

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

INFORME FINAL

**PROYECTO DEL FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA
N° 2007-06**

**“EVALUACION DEL STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA
Y SARDINA COMUN ENTRE LA V Y X REGIONES, AÑO 2007”**

**DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION**

CONCEPCION, DICIEMBRE 2008

**Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción**

PROYECTO

FIP N° 2007-06
Evaluación del stock desovante de anchoveta y
sardina común entre la V y X Regiones, año 2007

REQUIRENTE

Fondo de Investigación Pesquera
Consejo de Investigación Pesquera

UNIDAD EJECUTORA

Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción

SUBCONTRATO

Departamento de Ciencias del Mar
Universidad Arturo Prat

JEFE PROYECTO

MSc. Luis Cubillos Santander
Departamento de Oceanografía
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Universidad de Concepción
Casilla 160-C, Concepción, Chile
Tel.: 56-41-2207233
Fax: 56-41-2256571
E-mail: lucubillos@udec.cl

• Concepción, Diciembre de 2008 •



**Informe de Avance
Evaluación del Stock Desovante de Anchoqueta y
Sardina común entre la V y X Región, año 2007**

AUTORES

**Luis Cubillos S.
Leonardo Castro C.
Gabriel Claramunt**

• Diciembre de 2008 •

**Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción**

1 Personal participante

PERSONAL PROFESIONAL	FUNCIÓN
Luis Cubillos S.	Jefe Proyecto.
Leonardo Castro	Análisis integrado huevos – oceanografía.
Gabriel Claramunt	Análisis integrado reproducción
Ciro Oyarzún G.	Análisis integrado reproducción.
Claudio Castillo J.	Vigilancia reproductiva.
Milton Pedraza G.	Vigilancia reproductiva.
Carolina Alarcón M.	Vigilancia reproductiva.
María José Zuñiga	Análisis espacial
Samuel Soto M.	Ictioplancton, estadios de huevos, crucero
Alejandra Llanos	Ictioplancton, estadios de huevos.
Gustavo Aedo	Reproducción, sardina común
Santiago Gacitúa	Reproducción, sardina común
Christian Valero	Reproducción sardina común
José Sanchez	Reproducción, anchoveta
Andrés Flores	Reproducción, anchoveta
Técnicos y colaboradores	
Germán Vásquez	Muestreo a bordo.
Roberto Torres	Muestreo de laboratorio.
Cristian Parra G.	Muestreo a bordo.
David Mena	Muestreo a bordo.
Claudio Gayoso	Muestreo a bordo.
Manuel Muñoz	Muestreo a bordo.
Gonzalo Paredes	Muestreo a bordo.
Raúl Lara	Muestreo a bordo.
Ulises Mella	Muestreo a bordo.
Alejandro Yáñez	Muestreo a bordo. Ictioplancton
Christian Valenzuela	Muestreo ictioplancton e hidrografía
Javier Porovic	Muestreo ictioplancton e hidrografía
Marcelo Pavez	Laboratorio ictioplancton
Pamela Barrientos	Laboratorio ictioplancton
Guillermo Herrera	Laboratorio ictioplancton
Daniel Pezo	Muestreo ictioplancton e hidrografía
Sergio Marileo	Muestreo ictioplancton e hidrografía
Victor Aguilera	Muestreo ictioplancton e hidrografía
María Muñoz	Muestreo ictioplancton e hidrografía
Ivan R. Veas	Hidrografía
Claudio Silva	Imágenes satelitales
Katty Riquelme	Producción de huevos
Hernán Rebolledo	Apoyo logístico zona sur
Patricia Ruiz	Apoyo logístico zona sur
Luis Bustos	Apoyo logístico zona sur

2 Resumen ejecutivo

A contar de febrero de 2007, se vigiló la condición reproductiva de las hembras de anchoveta y sardina común en términos de indicadores macroscópicos, como también a través de muestras de ictioplancton obtenidas a partir de junio de 2007. El examen macroscópico reveló que a contar de julio comenzó a observarse una mayor actividad reproductiva en ambas especies, lo que se tradujo en una mayor contribución de hembras en maduración de sardina y anchoveta en la zona centro (Región del Bio-Bio). Se observó un incremento importante en el índice gonadosomático en dicho mes, antes del inicio del crucero de evaluación. En la zona sur (Valdivia), los indicadores reproductivos comenzaron a ser importantes durante septiembre. El seguimiento de la actividad reproductiva macroscópica como microscópica reveló que el crucero se realizó durante la máxima actividad reproductiva de ambas especies. Finalmente, el análisis de la data de ictioplancton obtenida en la serie de tiempo costera entre Bahía Coliumo y la desembocadura del Río Itata señala que las mayores abundancias de huevos de ambas especies habrían ocurrido en esa zona desde mediados de septiembre hasta mediados de noviembre.

Los cruceros de huevos y de adultos se ejecutaron en forma simultánea. El crucero de huevos se desarrolló entre el 28 de agosto y 22 de septiembre 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 ($34^{\circ}29'S$ – $37^{\circ}10'S$), y c) sector sur, entre el sur de Lebu – Bahía San Pedro ($37^{\circ}30'S$ – $40^{\circ}28'S$), a través de un muestreo sistemático sobre una grilla regular de estaciones dispuestas en transectas perpendiculares a la costa, equidistante cada 5 millas náuticas y estaciones separadas cada 4 millas náuticas. El sector norte fue evaluado a bordo de la L/M Aqua Luna (29 – 30 de septiembre), el sector centro fue evaluado a bordo de las L/I Kay Kay (28 agosto – 8 de septiembre), LM Jairo (15 y 16 de septiembre), y el sector sur por la LM Lucas I (31 de agosto – 17 de septiembre). Se evaluó un total de 400 estaciones con red Calvet del tipo Pairovet.

La expresión del desove indicó una mayor abundancia de huevos de anchoveta que de sardina común en dos de los tres estratos geográficos, i.e. la zona centro y sur. En el sector norte (Valparaíso – $34^{\circ}00'S$) no se detectó presencia de huevos de ninguna de las dos especies. En el sector centro, hubo una mayor abundancia de huevos de anchoveta (17,6 huevos/0,05 m²) mientras que la sardina común tuvo una expresión de desove menor (13,9 huevos/0,05 m²). En el sector sur, el desove de ambas especies fue más importante y restringida al sector más costero asociado al interior de la isóbata de 50-100 m, entre los $37^{\circ}30'S$ y $40^{\circ}S$, siendo la densidad de anchoveta de 152,9 huevos/0,05 m², mayor que la sardina común

(94,2 huevos/0,05 m²). Se considera que el crucero abarcó de buena forma el área global de desove de ambas especies, sin embargo algunas estaciones positivas se localizaron en el límite occidental de algunas transectas. Al comparar con el año 2005, hubo una mayor proporción de estaciones positivas para ambas especies y también un mayor número promedio de huevos en las estaciones positivas. Las condiciones hidrográficas señalan una disminución de temperaturas hacia la zona sur (TSM satelital) y, más notoriamente, una disminución de temperatura en toda el área de estudio en comparación con el mismo periodo del 2005.

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 37 lances de pesca en la zona centro, de los cuales 28 fueron de anchoveta y 30 de sardina común. En la zona sur, se obtuvo 64 lances de pesca, con 22 lances de anchoveta y 32 de sardina común. La cobertura geográfica del muestreo de adultos estuvo restringida al interior de las 8 millas, entre Punta Nugurue y el Golfo de Arauco en el sector centro, y entre los 39°32'S – 40°S en el sector sur. Las malas condiciones del tiempo no permitieron desarrollar adecuadamente el crucero de adultos en el sector sur, principalmente para el caso de la anchoveta lo que implicó extender el periodo de muestreo hasta el 23 de septiembre. La composición por talla de los cardúmenes desovantes, reveló una estructura bi-modal en la anchoveta (n = 6295) y unimodal en la sardina común (n = 7421) en toda el área de estudio, con tallas medias de 14,9 cm (anchoveta) y 13,7 cm (sardina común).

Los principales resultados obtenidos fueron los siguientes:

a) En el sector centro, la producción diaria de huevos fue estimada en 46,5 huevos/m²/día para la anchoveta (CV = 34 %) y 36,8 huevos/m²/día para la sardina común (CV = 79%). En el sector sur, la P0 fue de 722 huevos/m²/día para la anchoveta (CV = 32%), y de 431,4 huevos/m²/día para la sardina común (CV = 48%).

b) La fracción diaria de hembras desovantes se estimó utilizando la hembras con folículos postovulatorios de día 1, fluctuando entre 0,21 y 0,27 en la anchoveta; y entre 0,15 y 0,26 en la sardina común.

c) La fecundidad parcial en ambas especies se relacionó linealmente en función del peso corporal a partir de 92 hembras hidratadas de anchoveta, y 109 hembras de sardina común. La relación no fue estadísticamente diferente entre las zonas centro y sur. La fecundidad media poblacional fue estimada entre 8837 y 8903 ovocitos en la anchoveta, y entre 8214 y 9267 ovocitos en la sardina común.

d) La proporción de hembras en peso fue de 50 y 51 % en anchoveta, y el peso promedio de las hembras maduras fluctuó entre 22,7 y 22,8 g. En la sardina común, la proporción de hembras fluctuó entre 51 y 53%, y el peso promedio entre 21,5 y 24,3 g.

e) El área de desove fue más extensa en la anchoveta, con 4692 km² en la zona centro y 7773 km² en la zona sur. En la sardina común, el área de desove fue de 3299 km² en la zona centro y 5696 km² en la zona sur.

f) La biomasa desovante de anchoveta fue evaluada en 181.643 t (CV = 30%), y la biomasa desovante de sardina común en 197.598 t (CV = 46 %). De acuerdo con las evaluaciones pasadas, se puede decir que el stock de sardina común viene saliendo de un periodo de baja abundancia. En el caso de la anchoveta, se observó una disminución de la biomasa desovante respecto del 2005.

3 Índice general

1 PERSONAL PARTICIPANTE.....	1
2 RESUMEN EJECUTIVO.....	3
3 INDICE GENERAL.....	6
4 INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	7
5 OBJETIVO GENERAL.....	12
6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
7 ANTECEDENTES.....	13
8 METODOLOGÍA.....	14
8.1. <i>ÁREA Y PERÍODO DE ESTUDIO.....</i>	<i>14</i>
8.1.1. <i>Crucero de huevos.....</i>	<i>14</i>
8.1.2. <i>Crucero de adultos.....</i>	<i>15</i>
8.1.3. <i>Vigilancia reproductiva.....</i>	<i>15</i>
8.1.4. <i>Monitoreo de ictioplanctónico.....</i>	<i>16</i>
8.2. <i>DISEÑO DE MUESTREO ICTIOPLANCTÓNICO.....</i>	<i>17</i>
8.2.1. <i>Grilla regular y muestreo de huevos con red PAIROVET.....</i>	<i>17</i>
8.2.2. <i>Análisis en el laboratorio.....</i>	<i>19</i>
8.2.3. <i>Muestreo oceanográfico.....</i>	<i>19</i>
8.3. <i>DISEÑO MUESTREO DE ADULTOS DESOVANTES.....</i>	<i>19</i>
8.3.1. <i>Número de lances y tamaño de muestra.....</i>	<i>20</i>
8.3.2. <i>Justificación del número de lances y ejemplares por lance.....</i>	<i>21</i>
8.4. <i>OBJETIVO 1: PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS Y TASA DE MORTALIDAD DIARIA.....</i>	<i>24</i>
8.4.1. <i>Determinación de la edad a los huevos.....</i>	<i>26</i>
8.4.2. <i>Producción diaria de huevos en el área de desove.....</i>	<i>29</i>
8.4.3. <i>Area de estudio y estimación de los límites del crucero.....</i>	<i>30</i>
8.5. <i>OBJETIVO 2: PROPORCIÓN DE ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL MICROSCÓPICOS Y FRACCIÓN DIARIA DE HEMBRAS DESOVANTES.....</i>	<i>32</i>
8.5.1. <i>Folículos postovulatorios.....</i>	<i>32</i>
8.5.2. <i>Fracción diaria de hembras desovantes.....</i>	<i>36</i>
8.6. <i>OBJETIVO 3: FECUNDIDAD PARCIAL Y FECUNDIDAD MEDIA POBLACIONAL.....</i>	<i>37</i>
8.6.1. <i>Fecundidad parcial.....</i>	<i>37</i>
8.6.2. <i>Fecundidad media poblacional.....</i>	<i>39</i>
8.7. <i>OBJETIVO 4: PROPORCIÓN SEXUAL Y PESO PROMEDIO DE HEMBRAS MADURAS.....</i>	<i>40</i>
8.7.1. <i>Proporción sexual.....</i>	<i>40</i>
8.7.2. <i>Peso promedio.....</i>	<i>41</i>
8.8. <i>OBJETIVO 5: BIOMASA DEL STOCK DESOVANTE.....</i>	<i>42</i>
8.9. <i>OBJETIVO 6: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE HUEVOS ASOCIADA A VARIABLES OCEANOGRÁFICAS.....</i>	<i>44</i>
8.9.1. <i>Relación distribución de huevos con variables ambientales.....</i>	<i>44</i>
9 RESULTADOS.....	48
9.1. <i>MONITOREO REPRODUCTIVO DE ADULTOS.....</i>	<i>48</i>

9.1.1. Frecuencia de tallas.....	48
9.1.2. Indicadores reproductivos macroscópicos.....	50
9.1.3. Indicadores reproductivos microscópicos.....	54
9.2. MONITOREO REPRODUCTIVO DE HUEVOS.....	56
9.3. CRUCERO DE HUEVOS, DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN.....	56
9.3.1. Estaciones con presencia de huevos.....	56
9.3.2. Abundancia de huevos.....	57
9.3.3. Distribución de huevos.....	58
9.4. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS.....	62
9.4.1. Características superficiales.....	62
9.4.2. Hidrografía en sectores de mayor desove.....	64
9.5. CRUCERO DE ADULTOS.....	73
9.5.1. Distribución espacial de los lances de pesca.....	73
9.5.2. Frecuencia de tamaños.....	73
9.6. OBJETIVO 1: PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS.....	78
9.7. OBJETIVO 2: PROPORCIÓN DE ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL MICROSCÓPICOS Y FRACCIÓN DIARIA DE HEMBRAS DESOVANTES.....	80
9.8. OBJETIVO 3: FECUNDIDAD PARCIAL Y FECUNDIDAD MEDIA POBLACIONAL.....	82
9.9. OBJETIVO 4: PROPORCIÓN SEXUAL Y PESO PROMEDIO DE HEMBRAS MADURAS.....	84
9.10. OBJETIVO 5: BIOMASA DEL STOCK DESOVANTE.....	85
9.11. OBJETIVO 6: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE HUEVOS ASOCIADA A VARIABLES OCEANOGRÁFICAS.....	86
9.11.1. Análisis cualitativos.....	86
9.11.2. Análisis cuantitativo.....	91
9.12. COMPARACIÓN CON OTRAS EVALUACIONES.....	101
10 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	108
11 CONCLUSIONES.....	111
12 REFERENCIAS.....	112
13 ANEXOS.....	119
13.1. TALLER DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	119
14 HORAS HOMBRE DEL EQUIPO DE TRABAJO.....	121

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.	14
Tabla 2. Monitoreo de huevos de anchoveta y sardina común en el sector costero entre Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata.	16
Tabla 3. 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).	24
Tabla 4. Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos, modificada para hembras de sardina común y anchoveta.	33

Tablas	Pág
Tabla 5. Características morfohistológicas de los folículos postovulatorios.	34
Tabla 6. Clasificación histológica de los folículos postovulatorios de anchoveta y sardina común, según grado de degeneración (Claramunt et al. 2007).	35
Tabla 7. Resumen de distribución de frecuencias de tamaño durante el monitoreo reproductivo en la zona norte, San Antonio V Región (LT se refiere a la longitud total).	49
Tabla 8. Resumen de distribución de frecuencias de tamaño durante el monitoreo reproductivo en la zona centro, VIII Región (LT se refiere a la longitud total).	50
Tabla 9. Resumen de distribución de frecuencias de tamaño durante el monitoreo reproductivo en la zona sur, Valdivia ex-X Región (LT se refiere a la longitud total).	50
Tabla 10. Distribución del estado de madurez sexual macroscópico de sardina común y anchoveta durante el monitoreo reproductivo en la VIII Región en número y porcentaje (entre paréntesis).	51
Tabla 11. Distribución del estado de madurez sexual macroscópico de sardina común y anchoveta durante el monitoreo reproductivo en la X Región en número y porcentaje (entre paréntesis).	52
Tabla 12. Frecuencia en número y porcentaje (%) de los estados de madurez sexual microscópicos registrados para anchoveta en ambas zonas.	54
Tabla 13. Frecuencia en número y porcentaje (%) de los estados de madurez sexual microscópicos registrados para sardina común en ambas zonas.	55
Tabla 14. 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.	57
Tabla 15. 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.	58
Tabla 16. Bitácora de pesca del crucero de adultos en la zona centro, septiembre de 2007.	74
Tabla 17. Bitácora de pesca del crucero de adultos en la zona sur, septiembre de 2007.	75
Tabla 18. Longitud promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y número de ejemplares de sardina común y anchoveta por zona, sexo y total, año 2007.	76
Tabla 19. Coeficientes del modelo lineal generalizado, familia binomial negativa y enlace log. El intercepto representa el logaritmo de la producción diaria de huevos (huevos/m ²) y la pendiente a la tasa de mortalidad por hora.	79
Tabla 20. Estimaciones de la producción diaria de huevos (P ₀) y tasa de mortalidad diaria (Z) para la anchoveta y sardina común utilizando GLM con familia binomial negativa y enlace log en el área de desove (A1) de cada estrato geográfico. El coeficiente de variación se muestra entre paréntesis, así como la estimación estratificada de la producción diaria de huevo en el área de estudio.	80
Tabla 21. Fracción de estadios de madurez sexual microscópicos de anchoveta y sardina común durante el período de estudio del 2007.	81
Tabla 22. Resumen de los parámetros reproductivos de los ejemplares adultos de anchoveta y sardina común, por estrato geográfico.	82
Tabla 23. Regresión lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal, año 2007.	83
Tabla 24. Parámetros del Método de la Producción Diaria de Huevo y estimación de la	85

Tablas		Pág
	biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común en las zonas Centro y Sur, y el estimado estratificado (Septiembre 2007), según dos métodos de datación de huevos (convencional y multinomial). El coeficiente de variación se muestra en paréntesis para las estimaciones de biomasa.	
Tabla 25.	Resumen de los modelos GAM utilizados para la temperatura superficial del mar y la profundidad de fondo.	93
Tabla 26.	Resumen de los modelos aplicados (GAM) para la densidad de huevos de anchoveta y sardina común (huevos /m ²) en función de la longitud (x), latitud (y), temperatura y profundidad de fondo para el año 2007. Las variables Temperatura (TSM) y Profundidad (Depth) fueron estandarizadas respecto de la latitud geográfica con el objeto de trabajar con un proceso isotrópico.	94
Tabla 27.	Resumen de los modelos aplicados (GAM) para la Producción diaria de huevos de anchoveta y sardina común (huevos /m ²) en función de la longitud (x), latitud (y), temperatura y profundidad de fondo para el año 2007. Las variables Temperatura (TSM) y Profundidad (Depth) fueron estandarizadas respecto de la latitud geográfica con el objeto de trabajar con un proceso isotrópico.	95
Tabla 28.	Comparación de los parámetros reproductivos de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, años 2002-2007.	100
 Figuras		Pág.
Figura 1	Mapa de la grilla de muestreo a lo largo de la plataforma continental de Chile Centro-Sur. Se indica la distribución del veril de los 200 m. a) Estaciones muestreadas con red CalVET, b) Estaciones en que se realizaron perfiles de CTD. Adicionalmente, se señala con un círculo rojo la ubicación del área de monitoreo de huevos.	18
Figura 2	Evolución mensual del índice gonadosomático para ambas especies durante el periodo de monitoreo en la VIII Región.	53
Figura 3	Evolución mensual del índice gonadosomático para ambas especies durante el periodo de monitoreo en la X Región.	53
Figura 4	Serie de tiempo de la abundancia promedio de huevos de anchoveta y sardina común en las muestras de monitoreo ictioplancton realizado entre la Desembocadura del Río Itata y Bahía Coliumo, Octava Región, entre junio y diciembre de 2007.	56
Figura 5	Distribución de huevos de anchoveta en los sectores norte, centro y sur, año 2007.	60
Figura 6	Distribución de huevos de sardina común en los sectores norte (ausentes), centro y sur, año 2007.	61
Figura 7	Temperatura superficial del mar obtenida de promedios diarios entre las fechas a) 26 y 27 de Agosto, b) 3 y 4 de Septiembre y c) entre el 10 y el 11 de Septiembre del 2007.	63
Figura 8	Temperatura superficial del mar obtenida de promedios diarios entre las fechas a) 20 y 24 de Agosto, b) 30 de Agosto y 3 de Septiembre y c) entre el 9 y el 13 de Septiembre de 2005.	63
Figura 9	Características hidrográficas: temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m) en el sector central de la zona de estudio en 2007.	65
Figura 10	Características hidrográficas: temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m) en el sector sur de la zona de estudio en 2007.	66

Figuras		Pág.
Figura 11	Características hidrográficas: temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 50 m de profundidad en el sector central de la zona de estudio en 2007.	67
Figura 12	Características hidrográficas: temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m) en el sector sur de la zona de estudio en 2007.	68
Figura 13	Características hidrográficas: temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 10 m de profundidad en el sector sur de la zona de estudio en 2007.	69
Figura 14	Características hidrográficas: temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 50 m de profundidad en el sector sur de la zona de estudio en 2007.	70
Figura 15	Secciones verticales de temperatura, salinidad y sigma-t en 5 transectas de la zona central. Transectas 13 (35.167 °S), 19 (35.666 °S), 25 (36.167 °S), 29 (36.5 °S) y 35 (37.001 °S).	71
Figura 16	Secciones verticales de temperatura, salinidad y sigma-t en 4 transectas de la zona sur. Transectas 44 (38.015 °S), 50 (38.513 °S), 54 (38.835 °S) y 60 (39.348 °S).	72
Figura 17	Distribución espacial de lances de pesca positivos de sardina común y anchoveta, 2007.	77
Figura 18	Frecuencia de longitudes (%) de sardina común (izquierda) y anchoveta (derecha) en el crucero de adultos, 2007.	78
Figura 19	Relación entre la fecundidad parcial y el peso corporal de anchoveta y sardina común.	83
Figura 20	Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta sobre secciones horizontales de temperatura y salinidad a 10 m de profundidad en la zona central y sur.	87
Figura 21	Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta sobre secciones horizontales de temperatura a 10 m de profundidad en la zona central y sur.	88
Figura 22	Diagramas en que la data de Temperatura y Salinidad a 1 y 10 m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta y sardina común. Los círculos en rojo corresponden a abundancia de huevos en estaciones de la zona central y, en azul, a la zona sur.	90
Figura 23	Análisis de cuociente para el año 2007 en anchoveta de la zona centro (arriba) y sur (abajo) de Chile. Barras se refieren a la variable independiente (Lat, Long, temperatura o profundidad). Línea roja continua es frecuencia de estaciones con huevos. Línea roja segmentada es el intervalo de confianza. Línea negra segmentada indica el umbral sobre el cual habría una asociación significativa entre huevos y la variable ambiental.	91
Figura 24	Análisis de cuociente para el año 2007 en sardina común de la zona centro (arriba) y sur (abajo) de Chile. Barras se refieren a la variable independiente (Lat, Long, temperatura o profundidad). Línea roja continua es frecuencia de estaciones con huevos. Línea roja segmentada es el intervalo de confianza. Línea negra segmentada indica el umbral sobre el cual habría una asociación significativa entre huevos y la variable ambiental.	92
Figura 25	Predicciones de la densidad de huevos de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) con los modelos GAM seleccionados, año 2007. La escala corresponde al logaritmo de la densidad, y se ha superpuesto una escala relativa de la densidad observada (puntos rojos) y las estaciones negativas (cruces).	94
Figura 26	Predicciones de la producción diaria de huevos de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) con los modelos GAM seleccionados, año 2007. La escala corresponde al logaritmo de las estimaciones, y se ha superpuesto una	96

Figuras		Pág.
	escala relativa de la densidad observada (puntos rojos) y las estaciones negativas (cruces).	
Figura 27	Distribución de la abundancia huevos de anchoveta (huevos por 0,05 m2) en la zona centro-sur de Chile.	98
Figura 28	Distribución de la abundancia huevos de sardina común (huevos por 0,05 m2) en la zona centro-sur de Chile.	99
Figura 29	Comparación de la producción diaria de huevos en el área de estudio, según tres métodos de estimación para la anchoveta entre 2002 y 2007.	101
Figura 30	Comparación de la producción diaria de huevos en el área de estudio, según tres métodos de estimación para la sardina común entre 2002 y 2007.	101
Figura 31	Comparación del stock desovante de anchoveta y sardina común mediante el MPDH, según dos métodos de datación de huevos: convencional (procedimiento de Lo) y actual (procedimiento multinomial).	102

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, Cubillos et al. 2001, Cubillos y Arcos 2002).

En la zona centro-sur, la pesquería se desarrolla estacionalmente con capturas fuertemente dependientes del pulso de reclutamiento anual, proceso que tiende a ocurrir entre noviembre y enero de cada año y representado por peces de cuatro a cinco meses de edad y longitud modal centrada entre los 6 y 7 cm de longitud total (Cubillos et al. 1998, 2001). La evaluación del reclutamiento anual de los stocks de anchoveta y sardina común se realiza desde 1999 mediante el método acústico (Castillo et al. 2000, 2001, 2002a, 2004), método que también fue aplicado en el 2001 para evaluar la biomasa del stock desovante (Castillo et al. 2002b). Sin embargo, el método acústico evalúa la biomasa total presente más bien que el stock desovante. Asimismo, es cuestionable utilizar solamente el criterio basado en la talla de primera madurez sexual para fraccionar la fracción adulta de la biomasa total acústica evaluada. En otras palabras, el método acústico no considera la dinámica reproductiva del stock, principalmente en términos de la frecuencia del desove y la subsecuente 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 la dinámica reproductiva y la producción de huevos realizada.

En efecto, actualmente el MPDH es la metodología más adecuada para evaluar 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 en la época reproductiva mediante un crucero ictioplanctónico. La fecundidad específica diaria de la población se determina a partir de muestras de peces adultos obtenidos

simultáneamente, 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). El MPDH convencional fue aplicado por primera vez a la anchoveta y sardina común de la zona centro-sur en el año 2002, cuyos resultados indican que se debe utilizar una estimación estratificada de la producción diaria de huevos y de la biomasa desovante (Cubillos et al., 2007).

8 Metodología

8.1. Área y período de estudio

8.1.1. Crucero de huevos

El área de estudio correspondió a la zona costera comprendido entre los 33°00' S y los 40°48' 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°20'S), b) Sector Centro, entre el norte de Constitución y el Golfo de Arauco (34°45' – 37°10'S) y c) Sector Sur, entre los 37°30' y 40°48'S. En cada uno de estos sectores se desarrollaron cruceros para colecta del ictioplancton utilizando cuatro 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
Aqua Luna	Norte	33°00' S – 34°00' S	29/09/2007 - 30/09/2007	14
LC Kay Kay	Centro	34°29' S – 36°30' S	28/08/2007 – 8/09/2007	141
Jairo	Centro	36°35' S – 37°10' S	15/09/2007 - 16/09/2007	42
Lucas I	Sur	37°30' S – 40°48' S	31/08/2007 – 17/09/2007	203
Total				400

El muestreo del sector norte fue realizado con la embarcación artesanal Aqua Luna; el sector centro fue muestreado inicialmente con la lancha científica KayKay y luego continuado con la embarcación Jairo, y el sector sur fue muestreado con la embarcación Lucas I. El muestreo de ictioplancton fue llevado a cabo simultáneamente en los sectores centro y sur, entre el 28 de agosto al 17 de Septiembre, justo en el periodo de máximo desove conocido para la anchoveta de la zona centro-sur. El sector norte, donde normalmente las abundancias de huevos son mínimas, la tercera semana de septiembre, al igual que en años anteriores.

8.1.2. Crucero de adultos

La Subsecretaría de Pesca, mediante resolución N° 2573 del 30 de agosto de 2007, autorizó a ocho embarcaciones artesanales para que desarrollaran actividades de pesca para la obtención de muestras de adultos de sardina común y anchoveta. Se asignaron cuatro embarcaciones para operar en la zona centro y el resto en la zona sur del área de estudio (ver Sección 8.3). En la misma resolución, se autorizó a una lancha artesanal para desarrollar el crucero de huevos.

8.1.3. Vigilancia reproductiva

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).

Con el objeto de evaluar la condición reproductiva de las hembras de sardina común y anchoveta, desde febrero a diciembre de 2007 se desarrolló una vigilancia reproductiva en el marco del Proyecto FIP 2006-13 (<http://www.fip.cl/proyectos/2006/2006-13.htm>). La vigilancia reproductiva consistió en la obtención de muestras de ejemplares desde el desembarque, para el seguimiento temporal de indicadores macroscópicos y microscópicos.

Se comunicaron los estadígrafos de la estructura de tallas y la frecuencia temporal de los estados de madurez sexual macroscópicos, según escala de cinco puntos (Cubillos et al. 1999); a saber: Estado I (virginal), Estado II (en maduración), Estado III (maduro), Estado IV (hidratado), y Estado V (desovado). Además, en la escala temporal, se analizó la evolución del índice gonadosomático (IGS), expresado por:

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

donde G es el peso de la gónada (g) y P es el peso total (g). En los peces con desove parcial y fecundidad indeterminada el peso de la gónada varía en función del estado de madurez sexual. Por lo tanto, 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.

8.1.4. Monitoreo de ictioplanctónico

Adicionalmente, y como parte adicional al monitoreo reproductivo de adultos, se llevó a cabo un monitoreo de abundancia de huevos de anchoveta y sardina común en el plancton desde junio y hasta mediados de Diciembre de 2007, periodo que incluye el periodo de máxima reproducción de ambas especies en invierno y primavera (**Tabla 2**). El objetivo es tener un estimador adicional que incluya muestras extras - previo, -durante y -posterior al periodo de la veda reproductiva. El monitoreo adicional del huevos en el plancton consistió de 2 a 5 muestras por salida, colectadas en estaciones ubicadas entre Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata, zona reconocida como de alta frecuencia de ocurrencia de huevos de anchoveta y sardina común (**Figura 1**, círculo rojo). La metodología de muestreo ha sido arrastres oblicuos con red Bongo de 300 micrones de trama, aro de 60 cm de diámetro, equipada con flujómetro para la cuantificación de agua filtrada. Las muestras han sido preservadas en formalina 10% y procesadas bajo lupa estereoscópica utilizando los métodos estándares de identificación de huevos y larvas de las dos especies objetivo.

Tabla 2. Monitoreo de huevos de anchoveta y sardina común en el sector costero entre Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata.

Muestreo	Fecha	N° de muestras
1	26-06-2007	3
2	26-07-2007	3
3	06-08-2007	3
4	17-08-2007	3
5	6-09-2007	2
6	8-09-2007	2
7	28-09-2007	2
8	30-10-2007	3
9	22-11-2007	2
10	13-12-2007	3

8.2. Diseño de muestreo ictioplanctónico

8.2.1. Grilla regular y muestreo de huevos con red PAIROVET

El área completa de estudio fue muestreada utilizando una grilla de 400 estaciones dispuestas en transectas perpendiculares a la costa. Respecto al 2005, el número de estaciones del 2007 fue superior en 114 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 un máximo de dos estaciones más hacia el océano. A su vez, como límite oriental se consideró una distancia máxima de media milla náutica desde la costa (**Figura 1**).

La grilla de estaciones, para efectos operacionales, fue dividida en los sectores previamente definidos:

- a) Sector Norte: El muestreo en este sector fue de carácter exploratorio y de menor intensidad. La distribución de transectas estuvo espaciada cada 10 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 millas náuticas comenzando la primera estación en la media milla náutica de la costa. En total se realizaron 4 transectas con un total de 14 estaciones en este sector.
- b) Sector Centro: El diseño en esta zona estuvo orientado a la evaluación de la producción diaria de huevos, y consideró 30 transectas separadas cada 5 millas náuticas entre los 34°29'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 183 estaciones.
- c) Sector Sur: En esta zona la grilla de estaciones tuvo la misma resolución que el sector centro, y se extendió entre los 37°30'S y 40°48'S. En total se realizaron 36 transectas y 203 estaciones planctónicas. En este sector, dadas las condiciones climáticas y operación en embarcaciones artesanales, hubo que abortar estaciones especialmente en los límites oeste de varias transectas y estaciones en el sector más austral de la zona de muestreo, zona normalmente de menor actividad de desove.

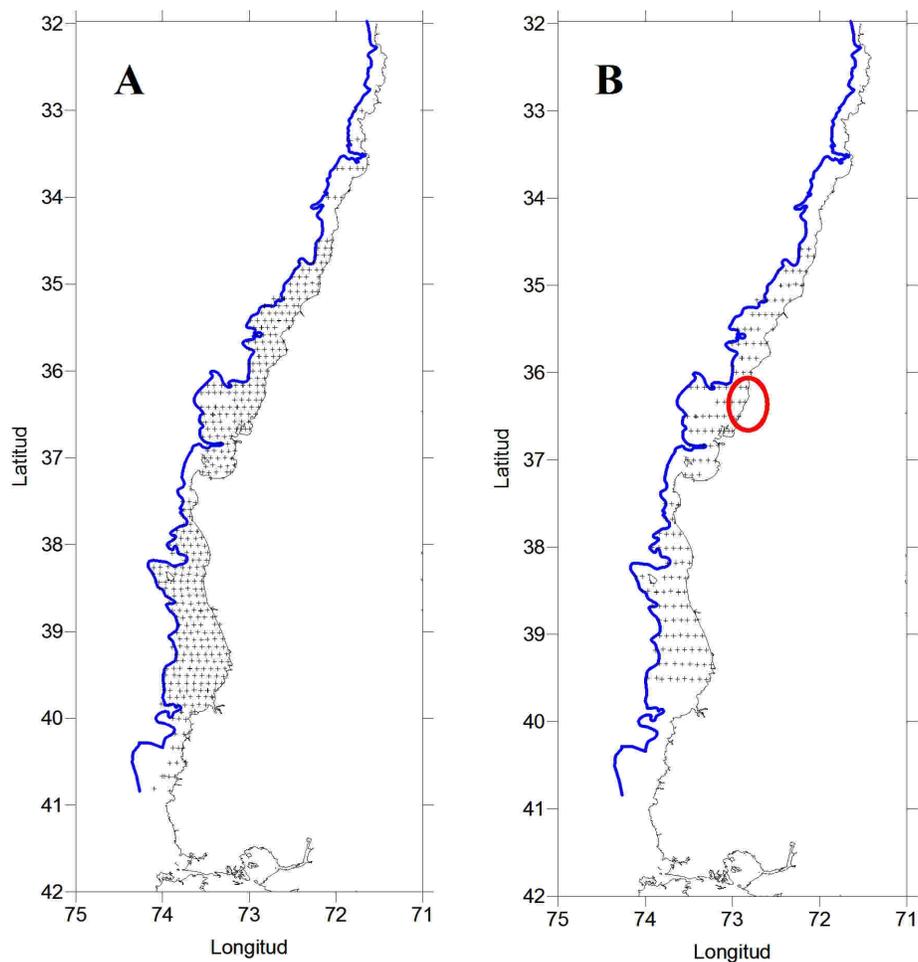


Figura 1. Mapa de la grilla de muestreo a lo largo de la plataforma continental de Chile Centro-Sur. Se indica la distribución del veril de los 200 m. a) Estaciones muestreadas con red CalVET, b) Estaciones en que se realizaron perfiles de CTD. Adicionalmente, se señala con un círculo rojo la ubicación del área de monitoreo de huevos.

La colecta de huevos de sardina común y anchoveta en cada estación consistió en un arrastre vertical desde una profundidad máxima de 70 m en zonas profundas, mientras que en aguas someras se realizó considerando un 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. En cada estación y lance de red se registró: 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 borax (tetraborato de sodio).

8.2.2. 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 Moser y Ahlstrom (1985), Santander et al. (1984), y Herrera et al. (1987).

Los huevos de las dos especies están siendo clasificados en 11 estadios de desarrollo sobre la base de los cambios morfológicos que ocurren durante la embriogénesis (resultados no mostrados en este informe), 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 clasificarán como huevos deteriorados, y asignados aleatoriamente a uno de los 11 estadios de desarrollo (Lo 1985).

8.2.3. Muestreo oceanográfico

En 162 estaciones de la grilla regular (transecta por medio) se realizaron perfiles hidrográficos con un CTD Seabird 19 (sectores centro y sur), equipado además con un sensor de Oxígeno. Los lances hidrográficos se realizaron hasta 100 m de profundidad o hasta 10 m del fondo, según la batimetría de las estaciones. Adicionalmente, en todas las estaciones de la grilla, se midió la temperatura superficial del mar a bordo (temperatura de balde) con termómetros digitales. Además, se utiliza información satelital de la temperatura superficial del mar para el periodo de estudio, la cual se compara con los datos de campo.

8.3. 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 de Pesca de Investigación autorizada por Subsecretaría de Pesca (Resolución 2573 del 30 de agosto de 2007). Se utilizó cuatro lanchas artesanales en la zona centro (L/M Galeón II, L/M Capito I, L/M Huracán I y L/M Don Renato) y cuatro lanchas artesanales en la zona sur (L/M Borney, L/M Río Valdivia, L/M Samaritano, y L/M Ebenezer II), las cuales realizaron lances de pesca para la obtención de las muestras de adultos necesarias entre el 31 de agosto y el 22 de septiembre

de 2007. Las lanchas artesanales operaron con red de cerco anchovetera, estando equipadas con sonar, radar, GPS, y radios VHS y HF.

8.3.1. Número de lances y tamaño de muestra

El diseño de muestreo compatibiliza las características biológicas de los clupeiformes en el sentido que los cardúmenes desovantes se estructuran y segregan según su condición reproductiva durante la época de desove (Blaxter y Hunter 1982). En este sentido, el diseño de muestreo considera un muestreo bi-etápico donde las unidades primarias están determinadas por el número de cardúmenes (lances) y como segunda unidad al número de ejemplares al interior de cada lance (Picquelle 1985). A su vez, el diseño de muestreo considera un muestreo aleatorio de individuos para determinar la frecuencia de tallas, la frecuencia diaria de hembras desovantes, y la proporción sexual, y un muestreo dirigido para la colecta de hembras hidratadas para la determinación de la fecundidad parcial en función del peso corporal.

El diseño de muestreo bi-etápico en cada estrato geográfico se desarrolló al azar desde el punto de vista de la hora del lance y tratando de cubrir 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.

La experiencia de cruceros previos indica que un mínimo de 40 lances y 35 hembras maduras por lance satisfacen los requerimientos de precisión en términos de coeficientes de variación inferiores o cercanos al 10 %, siendo la fracción diaria de hembras desovantes usualmente el parámetro menos preciso. Al respecto, y con el objeto de evaluar diferencias entre el sector centro y sur del área de estudio, particularmente en la fracción diaria de hembras desovantes, se considera un mínimo de 25 lances por especie por estrato geográfico como tamaño mínimo, con el objeto de lograr una estimación estratificada de la biomasa desovante (Cubillos et al. 2007).

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 inmediatamente 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. Se preservaron 10 ejemplares máximo por frasco de 2,5 litros de capacidad, con el objeto de evitar la saturación del fijador. 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%). Estos ejemplares están siendo sometidos a un examen histológico, con el objeto de determinar su estado de madurez sexual y finalmente la fracción diaria de hembras desovantes.

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.

8.3.2. Justificación del número de lances y ejemplares por lance

El tamaño de muestra (50 lances y 35 hembras por lance) se justifica estadísticamente según metodología descrita por [Picquelle \(1985\)](#), consistente en la evaluación del diseño de muestreo en 2 etapas donde la media y la varianza son estimadas siguiendo a [Cochran \(1980\)](#):

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

donde:

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

y

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

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:

$$9)... \quad \widehat{VAR}(\bar{X}) = \frac{S_1^2}{n}$$

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) puede ser expresada como una función de la razón de la varianza de muestras agrupadas y la varianza de muestras aleatorias, según:

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

donde:

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

y

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

Ya que no existe una misma 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 será el elegido para seleccionar los valores de m y n . En el crucero realizado el 2002, se encontró que la fracción diaria de hembras desovantes (S) presentó el mayor coeficiente de variación (Cubillos et al. 2003). En el caso de la anchoveta se estimó $S = 0,107$ ($CV = 0,128$) y en la sardina común $S = 0,131$ ($CV = 0,113$). A partir de dicha información, 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 que la correlación intra-grupos fue estimada cercana a 0,02 para ambas especies, y el número de lances fue de $n = 32$ en anchoveta y $n = 57$ en el caso de la 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 por lance, se satisfacen los requerimientos de precisión para la estimación de la fracción diaria de hembras desovantes, con coeficientes de variación entre 10 y 15 % (Tabla 3). Este coeficiente puede ser aún menor si la fracción diaria de hembras desovantes es mayor a 0,13 tal y como lo demuestra Picquelle (1985).

En consecuencia, el tamaño de muestra de 50 lances por especie (100 en total, sumando ambas especies), y 35 ejemplares hembra por lances, permitiría contar con 1750 ejemplares de anchoveta y 1750 ejemplares de sardina común para determinar la frecuencia del desove, y peso promedio de hembras maduras. Estos requerimientos son mínimos.

Tabla 3. 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

8.4. Objetivo 1: Producción diaria de huevos y tasa de mortalidad diaria

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, puede ser estimada de acuerdo con el siguiente modelo de mortalidad:

$$13)... \quad P_t = P_0 \exp(-Zt)$$

donde P_t es el número de huevos (huevos por unidad de área) a la edad t o tanda diaria de huevos, t es la edad media en días, medida como el tiempo transcurrido desde la hora del desove, P_0 es la producción diaria de huevo por una unidad de área, Z es la tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos. 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.

Es relevante establecer los criterios asociados con las colas de la abundancia de huevos. En el caso de la sardina común y anchoveta se descartarán 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. A su vez, se debe evitar 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 no es que mueran sino más bien pasa a ser larvas con saco vitelino. 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 95% de la edad esperada de eclosión serán excluidas para evitar los probables sesgos causados por eclosión incompleta (Somarakis et al. 2002, 2004). Los criterios aquí establecidos fueron evaluados en el Proyecto FIP 2006-38 "Mejoramiento del Método de Producción Diaria de Huevos Aplicado en Pelágicos Pequeños (Claramunt et al. 2007a)".

Básicamente, la estimación de P_0 y Z se realizará para cada estrato geográfico sobre la base de un modelo lineal generalizado (GLM), en lugar del tradicional ajuste no-lineal ponderada o sin ponderar, según:

$$14)... \quad E[P_t] = g^{-1}[\log P_0 + Zt]$$

donde $E[P_t]$ es el valor esperado de la densidad de huevos de edad t y el g^{-1} es el el inverso de la función del enlace. En el procedimiento de ajuste, la función del enlace utilizará el logaritmo natural y la familia binomial negativa que resulta ser adecuada para el caso de la variación de la densidad de huevos con la edad (Bernal et al. 2001). La distribución binomial negativa tiene un parámetro extra (de dispersión), el cual se estimará iterativamente según los procedimientos de ajuste de Venables y Ripley (2002). Los parámetros, $\log(P_0)$ y Z , se estiman como el intercepto y la pendiente del modelo GLM. La producción diaria de huevos se estima utilizando el antilogaritmo del intercepto. Se utilizará la biblioteca MASS (Venables and Ripley 2002), escrita para el lenguaje y software R (Ihaka y Gentleman 1996, <http://www.r-project.org>).

8.4.1. Determinación de la edad a los huevos

a) Método convencional: procedimiento automatizado de Lo

Para asignar la edad a los huevos, se utilizó el procedimiento automatizado de Lo (1985) con los modelos temperatura-estadio-dependiente descritos por Cubillos et al. (2007) y que permiten calcular la edad en función de la temperatura y el estadio de desarrollo. En el caso de la sardina común, se tiene:

$$16)... \quad Y_{D,T} = 15,98 \times \exp(-0,0631 \times T - 0,0198 \times D) \times D^{1,04},$$

y para el caso de la anchoveta:

$$17)... \quad Y_{D,T} = 18,1 \times \exp(-0,0789 \times T - 0,0542 \times D) \times D^{1,31}$$

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 seguirá la metodología 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. La hora del desove se calculó mediante el análisis de la incidencia del Estadio I de los huevos de ambas especie (sin división celular), determinándose que la hora del desove de anchoveta y sardina común ocurre a las 24.6 h (DS = 3.817 h) y 23.1 h (DS = 1.788 h). La corrección consiste en ajustar la fracción del día desde la hora del desove hasta la colecta, considerando la siguiente expresión:

$$18)... \quad Y_{D,T,k} = Y_{D,T} + k - f$$

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:

$$19)... \quad Y_{D,T,k} = \begin{cases} k < (f - g) \Rightarrow & y_{D,T} - g \\ (f - g) < k < (f + g) \Rightarrow & y_{D,T} + k - f \\ (f + g) < k \Rightarrow & y_{D,T} + g \end{cases}$$

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

b) Modelo multinomial

La estimación de la producción de huevos en especies de peces que muestran una rápida tasa de desarrollo requiere de una estimación de la tasa de mortalidad de huevos utilizando información de todos los estadios de desarrollo de los huevos. El método tradicional agrupa la abundancia de huevos en cohortes considerando su edad, y posteriormente una curva de mortalidad es ajustada a los datos de abundancia de cohortes diarias dada la edad media ponderada (Picquelle y Stauffer 1985). Sin embargo, sólo los estadios de desarrollo son variables verdaderamente observadas, y no la edad, y en la literatura se puede encontrar varios procedimientos para estadios de huevos (Lo 1985, Bernal et al. 2001). Bernal et al. (2001), desarrolló un procedimiento innovativo y estadísticamente fundamentado de asignación de edad, y fue desarrollado e integrado dentro de las rutinas GAM del MPDH. El procedimiento utiliza la misma información que el método tradicional, i.e.

- Información del crucero: abundancia de huevos por estadios de desarrollo, hora de colecta, y condiciones ambientales que afectan la tasa de desarrollo durante la embriogénesis (usualmente la temperatura).
- Información de experimentos de incubación: el desarrollo de los estadios morfológicos de los huevos durante la embriogénesis en función del tiempo y la temperatura.
- Información sobre la dinámica reproductiva de la especie: distribución de la actividad del desove en un ciclo diario.

La embriogénesis discretizada en estadios de desarrollo de los huevos es función de la temperatura (Pepin 1991), y en menor grado por otros parámetros ambientales. Usualmente, la información sobre la tasa de desarrollo de los huevos en función del estadio de desarrollo y de la temperatura se obtiene a partir de experimentos de incubación. En el nuevo procedimiento metodológico de asignación de edad considera un proceso multinomial, en el cual la probabilidad de pertenecer a uno de los once estadios de desarrollo depende de la edad de los huevos (conocida dada la hora del desove) y la temperatura. De esta manera, a partir de un experimento de incubación de huevos se puede plantear el siguiente modelo probabilístico multinomial:

$$20) \dots p(s | a, T)$$

que representa la probabilidad de permanecer en el estadio s dada la edad a y temperatura T . Cuando una especie muestra sincronía diaria en el desove, la información sobre la distribución de la actividad de

desove durante el ciclo diario afectará el proceso de asignación de edad. Si el desove ocurre solamente en cierto momento del día, los huevos podrían tener una cierta edad considerando el tiempo transcurrido entre la hora del desove y la observación (hora de colecta). En un caso extremo, si el desove es perfectamente sincrónico (los huevos son desovados a una hora dada del día, e.g. medianoche) y el desarrollo dura hasta la eclosión en un día, los huevos observados pueden tener solamente una edad exacta dada por el tiempo transcurrido entre el desove (medianoche) y la hora de colecta. Si la duración del desarrollo del huevo dura más de un día, entonces una edad promedio aproximada y observada en el experimento de incubación puede ser utilizada para decidir en que noche los huevos fueron desovados, y entonces utilizar el tiempo transcurrido entre el evento de desove y la época del crucero para atribuir una edad exacta. La sincronía del desove puede ser formalizada como una función densidad de probabilidad (pdf) de edad dada la fecha del crucero, i.e. $f_i(a|\tau)$. Un descubrimiento reciente es que la mortalidad debería ser utilizada para asignar una edad adecuada a los huevos, ya que los huevos más viejos son menos probables de ser encontrados y así, cuando diferentes cohortes diarias pueden ser asignadas a un huevo, es más probable que éste sea más joven que viejo.

Al considerar lo argumentado, y considerando el Teorema de Bayes, se obtendrá la distribución de edades dada la información obtenida durante el crucero (estadios de huevos, temperatura, hora de colecta) que se expresa por:

$$21) \dots \hat{p}(a|s, T, \tau) \propto f_i(a|\tau) p(s|a, T)$$

de esta manera se asignará una edad a cada estadio de desarrollo muestreando desde la distribución posterior $\hat{p}(a|s, T, \tau)$, o clasificar los huevos en cohortes diarias directamente utilizando la distribución posterior. El nuevo procedimiento de asignación de edad presenta varias ventajas respecto del método tradicional, tanto en relación a cómo se modela la información que proviene de los experimentos de incubación y en relación a cómo se asigna la edad en el método tradicional. En relación con el modelo de incubación:

El nuevo modelo es claramente descrito y justificado estadísticamente, lo cual marca una diferencia con el procedimiento automático desarrollado por [Lo \(1985\)](#), i.e.

- aunque fácil de implementar, asigna aleatoriedad a las variables equivocadas (edad, la cual es realmente fija y decidida por el investigador)

- esta compuesta de dos modelos diferentes, uno de edad media y otro de duración de estadios. La estimación de la edad media no es bien documentada en las diferentes implementaciones (Miranda et al. 1990, Motos 1994), y algunas veces es equivocadamente descrito o implementado. Los modelos asumidos para la duración de estadios también varía entre las diferentes implementaciones del método de Lo.
- El nuevo procedimiento tiene propiedades de cualquier método de verosimilitud, incluyendo insesgamiento y eficiencia, y facilita la comparación con otros métodos de verosimilitud.
- La incertidumbre de los datos provenientes del experimento de incubación se incorpora a través del modelo multinomial.

En relación con la asignación de la edad, las ventajas del nuevo procedimiento son:

- Permite incluir conocimiento relevante en términos de la sincronía del desove de una manera tan cercana a la realidad como compleja sea y los datos actuales lo permitan.
- Tiene la potencialidad de incluir conocimiento a priori a través de funciones densidad de probabilidad de otras variables que puedan afectar la tasa de desarrollo de los huevos, y así la edad de un huevo en un cierto estadio de desarrollo.
- La distribución posterior de la edad contiene la incertidumbre de la información que proviene del experimento de incubación como de la asumida distribución para la sincronía del desove, y estos pueden ser incluidos en cualquier estimación subsiguiente que incluya edad (e.g. la tasa de mortalidad diaria). También, la distribución posterior puede utilizarse para agrupar los huevos en cohortes diarias (como en el método convencional).

8.4.2. Producción diaria de huevos en el área de desove

El área de desove queda definida por el área positiva. La producción diaria de huevos se estimará para el área de desove en cada estrato geográfico, asumiendo independencia entre los estratos geográficos.

Con el objeto de estimar la producción diaria de huevos en el área de estudio en cada estrato geográfico, se utilizará las recomendaciones de Picquelle y Stauffer (1985) para la post-estratificación. 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. La superficie en

cada estrato estará representada por cada estación, siendo el resultado la suma de las cuadrículas al interior de cada estrato. Bajo el enfoque de post-estratificación, la producción diaria total en cada estrato geográfico corresponderá, según [Picquelle y Stauffer \(1985\)](#), a la siguiente expresión:

$$22)... \quad P_0 = \sum_{h=0}^1 P_{0,h} \frac{A_h}{A}$$

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, puede ser estimada por:

$$23)... \quad Var(P_0) = (1 + 1/n) \sum_{h=0}^1 \frac{A_h}{A} V(P_{0,h})$$

donde la varianza del estrato cero es cero por definición.

8.4.3. Área de estudio y estimación de los límites del crucero

Idealmente, en estudios de inferencia diseño-basados (que es la forma de inferencia tradicional en la aplicación convencional del MPDH), la región del crucero debe ser definida antes de aplicar el diseño. En la práctica, el diseño de tales cruceros es algo adaptativo con el esfuerzo de muestreo continuado fuera de la costa (transectas perpendiculares a la línea de costa) hasta que los huevos están lo suficientemente dispersos como para reunir algún criterio de corte. El análisis diseño-basado de estos cruceros asigna áreas que no se superponen para cada punto muestral (lance) y la región de estudio se considera como la suma de esas áreas. Esto constituye algo parecido a un diseño sistemático sin un punto de partida aleatorio, el cual no es un diseño ideal, pero con la intensa cobertura de puntos que estos cruceros tienen se aproximan satisfactoriamente a un muestreo aleatorio simple ([Smith y Hewitt 1985](#)).

Para delimitar el área de crucero y área de desove se seguirá la metodología disponible en la biblioteca “geofun” y “spatstat” para R, ya que:

- Los límites internos (costeros) son definidos por una versión suavizada de la línea de costa, para evitar extrapolaciones a puntos cercanos a la costa.
- Los límites exteriores son definidos por los puntos finales de cada transecta, pero se agrega una distancia equivalente a la mitad de la distancia entre puntos (estaciones) de la transecta.
- Límites sobre el comienzo y fin del crucero son definidos por los puntos de las transectas externas, pero agregando la mitad de la distancia entre transectas.

Al conocer el área exacta representada por un punto de muestreo (o cualquier otro punto sobre el cual la predicción toma lugar) es muy importante tanto para la aplicación tradicional. La producción de huevos se mide en unidades de individuos por m^2 por día, así el área de mar superficial representado por cada punto se necesita para obtener una estimación de la producción diaria en el área total del crucero. Es necesario evitar las extrapolaciones y estimar tan precisa como sea posible el área exacta asociada a cada punto, en particular en puntos cercanos a la línea de costa donde una estimación imprecisa podría generar extrapolaciones sobre la tierra. La estimación del área representada por cada punto dentro del área del crucero debería considerar la distancia desde el punto a cualquiera de los puntos que lo rodean y a los límites del área del crucero de tal manera que el área de cada punto no se sobreponga con otros y la suma del área representada por dichos puntos sea igual al área total del crucero.

Los tres paquetes computacionales que permiten analizar los límites del crucero y ejecutar estimaciones de la producción diaria de huevos, incluyendo modelos GAM, fueron desarrollados como librerías de funciones en *R* (<http://www.cran.r-project.org>, [Ihaka y Gentleman, 1996](#)). *R* es un programa de libre distribución bajo los términos del "Free Software Foundation's GNU General Public License ([Hornik 2002](#)). Una breve descripción de cada programa es el siguiente:

- *mgcv*, es el programa principal para ajustar GAM. Los principales métodos estadísticos y computacionales han sido publicados ([Wood 2003](#)) o están en preparación. El programa representa una notable mejoría del trabajo con GAM, particularmente en relación con: a) selección de modelos automática utilizando GCV o AIC; b) suavizadores multidimensionales utilizando la aproximación "thin plate" ([Wood 2003](#)); y c) modelo de ajuste eficiente y robusto, que permite también ajustar datos altamente dispersos utilizando la distribución binomial negativa.
- *eggs*, permite una estimación GAM-basada del MPDH, incluyendo funciones para: a) ajuste de modelos a datos provenientes de experimentos de incubación utilizando un modelo flexible multinomial; b) asignación de edades a datos de huevos por estadios de desarrollo observados utilizando un nuevo método

Bayesiano de asignación de edades, sobre la base del modelo de desarrollo de los datos de incubación y función densidad de probabilidad para la sincronía del desove; c) agrupación de huevos en cohortes diarias y estimación de la abundancia promedio y edad promedio; d) ajuste de un modelo GAM para estimar la producción diaria de huevos y la mortalidad; y e) obtención de muestras bootstrap no paramétricas para la producción diaria de huevos, con incertidumbre asociada al procedimiento de asignación de edades. Otras funciones generales para obtener resúmenes estadísticos, gráficos, entre otras facilidades son también incluidas en el programa.

- *geofun*, el programa está diseñado para modificar los datos espaciales para ser utilizados adecuadamente en la modelación espacial (e.g. usando GAM) y provee de funciones para representar mapas de distribución y salidas de los modelos. Las principales características son: a) transformación de pares de variables (usualmente latitud y longitud) a lo largo de una línea de referencia (e.g. línea de costa, isóbata) y perpendiculares a ésta; b) encuentra los límites del área del crucero y detecta los puntos que están dentro de dichos límites; c) estima el área de los puntos de una grilla de muestreo regular o irregular dentro de los límites del crucero mediante Dirichlet Tessellation, d) estima el área representada por los puntos localizados en el borde del crucero; e) provee funciones para graficar los resultados de un modelo espacial (mapeo).

8.5. Objetivo 2: Proporción de estadios de madurez sexual microscópicos y fracción diaria de hembras desovantes

La condición reproductiva de las hembras se evaluará 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 4**. La escala microscópica incorpora a 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 a través del monitoreo que se implementará.

8.5.1. Folículos postovulatorios

Los folículos postovulatorios (FPO) se analizarán 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 ovarico.

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).

Tabla 4. 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 depositación 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 de la depositación 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 en depositación temprana 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.

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* (**Tabla 5**).

Tabla 5. 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 teleosteos. 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 ([Hunter y Goldberg 1980](#)). [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 caballa (*Scomber japonicus*) por [Dickerson et al. \(1992\)](#) y de la anchoveta. 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 permitirá asignar la edad correctamente.

No obstante que la metodología previa es la estándar, el grupo de trabajo revisó los criterios morfohistológicos de clasificación utilizados, adoptándose una escala de 7 puntos que ha permitido mejorar la asignación de edad a los FPO, tanto de anchoveta como de sardina común (**Tabla 6**). En este contexto, se

utilizó los criterios recomendados por el Proyecto FIP 2006-38 para clasificar y asignar la edad a los FPO de ambos recursos (Claramunt et al. 2007a).

Tabla 6. Clasificación histológica de los folículos postovulatorios de anchoveta y sardina común, según grado de degeneración (Claramunt et al. 2007a).

Estadios de FPO	I	II	III	IV	V	VI	VII
Tamaño	Grande	Grande	Mediano	Mediano	Pequeño	Muy Pequeño	Remanente
Forma del FPO y relación con el lumen	Forma estrellada con grandes pliegues, lumen con granulos eosinofilos	Forma estrellada Pliegues mas próximos entre si lumen con granulos	Tendencia a perder los pliegues, forma alargada ,lumen en reducción sin granulos	Escaso lumen, pared folicular en estrecho contacto	Sin lumen, laminas foliculares en estrecho contacto	Sin lumen, aspecto poligonal laminas deterioradas	Aspecto poligonal deteriorado
Folicular	Células	Células cilindroides, poco hipertrofiadas forma una banda celular de limites claros	Idem	Idem	Perdida de ordenamiento, limites visibles aislados	Desorden celular, pocas células reconocibles	No se reconocen células individuales
	Núcleo	Redondeado a elíptico	Pocos núcleos alargados picnoticos	Predominio de núcleos picnoticos	Idem	Idem	Escasos y picnoticos
	Vacuolas	No se reconocen	Escasas y muy pequeñas	De menor o igual tamaño al núcleo, poco numerosas	De igual o mayor tamaño al núcleo, numerosas	Grandes y dominan en las laminas celulares	Idem
Teca	Fuertemente adherida y con células alargadas	Adheridas a la folicular, con alguna picnosis	Incidencia de células sanguíneas y capilares entre la teca y la folicular	Separada de la folicular por invasión de estroma ovárico a tramos	Completamente separada por invasión del estroma ovárico	Poco reconocible	No se reconoce

8.5.2. Fracción diaria de hembras desovantes

La fracción diaria de hembras desovantes considera solamente los ovarios con folículos postovulatorios, y en su estimación se usará las ecuaciones de [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:

$$24)... \quad S_i = \frac{m_{h,i}}{m_i} \quad \text{ó} \quad \frac{m_{1,i}}{m_i} \quad \text{ó} \quad \frac{m_{2,i}}{m_i}$$

donde:

$$25)... \quad m_i = m_{h,i} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}$$

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 el marco del Proyecto FIP 2006-38 “Mejoramiento del Método de Producción Diaria de Huevos Aplicado en Pelágicos Pequeños”, se revisó la datación de los folículos postovulatorios de 2002, 2003, 2004 y 2005, y se encontró que usualmente la fracción desovante de estimada hembras de día 2 es bastante alta. Aunque se distinguió folículos postovulatorios de Día 0 (hembras que desovaron la noche de captura, 0 – 9 horas), Día 1 (entre 9 y 32 horas, la noche anterior), y Día 2 (entre 33 y 56 horas después del desove), es más adecuado estimar la fracción diaria de hembras desovantes considerando sólo las hembras de día 1 ya que por lo general el muestreo generalmente se realiza en horas del día (6:30 a 18:00 h). Probablemente, las hembras de Día 2 pueden permanecer más tiempo asociada a un mayor tiempo de degeneración (Macewicz, com. Pers. 2006). Es conocido que la degeneración de los folículos postovulatorios es afectado por la temperatura ([Fitzhugh and Hettler 1995](#), [Ganias et al. 2003](#)), y el bajo rango de temperatura (11 – 12 °C) observado en los cruceros podría estar afectando la exactitud en la datación de los folículos más viejos. Esto constituye más bien una inexactitud más que un sesgo, de tal

manera que es preferible solo usar los folículos postovulatorios de día 1 para el cálculo de la fracción diaria de hembras desovantes (Macewicz, com. pers. 2006, Cubillos et al. 2007).

Por lo tanto, la fracción diaria de hembras desovantes (S) del presente estudio correspondió a la proporción de hembras que desovaron la noche previa a la captura, cuyos ovarios presentaron FPO I al IV. La media y la varianza de la fracción diaria de hembras desovantes fueron estimadas a partir de la ecuación Alheit et al. (1984) y Picquelle y Stauffer (1985), i.e.

$$26)... \quad \bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{S}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

con varianza igual a:

$$27)... \quad Var(\bar{S}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum \left(\frac{m_{y,i}}{\bar{m}} \right)^2 (\bar{S}_i - \bar{S})^2$$

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.

8.6. Objetivo 3: Fecundidad parcial y fecundidad media poblacional

8.6.1. Fecundidad parcial

Se utilizará el método gravimétrico para estimar la fecundidad parcial (Hunter y Goldberg 1980, Hunter et al. 1985, Cubillos et al. 2007). 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 que se colectaran como hidratados serán sometidos a un examen histológico, descartándose aquellos que tendrán indicios de desove (presencia de folículos postovulatorios) ya que la fecundidad podría ser subestimada.

El procedimiento de conteo de ovocitos consiste en 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; d) conteo de los ovocitos en cada submuestra bajo lupa, las que serán depositadas en una cápsula petri y cubiertas con gotas de glicerina (33%).

Se utilizará 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:

$$28)... \quad \bar{E}_i = \bar{n} \times \bar{W}_i$$

donde:

\bar{E}_i = Fecundidad parcial (número total de ovocitos hidratados en el ovario).

\bar{W}_i = Peso húmedo del ovario (g).

\bar{n} = Número promedio de ovocitos hidratados por gramo de submuestra.

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 establecerá mediante regresión un modelo lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal de las hembras maduras, ya que ha sido el modelo que mejor se ajusta a los datos en otros estudios ([Oliva et al. 2001](#), [Cubillos et al. 2007](#)). 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 y 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 en un contexto operacional para estimar solamente 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; 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.

8.6.2. Fecundidad media poblacional

La fecundidad parcial se determinará utilizando las hembras colectadas en el área de muestreo en función del peso corporal (peso del cuerpo de hembras sin gónada). El peso promedio corporal de las hembras maduras muestreadas aleatoriamente de cada lance será utilizado para estimar la fecundidad por medio del modelo de regresión. La fecundidad media poblacional y su varianza se estimará siguiendo la metodología aplicada en el Método de Producción de Huevos, descrita por [Hunter et al. \(1985\)](#):

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

donde:

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

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

$$30)... \quad Var(\bar{E}) = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{(\bar{E}_i - \bar{E})^2}{n-1} + \frac{S_h^2}{n_h} + (w_i^* - w_h^*)S_\beta^2 \right]}{\left(\sum_{i=1}^n (m_i / n) \right)^2 n}$$

donde:

\bar{E} = Fecundidad media poblacional,

\bar{E}_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.

8.7. Objetivo 4: Proporción sexual y peso promedio de hembras maduras

8.7.1. Proporción sexual

La proporción en peso de las hembras se estimará 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 será estimada por:

$$31)... \quad \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{R}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

y su varianza por:

$$32)... \quad \hat{VAR}(\bar{R}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right]^2 n(n-1)}$$

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.

8.7.2. Peso promedio

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

$$33)... \quad \bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

y la varianza por

$$34)... \quad \hat{VAR}(\bar{W}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{W}_i - \bar{W})^2}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right]^2 n(n-1)}$$

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}^*) que es ajustado solo en aquellas hembras que no tienen huevos hidratados

$$35)... \quad \hat{W}_{ij} = \hat{\alpha} + \hat{\beta} W_{ij}^*$$

La distribución de frecuencia observada del peso promedio de hembras por lance es usualmente simétrica aunque puede ocurrir cierta insinuación de bimodalidad si hay una clase anual mayor a 1 año. 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, será necesario 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 diluyente, 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 será calculado a partir de una muestra de 30 machos y 30 hembras, las cuales se pesarán en fresco para luego ser fijadas, con la misma solución y procedimiento a utilizar a bordo, siendo vueltos a pesar a intervalos regulares. El factor de corrección para cada parámetro y sexo, será calculado como la media del porcentaje de variación de las mediciones efectuadas después de 48 h y al mes después de la fijación.

8.8. Objetivo 5: Biomasa del stock desovante

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

$$36)... \quad B = \frac{P_0 A}{\frac{SFR}{W}} k$$

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:

$$37)... \quad E[B] = \hat{B} + b$$

donde E[B] es el valor esperado de la biomasa y \hat{B} es el estimado de biomasa con la ecuación (42). El sesgo puede estimarse aproximadamente de la siguiente forma:

$$38)... \quad b \cong \hat{B}(CV(R)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + COVS)$$

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

$$39)... \quad COVS = \frac{COV(PW)}{PW} - \frac{COV(PR)}{PR} - \frac{COV(PF)}{PF} - \frac{COV(PS)}{PS} - \frac{COV(WR)}{WR} - \frac{COV(WF)}{WF} - \frac{COV(WS)}{WS} \\ + \frac{COV(RF)}{RF} + \frac{COV(RS)}{RS} + \frac{COV(SF)}{SF}$$

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

$$40)... \quad Var(B) \cong \hat{B}^2 \times (CV(P)^2 + CV(W)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + 2 \times COVS)$$

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

$$41)... \quad COVS = \sum_i \sum_{i < j} sign \frac{COV(x_i, x_j)}{x_i x_j}$$

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 dependen de

su lugar en la ecuación de estimación de biomasa (positivo si están ambos en el numerados 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:

$$42)... \quad r(F, W) = \frac{\sum_i m_i (\bar{F} - \bar{F}) k_i (\bar{W} - \bar{W})}{\{\bar{m} \bar{k} n(n-1)\} \sigma_F \sigma_W}$$

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.

8.9. Objetivo 6: Distribución espacial de huevos asociada a variables oceanograficas

Con la información oceanográfica obtenida en el crucero de huevos, se describirá la distribución espacial de la temperatura, salinidad, y densidad. Dicha descripción se realizará mediante mapas de isolíneas que serán construidos 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 isopicnas en superficie, a 10 y 50 m de profundidad para toda el área de estudio,
- secciones verticales de temperatura costa-océano cada 30 millas náuticas de latitud,
- secciones verticales de salinidad costa-océano cada 30 millas náuticas de latitud,
- secciones verticales de densidad costa-océano cada 30 millas náuticas de latitud.

8.9.1. Relación distribución de huevos con variables ambientales.

Las relaciones entre la distribución de huevos con las variables ambientales se investigará según dos métodos cualitativos, y dos métodos estadísticos.

a) Análisis cualitativos

- 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.
- Se llevarán a cabo diagramas T-S en los cuales se sobrepondrá una representación escalada de la abundancia de huevos de anchoveta y sardina común, siguiendo la metodología de [Checkley et al. \(2000\)](#).

b) Análisis cuantitativos

Se utilizará modelos aditivos generalizados (GAM) para analizar la relación existente entre la densidad de huevos y características físicas del ambiente en el área de desove. Los Modelos Aditivos Generalizados (GAM) han demostrado ser una poderosa herramienta para modelar la distribución de huevos y la producción diaria de huevos (e.g. [Borchers et al. 1997](#), [Bernal 1999](#); [Stratoudakis et al. 2003](#)), pero varios problemas metodológicos no habían podido ser resueltos para ser utilizados adecuadamente en el MPDH. Dichos problemas metodológicos han sido superados a través del proyecto de la Unión Europea "Using environmental variables with improved DEPM methods to consolidate the series of sardine and anchovy estimates" (EU Study 99/080, <http://ruwpa-st.andrews.ac.uk/depmodel>), cuyas mejoras se pueden resumir en:

- Rutinas para la selección de modelos utilizando GAM, lo que previamente había sido realizado sobre una base *ad hoc* con elementos subjetivos.
- Modelación independiente del sistema de coordenadas en GAM, de esta manera los modelos deberían ser insensitivos a cambios en el sistema de coordenadas.
- Modelación de interacciones con GAM, cuyo principal tópico es cómo escalar la covarianza relativa de las variables.
- Mejor desempeño de la inferencia con modelos GAM
- Asegurar estabilidad del modelo con datos que se caracterizan por una alta presencia de ceros
- Facilitar el uso de las nuevas rutinas a usuarios interesados en mejorar estimaciones con el MPDH.

Se destaca que gran parte de los tópicos mencionados necesitaron de cambios en la metodología estadística básica en GAM. Por ejemplo, la estimación de la producción diaria de huevos (P_0) y la tasa de mortalidad diaria (Z) es un problema específico del MPDH. Por esta razón, varias mejoras estadísticas fueron desarrolladas a través del proyecto de la UE, las que se describirán aquí y serán aplicadas en la problemática general de la producción diaria de huevos de anchoveta y sardina común.

La fórmula general simplificada de GAM que será aplicada en la estimación de la producción diaria de huevos se expresa por:

$$43) \dots E[N_i] = g^{-1}(\text{offset} + s(x_1, \text{by} = P_0) + s(x_2, \text{by} = \text{edad}))$$

donde N_i es la abundancia de huevos en la cohorte diaria i , g^{-1} es el inverso de la función de enlace (link function), i.e. la función que relaciona la variable respuesta y el predictor lineal (e.g. logaritmo en el caso de Poisson); P_0 es la producción diaria de huevos, edad es la edad media ponderada de la cohorte diaria i ; $s(x_1, \text{by} = P_0)$ es la función suavizadora que describe la relación entre la producción de huevos (en escala logarítmica) y un conjunto de co-variables x_1 , e.g. $s(\text{Lat}, \text{Long}, \text{by} = P_0)$; y $s(x_2, \text{by} = \text{edad})$ es la función suavizadora que describe la relación entre la mortalidad de los huevos y el conjunto de co-variables x_2 , e.g. $s(\text{TSM}, \text{by} = \text{edad})$.

Las estimaciones de la edad y N_i serán obtenidas directamente desde las muestras mediante un nuevo procedimiento de asignación de edad (modelo multinomial). El parámetro *offset* es fijo y toma en cuenta diferencias en el tamaño de las muestras (i.e. volumen de agua filtrada o superficie efectiva muestreada). Se utilizará el área efectiva muestreada, calculada mediante el producto entre el área de la boca de la red CalVET y el coseno del ángulo del cable.

La estructura de error (la cual puede diferir de la distribución normal) será seleccionada según la relación media-varianza. Las funciones suavizadoras son automáticamente seleccionadas por el nuevo conjunto de algoritmos desarrollado para GAM utilizando validación cruzada general (General Cross-Validation, GCV). No obstante, el conjunto de co-variables utilizadas para explicar la producción de huevos y la tasa de mortalidad será seleccionadas por el equipo de trabajo sobre la base del conocimiento de la especie y las características del hábitat reproductivo. La ventaja de esta metodología es que no requiere de supuestos a posteriori acerca de la estratificación del área de estudio.

Ajuste y selección de modelos

Dentro del proyecto GAM de la UE, un esquema de trabajo flexible e integrado para el ajuste de GAM utilizando “penalized regression splines” (e.g. [Wahva 1980](#), [Parker y Rice 1985](#), [Eilers y Marx 1996](#)) fue desarrollado, y que consisten en:

- Selección de suavizadores de dispersión integrados utilizando GCV (General Cross-Validation) o unbiased risk estimation (Criterio de Información de Akaike, AIC)
- Representación de rangos óptimos bajos de funciones suavizadoras componentes del modelo de un número arbitrario de covariables.
- Una aproximación rigurosa para la estimación por intervalos sobre la base de un modelo Bayesiano del proceso de suavización
- Extensión de los modelos aditivos generalizados para incluir "offset multiplicativos" para los términos de suavizamiento.
- Una aproximación eficiente para utilizar un modelo de error binomial negativo en este esquema de trabajo con GAM.
- Desarrollo de un método numérico óptimamente estable de ajuste del modelo y selección de los suavizadores de dispersión utilizando GCV o AIC.
- El desarrollo de un paquete computacional completo en el que se implementa este esquema de trabajo flexible y disponible gratuitamente dentro del programa R.

Los primeros tres puntos y el último están relacionados con una mejoría notable de ajuste de GAM y ampliamente disponibles para una gran variedad de aplicaciones. El cuarto punto fue desarrollado para tratar aspectos particulares de la estimación de la producción de huevos con GAM (modelo de mortalidad de huevos), mientras que los puntos quinto y sexto fueron desarrollados sobre la base de las aplicaciones del MPDH, pero que pueden ser utilizados para modelar una gran variedad de otro tipo de datos. [Wood \(2002, 2003\)](#) describe en detalle los puntos anteriores desde el punto de vista estadístico.

9 Resultados

9.1. Monitoreo reproductivo de adultos

Se entrega resultados del monitoreo reproductivo de adultos realizado entre febrero y diciembre del 2007, en el área comprendida entre la V y X regiones. Las muestras fueron colectadas en las localidades de San Antonio (V región); Coronel, Lota, Talcahuano (VIII región) y Valdivia y Corral (X región, en la actualidad XIV). Se informa la estructura de tallas y los indicadores reproductivos macroscópicos observados durante los periodos pre-veda, veda reproductiva y post-veda.

9.1.1. Frecuencia de tallas

En la zona norte, San Antonio (V Región), se presentó la menor cobertura temporal del monitoreo reproductivo, obteniendo muestras entre los meses de marzo y julio para anchoveta y entre abril y julio para sardina común (**Tabla 7**). Posterior a estos meses no se logró la obtención de muestras debido principalmente a las limitaciones para ejercer esfuerzo pesquero por malas condiciones ambientales (cierre de puertos) y a la ausencia de recurso; por lo cual las embarcaciones optaron por la captura de otros recursos. En esta región se observó, en sardina común, un rango de tallas que fluctuó entre 8,9 y 19,3 cm, con una longitud promedio que no superó los 13,0 cm (total de meses monitoreados) y una estructura de tallas generalmente unimodal. Los individuos de mayor talla procesados se registraron en el mes de junio y los de menor talla en mayo (**Tabla 7a**). En anchoveta, las tallas registradas fueron mayores a las observadas en sardina común presentando un rango de tallas que fluctuó entre 9,5 y 19,0 cm, con longitudes promedio entre 13,7 y 16,3 cm (**Tabla 7b**). La estructura de tallas generalmente se presentó unimodal, excepto en el mes de abril donde se observaron dos modas.

En la zona centro (VIII Región) se logró una cobertura temporal mayor (febrero a diciembre), observándose que el rango de tallas de sardina común fluctuó entre 5,5 y 18,0 cm y una longitud modal que se mantuvo alrededor de los 10,0 cm en los dos primeros trimestres del año, alrededor de los 13,0 cm en el tercer trimestre y disminuyendo alrededor de los 6,0 cm al final del año monitoreado (**Tabla 8a**). La estructura de tallas generalmente se presentó bimodal, excepto en los meses de junio y septiembre donde se observó una sola estructura modal. Los individuos de mayor tamaño se registraron entre agosto y octubre, mientras que los de menor talla entre febrero y marzo y posteriormente entre noviembre y diciembre. Por último se destaca el buen número de ejemplares de sardina procesados mensualmente el

cual fluctuó entre 90 ejemplares en febrero y 1691 en octubre. En anchoveta, al igual que en la V región los ejemplares fueron de mayor tamaño en comparación con el otro recurso, presentando un rango de tallas que fluctuó entre 6,5 y 19,0 cm, con longitudes promedio sobre los 13,0 cm para todos los meses de monitoreo (**Tabla 8b**). La estructura de tallas fue claramente unimodal para la mayoría de los meses excepto en febrero y marzo donde se aprecia mas de una longitud modal. Al igual que en sardina común para esta región se destaca el buen numero de muestras procesadas el cual fluctuó entre 393 ejemplares en agosto y 1761 en octubre.

Tabla 7. Resumen de distribución de frecuencias de tamaño durante el monitoreo reproductivo en la zona norte, San Antonio V Región (LT se refiere a la longitud total).

a) Sardina Común

V Región					
LT (cm)	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Promedio		11,7	10,3	13,1	12,5
Moda		10,5	10,2	12,5	12,5
LT min		9,0	8,9	12,3	11,1
Lt max		14,5	13,2	19,3	13,2
n		327	25	32	7

b) Anchoveta

V Región					
LT (cm)	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Promedio	16,2	16,3	16,1	15,6	13,7
Moda	16,4	16,5	15,5	16,0	13,6
LT min	15,5	9,5	11,0	13,0	11,2
Lt max	17,2	18,0	19,0	17,4	16,6
n	26	816	747	161	100

En la zona sur, Valdivia (ex-X Región), la estructura de tallas de sardina común se caracterizó por individuos comprendidos entre 8,5 y 18,5 cm de longitud total, longitudes promedio entre los 12,1 y 14,1 cm y una moda que fluctuó entre 12,0 y 14,5 individuos (**Tabla 9a**). En el caso de la anchoveta, la estructura de tallas estuvo representada por ejemplares de entre 8,5 y 19,0 cm de longitud total, longitudes promedio entre los 13,2 y 16,2 cm y una moda que fluctuó entre 13,5 y 16,0 cm (**Tabla 9b**). La estructura de tallas para los dos recursos en esta región se presentaron unimodales para todos los meses de monitoreo.

Tabla 8. Resumen de distribución de frecuencias de tamaño durante el monitoreo reproductivo en la zona centro, VIII Región (LT se refiere a la longitud total).

a) Sardina Común

VIII Región											
LT (cm)	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio	13,3	12,6	12,9	11,7	10,4	12,4	13,3	13,6	13,9	11,5	11,8
Moda	10,0	10,0	10,5	10,0	9,0	9,0	12,0	13,0	13,0	6,5	5,0
LT min	5,5	5,5	6,5	7,0	7,0	8,0	6,5	6,5	5,5	5,0	4,5
Lt max	17,0	16,5	18,0	16,0	14,5	17,5	17,4	17,0	17,0	16,5	16,5
n	90	1183	238	478	554	437	455	1272	1691	601	350

b) Anchoqueta

VIII Región											
LT (cm)	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio	15,9	15,6	15,2	14,9	13,5	13,2	13,5	14,4	14,0	13,9	
Moda	16,0	13,0	13,5	13,5	11,0	11,0	12,0	12,5	14,0	14,0	
LT min	7,0	7,0	6,5	6,5	6,5	6,5	8,0	8,0	9,0	10,0	
Lt max	19,0	19,0	18,5	18,5	18,5	18,5	17,5	18,0	18,0	17,5	
n	562	981	627	1000	1115	580	393	1390	1761	964	

Tabla 9. Resumen de distribución de frecuencias de tamaño durante el monitoreo reproductivo en la zona sur, Valdivia ex-X Región (LT se refiere a la longitud total).

a) Sardina Común

X Región											
LT (cm)	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio	12,8	13,1	12,3	14,1	12,8	12,4	12,1	13,2	12,9	13,8	13,5
Moda	12,0	12,0	13,5	13,0	12,5	12,5	13,5	14,5	14,0	14,5	14,0
LT min	8,5	7,0	8,5	9,0	9,5	8,5	10,5	11,0	10,5	11,5	12,0
Lt max	16,0	16,5	17,5	18,5	15,0	15,5	16,0	17,5	17,5	16,5	16,0
n	84	367	31	197	100	149	185	50	227	197	480

b) Anchoqueta

VIII Región											
LT (cm)	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio	13,2	14,5	13,5	15,2	15,6	15,0	15,1	16,2	15,7	13,9	14,3
Moda	12,0	14,5	13,0	15,5	15,0	13,0	16,0	16,0	16,0	15,5	14,0
LT min	9,5	8,5	9,5	10,5	9,5	9,0	12,0	11,5	12,0	11,0	12,0
Lt max	17,5	18,5	18,5	18,5	19,0	18,0	18,5	19,0	19,0	19,0	17,0
n	155	317	34	50	191	250	45	218	120	50	127

9.1.2. Indicadores reproductivos macroscópicos

Durante el monitoreo reproductivo se analizó macroscópicamente las gónadas de las hembras de anchoqueta y sardina común, con el objetivo de determinar su Estado de Madurez Sexual (EMS). Se procesó un total de 6890 hembras de sardina común, de las cuales 0,3% fueron procedentes de la V región, 71,3% de la VIII región y un 28,4% de la X región. En las tablas 8 y 9 se observa los resultados de la

frecuencia de EMS mensual para la VIII y X regiones, no se incluyen los resultados de la V región debido a los pocos ejemplares procesados (21).

En la VIII región sardina común durante los cuatro primeros meses de monitoreo (febrero a mayo) presentó mayor frecuencia de hembras en estado de madurez sexual II (en maduración) y III (maduro), alrededor del 80,0% y 16,0% respectivamente; a partir de julio y hasta el mes de octubre se tornan mas relevantes los EMS III y IV (en desove), este ultimo con mayor importancia en el mes de octubre (18,0%), para finalmente en noviembre y diciembre volver a la dominancia de los EMS II y III. En términos generales fue mas frecuente el EMS II (en maduración) entre febrero y junio, mientras que el EMS III (maduro) fue mas frecuente entre julio y diciembre (**Tabla 10a**). La frecuencia de EMS III registrada durante el monitoreo, indicaría que este recurso comienza su actividad reproductiva en el mes de julio, extendiéndose (en menor intensidad) hasta diciembre. En anchoveta (**Tabla 10b**), se presento similar tendencia en la ocurrencia de EMS, mas frecuente el EMS II entre febrero y junio, mientras que el EMS III fue mas frecuente entre julio a noviembre. Por otro lado, también se resalta un aumento de hembras en EMS IV a partir de junio con mayor relevancia en septiembre (12,9%) y noviembre (23,7%). La frecuencia de EMS III registrada durante el monitoreo, indicaría que este recurso comienza su actividad reproductiva en el mes de agosto, extendiéndose (en menor intensidad) hasta diciembre.

Tabla 10. Distribución del estado de madurez sexual macroscópico de sardina común y anchoveta durante el monitoreo reproductivo en la VIII Región en número y porcentaje (entre paréntesis).

a) Sardina Comun

VIII											
EMS	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
I	14 (3,0)	1 (0,2)	+	11 (6,8)	83 (17,5)	+	+	+	+	49 (6,4)	+
II	375 (80,0)	466 (84,3)	100 (80,0)	124 (76,5)	269 (56,8)	13 (4,2)	16 (4,7)	12 (1,5)	36 (4,0)	168 (21,9)	34 (24,3)
III	75 (16,0)	85 (15,4)	22 (17,6)	26 (16,0)	121 (25,5)	274 (89,5)	296 (87,8)	720 (88,9)	703 (77,4)	482 (62,9)	106 (75,7)
IV	+	1 (0,2)	3 (2,4)	1 (0,6)	1 (0,2)	19 (6,2)	25 (7,4)	78 (9,6)	163 (18,0)	59 (7,7)	+
V	5 (1,1)	+	+	+	+	+	+	+	6 (0,7)	8 (1,0)	+
Nº	469	553	125	162	474	306	337	810	908	766	140

a) Anchoveta

VIII											
EMS	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
I	+	+	+	217 (17,8)	222 (19,1)	+	+	+	+	+	+
II	461 (80,5)	737 (97,2)	587 (97,5)	784 (64,3)	519 (44,7)	80 (30,9)	67 (15,8)	24 (3,2)	53 (5,5)	81 (17,3)	+
III	112 (19,5)	21 (2,8)	15 (2,5)	218 (17,9)	403 (34,7)	171 (66,0)	352 (83,0)	631 (83,9)	815 (85,3)	276 (59,0)	+
IV	+	+	+	+	17 (1,5)	8 (3,1)	5 (1,2)	97 (12,9)	87 (9,1)	111 (23,7)	+
V	+	+	+	+	+	+	+	+	1 (0,1)	+	+
Nº	573	758	602	1219	1161	259	424	752	956	468	

El registro de la frecuencia de EMS en la zona sur, Valdivia ex - X Región, se presenta en las **Tabla 11**. En sardina común se observa una pobre actividad reproductiva entre los meses de febrero y julio, lo cual se deduce del gran porcentaje de hembras en EMS II (en maduración) (alrededor del 90%); a partir de agosto se observa un importante aumento en la actividad reproductiva, inferido del incremento de hembras

en EMS III (maduro), las cuales alcanzan su mayor frecuencia de ocurrencia en el mes de septiembre (81,0%). Sin embargo y a diferencia de lo que ocurre en este mismo recurso en la VIII región donde la actividad reproductiva se observa desde julio extendiéndose hasta diciembre, en esta región el periodo de gran actividad reproductivo es acotado a los meses de agosto y octubre, con un leve registro en noviembre. En anchoveta, la pobre actividad reproductiva parte en febrero y se extiende hasta agosto (predominio de EMS II), iniciándose según la frecuencia de EMS III, en el mes de septiembre con registros de actividad hasta diciembre (EMS III (48,2%) y EMS IV (40,0%)).

Tabla 11. Distribución del estado de madurez sexual macroscópico de sardina común y anchoveta durante el monitoreo reproductivo en la X Región en número y porcentaje (entre paréntesis).

a) Sardina Común
X

EMS	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
I	+	10 (5,4)	7 (3,4)	+	2 (1,6)	+	+	+	+	+	+
II	41 (97,6)	173 (94,0)	200 (96,6)	193 (98,0)	98 (79,0)	80 (80,8)	28 (50,0)	41 (15,3)	138 (32,6)	298 (83,0)	73 (88,0)
III	+	+	+	4 (2,0)	23 (18,5)	11 (11,1)	12 (21,4)	217 (81,0)	259 (61,2)	58 (16,2)	2 (2,4)
IV	+	+	+	+	+	8 (8,1)	16 (28,6)	9 (3,4)	22 (5,2)	2 (0,6)	8 (9,6)
V	1 (2,4)	1 (0,5)	+	+	1 (0,8)	+	+	1 (0,4)	4 (0,9)	1 (0,3)	+
Nº	42	184	207	197	124	99	56	268	423	359	83

a) Anchoveta
X

EMS	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
I	8 (11,8)	3 (1,6)	2 (1,1)	+	+	+	+	+	+	+	+
II	60 (88,2)	184 (98,4)	181 (98,9)	191 (100)	216 (97,3)	63 (99,4)	25 (96,2)	10 (4,7)	42 (14,7)	77 (45,6)	10 (11,8)
III	+	+	+	+	6 (2,7)	1 (0,6)	+	187 (87,4)	228 (80,0)	90 (53,3)	41 (48,2)
IV	+	+	+	+	+	+	1 (3,8)	16 (7,5)	14 (4,9)	+	34 (40,0)
V	+	+	+	+	+	+	+	1 (0,5)	1 (0,4)	2 (1,2)	+
Nº	68	187	183	191	222	164	26	214	285	169	85

Según la información de valor promedio mensual del índice gonadosomático (IGS), en la VIII Región (**Figura 2**), se observa una coincidencia con los resultados desprendidos de los EMS macroscópicos, es decir, pobre actividad reproductiva de febrero a mayo y comienzos de este proceso en julio; con un máximo IGS en agosto para sardina común y septiembre para anchoveta. Se resalta una posible prolongación de este proceso en anchoveta hasta diciembre, dado los valores altos de IGS registrados en noviembre (sobre 7). En la X región, la información del IGS también es coincidente con los resultados desprendidos de los EMS macroscópicos, pobre actividad reproductiva entre febrero y julio (para ambos recursos); con inicio de este proceso en agosto y un máximo valor de IGS en septiembre para los dos recursos (IGSsardina = 8,4 y IGSanchoveta = 9,4, **Figura 3**). Se destaca que en sardina común, a diferencia de lo observado en la VIII región donde el máximo IGS se observa en agosto y la actividad reproductiva parece extenderse hasta el mes de diciembre, en la X región este periodo estaría acotada entre los meses de agosto a octubre y la actividad reproductiva importante no sería más allá de noviembre.

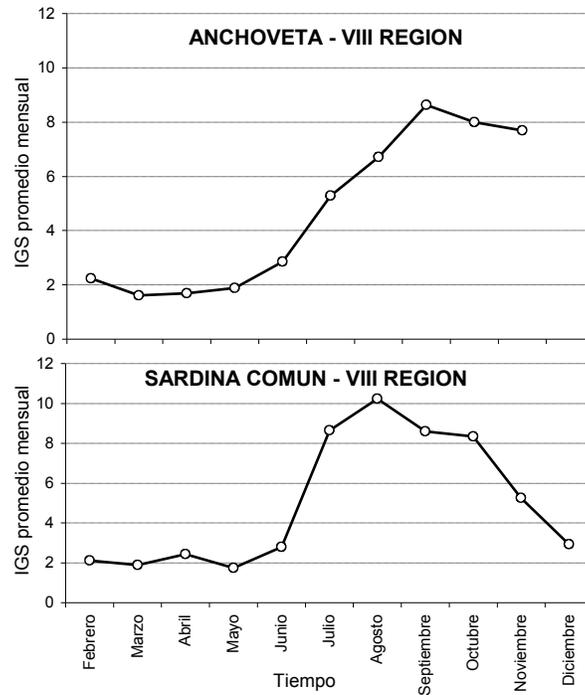


Figura 2. Evolución mensual del índice gonadosomático para ambas especies durante el periodo de monitoreo en la VIII Región.

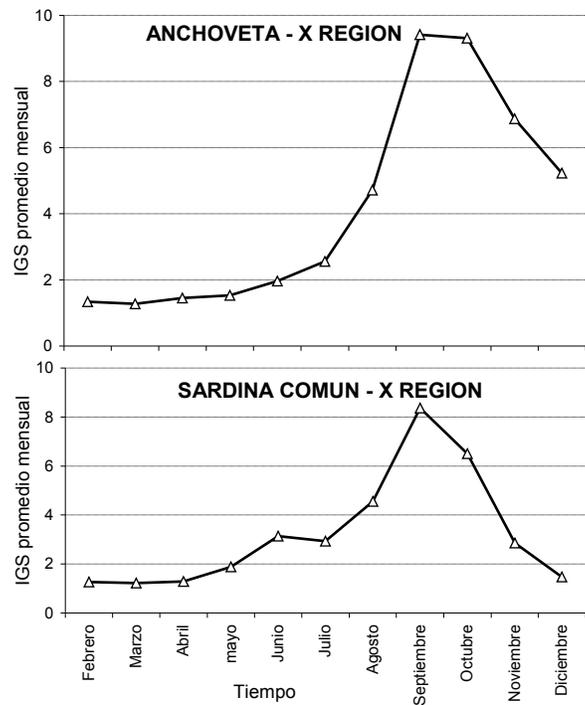


Figura 3. Evolución mensual del índice gonadosomático para ambas especies durante el periodo de monitoreo en la X Región.

9.1.3. Indicadores reproductivos microscópicos

Se analizó un total de 2987 hembras con histología, con longitudes entre 8,6 y 17,9 cm LT, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente a partir de muestreos biológicos específicos efectuados entre la V y XIV Regiones. No obstante, debido a la escasa información colectada en San Antonio, el análisis consideró la zona centro (V a VIII región) y zona sur (IX a XIV región).

En el caso de la anchoveta, se analizó histológicamente 1935 hembras, mientras que en la zona sur se procesaron 1052 ejemplares. La frecuencia de Estados de Madurez Microscópicos (EMM) se resume en la **Tabla 12**. En el caso de la sardina común, se analizó 2861 preparaciones histológicas; en la zona centro se procesaron 1477 ejemplares y 1384 en la zona sur, y los EMM se presentan en la **Tabla 13**.

Tabla 12. Frecuencia en número y porcentaje (%) de los estados de madurez sexual microscópicos registrados para anchoveta en ambas zonas.

Anchoveta	EMM	MAR	ABR	MAYo	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
Zona Centro	I	41 (77,4)	39 (53,1)	8 (19,0)	15 (10,0)	--	14 (21,2)	--	--
	II	12 (22,6)	36 (47,4)	26 (61,9)	78 (52,0)	17 (6,7)	23 (34,8)	--	--
	III	--	--	--	9 (6,0)	4 (1,6)	--	2 (0,2)	--
	IV	--	--	--	19 (12,7)	42 (16,5)	13 (19,7)	219 (19,6)	17 (9,7)
	V	--	--	--	24 (16,0)	46 (18,1)	5 (7,6)	147 (13,1)	22 (12,5)
	VI	--	1 (1,3)	--	--	31 (12,2)	--	116 (10,4)	35 (19,9)
	VII	--	--	--	--	4 (1,6)	--	2 (0,2)	--
	VIII	--	--	--	--	99 (39,0)	8 (12,1)	629 (56,3)	102 (58,0)
	IX	--	--	8 (19,0)	5 (3,3)	11 (4,3)	3 (4,5)	3 (0,3)	--
Zona Sur	I	--	23 (67,6)	2 (4,0)	2 (4,1)	--	--	--	--
	II	--	10 (29,4)	26 (52,0)	12 (24,5)	--	--	86 (9,4)	--
	III	--	--	2 (4,0)	9 (18,4)	--	--	39 (4,2)	--
	IV	--	--	10 (20,0)	7 (14,3)	--	--	196 (21,3)	--
	V	--	--	--	2 (4,1)	--	--	28 (3,0)	--
	VI	--	--	1 (2,0)	--	--	--	95 (10,3)	--
	VII	--	--	--	--	--	--	3 (0,3)	--
	VIII	--	--	2 (4,0)	--	--	--	454 (49,4)	--
	IX	--	1 (2,9)	7 (14,0)	17 (34,7)	--	--	18 (2,0)	--

Tabla 13. Frecuencia en número y porcentaje (%) de los estados de madurez sexual microscópicos registrados para sardina común en ambas zonas.

Sardina Comun	EMM	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Zona Centro	I	8 (80,0)	20 (40,8)	6 (35,3)	3 (8,1)	--	1 (0,8)	--	1 (0,9)	--	--
	II	1 (10,0)	25 (51,0)	10 (58,8)	21 (56,8)	--	--	--	--	--	--
	III	--	--	--	6 (16,2)	3 (1,9)	1 (0,8)	--	--	--	--
	IV	1 (10,0)	--	1 (5,9)	6 (16,2)	25 (15,6)	27 (20,8)	54 (5,6)	35 (30,2)	--	--
	V	--	--	--	1 (2,7)	36 (22,5)	9 (6,9)	87 (9,1)	7 (6,0)	--	--
	VI	--	1 (2,0)	--	--	7 (4,4)	8 (6,2)	40 (4,2)	3 (2,6)	--	--
	VII	--	--	--	--	2 (1,3)	2 (1,5)	16 (1,7)	--	--	--
	VIII	--	--	--	--	87 (54,4)	81 (62,3)	760 (79,3)	69 (59,5)	--	--
	IX	--	3 (6,1)	--	--	--	1 (0,8)	1 (0,1)	1 (0,9)	--	--
Zona Sur	I	--	16 (53,3)	--	--	--	11 (22,4)	29 (2,8)	15 (13,5)	--	--
	II	--	14 (46,7)	--	14 (28,0)	--	24 (49,0)	33 (3,1)	27 (24,3)	42 (97,7)	44 (91,7)
	III	--	--	--	18 (36,0)	--	1 (2,0)	5 (0,5)	1 (0,9)	1 (2,3)	2 (4,2)
	IV	--	--	--	11 (22,0)	--	3 (6,1)	195 (18,5)	22 (19,8)	--	2 (4,2)
	V	--	--	--	--	--	--	162 (15,4)	2 (1,8)	--	--
	VI	--	--	--	--	--	--	69 (6,6)	4 (3,6)	--	--
	VII	--	--	--	--	--	--	2 (0,2)	--	--	--
	VIII	--	--	--	--	--	1 (2,0)	404 (38,4)	24 (21,6)	--	--
	IX	--	--	--	7 (14,0)	--	9 (18,4)	154 (14,6)	16 (14,4)	--	--

En las dos especies se observa que los estadios microscópicos que reflejan madurez (EMS III: parcialmente vitelados, EMS IV: vitelados, y EMS V: en hidratación) contribuyen en forma importante al total a contar de julio. Es relevante también la contribución de los estadios VII, VIII y IX, que reflejan la condición de de desove.

9.2. Monitoreo reproductivo de huevos

El análisis de las muestras de ictioplancton obtenidas en el sector costero entre Bahía Coliumo y la desembocadura del río Itata, señala que las mayores abundancias de huevos de ambas especies se habría comenzado a presentar desde mediados de septiembre extendiéndose hasta noviembre (**Figura 4**).

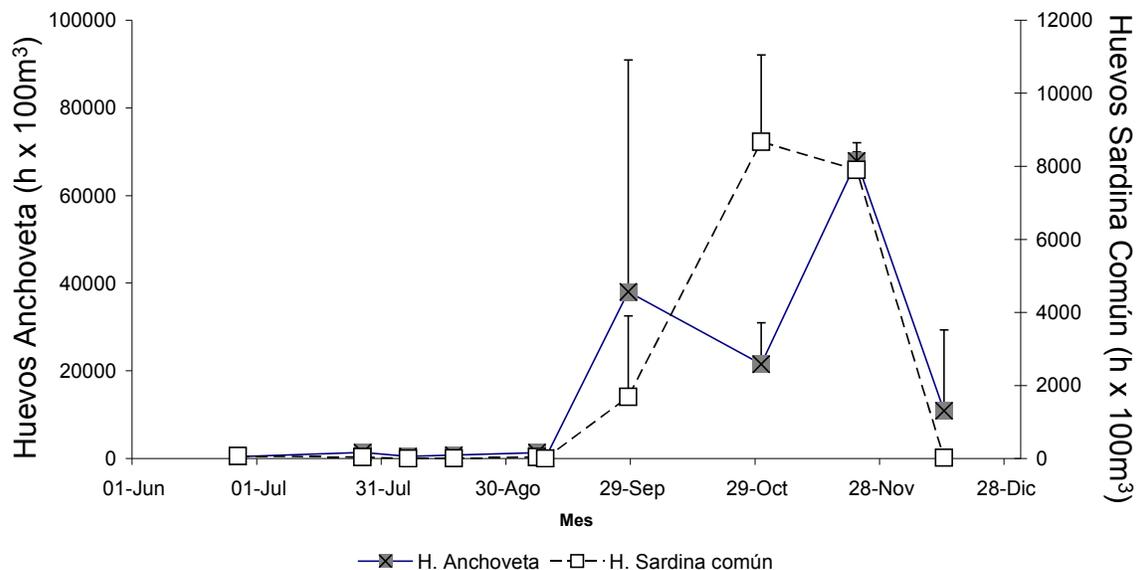


Figura 4. Serie de tiempo de la abundancia promedio de huevos de anchoveta y sardina común en las muestras de monitoreo ictioplancton realizado entre la Desembocadura del Río Itata y Bahía Coliumo, Octava Región, entre junio y diciembre de 2007.

9.3. Crucero de huevos, distribución y abundancia de huevos de anchoveta y sardina común

9.3.1. Estaciones con presencia de huevos

Del total de 400 estaciones de la grilla regular en que se realizó muestreo con red Pairovet, 191 estaciones presentaron huevos de anchoveta, lo que representa un 47,8 % del total, y 144 estaciones presentaron huevos de sardina común, que corresponden a un 36 % del total de estaciones muestreadas (**Tabla 14**). Durante el 2005, los porcentajes de estaciones positivas para cada especie fueron 33.9 % (anchoveta) y 10.5 % (sardina común).

En este estudio del 2007, hubo un aumento de la proporción de estaciones positivas desde el sector norte al sur en ambas especies. En el sector norte no hubo estaciones con huevos de ninguna de las dos especies. En el sector centro hubo un 33,9 % de estaciones con huevos de anchoveta y un 26,8 % de estaciones con huevos de sardina común, y en el sector sur ocurrió un 63,5% de estaciones con huevos de anchoveta y un 46,8 % con huevos de sardina común. En otras palabras, la proporción de estaciones positivas aumentó a casi el doble desde el sector centro al sur. Este aumento en proporción de estaciones positivas hacia el sur fue observado en sardina común en el 2005 pero no en anchoveta, donde ese año la proporción fue similar entre la zona centro y sur (35% de estaciones positivas).

Tabla 14. 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	183	62	33,9	49	26,8
Sur	203	129	63,5	95	46,8
Total	400	191	47,8	144	36,0

9.3.2. Abundancia de huevos

Un total de 20.819 huevos de anchoveta y de 9.634 huevos de sardina común fueron colectados en el área completa de estudio. El número de huevos totales también aumentó hacia el sur en ambas especies. Del total de huevos de anchoveta, ninguno fue colectado en el sector norte, solo 1.090 en el sector central y 19.729 en el sector sur. Del total de huevos de sardina común, ninguno hubo en el sector norte, solo 681 correspondieron al sector central y 8.953 huevos al sector sur (**Tabla 15**).

El promedio de huevos de anchoveta por estación, considerando tanto el total de estaciones por sector (positivas y negativas) como el promedio en solo las estaciones positivas, tendió a ser mayor hacia el sector sur (**Tabla 15**). En este último caso (estaciones positivas) el aumento en el sector sur fue de casi un orden de magnitud. De igual modo las máximas abundancias de huevos de anchoveta por estación fueron registradas en el sector sur (1.694 huevos por 0,05 m²).

En el caso de la sardina común, el promedio de huevos por estación, considerando tanto el total de estaciones por sector como solo las estaciones positivas en cada sector también tendió a ser mayor hacia el

sector sur (**Tabla 15**). Las máximas abundancias de huevos de sardina común por estación también ocurrieron en el sector sur (1.152 huevos por 0,05 m²).

Tabla 15. 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	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Norte	0	0	0	0	0	0	0
Centro	1.090	6,0	18,6	17,6	28,8	182	0
Sur	19.729	97,2	254,7	152,9	306,2	1.694	0
SARDINA COMUN							
	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Norte	0	0	0	0	0	0	0
Centro	681	3,7	13,9	13,9	24,2	113	0
Sur	8.953	44,1	146,9	94,2	204,0	1.152	0

Respecto de la prospección de huevos llevada a cabo en el MPH del 2005, el promedio de huevos de anchoveta en las estaciones positivas en la zonas centro disminuyó el 2007 (46,9 huevos por 0,05 m² el 2005 vs. 17,6 huevos por 0,05 m² el 2007) y aumentó en el sector sur (77,1 huevos por 0,05 m² el 2005 vs. 152,9 huevos por 0,05 m² el 2007). En el caso de la sardina común el promedio de huevos en las estaciones positivas en la zonas centro aumento del 2005 al 2007 (de 2,5 a 13,9 huevos por 0,05 m²) y desde 30,6 a 94,2 huevos por 0,05 m², en el sector sur.

9.3.3. Distribución de huevos

La distribución de huevos de anchoveta fue latitudinalmente muy similar a la de sardina común, presentándose los huevos ambas especies entre los 35°05'S y los 40°48'S, correspondiente esta latitud a la última transecta.

En el sector central (**Figura 5**), los huevos de anchoveta se ubicaron prácticamente en la zona costera de todas las transectas pero aumentando progresivamente sus abundancias hacia el sur. De norte a sur, los centros con mayores abundancias coincidieron con 2 de los reportados históricamente (entre Punta Nugurne y Constitución, 35°30'S), y dentro del Golfo de Arauco (37°S), pero no presentándose

abundantemente en la zona costera entre Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata ($36^{\circ}30'S$) como en años anteriores. En el sector sur, la mayor y más extensa agregación de huevos de anchoveta se ubicó entre los $38^{\circ}30' S$ y los $39^{\circ}40'S$ (zona históricamente de mayor abundancia de huevos), pero a diferencia de años anteriores se extendió con concentraciones moderadas hasta más al sur de los $40^{\circ}30'S$.

En el sector central, los huevos de sardina común coincidieron con los de anchoveta pero presentándose con menor abundancia en el primer núcleo entre Punta Nugurne y Constitución ($35^{\circ}30'S$) y en mayor abundancia que los de anchoveta en el Golfo de Arauco. Al igual que en anchoveta, no hubo una tercera zona de agregación de huevos de sardina común en el sector entre la desembocadura del Itata y Ba. Concepción. En el sector sur, la distribución de huevos de sardina común vuelve a coincidir con la de los huevos de anchoveta pero siendo de una extensión un poco menor, esto es, una zona de agregación entre los $38^{\circ}30'S$ y los $39^{\circ}30'S$. En el límite norte ($38^{\circ}S$, cercano a Lebu) y límite sur (hasta los $41^{\circ}S$) las abundancias fueron muy bajas (**Figura 6**).

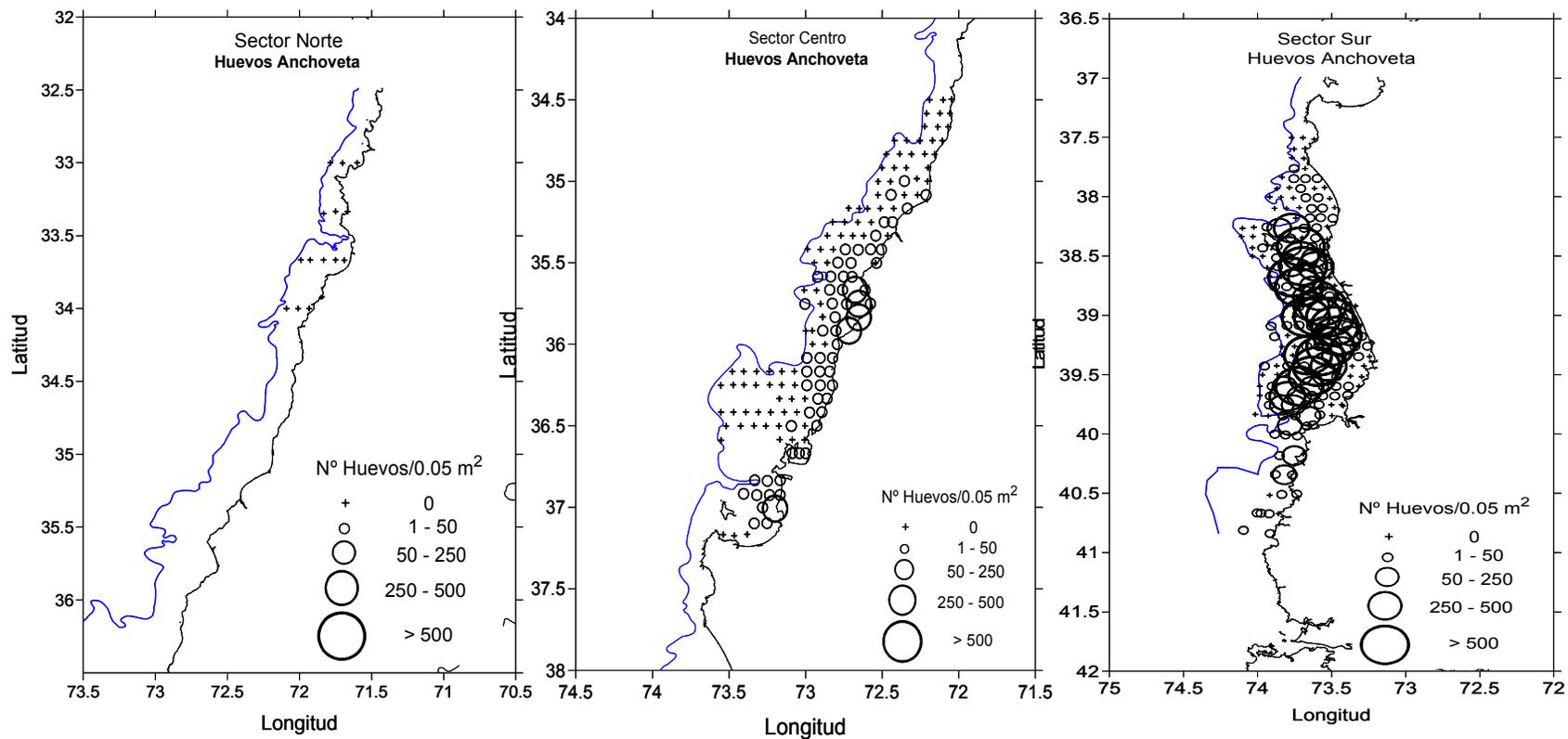


Figura 5. Distribución de huevos de anchoveta en los sectores norte, centro y sur, año 2007.

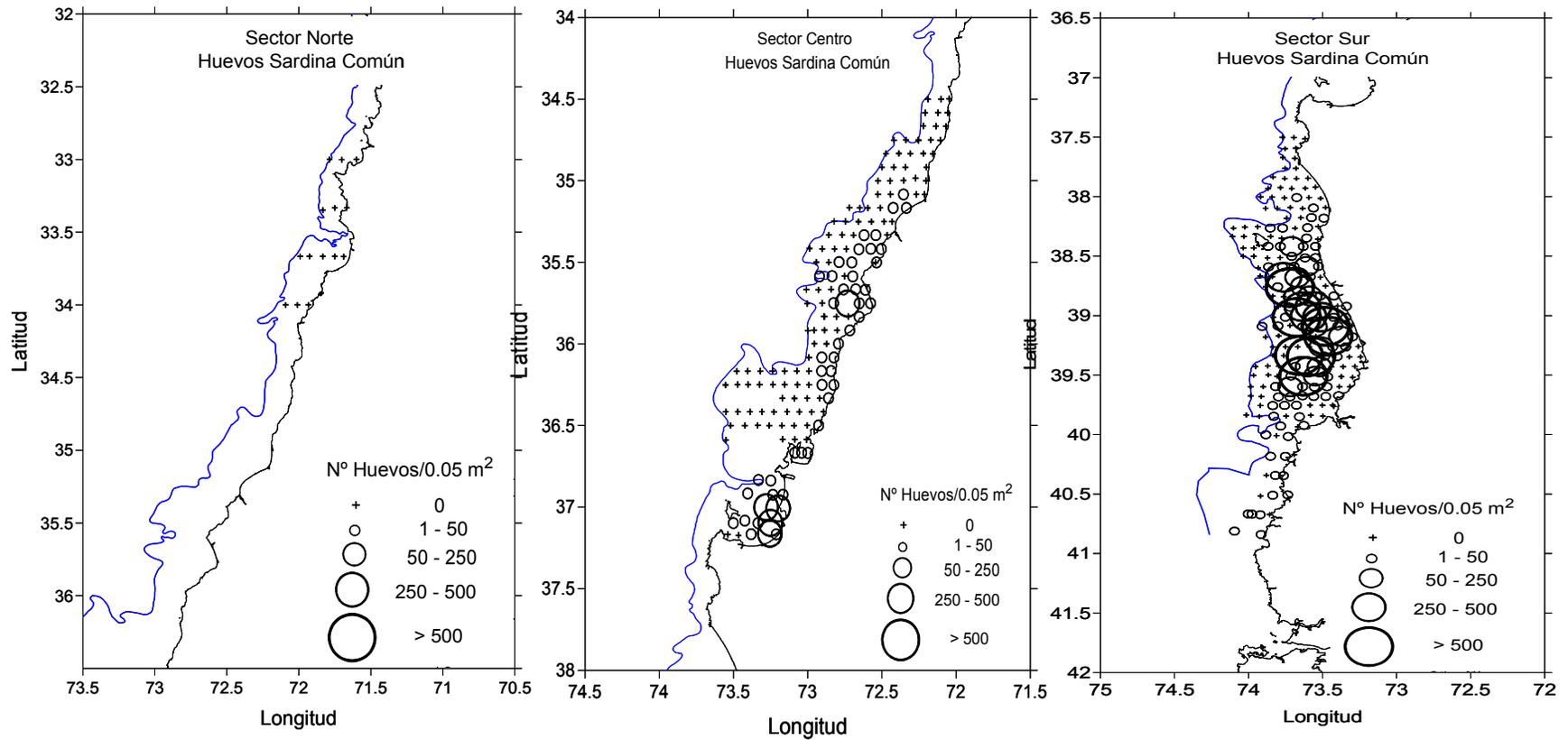


Figura 6. Distribución de huevos de sardina común en los sectores norte (ausentes), centro y sur, año 2007.

9.4. Condiciones oceanográficas

9.4.1. Características superficiales

En el presente informe se presenta, para toda el área de estudio, imágenes satelitales de la temperatura superficial del mar que fueron obtenidas de promedios diarios entre fines de agosto y mediados de septiembre, y se las compara con las de temperaturas superficiales obtenidas para el mismo periodo en el 2005. Adicionalmente, para los sectores centro y sur (sectores en que se encontraron los huevos de anchoveta y sardina común) se muestran con más detalle las secciones horizontales de temperatura, salinidad y densidad ($\sigma\text{-t}$) en superficie (1 m) obtenidas con CTD. En el próximo informe se entregará la información completa de hidrografía que incluye secciones horizontales a varias profundidades y secciones verticales costa océano.

Para toda la zona de estudio, se observa una disminución en temperatura superficial del mar desde el sector norte ($12\text{ }^{\circ}\text{C}$ en las estaciones costeras) hasta la zona más austral del sector sur ($9\text{ }^{\circ}\text{C}$). La secuencia de promedios de TSM durante el periodo de estudio muestra a lo largo de la zona costera una disminución del área cubierta por aguas más frías desde el sector norte hacia el sector sur que se manifiesta, por ejemplo, en que las temperaturas de $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ se retraiga desde los 35°S en la costa hasta los 38°S (**Figura 7**). La zona costera del sector sur, donde las mayores concentraciones de huevos ocurrieron, estuvo siempre cubierta por aguas frías de $9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Comparativamente con el 2005 (rango en la costa entre $10\text{-}12\text{ }^{\circ}\text{C}$), las temperaturas fueron menores en el 2007 ($9\text{-}11\text{ }^{\circ}\text{C}$), prácticamente no presentándose temperaturas inferiores a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en ninguna zona el 2005 (**Figura 8**).

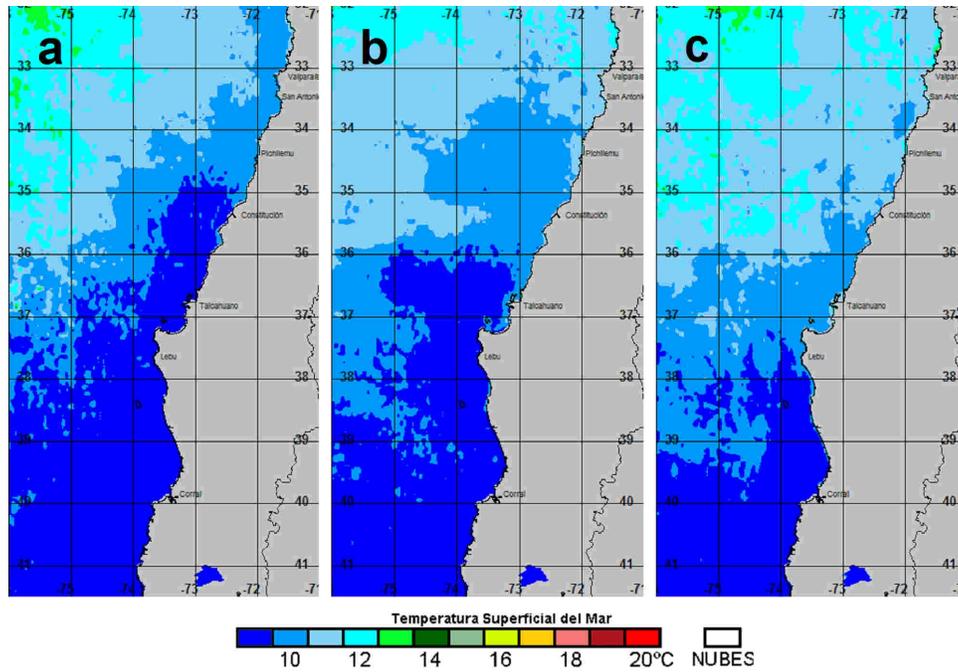


Figura 7. Temperatura superficial del mar obtenida de promedios diarios entre las fechas a) 26 y 27 de Agosto, b) 3 y 4 de Septiembre y c) entre el 10 y el 11 de Septiembre del 2007.

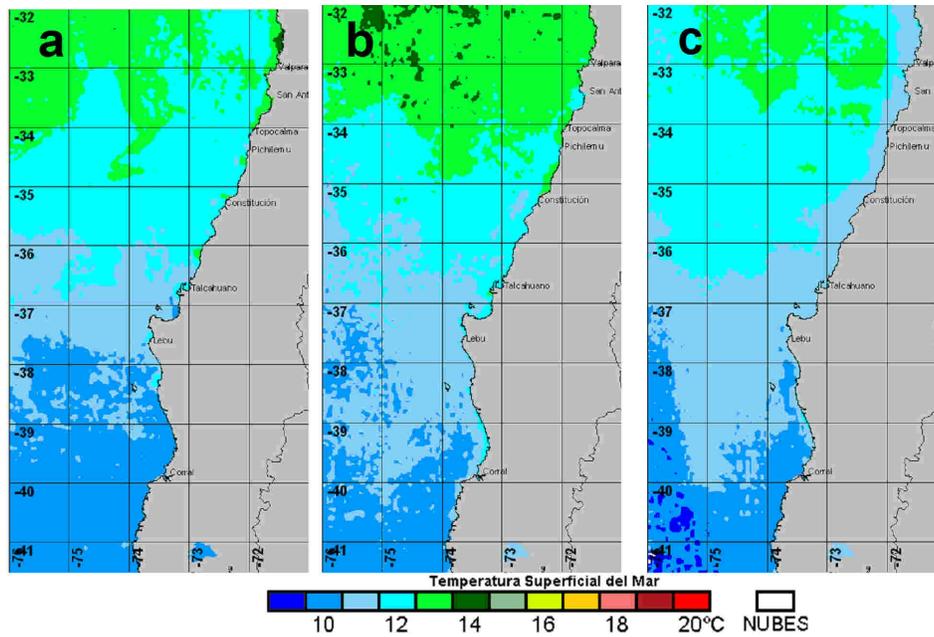


Figura 8. Temperatura superficial del mar obtenida de promedios diarios entre las fechas a) 20 y 24 de Agosto, b) 30 de Agosto y 3 de Septiembre y c) entre el 9 y el 13 de Septiembre de 2005.

9.4.2. Hidrografía en sectores de mayor desove

a) Sector Central. La distribución horizontal de temperatura del sector central en superficie señala bajas temperaturas (10,5-11,5 °C) en gran parte de la zona central, y solo el área del Golfo de Arauco con temperaturas levemente superiores (12-13 °C). Las distribuciones superficiales de salinidad y sigma-t también muestran una zona latitudinalmente muy extensa con mínimas variaciones horizontales y con valores relativamente altos para esta época, excepto por el sector adyacente al Río Bio-Bio que presentó menores salinidades y menores valores de sigma-t. Los valores relativamente altos de salinidad (>30) y 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, lo que se observa más claramente en las secciones horizontales a 10 y 50 m, con núcleos adyacentes a la costa (**Figura 9, 10 y 11**). Esto también se observa en las secciones verticales en que se aprecia un ascenso de las isotermas, isohalinas e isopicnas desde las Transectas 13 a la 25 (**Figura 15**). En la zona sobre la plataforma continental adyacente a la desembocadura del Río BioBio y el Golfo de Arauco (Transectas 29, 35), adicionalmente, se observa la influencia de el agua del río, pero subyacente a ésta, aguas de menor temperatura (<10.5) y salinidades mayores a 34 que sugieren que esta zona estuvo influenciada también por aguas de surgencia.

b) Sector Sur. La distribución de temperatura en el área norte del sector sur señala un leve gradiente latitudinal en temperatura con valores menores hacia el norte. Los valores de salinidad y densidad, sin embargo, disminuyen hacia el sur insinuando una mayor influencia de aguas provenientes de la zona de Corral (**Figura 12, 13 y 14**) y Aguas Subantárticas Superficiales (ASAS), especialmente en superficie cerca de la costa donde salinidades < 32.5 se observan en las secciones verticales de las transectas 54 y 60 (**Figura 16**). En los estratos más profundos muestreados (60-100m), las salinidades no alcanzaron sobre los 34.5 lo cual concuerda con el aumento de la influencia de ASAS hasta esas profundidades.

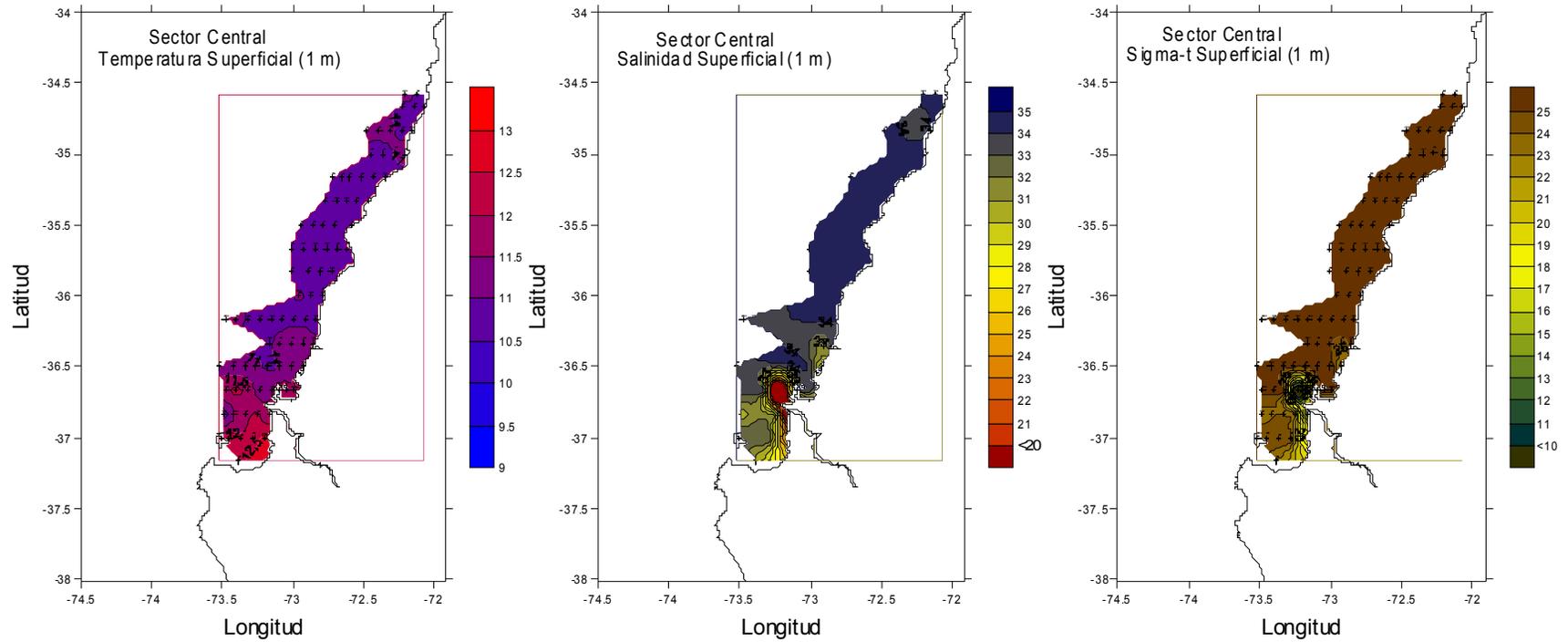


Figura 9. Características hidrográficas: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m) en el sector central de la zona de estudio en 2007.

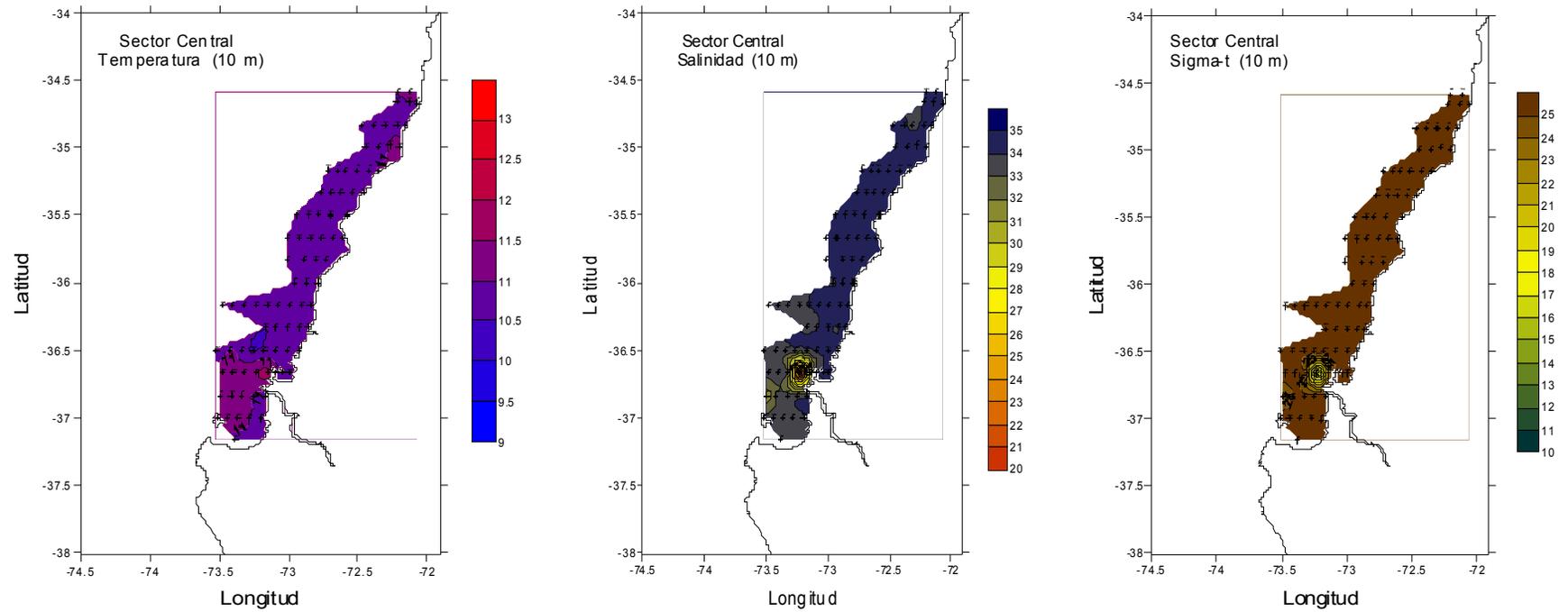


Figura 10. Características hidrográficas: temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 10 m de profundidad en el sector central de la zona de estudio en 2007.

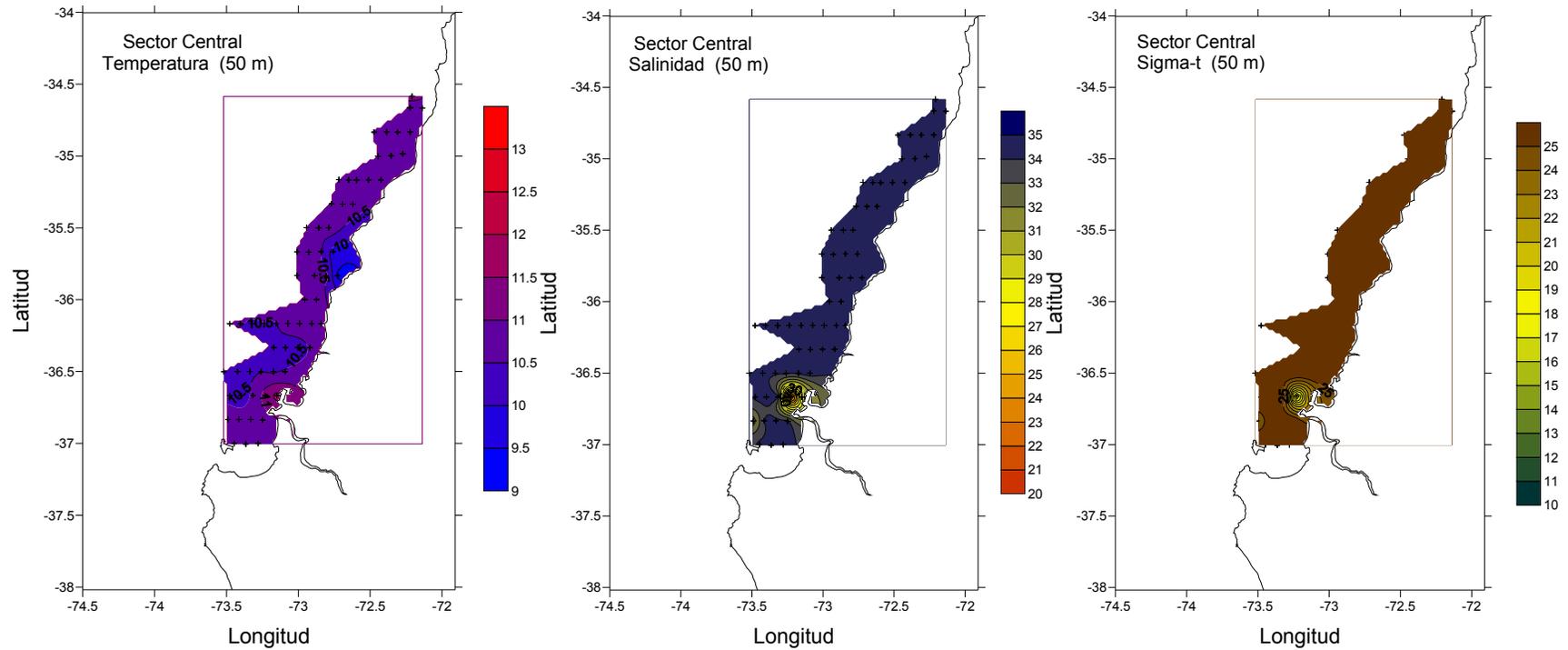


Figura 11. Características hidrográficas: temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 50 m de profundidad en el sector central de la zona de estudio en 2007.

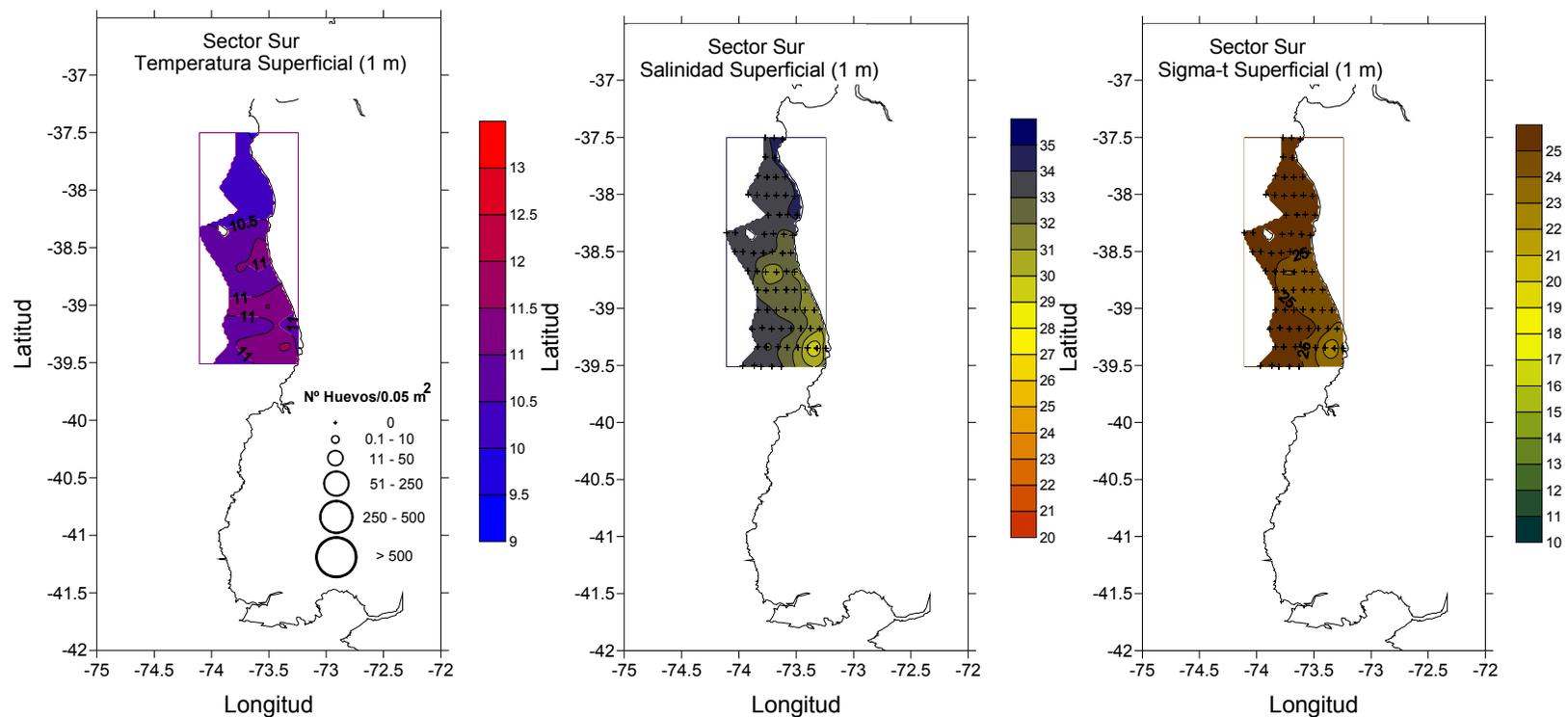


Figura 12. Características hidrográficas: temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m) en el sector sur de la zona de estudio en 2007.

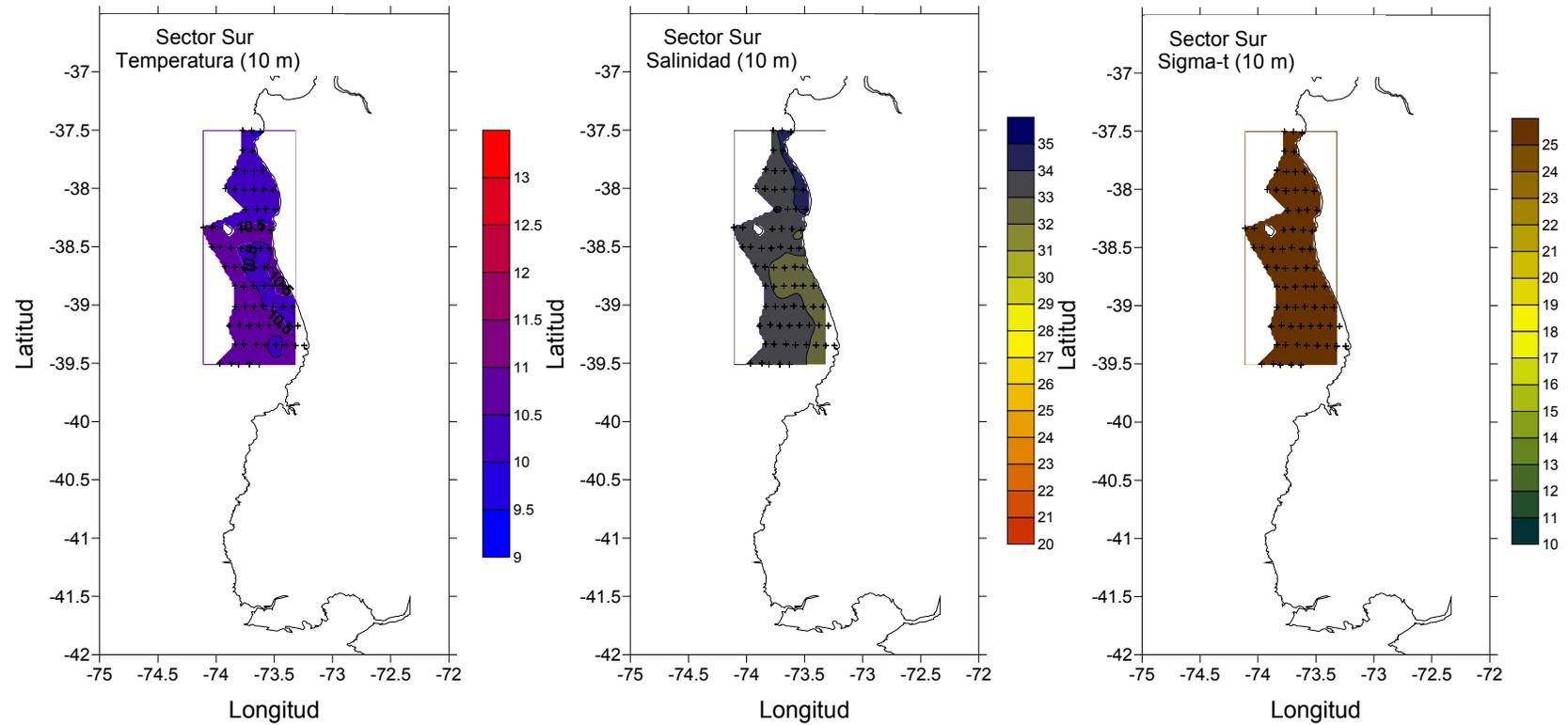


Figura 13. Características hidrográficas: temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 10 m de profundidad en el sector sur de la zona de estudio en 2007.

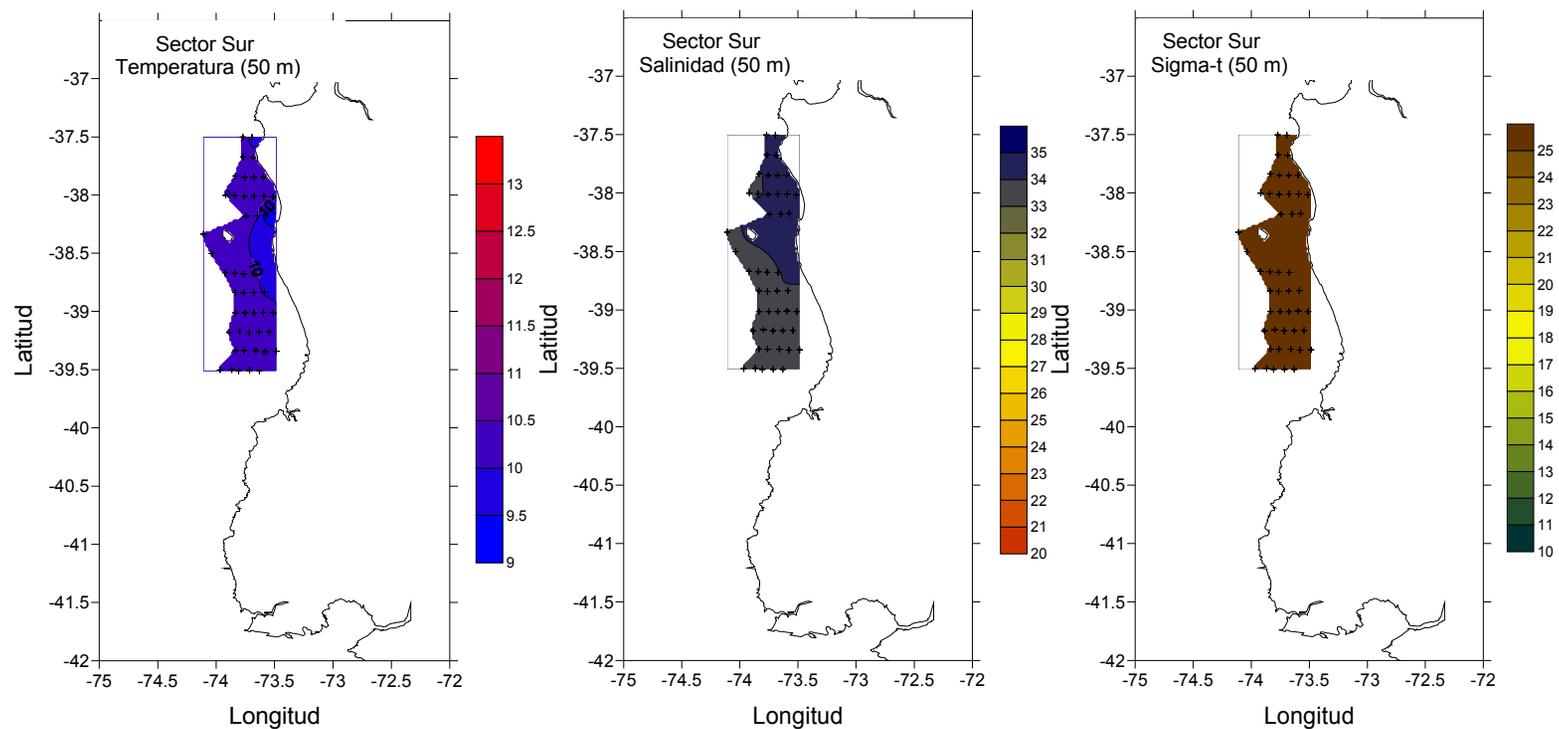


Figura 14. Características hidrográficas: temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 50 m de profundidad en el sector sur de la zona de estudio en 2007.

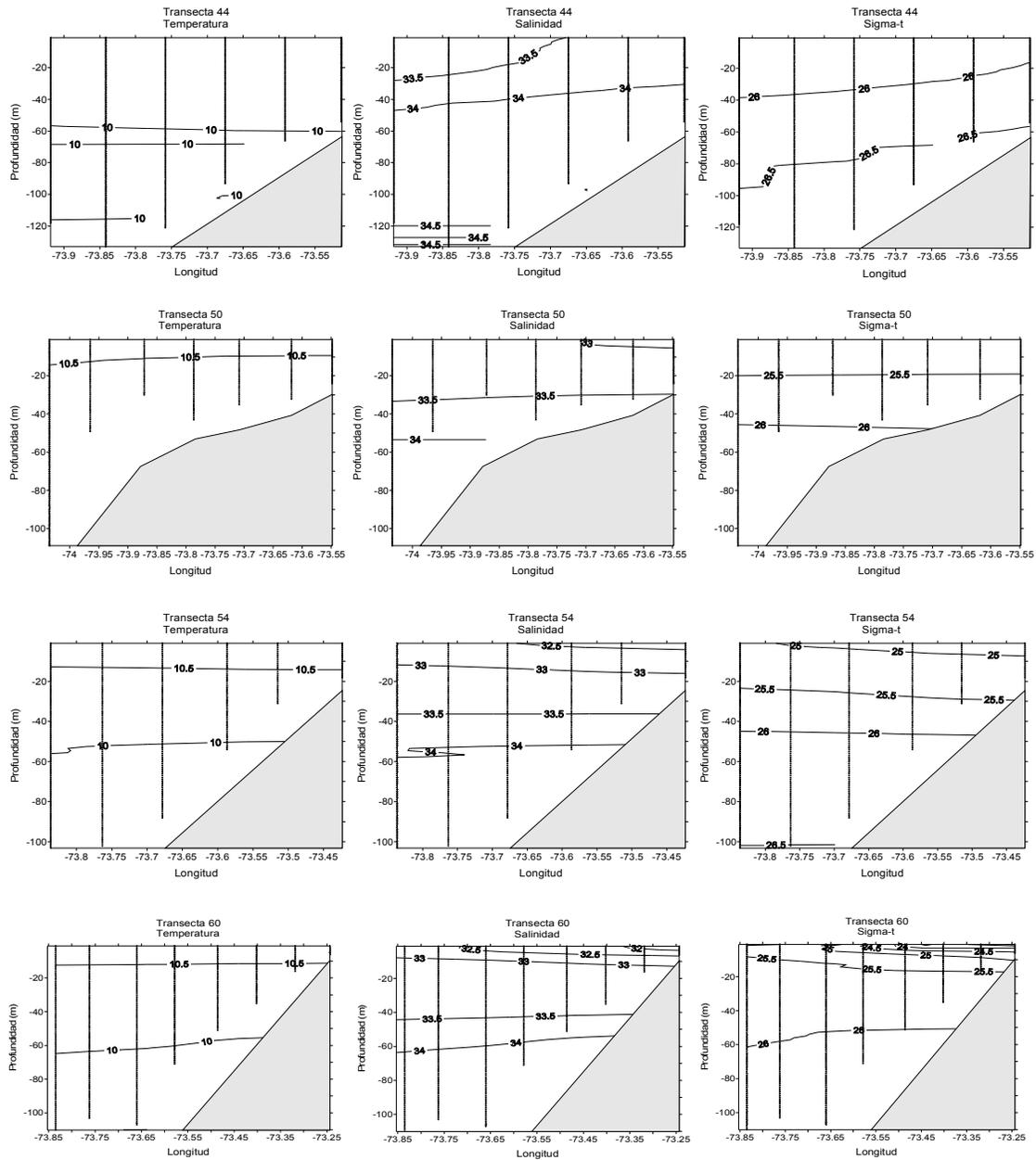


Figura 16. Secciones verticales de temperatura, salinidad y sigma-t en 4 transectas de la zona sur. Transectas 44 (38.015 °S), 50 (38.513 °S), 54 (38.835 °S) y 60 (39.348 °S).

9.5. Crucero de adultos

9.5.1. Distribución espacial de los lances de pesca

En la zona centro, el crucero de adultos se desarrolló entre el 31 de agosto y el 12 de septiembre de 2007 (**Tabla 16**). En tanto que en la zona sur, se inició el 01 de septiembre y se extendió hasta el 23 de septiembre. En esta zona, el muestreo se extendió después del 20 de septiembre básicamente porque no se contó con un número suficiente de lances de pesca con anchoveta (**Tabla 17**). En la zona centro se obtuvo 37 lances de pesca, de los cuales 28 fueron de anchoveta y 30 de sardina común. En la zona sur se contó con 64 lances de pesca, con 22 lances de anchoveta y 32 de sardina común.

La distribución espacial de los lances de pesca positivos se presenta en la **Figura 17** para sardina común y anchoveta. La distribución espacial de los lances de pesca, indicaron que las agregaciones de anchoveta y sardina común 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 en Punta Galera ($39^{\circ}20'S - 40^{\circ}00'S$) (**Figura 17**).

9.5.2. Frecuencia de tamaños

El resumen de la frecuencia de tallas de ambas especies se presenta en la **Tabla 18**. El crucero de adultos determinó la composición por longitudes de 6.295 ejemplares de anchoveta, con un rango comprendido entre 7 y 18 cm de longitud total (LT). Del total, 3.427 fueron machos y 2.868 hembras. Para la zona centro se procesaron 3.397 anchovetas (1.955 machos y 1.442 hembras) con longitudes extremas de 7 y 18 cm; los machos presentaron una longitud modal de 15 cm mientras que en las hembras se registró en 16 cm. En sardina común para esta misma zona (centro), se procesaron un total de 3.213 ejemplares (1.678 machos y 1.535 hembras) tanto machos como hembras presentaron una longitud modal de 13,5 cm (**Figura 18**). Por su parte en la zona sur, se procesaron un total de 2.898 ejemplares de anchoveta con longitudes entre 10,5 y 18 cm de longitud total (1.472 machos y 1.426 hembras). En sardina común se procesaron un total de 4.208 ejemplares (2.162 machos y 2.046 hembras) con longitudes extremas de 10 y 16 cm e igual longitud modal de 13,0 cm (**Figura 18**).

Tabla 16. Bitácora de pesca del crucero de adultos en la zona centro, septiembre de 2007.

Orden	Barco	Lance	Fecha	Hora	Longitud	Latitud	Captura(kg)	Anchoveta	Sardina
1	Galeón II	1	31-08-2007	10:21	7322	3708	500	1	1
2	Huracan I	1	31-08-2007	09:03	7252	3622	55000	1	0
3	Huracán I	2	31-08-2007	16:24	7254	3629	30000	1	0
4	Capito	1	31-08-2007	09:57	7253	3623	30000	0	1
5	Capito	2	31-08-2007	16:03	7255	3630	10000	1	1
6	Capito	3	31-08-2007	17:50	7255	3628	40000	1	0
7	Don Renato	1	31-08-2007	15:47	7255	3630	75000	1	0
8	Don Renato	2	31-08-2007	17:54	7254	3628	0	0	0
9	Galeón II	2	01-09-2007	10:36	7322	3707	500	1	1
10	Huracán I	3	01-09-2007	07:25	7257	3630	35000	1	1
11	Huracán I	4	01-09-2007	17:30	7258	3630	20000	1	1
12	Capito	4	01-09-2007	07:45	7256	3630	70000	1	1
13	Capito	5	01-09-2007	11:00	7254	3628	10000	1	1
14	Don Renato	3	01-09-2007	07:21	7256	3630	40000	1	1
15	Don Renato	4	01-09-2007	09:39	7255	3629	10000	1	1
16	Don Renato	5	01-09-2007	17:12	7258	3631	25000	1	1
17	Galeón II	3	02-09-2007	10:05	7323	3706	0	0	0
18	Galeón II	4	02-09-2007	14:38	7310	3702	1000	1	1
19	Huracán I	5	06-09-2007	08:10	7250	3619	40000	1	1
20	Huracán I	6	06-09-2007	12:07	7252	3621	15000	1	1
21	Capito	6	06-09-2007	10:05	7251	3620	30000	1	1
22	Capito	7	06-09-2007	12:20	7252	3621	15000	1	1
23	Don Renato	6	06-09-2007	05:35	7300	3641	7000	1	1
24	Don Renato	7	06-09-2007	09:59	7251	3620	15000	0	1
25	Don Renato	8	06-09-2007	12:05	7252	3621	30000	1	1
26	Galeón II	5	11-09-2007	11:50	7314	3705	20000	1	1
27	Galeón II	6	11-09-2007	14:14	7314	3704	3000	1	1
28	Huracán I	7	11-09-2007	10:02	7256	3626	500	1	1
29	Huracán I	8	11-09-2007	13:50	7255	3626	15000	0	1
30	Capito	8	11-09-2007	08:08	7254	3625	30000	0	1
31	Capito	9	11-09-2007	10:28	7255	3628	25000	0	1
32	Don Renato	9	11-09-2007	08:05	7254	3625	10000	1	1
33	Don Renato	10	11-09-2007	09:59	7253	3626	0	0	0
34	Don Renato	11	11-09-2007	11:25	7254	3627	30000	1	1
35	Galeón II	7	12-09-2007	08:15	7320	3705	500	1	1
36	Galeón II	8	12-09-2007	14:10	7319	3706	500	1	1
37	Capito	10	12-09-2007	06:30	7300	3639	50000	0	1
								28	30

Tabla 17. Bitácora de pesca del crucero de adultos en la zona sur, septiembre de 2007.

Orden	Embarcación	Lance	Fecha	Hora	Longitud	Latitud	Captura(Kg)	Anchoveta	Sardina
1	Don Borney	1	01-09-2007	14:15	7321	3923	Muestra	0	1
2	Don Borney	2	01-09-2007	15:50	7323	3923	Muestra	0	1
3	Don Borney	3	01-09-2007	18:45	7328	3928	Muestra	0	1
4	Ebenezer II	1	01-09-2007	17:30	7325	3938	3	0	1
5	Ebenezer II	2	01-09-2007	20:57	7325	3935	4	0	1
6	Río Valdivia	1	01-09-2007	15:30	7345	4006	0	0	0
7	Río Valdivia	2	01-09-2007	17:32	7345	4003	0	0	0
8	Río Valdivia	3	01-09-2007	19:13	7344	4000	Muestra	0	1
9	Samaritano	1	01-09-2007	11:10	7334	3954	3003	1	1
10	Samaritano	2	01-09-2007	17:00	7331	3939	5	0	1
11	Ebenezer II	3	10-09-2007	18:20	7327	3925	3	0	1
12	Río Valdivia	4	10-09-2007	17:40	7345	4007	0	0	0
13	Río Valdivia	5	10-09-2007	19:15	7347	4006	5005	1	1
14	Samaritano	3	10-09-2007	17:00	7345	4012	0	0	0
15	Samaritano	4	10-09-2007	19:40	7345	4009	Muestra	1	1
16	Don Borney	4	11-09-2007	19:00	7325	3929	12	0	1
17	Ebenezer II	4	11-09-2007	03:20	7339	3932	20	0	1
18	Ebenezer II	5	11-09-2007	22:30	7323	3940	25	0	1
19	Samaritano	5	11-09-2007	21:30	7323	3926	Muestra	0	1
20	Don Borney	5	12-09-2007	03:10	7329	3935	13	0	1
21	Don Borney	6	12-09-2007	10:00	7322	3924	4004	1	1
22	Don Borney	7	12-09-2007	12:30	7324	3930	0	0	0
23	Don Borney	8	12-09-2007	16:00	7325	3940	0.5	0	1
24	Ebenezer II	6	12-09-2007	19:15	7326	3933	5	0	1
25	Río Valdivia	6	12-09-2007	03:54	7338	3938	3	0	1
26	Río Valdivia	7	12-09-2007	10:20	7322	3924	3000	1	0
27	Río Valdivia	8	12-09-2007	12:05	7326	3929	0	0	0
28	Río Valdivia	9	12-09-2007	18:20	7325	3933	10	0	1
29	Samaritano	6	12-09-2007	10:30	7322	3922	Muestra	0	1
30	Samaritano	7	12-09-2007	16:05	7329	3933	Muestra	0	1
31	Ebenezer II	7	14-09-2007	08:10	7333	3950	10000	1	0
32	Río Valdivia	10	14-09-2007	06:50	7322	3938	5	0	1
33	Río Valdivia	11	14-09-2007	08:20	7321	3935	0	0	0
34	Tricahue	1	21-09-2007	18:35	7337	3837	Muestra	1	0
35	Ebenezer II	1	22-09-2007	07:35	7334	3954	74	0	1
36	Río Valdivia	12	22-09-2007	08:30	7334	3954	75	0	1
37	Samaritano	8	22-09-2007	13:50	7332	3952	0	0	0
38	Samaritano	9	22-09-2007	16:30	7331	3953	0	0	0
39	Tricahue	2	22-09-2007	09:00	7337	3834	Muestra	1	0
40	Ebenezer II	2	23-09-2007	08:30	7324	3923	Muestra	1	0
41	Ebenezer II	3	23-09-2007	10:20	7323	3922	Muestra	1	0
42	Río Valdivia	13	23-09-2007	08:11	7322	3921	0	0	0
43	Río Valdivia	14	23-09-2007	09:18	7323	3922	0	0	0
44	Ebenezer II	4	24-09-2007	05:30	7325	3925	71000	1	0
45	Río Valdivia	15	24-09-2007	05:20	7324	3923	15000	1	0
46	Río Valdivia	16	24-09-2007	13:12	7336	3955	0	0	0
47	Samaritano	10	24-09-2007	09:40	7330	3922	Muestra	1	0

Orden	Embarcación	Lance	Fecha	Hora	Longitud	Latitud	Captura(Kg)	Anchoveta	Sardina
48	Ebenezer II	5	25-09-2007	05:45	7323	3924	21000	1	0
49	Río Valdivia	17	25-09-2007	05:12	7323	3924	7007	1	1
50	Ebenezer II	6	26-09-2007	08:10	7328	3922	0	0	0
51	Ebenezer II	7	26-09-2007	10:50	7326	3926	0	0	0
52	Ebenezer II	8	26-09-2007	20:20	7327	3922	15000	1	0
53	Ebenezer II	9	26-09-2007	22:48	7327	3922	10000	1	0
54	Mack	1	26-09-2007	19:05	7337	3836	Muestra	1	0
55	Ebenezer II	10	27-09-2007	05:25	7328	3945	25	0	1
56	Río Valdivia	18	27-09-2007	15:50	7333	3953	0	0	0
57	Río Valdivia	19	27-09-2007	17:10	7333	3954	0	0	0
58	Samaritano	11	27-09-2007	04:00	7329	3947	30	0	1
59	Samaritano	13	27-09-2007	08:00	7327	3945	15000	1	0
60	Río Valdivia	20	28-09-2007	04:00	7335	3954	80000	1	0
61	Río Valdivia	21	29-09-2007	02:50	7335	3954	7	0	1
62	Río Valdivia	22	29-09-2007	03:40	7334	3954	70007	1	1
63	Samaritano	14	29-09-2007	12:40	7325	3936	Muestra	1	0
64	Samaritano	15	29-09-2007	14:50	7323	3938	8	0	1
								22	32

Tabla 18. Longitud promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y número de ejemplares de sardina común y anchoveta por zona, sexo y total, año 2007.

Zona		Sardina común			Anchoveta		
		Machos	Hembras	Total	Machos	Hembras	Total
Centro	Promedio	14,0	14,2	14,1	15,0	15,1	15,0
	DS	1,580	1,614	1,598	1,495	1,559	1,523
	CV	0,113	0,114	0,114	0,100	0,103	0,101
	N	1678	1535	3213	1955	1442	3397
Sur	Promedio	13,3	13,6	13,5	14,6	15,0	14,8
	DS	0,822	0,833	1,719	1,493	1,643	1,474
	CV	0,062	0,061	0,128	0,102	0,110	0,100
	N	2162	2046	4208	1472	1426	2898
Total	Promedio	13,6	13,8	13,7	14,8	15,0	14,9
	DS	1,259	1,258	1,264	1,503	1,602	1,552
	CV	0,093	0,091	0,092	0,101	0,107	0,104
	N	3840	3581	7421	3427	2868	6295

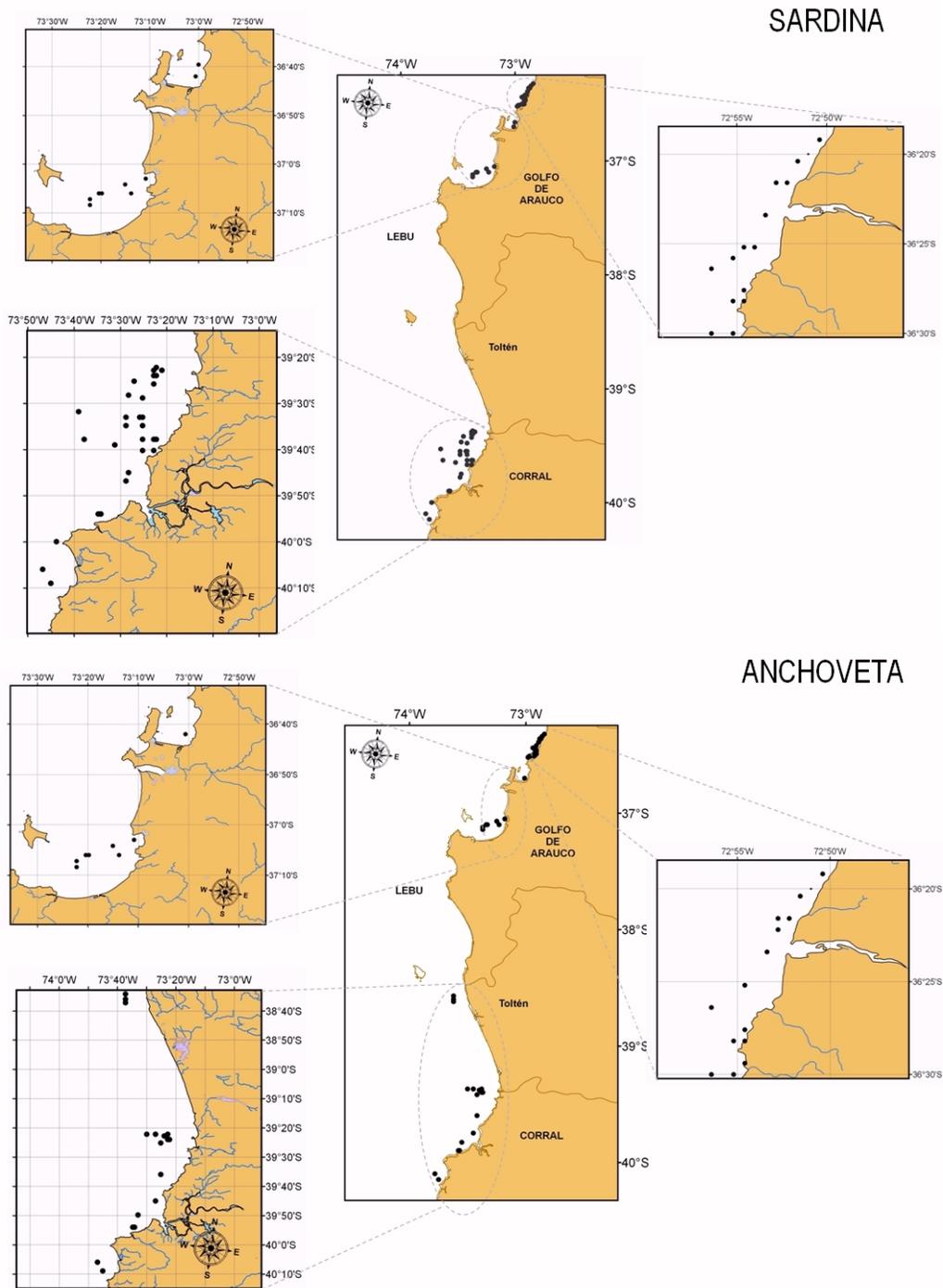


Figura 17. Distribución espacial de lances de pesca positivos de sardina común y anchoveta, 2007.

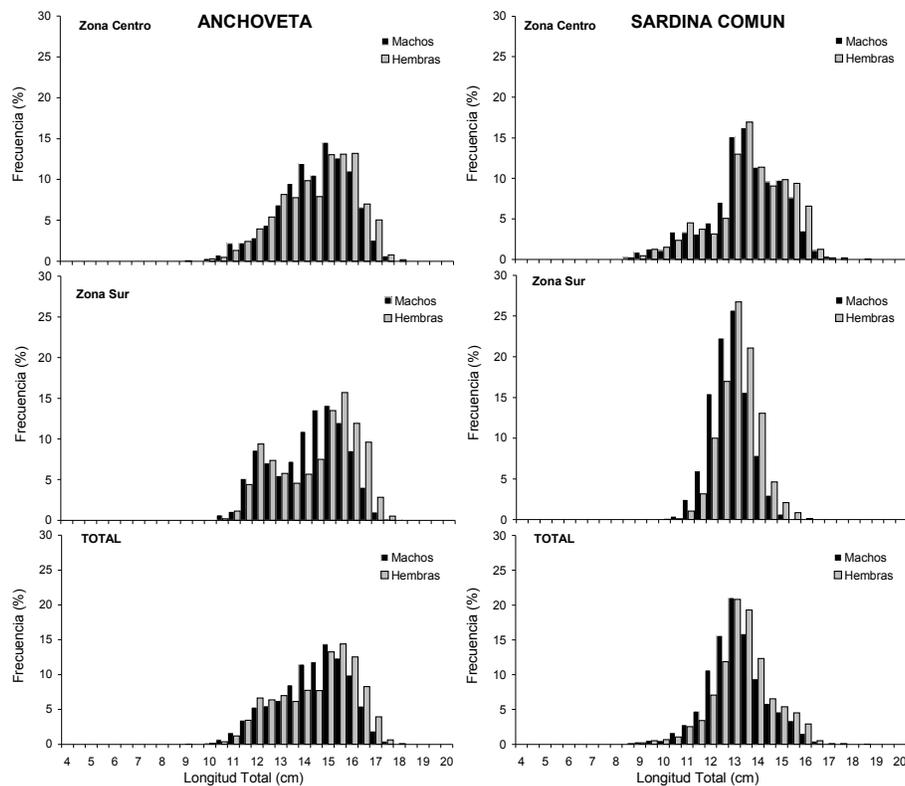


Figura 18. Frecuencia de longitudes (%) de sardina común (izquierda) y anchoveta (derecha) en el crucero de adultos, 2007.

9.6. Objetivo 1: Producción diaria de huevos

Los parámetros del GLM que fueron estimados a partir de la curva de mortalidad de huevos para cada especie y zona se resumen en la **Tabla 19**, según los dos procedimientos de determinación de la edad. Se observa que en el caso de la anchoveta, los parámetros fueron significativos y la pendiente asociada con la edad fue siempre negativa. Esta última es un estimador de la tasa instantánea de mortalidad por hora de los huevos. En el caso de la sardina común, solamente en la zona Centro se encontró una pendiente no significativa, aunque con tendencia negativa.

Al llevar los coeficientes a estimaciones de la producción diaria de huevos y tasa de mortalidad diaria de huevos, se logran los resultados que se resumen en la **Tabla 20**.

Tabla 19. Coeficientes del modelo lineal generalizado, familia binomial negativa y enlace log. El intercepto representa el logaritmo de la producción diaria de huevos (huevos/m²) y la pendiente a la tasa de mortalidad por hora.

a) anchoveta

Datación con Lo		Estimado	Error Std.	Valor z	Pr(> z)	n	AIC
Centro	Intercepto	4.78856	0.33835	14.153	<2e-16	191	793
	Pendiente	-0.01006	0.00785	-1.282	2.00E-01		
Sur	Intercepto	7.43051	0.291947	25.456	2.00E-16	350	2227
	Pendiente	-0.026623	0.006717	-3.963	7.40E-05		
Datación con Multinomial		Estimado	Std. Error	Valor Z	Pr(> z)	n	AIC
Centro	Intercepto	7.058	0.225332	31.324	< 2e-16	504	3389.4
	Pendiente	-0.011593	0.003584	-3.235	1.22E-03		
Sur	Intercepto	7.058303	0.225332	31.324	< 2e-16	504	3389.4
	Pendiente	-0.011593	0.003584	-3.235	1.22E-03		

b) sardina común

Datación con Lo		Estimado	Error Std.	Valor Z	Pr(> z)	n	AIC
Centro	Intercepto	5.271801	0.381405	13.822	<2e-16	149	661.94
	Pendiente	-0.02138	0.008859	-2.413	1.58E-02		
Sur	Intercepto	6.669989	0.339496	19.647	<2e-16	719	3773.2
	Pendiente	-0.007789	0.007737	-1.007	3.14E-01		
Datación con Multinomial		Estimado	Error Std.	Valor Z	Pr(> z)	n	AIC
Centro	Intercepto	5.01612	0.38518	13.023	<2e-16	127	580.44
	Pendiente	-0.01508	0.01005	-1.501	0.133		
Sur	Intercepto	6.853422	0.27965	24.507	<2e-16	350	2119.7
	Pendiente	-0.014122	0.004605	-3.066	2.17E-03		

Se destaca que las estimaciones de la producción diaria de huevos están referidas al área de desove (A_1), mientras que la estimación estratificada considera el área de estudio que incluye tanto el área positiva como negativa. Al respecto, el método de asignación de edad basado en el modelo multinomial fue más preciso que el método convencional. No obstante, las estimaciones de biomasa se realizarán con ambas estimaciones para comparar el desempeño interanual.

La tasa de mortalidad diaria de los huevos de anchoveta fluctuó entre 0,24 y 0,64 d⁻¹. En la sardina común, la tasa de mortalidad diaria fluctuó entre 0,19 y 0,51 d⁻¹.

Tabla 20. Estimaciones de la producción diaria de huevos (P_0) y tasa de mortalidad diaria (Z) para la anchoveta y sardina común utilizando GLM con familia binomial negativa y enlace log en el área de desove (A_1) de cada estrato geográfico. El coeficiente de variación se muestra entre paréntesis, así como la estimación estratificada de la producción diaria de huevo en el área de estudio.

	Anchoveta		Sardina común	
	Central	Sur	Central	Sur
Area de estudio (A, km ²)	13526	12518	13526	12518
Area de desove, A ₁ (km ²)	4692	7773	3299	5696
a) Datación con Lo:				
P_0 (huevo/0,05 m ² /día)	6.1 (0.338)	84.3 (0.292)	9.7 (0.381)	39.4 (0.339)
Z (día ⁻¹)	0.24 (0.780)	0.64 (0.252)	0.51 (0.414)	0.19 (0.993)
P_0 (huevo/m ² /día)	42.3 (0.575)	1046.9 (0.371)	47.3 (0.774)	358.6 (0.504)
b) Datación multinomial:				
P_0 (huevo/0,05 m ² /día)	6.7 (0.272)	58.1 (0.225)	7.54 (0.385)	47.4 (0.280)
Z (día ⁻¹)	0.24 (0.521)	0.28 (0.309)	0.36 (0.667)	0.39 (0.326)
P_0 (huevo/m ² /día)	46.5 (0.463)	721.5 (0.286)	36.8 (0.782)	431.4 (0.416)

9.7. Objetivo 2: Proporción de estadios de madurez sexual microscópicos y fracción diaria de hembras desovantes

La proporción de estadios de madurez microscópicos se resumen en la **Tabla 21**, para ambas especies y por estrato geográfico. En la anchoveta, mayor porcentaje de ejemplares maduros correspondieron a los estadios postdesovante de tanda (i.e. vitelados con FPO) con un 56,3 y 49,1 % para la zona centro y sur respectivamente, mientras que solamente para la zona sur se presentaron 83 hembras inmaduras. Hembras inmaduras son definidos como aquellos ovarios sin atresia y sólo ovocitos inmaduros o vesiculosos, aunque algunos ovarios inmaduros pueden contener atresia α de ovocitos no vitelados. Mientras que hembras maduras fueron clasificadas como activas por la presencia de ovocitos con vitelos como FPO, o postreproductivas (postbreeding) porque son incapaces de desovar nuevamente dentro de la estación y son identificadas por la presencia de atresia β en ovarios con ovocitos no vitelados y sin FPO (Macewicz et al. 1996, Lo et al. 2005). Las incidencias de los estados de madurez microscópicos para ambas zonas fueron similares.

En el caso de la sardina, se encontró una alta incidencia de postdesovantes (80,1%) en la zona centro. En la zona sur, en cambio, hubo ejemplares virginales (2,8%) e inmaduros (3,1%), y una incidencia de 38,6% de postdesovantes de tanda (**Tabla 21**).

Tabla 21. Fracción de estadios de madurez sexual microscópicos de anchoveta y sardina común durante el período de estudio del 2007.

EMS	Anchoveta				Sardina			
	Centro		Sur		Centro		Sur	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Virginal, I	0	0.0	0	0.0	0	0.0	29	2.8
Inmaduro, II	0	0.0	83	9.5	0	0.0	32	3.1
Parcialmente vitelado, III	2	0.2	39	4.5	0	0.0	5	0.5
Vitelado, IV	219	19.6	187	21.4	51	5.4	183	17.7
En hidratación, V	147	13.1	21	2.4	84	8.9	162	15.7
Hidratado, VI	116	10.4	93	10.7	37	3.9	69	6.7
En desove, VII	2	0.2	3	0.3	16	1.7	2	0.2
Post-desovanteVIII	629	56.3	429	49.1	760	80.1	399	38.6
Desovado, IX	3	0.3	18	2.1	1	0.1	152	14.7
Total	1118	100	873	100	949	100	1033	100

La fracción desovante fue estimada solamente con los primeros cuatro estadios de folículos postovulatorios, y que representan la degeneración de las estructuras de las hembras desovantes dentro las primeras 24 horas. Los estadios V al VII corresponderían al segundo día después del desove, pero aún se tiene incertidumbre respecto de su duración exacta.

En anchoveta, la fracción desovante promedio por lance fluctuó entre 0,02 y 0,4 en la zona centro (28 lances, 1118 hembras), y entre 0 y 0,67 en la zona sur (22 lances, 873 hembras). La fracción desovante promedio de anchoveta fue de 0,21 (CV = 0,09) en la zona centro y de 0,27 (CV = 0,16) en la zona sur (**Tabla 22a**).

En la sardina común, la fracción desovante promedio por lance fluctuó entre 0,08 y 0,63 en la zona centro (24 lances, 949 hembras) y entre 0 y 0,59 en la zona sur (26 lances, 1033 hembras). La fracción desovante promedio de sardina común fue de 0,26 (CV = 0,11) en la zona centro y de 0,15 (CV = 0,23) en la zona sur (**Tabla 22b**).

Tabla 22. Resumen de los parámetros reproductivos de los ejemplares adultos de anchoveta y sardina común, por estrato geográfico.

a) Anchoveta	2007			
	Centro	CV	Sur	CV
Fracción desovante, S	0.21	0.09	0.27	0.16
Peso promedio, W (g)	22.67	0.03	22.83	0.06
Proporción de hembras, R	0.50	0.05	0.51	0.07
Fecundidad media, F	8837	0.04	8903	0.06
Fecundidad relativa, F/W	390		390	
Fecundidad específica diaria, DSF	41		54	
Número de lances, n	28		22	
Número de hembras, m	1118		873	
Hembras promedio por lance, m	40		40	

b) Sardina	2007			
	Centro	CV	Sur	CV
Fracción desovante, S	0.26	0.11	0.15	0.23
Peso promedio, W (g)	24.31	0.05	21.50	0.03
Proporción de hembras, R	0.53	0.05	0.51	0.04
Fecundidad media, F	9267	0.06	8214	0.04
Fecundidad relativa, F/W	381		382	
Fecundidad específica diaria, DSF	53		29	
Número de lances, n	24		26	
Número de hembras, m	945		1033	
Hembras promedio por lance, m	39		40	

9.8. Objetivo 3: Fecundidad parcial y fecundidad media poblacional

Los resultados de la regresión de la fecundidad parcial en función del peso corporal se entregan en **Tabla 23**. No existen diferencias entre las rectas de la zona centro y sur (Test t, $P < 0,05$), por lo que se utilizó la ecuación global (**Figura 19**) para estimar la fecundidad promedio en cada zona y así aumentar la precisión del estimado de fecundidad media poblacional.

En anchoveta, la fecundidad media por lance fluctuó entre 4678 y 12909 ovocitos en la zona centro, y entre 4628 y 11756 ovocitos en la zona sur. La fecundidad media poblacional fue de 8837 ovocitos en la zona centro ($CV = 0,04$) y de 8903 ovocitos en la zona sur ($CV = 0,07$) (**Tabla 22**).

En el caso de la sardina común, la fecundidad media por lance fluctuó entre 1880 y 14311 ovocitos en la zona centro, y entre 5892 y 11052 ovocitos en la zona sur. La fecundidad media poblacional fue de 9183 ovocitos ($CV = 0,07$) en la zona centro y de 8206 ovocitos ($CV = 0,04$) en la zona sur (**Tabla 22**).

Tabla 23. Regresión lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal, año 2007

a) Anchoveta:

Parámetro	Zona Centro	Zona Sur	Total Zona
Intercepto (a)	133.07	2532.42	-574.21
Pendiente (b)	390.11	346.50	445.11
S _a	702.21	3190.15	734.85
S _b	35.47	124.91	33.36
Error típico (S _{yx})	1503.05	2112.18	1807.76
n	59	33	92
r ²	0.68	0.20	0.66
P(b = 0)	1.03E-15	0.0093	4.8E-23

b) Sardina común:

Parámetro	Zona Centro	Zona Sur	Total Zona
Intercepto (a)	-1324.73	-1919,25	-1825,27
Pendiente (b)	496.80	463,78	496,64
S _a	509.54	1440,31	490,26
S _b	22.33	68,85	22,20
Error típico (S _{yx})	1583.18	1438,16	1641,08
n	66	43	109
r ²	0.88	0,53	0,82
P(b = 0)	8,07E-32	3,89E-08	3,76E-42

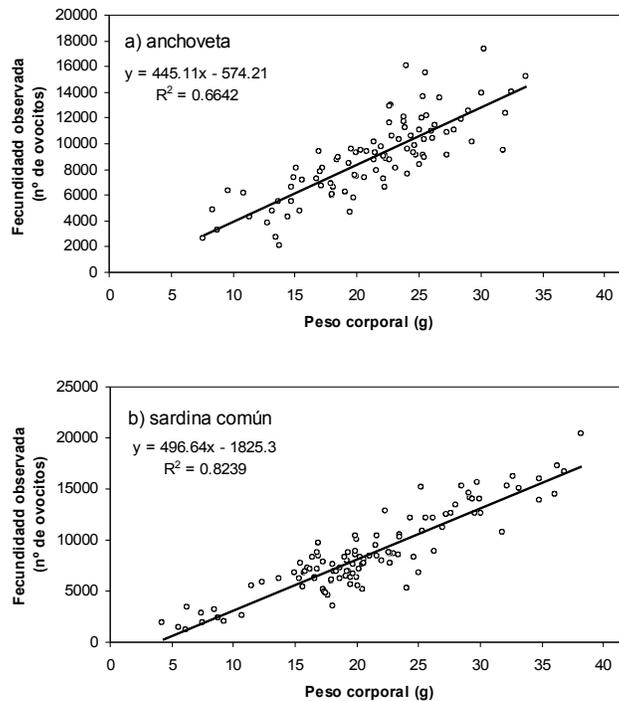


Figura 19. Relación entre la fecundidad parcial y el peso corporal de anchoveta y sardina común.

9.9. Objetivo 4: Proporción sexual y peso promedio de hembras maduras

En anchoveta, la proporción de hembras (en peso) por lance fluctuó entre 0,22 y 0,76 en la zona centro, y entre 0,11 y 0,81 en la zona sur. La proporción promedio de hembras de anchoveta fue de 0,50 (CV = 0,05) en la zona centro y de 0,51 (CV = 0,07) en la zona sur (**Tabla 22**).

En la sardina común, al proporción de hembras por lance fluctuó entre 0,19 y 0,79 en la zona centro, y entre 0,23 y 0,71 en la zona sur. La proporción promedio de hembras de sardina común fue de 0,53 (CV = 0,05) en la zona centro y de 0,51 (CV = 0,04) en la zona sur (**Tabla 22**).

El peso promedio por lance de las hembras de anchoveta fluctuó entre 12,5 y 32,7 g en la zona centro, y entre 11,9 y 30,5 g en la zona sur. El peso medio de la población fue de 22,7 g (CV = 0,03) en la zona centro y de 22,8 g (CV = 0,06) en la zona sur (**Tabla 22**).

En el caso de la sardina común, el peso medio por lance fluctuó entre 11,8 y 35,0 g en la zona centro, y entre 15,7 y 28,1 g en la zona sur. El peso medio poblacional fue de 24,4 g (CV = 0,05) en la zona centro y de 21,5 g (CV = 0,04) en la zona sur (**Tabla 22**).

9.10. Objetivo 5: Biomasa del stock desovante

La biomasa del stock desovante se realizó separadamente para los dos estratos geográficos, considerando cada a cada una como una estimación independiente (Cubillos et al., 2007). De esta manera, la biomasa desovante corresponde a la suma de las estimaciones como también la varianza. Los estimados según el método de datación de huevos, son consistentes entre sí. El nuevo método de datación si bien permite estimaciones de biomasa más bajas, éstos son más precisos. En consecuencia, la biomasa del stock desovante fue de 182 mil toneladas para la anchoveta y de 198 mil toneladas para la sardina común, en septiembre de 2007 (**Tabla 24**).

Tabla 24. Parámetros del Método de la Producción Diaria de Huevo y estimación de la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común en las zonas Centro y Sur, y el estimado estratificado (Septiembre 2007), según dos métodos de datación de huevos (convencional y multinomial). El coeficiente de variación se muestra en paréntesis para las estimaciones de biomasa.

Parámetros	Anchoveta		Sardina común	
	Centro	Sur	Centro	Sur
Fracción desovante, S	0.21	0.27	0.26	0.15
Peso promedio de hembras maduras, W (g)	22.67	22.83	24.31	21.50
Proporción sexual, R (fracción de hembras)	0.50	0.51	0.53	0.51
Fecundidad media, F (huevos por hembra)	8837	8903	9267	8214
Fecundidad relativa, RF^a (huevos por g)	390	390	377	382
Fecundidad específica, DSF^b (huevos por g)	41	54	52	29
Area de estudio, A (km ²)	13526	12518	13526	12518
a) Datación convencional:				
Producción diaria de huevos, P_0 (huevo/m ² /día)	42.3	1046.9	47.3	358.6
Biomasa desovante, B (t)	13738	241278	12329	156282
	(0.58)	(0.40)	(0.38)	(0.56)
Biomasa desovante total, B (t)	255016		168611	
	(0.38)		(0.52)	
b) Datación multinomial:				
Producción diaria de huevos, P_0 (huevo/m ² /día)	46.5	721.5	36.8	431.4
Biomasa desovante, B (t)	15352	166290	9583	188014
	(0.34)	(0.32)	(0.79)	(0.48)
Biomasa desovante total, B (t)	181643		197598	
	(0.30)		(0.46)	

^aRF = F/W

^bDSF = SFR/W

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

9.11.1. Análisis cualitativos

a) Sobreposición de mapas de distribución

El primer tipo de análisis gráfico consistió en la sobreposición de los mapas de distribución de huevos de anchoveta y sardina común en una escala horizontal con los mapas de distribución de las variables oceanográficas. En las **Figuras 20 y 21** se presentan las distribuciones de huevos de ambas especies sobre las secciones horizontales de temperatura y salinidad a 10 m, profundidad cuya temperatura se usa en el Método de Producción Diaria de Huevos para la estimación de edad de los huevos. En ambas áreas se observa que los huevos de anchoveta ocurren en un rango de temperaturas entre 10.0 y 11.5 °C, no coincidiendo los máximos de abundancia con áreas con alguna temperatura en particular. Al analizar la sobreposición de los huevos con las salinidades a 10 m de profundidad, se observa que las mayores abundancias ocurren en zonas con salinidades sobre 32.5 psu, siendo estas abundancias mínimas en zonas de salinidades menores a 32 psu (i.e. pluma del Río Bío-Bío). En el caso de sardina común, los rangos de salinidad y temperatura y los de distribución de huevos fueron muy similares a los de anchoveta en ambas zonas.

b) Diagrama T-S y abundancia de huevos

El segundo tipo de análisis gráfico consistió en el desarrollo de diagramas T-S con datos de hidrografía obtenidos a 1 y 10 m de profundidad en los cuales se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta y sardina común, siguiendo la metodología de Checkley et al. (2000). En la **Figura 22** se muestra este tipo de diagrama para los huevos de ambas especies para las zonas centro (círculos en rojo) y sur (círculos en azul). Ambas especies tienden a ocurrir en rangos similares de temperatura y salinidad, siendo más amplios los rangos de salinidad y temperatura en superficie (1 m) que a 10m.

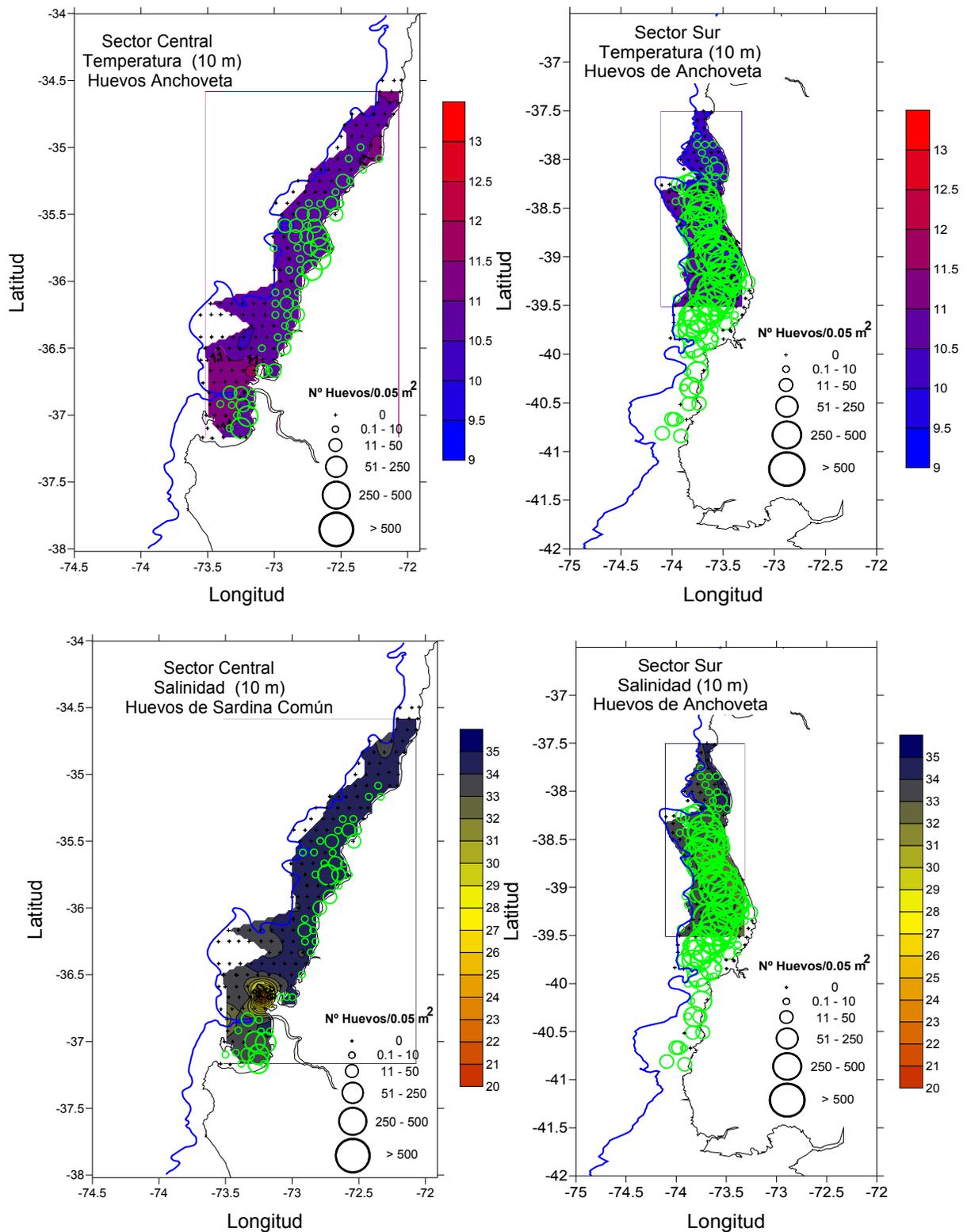


Figura 20. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta sobre secciones horizontales de temperatura y salinidad a 10 m de profundidad en la zona central y sur.

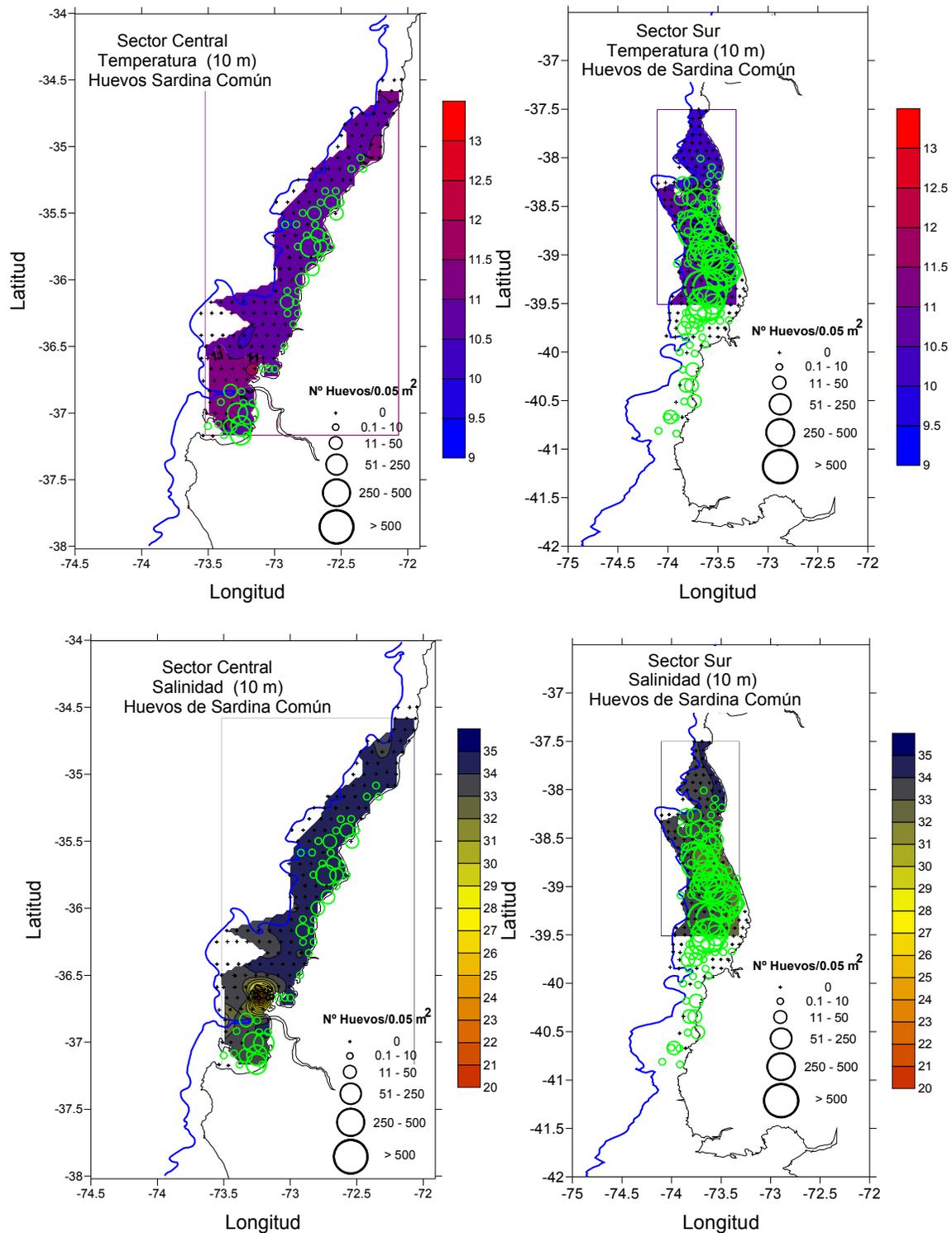


Figura 21. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta sobre secciones horizontales de temperatura a 10 m de profundidad en la zona central y sur.

Comparando entre zonas a una misma profundidad, sin embargo, se puede observar que los rangos entre los cuales ocurren los huevos variaron entre las zonas norte (rojo) y sur (azul). En particular, se observa que a 1m de profundidad, mientras la mayor parte de los huevos de ambas especies ocurren en el sector central en un amplio rango de temperaturas (10.5-12.2 °C) y salinidades (31.5-34.5 psu), en el sector sur los huevos se ubicaron más abundantemente en rangos más estrechos y más bajos en magnitud (entre los 10.5 y 11 °C y entre los 31.5 y 33 psu). A 10 m, profundidad a la que los rangos de ambas variables fueron más estrechos que en superficie, también se observó diferencias entre zonas en los rangos de temperatura y salinidad con mayores abundancias de huevos: mientras en el sector central la mayor cantidad de huevos de ambas especies se ubicó en un estrecho rango entre los 10.5-11.2 y entre los 33.5 y 34.5 psu, en el sector sur estas mayores abundancias ocurrieron entre los 10.2 y 10.8 °C y entre los 32.5 y-33.5 psu. En otras palabras, en términos generales se observó que las mayores abundancias de huevos de ambas especies habrían ocurrido a menores temperaturas y menores salinidades en el sector sur.

9.11.2. Análisis cuantitativo

a) Análisis exploratorio

Se realizó un análisis exploratorio bi-variado (curvas de cuocientes) para la relación entre la densidad de huevos en función de la latitud y longitud geográfica (influencia espacial del hábitat), temperatura superficial del mar, y profundidad del fondo. En la zona centro (**Figura 23**) se encontró que la densidad total de huevos de anchoveta y sardina común en la zona centro está asociada a una temperatura superficial del mar de 13.5 °C, y a una profundidad del fondo restringido hacia la zona costera del área de estudio, principalmente profundidades inferiores a los 50 m. Mientras que la asociación entre la densidad de huevos y la latitud se encuentra en los 35°75'S para anchoveta y 35°25'S para sardina. En términos de influencia costa-océano en la distribución de la densidad de huevos se centra en los 72°75' W en Anchoveta y 73°3'W en Sardina. La zona sur (**Figura 24**) se observa una asociación a temperatura superficial del mar de 11 °C aproximadamente para ambas especies y a una profundidad de fondo inferior a 75 m. La Latitud y Longitud asociada a la distribución de la densidad de huevos en los 38°9' y 39°25'LS y 73°7' y 73°5' LW para anchoveta y sardina respectivamente.

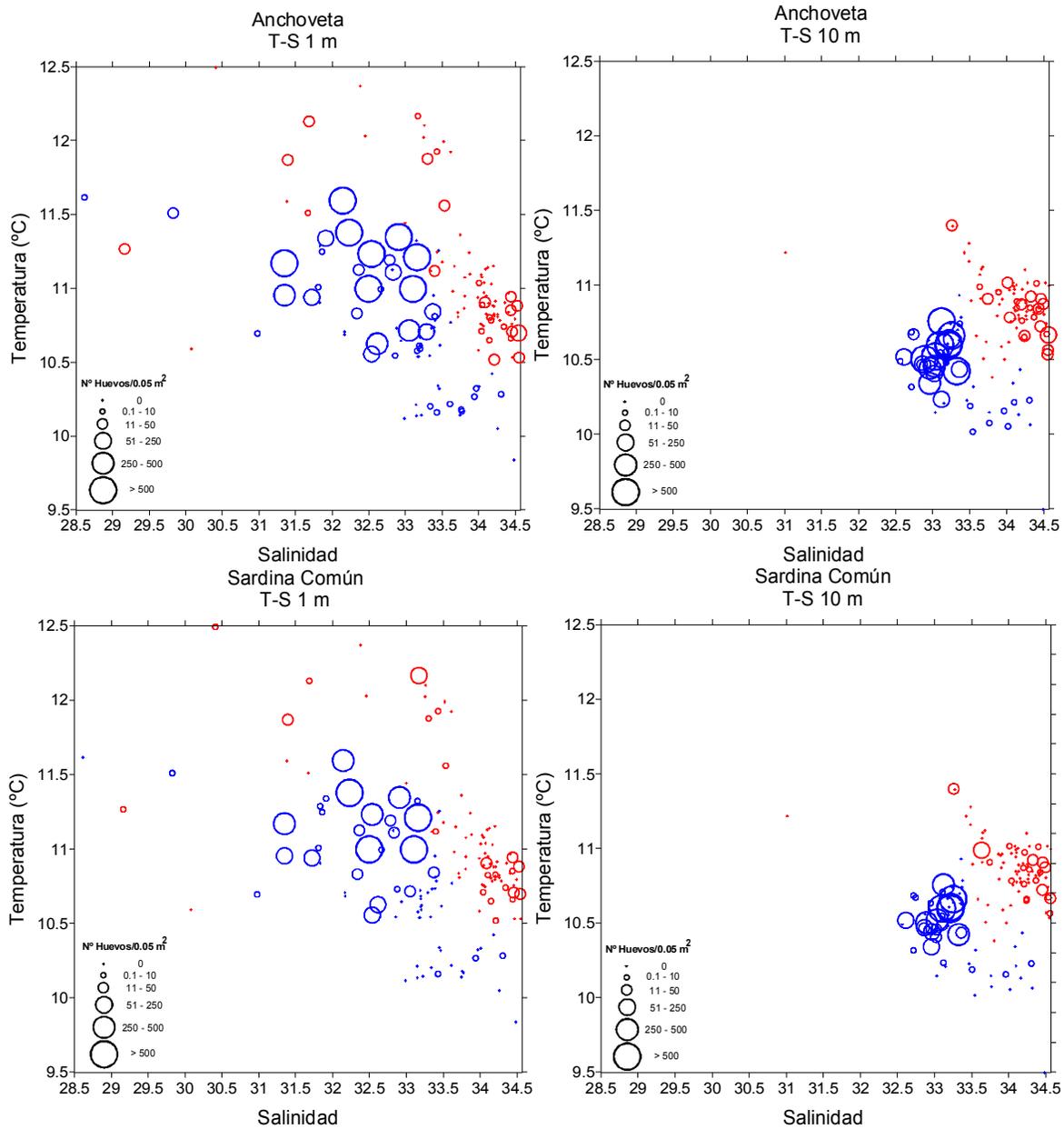


Figura 22. Diagramas en que la data de Temperatura y Salinidad a 1 y 10 m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta y sardina común. Los círculos en rojo corresponden a abundancia de huevos en estaciones de la zona central y, en azul, a la zona sur.

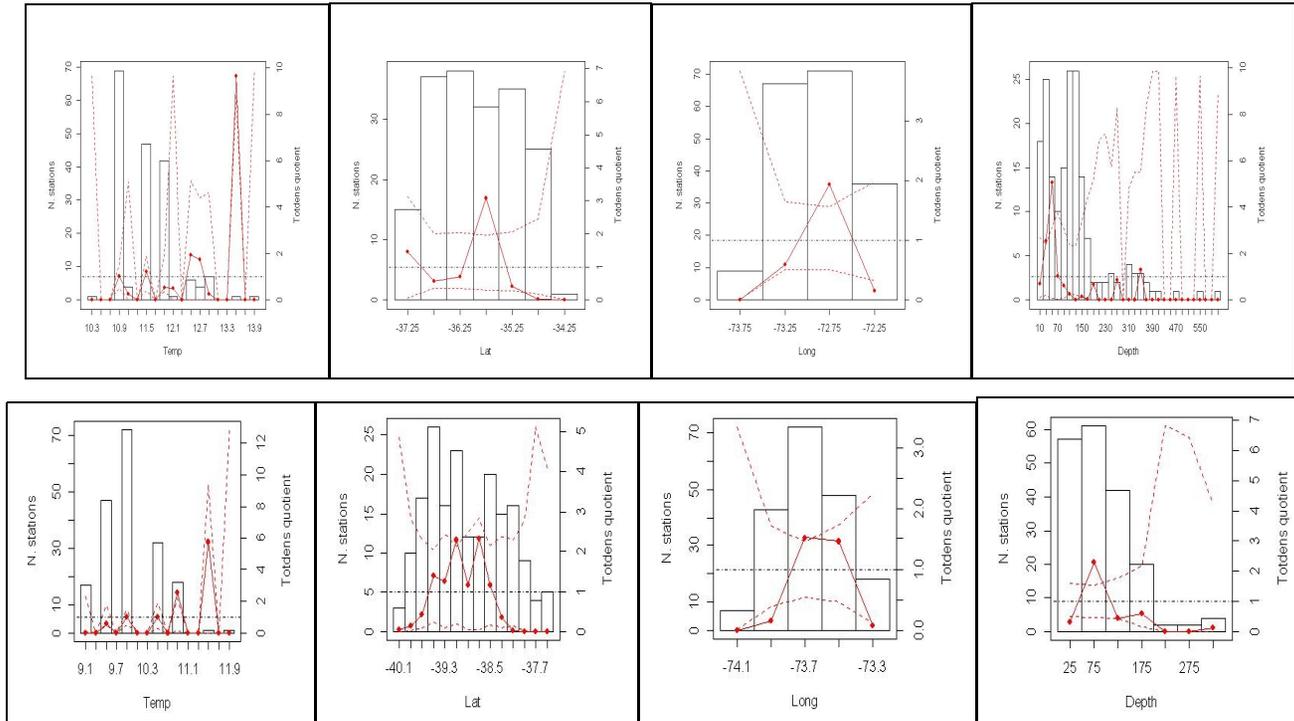


Figura 23. Análisis de cuociente para el año 2007 en anchoveta de la zona centro (arriba) y sur (abajo) de Chile. Barras se refieren a la variable independiente (Lat, Long, temperatura o profundidad). Línea roja continua es frecuencia de estaciones con huevos. Línea roja segmentada es el intervalo de confianza. Línea negra segmentada indica el umbral sobre el cual habría una asociación significativa entre huevos y la variable ambiental.

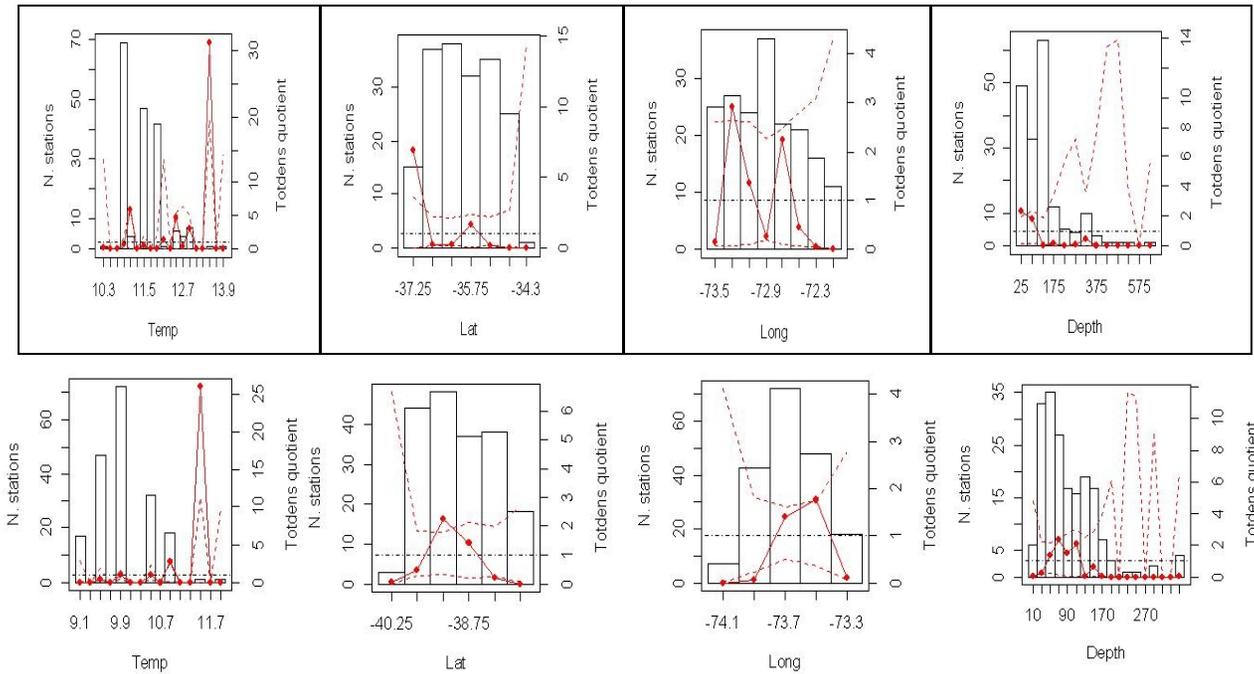


Figura 24. Análisis de cuociente para el año 2007 en sardina común de la zona centro (arriba) y sur (abajo) de Chile. Barras se refieren a la variable independiente (Lat, Long, temperatura o profundidad). Línea roja continua es frecuencia de estaciones con huevos. Línea roja segmentada es el intervalo de confianza. Línea negra segmentada indica el umbral sobre el cual habría una asociación significativa entre huevos y la variable ambiental.

b) Modelos para la densidad de huevos

El análisis espacial de la densidad de huevos de anchoveta y sardina común se consideró como covariables explicativas a la temperatura superficial del mar (TSM) y la profundidad de fondo. Estas variables necesitan ser modeladas con el objeto de ser utilizadas en una grilla de predicción cuando los modelos seleccionados consideran explícitamente a estas variables. Los resultados del análisis espacial de la temperatura y profundidad se resumen en la **Tabla 25**.

Tabla 25. Resumen de los modelos GAM utilizados para la temperatura superficial del mar y la profundidad de fondo.

Variable	Crucero	Zona	n	Suavizador Spline	R ² (adj)	Deviance Explicada (%)
TSM	2007	Centro	183	s(x,y, k=61)	0.622	72.0
		Sur	188	s(x,y, k=63)	0.372	44.6
Profundidad	2002-2007	Centro	758	s(x,y, k=253)	0.692	73.7
		Sur	844	s(x,y, k=281)	0.870	90.1

Los modelos utilizados para relacionar la densidad total de huevos de anchoveta y sardina común se resumen en la **Tabla 26**. Se observa que el proceso isotrópico dependiente conjuntamente de la interacción latitud-longitud logró por lo general la más baja devianza explicada. Al incluir la temperatura y la profundidad de fondo, la devianza explicada mejora notablemente así como el puntaje de la validación cruzada general (GCV). De este modo en el sector centro y sur, tanto la temperatura como la profundidad de fondo explicaron la densidad de huevos en el área de desove de anchoveta y sardina común (**Figura 25**).

Tabla 26. Resumen de los modelos aplicados (GAM) para la densidad de huevos de anchoveta y sardina común (huevos /m²) en función de la longitud (x), latitud (y), temperatura y profundidad de fondo para el año 2007. Las variables Temperatura (TSM) y Profundidad (Depth) fueron estandarizadas respecto de la latitud geográfica con el objeto de trabajar con un proceso isotrópico.

Especie	Zona	Grados Libertad inicial	Suavizador spline elegido	R2 (adj)	Deviance Explicada (%)	GCV
Anchoveta	Centro	183	s(x,y, k=11)	0.330	58.4	10.424
		183	s(x,y,k=11)+s(TSM,k=11)	0.458	65.5	9.625
		183	s(x,y,k=11)+s(Depth,k=11)	0.514	67.2	8.732
		183	s(x,y,k=11)+s(TSM,k=11)+s(Depth,k=11)	0.544	69.8	8.701
	Sur	188	s(x,y, k=23)	0.410	69.8	133.680
		188	s(x,y,k=23)+s(TSM,k=23)	0.367	56.9	169.900
		188	s(x,y,k=23)+s(Depth,k=23)	0.550	77.2	112.750
		188	s(x,y,k=23)+s(TSM,k=23)+s(Depth,k=23)	0.879	90.6	55.743
Sardina	Centro	183	s(x,y, k=10)	0.314	65.2	6.659
		183	s(x,y,k=10)+s(TSM,k=10)	0.387	68.8	6.511
		183	s(x,y,k=10)+s(Depth,k=10)	0.544	74.3	5.284
		183	s(x,y,k=10)+s(TSM,k=10)+s(Depth,k=10)	0.763	79.1	4.587
	Sur	188	s(x,y, k=24)	0.451	70.1	76.160
		188	s(x,y, k=24)+ s(TSM, k=24)	0.670	80.6	55.571
		188	s(x,y, k=24)+ s(Depth, k=24)	0.694	81.4	56.187
		188	s(x,y, k=24)+ s(TSM, k=24)+ s(Depth, k=24)	0.865	92.6	30.726

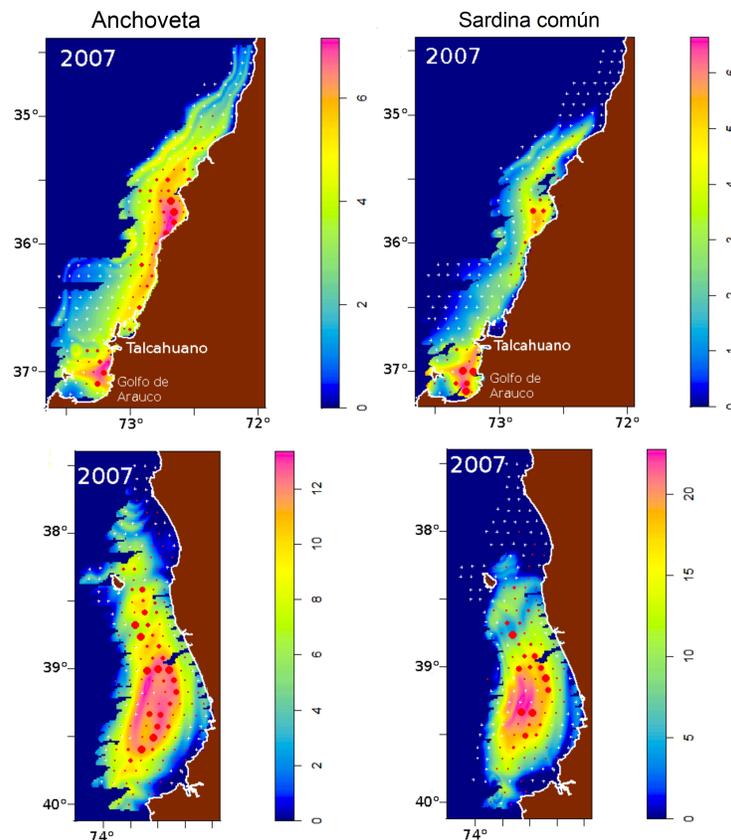


Figura 25. Predicciones de la densidad de huevos de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) con los modelos GAM seleccionados, año 2007. La escala corresponde al logaritmo de la densidad, y se ha superpuesto una escala relativa de la densidad observada (puntos rojos) y las estaciones negativas (cruces).

c) Modelos para la producción diaria de huevos

En el caso de la producción diaria de huevos, se utilizó el modelo multinomial para generar la datación, y se uso GAM para modelar la sobrevivencia de las cohortes diarias de huevos. Los modelos seleccionados de acuerdo con la devianza explicada y validación cruzada se indican en la **Tabla 27**. En general, se encuentra que los mejores modelos para la producción diaria de huevos incluyen la temperatura superficial del mar y la profundidad de fondo (**Figura 26**).

Tabla 27. Resumen de los modelos aplicados (GAM) para la Producción diaria de huevos de anchoveta y sardina común (huevos /m²) en función de la longitud (x), latitud (y), temperatura y profundidad de fondo para el año 2007. Las variables Temperatura (TSM) y Profundidad (Depth) fueron estandarizadas respecto de la latitud geográfica con el objeto de trabajar con un proceso isotrópico.

Especie	Zona	Grados Libertad inicial	Suavizador spline elegido	R2 (adj)	Deviance Explicada (%)	GCV
Anchoveta	Centro	646	s(x, y, k=16)	0.182	48.6	4.305
		646	s(x, y, k=16)+s(TSM, k=16)	0.304	56.4	3.815
		646	s(x, y, k=16)+s(Depth, k=16)	0.292	56.5	3.762
		646	s(x, y, k=16)+s(TSM, k=16)+s(Depth, k=16)	0.367	62.2	3.406
	Sur	810	s(x, y, k=23)	0.380	62.3	33.747
		810	s(x, y, k=23)+s(TSM, k=23)	0.379	62.3	33.442
		810	s(x, y, k=23)+s(Depth, k=23)	0.443	69.7	28.526
		810	s(x, y, k=23)+s(TSM, k=23)+s(Depth, k=23)	0.381	63.4	32.668
Sardina	Centro	461	s(x, y, k=10)	0.249	57.3	3.116
		461	s(x, y, k=10)+s(TSM, k=10)	0.273	60.2	3.009
		461	s(x, y, k=10)+s(Depth, k=10)	0.474	67.3	2.477
		461	s(x, y, k=10)+s(TSM, k=10)+s(Depth, k=10)	0.586	69.8	2.328
	Sur	775	s(x, y, k=11)	0.161	53.5	29.661
		775	s(x, y, k=11)+ s(TSM, k=11)	0.126	51.0	30.897
		775	s(x, y, k=11)+ s(Depth, k=11)	0.299	67.9	21.368
		775	s(x, y, k=11)+ s(TSM, k=11)+ s(Depth, k=11)	0.318	72.8	18.563

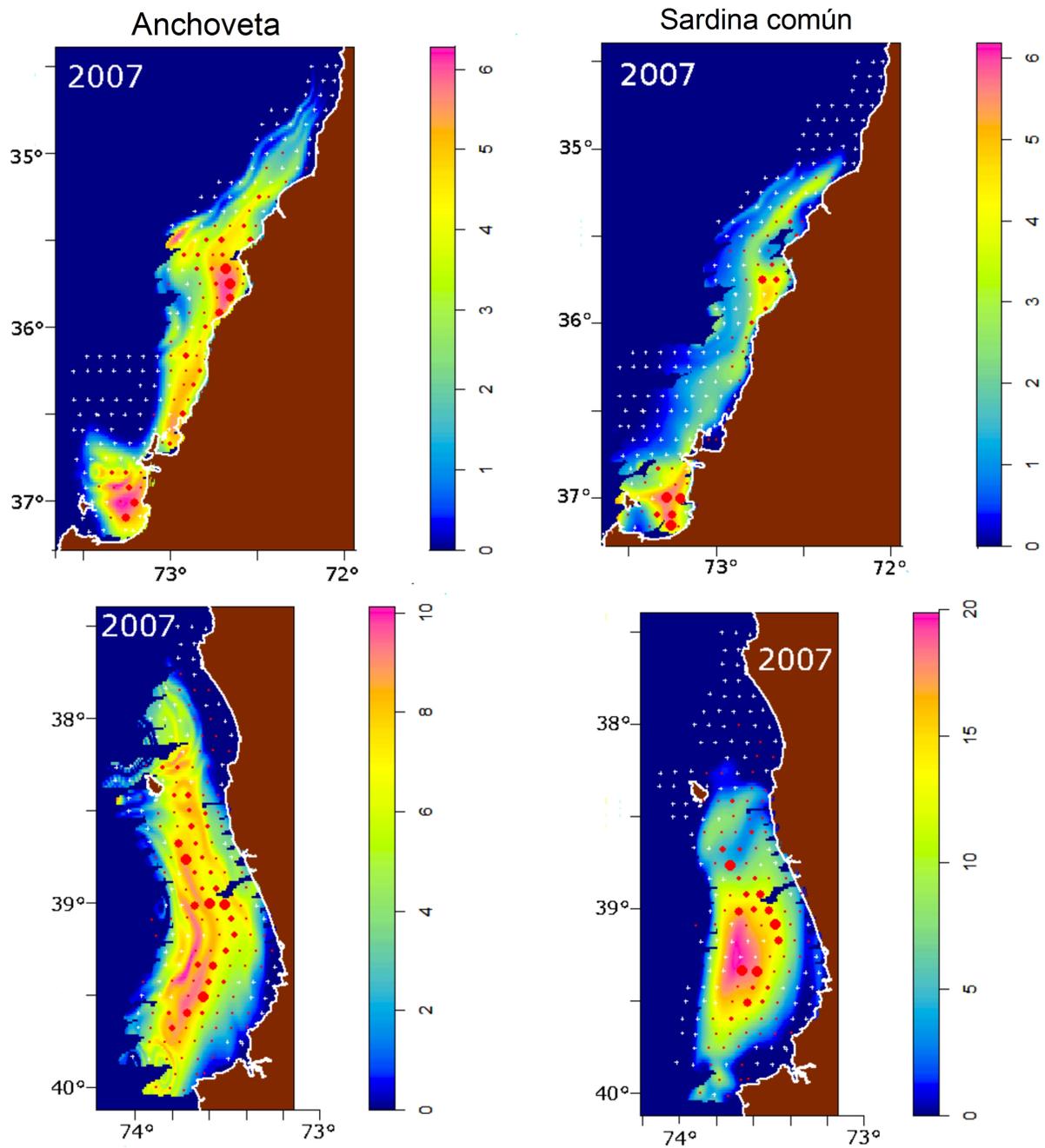


Figura 26. Predicciones de la producción diaria de huevos de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) con los modelos GAM seleccionados, año 2007. La escala corresponde al logaritmo de las estimaciones, y se ha superpuesto una escala relativa de la densidad observada (puntos rojos) y las estaciones negativas (cruces).

9.12. Comparación con otras evaluaciones

La evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile comenzó en el 2002 (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, pero 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. Esta es la principal limitante de dicho estudio. En el 2004 y 2005, la producción total de huevos realizada se evaluó con una grilla menos intensa, como fuera recomendado en los talleres de discusión (Cubillos et al. 2006). Sin embargo, los resultados del Proyecto FIP 2006-38 "Mejoramiento del Método de Producción de Huevos aplicado en peces pelágicos pequeños" (Claramunt et al. 2007a) se recomendó que en la zona centro-sur se realizaran transectas cada 5 millas náuticas y estaciones cada 4 millas náuticas cubriendo la plataforma continental desde la costa hasta el límite occidental del veril de 200 m de profundidad. Esta recomendación fue adoptada en el 2007.

Una comparación cualitativa de los cuatro cruceros de evaluación con el MPDH se presenta en la **Figura 27 y 28**, en términos de la grilla de muestreo y la distribución espacial de las estaciones positivas. Se observa en general, 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. 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. 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.

En ambas especies se identifica el sector sur, esto es entre 38°20'S y 40°S como la principal área de desove. Esta área presenta la mayor abundancia de huevos durante el pico de desove principal y que ha sido evaluado regularmente entre agosto y septiembre de cada año. En la zona norte, la abundancia de huevos de sardina común ha sido variable interanualmente, y virtualmente ausente en el 2004 y 2005. No obstante, para ambas especies se identifica al Golfo de Arauco y la desembocadura del Río Itata, y Constitución, como los núcleos de desove de mayor importancia en este estrato geográfico.

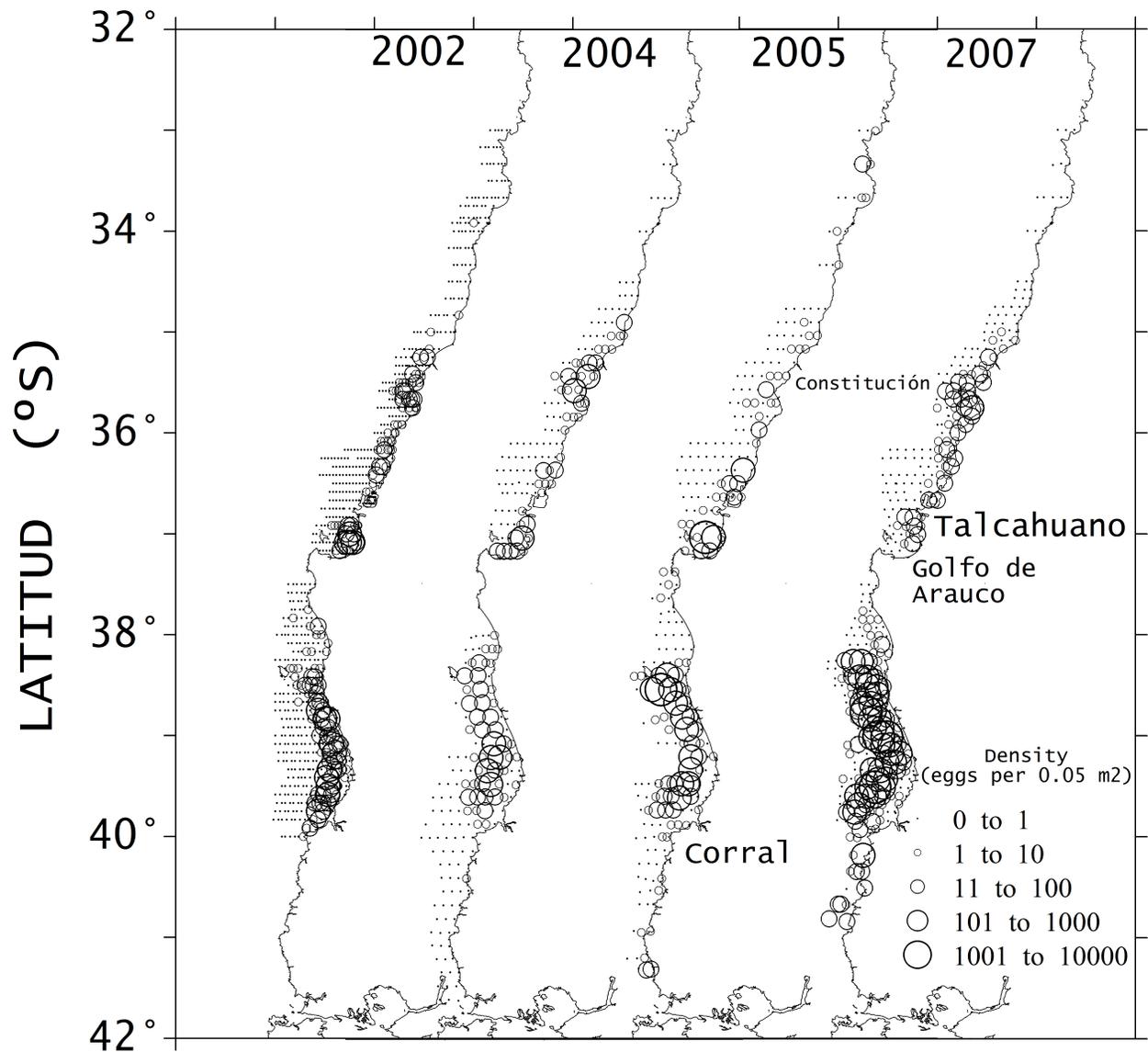


Figura 27. Distribución de la abundancia huevos de anchoveta (huevos por 0,05 m²) en la zona centro-sur de Chile.

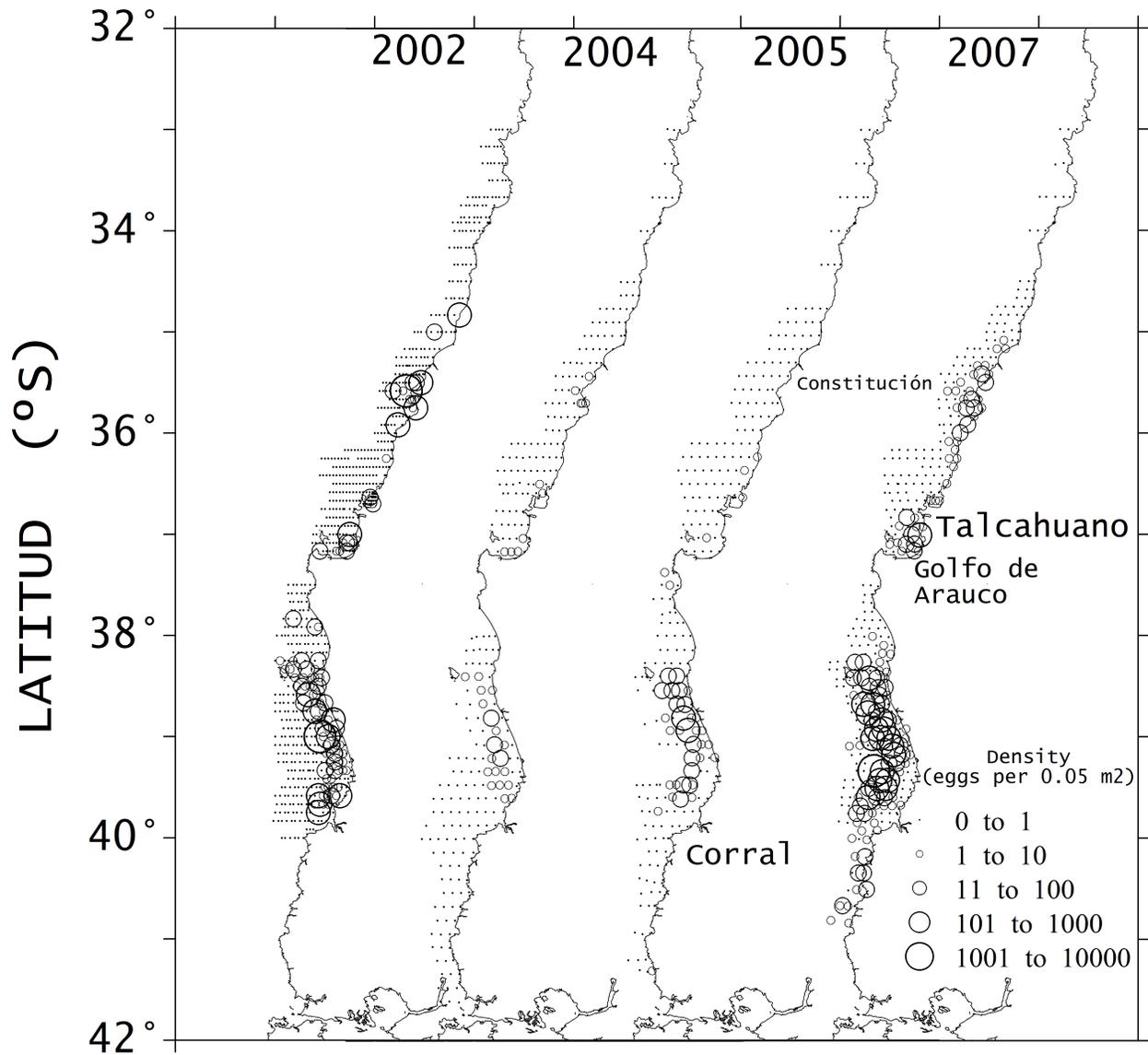


Figura 28. Distribución de la abundancia huevos de sardina común (huevos por 0,05 m²) en la zona centro-sur de Chile.

La evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en los cuatro años revela cambios importantes en los parámetros reproductivos (**Tabla 28**). El peso promedio de las hembras maduras de anchoveta fue mayor en el 2007, incidiendo en un incremento en la fecundidad media poblacional y, probablemente, la frecuencia del desove ([Claramunt et al. 2007b](#)). La fecundidad específica diaria ha fluctuado entre 13,0 y 54, y la fecundidad relativa entre 351 y 390 huevos por hembra. En el caso de la sardina común, los parámetros reproductivos sugieren una reducción del peso promedio entre el 2002 y 2005, y recuperación en el 2007. Estos cambios también se reflejan en la fecundidad media poblacional.

La fecundidad específica diaria de sardina común es altamente fluctuante, como también la fecundidad relativa.

Tabla 28. Comparación de los parámetros reproductivos de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, años 2002-2007.

Anchoveta Parámetros	2002				2004				2005				2007			
	Centro	CV	Sur	CV												
S	0.15	0.22	0.07	0.15	0.20	0.12	0.17	0.25	0.10	0.16	0.09	0.50	0.21	0.09	0.27	0.16
W	14.22	0.11	22.18	0.04	19.11	0.07	19.72	0.03	11.68	0.07	21.95	0.04	22.67	0.03	22.83	0.06
R	0.49	0.04	0.52	0.06	0.28	0.07	0.38	0.09	0.44	0.03	0.58	0.06	0.50	0.05	0.51	0.07
F	4989	0.12	8239	0.05	7004	0.07	7317	0.04	4283	0.07	8059	0.04	8837	0.04	8903	0.06
F/W	351		371		367		371		367		367		390		390	
DSF	26		13		21		24		16		20		41		54	
n	14		18		27		16		31		9		28		22	
m	459		702		840		549		930		217		1118		873	
Sardina Parámetros	2002				2004				2005				2007			
	Centro	CV	Sur	CV												
S	0.14	0.17	0.03	0.43	0.10	0.21	0.12	0.20	0.07	0.20	0.08	0.21	0.26	0.11	0.15	0.23
W	19.50	0.05	24.56	0.03	15.32	0.12	16.52	0.04	12.07	0.06	13.96	0.05	24.31	0.05	21.50	0.03
R	0.51	0.04	0.40	0.06	0.45	0.08	0.59	0.05	0.53	0.03	0.47	0.09	0.53	0.05	0.51	0.04
F	8497	0.05	10414	0.03	6990	0.12	7716	0.05	5980	0.07	7069	0.05	9267	0.06	8214	0.04
F/W	436		424		456		467		495		506		381		382	
DSF	30		5		20		32		18		19		53		29	
n	32		20		21		12		31		4		24		26	
m	771		494		695		380		1322		75		945		1033	

La producción diaria de huevos (P_0), estimada según dos procedimientos de datación (Lo y multinomial) y según el modelo GAM con variables ambientales, revela las mismas tendencias en el caso de la anchoveta. Esto es, una disminución de la producción diaria en el sector centro durante el año 2007 y una tendencia alcista en la producción de huevos en el sector sur (**Figura 29**). En la sardina común, se observa un recuperación en el 2007 respecto del 2004 y 2005 en la zona centro, como también en el sector sur y superando en el 2007 a la producción diaria de huevos estimada para el 2002 (**Figura 30**).

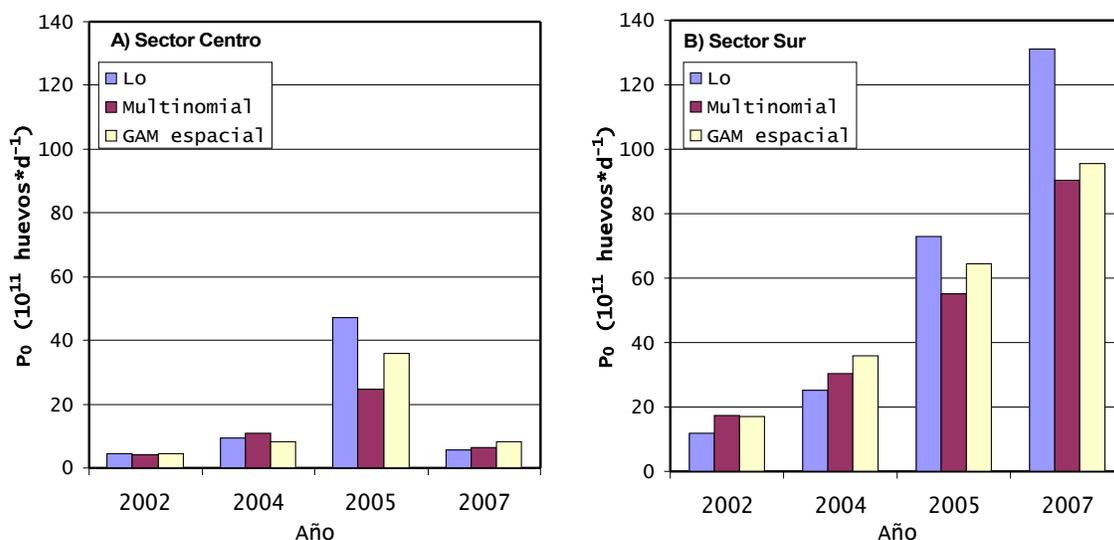


Figura 29. Comparación de la producción diaria de huevos en el área de estudio, según tres métodos de estimación para la anchoveta entre 2002 y 2007.

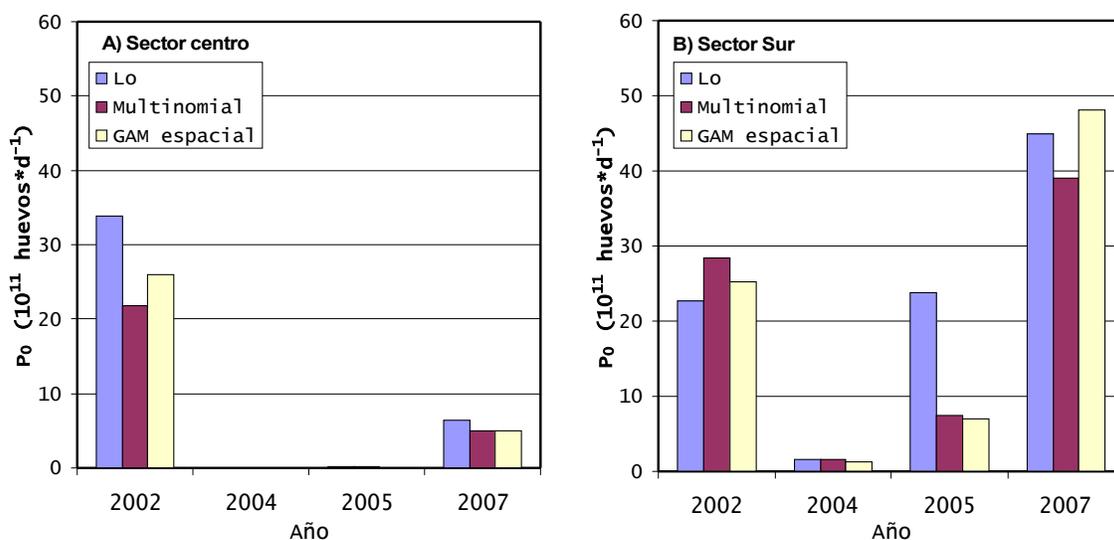


Figura 30. Comparación de la producción diaria de huevos en el área de estudio, según tres métodos de estimación para la sardina común entre 2002 y 2007.

Al considerar la evaluación de la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común, en la **Figura 31** se compara la serie histórica que cubren estos cuatro cruceros. En estas estimaciones se ha descartado la zona norte, que siempre ha sido de carácter exploratorio, y también la zona al sur de los 40°S. Estos criterios han permitido estandarizar la evaluación de la biomasa desovante, y compararla en el tiempo. Se observa que la mayor biomasa desovante de sardina común fue estimada en el 2002, la más baja en el

2004, y un incremento desde el 2005 al 2007. En el caso de la anchoveta, se observó un incremento desde el 2002 al 2005, y una disminución en el 2007.

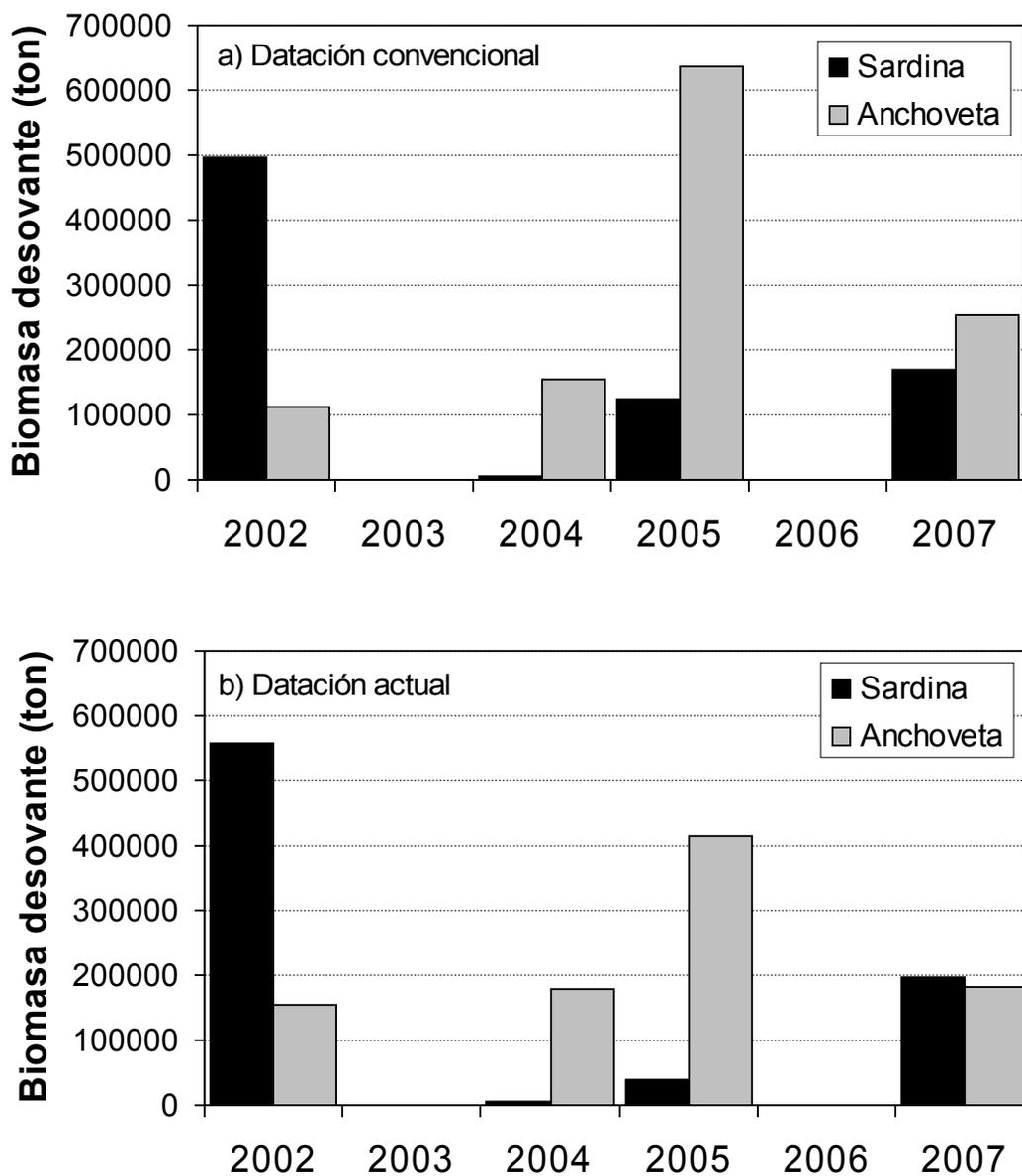


Figura 31. Comparación del stock desovante de anchoveta y sardina común mediante el MPDH, según dos métodos de datación de huevos: convencional (procedimiento de Lo) y actual (procedimiento multinomial).

10 Análisis de los resultados

El monitoreo reproductivo de los adultos reveló que en julio comenzó a observar presencia de hembras maduras de sardina común (89,5%) en la zona centro, manteniéndose en agosto (87,8%). La anchoveta, mostró un incremento similar en esta zona, con 66% de hembras maduras en julio y 83% en agosto. En cambio, en Valdivia (zona sur), las hembras maduras de ambas especies fueron detectadas en septiembre con 81% en la sardina común y 87,4% en la anchoveta. En la zona centro, el índice gonadosomático (IGS) de ambas especies se incrementó significativamente en julio, lográndose un pico en agosto en la sardina común y en septiembre para la anchoveta. El crucero prácticamente se realizó entre fines de agosto y durante gran parte de septiembre. Es decir, en plena actividad reproductiva.

Se destaca que el monitoreo reproductivo, en el contexto del presente proyecto, pretende solamente servir de ayuda para decidir sobre el inicio del crucero sobre la base de criterios macroscópicos principalmente, lo que se complementa con la tendencia que exhiba el monitoreo ictioplanctónico. Los indicadores microscópicos básicamente no son de ayuda en tiempo real, y son utilizados para confirmar la decisión adoptada. En este contexto, la distribución espacio-temporal de los estados de madurez sexual microscópicos confirman que a partir de julio comenzó a observarse una mayor contribución de hembras en vitelación, viteladas, y en hidratación. Asimismo, la presencia de folículos postovulatorios que definen los estadios VII, VIII y IX fueron importantes entre julio y octubre. Se destaca que el monitoreo ictioplanctónico, reveló una baja abundancia de huevos en la zona centro durante agosto-septiembre. Probablemente, tal discrepancia se deba al efecto de la variabilidad espacial del desove ya que la abundancia de huevos se obtuvo en el área de Coliumo, mientras que el monitoreo reproductivo de las hembras integra varias zonas.

El crucero de evaluación propiamente tal, se inició el 28 de agosto y se extendió básicamente hasta el 16 de septiembre en la zona centro, mientras que en el sector sur se realizó entre el 31 de agosto y 17 de septiembre, y el sector norte se ejecutó entre el 29 y 30 de septiembre. En relación con el crucero de adultos, comenzó el 31 de agosto y se terminó el 12 de septiembre en la zona centro, lo que implica una evaluación simultánea de la expresión del desove y de la condición reproductiva de los cardúmenes desovantes de ambas especies. Sin embargo, para el caso de la anchoveta el muestreo de adultos en la zona sur se extendió hasta el 23 de septiembre. Aunque no fue estrictamente simultáneo en este caso se piensa que los cardúmenes desovantes se encontraban dentro del máximo reproductivo.

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. En el caso de la anchoveta, la distribución de la abundancia fue similar a la observada en el 2002 (Cubillos et al. 2003), 2003 (Bernal et al., 2004), 2004 (Cubillos et al. 2005), y 2005 (Cubillos et al. 2006). Con la excepción de que en el 2005 por primera vez se observó presencia de huevos de esta especie en el sector norte (Valparaíso – 34°00'S) en este tipo de cruceros. En el caso de la sardina común, sin embargo, se observó una menor abundancia de huevos en el sector centro, pero muy superior a las que fueron registradas en el 2004 y 2005.

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 los mayores núcleos de abundancia de ambas especies a excepción de algunas transectas del sector sur en que la abundancia de huevos de anchoveta, particularmente, 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 de años anteriores, se podría indicar que prácticamente el área de desove fue cubierta. Esta situación se confirma mediante los modelos GAM de abundancia de huevos.

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°20'S (norte de Valparaíso). 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 (Castillo-Jordán et al. 2007).

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 septiembre de 2007, el área de desove se caracterizó por las condiciones más frías evidenciadas por la temperatura superficial del mar tanto en la zona centro como sur. Durante el crucero predominaron temperaturas entre 9 y 11 °C, excepto al interior del Golfo de Arauco. Estas temperaturas frías pudieron afectar el desarrollo de los huevos en el plancton como también la tasa de degeneración de los folículos postovulatorios (FPO). En el caso de los huevos, las consecuencias serían una mayor permanencia de los huevos en el plancton, retrasando la eclosión. A su vez, temperaturas muy frías pueden afectar la viabilidad del desove ya que a temperaturas menores a 8°C no se observa eclosión de las larvas (Tarifeño et al. 2008). En el caso de la tasa de degeneración de los FPO, Beverly Macewicz sugirió utilizar solamente los FPO de día 1 para evitar el probable efecto de las bajas temperaturas en que el desove de sardina y anchoveta ocurre en la zona centro. Es probable que las bajas temperaturas en el 2007 hayan determinado una mayor permanencia de los FPO después de 24 horas, razón por la cual se utilizó solamente las hembras desovante de un día. En el 2007, hubo una mayor fracción diaria de hembras desovantes, y puede ser explicado tanto por el mayor tamaño de las hembras (Claramunt et al. 2007b), como también en términos de una respuesta compensada que se traduce en un mayor número de hembras activas participando en el desove.

En la zona centro, la producción diaria de huevos exhibe un incremento respecto de 2005 tanto en anchoveta como en sardina común. A su vez, en la zona sur se observa un incremento exponencial en la producción diaria de huevos de anchoveta desde el 2002 al 2007. En la sardina común, se observó una producción diaria de huevos en la zona sur que es casi el doble de la más alta registrada en el 2002. Los resultados evidencian que la zona sur se constituye en el área de desove más importante de anchoveta y sardina común. No obstante, en algunos años el sector centro puede ser tan importante como la zona sur. La zona centro se torna importante cuando ocurre un buen reclutamiento, ya que los ejemplares juveniles que se desarrollan en la región pueden contribuir al desove al alcanzar la primera madurez sexual al término del primer año; esto es, a los 11 cm en la sardina común y a los 12 cm en la anchoveta.

La evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común se realizó según dos métodos de datación de huevos: a) el método convencional, según el modelo de [Lo \(1985\)](#); y b) el método multinomial ([Bernal et al. 2008](#)). A su vez, se modeló la expresión espacial de la producción diaria de huevos con GAM, observándose la potencialidad de la técnica en el sentido de llevar las estimaciones a la componente espacial. De los métodos de datación, el nuevo modelo basado en la asignación de edad basada en la probabilidad de observar un estadio en el mar a una hora dada después del desove resultó en los estimados con la más alta precisión.

En este contexto, la evaluación del stock desovante de anchoveta indica que desde el 2005 al 2007 se observó una disminución de la biomasa, mientras que en la sardina común se observa un incremento importante ya que este recurso viene saliendo de un periodo de baja abundancia. Al considerar los parámetros reproductivos de los adultos, se considera que el número de lances y el número de hembras por lance que han sido analizados son suficientes e informativos, tanto para la anchoveta como para la sardina común.

11 Conclusiones

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

a) En el sector centro, la producción diaria de huevos fue estimada en 46,5 huevos/m²/día para la anchoveta (CV = 34 %) y 36,8 huevos/m²/día para la sardina común (CV = 79%). En el sector sur, la P0 fue de 722 huevos/m²/día para la anchoveta (CV = 32%), y de 431,4 huevos/m²/día para la sardina común (CV = 48%).

b) La fracción diaria de hembras desovantes se estimó utilizando la hembras con folículos postovulatorios de día 1, fluctuando entre 0,21 y 0,27 en la anchoveta; y entre 0,15 y 0,26 en la sardina común.

c) La fecundidad parcial en ambas especies se relacionó linealmente en función del peso corporal a partir de 92 hembras hidratadas de anchoveta, y 109 hembras de sardina común. La relación no fue estadísticamente diferente entre las zonas centro y sur. La fecundidad media poblacional fue estimada entre 8837 y 8903 ovocitos en la anchoveta, y entre 8214 y 9267 ovocitos en la sardina común.

d) La proporción de hembras en peso fue de 50 y 51 % en anchoveta, y el peso promedio de las hembras maduras fluctuó entre 22,7 y 22,8 g. En la sardina común, la proporción de hembras fluctuó entre 51 y 53%, y el peso promedio entre 21,5 y 24,3 g.

e) El área de desove fue más extensa en la anchoveta, con 4692 km² en la zona centro y 7773 km² en la zona sur. En la sardina común, el área de desove fue de 3299 km² en la zona centro y 5696 km² en la zona sur.

f) La biomasa desovante de anchoveta fue evaluada en 181.643 t (CV = 30%), y la biomasa desovante de sardina común en 197.598 t (CV = 46 %). De acuerdo con las evaluaciones pasadas, se puede decir que el stock de sardina común viene saliendo de un periodo de baja abundancia. En el caso de la anchoveta, se observó una disminución de la biomasa desovante respecto del 2005.

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.
- 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.
- 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 (en ejecución).
- Bernal, M. 1999.** Preliminary results on a two stage modeling of sardine egg presence and abundance off the Spanish coast and its implication for stock assessment. WD ICES WGMHMSA, Copenhagen 9/1999.
- Bernal, M., Borchers, D.L., Valdéz, L., Lanzós, A.L., Buckland, S.T. 2001.** A new ageing method for eggs of fish species with daily spawning synchronicity. *Can. J. Fish and Aquat. Sci.*, 58:2330-2340.
- Bernal M, Ibaibarriaga L, Lago de Lanzós A, Lonergan ME, Hernández C, Franco C, Rasines I, Valdés L, Borchers DL (2008)** Using multinomial models to analyse data from Iberian sardine egg incubation experiments: a comparison with traditional techniques. *ICES Journal of Marine Science* 65: 51-59
- Blaxter, J.H.S., Hunter, J.S. 1982.** The biology of the clupeoid fishes. *Adv. Mar. Biol.* 20, 201-223.

- Borchers, D. L., S. T. Buckland, I. G. Priede & S. Ahmadi. 1997.** Improving the precision of the daily egg production method using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 2727-2742.
- 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.
- Castillo, 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.
- Castillo-Jordán, C., Cubillos, L.A., Paramo, J. 2007.** The spawning spatial structure of two co-occurring small pelagic fish off central southern Chile in 2005. *Aquatic Living Resources* 20, 77-84.
- 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., Cubillos, L., Braun, M., Serra, R., Canales, M., Sánchez, J., Flores, A., Moreno, P., Riquelme, K., Castillo, C., Valero, C. 2007a.** Mejoramiento del método de producción de huevos aplicado a pelágicos pequeños en Chile. Informes Técnicos FIP – IT/2006-38, 214 p.

- Claramunt G, Serra R, Castro LR, Cubillos L (2007b)** Is the spawning frequency dependent on female size? Empirical evidence in *Sardinops sagax* and *Engraulis ringens* off northern Chile. Fisheries Research 85: 248-257
- Cochran, W.G. 1980.** Técnicas de muestreo. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. México.
- 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., 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.** Epoca 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. 2003.** Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2002. Informe Final FIP 2002-14, 127 p.
- Cubillos, L., Castro, L., Oyarzún, C. 2005.** Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2004. Informe Final FIP 2004-03.
- Cubillos, L., Castro, L., Claramunt, G., Oyarzún, C. 2006.** Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2005. Informe Final FIP 2005-02.
- Cubillos, L.A., Ruiz, P., Claramunt, G., Gacitúa, S., Núñez, S., Castro, L.R., Riquelme, K., Alarcón, C., Oyarzún, C., y Sepúlveda, A., 2007.** Spawning, daily egg production, and spawning stock biomass estimation for common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central southern Chile in 2002. Fisheries Research 86: 228-240.
- 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.
- Eilers, P.H.C., Marx, B.D. 1996.** Flexible smoothing with B-splines and penalties (with discussion). Statistical Science 11:89-121.

- Fitzhugh, G.R., Hettler, W.F., 1995.** Temperature influence on postovulatory follicle degeneration in Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*. Fish. Bull. 93, 568-572.
- Ganias, K., Somarakis, S., Machias, A., Theodorou, A.J., 2003.** Evaluation of spawning frequency in a Mediterranean sardine population (*Sardina pilchardus sardina*). Mar. Biol. 142, 1169-1179.
- 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.
- Hornik, 2002.** The R FAQ, <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>
- 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. 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.
- Hunter, J. R. y 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., 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., 1993.** Ichthyoplankton methods for estimating fish biomass introduction and terminology. Bulletin of Marine Science 53, 723-727.
- Hunter, J., Lo, N.C.-H. 1997.** The daily egg production method of biomass estimation: some problems and potential improvements. Ozeanografika 2, 41-69.
- Ihaka, R, and Gentleman, R. 1996.** R: a language for data analysis and graphics. Journal of Computational and Graphics Statistics, 5(3):299-314.
- 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.
- 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.

- Lo NCH, Macewicz BJ, Griffith DA (2005)** Spawning biomass of Pacific sardine (*Sardinops sagax*), from 1994-2004 off California. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports 46: 93-112
- 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.
- Macewicz BJ, Castro-González JJ, Cotero-Altamirano CE, Hunter JR (1996)** Adult reproductive parameters of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) during 1994. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports 37: 140-151
- Miranda, A., Cal, R.M., Iglesias, J. 1990.** Effect of temperature on the development of eggs and larvae of sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum) in captivity. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 140:69-77.
- 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.
- Motos, L. 1994.** Estimación de la biomasa desovante de la población de anchoa del golfo de Vizcaya, *Engraulis encrasicolus*, a partir de su producción de huevos. Bases metodológicas y aplicación. PhD Thesis, Leioa, Spain.
- 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.
- Parker, R.L., Rice, J.A. 1985.** Discussion on "some aspects of the spline smoothing approach to non-parametric regression curve fitting" (by B.W. Silverman). Royal Statistical Society Series B 47:40-42.
- Pepin, P. 1991.** Effect of temperature and size on development, mortality and survival rates of the pelagic early life history stages of marine fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci, 48:503-518.
- 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., 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.
- 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. 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.
- 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.
- Stratoudakis, Y., Bernal, M., Borchers, M.F. 2003.** Changes in the distribution of sardine eggs and larvae off Portugal, 1985-2000. *Fisheries Oceanography*, 12:49-60.
- Tarifeño E, Carmona M, Llanos-Rivera A, Castro LR (2008)** Temperature effects on the anchoveta *Engraulis ringens* egg development: do latitudinal differences occur? *Environmental Biology of Fishes* 81: 387-395
- Venables, W.N., Ripley, B.D., 2002.** Modern Applied Statistics with S, 4th ed. Springer-Verlag, New York.
- Wahva, G. 1980.** Splines bases, regularization and generalized cross validation for solving approximation problems with large quantities of noisy data. In: Cheney, W. (Ed.) *Approximation Theory III*. Academic Press, New York.
- Wallace, R. and K. Selman. 1981.** Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.* 21:325-343.
- Wood, S.N. 2002.** Modelling and smoothing parameter estimation with multiple quadratic penalties. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 62:413-428.
- Wood, S.N. 2003.** Thin plate regression splines. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 62: 95-114.

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

El Taller de Discusión de Resultados del Proyecto FIP 2007-06, se realizó el día 04 de septiembre de 2008 en el Auditorio de la Dirección de Posgrado, Edmundo Larenas 234, 2do piso. El Taller tuvo por objetivo analizar y discutir la aplicación del método de producción diaria de huevos en anchoveta y sardina común, según los resultados obtenidos durante la máxima actividad reproductiva del 2007.

Agenda de Trabajo

El Taller se desarrolló según las siguientes presentaciones:

11:00 – 11:30	Condiciones ambientales y distribución de huevos de anchoveta y sardina común <i>Leonardo Castro</i>
11:30 – 12:00	Producción diaria de huevos y evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común, 2007 <i>Luis Cubillos</i>
12:00 - 12:30	Mesa redonda y conclusiones del Taller <i>Moderador</i>

Recomendaciones del Taller

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

Se consultó por el diseño de muestreo, en términos de la grilla de ictioplancton. Se establece que la actual grilla de muestreo fue una recomendación que emerge del estudio FIP 2006-38 “Mejoramiento del Método de la Producción Diaria de Huevos aplicada a pelágicos pequeños en Chile” (Claramunt et al., 2007). La distancia entre transecta fue establecida en 5 millas náuticas y la distancia entre estaciones se estableció en 4 millas náuticas.

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. Con respecto al rango latitudinal, se sugiere que se mantenga los límites utilizados.

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. Aunque se encontró que el nuevo método de datación multinomial determinó una mayor precisión de P_0 , se recomienda seguir con la datación convencional.

Se recomienda continuar evaluando 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 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 se deben considerar independientes, y por lo tanto la biomasa se debe estimar por separado para cada región.

Participantes

- Sergio Mora, IFOP
- José Acevedo, SUBPESCA
- Patricia Ruiz, Inpesca
- Claudio Gatica, Inpesca
- Rubén Alarcón M, Inpesca
- Claudio Castillo, UdeC
- Sandra Cahuín, UdeC
- Carolina Alarcón Muñoz, UdeC
- Lorena Rozas, UdeC
- Gustavo Aedo, UdeC
- Christian Valero, UdeC
- María José Zuñiga, UdeC
- Leonardo Castro, UdeC
- Ciro Oyrazún, UdeC
- Luis Cubillos, UdeC

14 Horas Hombre del equipo de trabajo

El contrato de investigación para ejecutar el proyecto FIP 2007-06, terminó su tramitación el 23 de Octubre de 2007 (Decreto Supremo N° 259), lo que marca el inicio del proyecto. No obstante, las actividades de muestreo comenzaron antes de la fecha oficial de inicio del crucero, y en consecuencia el Mes 1 indica agosto de 2007.

a) Universidad de Concepción

			M	E	S	E	S			
Nombre	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Luis Cubillos S.	Total	30	20	35	40	23	28	30	30	236
	Coordinación	30	20	10	5	3	3	5		76
	Procesamiento			20	15	10	5			50
	Análisis			5	10	10	10	5		40
	Informes				10		10	20	30	70
Leonardo Castro C.	Total	22	15	22	45	14	34	20	8	180
	Coordinación	22	15	2	5	4	4	5		57
	Procesamiento			10	10					20
	Análisis			10	10	10	10			40
	Informes				20		20	15	8	63
Ciro Oyarzún G.	Total	22	15	22	45	14	34	20	8	180
	Coordinación	22	15	2	5	4	4	5		57
	Procesamiento			10	10					20
	Análisis			10	10	10	10			40
	Informes				20		20	15	8	63
Alejandra Llanos R.	Total	3	13	23	33	23	23	43	5	166
	Coordinación	3	3	3	3	3	3	3		21
	Procesamiento		10	10	10	10	10	10		60
	Análisis			10	20	10	10	20		70
	Informes							10	5	15
Carolina Alarcón M.	Total	40	35	40	55	45	35	15	10	275
	Coordinación	30	20	20	20	20	20	10	10	150
	Procesamiento	10	15	15	15	15	5	5		80
	Análisis			5	20	10	10			45
	Informes									0
Milton Pedraza G.	Total	40	55	75	30	30	30	30	5	295
	Obtención de datos	25	50	50	5	5	5	5		145
	Procesamiento	15	5	5	5	5	5	5		45
	Análisis			20	20	20	20	20	5	105
	Informes									0

Claudio Castillo J.	Total	40	55	75	30	30	30	30	5	295
	Obtención de datos	25	50	50	5	5	5	5		145
	Procesamiento	15	5	5	5	5	5	5		45
	Análisis			20	20	20	20	20	5	105
	Informes									0
Santiago Gacitúa	Total	20	30	35	60	40	40	50	10	285
	Obtención de datos	10	10	10	10	10	10	10	10	80
	Procesamiento	10	20	20	20	20	20	20		130
	Análisis			5	20	10	10	10		55
	Informes				10			10		20
Gustavo Aedo	Total	20	30	35	60	40	40	50	10	285
	Obtención de datos	10	10	10	10	10	10	10	10	80
	Procesamiento	10	20	20	20	20	20	20		130
	Análisis			5	20	10	10	10		55
	Informes				10			10		20
Christian Valero B.	Total	20	30	35	60	40	40	50	10	285
	Obtención de datos	10	10	10	10	10	10	10	10	80
	Procesamiento	10	20	20	20	20	20	20		130
	Análisis			5	20	10	10	10		55
	Informes				10			10		20
Samuel Soto M.	Total	150	180	40	40	40	40	0	0	490
	Obtención de datos	120	170	30	30	30	30			410
	Procesamiento	30	10	10	10	10	10			80
	Análisis									0
	Informes									0
María Muñoz L.	Total	150	180	40	40	40	40	0	0	490
	Obtención de datos	120	170	30	30	30	30			410
	Procesamiento	30	10	10	10	10	10			80
	Análisis									0
	Informes									0
María José Zuñiga B.	Total	0	40	40	40	40	40	40	0	240
	Obtención de datos		30	30	20	20	20	20		140
	Procesamiento		10	10	10	10	10	10		60
	Análisis				10	10	10	10		40
	Informes									0
.	Total	0	40	40	40	40	40	40	0	240
	Obtención de datos		30	30	20	20	20	20		140
	Procesamiento		10	10	10	10	10	10		60
	Análisis				10	10	10	10		40
	Informes									0

	Total	0	40	40	40	40	40	40	0	240
	Obtención de datos		30	30	20	20	20	20		140
	Procesamiento		10	10	10	10	10	10		60
	Análisis				10	10	10	10		40
	Informes									0
N.N.1	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40						240
	Procesamiento									0
	Análisis									0
	Informes									0
N.N.2	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40						240
	Procesamiento									0
	Análisis									0
	Informes									0
N.N.3	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40						240
	Procesamiento									0
	Análisis									0
	Informes									0
N.N.4	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40						240
	Procesamiento									0
	Análisis									0
	Informes									0
N.N.5	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40						240
	Procesamiento									0
	Análisis									0
	Informes									0
N.N.6	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40						240
	Procesamiento									0
	Análisis									0
	Informes									0
N.N. Secretaria	Total	10	0	0	10	0	0	5	0	25
	Obtención de datos									0
	Procesamiento									0
	Análisis									0
	Informes	10			10			5		25
	TOTAL	527	1943	797	613	454	499	448	91	5372

b) Universidad Arturo Prat:

			M	E	S	E	S			
Nombre	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Gabriel Claramunt Q.	Total	0	3	20	45	35	40	25	5	173
	Coordinación		3	10	5	5	5	5		33
	Procesamiento			10	15	15	15			55
	Análisis				10	15	20			45
	Informes				15			20	5	40
José Sánchez R.	Total	0	5	15	25	20	20	10	5	100
	Coordinación		5	5			5			15
	Procesamiento			10	10	10	5			35
	Análisis				10	10	10			30
	Informes				5			10	5	20
Andrés Flores I.	Total	0	0	30	50	50	50	5	0	185
	Obtención de datos									0
	Procesamiento			30	30	30	30			120
	Análisis				20	20	20	5		65
	Informes									0
	TOTAL	0	8	65	120	105	110	40	10	458

Base de Datos

La base de datos que contiene toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del Proyecto FIP 2007-06 “Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2007”, se encuentra almacenada en los Discos Compactos adjuntos, según la siguiente descripción:

FIP2007-06 CD-1: Disco compacto autoejectable a un archivo de hipertexto 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.

FIP2007-06 CD-2: Disco compacto conteniendo solamente la base de datos, según lo solicitado en las bases administrativas y especiales, con la siguiente estructura y descripción de los archivos:

RUTA	ARCH	DESCRIPCIO
Base de datos_FIP2007-06	EKGAN07.dbf	CRUCERO DE HUEVOS DE ANCHOVETA
	EKGSC07.dbf	CRUCERO DE HUEVOS DE SARDINA
	FECUND07.dbf	FECUNDIDAD PARCIAL
	HMADAN07.dbf	HEMBRAS MADURAS DE ANCHOVETA
	HMADSC07.dbf	HEMBRAS MADURAS DE SARDINA
	OCEMPH07.dbf	OCEANOGRAFIA
	PSEXAN07.dbf	PROPORCION SEXUAL EN PESO ANCHOVETA
	PSEXSC07.dbf	PROPORCION SEXUAL EN PESO SARDINA
	Descriptor_EKGAN07.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_EKGSC07.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_FECUND07.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_HMADAN07.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_HMADSC07.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_OCEMPH07.xls	Descriptor de los campos
Descriptor_PSEXAN07.xls	Descriptor de los campos	
Descriptor_PSEXSC07.xls	Descriptor de los campos	