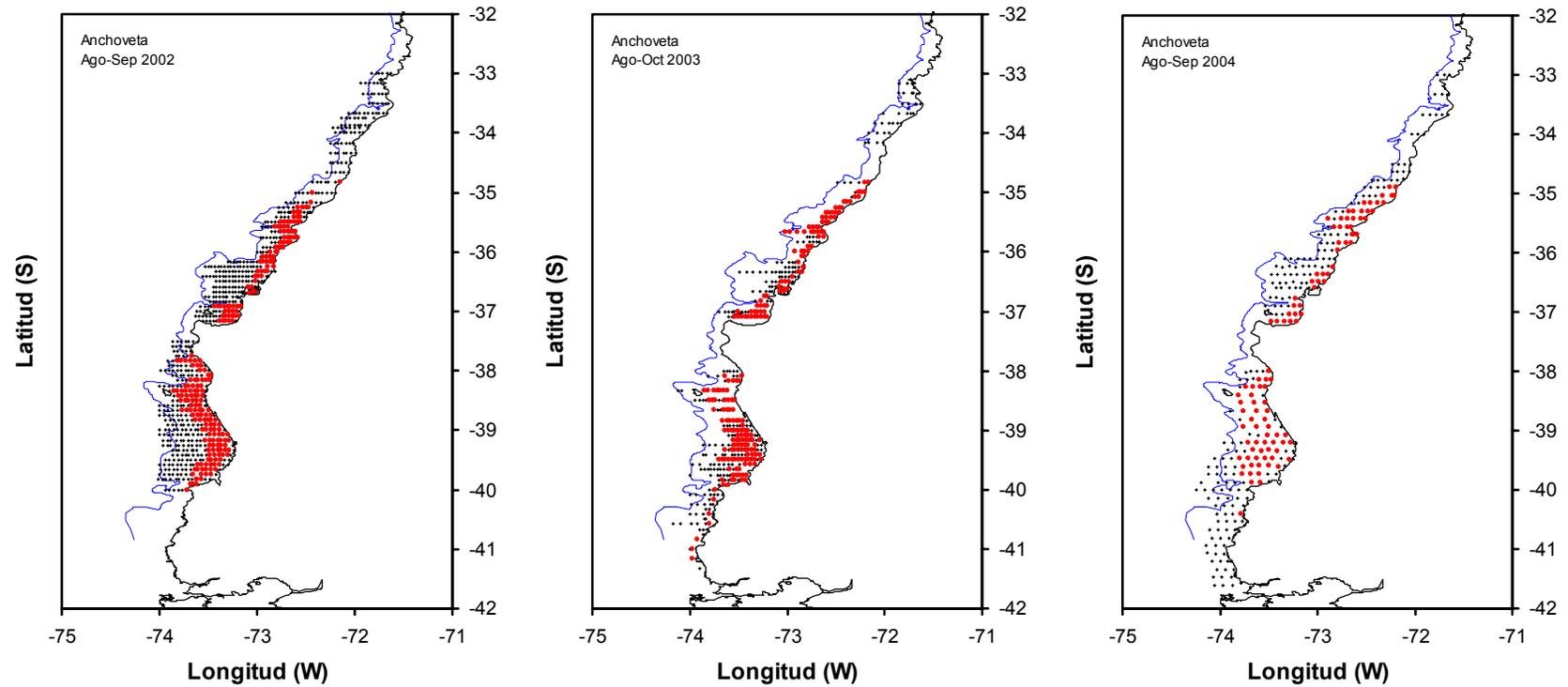


Figura 38. Grilla de muestreo de los cruceros FIP 2002-14, FIP 2003-06 y FIP 2004-03, y distribución de las estaciones positivas con huevos de anchoveta.

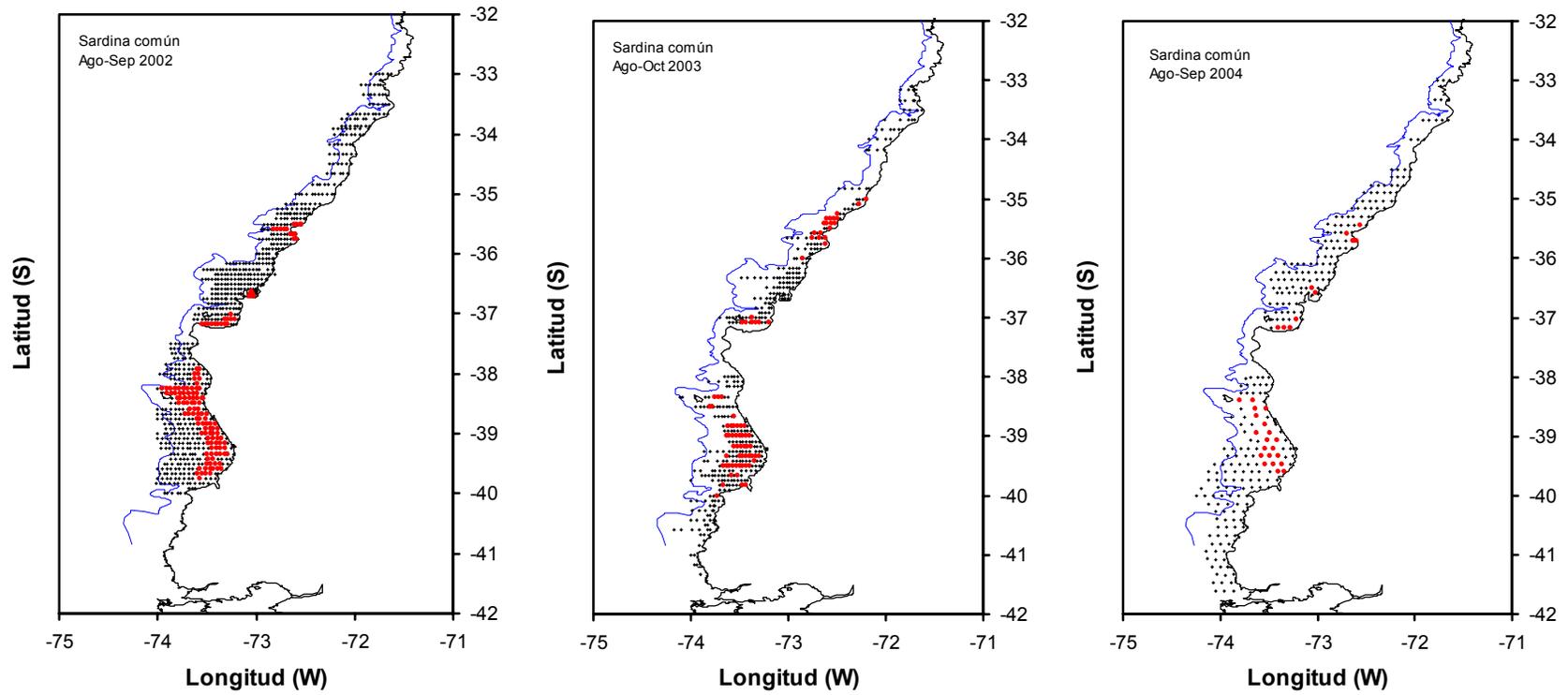


Figura 39. Grilla de muestreo de los cruceros FIP 2002-14, FIP 2003-06 y FIP 2004-03, y distribución de las estaciones positivas con huevos de sardina común.

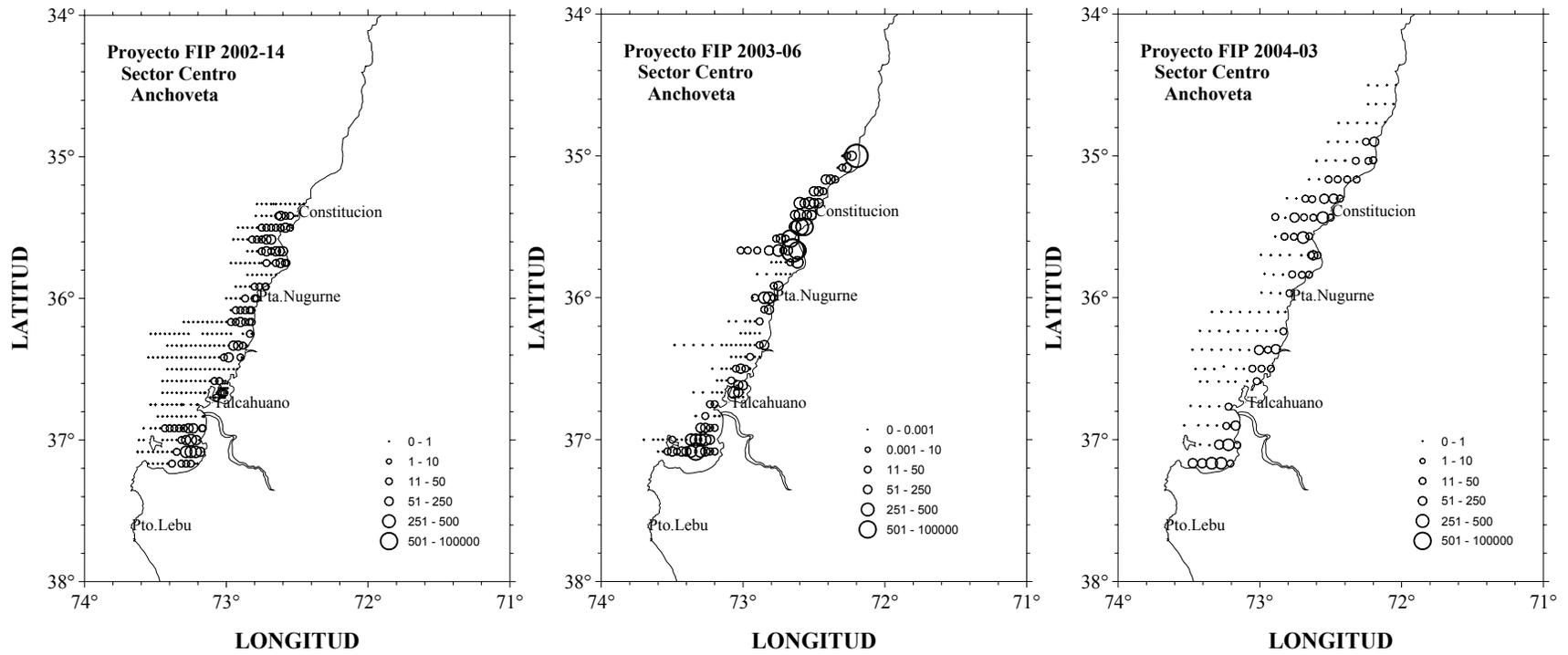


Figura 40. Distribución de la abundancia de huevos de anchoveta en tres cruces de evaluación en el sector centro.

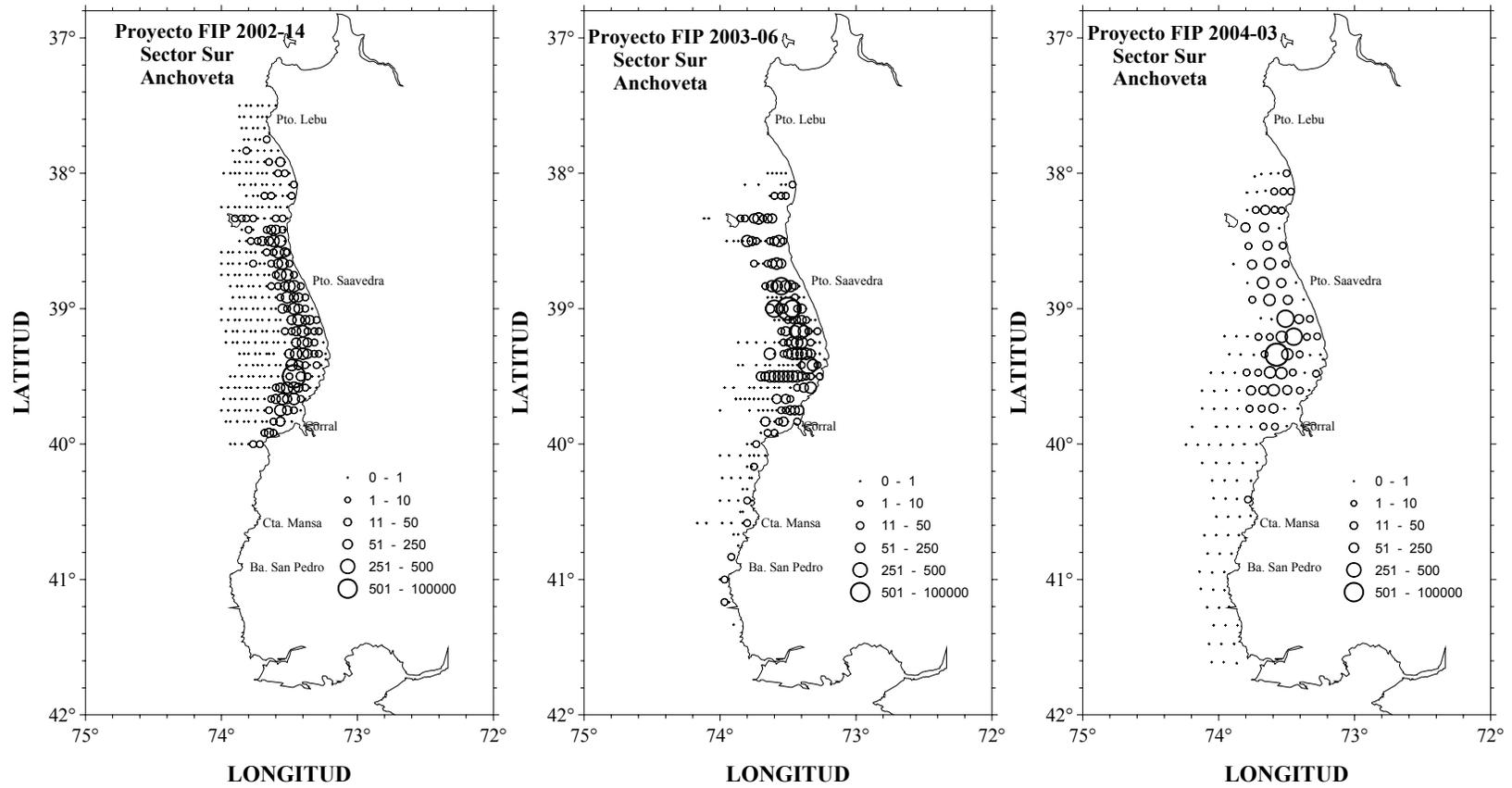


Figura 41. Distribución de la abundancia de huevos de anchoveta en tres cruces de evaluación en el sector sur.

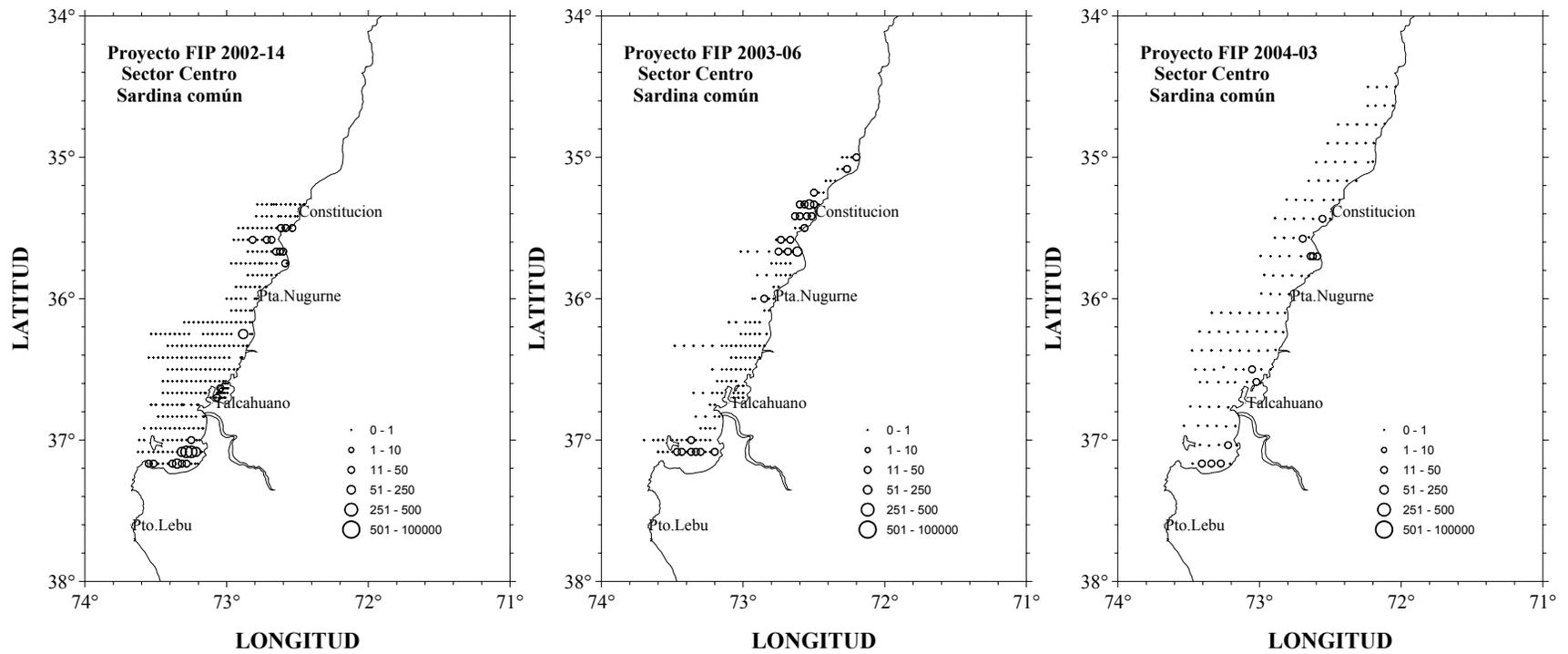


Figura 42. Distribución de la abundancia de huevos de sardina común en tres cruceros de evaluación en el sector centro.

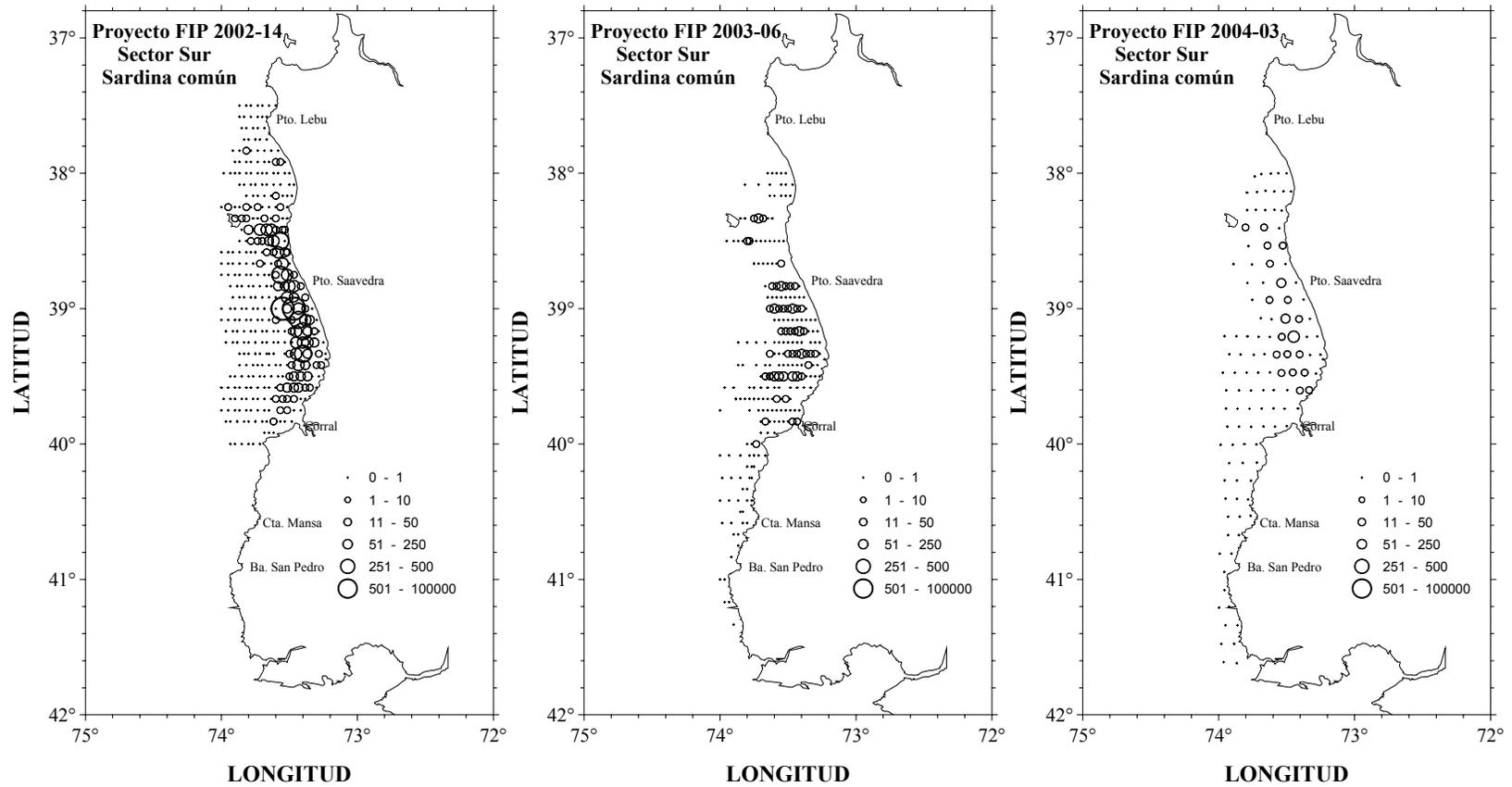


Figura 43. Distribución de la abundancia de huevos de sardina común en tres cruces de evaluación en el sector sur.

La evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en los últimos tres años revela cambios importantes, aunque el área de desove positiva se ha mantenido relativamente estable, con una leve tendencia al incremento en el caso de la anchoveta y decreciente en el caso de la sardina común (Tabla 22). El peso promedio de las hembras maduras de anchoveta fue mayor en el 2004, incidiendo en un incremento en la fecundidad media poblacional y, probablemente, la frecuencia del desove (Claramunt, 1999; Claramunt, Com. Pers.); pero la fecundidad específica diaria se ha mantenido relativamente constante entre 20,4 y 23,6. En el caso de la sardina común, los parámetros reproductivos sugieren una reducción del peso promedio entre el 2002 y 2004 y, por ende, también en la fecundidad media poblacional. La fecundidad diaria específica de sardina común fue mayor el 2004, siendo comparable los valores en el 2002 y 2003 (Tabla 22).

Tabla 22. Resumen de los parámetros reproductivos, producción diaria de huevos y biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común evaluados con el MPDH en el periodo 2002 – 2004.

Nomenclatura: W = peso promedio de hembras maduras (g), F = fecundidad media poblacional (ovocitos/día), S = fracción diaria de hembras desovantes; R = proporción sexual en peso; P_0 = producción diaria de huevos (huevos/0,05 m²/día) en el área positiva; B = biomasa desovante (t); A_1 = área de desove positiva; FED = fecundidad específica diaria.

	Anchoveta			Sardina común		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
W	18,6	16,9	19,3	21,4	15,6	15,7
F	6.758	6.437	7.117	9.277	8.341	7.244
S	0,11	0,12	0,20	0,13	0,08	0,137
R	0,51	0,52	0,32	0,47	0,52	0,50
P_0	8,02	19,94	12,21	35,96	2,09	2,47
B	59.212	148.272	95.721	115.926	6.268	5.916
A_1	7.289,6	8.869,2	9.260,1	4.526,9	4.400,4	3.764,3
FED	20,4	23,8	23,6	26,5	22,2	31,4

En términos generales, la biomasa desovante de anchoveta presentó un incremento entre el 2002 y 2004, mientras que el stock desovante de sardina común ha disminuido severamente. La situación del stock de sardina común parece ser crítica. En efecto, si se compara las evaluaciones del stock desovante con las evaluaciones acústicas de biomasa total que se realizan en enero de cada año (Castillo et al., 2000, 2002, 2003, 2004), se puede observar que la biomasa de sardina común, evaluada a comienzos de año, presenta una sostenida tendencia decreciente, siendo la evaluación del stock desovante consistente con dicha tendencia (Fig. 44). Nótese que el impacto de la mortalidad por pesca ocurre principalmente durante el primer semestre de cada año, reduciendo notablemente la biomasa dentro del año (Cubillos et al., 2002).

En la anchoveta, se observa una situación diferente, con altos niveles de biomasa a comienzos de 2002 y 2004, y una biomasa baja durante el 2003 (Fig. 44).

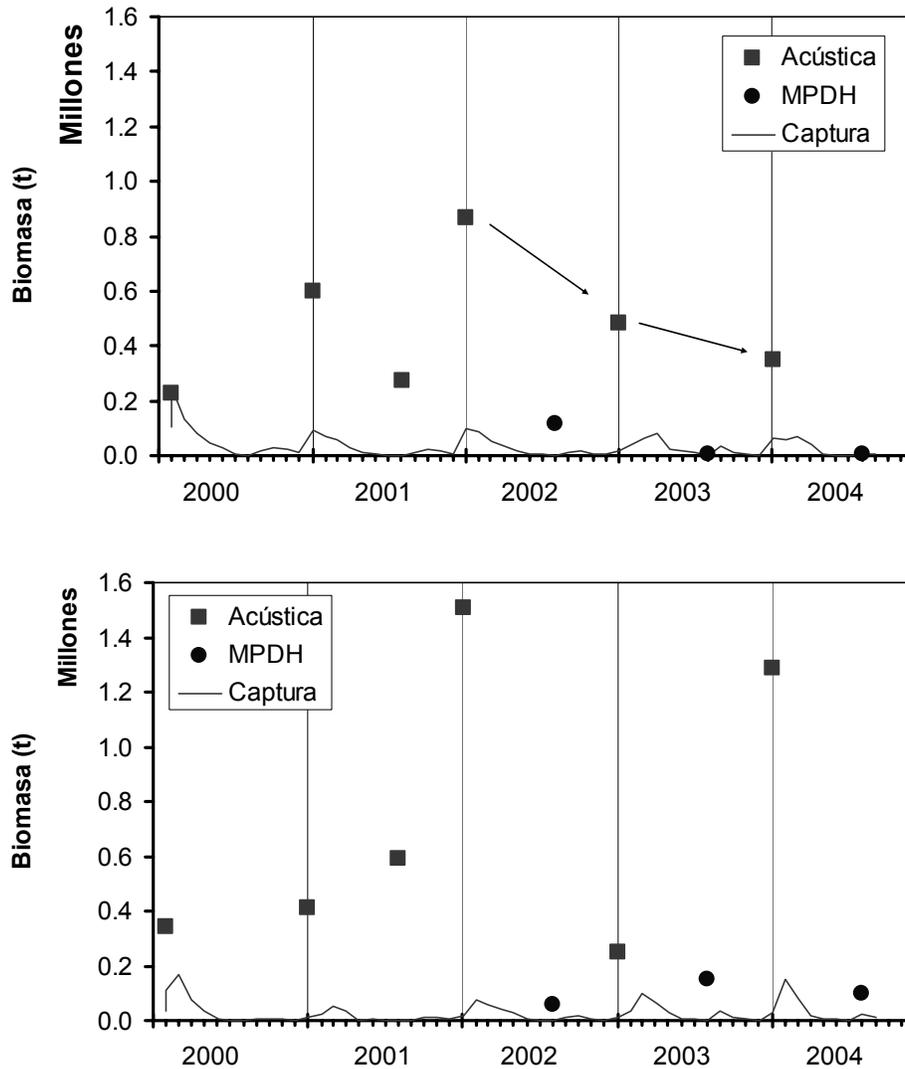


Figura 44. Evaluaciones directas de la biomasa de sardina común (arriba) y de anchoveta (abajo). La evaluación acústica de biomasa total se indica con cuadros, y la biomasa del stock desovante (MPDH) con puntos. La captura de ambos pelágicos ocurre durante el primer semestre de cada año.

10 Análisis de los resultados

A través del monitoreo reproductivo de los adultos, en agosto comenzó a observarse una mayor dominancia de hembras clasificadas histológicamente como postdesovantes de tanda y hembras reproductivamente activas en sardina común. Aunque en la anchoveta no se contó con ejemplares a comienzos de dicho mes, ya en julio se apreció ovocitos vitelados (46,15%) y un 11,5% de las hembras fue postdesovante de tanda. En la escala semanal, la evolución del índice gonadosomático fue variable, pero desde mediados de agosto y durante septiembre se apreciaron valores altos (> 6), típicos de los valores que alcanzan ambas especies durante la máxima actividad reproductiva en la zona centro-sur (e.g. Cubillos et al., 1999).

El monitoreo de la abundancia de huevos realizado con redes Bongo entre la desembocadura del río Itata y Bahía Concepción, reveló un incremento importante de huevos de ambas especies en el sector a contar del 06 de agosto. En el caso de la anchoveta, la abundancia de huevos continuó incrementándose hasta el 10 de septiembre, para posteriormente disminuir progresivamente hasta el 10 de octubre. En el caso de la sardina común, la abundancia de huevos se mantuvo alta solamente hasta el 25 de agosto, disminuyendo notablemente el 10 de septiembre. A pesar que el 21 de septiembre la abundancia de sardina común fue mayor que en las fechas previas, y a pesar que en las últimas dos fechas de muestreo (20 de octubre y 10 de noviembre) la abundancia de anchoveta fue también mayor, para los propósitos del crucero de evaluación se consideró que el incremento detectado en la abundancia de huevos a través del monitoreo, entre el 06 de agosto y 10 de septiembre, fue consecuencia del inicio del periodo de mayor actividad reproductiva de ambas especies en la zona centro-sur.

El crucero de evaluación propiamente tal, se inició el 21 de agosto y se extendió básicamente hasta el 13 de septiembre. Cabe señalar que el muestreo realizado en el sector norte (33°S-34°S) se cubrió entre el 24 y 26 de septiembre. El crucero de adultos comenzó en igual fecha y terminó el 26 de septiembre. En este contexto, se logró simultaneidad temporal en el muestreo de adultos y de huevos que, con propósitos de la evaluación de la biomasa desovante, constituye un requisito esencial.

De acuerdo con la distribución espacial del desove, se observó que en ambas especies el desove ocurre muy cerca de la costa, dentro de las primeras 15 – 20 millas náuticas. La distribución de la abundancia fue similar a la observada en el 2002 (Cubillos et al. 2003) y 2003 (Bernal et al., 2004). La cobertura espacial de la grilla de muestreo y su extensión longitudinal, que cubrió la plataforma continental delimitada por la isobata de 200 m, permitió cubrir plenamente el desove de ambas especies a excepción de algunas

transectas del sector centro y sur en que la abundancia de huevos de anchoveta podría sugerir que el desove pudo ser más occidental. No obstante, dado el carácter costero del desove y considerando que la distribución del desove ha sido similar a la del 2002 y 2003, así como los resultados de la modelación geostatística de anchoveta, nos permitimos aseverar que los núcleos de desove de ambas especies fueron cubiertos prácticamente en su totalidad. No obstante, la tendencia observada en la distribución de huevos de anchoveta hacia el sector oceánico en las inmediaciones de la Isla Mocha (38°S - $38^{\circ}30'\text{S}$) sugieren incrementar el número de estaciones en esas latitudes en futuras aplicaciones, pues el desove sigue el veril de los 100 m y en esa área se extiende hacia el océano rodeando la Isla Mocha. Por otra parte, el sector comprendido entre los $37^{\circ}20'$ y $37^{\circ}52'\text{S}$ del área sur no se muestreo, y ante la evidencia de un incremento en el área de desove de la anchoveta sería altamente recomendable cubrir dicho sector en futuras aplicaciones. Considerando la ausencia de datos para ese sector en el 2004, no es posible establecer algún criterio metodológico que permita expandir la producción diaria de huevos en dicho sector.

Desde un punto de vista global, la distribución del desove encontrada en ambas especies es coincidente con los antecedentes recientes que se disponen, y que han sido desarrollados en términos de la distribución de adultos, reclutas, huevos y larvas de sardina común y anchoveta (ver Castro et al. 1997, Castillo et al. 2002a, 2002b, 2003, 2004, Cubillos et al. 2003, Bernal et al., 2004). Estos estudios han revelado la ausencia de huevos de sardina común y anchoveta hacia el norte de los 34°S (Norte de Constitución) y hasta los $32^{\circ}20'\text{S}$ (norte de Valparaíso). En este estudio se confirma que el sector norte, comprendido entre los 33°S (Valparaíso) y los $34^{\circ}00'\text{S}$, constituye un área poco importante para el desove de ambas especies.

Se considera que el diseño de muestreo estratificado, para la evaluación del área de desove de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur de Chile, permite una muy buena caracterización de los núcleos de alta densidad de huevos. Las diferencias espaciales entre el sector norte, centro y sur del área de estudio están asociadas con la configuración de la plataforma continental, la orientación de la costa y la batimetría, los cuales son factores que se pueden considerar determinantes en la distribución de la producción total de huevos de ambas especies. En efecto, la profundidad ha sido el factor más relevante asociado con la abundancia de huevos, sugiriendo que los cardúmenes desovantes prefieren aguas someras con profundidades menores a los 80 m para desovar.

Se destaca que el crucero, tanto de huevos como de adultos, se desarrolla bajo condiciones meteorológicas cambiantes que se caracterizan por la presencia de frentes de mal tiempo alternados por periodos de fortalecimiento del anticiclón que determina periodos con buen tiempo y vientos del cuadrante sur y sur-

oeste. Estas características meteorológicas, la configuración de la costa en interacción con el aporte de agua dulce asociada a los grandes ríos en el área de estudio, determinan condiciones que favorecen la concentración y retención de huevos en la costa, hipótesis coherente con la triada de Bakun (1996). Cubillos et al. (2001), establecen que la estrategia reproductiva de estas especies en la zona centro-sur de Chile ocurre al término del invierno (agosto) cuando ocurren condiciones oceanográficas que favorecen la retención de huevos en la costa (e.g. transporte hacia la costa, y convergencia debido a la dominancia de vientos norte), y el enriquecimiento a través de un régimen de surgencias moderadas que favorece tanto en la producción de alimento, como su concentración en zonas costeras, con mejores perspectivas para la sobrevivencia de larvas y juveniles (Castro et al. 2000, Castro y Hernández, 2000).

En el sector sur, la distribución de huevos de ambas especies por lo general se expresa después de las primeras cuatro millas de la costa. Esta situación podría estar relacionada con la baja salinidad superficial costera asociada con el incremento en el aporte de agua dulce ya sea por incremento del caudal de los ríos como de las precipitaciones, produciendo un gradiente de densidad muy costero y superficial que podría afectar ya sea a los cardúmenes desovantes o la propia distribución de huevos.

Cubillos (1999) propuso un modelo que recoge la importancia del proceso de convergencia costera para retener y/o concentrar huevos y larvas en el sector más costero en interacción con la topografía submarina y el aporte de aguas continentales. Las condiciones hidrográficas que favorecen la concentración de huevos y larvas en la costa son debidas a diferencias en gradientes de densidad entre el estrato superficial y subsuperficial de la columna de agua, particularmente en sectores donde la plataforma continental es amplia, en interacción con el aporte de aguas continentales, el flujo hacia el sur subsuperficial de las aguas ecuatoriales subsuperficiales y el predominio de vientos del cuadrante norte. Este modelo se representa esquemáticamente en la Figura 45 para sectores donde la plataforma es relativamente amplia. De particular interés son aquellas zonas donde las masas de agua confluyen, incluyendo los frentes asociados con flujos de aguas continentales, los cuales representan zonas de convergencias que podrían servir para concentrar la distribución de partículas. Ciertamente, las aguas superficiales que se dirigen hacia la costa inducidas por los vientos del cuadrante norte, facilitarían la retención de huevos y larvas dentro del hábitat de plataforma (ver también Bakun y Parrish, 1991).

para esta especie respecto del diseño 2002, determinando una subestimación de la producción diaria de huevos y, por ende, de la biomasa del stock desovante. El problema de la baja abundancia de huevos no radica en el diseño de muestreo, sino más bien en el estado de situación del stock. Las evaluaciones acústicas de biomasa total que se han realizado acusan una tendencia decreciente de la biomasa de sardina común desde el 2002 al 2004 en la zona centro-sur. Similar tendencia se observa en la captura por unidad de esfuerzo, tanto industrial como artesanal (Canales, com. pers.). Se destaca que la biomasa que recluta a comienzos de año es rápidamente disminuida por mortalidad natural y por la alta intensidad de pesca que se desarrolla particularmente sobre la fracción juvenil del stock durante el primer semestre de cada año. En consecuencia, la biomasa de sardina común es menor en la época invernal (ver Cubillos et al., 2002).

Es probable que la dinámica reproductiva de los adultos desovantes no se vea alterada en forma significativa con la disminución de la biomasa del stock, pero la fecundidad específica diaria de sardina común se incrementó respecto del 2002 y 2003. A su vez, es probable que ocurra un cambio en el tamaño de los parches y agregaciones de los huevos y, por ende, su detectabilidad. Sin embargo, la menor producción total de huevos observada durante el 2004 se debe exclusivamente a la menor abundancia de desovantes de sardina común.

Desde el punto de vista del muestreo de adultos, se considera que el número de lances con los que se han determinado los parámetros reproductivos son suficientes e informativos en el caso de la sardina común (N. Lo, com. pers.) y anchoveta. La fecundidad parcial de sardina común ha sido similar en los últimos tres años, y también la fecundidad relativa: 433,5 (2002), 534,7 (2003) y 461,4 (2004). La frecuencia diaria de hembras desovantes más baja ocurrió el 2003 con 0,08. Sin embargo, ésta fue similar entre el 2002 y 2004. A su vez, la proporción de hembras ha sido similar, mientras que el peso promedio de las hembras maduras presentó una disminución respecto del 2002. No obstante, en el 2004 se observó un incremento en la fecundidad específica diaria probablemente como consecuencia de la disminución del peso promedio (factor que queda en el denominador). A pesar de ello, la dinámica reproductiva de los adultos desovantes de sardina común se observan consistentes y dentro del rango esperado para una condición de máxima actividad reproductiva. En consecuencia, la baja producción diaria de huevos realizada y observada en el 2004 es consecuencia de la baja abundancia del stock desovante y no debida a cambios que puedan ser atribuidos a la condición reproductiva de los adultos.

11 Conclusiones

De acuerdo con los resultados esperados para este proyecto, se concluye que:

a) La producción diaria de huevos fue estimada en 12,2 huevos/0,05 m²/día para la anchoveta (CV = 43,9 %) y 2,5 huevos/0,05 m²/día para la sardina común (CV = 30%). Las estimaciones de producción diaria de huevos utilizando regresión no-lineal ponderada por el inverso de la varianza afecta a la tasa de mortalidad y, a pesar que produce un incremento marginal en la precisión de los estimados, tiende a sub-estimar la importancia de la abundancia más alta de las cohortes o núcleos de huevos observados. Un método alternativo para mejorar la precisión de los estimados es utilizar la producción de las larvas con saco vitelino, tal y como se demuestra en este estudio. Sin embargo, antes de utilizar tales estimados, es necesario investigar la consistencia interanual en los estimados de tal aproximación.

b) La fracción diaria de hembras desovantes se estimó utilizando la hembras con folículos postovulatorios de día 1 y 2, siendo en la sardina común de 13,7 % (CV = 12,4 %) y de 20,0% (CV = 6,8%) en la anchoveta. Durante el periodo de evaluación, las hembras de ambas especies se encontraban reproductivamente activas. En la anchoveta el 43,5% se encontró madura (ovocitos vitelados) y 41,7% en actividad reproductiva ya sea en desove, desove reciente, o desovadas. Similar situación se observó en la sardina común con 40% de las hembras maduras y 45% en actividad de desove.

c) La fecundidad parcial en ambas especies se relacionó linealmente en función del peso corporal a partir de 63 hembras hidratadas de sardina común, y 68 hembras de anchoveta. La fecundidad media poblacional estimada fue de 7.244 ovocitos (CV = 8,2%) en la sardina común y de 7.117 ovocitos (CV=4,7%) en la anchoveta.

d) La proporción de hembras en peso fue de 50 % en sardina común (CV = 5,4 %), y el peso promedio de las hembras maduras fue de 15,7 g (CV = 7,68%). En la anchoveta, la proporción de hembras fue de 32% (CV = 6,0%), y el peso promedio de 19,3 g (CV = 4,1%).

e) El área de desove fue más extenso en la anchoveta que en la sardina común, con 34,3 % y 13,9 % del área total de estudio (26969 km², incluyendo la zona norte). El área de estudio representada por los sectores centro (34°30'S-37°10'S) y sur (38°S-41°30'S) fue e 24.270 km², al interior de la cual el área de desove de anchoveta fue de 9.270 km² y el de sardina común de 3.764 km².

f) La biomasa desovante de anchoveta fue evaluada en en 95.721 t (CV = 45,4%), y la biomasa desovante de sardina común en 5.916 t (CV = 33,2 %). La situación del stock de sardina común se encuentra seriamente disminuida, lo que es consistente con la tendencia a disminuir observada a partir de comienzos de 2002 a través de las evaluaciones acústicas de biomasa total.

12 REFERENCIAS

- Alheit, J. 1985. Spawning frequency of Peruvian anchovies taken with a purse seine. 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: 59-61.
- 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.
- Arcos, D. 1987. Seasonal and short time scale variability in copepod abundance and species composition in an upwelling area off Concepción coast, Chile. Ph.D. Thesis Dissertation, State University of New York, Stony Brook, 203 pp.
- Arcos, D.F., S.P. Núñez, L. Castro & N. Navarro. 1987. Variabilidad vertical de clorofila a en un área de surgencia frente a Chile central. *Invest. Pesq. (Chile)*, 34:47-55.
- Ayon, P., Buitron, B. 1997. Estimación de la biomasa desovante del stock norte-centro de la anchoveta por el método de la producción de huevos, durante el invierno de 1996. In: *Crucero de la biomasa desovante de la anchoveta, BIC Humboldt 9608-09*. IMARPE, CEE-VECEP ALA 92/43. Informe N° 123, p. 13-19.
- Bakun, A., 1996. *Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics*. University of California Sea Grant, UCSD, San Diego, CA and Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, La Paz, Baja California, 323 p.
- Bakun, A. & R.H. Parrish. 1990. Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the Brazilian sardine (*Sardinella aurita*). *J. Cons. int. Explor. Mer*, 46:269-283.
- Bernal, C. et al. 2004. Preinforme final Proyecto FIP 2003-06 Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones. Fondo de Investigación Pesquera 8en ejecución).
- Blaxter, J.H.S., Hunter, J.S. 1982. The biology of the clupeoid fishes. *Adv. Mar. Biol.* 20, 201-223.
- Cáceres, M. 1992. Vórtices y filamentos observados en imágenes de satélite frente al área de surgencia de Talcahuano, Chile central. *Invest. Pesq. (Chile)*, 37:55-66.
- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Catasti, V., 2000. Evaluación de la biomasa y distribución espacial de anchoveta y sardina común. Primavera 1999. En: FIP 99-13 Evaluación acústica del

- reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. Informes Técnicos FIP – IT/99-13, 138 p.
- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Catasti, V., 2001. Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2000. Informe Final FIP 2000-09. Informes Técnicos FIP – IT/2000-09, 151 p.
- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Saavedra, A. Catasti, V., Núñez, S., Ortiz, J., Barría, P. Arraigada, G., Braun, M., Galindo, G. 2002a. Evaluación Hidroacústica del stock desovante de anchoveta y sardina común, Centro-Sur, 2001 Proyecto FIP N° 2001-14
- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Saavedra, A. Catasti, V., Núñez, S., Ortiz, J., Barría, P. Arraigada, G., Braun, M., Galindo, G. 2002b. Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común, centro-Sur, 2001-2002 Proyecto FIP N° 2001-13.
- Castillos, J., Saavedra, A., Gávez, P., Barría, P., Espejo, M., Barbieri, M.A.. 2004. Evaluación acústica biomasa, abundancia, distribución espacial y caracterización de cardúmenes. En: Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2003. Preinforme final FIP 2003-08.
- Castro, L., R.Roa, D.Figueroa, H.Arancibia, M. Sobarzo, R.Quiñones & M Retamal. 1997. Áreas de desove de anchoveta y sardina común. Proyecto FIP 96-11. Áreas de desove de la anchoveta y sardina común en Chile central. Universidad de Concepción. Chile.
- Castro, L.R., Hernández, E.H., 2000. Early life survival of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile during the 1995 and 1996 winter spawning seasons. Trans. Amer. Fish. Soc. 129, 1107-1117.
- Castro LR, Salinas GR, Hernández EH (2000) Environmental influences on winter spawning of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile. Marine Ecology Progress Series 197: 247-258.
- Checkley, D.M., Jr., R.C. Dotson, D.A. Griffith. 2000. Continuous, underway sampling of eggs of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) and northern anchovy (*Engraulis mordax*) in spring 1996 and 1997 off southern and central California. Deep-Sea Research II 47, 1139-1155.
- Claramunt, G., Herrera, G., Pizarro, P., Pizarro, J., Escribano, E., Oliva, M., Olivares, A., Guerra, C., Zuleta, A. 1997. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de la producción de huevos en la I y II Regiones. Informe Final FIP 96-01. Informes Técnicos FIP – IT/96-01, 75 p.

- Claramunt, G., 1999. Número de desoves, producción de huevos y reclutamiento en *Sardinops sagax* del norte de Chile, entre 1974 y 1996. Tesis Magister en Ciencias mención Pesquerías, Escuela de Graduados, Universidad de Concepción, 65 pp.
- Cochran, W.G. 1980. Técnicas de muestreo. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. México.
- Conan, G.Y. (1985) Assessment of shellfish stocks by geostatistical techniques. ICES C.M., 30 (mimeo). Cressie, N.A.C. 1993. Statistics for spatial data. John Wiley & Sons. New York. 900 p.
- Cressie, N. A. C. 1993. Statistics for spatial data. John Wiley and Sons. NY, 900 p.
- Cubillos, L., Arancibia, H., 1993. On the seasonal growth of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off Talcahuano, Chile. Rev. Biol. Mar. (Valparaíso) 28(1), 43-49.
- Cubillos, L., 1999. Estrategia reproductiva, crecimiento y reclutamiento de *Strangomera bentincki* (Norman, 1936) en el sistema de la zona centro-sur de Chile. Tesis Magister en Ciencias (Oceanografía), Escuela de Graduados, Universidad de Concepción, 180 p.
- Cubillos, L., Canales, M., Hernández, A., Bucarey, D., Vilugrón, L., Miranda, L., 1998. Poder de pesca, esfuerzo de pesca y cambios estacionales e interanuales en la abundancia relativa de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el área frente a Talcahuano, Chile (1990-97). Invest. Mar. Valparaíso, 26:3-14.
- Cubillos, L., Canales, M., Bucarey, D., Rojas, A., Alarcón, R., 1999. Época reproductiva y talla media de primera madurez sexual de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en la zona centro-sur de Chile en el período 1993-1997. Invest. Mar. Valparaíso 27, 73-86.
- Cubillos, L.A., Arcos, D.F., Canales, M., Bucarey, D., 2001. Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano (37°S-73°W), Chile: a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling? Aquat. Living Resour. 14, 115-124.
- Cubillos, L.A., Arcos, D.F. 2002. Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) in the 1990s, and impact of the 1997-98 El Niño. Aquatic Living Resources 15:87-94.
- Cubillos, L. et al. 2003a. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2002. Informe Final FIP 2002-14, 127 p.
- Deutsch, C.V., and Journel, A.G. (1998) GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide. 2nd Ed. Oxford University Press, New York. 369 pp. Diggle PJ, Ribeiro PJ, Christensen OF. 2003. An

- introduction to model-based geostatistics. In J. Moller (Ed.), *Spatial Statistics and Computational Methods*, vol. 173, Lecture Notes in Statistics, Springer.
- Dickerson, T.L., Macewicz, B.J., Hunter, J.R. 1992. Spawning frequency and batch fecundity of chub mackerel, *Scomber japonicus*, during 1985. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, 33:130-140.
- Einarsson, H., Rojas, B. 1963. Descripción de huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringes* J.). *Boletín del Instituto del Mar del Perú, Callao*, 1(1):1-23.
- Englund, E., and A. Sparks (1988) *Geo-EAS (geostatistical environmental assessment software) user's guide*. U.S. Environmental Protection Agency, Las Vegas, Nev.
- Fischer, W. 1958. Huevos, crías y primeras prelarvas de la anchoveta (*Engraulis ringens*), Jenyns. *Revistas de Biología Marina, Valparaíso*, 8(1, 2, y 3):111-124.
- Herrera, G., E. Tarifeño, M.C. Orellana. 1987. Descripción de huevos y primeras fases larvales de la sardina común (*Strangomera bentincki*) y del machuelo (*Ethmidium maculatum*). *Biología Pesquera* 16:107-113.
- Hunter, J. R. and B. J. Macewicz. 1985. Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin: Vol 83 N° 2*. 119-136.
- Hunter, J. R. and S. R. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish Bull., U.S.* 77: 641-652.
- Hunter, J. R., N. C. H. Lo and R. J. H. 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*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 67 - 77.
- Hunter, J., Lo, N.C.-H. 1997. The daily egg production method of biomass estimation: some problems and potential improvements. *Oceanografika* 2, 41-69.
- Hunter, J., Lo, N.C.-H., 1993. Ichthyoplankton methods for estimating fish biomass introduction and terminology. *Bulletin of Marine Science* 53, 723-727.
- 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: 63-66.

- Isaaks, E.H., and R.M. Srivastava (1989) An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York. 561 pp.
- Journel, A.G., and C.J. Huijbregts (1978) Mining geostatistics. Academic Press, London.
- Lasker, R. (ed.) 1985 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.
- Llanos, A. y L. Castro. 2003. Determinación de edad en larvas en fase saco vitelino de *Engraulis ringens*. Actas XXIII Congreso Ciencias del Mar. Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.
- Lo, N. C. H. 1985. A model for temperature-dependent northern anchovy egg development. 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: 43-50.
- Lo, N.C.H, J.R. Hunter y R. Carter. 2001. Use of a continuous egg sampler for ichthyoplankton surveys: application to the estimation of daily egg production of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) off California. Fish. Bull. 99: 554-571.
- Macewicz, B. and R. Hunter. 1993. Spawning frequency and batch fecundity of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. CalCOFI Rep., Vol. 34. 112-121.
- Maravelias, C.D., D.G. Reid, E.J. Simmonds, and J. Haralabous (1996) Spatial analysis and mapping of acoustic survey data in the presence of high local variability: geostatistical application to North Sea herring (*Clupea harengus*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 53: 1497-1505.
- Moser, H. G. and E. H. Ahlstrom. 1985. Staging anchovy eggs. 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: 37-41.
- Oliva, J., Braun, M., Cordova, Castillo, J., Valenzuela, V., Catasti, V., Blanco, J., Martínez, C., 2000. Evaluación del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones, 1999. Informe Final FIP 99-10, Informes Técnicos FIP – IT / 99-10, 97 p.
- Oliva, J., Montenegro, C., Braun, M., Rojas, O., Díaz, E., Catasti, V., Reyes, H., Barría, P., Serra, R., Claramunt, G., Herrera, G., Pizarro, P., Pizarro, J., Escribano, R., Oliva, M., 2001. Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2000. Informe Final FIP 2000-06, Informes Técnicos FIP – IT /2000-06, 116 p.

- Oliva, J., Montenegro, C., Braun, M., Rojas, O., Reyes, H., Catasti, V., Díaz, E., Barría, P., Serra, R., Baros, V., Vargas, A., Claramunt, C., Herrera, G., Pizarro, P., Pizarro, J., Muñoz, Y., Escribano, R., y M. Oliva. 2002. Evaluación del stock desovante de la anchoveta por el método de la producción diaria de huevos en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP 2001-10, Informes Técnicos FIP – IT/2001-10, 86 p.
- Pelletier, D. y A.M. Parma. 1994. Spatial distribution of Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*): An application of geostatistics to longline survey data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 1506-1518.
- Perry, R. I., y S. J. Smith. 1994. Identifying habitat associations of marine fishes using survey data: an application to the northwest Atlantic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 589-602.
- Petitgas, P. (1996) Geostatistics and their applications to fisheries survey data. *In* Megrey, A., and E. Moskness (Eds.) *Computers in Fisheries Research*. Chapman & Hall, London. pp. 113-142
- Picquelle, S., 1985. Sampling requirements for the adult fish survey. *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, 55-57.
- Picquelle, S.J. and 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**. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 7-15.
- Riquelme, K., Cubillos, L., Ruiz, P., Castro, L., y A. Llanos. 2004. Nuevas estimaciones de la producción diaria de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, de la zona centro-sur en invierno de 2002, incluyendo larvas con saco vitelino. XXIV Congreso de Ciencias del Mar, Coquimbo, 17-20 de Mayo 2004.
- Ribeiro Jr, P.J, Diggle, P.J. 2001. geoR. A package for geostatistical analysis. *R-New Vol. 1, No 2.*, ISSN 1609-3631.
- Roa, R., and F. Tapia (2000) Cohorts in space: geostatistical mapping of the age structure of the squat lobster (*Pleuroncodes monodon*) population off central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 196:239-251.
- Santander, H., J. Alheit and 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.

- Seber, G. H.F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Hafner Press, N.Y., 506 p.
- Selman, K. and R. Wallace. 1989. Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. *Zoological Science*. 6:211-231.
- Sepúlveda, A., más 14 autores (2000). Antecedentes biológicos del stock desovante de anchoveta y sardina común de la V a IX Regiones. Informe Final FIP 97-04. Informes Técnicos FIP – IT/97-04, 199 p.
- Smith, P. E.; W. Flerx and R. P. Hewitt. 1985. The CalCOFI vertical egg tow (CalVET) net. **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: 27-32.
- Smith, P.E., Hewitt, R.P. 1985. Sea survey design and analysis for an egg production method of anchovy biomass assessment. **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: 17-26.
- Somarakis, S., Koutsikopoulos, C., Machias, A., Tsimenides, N.. 2002. Applying the daily egg production method (DEPM) to small stock in highly heterogeneous seas. *Fisheries Research* 55, 193-204.
- Somarakis, S., Palomera, I., García, A., Quintanilla, L., Koutsikopoulos, C., Uriarte, A., Motos, L. 2004. Daily egg production of anchovy in European waters. *ICES Journal of Marine Science*, 61:944-958.
- Somarakis, S., Tsimenides, N. 1997. A daily egg production method biomass estimate of the northern aegean sea anchovy stock. *Ozeanografika* 2, 133-148.
- Stauffer, G. D. and 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 - 80-09*, 41 p.
- Wallace, R. and K. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.* 21:325-343.
- Yáñez, E., Barbieri, M.A., Santillán, L., 1992. Long-term environmental variability and pelagic fisheries in Talcahuano, Chile. **In:** Payne, A.I., Brink, L., Mann, K.H., Hilborn, R. (Eds.), *Benguela Trophic Functioning*. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 12, 175-188.

13 ANEXOS

13.1. Taller de Discusión de Resultados

Presentación

Los días 12, 13 y 14 de enero de 2005, se desarrolló el Taller de Discusión de Resultados del Proyecto FIP 2004-03, con el objeto de analizar la aplicación del método de producción diaria de huevos en anchoveta y sardina común en el 2004.

El taller se desarrollo en dos etapas, la primera de ellas consistió de dos días de trabajo en las que participó directamente el grupo profesional y técnico con los expertos internacionales Dra. Nancy Lo (SWFSC, EE.UU.) y Dr. Andrés Uriarte (AZTI, España) con el objeto de auditar y revisar los procedimientos metodológicos involucrados en la obtención de cada uno de los resultados. La segunda etapa consistió en una reunión tipo seminario en la que se expuso a una audiencia ampliada los principales resultados del proyecto, discutiéndose las implicancias y la redacción de las recomendaciones y sugerencias para futuras aplicaciones del MPDH a los pelágicos pequeños de la zona centro-sur de Chile.

Participantes

- Nancy Lo, Southwest Fisheries Science Center, PO Box 271, La Jolla, CA 92038-0271, USA, E-mail: Nancy.Lo@noaa.gov
- Andrés Uriarte, Departamento Recursos Pesqueros, Fundación AZTI, Instituto Tecnológico Pesquero y Alimentario, Herrera Kaia, Portual de z/g, 20110 PASAIA, E-mail: auriarte@pas.azti.es
- Luis Cubillos, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, E-mail: lucubillos@udec.cl
- Ciro Oyarzún, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, E-mail: coyarzun@udec.cl
- Leonardo Castro, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, E-mail: lecastro@udec.cl
- Gabriel Claramunt, Departamento de Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Iquique, E-mail: gclaramu@cec.unap.cl
- Santiago Gacitúa, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, E-mail: sgacitua@udec.cl
- Gustavo Aedo, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, E-mail: gaedo@udec.cl
- Carolina Alarcón, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción.
- Katty Riquelme, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción.
- Milton Pedraza, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción.
- Claudio Castillo, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción.
- Paola Moreno, Departamento de Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Iquique.

- Samuel Soto, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción.
- Elson Leal, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción.
- Aquiles Sepúlveda, Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Talcahuano, E-mail: asepulveda@inpesca.cl
- Patricia Ruiz, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, E-mail: pruiz@inpesca.cl
- Sergio Núñez, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, E-mail: snunez@inpesca.cl
- Mariela Canales, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Chile, E-mail: mcanales@ifop.cl
- José Acevedo, Subsecretaría de Pesca, Valparaíso, Chile, E-mail: jacevedo@subpesca.cl

Agenda de Trabajo

Miércoles, 12 de enero de 2005

10:00 - 10:30 Revisión de la aplicación del MPDH 2002, 2003 y recomendaciones de Talleres previos.

Expositor L Cubillos

10:30 - 11:30 Aspectos Metodológicos: Diseño y Aplicación del Método de Producción Diaria de Huevos año 2004

Expositor L Cubillos

11:30 - 12:00 Café, Discusión y recomendaciones

13:00 - 14:00 Receso

15:00 - 15:30 Distribución espacial del desove de sardina y anchoveta, 2004

Expositor L. Castro

15:30 - 16:30 Café, Discusión y recomendaciones

Jueves, 13 de enero de 2004

10:00 - 10:30 Estado de avance aspectos reproductivos sardina común, 2004

Expositor C. Oyarzún

10:30 - 11:00 Estado de avance aspectos reproductivos anchoveta, 2004

Expositor G. Claramunt o L. Cubillos

11:00 - 12:00 Café, Discusión y recomendaciones

13:00 - 14:00 Receso

15:00 - 15:30 Producción diaria, mortalidad, y biomasa desovante

Expositor L Cubillos

15:30 - 16:30 Café, Discusión y recomendaciones

Viernes, 14 de enero 2005

- 10:00 - 10:30 Presentación del Proyecto FIP 2004-03
Expositor L. Cubillos
- 10:30 - 11:00 Distribución espacial del desove de sardina y anchoveta, 2004
Expositor L. Castro
- 11:00 - 11:30 Café
- 11:30 - 12:00 Parámetros reproductivos de sardina común, 2004
Expositor C. Oyarzún
- 13:00 - 14:00 Almuerzo
- 15:00 - 15:30 Parámetros reproductivos de anchoveta, 2004
Expositor G. Claramunt
- 15:30 - 16:00 Producción diaria de huevos y biomasa desovante, 2004
Expositor L. Cubillos
- 16:00 - 16:30 Café
- 16:30 - 17:30 Discusión ampliada de resultados
Intervención Dr. Nancy Lo (10 min)
Intervención Dr. Andrés Uriarte (10 min)
- 17:30 – 18:00 Conclusiones y clausura

Recomendaciones del Taller

a) Sobre el diseño de muestreo y área de estudio:

Ante la ausencia de huevos de ambas especies en el sector norte del área de estudio, se recomienda mantener el muestreo de esta área durante el 2005, con un menor esfuerzo de muestreo. Posteriormente se deberá evaluar la pertinencia de mantener la presencia de esta área como parte del área de desove de sardina común y anchoveta del sector centro-sur de Chile.

Se recomienda mantener la extensión longitudinal de las transectas en las zonas central y sur del área de estudio, hasta el quiebre de la plataforma continental (200 m), ya que ha permitido cubrir el área de desove. Sin embargo, para asegurar un mejor límite del área se sugiere agregar 2 estaciones adicionales (8 millas) en la zona sur, particularmente en las inmediaciones de la Isla Mocha (38°32' a 38°48' latitud sur). Con respecto al rango latitudinal, se sugiere que se mantenga los límites 2004.

Con respecto a la distribución de transectas y estaciones, se encuentran bien aplicados y se sugieren mantener para las futuras aplicaciones, ya que se debe asegurar que cada muestra sea independiente de los patrones de agregación de los parches de huevos. El rango de los variogramas obtenidos 2002 es un buen punto de partida para evitar la autocorrelación espacial.

Se recomienda seguir con la información complementaria a través del muestreo oblicuo con redes Bongo para la obtención de larvas, que permiten contar con una mejor base explicativa respecto de la producción

diaria de huevos, distribución espacial de desove y área de crecimiento larval de ambas especies en estudio.

Incorporar el uso de información ambiental complementaria que sirva de base de explicación para la distribución espacial de huevos de ambas especies en el área de estudio, por ejemplo el efecto de aguas continentales, específicamente, el efecto que produce los afluentes provenientes del Río Itata, Biobío, Imperial y Valdivia, producido por la pluviosidad durante el periodo de realización del crucero.

b) Sobre la estimación de la producción de huevos:

Los algoritmos y criterios para estimar la producción diaria de huevos según el método convencional están claramente establecidos y perfectamente aplicados. Con la información de los tres años que se tiene se recomienda revisar la hora de puesta o bien analizar la sincronía de puesta de huevos.

Se recomienda analizar la factibilidad de determinar la producción diaria de huevos incorporando co-variables y factores fijos con técnicas modernas (Modelos GAM), y llevar la producción diaria de huevos al espacio. Es decir, no colapsar la información espacial para determinar la P_0 y Z .

La obtención de P_0 para cada región independientemente es adecuada considerando las diferencias en la abundancia total de huevos, según la estratificación contemplada (zona centro y sur). El estimado total y su varianza deben contemplar las diferencias en las áreas de desove a través de un promedio ponderado por el tamaño del área de desove de cada estrato geográfico. Sin embargo, se podrían obtener estimados independientes de biomasa para cada región.

c) Sobre el muestreo de adultos:

Se recomienda mejorar el muestreo diseñado, en cuanto a la distribución de los lances de pesca, cubriendo zonas no visitadas, específicamente la Isla Mocha y Pta. Lavapie al sur. El muestreo de adultos contemplado, visita solo sectores cercanos a los puertos importantes, es decir, la zona centro implica el área frente a Talcahuano, mientras que el sector sur implica el área frente a Corral. Esto se debe a que las embarcaciones artesanales utilizadas para este objetivo no cumplen los requisitos mínimos de autonomía para visitar zonas tan alejadas de los puertos bases. Por lo tanto, se recomienda implementar y utilizar una nave industrial, que cumpla con los objetivos propuestos. La idea principal es que el muestreo de adultos también cubra zonas más alejadas, por fuera de las 5 millas náuticas de la zona de desove en futuras aplicaciones del MPDH.

En relación al punto anterior, es de gran importancia considerar una nave industrial para el muestreo, ya que por el tipo de operación de la flota artesanal, puede existir una fracción poblacional que no es adecuadamente muestreada, lo que lleva a formular, si la flota pesquera artesanal es un muestreador de la población reproductiva o solo de la fracción vulnerable.

Verificar si existe un efecto de sobremuestreo de algunos estadios de madurez (ej. Hidratadas). Si no es así, se tiene más información de la que se está utilizando para estimar la fracción diaria de hembras desovantes. Para ello, se recomienda que en futuras aplicaciones se realice un muestreo de hembras en lo posible a lo largo de todo el ciclo diario (24 horas).

e) Sobre el monitoreo de huevos

Según la sobre-oferta de 2004, se presenta un monitoreo quincenal de abundancia de huevos de anchoveta y sardina común para el sector central y se recomienda realizar en futuras aplicaciones, un monitoreo de huevos de en la zona sur, ya que en la zona sur se observaron los mayores focos de abundancia de huevos.

f) Sobre el monitoreo reproductivo de adultos

Se recomienda mejorar el monitoreo reproductivo, es decir, la recolección de muestras que sean significativas y representativas de la población que se encuentra en el rango de distribución del área de desove.

Se recomienda y considera importante tomar una muestra representativa de n hembras a partir de varios lances de pesca, más que el total de la muestra de un solo lance, ya que en este último caso la condición reproductiva es representativa de un solo cardumen.

Se recomienda elaborar un proyecto complementario que permita analizar la dinámica reproductiva de anchoveta y sardina común en un ciclo anual completo, en el cual se compare la zona centro con la sur. Tal estudio debería analizar cambios estacionales en la fecundidad, fracción diaria de hembras desovantes, IGS, tamaño de los ovocitos, e influencia del tamaño de las hembras.

Intervención de la Dra. Nancy Lo

Recommendations:

Survey design

1. **The 2004 survey design is a good one:** The information from Variograms was used to decide the distance between stations and between transects. A small number of samples taken in the northern area. Again, zero sardine and anchovy eggs were caught, and thus no sufficient evidence to show any spawning there. The weakness is the limitation of commercial vessels.
2. **Obtain research vessel time** to conduct both ichthyoplankton and trawl surveys during the same time period and same area. (In 2003, Adult samples were taken 3 weeks prior to egg samples, which was not so good.). If it is possible, take trawls in the night time.
3. **Need vessels to go further offshore.** In all three years, some transects did not reach the boundary of spawning area because they had all positive tows for either anchovy and sardines. Thus egg production rates may be underestimated. Trawl samples need to be taken offshore area.

Sardine

P0

1. **The total egg production has been decreasing from 2002.** The total egg production in 2004 is only 5% of that in 2002 where total egg production = $p_0/0.05 * \text{area of A1}$. In 2002 and 2003, for the central area, total p_0 was reduced from 1.1 to **0.023** (10^{12}). In the southern area, total p_0 was reduced from 3.2 to 0.18 (10^{12}).
2. **P0 for the low density area.** The current procedure is $p_{0,2} = q p_{0,1}$ where $q = x_c/x_s$. The cv of q from bootstrapping method seems to be large. Another option is to obtain p_0 from mortality curve based on estimate of z from all egg data.

Adult parameters

1. **Match the samples of adult parameters and those of eggs,** in particular for the year of 2003. The sampling time for the egg samples and adult samples were not matched in 2003 for both central and southern areas. Some egg samples were taken in late September to late Oct while adult samples were taken in late August. According to 2004 adult samples, the spawning fractions were lower in Sept-Oct than August. Therefore the spawning fraction of 0.08 maybe is too high for the egg samples taken after August in 2003. In the central area, some egg samples were taken from Oct 17-24, while

adult samples were taken from Aug 21-29. In the southern area, adult samples were taken from Aug 23-Sept 2, while egg samples were taken from Sept 23 – Oct 4.

The peak spawning time in central and southern areas: In 2004, the figures of spawning fraction and dates of sampling show that in central area, spawning was pretty even from Aug21-Sep 23 whereas in the southern area, spawning peaks at Aug 21 and Aug 26 and decreased to a low level on Aug 31 and Sept 10. The monitoring program may be useful to ascertain the distribution of spawning through time.

2. **Adult samples came from near shore fishing vessels.** In order to verify whether the adult samples are representative of the whole population, samples of adults should be taken off shore area . The comparison of size distribution to those near shore samples and from commercial catches is necessary.
3. **POF.** In the past three year, the average of Day 1 and Day 2 was used to estimate the spawning fraction and %Day 2 > %Day 1. If the trend continues, close examination of Day 2 is needed. Females with Day 1 POF is considered to be the least biased estimate of the spawning fraction.
4. **The daily specific fecundity :** RSF/W is informative for comparison among years. For 2004, it was 31.2 eggs/gram/day. How is this value different from 2002 and 2003?

Spawning biomass

1. Due to the apparent difference in the egg production rates and the spawning fraction between the central and southern area (0.11 and 0.17) in 2004, and maybe in other two years , it would be **desirable to obtain estimates of the spawning biomass for each region.**
2. **The fact that the annual catch (300,000 mt) > the point estimate of spawning biomass of 5000 mt is not unusual.** The total catch is cumulative and the spawning biomass is based on daily rate of egg production and daily specific fecundity rate. For 300,000 mt annual catch, the mean daily catch is 822mt <5000mt. The mean monthly catch is 24657mt.

Anchovy: Yolk-sac larval density should be measured in the same survey area. Y-s larval daily production = y-s larvae/duration in days.

14 HORAS HOMBRE DEL EQUIPO DE TRABAJO

Nombre	MESES						Total
	1	2	3	4	5	6	
Luis Cubillos S.	40	40	39	38	38	38	233
Ciro Oyarzún G.	20	48	22	30	28	52	200
Billy Ernst E.	0	25	25	25	40	35	150
Leonardo Castro C.	30	30	30	30	30	30	180
N.N. Analista integrado	25	0	0	30	30	30	115
Santiago Gacitúa B.	10	55	35	35	45	33	213
Gustavo Aedo U.	0	55	35	35	45	40	210
Paola González K.	0	40	47	47	39	0	173
Ivan Veas F.	0	0	30	20	0	0	50
Cristina Krautz	30	30	30	20	20	0	130
Alejandra Llanos	0	30	30	30	0	0	90
Sebastian Vasquez	0	0	45	45	0	0	90
Elson Leal F.	0	0	30	30	30	0	90
Ricardo Chong F.	0	0	30	30	30	0	90
Katty Riquelme C.	40	45	45	45	45	45	265
Samuel Soto	0	0	45	45	0	0	90
Cristian Valero	0	200	25	25	25	0	275
Milton Pedraza G.	0	200	25	25	25	0	275
Carolina Alarcón M.	0	200	25	25	25	0	275
Claudio Castillo J.	0	200	25	25	25	0	275
Adolfo Meza	0	240	0	0	0	0	240
Germán Vásquez	0	240	0	0	0	0	240
Robinson Carrasco	0	240	0	0	0	0	240
Pablo Ortiz	0	240	0	0	0	0	240
Ulises Mella	0	240	0	0	0	0	240
Cristian Valenzuela	0	240	0	0	0	0	240
N.N. Secretaria	0	10	0	0	20	20	50
	195	2648	618	635	540	323	4959

15 Base de Datos FIP 2004-03

La base de datos que contiene toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del Proyecto FIP 2004-03 “Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2004”, se encuentra almacenada en los Discos Compactos adjuntos, según la siguiente descripción:

FIP2004-03 CD-1: Compact disc autoejectable a un archivo de impertexto que contiene una descripción de las actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto, con acceso a: Resumen Ejecutivo, Informe Final, Personal Participante, Taller de Trabajo, Imágenes, y enlaces a la base de datos. Este archivo contiene el material audiovisual requerido por las bases especiales.

FIP2004-03 CD-2: Compact disc conteniendo solamente la base de datos, según lo solicitado en las bases administrativas y especiales, con la siguiente estructura y descripción de los archivos:

COD_PROYECT	RUTA	ARCH	DESCRIPCIO
FIP2004-03	D:\FIPDATA\2004-03\	Descriptor_Adulanch.xls	Identificación de los nombres de los campos
		Descriptor_Adulsard.xls	Identificación de los nombres de los campos
		Descriptor_Frecanch.xls	Identificación de los nombres de los campos
		Descriptor_Frecsard.xls	Identificación de los nombres de los campos
		Descriptor_Fecanch.xls	Identificación de los nombres de los campos
		Descriptor_Fecsard.xls	Identificación de los nombres de los campos
		Descriptor_Huevanch.xls	Identificación de los nombres de los campos
		Descriptor_Huevsard.xls	Identificación de los nombres de los campos
		Descriptor_Psexanch.xls	Identificación de los nombres de los campos
		Descriptor_Psxsard.xls	Identificación de los nombres de los campos
		Descriptor_Oceanog.xls	Identificación de los nombres de los campos

Los archivos conteniendo los datos se encontrarán en formato DBF, según el siguiente detalle:

COD_PROYECT	RUTA	ARCH	DESCRIPCIO
2004-03	D:\FIPDATA\2004-03\	ADULANCH.dbf	Datos biológicos de las muestras de anchoveta: Peso (g), LT (cm), sexo, EMS
		ADULSARD.dbf	Datos biológicos de las muestras de sardina: Peso (g), LT (cm), sexo, EMS
		FRECANCH.dbf	Planilla con la distribución de frecuencia de tallas de anchoveta encontrada en cada lance de pesca
		FRECSARD.dbf	Planilla con la distribución de frecuencia de tallas de sardina encontrada en cada lance de pesca
		FECANCH.dbf	Datos de fecundidad parcial de hembras de anchoveta
		FECSARD.dbf	Datos de fecundidad parcial de hembras de sardina
		HUEVANCH.dbf	Recuento de los estadios de desarrollo de anchoveta identificados en cada lance de plancton
		HUEVSARD.dbf	Recuento de los estadios de desarrollo de sardina identificados en cada lance de plancton
		PSEXSARD.dbf	Datos biológicos de las muestras de sardina empleadas para el cálculo de la proporción sexual
		PSEXANCH.dbf	Datos biológicos de las muestras de anchoveta empleadas para el cálculo de la proporción sexual
		OCEANOG.dbf	Datos de temperatura, salinidad, oxígeno y abundancias de larvas en red bongo

COMPACT DISC
Informe Final & Bases de Datos

