



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Departamento de Oceanografía

FIP 2009-08
EVALUACION DEL STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA
Y SARDINA COMUN EN LA ZONA CENTRO-SUR,
AÑO 2009

Informe Final
Agosto de 2010



EVALUACION DE POBLACIONES MARINAS

Laboratorio de L.A. Cubillos
<http://www.udec.cl/~lucubillos>

Preinforme Final

Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción



PROYECTO

FIP N° 2009-08

Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2009

REQUIRENTE

Fondo de Investigación Pesquera

Consejo de Investigación Pesquera

UNIDAD EJECUTORA

Departamento de Oceanografía

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Universidad de Concepción

SUBCONTRATOS

Universidad Arturo Prat

Departamento de Ciencias Del Mar

Coordinador: MSc. Gabriel Claramunt Q.

E-mail: gclaramu@unap.cl

JEFE PROYECTO

MSc. Luis A. 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, Agosto de 2010 •

Informe Final
Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina
común en la zona centro-sur, año 2009

AUTORES

Luis A. Cubillos
Leonardo Castro
Gabriel Claramunt
Eduardo Navarro
Carolina Alarcón
María J. Zúñiga
Claudio Castillo-Jordán
Milton Pedraza
Hernán Rebolledo

• Agosto de 2010 •

Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción

Resumen Ejecutivo

Se aplicó el Método de la Producción Diaria de Huevos (MPDH) para evaluar el stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile (33° S – $41^{\circ}20'S$). Se vigiló la condición reproductiva de las hembras a contar de abril de 2009, en términos de indicadores macroscópicos. Solamente hacia fines de agosto se observó un incremento significativo en el IGS, y se consideró que el IGS se incrementaría aún más en septiembre. Por esta razón, se tomó la decisión de realizar el crucero de huevos a partir del 1 de septiembre. El crucero de huevos como de adultos se ejecutaron en forma simultánea. El crucero de huevos se desarrolló mediante la evaluación del desove en tres estratos geográficos: a) sector norte, sur de Valparaíso – norte de Constitución ($33^{\circ}00'S$ - $34^{\circ}00'S$), b) sector centro, entre Constitución y Golfo de Arauco ($34^{\circ}30'S$ – $37^{\circ}10'S$), y c) sector sur, entre el sur de Lebu – Bahía San Pedro ($37^{\circ}30'S$ – $41^{\circ}20'S$), 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 Maria Elena II (09 – 10 de octubre), el sector centro fue evaluado a bordo de L/C Kay Kay (04 – 30 de septiembre), y el sector sur por la L/M Candelaria (02 – 09 de septiembre) y Noemí Simoney (11 – 17 de septiembre). El crucero de adultos se realizó en los estratos geográficos centro y sur. Los lances de pesca cubrieron una amplia área geográfica entre Constitución y Corral, hasta 5 millas náuticas de la costa. En la zona centro el número de estaciones positivas se incrementó significativamente respecto del año anterior, y la distribución de la abundancia ocurrió en zonas características y protegidas, tal como el Golfo de Arauco, norte de Bahía Concepción, y al sur de la desembocadura del río Itata. Si bien es cierto, se observó una recuperación de la abundancia de huevos en la zona centro, la magnitud es baja comparada con el desove ocurrido en el 2002 y 2003. Asimismo, en ambas especies la incidencia de estaciones positivas y la abundancia de huevos presentan una tendencia decrecientes desde el 2007 en la zona sur. En el 2009, el desove de sardina común estuvo restringido al sector comprendido entre Lebu y $39^{\circ}10'S$, mientras que el desove de la anchoveta se extendió con baja abundancia hasta el extremo sur del área de estudio. Los parámetros reproductivos estuvieron dentro del rango esperado para la especie, siendo la fracción desovante el parámetro menos preciso. El estimado estratificado más preciso de la biomasa desovante fue de 85215 toneladas de anchoveta (CV=52%), y de 356034 toneladas de sardina común (CV=95%).

Contenidos

1. OBJETIVO GENERAL.....	9
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3. ANTECEDENTES	9
4. METODOLOGÍA GENERAL.....	11
1.1. VIGILANCIA REPRODUCTIVA.....	11
1.1.1. Indicadores reproductivos	11
1.1.2. Abundancia de huevos	12
1.2. AREA DE ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DEL CRUCERO.....	12
1.3. HUEVOS.....	15
1.3.1. Estadios y determinación de la edad	15
1.3.2. Producción diaria de huevos	15
1.4. ADULTOS	16
1.4.1. Muestreo de adultos y procedimiento de laboratorio.....	16
1.4.2. Parámetros reproductivos de los adultos	17
1.5. BIOMASA DESOVANTE	22
1.6. DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y SU ASOCIACIÓN CON LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS.....	23
1.6.1. Muestreo hidrográfico	23
1.6.2. Hidrografía	24
1.6.3. Información satelital	24
1.6.4. Dependencia espacial.....	27
5. RESULTADOS.....	28
1.7. VIGILANCIA REPRODUCTIVA.....	28
1.7.1. Indicadores reproductivos de las hembras	28
1.7.2. Abundancia de huevos	28
1.8. CRUCERO DE ADULTOS	30
1.8.1. Distribución espacial de los lances de pesca.....	30
1.8.2. Composición de longitudes	32
1.9. CRUCERO DE HUEVOS.....	33
1.9.1. Presencia, abundancia y distribución espacial de huevos.....	33
1.9.2. Producción diaria de huevos	41
1.10. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS	42
1.11. BIOMASA DESOVANTE	45
1.12. DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS.....	47
1.12.1. Hidrografía	47
1.12.2. Información satelital	60
1.12.3. Dependencia espacial.....	73
1.13. TALLER DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	82

7.	CONCLUSIONES	88
8.	REFERENCIAS	89
9.	ANEXO 1: DETERMINACIÓN DE LA EDAD A LOS HUEVOS	95
10.	ANEXO 2: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y DE DESOVE.....	99
11.	ANEXO 3: JUSTIFICACIÓN TAMAÑOS DE MUESTRA.....	102
12.	ANEXO 4: PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE ADULTOS	106
1.14.	FRACCIÓN DIARIA DE HEMBRAS DESOVANTES.....	106
1.15.	FECUNDIDAD PARCIAL Y FECUNDIDAD MEDIA POBLACIONAL	107
1.15.1.	Fecundidad parcial	107
1.15.2.	Fecundidad media poblacional	109
1.15.3.	Proporción sexual y peso promedio de hembras maduras.....	110
1.15.4.	Proporción sexual.....	110
1.15.5.	Peso promedio	111
13.	ANEXO 5: DEPENDENCIA ESPACIAL.....	114
1.16.	VELOCIDADES ADVECTIVAS.	114
1.17.	RELACIÓN DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS CON VARIABLES AMBIENTALES	114
14.	ANEXO 6: PERSONAL PARTICIPANTE.....	118
15.	ANEXO 7: HORAS PERSONAL PARTICIPANTE.....	119
16.	BASE DE DATOS.....	123

Indice de Figuras

Figura 1. Grilla de muestreo a lo largo de la plataforma continental de Chile Centro-Sur. Se indica la distribución del veril de los 200 m. (●) Estaciones muestreadas con red Calvet; (●) Estaciones en que se realizaron lances de red Calvet y perfiles de CTD. Adicionalmente, se señala con un círculo rojo la ubicación del área de monitoreo quincenal de huevos.....	13
Figura 2. Desplazamiento relativo de la ventana plantilla (primera imagen) en la ventana de búsqueda (segunda imagen) respecto del centro de la plantilla (primera imagen).	26
Figura 3. Variación de la abundancia y desviación estándar (barras verticales) de huevos de anchoveta y sardina común en el sector costero entre Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata, durante el periodo de junio a noviembre del 2009.....	29
Figura 4. Lances de pesca efectivos de sardina común realizados en ambas zonas, 2009.	30
Figura 5. Lances de pesca efectivos de anchoveta realizados en ambas zonas, 2009.....	31
Figura 6. Lances de pesca realizados y que resultaron sin pesca en ambas zonas, 2009.	31
Figura 7. Frecuencia de tallas de sardina común y anchoveta de la zona centro y sur.	33
Figura 8. Proporción de estaciones positivas con huevos de anchoveta y sardina común por sector y área total, desde el inicio de las evaluaciones del MPH iniciadas el 2002.	34

Figura 9. Abundancia promedio de huevos de anchoveta y sardina común en estaciones positivas por sector, desde el inicio de las evaluaciones del MPH iniciadas el 2002.	37
Figura 10. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta en los sectores norte (ausentes), centro y sur 2009	39
Figura 11. Distribución y abundancia de huevos de sardina común en los sectores norte (ausentes), centro y sur 2009.	40
Figura 12. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (°C) durante el periodo de muestreo 2009 (superior), 2008 (medio) y 2007 (inferior).....	48
Figura 13. Temperatura superficial del mar (temperatura de balde) medida durante los cruceros de huevos, 2009.....	49
Figura 14. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m), en el sector central de la zona de estudio, 2009.	51
Figura 15. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 10 m de profundidad, en el sector central de la zona de estudio, 2009.....	52
Figura 16. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 50 m de profundidad, en el sector central de la zona de estudio, 2009.....	53
Figura 17. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m), en el sector sur de la zona de estudio, 2009.	54
Figura 18. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t)) a 10 m de profundidad, en el sector sur de la zona de estudio, 2009.....	55
Figura 19. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t)) a 50 m de profundidad, en el sector sur de la zona de estudio, 2009.....	56
Figura 20. Secciones verticales de temperatura, salinidad y sigma-t en 2 transectas de la zona central y 3 en el sector sur, 2009. Las secciones ubicadas en los 36.5°S, 38.5°S y 38.8°S alcanzan los 100m de profundidad. Las secciones a los 37.1°S y 39.4°S alcanzan profundidades de 20 y 25 m solamente.	57
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, 2009.	59
Figura 22. Diagramas TS en que a la data de Temperatura y Salinidad a 10 m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia 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.	60
Figura 23. Vectores diarios de vientos para el periodo agosto-septiembre de 2009. El panel superior representa el área comprendida entre 34°00'-35°00'S, panel medio 35°00'-36°00'S y el inferior 36°00'-37°00' S.	61
Figura 24. Vectores diarios de vientos para el periodo agosto-septiembre de 2008. El panel superior representa el área comprendida entre 37°00'-38°00'S, panel medio 38°00'-39°00'S y el inferior 39°00'-40°00' S.	61
Figura 25. Vectores diarios de vientos para el periodo agosto-septiembre de 2008. El panel superior representa el área comprendida entre 34°00'-35°00'S, panel medio 35°00'-36°00'S y el inferior 36°00'-37°00' S.	62
Figura 26. Vectores diarios de vientos para el periodo agosto-septiembre de 2008. El panel superior representa el área comprendida entre 37°00'-38°00'S, panel medio 38°00'-39°00'S y el inferior 39°00'-40°00' S.	62
Figura 27. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) semanales desde el 01 de agosto hasta el 11 de septiembre de 2009.....	64

Figura 28. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) semanales desde el 12 de septiembre hasta el 16 de octubre de 2009.	65
Figura 29. Imágenes satelitales de clorofila semanales d semanales desde el 01 de agosto hasta el 11 de septiembre de 2009.	66
Figura 30. Imágenes satelitales de clorofila semanales desde el 12 de septiembre hasta el 16 de octubre de 2009.	67
Figura 31. Campo de velocidades advectivas para los meses de agosto y septiembre de 2009 y el promedio de estos.	69
Figura 32. Promedio zonal de corrientes de la banda costera de 27 mn de velocidades advectivas para los meses de agosto y septiembre de 2009 y el promedio de estos.	69
Figura 33. Transporte zonal (este-oeste en SV) de la banda costera de 27 mn para los meses de agosto y septiembre de 2009 y el promedio de estos.	70
Figura 34. Transporte meridional (norte-sur en SV) de la banda costera de 27 mn para los meses de agosto y septiembre de 2009 y el promedio de estos.	70
Figura 35. Rangos ambientales para la densidad de huevos de sardina común en el área de estudio. Línea roja sólida representa el ajuste de una función Gaussiana, líneas rojas verticales indican el promedio y la desviación estándar, líneas punteadas indican el intervalo de confianza del 99,5%.	72
Figura 36. Rangos ambientales para la densidad de huevos de anchoveta en el área de estudio. Línea roja sólida representa el ajuste de una función Gaussiana, líneas rojas verticales indican el promedio y la desviación estándar, líneas punteadas indican el intervalo de confianza del 99,5%.	73
Figura 37. Temperatura superficial y profundidad de fondo en la zona centro del área de estudio 2009.	74
Figura 38. Temperatura superficial y profundidad de fondo en la zona sur del área de estudio 2009.	75
Figura 39. 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 2009. Las variables Temperatura (TSM) y Profundidad (Depth) fueron estandarizadas respecto de la latitud geográfica con el objeto de trabajar con un proceso isotrópico.	76
Figura 40. Predicciones de la densidad de huevos de anchoveta con los modelos GAM seleccionados en la zona sur, año 2009. 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).	76
Figura 41. Predicciones de la densidad de huevos de sardina común con los modelos GAM seleccionados en la zona sur, año 2009. 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).	77
Figura 42. Predicciones de la producción diaria de huevos de anchoveta con los modelos GAM seleccionados, año 2009. 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).	78
Figura 43. Predicciones de la producción diaria de huevos de sardina común con los modelos GAM seleccionados, año 2009. 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).	79

Figura 44. Comparación de la producción diaria de huevos en el área de estudio, según dos métodos de estimación entre 2002 y 2009.85

Figura 45. 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).....86

Figura 46. Comparación de las distintas estimaciones de biomasa: total (línea negra, incluye barra desviación estándar), acústica (círculos rojos), desovante modelada (línea verde), desovante MPDH (cuadrados rojos) y capturas (línea amarilla) de anchoveta (a) y sardina común (b).....87

Indice de Tablas

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. Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos, modificada para hembras de sardina común y anchoveta. 18

Tabla 3. Características morfohistológicas de los folículos postovulatorios..... 18

Tabla 4. Clasificación histológica de los folículos postovulatorios de anchoveta según grado de degeneración (Claramunt *et al.* 2007a). 20

Tabla 5. Clasificación histológica de los folículos postovulatorios de sardina común según grado de degeneración (Claramunt *et al.* 2007a). 21

Tabla 6. La evolución mensual del índice gonadosomático (IGS), peso promedio (PT), proporción de hembras maduras (Pm), y estados de madurez sexual (EMS) de sardina común y anchoveta. 29

Tabla 7. Estadígrafos de la frecuencia de tallas del crucero de adultos de sardina común y anchoveta por zona. 32

Tabla 8. 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. 34

Tabla 9. 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 x 0.05 m⁻²) en cada sector. 36

Tabla 10. 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 (h⁻¹). 41

Tabla 11. Estimaciones de la producción diaria de huevos (P₀) 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. 42

Tabla 12. Fracción de estadios de madurez sexual microscópicos de anchoveta y sardina común durante el período de estudio del 2009. 43

Tabla 13. Resumen de los parámetros reproductivos de los ejemplares adultos de anchoveta y sardina común, por estrato geográfico..... 44

Tabla 14. Regresión lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal, año 2009..... 45

Tabla 15. Parámetros del Método de la Producción Diaria de Huevo y estimación de la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común (Septiembre 2009), según dos métodos de datación de huevos (convencional y multinomial). El coeficiente de variación se muestra en paréntesis para las estimaciones de biomasa.....	46
Tabla 16. Resumen de los modelos GAM utilizados para la temperature superficial del mar y la profundidad de fondo.....	74
Tabla 17. 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 2009 en el sector sur. Las variables Temperatura (TSM) y Profundidad (Depth) fueron estandarizadas respecto de la latitud geográfica con el objeto de trabajar con un proceso isotrópico.....	78

1. Objetivo general

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

2. Objetivos específicos

2.1. 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.

2.2. 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.

2.3. 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.

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

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

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

3. 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 de los pulsos 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 hidroacústico (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 hidroacústico evalúa la biomasa total presente más bien que el stock desovante. Asimismo, es bastante cuestionable utilizar solamente el criterio basado en la talla de primera madurez sexual para determinar la fracción adulta de la biomasa total evaluada por acústica. En otras palabras, el método hidroacústico 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 2002 se aplicó por primera vez el MPDH en anchoveta y sardina común de la zona centro sur de Chile, a través del proyecto FIP 2002-14 (Cubillos *et al.* 2003a), generando información relevante desde el punto de vista de la dinámica reproductiva como de la distribución, abundancia, y producción de huevos (Cubillos *et al.* 2007). En general, se ha podido verificar que la expresión espacial del desove de ambas especies en la principal época de desove es costera, no superando las 20 millas náuticas de la costa, tal como ha sido observado en los cruceros realizados en agosto-septiembre de 2001 (FIP 2001-14, Castillo *et al.*, 2002a,b), agosto de 2002 (FIP 2002-14, Cubillos *et al.* 2003a), en agosto-septiembre de 2003 (FIP 2003-06), en agosto-septiembre de 2004 (FIP 2004-03, Cubillos *et al.*, 2005), en agosto-septiembre de 2005 (FIP 2005-02, Cubillos *et al.*, 2006), en septiembre de 2007 (FIP 2007-06), y septiembre-octubre de 2008 (FIP 2008-09, Cubillos *et al.* 2009).

4. Metodología general

1.1. Vigilancia reproductiva

Se realizó una vigilancia reproductiva, consistente en el monitoreo del estado y evolución reproductiva de las hembras y monitoreo de la abundancia de huevos en el plancton, cuyo objetivo es otorgar elementos de decisión para fijar la fecha en que se inició el crucero de evaluación, como también verificar el periodo de mayor actividad reproductiva.

1.1.1. Indicadores reproductivos

Se evaluó la condición reproductiva de las hembras de sardina común y anchoveta, desde abril de 2009 en la zona centro y desde julio de 2009 en la zona sur. Las muestras fueron obtenidas tanto a bordo como del desembarque, para indicadores microscópicos como macroscópicos. En la escala temporal, se analizó el índice gonadosomático (IGS), expresado por:

$$IGS = \frac{G}{P - G} \quad (1)$$

donde G es el peso del ovario (g) y P es el peso total de la hembra (g).

Los estados de madurez sexual macroscópicos fueron determinados mediante examen visual de la gónada y clasificados en: virginal o inmaduro (I), en maduración o reincidente (II), maduro (III), hidratado (IV), y desovado (V), según Cubillos *et al.* (1999).

1.1.2. Abundancia de huevos

Desde el 11 de junio, hasta el 26 de noviembre de 2009, se realizó un monitoreo de la abundancia de huevos de anchoveta y sardina común en el plancton en la Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata, lugares que han demostrado ser sitios recurrentes de desove (**Figura 1**). El muestreo se realizó mediante arrastres oblicuos con una red bongo, con mallas de 300 micrones de trama, aro de 60 cm de diámetro, y equipada con flujómetro para la cuantificación de agua filtrada. Las muestras fueron preservadas en formalina al 10 % y procesadas bajo lupa estereoscópicas para separar del plancton, huevos y larvas de las dos especies objetivo.

1.2. Area de estudio y descripción del crucero

El área de estudio se localiza en el centro-sur de Chile ($33^{\circ} - 41^{\circ}20'S$), que representa la principal área de desove de ambas especies. De acuerdo con Cubillos *et al.* (1999, 2001), el desove se extiende de julio a septiembre, con un pico entre agosto y septiembre. El área de estudio fue dividida en tres estratos: a) zona norte, de Valparaíso al norte de Constitución ($33^{\circ} - 34^{\circ}S$), b) zona centro, de Constitución al Golfo de Arauco ($34^{\circ}30'S - 37^{\circ}10'S$), y c) zona sur, de Lebu al sur de Corral ($37^{\circ}30' - 41^{\circ}20'S$) (**Figura 1**). Las estaciones de plancton fueron distribuidas regularmente en la plataforma continental, utilizando el veril de 200 m profundidad como límite occidental. En la zona centro y sur, las estaciones fueron espaciadas cada 4 millas náuticas a lo largo de transectas este-oeste separadas cada 5 millas náuticas. En la zona centro se realizaron 33 transectas, con un total de 164 estaciones; y la zona sur, 36 transectas y 203 estaciones planctónicas. La zona norte se consideró como un área exploratoria, con transectas espaciadas cada 20 millas náuticas ya que la abundancia de huevos prácticamente no ha sido observada previamente en esta zona (Castro *et al.*

1997, Castillo *et al.* 2002, Cubillos *et al.* 2009). En esta zona, se realizaron 4 transectas con un total de 14 estaciones.

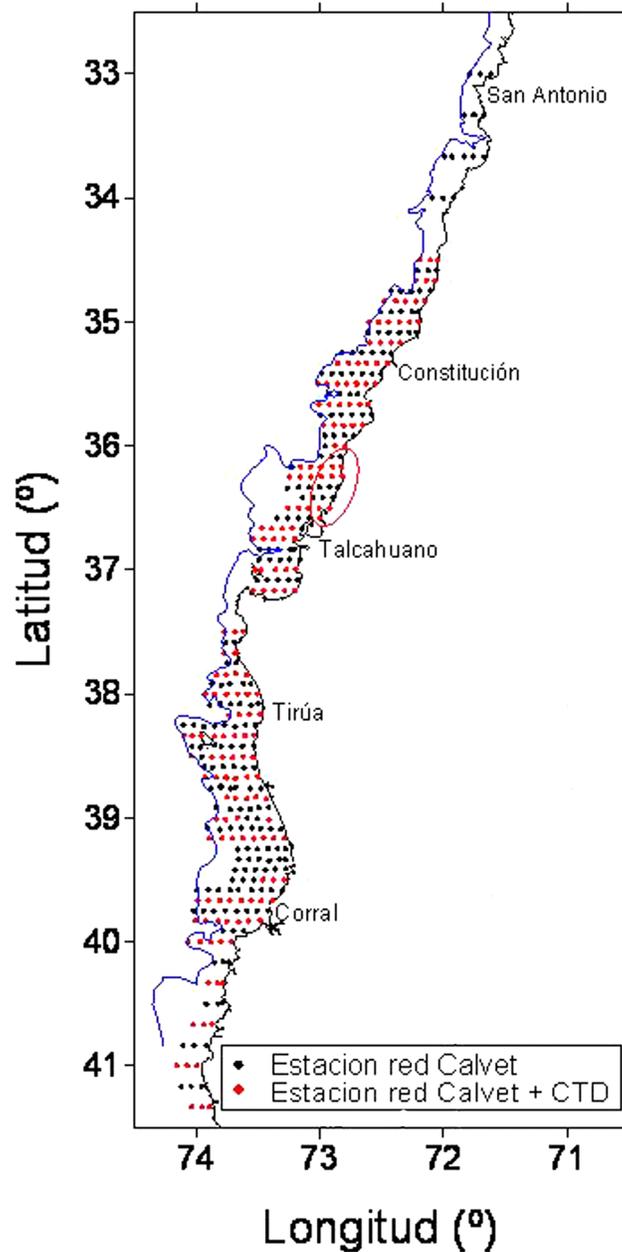


Figura 1. Grilla de muestreo a lo largo de la plataforma continental de Chile Centro-Sur. Se indica la distribución del veril de los 200 m. (●) Estaciones muestreadas con red Calvet; (●) Estaciones en que se realizaron lances de red Calvet y perfiles de CTD. Adicionalmente, se señala con un círculo rojo la ubicación del área de monitoreo quincenal de huevos.

Desde el 02 de septiembre al 10 de octubre de 2009, cuatro barcos fueron utilizados para recoger datos ictioplantónicos mediante lances verticales con redes Pairovet (25 cm de diámetro, 0,150 mm de malla, Smith et al. 1985) desde 70 metros o cerca del fondo marino cuando la profundidad fue menor a 70 m. La embarcación artesanal “María Elena II “ operó en la zona norte, el barco de investigación "Kay Kay II" de la "Universidad de Concepción" operó en la zona centro, y las embarcaciones artesanales “Candelaria” y “Noemí Simoney” en la zona sur (**Tabla 1**).

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

Embarcación	Sector	Coordenadas	Período	Nº Estaciones
Maria Elena II	Norte	33°00' S – 34°00' S	09/10/2009 - 10/10/2009	14
LC Kay Kay II	Centro	34°30' S – 37°10' S	04/09/2009 – 30/09/2009	164
Candelaria	Sur	37°30' S – 39°05' S	02/09/2009 – 09/09/2009	107
Noemí Simoney	Sur	39°10' S – 41°20' S	11/09/2009 – 17/09/2009	96
Total				381

Además, nueve embarcaciones artesanales con red de cerco (18 m de eslora) fueron utilizadas para obtener muestras de adultos de anchoveta y sardina común durante el período de estudio, bajo la modalidad de Pesca de Investigación autorizada por Subsecretaría de Pesca (Resolución 2314 del 1 de julio de 2009). Cuatro embarcaciones fueron asignadas a la zona central: “Don Julián”, “Isaac”, “Don Luis Alberto” y “Galeón II”, y cinco a la zona sur: “Palmi I”, “Constitución”, “Águila Real”, “Claudio I” y “Doña Carmela”. La mayoría de los lances se realizaron de día, principalmente entre 6:30 y 18:00 h. Los lances cubrieron una amplia área geográfica entre Constitución y Corral, y hasta 5 millas náuticas de la costa.

1.3. Huevos

1.3.1. Estadios y determinación de la edad

Los huevos de sardina común y anchoveta fueron separados del plancton e identificados bajo un microscopio estereoscópico según las características descritas por Moser y Ahlstrom (1985), Santander et al. (1984), y Herrera et al. (1987). Los huevos fueron contados y su abundancia estandarizada a número por 0,05 m², y asignados a uno de once estados de desarrollo sobre la base de la secuencia de cambios morfológicos que ocurre durante la embriogénesis y que han sido descritos para la anchoveta por Moser y Ahlstrom (1985) y Santander *et al.* (1984). La secuencia morfológica de estados de huevos de sardina común fue descrita por Herrera *et al.* (1987), y fueron adaptadas de las establecidas para anchoveta.

La hora pico de desove se estimó que ocurre a las 24:00 h en la anchoveta, y a las 23:00 h en la sardina común (Claramunt *et al.* 2007). La edad de los huevos se calculó mediante el procedimiento automatizado descrito por Lo (1985), sobre la base de los modelos estadio-temperatura dependientes obtenidos según experimentos de incubación de huevos (Claramunt *et al.* 2007), y a través del modelo multinomial (Bernal *et al.* 2001), cuyos parámetros fueron estimados para la anchoveta y sardina común por Claramunt *et al.* (2007). En el **Anexo 1** se describe la metodología en detalle de los modelos.

1.3.2. Producción diaria de huevos

El número de huevos se asume declina a una tasa exponencial constante, según:

$$P_t = P_0 \exp(-Zt) \quad (2)$$

donde P_t es la abundancia de huevos a edad t (huevos por 0,05 m² por día), P_0 es la producción diaria de huevos por 0,05 m² por día, y Z es la tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos. La producción diaria de huevos fue calculada solo para el estrato positivo (área de desove) en la zona centro y sur. El área del crucero (de estudio) como el área positiva (de desove) fue delimitada a través de polígonos utilizando el algoritmo 'geofun' disponible para el programa R (Ihaka y Gentleman 1996, <http://www.r-project.org>).

En cada zona, el procedimiento de ajuste de la ecuación (2) a los datos observados se realizó con un modelo lineal generalizado (MLG), según:

$$E[P_t] = g^{-1}[\log P_0 + Zt] \quad (3)$$

donde $E[P_t]$ es el valor esperado de la densidad de huevos de edad t y g^{-1} es el inverso de la función del enlace. En el procedimiento de ajuste, la función del enlace utiliza 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 estimó 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 MLG. La producción diaria de huevos se estima utilizando el antilogaritmo del intercepto. Se utilizó el paquete MASS (Venables and Ripley 2002), escrito para R (Ihaka y Gentleman 1996, <http://www.r-project.org>). Por último, las estimaciones de estratificación de la producción diaria de huevos y la variación en el área de estudio total de cada estrato se calculan de acuerdo con los procedimientos descritos en Picquelle y Stauffer (1985). El detalle metodológico se describe en el **Anexo 2**, tanto para la estimación estratificada de la producción de huevos, como la delimitación del área del crucero y del área positiva.

1.4. Adultos

1.4.1. Muestreo de adultos y procedimiento de laboratorio

Ejemplares adultos de anchoveta y sardina común fueron muestreados a bordo en forma aleatoria de cada lance de pesca. La longitud total (cm) de los peces adultos fue medida con el fin de obtener distribuciones de frecuencias de longitud por sexo (120 individuos por lance). Una submuestra aleatoria de 35 hembras maduras fue obtenida en cada lance, y cada ejemplar fue diseccionado centralmente y se conservó en una solución de formalina al 10 % tamponada para el posterior análisis histológico del ovario. Además, cualquier hembra extra detectada macroscópicamente con ovarios hidratados se conservó en formalina al 10 % para su posterior análisis de la fecundidad parcial. Estas hembras extras no fueron utilizadas en el análisis de

parámetros de adultos dado el carácter selectivo del muestreo. Por último, una sub-muestra al azar de 50 de peces también fue preservada para determinar la proporción sexual en peso en el laboratorio. La justificación del tamaño de muestra se describe en detalle en el **Anexo 3**.

Cada adulto preservado de la sub-muestra se analizó en el laboratorio, midiéndose la longitud total (cm), peso total y peso libre de gónada (peso corporal). Además, se determinó el sexo de todos los peces y cada ovario de las hembras maduras en cada sub-muestra es pesado (± 0.01 g) y preservado en solución de formalina tamponada al 10 %, y posteriormente sometido al análisis histológico. Los ovarios de las hembras maduras fueron cortados y teñidos con hematoxilina y eosina. El desarrollo y la maduración de ovocitos fue dividido en 9 etapas de acuerdo con las características descritas por Wallace y Selman (1981), Selman y Wallace (1989), y Hunter y Macewicz (1985) (**Tabla 2**). Del mismo modo, los ovarios de las hembras hidratadas disponibles para la estimación de la fecundidad parcial fueron pesados y preservados para el posterior análisis histológico para confirmar este estado de madurez particular según Hunter et al. (1985) y Hunter y Macewicz (1985). Finalmente, se obtuvo un factor de corrección para convertir el peso del ejemplar preservado en formalina a peso húmedo. Para ello se utilizó una muestra de 30 peces por especie de acuerdo con los procedimientos descritos por Hunter (1985).

1.4.2. Parámetros reproductivos de los adultos

El peso promedio (W) de las hembras maduras en el lance de pesca fue calculado y corregido por el factor asociado a la preservación en formalina, así como el peso total de las hembras hidratadas fue corregido para evitar el aumento del peso que se produce por la hidratación de los ovarios. La proporción de sexos (R) en el lance de la pesca i se calculó a partir del peso de las hembras dividido por la suma total del peso de hembras y machos. El peso de los machos también fue corregido por el factor asociado a la conservación en formalina. La fracción de desova (S), es decir, la fracción de hembras maduras que desova por día en cada lance, se calculó a través de la edad de los folículos postovulatorios (FPO) según los criterios desarrollados por Hunter y Goldberg (1980) y Hunter y Macewicz (1985), **Tabla 3**.

Tabla 2. 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.

Tabla 3. 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 lumen 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 lumen 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 lumen está ocluido.

Los FPO de día-0 son hembras que desovan en la noche de captura (0-9 h), de día-1 se refiere a la noche previa a la captura (9-32 h), y de día-2 de 33-56 h después del pico de desove (Alheit et al. 1984). La fracción desovante se estima a partir de la proporción de FPO de día-1, a partir de muestras capturadas principalmente durante el día (principalmente de 6:30 a 18:00 h). Se utiliza los FPOs de día 1, porque los FPO de día 2 pueden probablemente permanecer más tiempo dado la baja tasa de degeneración asociada a la temperatura de 10-12 °C. Esto es sólo una inexactitud en la asignación de la edad de los FPO viejos, y no un procedimiento que deba ser ajustado o corregido. De esta manera, no se aplica ninguna corrección al número de hembras maduras, y de la fracción desovante se estima como la proporción entre el número de hembras con FPO de día-1 y el total de hembras maduras. 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 (**Tabla 4**) como de sardina común (**Tabla 5**). Estos criterios fueron aquellos recomendados por Claramunt *et al.* (2007), según Alday *et al.* (2008). El detalle metodológico se presenta en el **Anexo 4**.

La fecundidad parcial (F , número de huevos desovados por tanda) de las hembras con ovocitos hidratados fue estimada usando el método gravimétrico sugerido por Hunter *et al.* (1985). Sólo los ovarios con ovocitos hidratados (hidratación temprana, hidratado totalmente) fueron usados, descartándose aquellos con FPO que fueron detectados previamente mediante el análisis histológico del ovario. Tres sub-secciones fueron cortadas de un ovario, pesada, y contado en cada una el número de ovocitos hidratados. El número total de huevos por lote se calculó multiplicando el número medio de ovocitos por gramo de ovario de la sub-sección por el peso total de los ovarios.

La fecundidad parcial fue relacionada con el peso libre de ovario de las hembras considerando un modelo lineal, es decir,

$$F_j = a + bW_j^* \quad (4)$$

donde W_j^* es el peso libre de ovario de la hembra j , a y b son parámetros estimados de la regresión lineal. La fecundidad media de hembras maduras de cada lance fue estimada por

$$\bar{F}_i = (1/m_i) \sum_{j=1}^{m_i} \hat{F}_{ij} \quad (5)$$

donde \hat{F}_{ij} es la fecundidad estimada de la hembra j en el lance de pesca i , calculado de la ecuación (4).

Tabla 4. Clasificación histológica de los folículos postovulatorios de anchoveta 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	Escasa células reconocibles	No se reconocen células individuales
	Núcleo	Redondeado a elíptico	Pocos núcleos alargados picnoticos	Predominio de núcleos picnoticos	Idem	Idem	Escasos y picnoticos	Idem
	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	No se reconocen
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

Tabla 5. Clasificación histológica de los folículos postovulatorios de sardina común según grado de degeneración (Claramunt *et al.* 2007a).

ESTADIO	CARACTERISTICAS HISTOLOGICAS
I	No están presentes en la colección
II	Los folículos son numerosos, lumen estrecho, se presentan pliegues. Las células foliculares evidencian el inicio del proceso degenerativo, presencia de vacuolas de tamaño menor al tamaño de los núcleos, aun se conserva estructura lineal con núcleos en distintos grados de picnosis, menos numerosos que los núcleos sanos. células tecales se presenta adheridas al tejido folicular, en algunos casos hay desprendimiento de la envoltura folicular, pero no de manera extensa, también existe presencia de capilares entre la teca y las células foliculares.
III	Los folículos aun conservan tamaño similar al Estado II, se incrementa el número de núcleos picnoticos, las vacuolas de igual o mayor tamaño de los núcleos sanos, se observa ruptura celular, presencia de capilares sanguíneos, aun se observa ordenamiento de la lámina folicular, y la lámina tecal aun se adhiere a la lámina folicular.
VI	Considerable reducción del tamaño del folículo y del lumen, envoltura folicular constituida principalmente por células vacuoladas y en algunos casos células rotas, presencia de núcleos picnoticos muy numerosos y algunos hipertrofiados, aun se presenta cierto ordenamiento de las células foliculares.
V	El folículo es pequeño y carece de lumen, con forma de poliedro, dominancia de núcleos picnóticos y células vacuoladas en la estructura folicular, desorden masivo de la envoltura folicular.
VI	Folículos pequeños con forma poliédrica, se observan vestigios de las células foliculares, principalmente y algunos núcleos, con dominancia absoluta de picnosis y presencia de vacuolas.
VII	Folículos de muy reducido tamaño, de forma triangular o poliédrica, ubicados entre los ovocitos, no es posible encontrar vestigios de células foliculares ni núcleos, solo se reconoce el remanente tecal.

La fecundidad parcial media poblacional (\bar{F}) fue estimada a través del estimador (Ec. 7), mientras el estimador de la varianza de la fecundidad parcial es dada por Hunter *et al.* (1985), i.e.

$$Var(\bar{F}) = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{(\bar{F}_i - \bar{F})^2}{n-1} + \frac{s_h^2}{n_h} + (\bar{W}_i^* - \bar{W}_h^*)s_b^2 \right]}{\left(\sum_{i=1}^n (m_i / n) \right)^2 n} \quad (6)$$

donde s_h^2 es la varianza de la regresión (Ec. 4), n_h es el número de hembras hidratadas usada para ajustar la regresión, \bar{W}_i^* es el peso libre de ovario promedio en el lance de pesca i , \bar{W}_h^* es el peso libre de ovarios promedio de las hembras hidratadas n_h y s_b^2 es la varianza de la pendiente de la regresión (Ec. 4).

Los parámetros de la población adulta fueron calculados por el estimador de razón dado por Picquelle y Stauffer (1985), es decir,

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{y}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (7)$$

y la varianza dada por:

$$Var(\bar{y}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{y}_i - \bar{y})^2}{(\bar{m})^2 n(n-1)} \quad (8)$$

donde \bar{y} es la estimado de la población media de los parámetros de (W , R , S y F), n el número de lances de pesca, $\bar{y} = \sum_{j=1}^{m_i} y_{ij} / m_i$ la media de los lances de pesca i , m_i el número de hembras maduras muestreadas en cada lance de pesca, y_{ij} valor calculado para la hembra j en el lance de pesca i .

1.5. Biomasa desovante

El modelo de producción diaria de huevos es usado para estimar la biomasa del stock desovante, de acuerdo con Stauffer y Picquelle (1980) es expresado por

$$B = \frac{P_0 AW}{RSF} k \quad (9)$$

donde B es la biomasa del stock desovante (t), P_0 es la producción diaria de huevos (número de huevos por m^2 por día), A es el área total crucero, W es el peso promedio de hembras maduras (g), k es el factor de conversión de gramos a toneladas, R es la fracción de hembras maduras por peso, S

es la fracción de hembras maduras desovantes por día, y F es la fecundidad parcial (número promedio de huevos por hembras maduras por desove). El estimador de la varianza de la biomasa desovante se calcula por

$$Var(B) \cong \hat{B}^2 \times (CV(P_0)^2 + CV(W)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + CV(R)^2 + 2COVS) \quad (10)$$

donde CV representa el coeficiente de variación del parámetro estimado, y $COVS$ corresponde a la suma de términos que incorpora las respectivas covarianzas. La formula de covarianza es estándar, y se expresada por

$$COVS = \sum_i \sum_{i < j} sign \frac{COV(x_i, x_j)}{x_i x_j} \quad (11)$$

donde x representa los parámetros adultos, y los sub-índices i y j se refieren a diferentes parámetros, por ejemplo: $x_i = F$ (fecundidad) y $x_j = W$ (peso promedio). El termino *sign* representa el signo, positivo cuando ambos parámetros están en el numerador o en el denominador, y negativo en otro caso.

La función de correlación es la matriz de varianza-covarianza, por ejemplo, la correlación entre la fecundidad (F) y peso (W) está dado por

$$r(\bar{\bar{F}}, \bar{\bar{W}}) = \frac{\sum_i m_i (\bar{F}_i - \bar{\bar{F}}) k_i (\bar{W}_i - \bar{\bar{W}})}{\{\bar{m} \bar{k} n (n-1)\} \sigma_F \sigma_W} \quad (12)$$

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 (Ec. 8). Sin considerar el producto entre los errores estándar en el denominador, la ecuación se transforma en la ecuación de covarianza.

1.6. Distribución de huevos y su asociación con las variables hidrográficas

1.6.1. Muestreo hidrográfico

En 174 estaciones de la grilla regular (transecta por medio; 9 estaciones más que en el 2008) se realizaron perfiles hidrográficos con un CTD Seabird 19 (sectores centro y sur), equipado

además con un sensor de Oxígeno (**Figura 1**). Los lances hidrográficos se realizaron hasta 100 metros de profundidad o hasta 10 metros 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.

1.6.2. Hidrografía

Se describe la distribución horizontal y vertical (0, 10 y 50 m) de temperatura, salinidad, y densidad (σ_t) en el área de estudio. El análisis cualitativo consideró describir las condiciones hidrográficas en áreas de mayor concentración de huevos, así como diagramas T-S (Checkley *et al.* 2000, Bernal *et al.* 2008).

1.6.3. Información satelital

Con el objeto de realizar una caracterización de las condiciones oceanográficas y meteorológicas del área costera comprendida entre 34°00' y 41°00'S durante los meses de agosto, septiembre y parte de octubre de 2009, se obtuvo imágenes satelitales de temperatura superficial del mar y clorofila MODIS Aqua Globales, con resolución espacial de 4x4 Km y temporal de 24 horas (clorofila) y 12 horas (temperatura), provenientes del sitio OceanColor Web (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/ftp.html>).

Las imágenes fueron escaladas (obtención de unidades geofísicas de temperatura y clorofila) y corregidas atmosféricamente y georreferenciadas con el software Matlab 6.1, obteniéndose valores de temperatura (°C) y clorofila (mg m^{-3}) para la región costera frente a Chile centro-sur. Adicionalmente, se obtuvo imágenes de viento satelital Quikscat de resolución temporal diaria y espacial de 0,5 grado provenientes del sitio IFREMER (<ftp.ifremer.fr>).

Una de las principales limitaciones de los sensores que operan en el espectro visible de la luz es que no obtienen información en zonas con cobertura nubosa (clorofila y temperatura). Por este motivo, las imágenes de temperatura y clorofila fueron interpoladas en tres dimensiones, esta metodología considera la variabilidad en el espacio y el tiempo de los datos para su interpolación (Marcotte 1991, Navarro *et al.* 2006).

A partir de las imágenes de viento saletital diarias, se construyó seis series temporales cada un grado de latitud desde los 34°00' a 41°00' S considerando el dato más cercano a la costa. Además, se calculó el índice de surgencia para cada serie según la metodología de Arcos (1987).

a) Campo de velocidades advectivas

Para estimar el campo de velocidades advectivas superficiales, se aplicó el método máxima de la correlación cruzada (Emery *et al.* 1986), el cual se basa en la identificación del desplazamiento relativo de estructuras térmicas en imágenes satelitales de temperatura secuenciales por medio del cálculo de correlaciones cruzadas y la identificación de máximos coeficientes de correlación en una matriz de rezago para dos subáreas de las imágenes satelitales.

La metodología opera como sigue: la primera imagen es dividida en sucesivas subáreas de 6x6 píxeles de tamaño llamadas “*ventanas plantillas*”. Para cada ventana plantilla, en la segunda imagen se selecciona una ventana de 12x12 píxeles de tamaño llamadas “*ventanas de búsqueda*”, cada ventana de búsqueda presenta el mismo centro espacial que la ventana plantilla correspondiente. La ventana plantilla recorre la ventana de búsqueda en la dirección “x” e “y” a intervalos de un píxel, calculando coeficientes de correlación-cruzada (Ecuación 13). El desplazamiento relativo entre la posición del centro de la ventana plantilla y el centro en la ventana de búsqueda, donde la correlación-cruzada fue máxima (desplazamiento relativo en el tiempo de una estructura térmica con una alta similaridad), determina el vector de velocidad y la dirección (Ecuación 14 y 15; **Figura 2**).

$$r = \frac{\sum_i [(x(i) - mx) * (y(i) - my)]}{\left(\sqrt{(x(i) - mx)^2} \right) \left(\sqrt{(x(i) - my)^2} \right)} \quad (13)$$

$$v = \frac{\left[(X \max \Delta X)^2 + (Y \max \Delta Y)^2 \right]^{1/2}}{\Delta T} \quad (14)$$

$$\theta = \arctan \frac{(Y \max \Delta Y)}{(X \max \Delta X)} \quad (15)$$

En el cálculo de la correlación-cruzada se ha considerado un máximo de un 30% de datos que responden al código de nubes. Así mismo, el criterio utilizado para considerar a los coeficientes de correlación máximos significativos se basa en el análisis geostadístico de los parámetros del variograma seleccionando valores superiores a 0,5 (Petitgas 2001, Garcia *et al.*1989, Navarro *et al.* 2004).

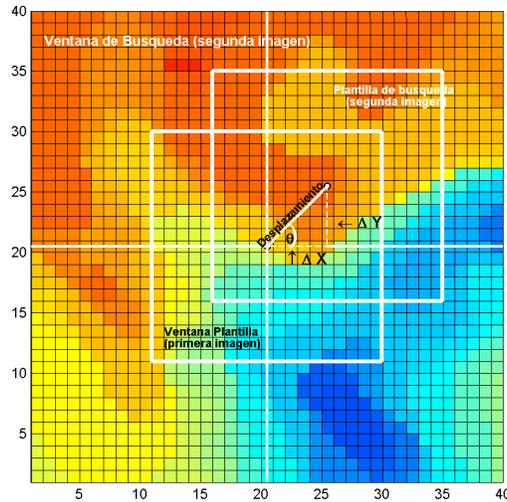


Figura 2. Desplazamiento relativo de la ventana plantilla (primera imagen) en la ventana de búsqueda (segunda imagen) respecto del centro de la plantilla (primera imagen).

b) Asociación ambiente-recurso

Para indagar las posibles asociaciones entre huevos de anchoveta y sardina común con variables del ambiente, se utilizó un análisis de umbrales ambientales entre la densidad de huevos recurso y algunas variables que caracterizan el hábitat. La temperatura fue seleccionada como una variable física relevante para la ocurrencia de desoves de pequeños peces pelágicos, mientras que la latitud, la longitud y la batimetría se utilizaron como variables de posición que describen la zona en la que los desoves ocurrieron con mayor frecuencia. El método de umbrales ambientales se basa en la discretización de los datos de huevos de sardina y anchoveta en 50 intervalos contenidos entre los valores mínimos y máximos de cada una de las variables seleccionadas. Posteriormente se realiza el ajuste de una función Gaussiana, sobre la curva de frecuencia obtenida, por medio de mínimos cuadrados, lo que permite discriminar el umbral preferencial de cada variable ambiental

en el cual se ubicaron huevos de sardina común y anchoveta por medio de la obtención de la media y su correspondiente desviación estándar.

1.6.4. Dependencia espacial

La distribución espacial de la densidad de huevos se analizó con modelos aditivos generalizados (MAG), considerando como variables independientes la posición (latitud, longitud), profundidad de fondo, y temperatura superficial del mar. Se utilizó una familia quasi-poisson con enlace “log” para la estructura de error de la densidad de huevos. Se usó el paquete ‘mgcv’ de Wood (2006) para R (Ihaka y Gentleman 1996, <http://www.r-project.org>), porque realiza una selección automática de los parámetros suavizadores asociados con cada término sobre la base de una validación cruzada generalizada (GCV). Básicamente, la validación cruzada involucra omitir uno de los datos, ajustar el modelo a los datos restantes, y calcular la diferencia cuadrada entre esos puntos. Este procedimiento se repite para todos los datos-puntos y para varias cantidades de suavizamiento, y entonces las diferencias cuadradas más pequeñas producen un buen modelo a ser seleccionado.

5. Resultados

1.7. Vigilancia reproductiva

1.7.1. Indicadores reproductivos de las hembras

Los cambios mensuales en el índice gonadosomático (IGS) y estados de madurez sexual EMS, de sardina común y anchoveta se muestra en la **Tabla 6**. En la zona centro, y para el caso de la sardina, se observó una muy baja actividad reproductiva entre los meses abril a junio, comenzando un ascenso en julio (IGS= 3,1) y en agosto presentó un valor de 5,6 (n = 189), y sobre el 55 % de las hembras maduras y 21 % de hembras hidratadas. En la anchoveta se observó también bajos valores de IGS en los primeros meses, para aumentar en agosto (IGS = 3,1; n = 217), y sobre 61 % de las hembras maduras y 7 % de hembras hidratadas. Asimismo, en la zona sur, en agosto se registró valores de IGS de 4,8 y 3,2 % para sardina común y anchoveta, y con 64 y 70 % de hembras maduras, respectivamente. Esto permitió decidir comenzar el crucero de evaluación en septiembre, asumiendo que el IGS alcanzaría un máximo, como también el 100 % de hembras maduras.

1.7.2. Abundancia de huevos

Como una sección adicional al monitoreo reproductivo de adultos, el monitoreo de la abundancia de huevos de anchoveta y sardina común en el plancton desde el 11 de junio hasta el 26 de noviembre de 2009 en un grupo de estaciones ubicadas entre Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata durante el 2009, muestran el desarrollo de los máximos de abundancia de huevos de ambas especies entre septiembre y noviembre (**Figura 3**). Estos resultados del 2009 contrastan con los observados el 2008 y con los reportes históricos que indican el máximo de desove entre julio y septiembre, pero concuerdan con los observados el 2007 en que también se observó un atraso en la aparición de las mayores abundancias de huevos en el plancton en la zona frente a bahía Coliumo.

Tabla 6. La evolución mensual del índice gonadosomático (IGS), peso promedio (PT), proporción de hembras maduras (Pm), y estados de madurez sexual (EMS) de sardina común y anchoveta.

a) Sardina común						EMS (%)			
ZONA	MES	n	IGS	PT	Pm	I	II	III	IV
Centro	Abril	19	0,656	10.797	-	-	100	-	-
Centro	Mayo	21	0,548	8.076	-	-	100	-	-
Centro	Junio	204	1,162	11.542	0,088	-	90,7	9,3	-
Centro	Julio	437	3,059	11.537	0,378	-	62,2	31,8	5,9
Centro	Agosto	189	5,615	8.618	0,778	-	22,2	56,6	21,2
Sur	Julio	262	3,711	15.148	0,191	-	80,9	9,9	9,2
Sur	Agosto	230	4,836	16.885	0,739	-	26,1	63,9	10,0

b) Anchoveta						EMS (%)			
ZONA	MES	N°	IGS	PT	Pm	I	II	III	IV
Centro	Abril	381	0,615	13,513	-	-	100	-	-
Centro	Mayo	413	0,731	12,779	0,002	-	99,8	0,2	-
Centro	Junio	276	0,900	11,962	0,004	-	99,3	0,7	-
Centro	Julio	547	1,922	12,321	0,250	-	74,4	23,9	1,6
Centro	Agosto	217	3,092	11,204	0,276	-	31,3	61,8	6,9
Sur	Julio	204	2,086	26,256	0,059	-	94,1	0,98	4,9
Sur	Agosto	188	3,224	25,545	0,702	-	29,8	70,2	-

n : Número de hembras muestreadas por mes ; IGS: Índice gonosomático; PT: Peso total promedio de hembras
 Pm: Proporción de hembras maduras por mes; EMS: Estado de madures sexual macroscópico.

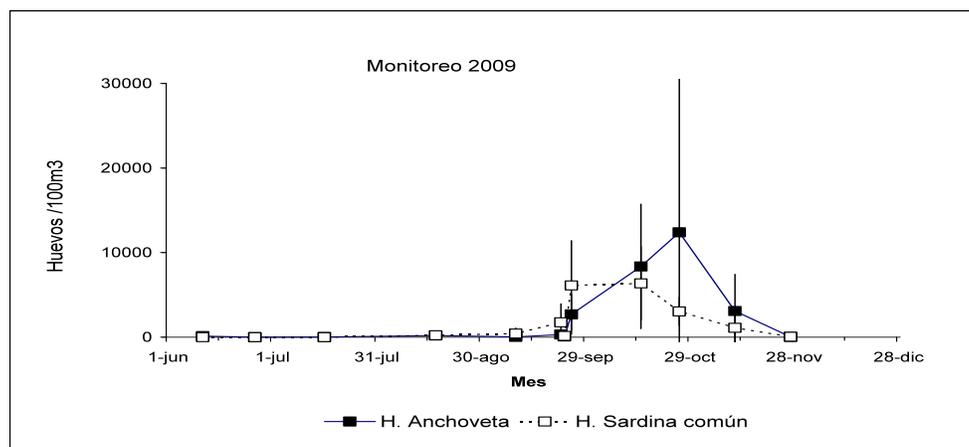


Figura 3. Variación de la abundancia y desviación estándar (barras verticales) de huevos de anchoveta y sardina común en el sector costero entre Bahía Concepción y la desembocadura del Río Itata, durante el periodo de junio a noviembre del 2009.

1.8. Crucero de adultos

1.8.1. Distribución espacial de los lances de pesca

En la zona centro se realizaron 36 lances totales, 28 fueron de sardina y 24 de anchoveta, 4 fueron sin pesca, 3 lances únicamente solo de anchoveta, 8 lances de pesca exclusivamente de sardina, 19 lances con presencia de ambas especies. En la zona sur se realizaron 48 lances totales, 34 fueron de sardina y 25 de anchoveta, 13 fueron sin pesca, 1 lance únicamente de anchoveta, 8 lances de pesca exclusivamente de sardina, 24 lances con presencia de ambas especies (**Figura 4, 5 y 6**).

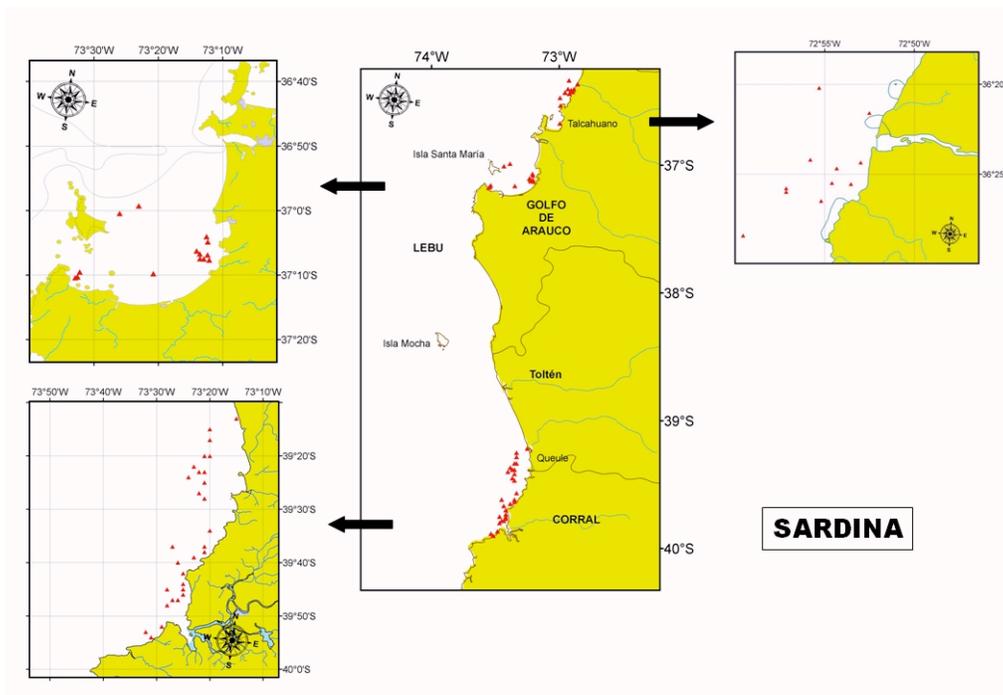


Figura 4. Lances de pesca efectivos de sardina común realizados en ambas zonas, 2009.

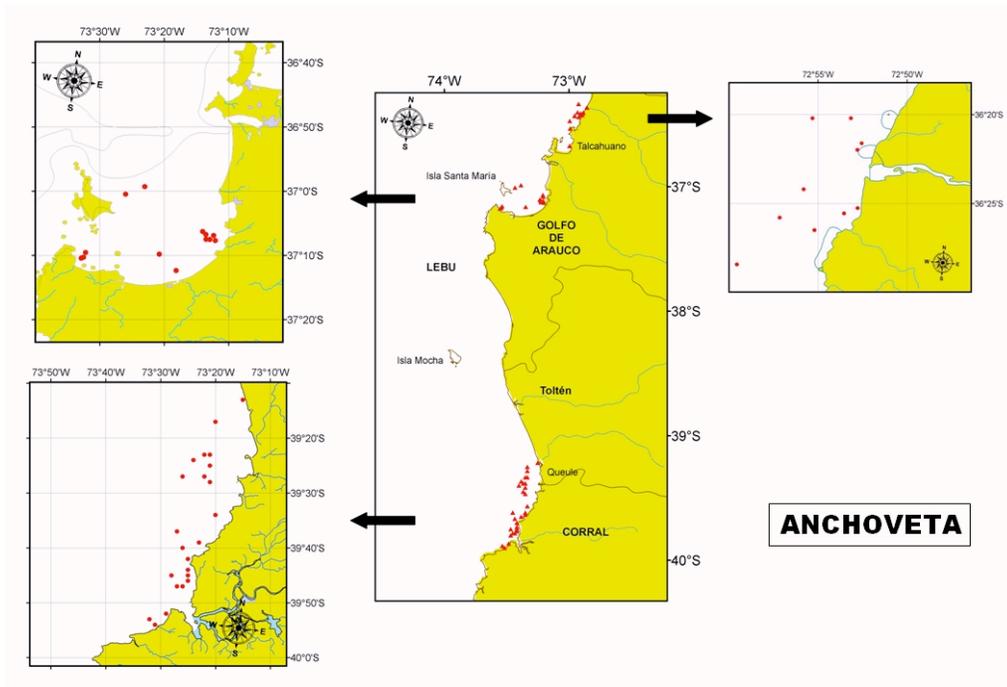


Figura 5. Lances de pesca efectivos de anchoveta realizados en ambas zonas, 2009.

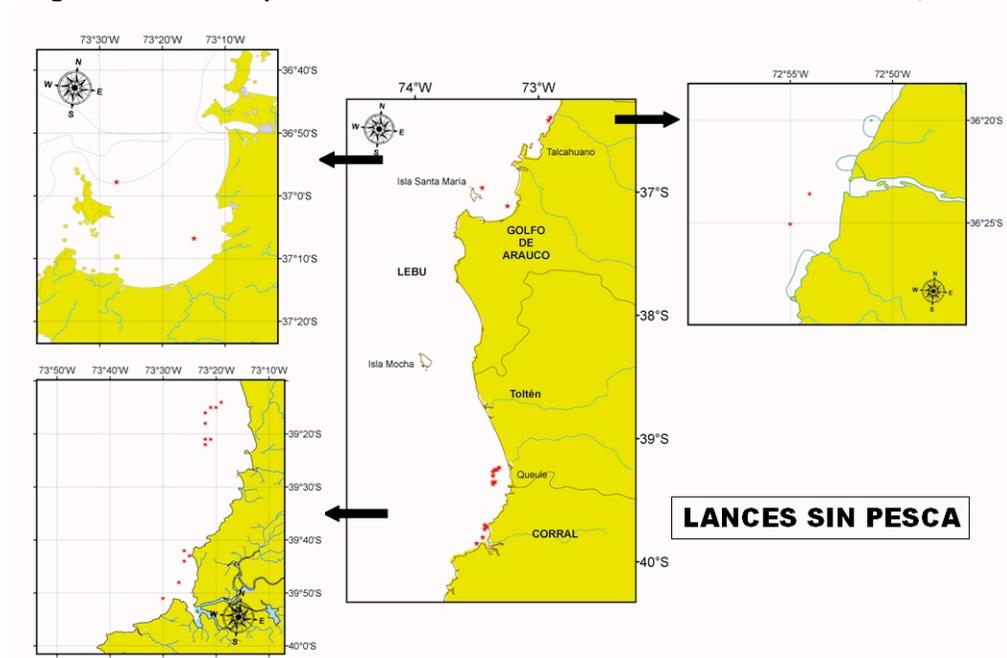


Figura 6. Lances de pesca realizados y que resultaron sin pesca en ambas zonas, 2009.

1.8.2. Composición de longitudes

En la zona centro, se muestreo 2682 individuos en los 28 lances efectivos de sardina común, y de los cuales 51,9 % fueron machos, 47,6% hembras y 3 % indeterminados, con una longitud promedio de 12,2 cm LT y con 65% de individuos sobre la talla media de madurez sexual (**Tabla 8, Figura 7**). En el caso de la anchoveta, se analizaron 2254 individuos, de los cuales 54,5% fueron machos, 41,3% hembras y 4,1 % fueron individuos indeterminados, con una longitud promedio de 12,8 cm LT y con 70 % de los individuos sobre la talla de madurez sexual de 12 cm (**Tabla 8, Figura 7**).

En la zona sur, en 34 lances efectivos de sardina común se muestreo 4201 individuos, de los cuales 48,1 % fueron machos, 43,6% hembras y 8 % indeterminados, con una longitud promedio de 11,1 cm LT y con 68,8 % de los individuos sobre la talla de madurez sexual. En la anchoveta, en 25 lances efectivos se analizaron 2789 individuos, de los cuales 44,4 % fueron machos, 51,1% hembras y 4,4 % indeterminados, con una longitud promedio de 12,8 cm LT y 60 % de los ejemplares sobre los 12 cm LT (**Tabla 8, Figura 7**).

Tabla 7. Estadígrafos de la frecuencia de tallas del crucero de adultos de sardina común y anchoveta por zona.

	CENTRO				SUR			
a) Sardina común								
	Machos	Hembras	Indet	Total	Machos	Hembras	Indet	Total
N	1393	1207	82	2682	2020	1832	349	4201
Promedio	11,89	12,67	9,73	12,17	11,22	11,38	9,17	11,12
Varianza	4,98	6,01	0,36	5,63	1,77	1,79	1,79	2,13
DS	2,23	2,45	0,60	2,37	1,33	1,34	1,34	1,46
CV	0,19	0,19	0,06	0,20	0,12	0,12	0,15	0,13
Min	7	6	9	6	7	6	9	6
Max	17	17	11	17	17	17	11	17
Moda	10,5-15	11-15,5	9,5	10,5-15,5	10,5;15	11;15,5	9,5	10,5;15,5
b) Anchoveta								
	Machos	Hembras	Indet	Total	Machos	Hembras	Indet	Total
N	1229	932	93	2254	1239	1426	124	2789
Promedio	11,83	12,65	9,61	12,08	12,75	13,24	9,09	12,84
Varianza	4,29	3,64	0,26	4,28	6,55	6,77	1,34	7,14
DS	2,07	1,91	0,51	2,07	2,56	2,60	1,16	2,67
CV	0,18	0,15	0,05	0,17	0,20	0,20	0,13	0,21
Min	7,5	7	9	6,5	7,5	8	7	7
Max	16,5				18	18	14,5	18
Moda	12	13	9,5	12; 15,5	10,5; 15	10,16	8,5	9,5-15,5

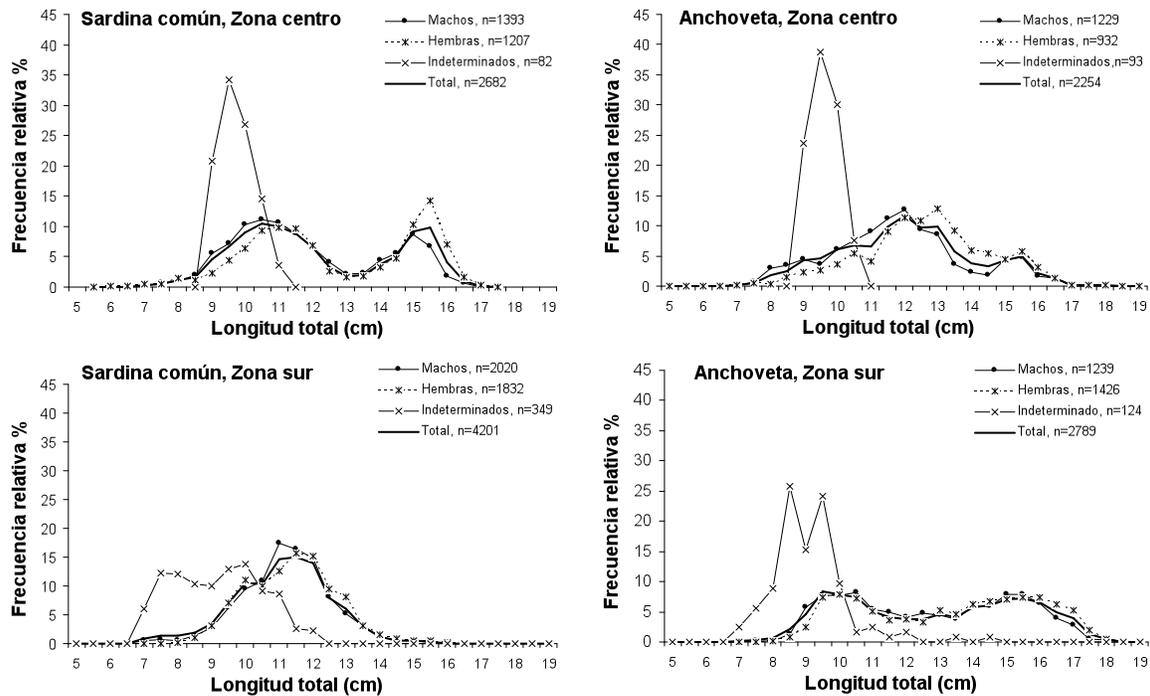


Figura 7. Frecuencia de tallas de sardina común y anchoveta de la zona centro y sur.

1.9. Crucero de huevos

1.9.1. Presencia, abundancia y distribución espacial de huevos

a) Estaciones con presencia de huevos

Del total de 381 estaciones de la grilla regular de este año 2009 en que se realizó muestreo con red Pairovet, 108 estaciones presentaron huevos de anchoveta, lo que representa un 28.3 % del total de estaciones, y 73 estaciones presentaron huevos de sardina común que corresponden a un 19.2% del total de estaciones muestreadas (**Tabla 9**). Comparativamente, con el 2008, durante el 2009 hubo un número mayor de estaciones totales positivas para anchoveta y sardina común, estando estas proporciones en un rango levemente inferior y levemente superior respectivamente, comparado con las registradas desde que comenzaron los proyectos MPH el 2002 (**Figura 8**).

Tabla 8. 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.

2009	ANCHOVETA			SARDINA COMÚN		
	Sector	Estaciones totales	Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%
	Norte	14	0	0	0	0
	Centro	164	34	21	21	13
	Sur	203	74	36	52	26
	TOTAL	381	108	28.3	73	19.2

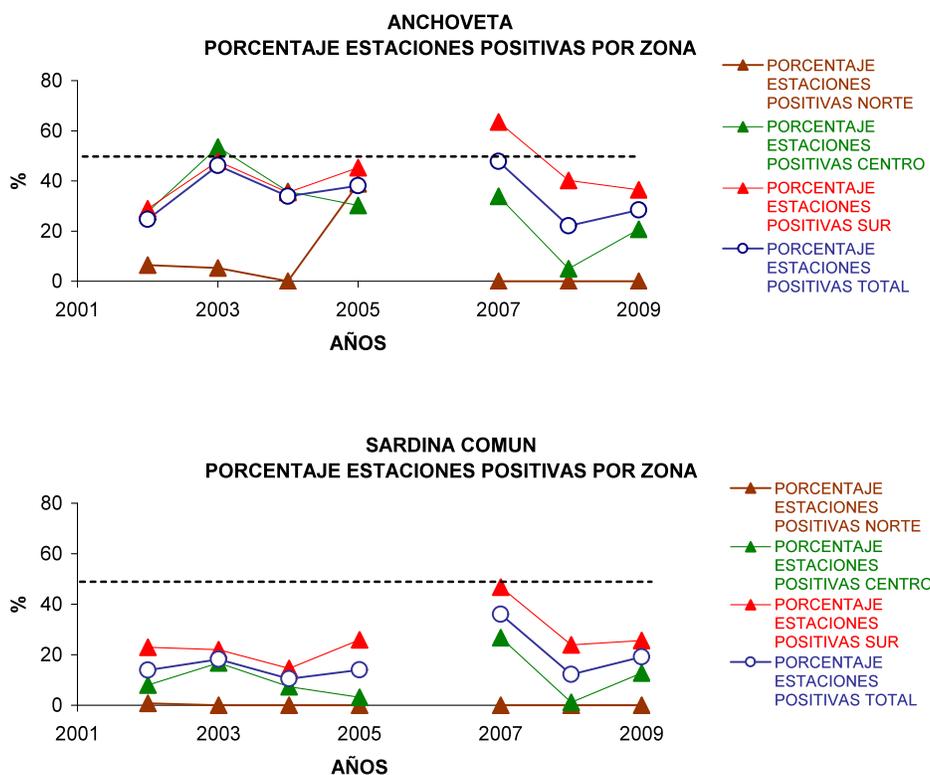


Figura 8. Proporción de estaciones positivas con huevos de anchoveta y sardina común por sector y área total, desde el inicio de las evaluaciones del MPH iniciadas el 2002.

Al igual que en años anteriores, en el 2009 hubo un aumento de la proporción de estaciones positivas desde el norte hacia el sur en ambas especies. En el sector norte no hubo estaciones con huevos de ninguna de las dos especies. En el sector centro sólo hubo un 21% de estaciones con huevos de anchoveta y un 13.0% de estaciones con huevos de sardina común. En el sector sur, ocurrió un 36 % de estaciones con huevos de anchoveta y un 26% con huevos de sardina común.

b) Abundancia de huevos

Un total de 2983 (6019 en el 2008) huevos de anchoveta y 3094 (3227 en el 2008) huevos de sardina común fueron colectados en el área completa de estudio. El número de huevos totales aumentó hacia el sur en ambas especies. Ningún huevo de anchoveta fue colectado en el sector norte, 418 huevos en el sector central (1090 en el 2007 y 24 en el 2008) y 2565 huevos (19729 en el 2007 y 5995 en el 2008) en el sector sur. Del total de huevos de sardina común, ninguno hubo en el sector norte, 174 huevos correspondieron al sector central (681 en el 2007 y 4 en el 2008) y 2920 huevos al sector sur (8953 en el 2007 y 3223 en el 2008).

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 10**). De igual modo las máximas abundancias de huevos de anchoveta por estación fueron registradas en el sector sur (330 huevos * 0,05m²). Considerando las estaciones positivas, el número de huevos en el sector sur fue de seis veces mayor respecto del sector central.

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 10**). Las máximas abundancias de huevos de sardina común por estación también ocurrieron en el sector sur (387 huevos * 0,05 m²).

Comparando con los resultados del año anterior, el promedio de huevos de anchoveta en las estaciones positivas en la zonas centro aumentó el 2009 (de 2,7 h x 0,05 m² el 2008 a 12,29 h x 0,05 m²) pero disminuyó en el sector sur (desde 64,0 h x 0,05 m² el 2008 a 34,66 h x 0,05 m² el 2009). En el caso de la sardina común el promedio de huevos en las estaciones positivas en la zona centro también aumentó mientras que disminuyó en el sur (centro: de 2,0 h x 0,05 m² el 2008 a 8,29 h x 0,05 m² el 2009; sur: de 73,3 h x 0,05 m² el 2008 a 56,15 h x 0,05 m² el 2009).

Tabla 9. 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 x 0.05 m²) en cada sector.

ANCHOVETA							
2009	Suma	Promedio Total estaciones	DE Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	DE Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Norte	0	0	0	0	0	0	0
Centro	418	2,55	16,56	12,29	35,08	201	1
Sur	2565	12,64	40,17	34,66	60,76	330	1
SARDINA COMUN							
2009	Suma	Promedio Total estaciones	DE Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	DE Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Norte	0	0	0	0	0	0	0
Centro	174	1,06	4,83	8,29	11,27	48	1
Sur	2920	14,38	52,27	56,15	91,80	387	1

Al comparar con los otros años en que se ha desarrollado el MPH, durante el 2009 la abundancia promedio de huevos de anchoveta por estación en los sectores central y sur se ubican entre los más bajas registrada desde el 2002 (**Figura 9**). La sardina común, en cambio, se encuentran cercanas al promedio de la serie histórica iniciada el 2002.

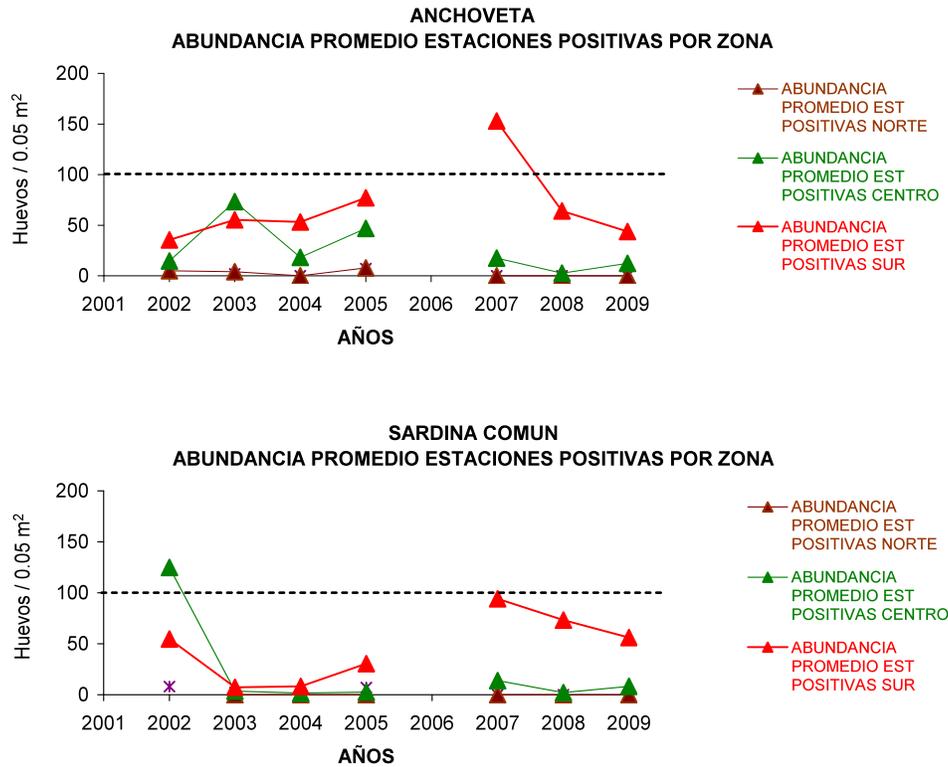


Figura 9. Abundancia promedio de huevos de anchoveta y sardina común en estaciones positivas por sector, desde el inicio de las evaluaciones del MPH iniciadas el 2002.

c) Distribución espacial

La distribución de huevos de anchoveta fue más extendida que la de sardina común, iniciándose alrededor de los 34°30'S hasta la última transecta muestreada al sur de los 41°20'S. La sardina común, en cambio, se presentó desde los 36°S hasta los 39°20'S.

En el sector central (**Figura 10**), los huevos de anchoveta se ubicaron principalmente en la zona costera, excepto frente a Punta Nugurne (35.5 °S) y frente a la bahía de Coliumo (36°30'S) donde se extendieron sobre la plataforma continental hacia el oeste. De norte a sur, las áreas de mayor abundancia de huevos correspondió a la zona frente a punta Nugurne, frente a bahía Coliumo y en el Golfo de Arauco, es decir, en los centros con mayores abundancias histórica (entre Punta

Nugurne y Constitución, 35.5°S), entre el Río Itata y Bahía Concepción (36.5 °S), y dentro del Golfo de Arauco (37°S). En el sector sur, la mayor y más extensa agregación de huevos de anchoveta se ubicó entre los 38°20' S y los 39°40'S (zona históricamente de mayor abundancia de huevos) pero, con una disminución alrededor de los 39°20'S.

En el sector central, los huevos de sardina común, coincidieron las zonas de mayor abundancia con los de anchoveta frente a Punta Nugurne, frente a Bahía Coliumo y en el Golfo de Arauco. En el sector sur, la distribución de las zonas de mayor agregación de huevos de sardina común coincide con la de los huevos de anchoveta siendo, sin embargo, de una extensión menor (38°S a 39°S). A diferencia de otros años, existe una distribución muy costera a lo largo del sector norte de la zona de mayor agregación, 37°30'S a los 38°S (**Figura 11**).

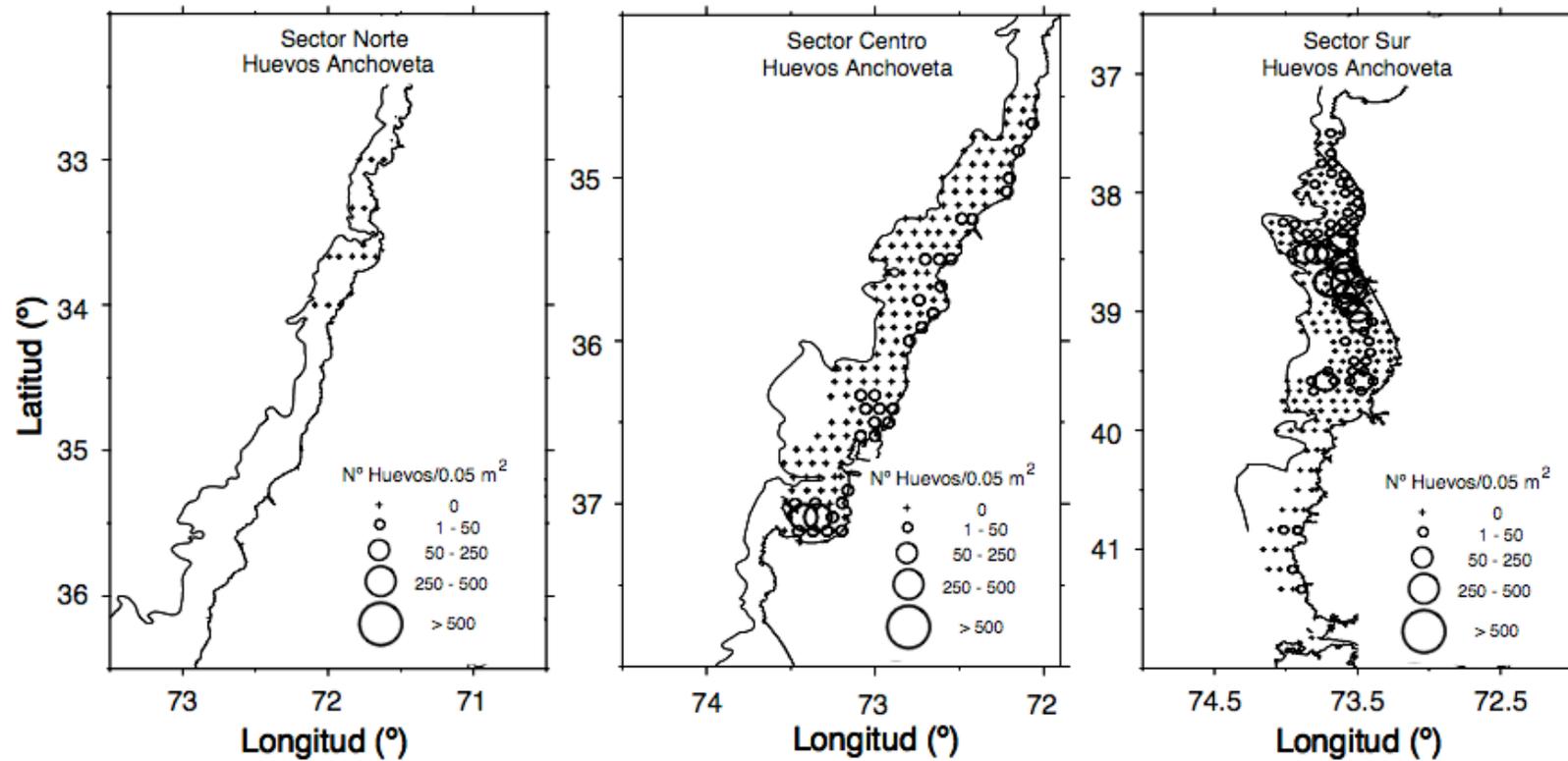


Figura 10. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta en los sectores norte (ausentes), centro y sur 2009

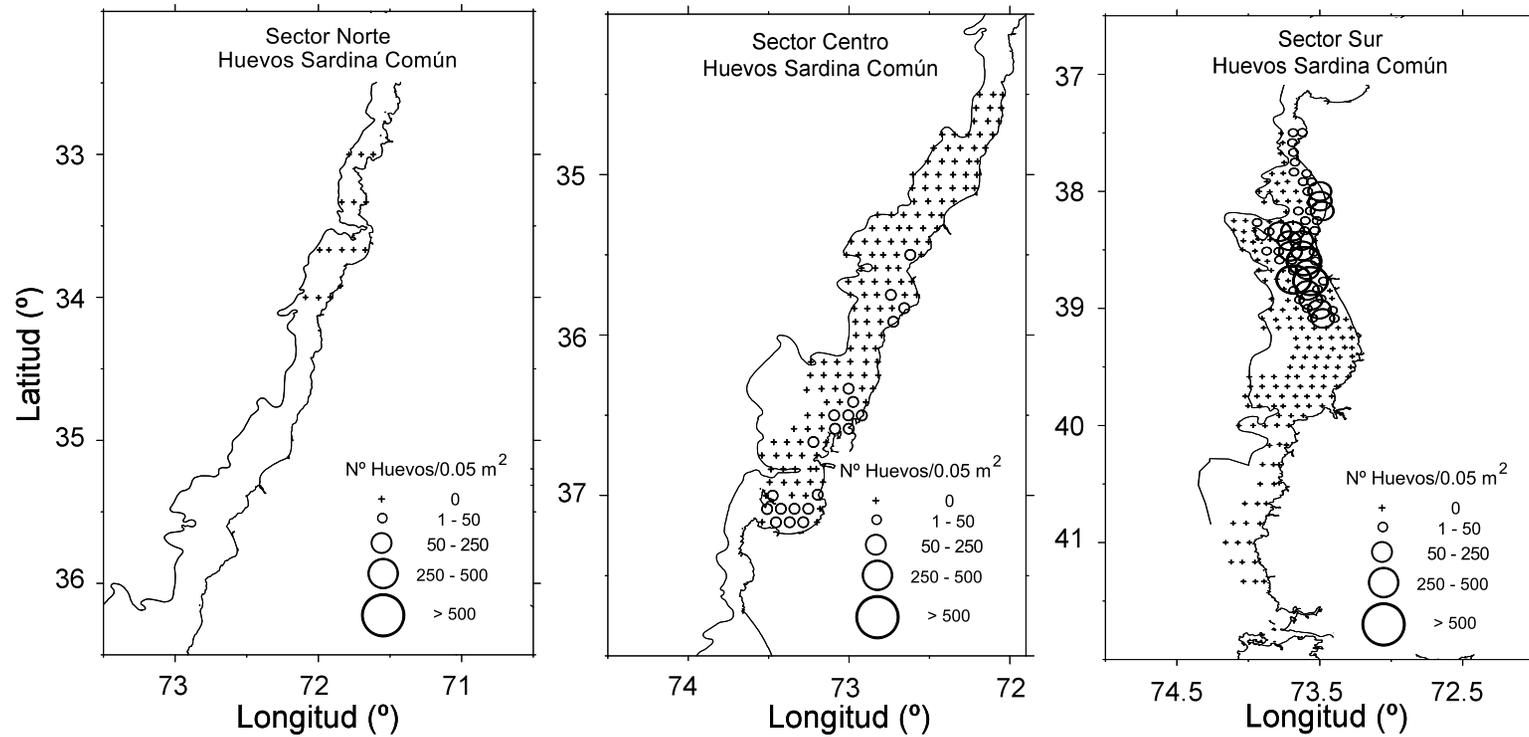


Figura 11. Distribución y abundancia de huevos de sardina común en los sectores norte (ausentes), centro y sur 2009.

1.9.2. Producción diaria de huevos

Los parámetros del GLM que fueron estimados a partir de la curva de mortalidad de huevos para cada especie se resumen para la zona sur en la **Tabla 10**, 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. En el caso de la sardina común, solamente en la zona centro se encontró una pendiente no significativa según el procedimiento de datación convencional.

Tabla 10. 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 (h⁻¹). (AIC=criterio de información de akaike).

a) Anchoveta							
Datación con Lo		Estimado	Error Std.	Valor z	Pr(> z)	N	AIC
Centro	Intercepto	5.209984	0.514043	10.13	< 2e-16	147	455.05
	Pendiente	-0.035139	0.009523	-3.69	0.000316		
Sur	Intercepto	5.298042	0.362653	14.609	<2e-16	236	925.32
	Pendiente	-0.010442	0.008533	-1.224	0.221		
Datación con Multinomial							
Centro	Intercepto	5.10953	0.55175	9.261	4.64e-16	134	434.16
	Pendiente	-0.02820	0.01068	-2.640	0.0093		
Sur	Intercepto	5.509048	0.303050	18.179	<2e-16	266	1341.5
	Pendiente	-0.009299	0.006107	-1.523	0.128		
b) Sardina común:							
Datación con Lo							
Centro	Intercepto	4.85225	0.56346	8.612	< 2e-16	62	217.54
	Pendiente	-0.03711	0.01383	-2.683	0.00729		
Sur	Intercepto	5.488386	0.455383	12.052	<2e-16	158	792.94
	Pendiente	0.007441	0.010818	0.688	0.492		
Datación con Multinomial							
Centro	Intercepto	4.66118	0.55710	8.367	<2e-16	54	200.90
	Pendiente	-0.03039	0.01459	-2.083	0.0373		
Sur	Intercepto	6.020514	0.402685	14.951	<2e-16	137	899.08
	Pendiente	-0.002949	0.010364	-0.285	0.776		

Los coeficientes permiten estimar la producción diaria de huevos y tasa de mortalidad diaria de huevos (**Tabla 11**). Dichas estimaciones 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 realizaron con ambas estimaciones para comparar el desempeño interanual. La tasa de mortalidad diaria de los huevos de anchoveta fluctuó entre 0,22 y 0,84 d^{-1} , mientras que en el caso de la sardina común la tasa de mortalidad diaria fue alta en el sector centro (0,73-0,89 d^{-1}), y no significativa en el sector sur.

Tabla 11. 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	
	Centro	Sur	Centro	Sur
Área de estudio (A, km)	13342	22706	13342	22706
Área de desove, A_1 (km)	3096	7450	1741	4922
a) Datación con Lo:				
P_0 (huevo/0,05 m^2 /día)	9,15 (0,51)	10,0 (0,36)	6,4 (0,56)	12,1 (0,46)
Z (día $^{-1}$)	-0,84	-0,25	-0,89	0,18
P_0 (huevo/ m^2 /día)	42,48 (1,07)	65,61 (0,63)	16,70 (1,56)	52,44 (0,98)
b) Datación con multinomial				
P_0 (huevo/0,05 m^2 /día)	8,3 (0,55)	12,35 (0,30)	5,29 (0,56)	20,59 (0,40)
Z (día $^{-1}$)	-0,68	-0,22	-0,73	-0,07
P_0 (huevo/ m^2 /día)	38,42 (1,15)	81,02 (0,53)	13,80 (1,55)	89,27 (0,87)

1.10. Parámetros reproductivos

Como fué informado previamente, en el punto 5.2, en la zona centro se contó con 28 lances de pesca de sardina y 24 de anchoveta, los que permiten contar con aproximadamente 980 hembras maduras de sardina y 840 hembras de anchoveta para análisis histológico. En la zona sur, se realizaron 34 lances de sardina (1190 hembras maduras) y 25 de anchoveta (875 hembras) para el análisis histológico y estimación de la fracción diaria de hembras desovantes, estadios de madurez sexual. No obstante, con el objeto de calcular los parámetros que alimentan el método de la producción diaria de huevos, solo lances completos con la información de hembras maduras y

proporción sexual deben ser utilizados para calcular la covarianza de los parámetros. Así, el número de lances con información completa se reduce ligeramente en la zona centro, al descartar algunos lances con solo hembras maduras.

La proporción de estadios de madurez microscópicos se resumen en la **Tabla 12**, para ambas especies y por estrato geográfico. En la anchoveta, el mayor porcentaje de ejemplares maduros correspondieron al estadio Vitelado e Hidratado. En la sardina común, las hembras viteladas fueron importantes, como también las que se encontraban en desove.

Tabla 12. Fracción de estadios de madurez sexual microscópicos de anchoveta y sardina común durante el período de estudio del 2009.

EMS	Anchoveta				Sardina			
	Centro		Sur		Centro		Sur	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Virginal, I	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Inmaduro, II	6	1,1	239	25,8	2	0,3	409	35,9
Parcialmente vitelado, III	44	8,0	65	7,0	14	2,2	102	8,9
Vitelado, IV	377	68,9	571	61,5	473	74,8	544	47,7
En hidratación, V	16	2,9	21	2,3	62	9,8	23	2,0
Hidratado, VI	98	17,9	22	2,4	59	9,3	2	0,2
En desove, VII	6	1,1	2	0,2	22	3,5	60	5,3
Post-desovanteVIII	0	0,0	8	0,9	0	0,0	0	0,0
Total	547	100,0	928	100,0	632	100,0	1140	100,0

a) Fracción diaria de hembras desovantes

La estimación de la fracción de hembras desovantes se consideró solo aquellas de día 1, y considerando los primeros 4 estadios que representan la degeneración de los folículos postovulatorios dentro de las primeras 24 horas después del desove. En anchoveta, la fracción desovante promedio se estimó en 0,206 para la zona centro sobre la base de 14 lances y 39 hembras promedio por lance, y con una precisión aceptable ($CV = 0,209$), mientras que para la zona sur la fracción desovante fue menor ($S=0,140$, Tabla 13a). En la sardina común, la fracción desovante promedio fue de 0,103 ($CV = 0,200$) en la zona centro, con 18 lances y 35 hembras promedio por lances; en tanto, la fracción desovante en la zona sur fue muy baja ($S=0,033$) e imprecisa ($CV=0,438$) (**Tabla 13b**).

Tabla 13. Resumen de los parámetros reproductivos de los ejemplares adultos de anchoveta y sardina común, por estrato geográfico.

a) Anchoveta	2009			
	Centro	CV	Sur	CV
Fracción desovante, S	0,206	0,209	0,140	0,210
Peso promedio, W (g)	12,2	0,048	17,5	0,107
Proporción de hembras, R	0,53	0,054	0,60	0,036
Fecundidad media, F	3997	0,080	5404	0,105
Fecundidad relativa, F/W	327		308	
Fecundidad específica diaria, DSF	35,7		25,9	
Número de lances, n	14		25	
Número de hembras, m	547		928	
Hembras promedio por lance, m	39		37	

b) Sardina común	2009			
	Centro	CV	Sur	CV
Fracción desovante, S	0,103	0,200	0,033	0,438
Peso promedio, W (g)	17,3	0,113	12,3	0,05
Proporción de hembras, R	0,48	0,049	0,45	0,042
Fecundidad media, F	6825	0,124	4844	0,071
Fecundidad relativa, F/W	395		394	
Fecundidad específica diaria, DSF	19,5		5,9	
Número de lances, n	18		32	
Número de hembras, m	632		1141	
Hembras promedio por lance, m	35		35	

b) Proporción sexual y peso promedio

La proporción de hembras en peso fue cercana a 1:1 en la zona centro para ambas especies (**Tabla 13**). Aunque en sardina común la proporción de hembras fue de 45% en la zona sur, mientras que en la zona sur hubo una mayor proporción de hembras de anchoveta (60%). El peso promedio de las hembras maduras de anchoveta fue de 12 g en la zona centro, mientras que en la zona sur fue de 17,5 g. Ocurrió lo contrario en el caso de la sardina, ya que las hembras en la zona centro tuvieron un peso promedio de 17,3 g y tan solo 12,3 g en la zona sur (**Tabla 13b**).

c) Fecundidad parcial y fecundidad media poblacional

La fecundidad media poblacional de anchoveta fue mayor en la zona sur que en la zona centro, lo que se debe al mayor peso promedio de las hembras (**Tabla 13a**). En el caso de la sardina, ocurrió lo contrario, con la mayor fecundidad en la zona centro (**Tabla 13b**).

La fecundidad media poblacional fue calculada a partir de las relaciones lineales encontradas entre la fecundidad parcial y el peso corporal de las hembras de cada especie (**Tabla 14**).

Tabla 14. Regresión lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal, año 2009.

Parámetro	Anchoveta	Sardina común
Intercepto (a)	896,29	-629,76
Pendiente (b)	266,90	460,13
S _a	717,11	568,83
S _b	38,97	25,83
Error típico (S _{yx})	1419,77	1601,32
n	23	54
r ²	0,69	0,86
P(b = 0)	<0,01	<0,01
PC promedio (g)	16,76	20,34

1.11. Biomasa desovante

La biomasa del stock desovante se sustenta en la producción diaria de huevos de cada estrato geográfico, los cuales se consideran independientes. La evaluación del stock desovante se realizó considerando los dos métodos de datación, uno basado en el método convencional de Lo (1985) y otro que usa el modelo multinomial. Los estimadores puntuales permiten señalar que la biomasa del stock desovante fue menor en la zona centro para ambas especies, con cerca de 15 mil toneladas de anchoveta y entre 9 mil y 11 mil toneladas en el caso de sardina común. En la zona sur, el método multinomial determinó la mayor y más precisa estimación de la biomasa de sardina común, con 346 mil toneladas (**Tabla 15**).

El estimado estratificado de la biomasa desovante fluctuó entre 73 mil y 85 mil toneladas de anchoveta, y entre 215 mil y 356 mil toneladas de sardina común (**Tabla 15**).

Tabla 15. Parámetros del Método de la Producción Diaria de Huevo y estimación de la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común (Septiembre 2009), 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	0,206	0,140	0,103	0,033
Peso promedio de hembras maduras, W (g)	12,2	17,5	17,3	12,3
Proporción sexual, R (fracción de hembras)	0,53	0,60	0,48	0,45
Fecundidad media, F (huevos por hembra)	3997	5404	6825	4844
Fecundidad relativa, RF (huevos por g)	328	309	395	394
Area de estudio, A (km ²)	13342	22706	13342	22706
a) Datación convencional:				
P_0 (huevo/m ² /día)	42,48	65,61	16,70	52,44
Biomasa desovante, B (t)	15845 (1,09)	57432 (0,67)	11424 (1,58)	203600 (1,08)
	73277 (0,58)		215024 (1,04)	
b) Datación multinomial:				
P_0 (huevo/m ² /día)	38,42	81,02	13,80	89,27
Biomasa desovante, B (t)	14330 (1,17)	70920 (0,57)	9440 (1,56)	346594 (0,97)
	85215 (0,52)		356034 (0,95)	

1.12. Distribución de huevos y condiciones oceanográficas

1.12.1. Hidrografía

a) Temperatura superficial del mar

Las imágenes satelitales de temperatura superficial del mar muestran que durante el periodo de muestreo 2009, el rango de temperaturas superficiales observadas entre los 32 y 40°S varió entre los 10 y 14 °C. El área muestreada durante este estudio, mostró el gradiente latitudinal en temperatura superficial típico, observándose las mayores temperaturas alejadas de la costa en el sector norte y las más bajas temperaturas en el sector sur (**Figura 12**). En el sector norte, las temperaturas variaron entre 12 y 13 °C; en el sector central entre 11 y 12 °C y en el sector sur entre 10 y 11 °C. Comparado con años anteriores, las temperaturas superficiales del 2009 fueron similares a las del 2008 pero muy superiores a las del 2007 (año La Niña con temperaturas superficiales entre 9 y 12°C).

La temperatura superficial del mar (de balde) muestran un gradiente latitudinal en temperatura, con valores más altos (>13°C) hacia menores latitudes y menores temperaturas (<11.5°C) hacia el sector sur. El sector central, particularmente la zona costera alrededor de la desembocadura del río Bio-Bio (i.e. Golfo de Arauco) y zona aledaña a la desembocadura del Río Itata, presentaron las menores temperaturas (<11.5 °C). La zona cercana a la desembocadura del Río Valdivia (Corral), sin embargo, presentó mayores temperaturas a las observadas en el sector central (**Figura 13**).

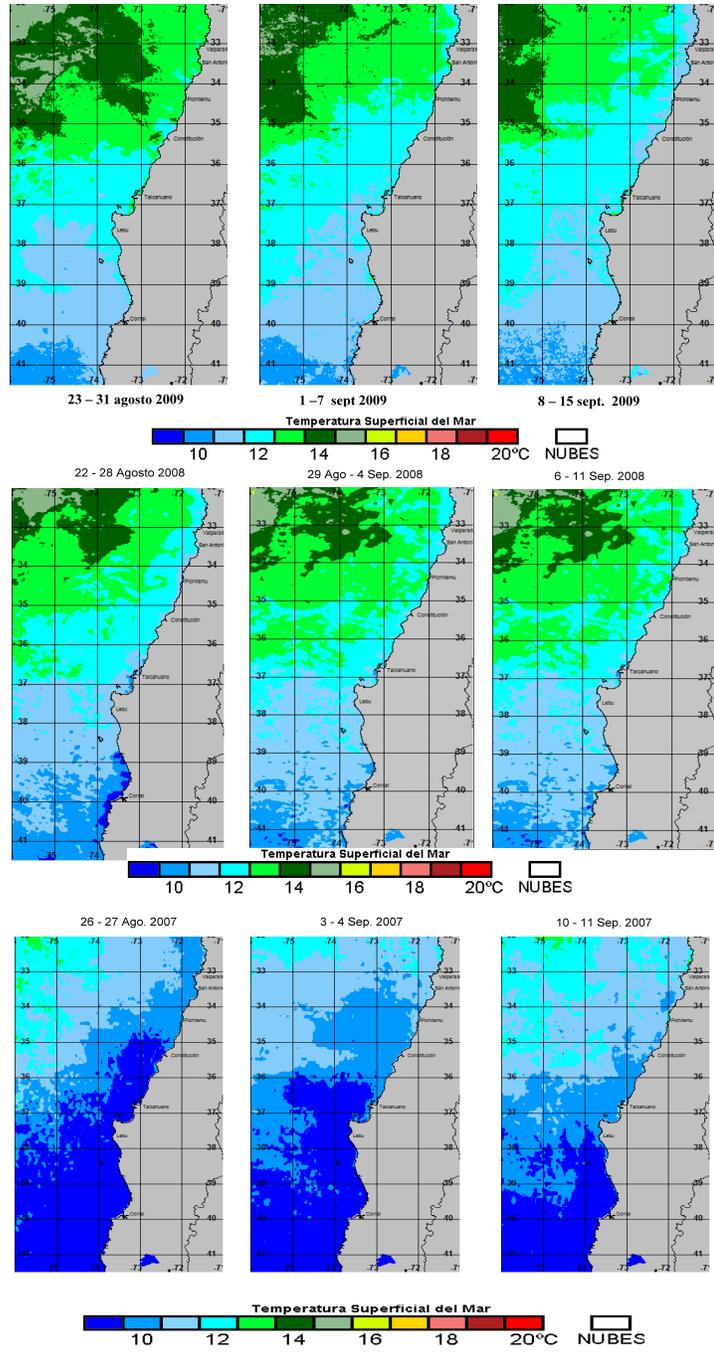


Figura 12. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (°C) durante el periodo de muestreo 2009 (superior), 2008 (medio) y 2007 (inferior).

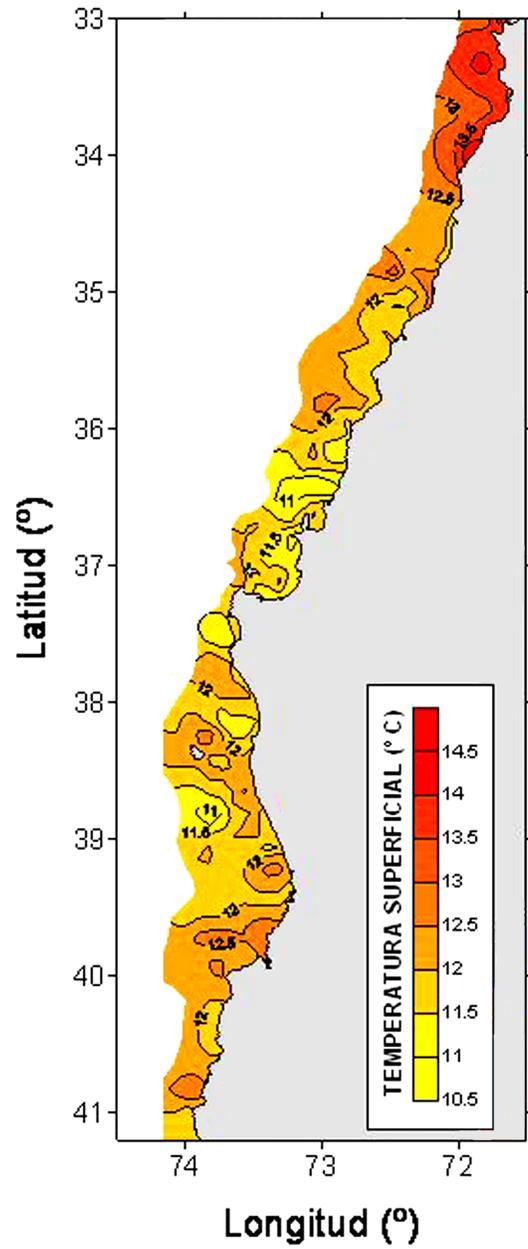


Figura 13. Temperatura superficial del mar (temperatura de balde) medida durante los cruceros de huevos, 2009.

b) Hidrografía en los sectores centro y sur

Sector Centro. La distribución horizontal de temperatura, salinidad y densidad en superficie muestra una heterogeneidad espacial a lo largo de la costa con notorios cambios en las características hidrográficas de norte a sur, con centros de menores temperatura y mayores salinidades en los 35.5 y 36.3°S., alternados con áreas con mayores temperaturas y menores salinidades a los 35.2°S, 36°S y en el Golfo de Arauco (36.9°S) (**Figura 14**). Los centros de bajas salinidades se ubicaron frente a las desembocadura del río Maule (35°20'S, pluma que se proyecta hacia el norte) y al sur del BioBio (36°50'S; en interior del Golfo de Arauco). A 10 m y 50 m de profundidad se observa a lo largo de gran parte de la costa una franja de aguas frías, de mayor salinidades y densidades que insinúan un acercamiento de aguas más profundas hacia la costa (**Figuras 15 y 16**). Paralelamente, estos procesos se observan en las secciones verticales, así como también se observa la presencia de aguas menos salinas en superficie (**Figura 20**).

Sector Sur. La distribución de temperatura superficial muestra con claridad el gradiente latitudinal con mayores temperaturas en el sector norte y menores en el sur (**Figuras 17-19**). La distribución de salinidad en superficie. Sin embargo, no sigue este patrón: zonas de menor salinidad fueron observadas en los 38.7°S separado de la costa y en el sector sur en dos zonas adyacentes a la costa (39.2 y 40.5°S). En el sector adyacente a la desembocadura del río Valdivia (Corral, 39,7°S) las salinidades fueron inesperadamente más altas en todos los estratos. Sugiriendo la ocurrencia de procesos de surgencia en la zona costera (sección vertical; transecta a 34,4°S. **Figura 20**).

Zona Centro

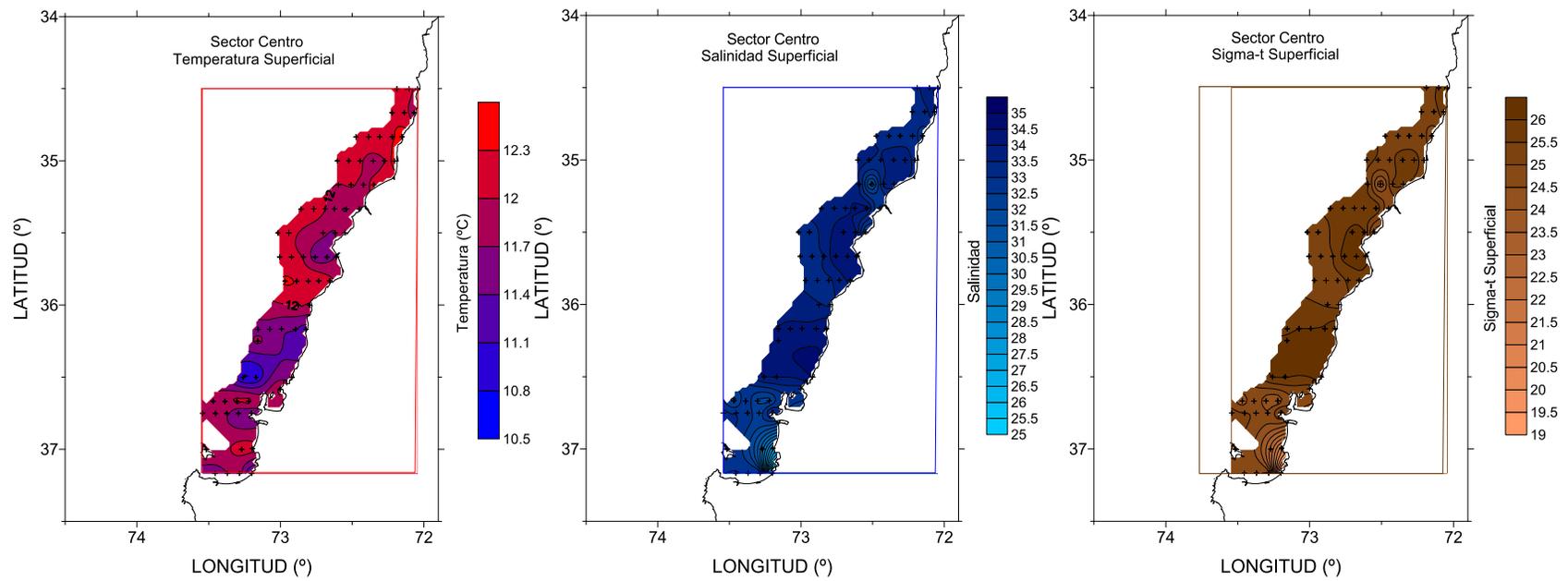


Figura 14. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m), en el sector central de la zona de estudio, 2009.

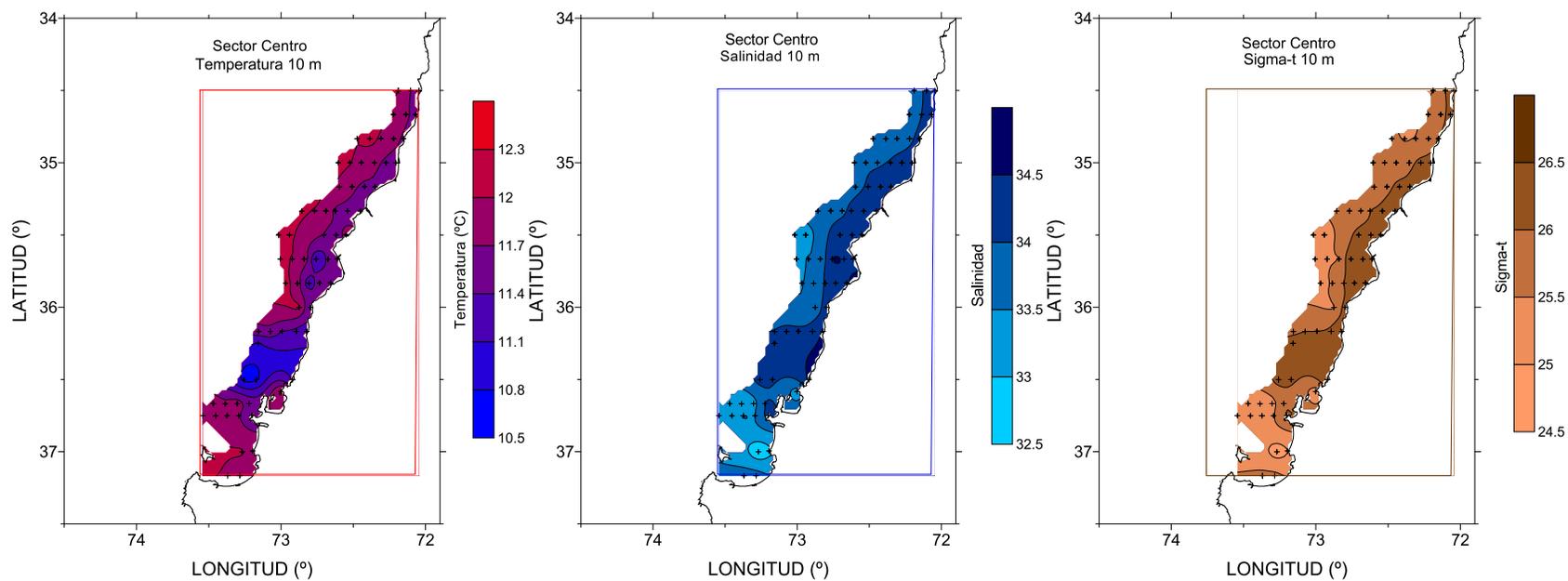


Figura 15. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 10 m de profundidad, en el sector central de la zona de estudio, 2009.

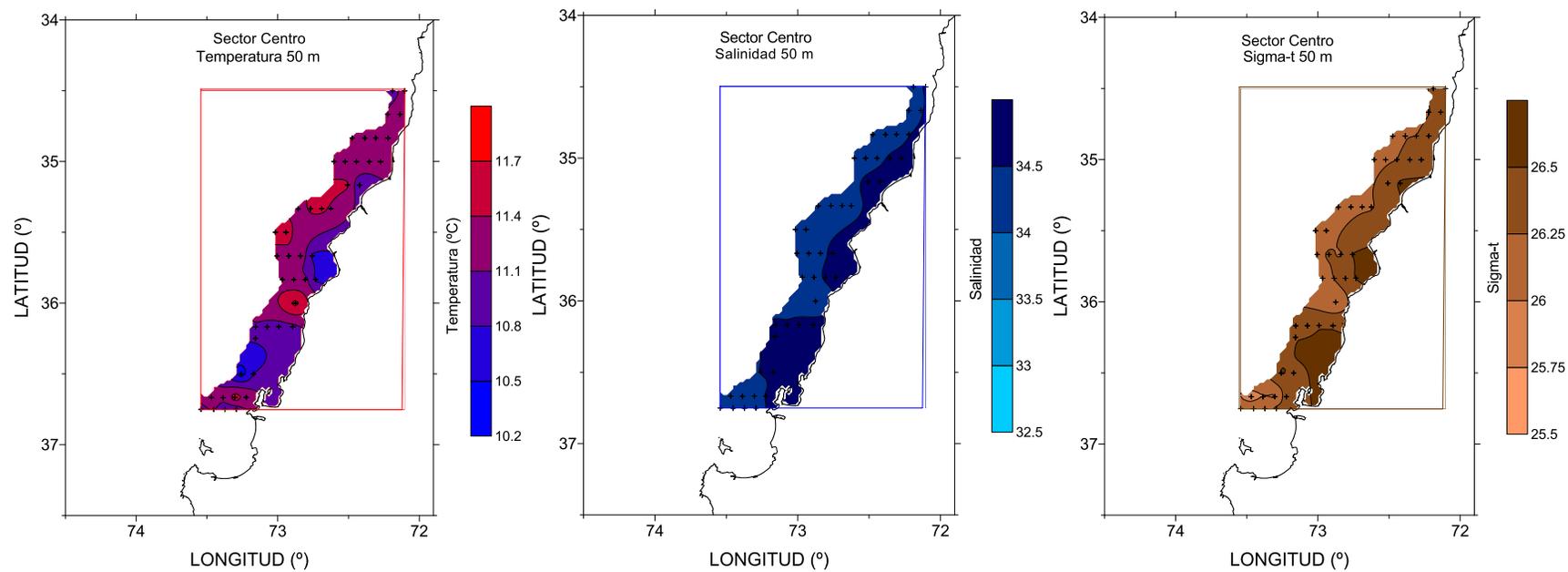


Figura 16. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 50 m de profundidad, en el sector central de la zona de estudio, 2009.

Zona Sur

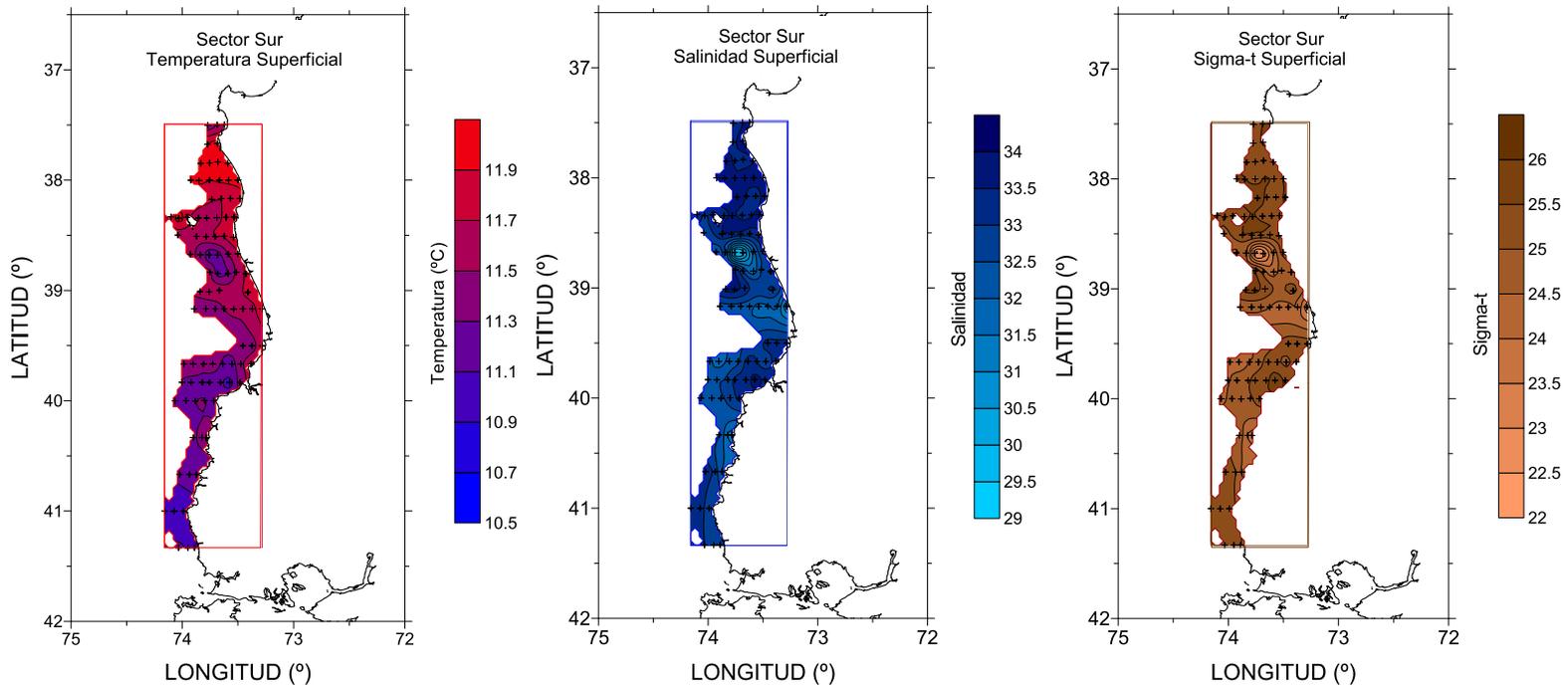


Figura 17. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) superficiales (1 m), en el sector sur de la zona de estudio, 2009.

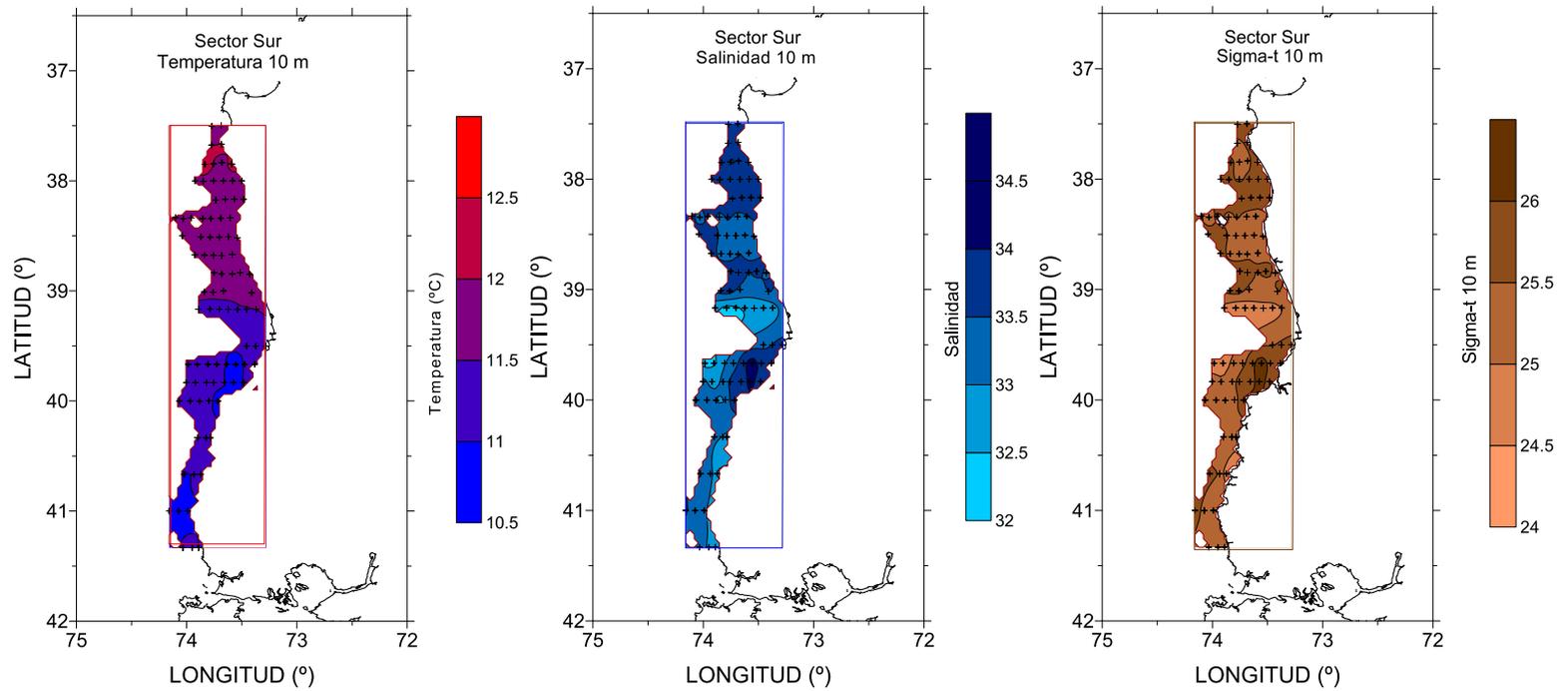


Figura 18. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t)) a 10 m de profundidad, en el sector sur de la zona de estudio, 2009.

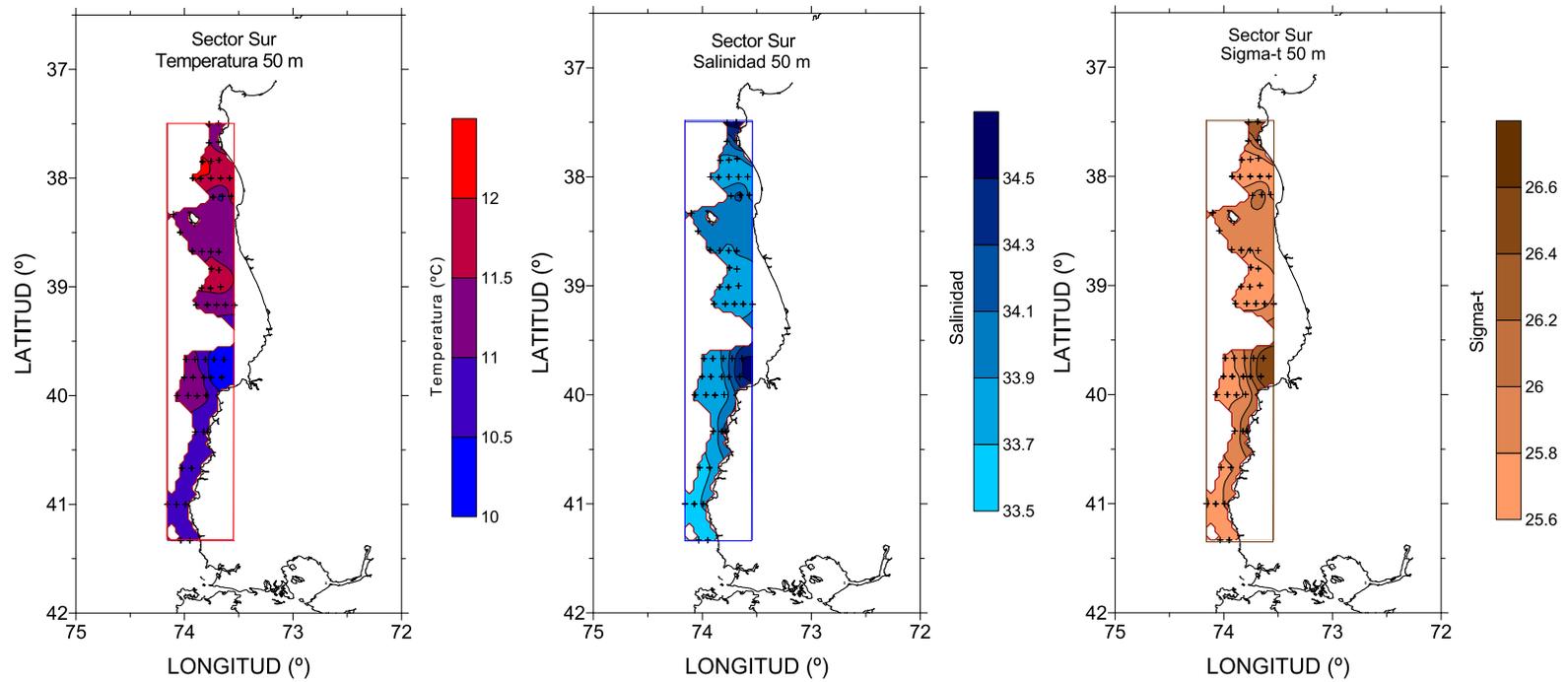


Figura 19. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t)) a 50 m de profundidad, en el sector sur de la zona de estudio, 2009.

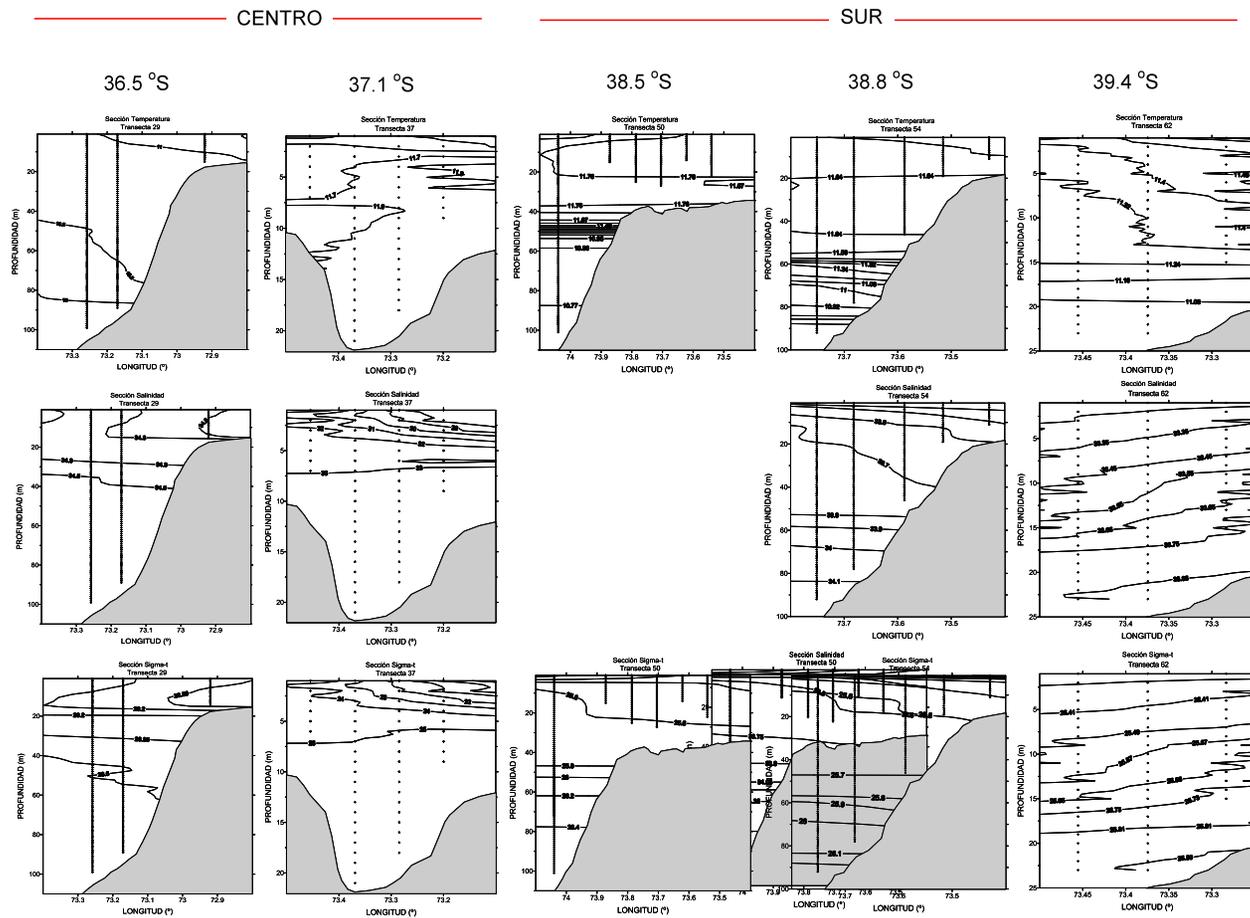


Figura 20. Secciones verticales de temperatura, salinidad y sigma-t en 2 transectas de la zona central y 3 en el sector sur, 2009. Las secciones ubicadas en los 36.5°S, 38.5°S y 38.8°S alcanzan los 100m de profundidad. Las secciones a los 37.1°S y 39.4°S alcanzan profundidades de 20 y 25 m solamente.

c) Relación de la distribución con variables ambientales

En relación con 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 la **Figura 21** se presentan las distribuciones de huevos de ambas especies sobre las secciones horizontales de temperatura a 10 m. La inspección de la distribución de huevos de anchoveta y sardina común indica que los máximos de abundancia no coinciden con áreas con alguna temperatura en particular. De hecho, en el sector central las altas abundancias ocurren en sectores con bajas ($36,5^{\circ}\text{S}$) y altas ($37,1^{\circ}\text{S}$) temperaturas. En el sector sur, sin embargo, el máximo de abundancia se ubicó en una zona más al norte ($38-39^{\circ}\text{S}$) de ese sector con mayores temperaturas.

Los diagramas T-S, a 10 m, y la densidad de huevos se resume en la **Figura 22**, para las zonas centro (círculos en rojo) y sur (círculos en azul). Ambas especies tienden a ocurrir en general, en rangos similares de temperatura y salinidad ($11 - 13^{\circ}\text{C}$; $32-34,5$ psu) siendo los rangos levemente más amplios en anchoveta: $11,0-12,5^{\circ}\text{C}$ que en sardina común: ($11,4-12,2^{\circ}\text{C}$) como en salinidad (anchoveta: $32,5 -34,5$ psu; sardina común: $32,8-34,5$ psu). En la figura se visualiza, además, que una pequeña variación habría en los rangos de salinidad y temperatura entre zonas, estando la anchoveta en un rango de temperaturas más amplio en el sector sur que en el sector centro del área de estudio. La sardina común, en cambio, habría estado en un mismo rango de salinidades y temperaturas en ambos sectores. Comparando estos resultados con los de años previos, los rangos varían año a año de acuerdo a las condiciones de cada periodo. Por ejemplo, durante el año 2007 (temperaturas más bajas y aguas más saladas), se observó que las mayores abundancias de huevos de ambas especies habrían ocurrido a menores temperaturas y a menores salinidades, particularmente en el sector sur.

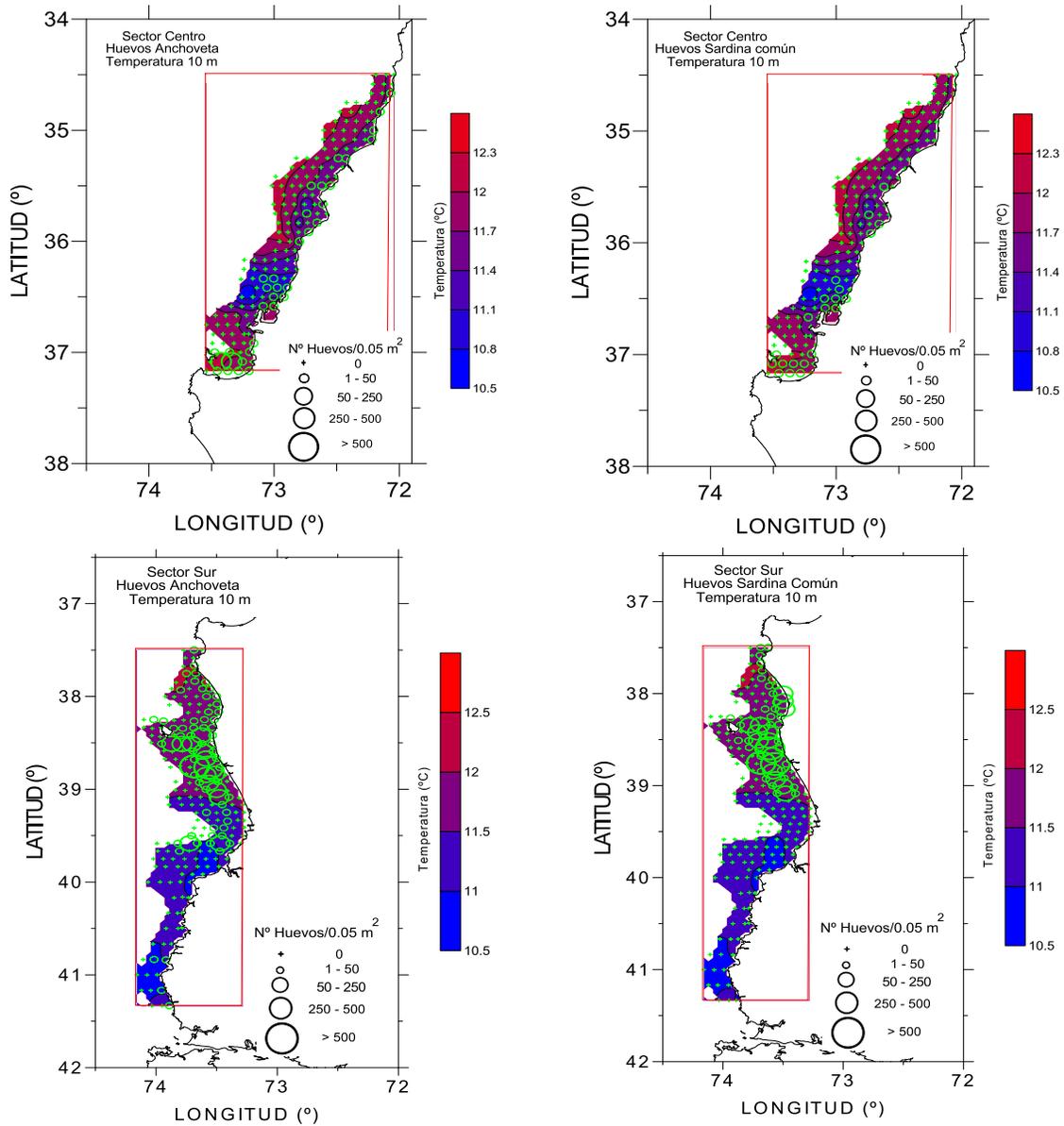


Figura 21. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoqueta sobre secciones horizontales de temperatura a 10 m de profundidad en la zona central y sur, 2009.

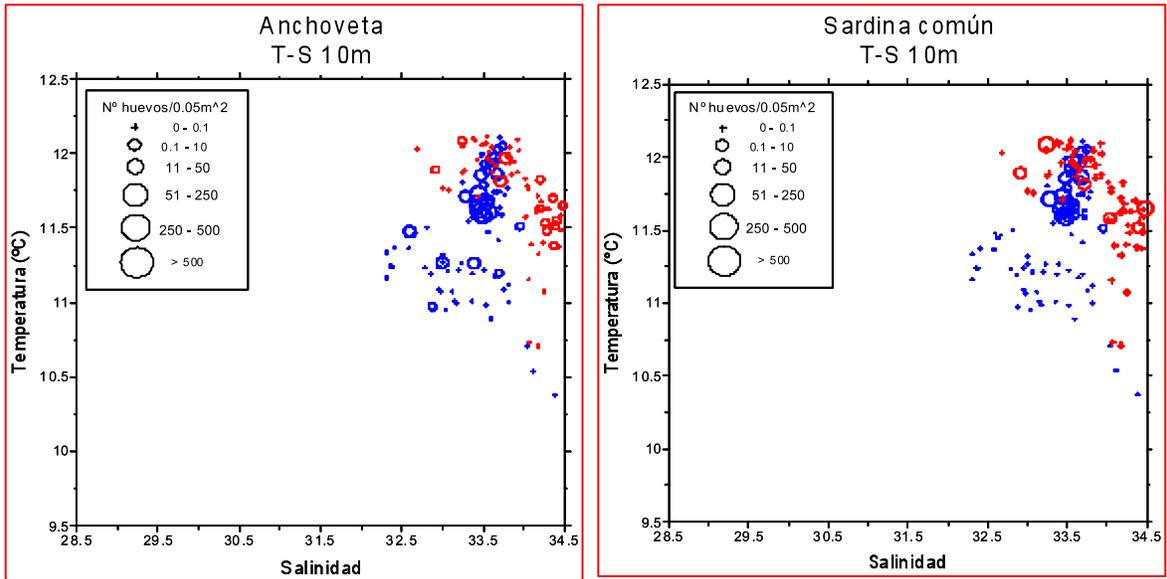


Figura 22. Diagramas TS en que a la data de Temperatura y Salinidad a 10 m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia de huevos de anchoveta y sardina común. Los círculos en rojo corresponden a abundancia de huevos en estaciones de la zona central y, en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

1.12.2. Información satelital

a) Viento y transporte Ekman

La dirección del viento responde a un periodo de transición entre invierno y primavera, esto es, alta variabilidad y alternancia entre viento sur y norte. Durante agosto el viento presenta una mayor componente desde el norte y nor-oeste cobrando mayor importancia e intensidad al sur de los 36°S, mientras que durante septiembre la componente principal de la dirección del viento es desde el sur y sur-oeste para todas las áreas analizadas.

En términos generales se podrían caracterizar dos periodos en términos de dirección del viento a reconocer: a) periodo caracterizado principalmente con vientos provenientes desde el norte y nor-oeste característico de la época invernal durante el mes de agosto, b) periodo con vientos provenientes del cuadrante sur y sur-oeste, característicos de la estación de primavera durante septiembre (**Figura 23 y 24**). Por su parte, el índice de surgencia calculado a partir de las series de viento muestran un fuerte incremento de sus valores a partir del mes de septiembre, al mismo

tiempo la intensidad y duración de eventos activos de surgencia, evidenciando valores de índice altos para toda el área analizada, principalmente durante el mes de septiembre, con una duración promedio de siete días de surgencia activa y dos días de relajación (**Figura 25 y 26**).

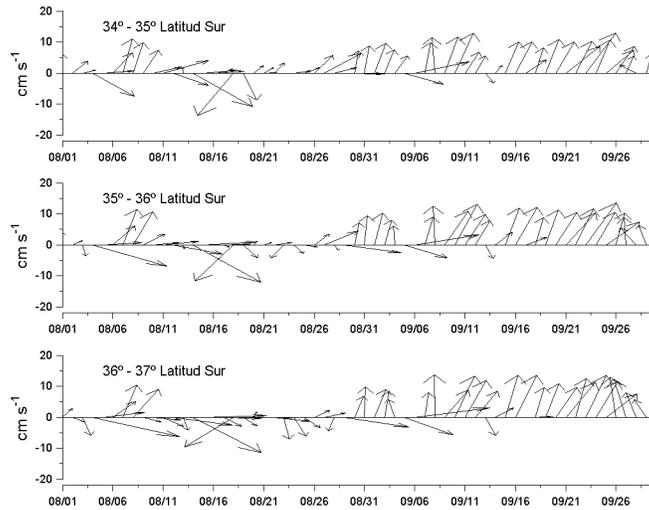


Figura 23. Vectores diarios de vientos para el periodo agosto-septiembre de 2009. El panel superior representa el área comprendida entre $34^{\circ}00'$ - $35^{\circ}00'$ S, panel medio $35^{\circ}00'$ - $36^{\circ}00'$ S y el inferior $36^{\circ}00'$ - $37^{\circ}00'$ S.

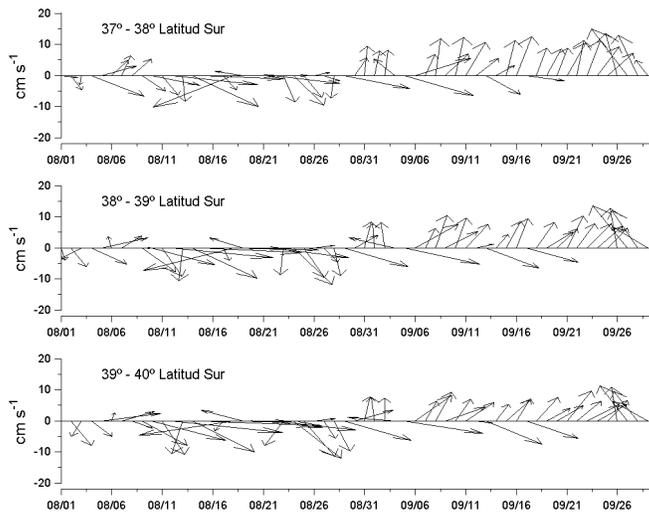


Figura 24. Vectores diarios de vientos para el periodo agosto-septiembre de 2008. El panel superior representa el área comprendida entre $37^{\circ}00'$ - $38^{\circ}00'$ S, panel medio $38^{\circ}00'$ - $39^{\circ}00'$ S y el inferior $39^{\circ}00'$ - $40^{\circ}00'$ S.

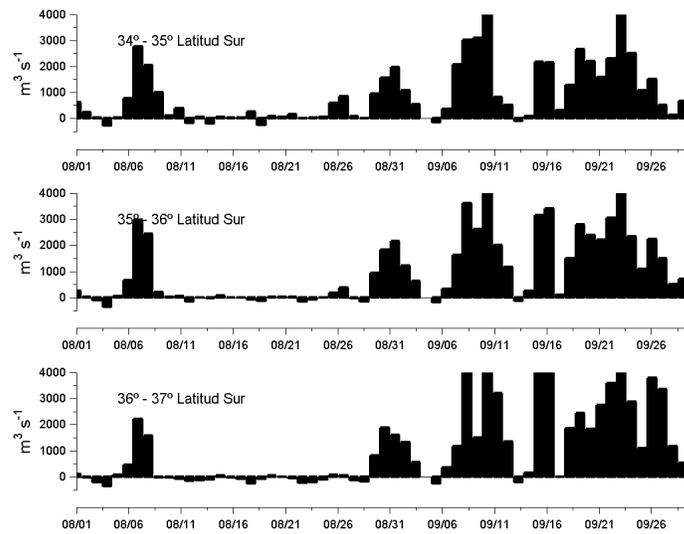


Figura 25. Vectores diarios de vientos para el periodo agosto-septiembre de 2008. El panel superior representa el área comprendida entre 34°00'-35°00'S, panel medio 35°00'-36°00'S y el inferior 36°00'-37°00' S.

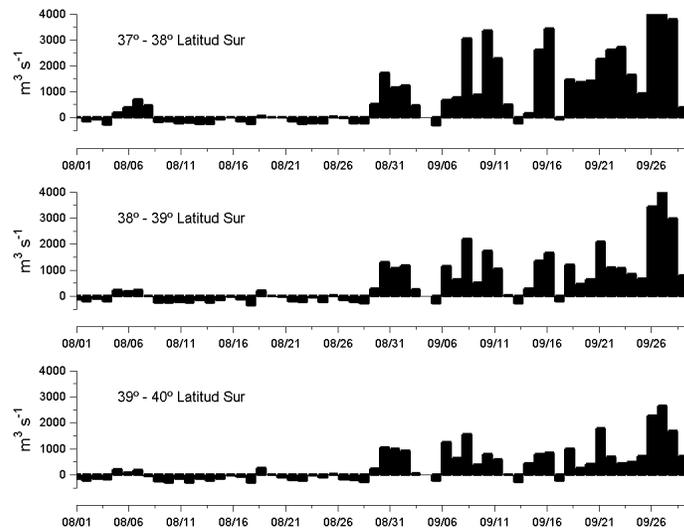


Figura 26. Vectores diarios de vientos para el periodo agosto-septiembre de 2008. El panel superior representa el área comprendida entre 37°00'-38°00'S, panel medio 38°00'-39°00'S y el inferior 39°00'-40°00' S.

b) Temperatura superficial del mar y clorofila

Para los meses de agosto y septiembre de 2009 a partir de imágenes diarias de temperatura superficial del mar y clorofila se obtuvo promedios semanales con el fin de caracterizar de buena forma la evolución espacial de las principales estructuras presentes en el área de estudio.

El análisis de las imágenes de TSM (**Figuras 27, 28**) y clorofila (**Figuras 29, 30**) reveló, en términos generales, dos periodos: a) un primer periodo comprendido entre la primera semana de agosto y la primera semana de septiembre, caracterizado por la presencia de aguas comparativamente más frías al sur de los 37°00'S con valores en torno a los 12°C y valores de 13,5-16°C al norte de esta latitud, a su vez la clorofila presenta valores bajos en toda el área de estudio, con máximos relativos en la banda muy cercana a la costa (primeras 10 mn) no superando los 5 mg m⁻³, b) un segundo periodo que abarca desde la segunda semana y hasta la última de septiembre mostrando un leve incremento de la temperatura alcanzando valores de 13°C al sur de los 37°00'S y valores más bajos en la banda costera (< 13°C) que se extienden cerca de 50 mn desde la costa al fin del periodo de estudio. Por su parte la clorofila muestra un fuerte incremento en sus valores (> 10 mg m⁻³) y su cobertura espacial por el sur, llegando a cubrir toda la zona costera (aprox. 70 mn desde la costa) del área de estudio al final del periodo.

Ambos periodos mencionados responden coherentemente con la dinámica asociada a la estacionalidad (aumento de la temperatura en primavera) y meteorología (ascenso del anticiclón del pacífico). Esto es, un incremento de la temperatura atmosférica y oceánica producto de la mayor radiación solar y; el cambio de dirección del viento predominando el forzante provenientes desde el cuadrante sur y sur-oeste. Este último, es un importante modulador de los procesos cercanos a la costa como la surgencia, cuya manifestación en la superficie del océano costero es un descenso de la temperatura y un incremento de la productividad traducido en un incremento de los valores en la concentración de clorofila lo cual queda evidenciado en la caracterización antes mencionada y en el análisis de las series viento realizadas.

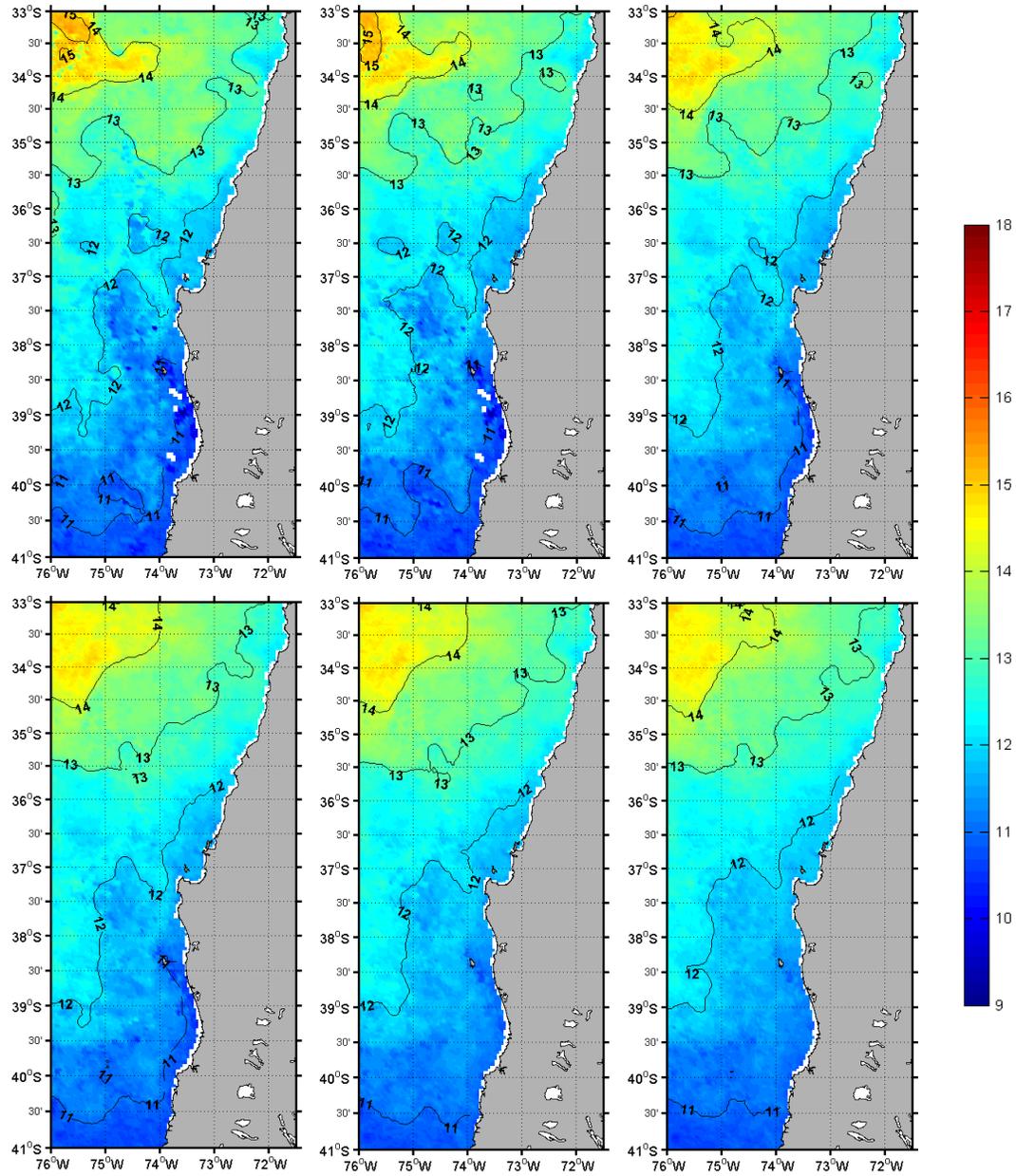


Figura 27. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) semanales desde el 01 de agosto hasta el 11 de septiembre de 2009.

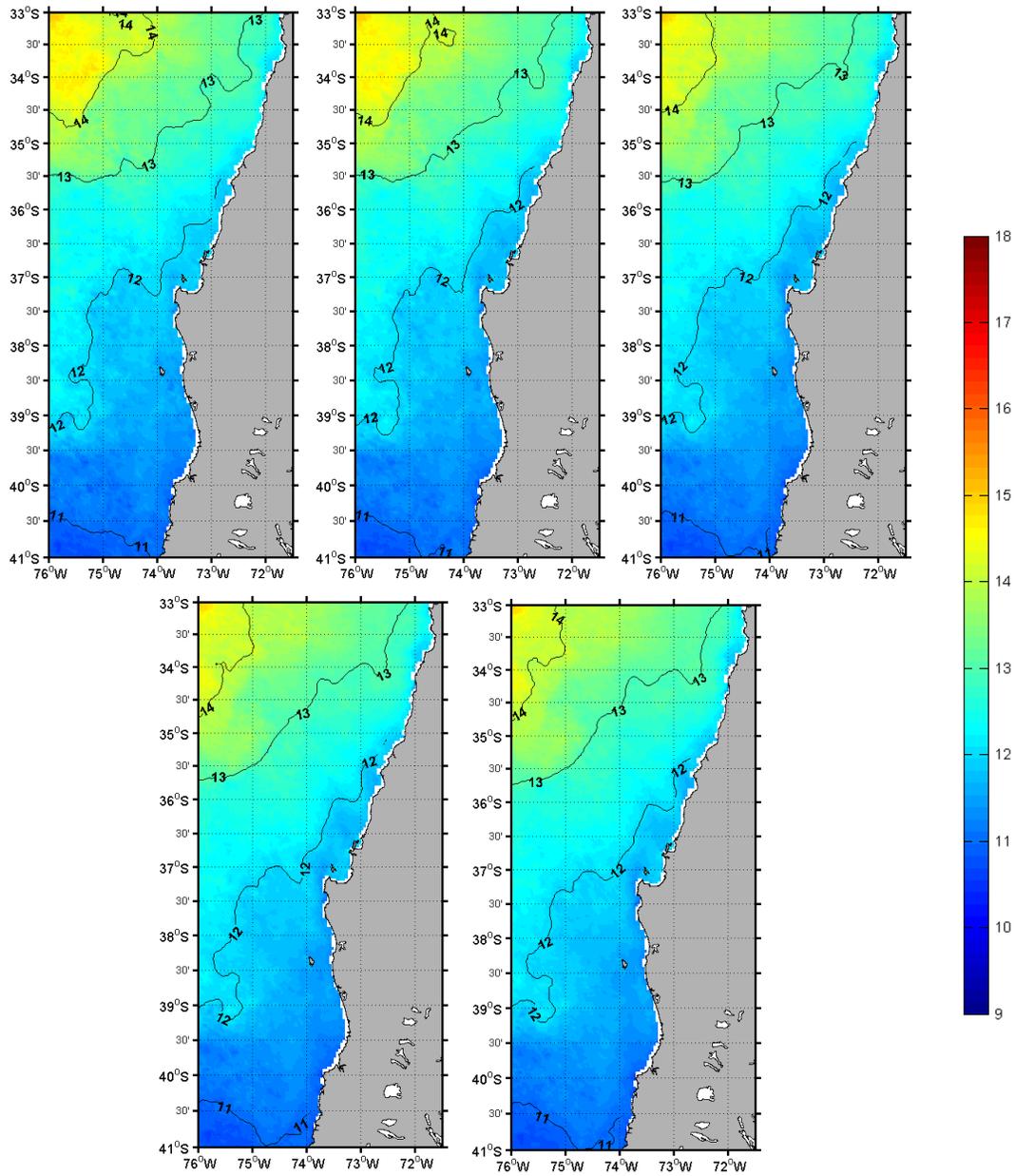


Figura 28. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) semanales desde el 12 de septiembre hasta el 16 de octubre de 2009.

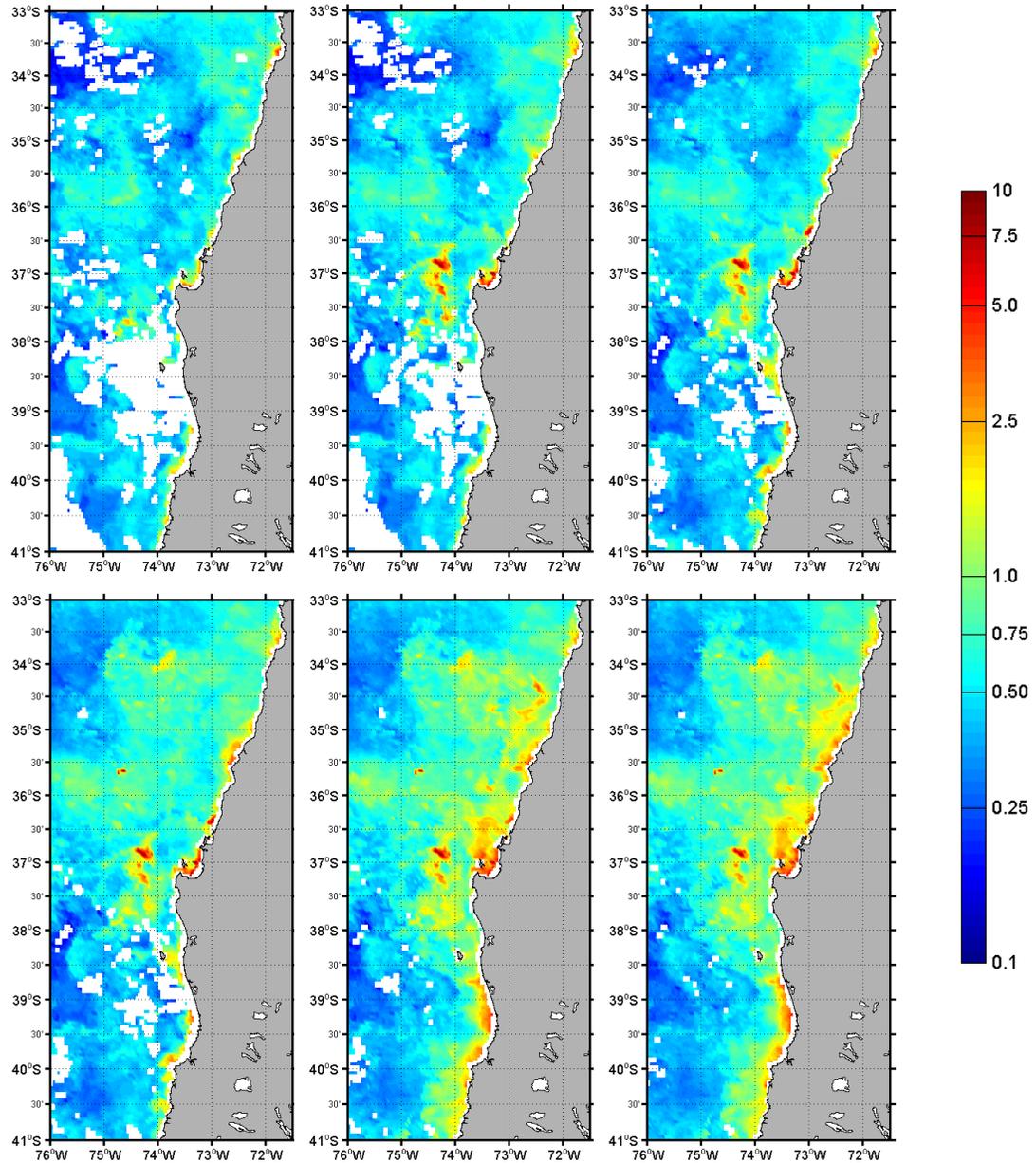


Figura 29. Imágenes satelitales de clorofila semanales desde el 01 de agosto hasta el 11 de septiembre de 2009.

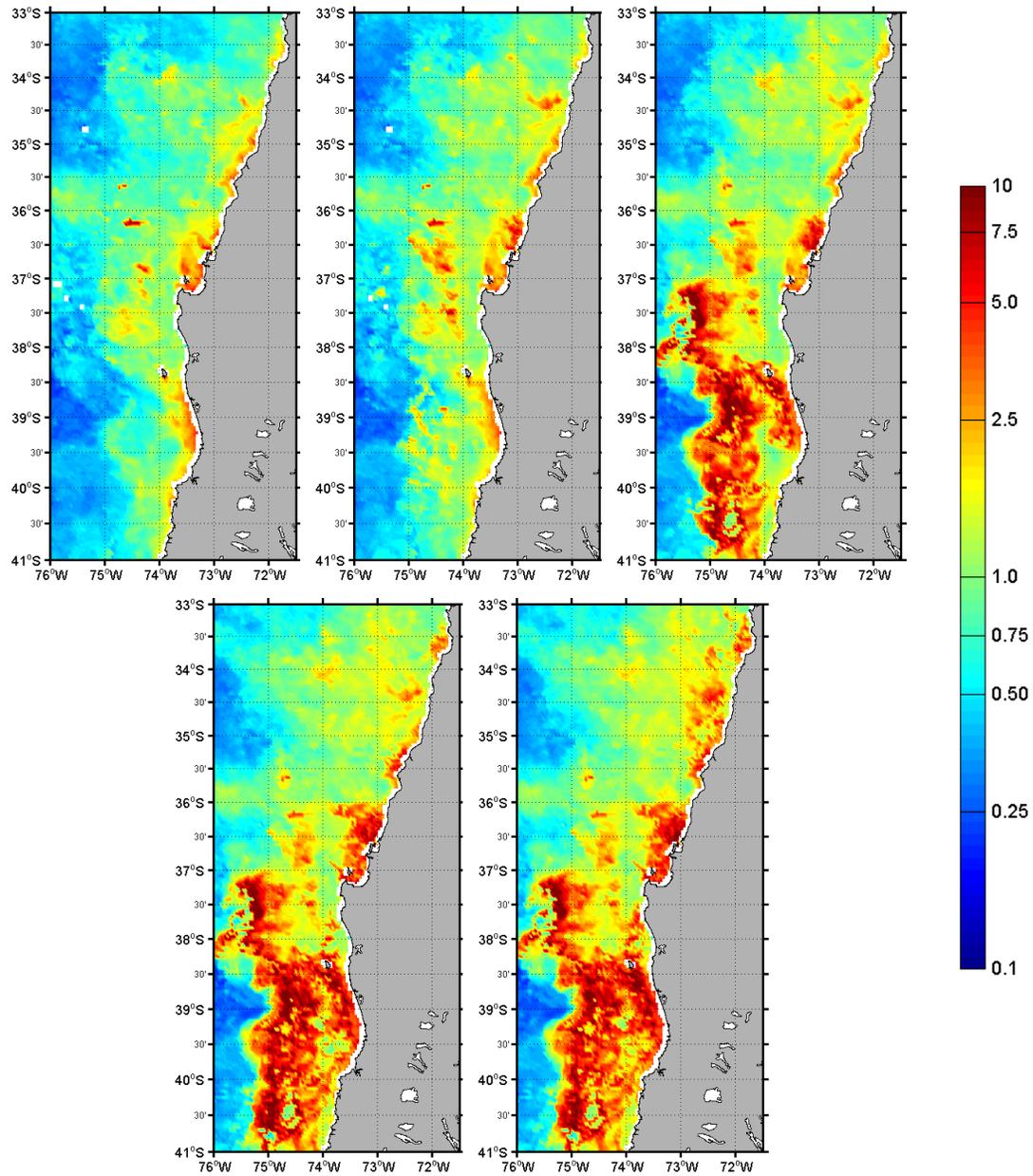


Figura 30. Imágenes satelitales de clorofila semanales desde el 12 de septiembre hasta el 16 de octubre de 2009.

c) Campo de velocidad advectiva superficial

Para el periodo de estudio (agosto y septiembre de 2009) se contó con 122 imágenes satelitales secuenciales (dos imágenes diarias) de TSM, generándose 122 imágenes de campos vectoriales advectivos por medio del método de MCC las cuales fueron promediadas mensualmente (**Figura 31**). A partir de los promedios mensuales se seleccionó la banda entre la costa y 27 mn desde cualquier punto de ésta, obteniéndose promedios zonales, tanto para la componente meridional como zonal de las corrientes. Con los promedios de la banda costera y, asumiendo que las corrientes en la columna de agua son coherentes en la capa de mezcla, se estimó el transporte de volumen de agua zonal y meridional dentro de esta banda considerando una profundidad de capa de mezcla promedio en la costa de 20 metros.

El promedio de velocidad advectiva para la banda costera del mes de agosto (**Figura 32**), muestra corrientes con dirección norte nor-oeste al norte de los $36^{\circ}30'S$ con valores entorno a los 10 cms^{-1} , registrándose corrientes en dirección sur-oeste y sur-este desde los $36^{\circ}00'S$ hasta los $41^{\circ}00'S$ con valores entorno a los 20 cms^{-1} , así mismo, el transporte este-oeste para el mismo mes (**Figura 33**), evidencia para el área flujos con alta variabilidad, hacia la costa registrando un promedio de $0,0088 \text{ Sv}$ con un volumen total transportado de $-2,60 \text{ Sv}$ en dirección hacia la costa, mientras que el transporte norte-sur (**Figura 34**) presenta una importante componente sur, con valores de $0,0222 \text{ Sv}$ y un flujo neto en dirección sur de $-6,18 \text{ Sv}$.

El mes de septiembre (**Figura 32**), presenta baja variabilidad en las corrientes promedio costeras y menos intensas que las del mes de agosto, con valores que no superaron los 10 cms^{-1} , destacándose las corrientes más intensas en dirección hacia costa afuera en los $37^{\circ}00'$ y $40^{\circ}00'S$. En términos de transporte este-oeste, los valores no superaron en promedio los $0,1 \text{ Sv}$ y un transporte neto de volumen de $-8,24 \text{ Sv}$ en dirección costa afuera (**Figura 33**). El transporte norte-sur presenta valores promedio de $0,019 \text{ Sv}$ y un flujo neto en dirección norte de $5,30 \text{ Sv}$, destacándose la predominancia de flujos hacia el sur en torno a los $39^{\circ}00'$ (**Figura 34**).

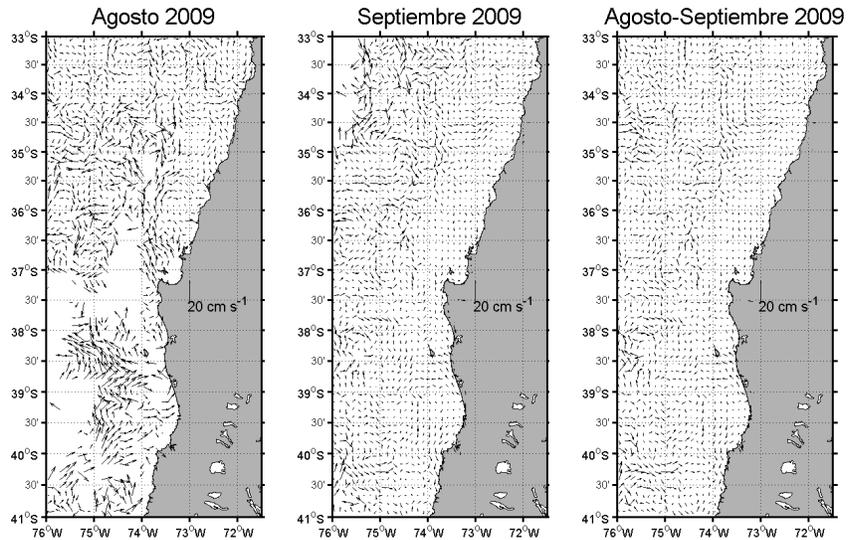


Figura 31. Campo de velocidades advectivas para los meses de agosto y septiembre de 2009 y el promedio de estos.

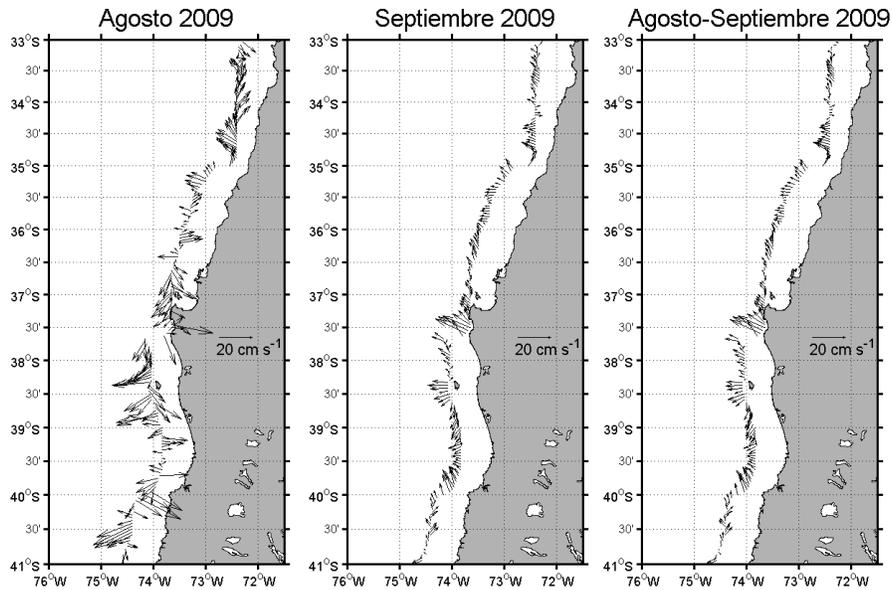


Figura 32. Promedio zonal de corrientes de la banda costera de 27 mn de velocidades advectivas para los meses de agosto y septiembre de 2009 y el promedio de estos.

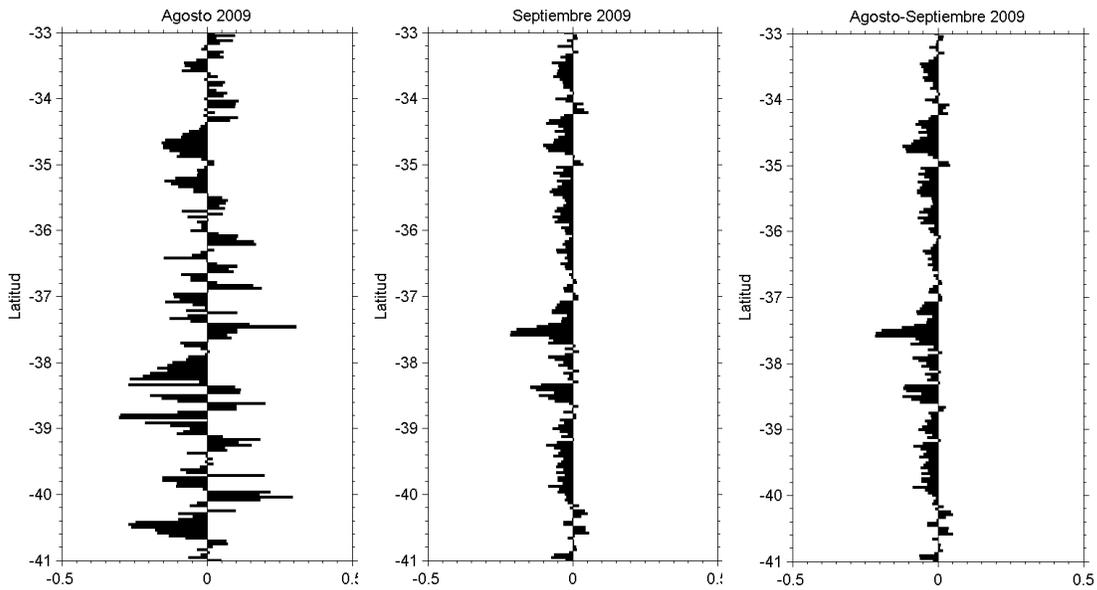


Figura 33. Transporte zonal (este-oeste en SV) de la banda costera de 27 mn para los meses de agosto y septiembre de 2009 y el promedio de estos.

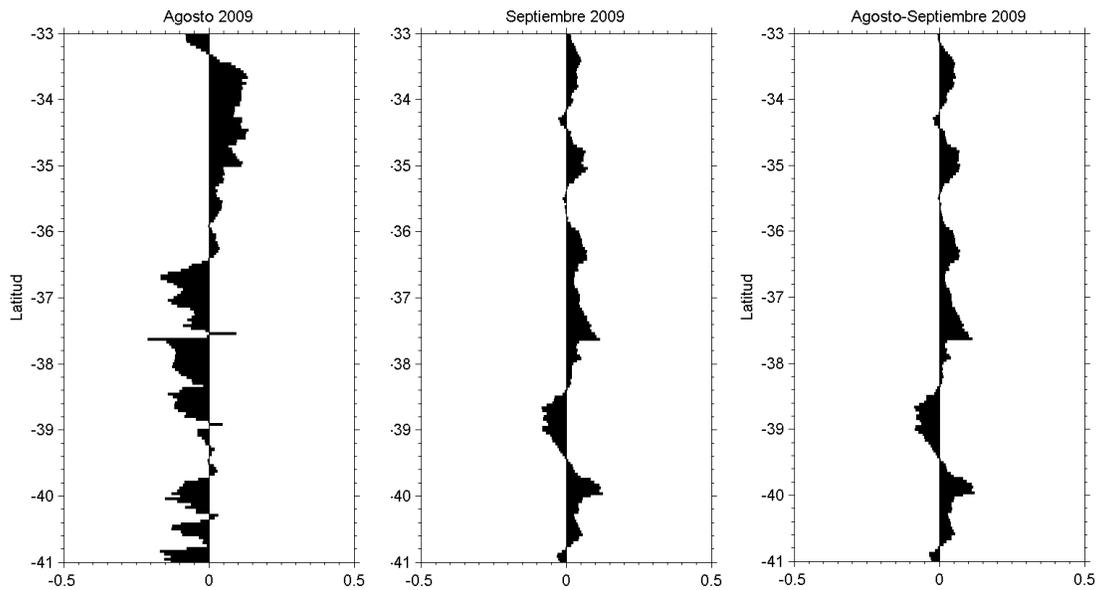


Figura 34. Transporte meridional (norte-sur en SV) de la banda costera de 27 mn para los meses de agosto y septiembre de 2009 y el promedio de estos.

d) Ambiente-recurso

Con el fin de determinar algunas preferencias ambientales de los desoves de sardina común y anchoveta, se analizó la distribución de la densidad de huevos para cada uno de los recursos respecto de la temperatura, latitud, longitud y batimetría, a las cuales se les ajustó una función gaussiana para determinar los parámetros de la distribución.

En el caso de la sardina común, se observó que la mayor densidad de huevos se encontró preferentemente asociada a temperaturas superficiales en torno a los $11,96 \pm 0,19$ °C, asociados a la zona media de la plataforma continental que corresponde a un optimum situado en los $73,6 \pm 0,1$ °W, con una distribución preferente en batimetrías centradas en los $49,6 \pm 15,8$ m. En relación a su distribución latitudinal, los desoves de sardina común estuvieron centrados en los $38,6 \pm 0,3$ °S (**Figura 35**).

Los resultados obtenidos para la anchoveta se presentan en la **Figura 36**, observándose un escenario bastante similar a lo propuesto para sardina común. En el caso de la asociación con la temperatura superficial del mar, los registros de huevos de anchoveta fueron máximos en torno a los $11,98 \pm 0,10$ °C. En cuanto a su distribución zonal, esta estuvo centrada en los $73,6 \pm 0,13$ °W y asociada a batimetrías óptimas de $48,65 \pm 12,39$ metros. Finalmente, la distribución meridional de los desoves de anchoveta estuvo centrada en los $38,64 \pm 0,25$ °S, sin embargo presentó dos máximos secundarios, el primero ubicado en los 37°S y el otro en torno a los 39,5°S. Ambos alcanzando por sobre el 10% de la densidad de huevos de anchoveta.

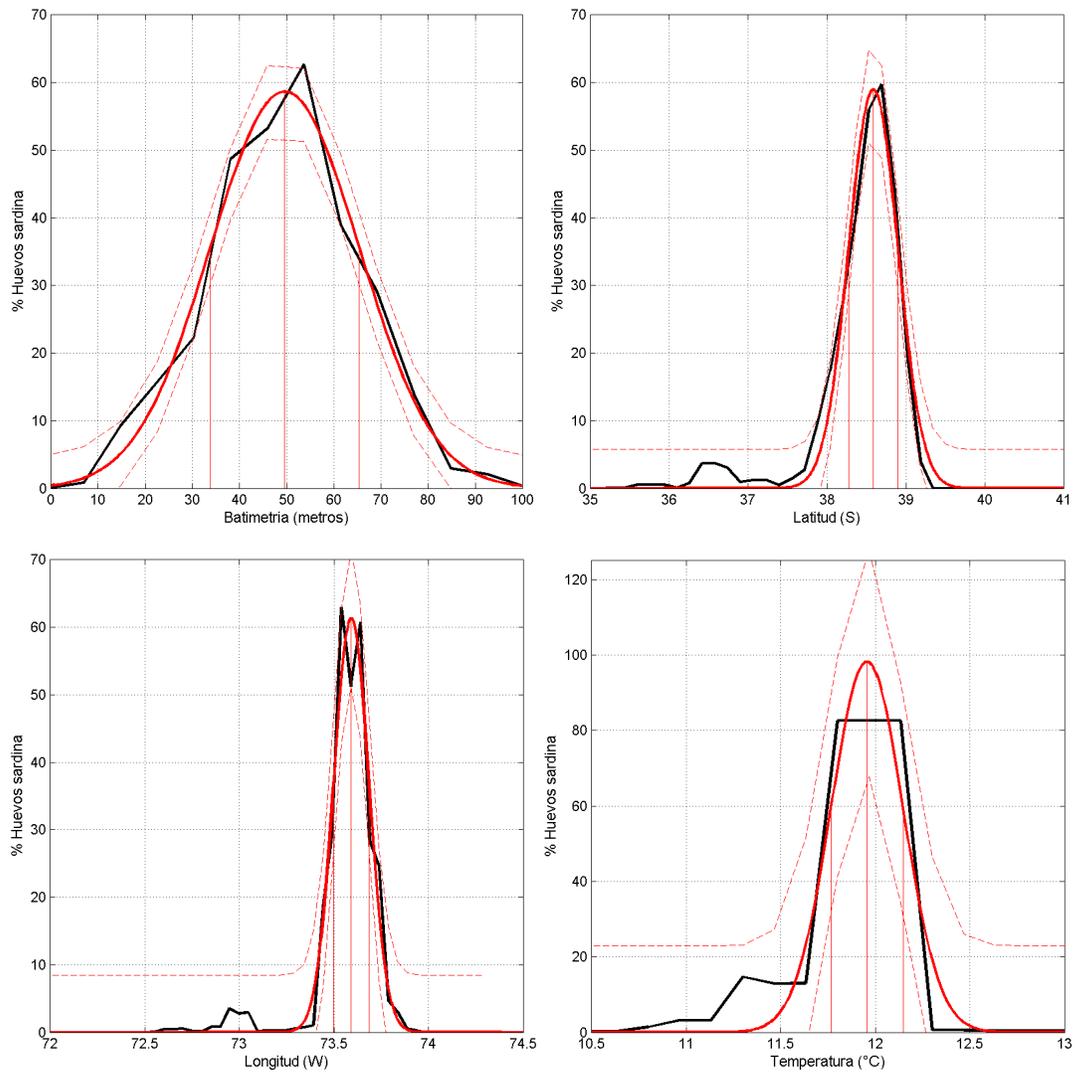


Figura 35. Rangos ambientales para la densidad de huevos de sardina común en el área de estudio. Línea roja sólida representa el ajuste de una función Gaussiana, líneas rojas verticales indican el promedio y la desviación estándar, líneas punteadas indican el intervalo de confianza del 99,5%.

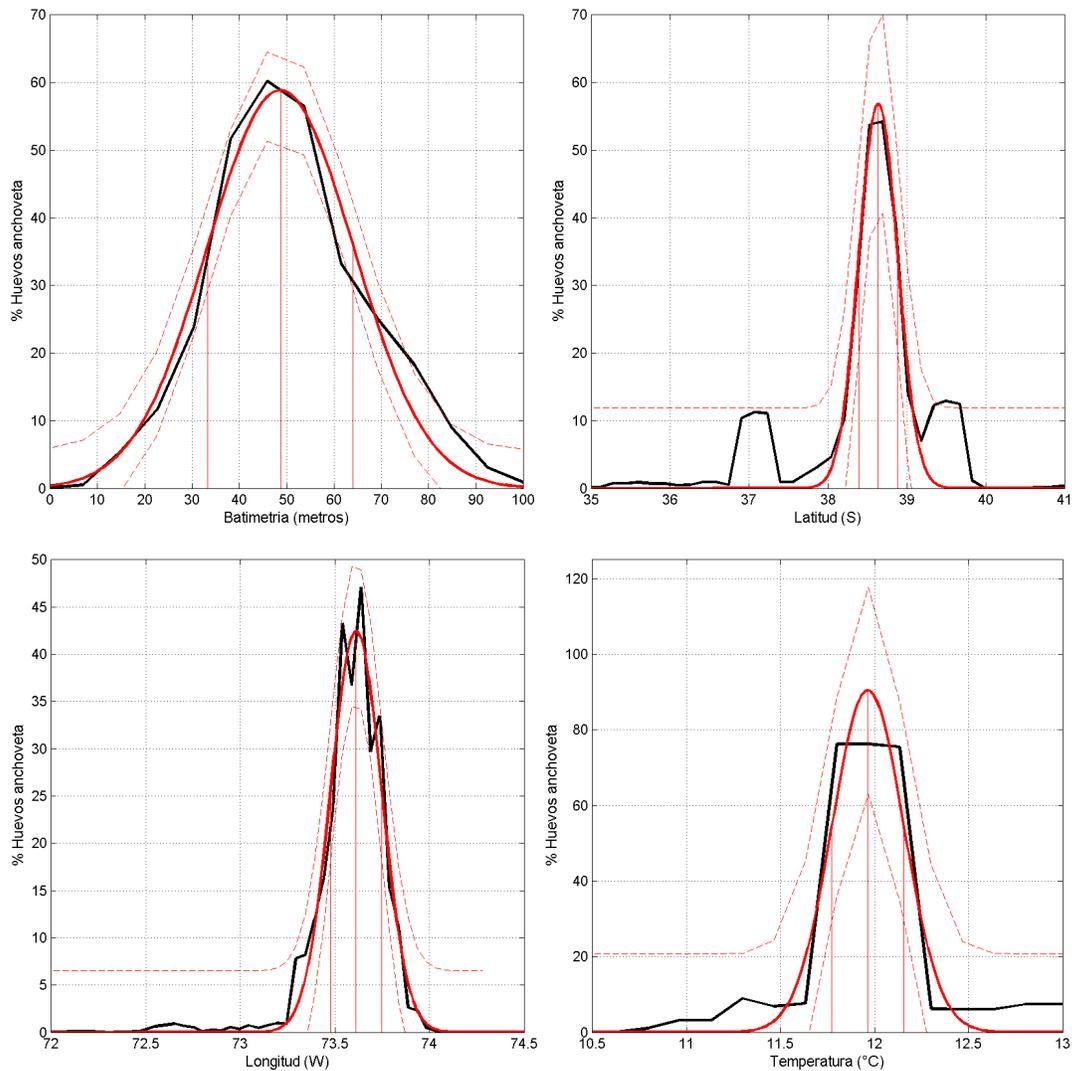


Figura 36. Rangos ambientales para la densidad de huevos de anchoveta en el área de estudio. Línea roja sólida representa el ajuste de una función Gaussiana, líneas rojas verticales indican el promedio y la desviación estándar, líneas punteadas indican el intervalo de confianza del 99,5%.

1.12.3. Dependencia espacial

a) Densidad de huevos

El análisis espacial de la densidad de huevos de anchoveta y sardina común 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 (**Figuras 37, 38**). Los resultados del análisis espacial de la temperatura y profundidad se resumen en la **Tabla 16**.

Tabla 16. 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	2009	Centro	164	s(x,y, k=55)	0.506	58.3
		Sur	203	s(x,y, k=68)	0.401	52.2
Profundidad	2002-2007	Centro	937	s(x,y, k=312)	0.727	77.3
		Sur	844	s(x,y, k=281)	0.87	90.1

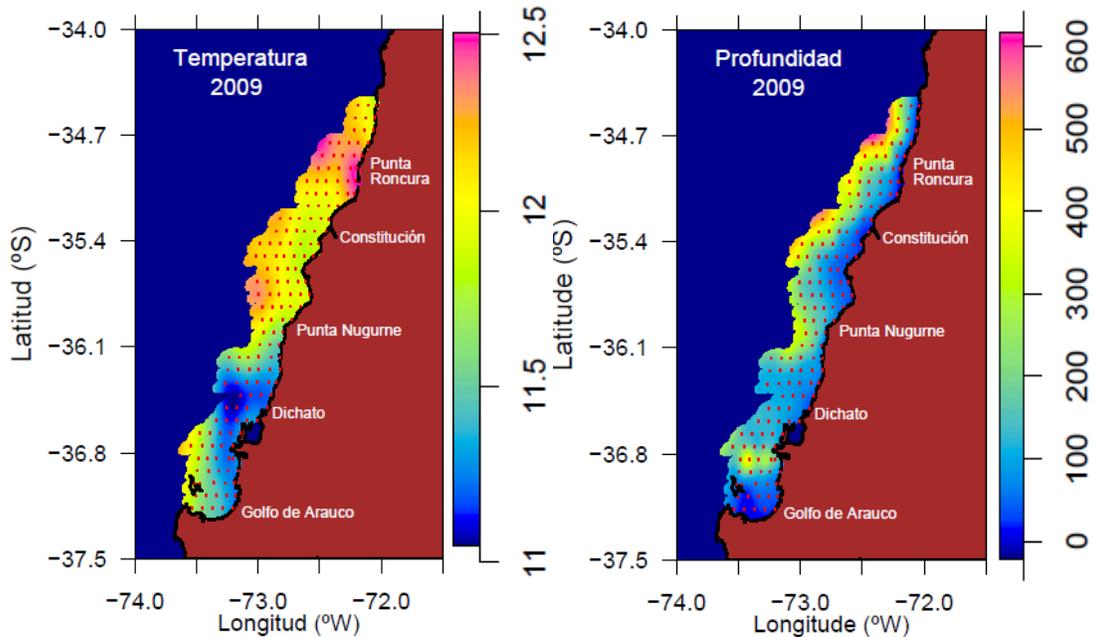


Figura 37. Temperatura superficial y profundidad de fondo en la zona centro del área de estudio 2009.

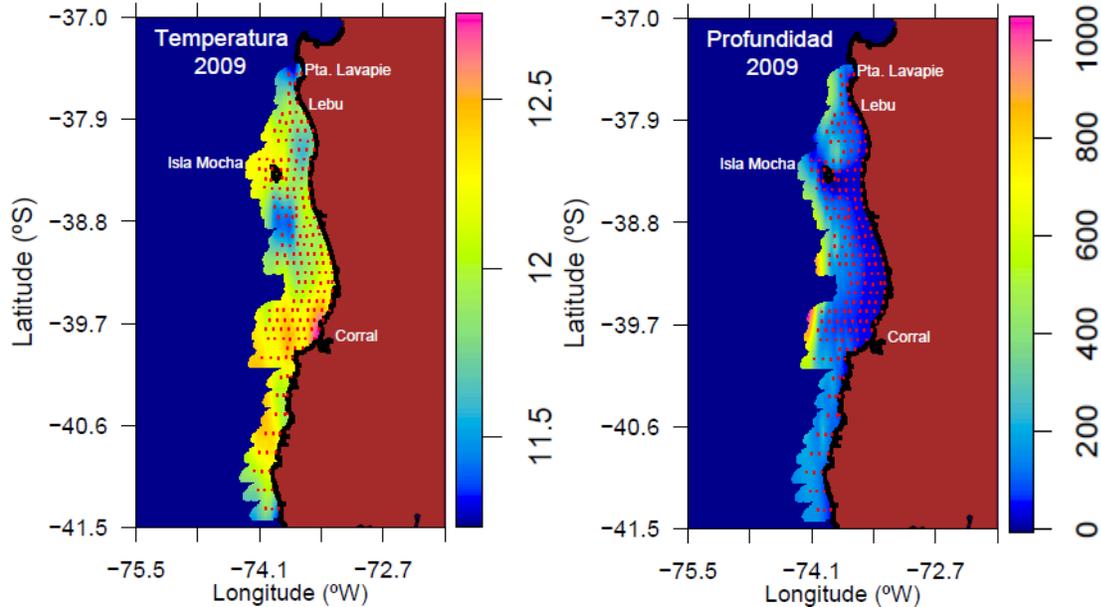


Figura 38. Temperatura superficial y profundidad de fondo en la zona sur del área de estudio 2009.

Los modelos utilizados para relacionar la densidad total de huevos de anchoveta y sardina común se resumen en la **Tabla 23**. Se observa que el proceso isotrópico dependiente conjuntamente de la interacción latitud-longitud logró por lo general la más baja devianza explicada en el caso de la sardina común. Solo en el caso de la anchoveta, el modelo que incluye la temperatura y la profundidad de fondo, la devianza explicada mejoró notablemente así como el puntaje de la validación cruzada general (GCV). De este modo en el sector sur, tanto la temperatura como la profundidad de fondo explicaron la densidad de huevos en el área de desove de anchoveta, mientras que en la sardina común solo la localidad (**Figura 40, 41**).

Figura 39. 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 2009. 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		s(x,y, k=20)	0.611	81.1	3.9754
			s(x,y,k=20)+s(TSM,k=20)	0.92	89.6	2.64
			s(x,y,k=20)+s(Depth,k=20)	0.992	94.4	1.2433
			s(x,y,k=20)+s(TSM,k=20)+s(Depth,k=20)	0.996	96.9	0.8113
	Sur		s(x,y, k=25)	0.414	67	20.973
			s(x,y,k=25)+s(TSM,k=25)	0.777	82.2	13.946
		s(x,y,k=25)+s(Depth,k=25)	0.757	84.1	10.986	
		s(x,y,k=25)+s(TSM,k=25)+s(Depth,k=25)	0.943	93.3	6.3485	
Sardina	Centro		s(x,y, k=10)	0.491	60.8	1.6731
			s(x,y,k=10)+s(TSM,k=10)	0.626	68.9	1.4472
			s(x,y,k=10)+s(Depth,k=10)	0.576	68.3	1.4036
			s(x,y,k=10)+s(TSM,k=10)+s(Depth,k=10)	0.775	78.2	1.0454
	Sur		s(x,y, k=7)	0.531	72.2	18.973
			s(x,y, k=7)+ s(TSM, k=7)	0.586	74.9	18.158
			s(x,y, k=7)+ s(Depth, k=7)	0.712	84.8	11.021
			s(x,y, k=7)+ s(TSM, k=7)+ s(Depth, k=7)	0.77	86.2	10.61

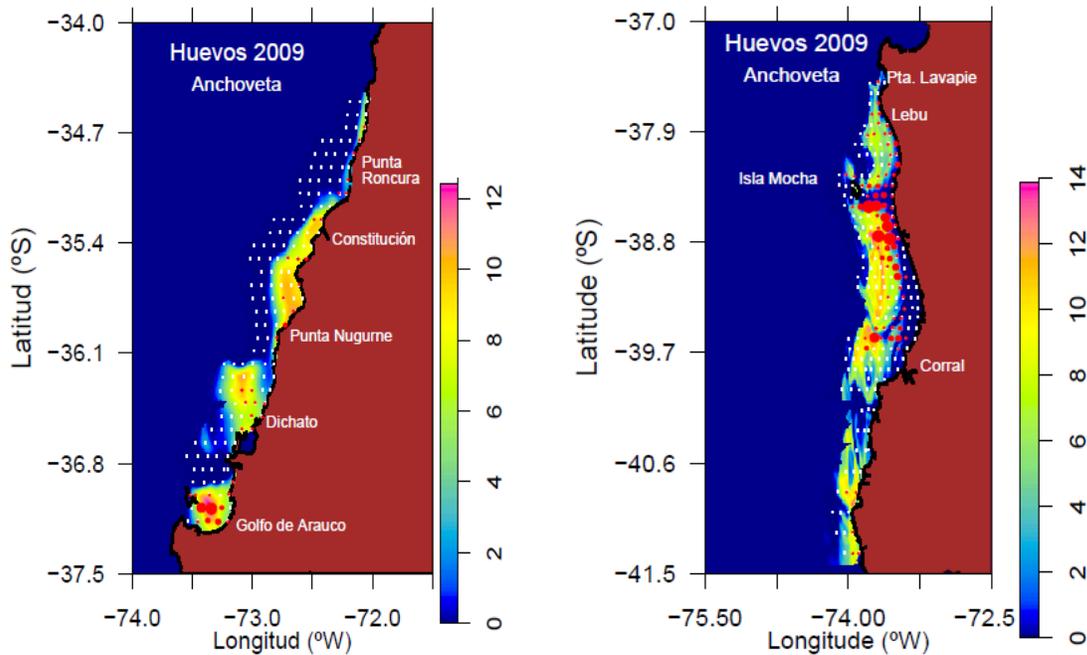


Figura 40. Predicciones de la densidad de huevos de anchoveta con los modelos GAM seleccionados en la zona sur, año 2009. La escala corresponde al logaritmo de la densidad, y se ha superpuesto una escala relativa de la densidad observada (puntos rojos) y las estaciones negativas (cruces).

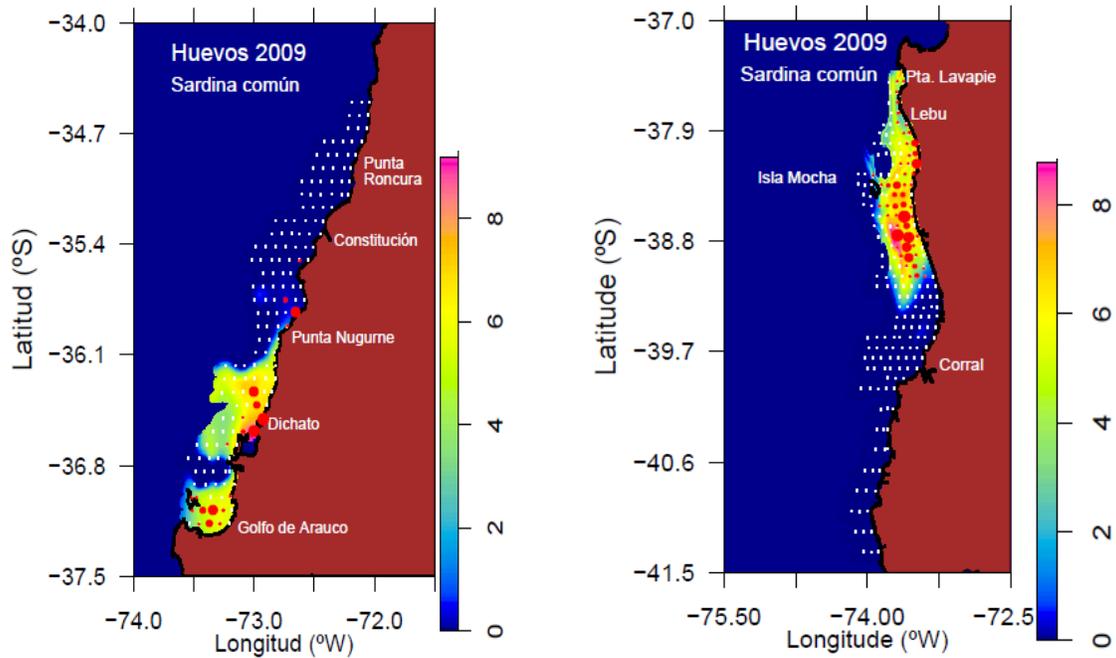


Figura 41. Predicciones de la densidad de huevos de sardina común con los modelos GAM seleccionados en la zona sur, año 2009. La escala corresponde al logaritmo de la densidad, y se ha superpuesto una escala relativa de la densidad observada (puntos rojos) y las estaciones negativas (cruces).

b) 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 17**.

En general, se encuentra que los mejores modelos para la producción diaria de huevos de anchoveta y sardina común incluyen la temperatura superficial del mar y la profundidad de fondo (**Tabla 17**), lográndose una mejor predicción y explicación de la distribución espacial de la producción de huevos de sardina común (**Figuras 42, 43**).

Tabla 17. 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 2009 en el sector sur. 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	571	s(x,y, k=12)	0.122	51	2.8337
		571	s(x,y,k=12)+s(TSM,k=12)	0.378	66.7	1.9723
		571	s(x,y,k=12)+s(Depth,k=12)	0.811	83.9	0.9603
		571	s(x,y,k=12)+s(TSM,k=12)+s(Depth,k=12)	0.819	85.1	0.9038
	Sur	683	s(x,y, k=7)	0.202	38.8	10.096
		683	s(x,y,k=7)+s(TSM,k=7)	0.292	49.7	8.446
		683	s(x,y,k=7)+s(Depth,k=7)	0.549	74.2	4.554
		683	s(x,y,k=7)+s(TSM,k=7)+s(Depth,k=7)	0.431	65.6	5.8662
Sardina	Centro	423	s(x,y, k=10)	0.312	48.6	1.004
		423	s(x,y,k=10)+s(TSM,k=10)	0.427	55.6	0.8954
		423	s(x,y,k=10)+s(Depth,k=10)	0.346	54.8	0.8921
		423	s(x,y,k=10)+s(TSM,k=10)+s(Depth,k=10)	0.49	63.7	0.7408
	Sur	505	s(x,y, k=7)	0.273	59.7	11.568
		505	s(x,y, k=7)+ s(TSM, k=7)	0.315	62.4	11.032
		505	s(x,y, k=7)+ s(Depth, k=7)	0.349	69.3	9.0115
		505	s(x,y, k=7)+ s(TSM, k=7)+ s(Depth, k=7)	0.391	71.1	8.6634

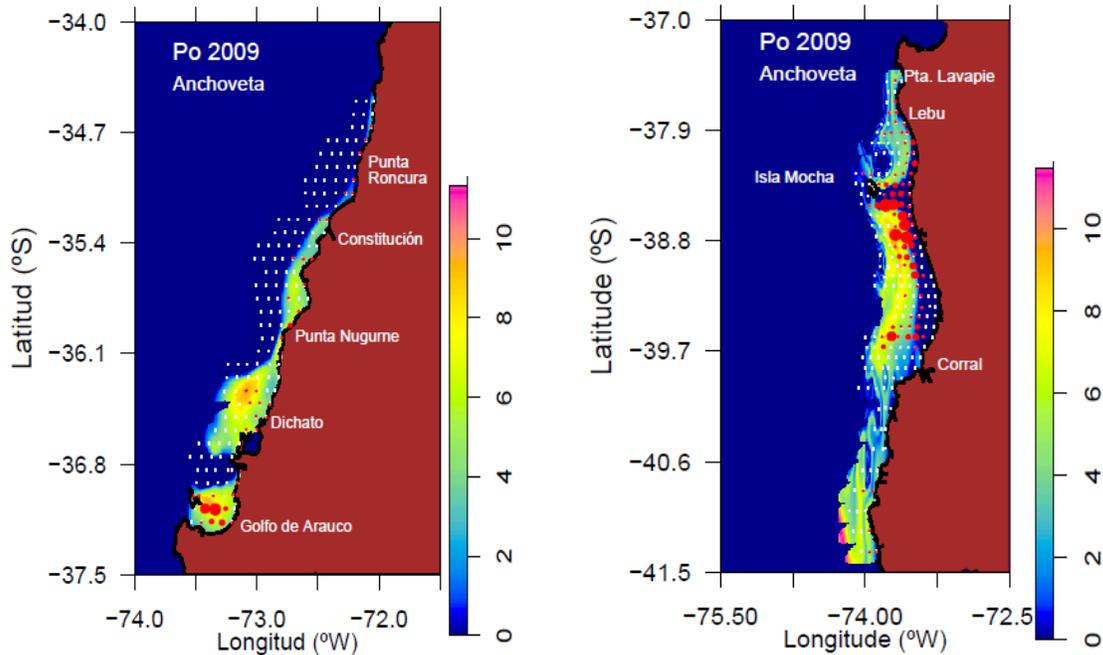


Figura 42. Predicciones de la producción diaria de huevos de anchoveta con los modelos GAM seleccionados, año 2009. La escala corresponde al logaritmo de las estimaciones, y se ha superpuesto una escala relativa de la densidad observada (puntos rojos) y las estaciones negativas (cruces).

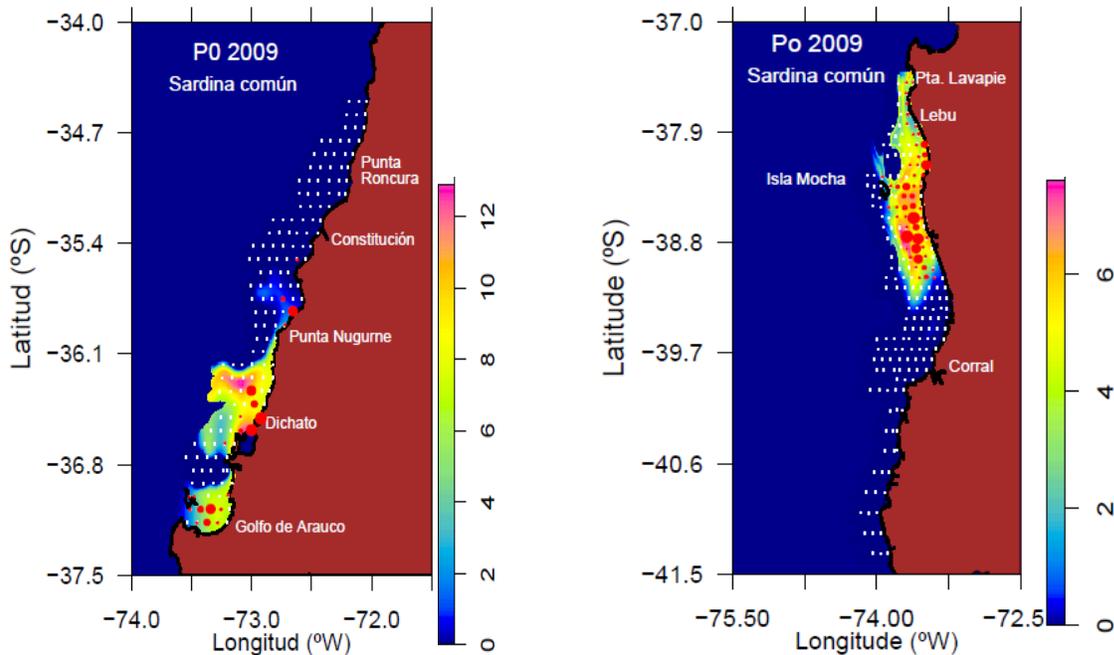


Figura 43. Predicciones de la producción diaria de huevos de sardina común con los modelos GAM seleccionados, año 2009. La escala corresponde al logaritmo de las estimaciones, y se ha superpuesto una escala relativa de la densidad observada (puntos rojos) y las estaciones negativas (cruces).

1.13. Taller de discusión de resultados

El Taller de Discusión de Resultados del Proyecto FIP 2009-08, se realizó el día 17 de mayo de 2010 en la Sala Minera Escondida del Edificio El Biólogo Marino, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción. El Taller tuvo por objetivo presentar 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 2009.

Programa de Trabajo

El Taller se desarrolló sobre la base de tres presentaciones, a saber:

15:00 – 16:00 hrs: El método de la producción diaria de huevos aplicado en sardina común y anchoveta, año 2009. *Luis Cubillos*, Jefe de Proyecto.

16:00 – 16:30 hrs: Café

16:30 – 17:00 hrs: Condiciones ambientales y la distribución de huevos de anchoveta y sardina común, año 2009. *Leonardo Castro*.

17:00 – 17:15 hrs: Biomasa desovante de anchoveta y sardina común, año 2009. *Luis Cubillos*.

17:15 – 18:00 hrs: Discusión ampliada.

Recomendaciones del Taller

a) Sobre la situación del recurso:

Se discutió sobre la situación de ambos recursos, y en particular la situación de sardina común. Se establece que el B/I Abate Molina evaluó acústicamente la abundancia de sardina común históricamente más alta en enero de 2010, y constituida principalmente por ejemplares reclutas no habiéndose detectado ejemplares adultos. ¿cómo se explica tan alta abundancia de reclutas, si la producción de huevos no fue tan alta y el stock desovante pudo ser del orden de las 250-350 mil toneladas?

Se argumentó que no existe una proyección directa entre la producción de huevos y el reclutamiento ya que no solo ocurren procesos de mortalidad denso-independientes sino también denso-dependientes. Lo correcto, sin embargo, es establecer la biomasa desovante sobre la base de la magnitud de la producción de huevos y de los parámetros reproductivos. Esto es el supuesto principal del método de la producción diaria de huevos.

Asimismo, en enero de 2010 se evaluó una muy baja biomasa de anchoveta. Es probable que dentro del año ocurran cambios espaciales importantes en la disponibilidad de ambos recursos, que puede afectar la vulnerabilidad a la pesca o a la detección acústica. Si se considera que la principal área de desove, recurrente y persistente, se localiza en la zona sur, y se acepta la hipótesis de que los peces adultos migran a la misma zona para desovar (“Homing Behavior”), entonces es factible que el stock adulto se haya refugiado en el sur, frente a las costas de la IX Región.

Por otra parte, en el crucero de evaluación acústica de enero de 2009, se evaluó una biomasa adulta cercana a las 264 mil toneladas de sardina común, y aproximadamente 42 mil toneladas de anchoveta entre la IX y XIV Regiones. En el caso de la sardina común, dicha evaluación es bastante consistente con la magnitud del stock desovante. Se destaca que el método acústico calcula la biomasa adulta como la fracción mayor a la talla media de primera madurez, mientras que el MPDH evalúa la biomasa que estaba desovando por día.

Para conocer la situación del recurso es necesario integrar las evaluaciones acústicas y la biomasa desovante en un modelo de dinámica que permita evaluar el estado de situación del recurso.

b) Sobre la estimación de la producción de huevos:

La biomasa desovante del 2009 se sustentó en la producción diaria de huevos de la zona sur. ¿Cómo se integra el área de desove de la zona centro, considerando que en la década de los años 80 y 90 se consideraba que la Bahía de Concepción y el Golfo de Arauco se citaba como las principales zonas de desove de estas especies?

Se podría establecer una conjetura que puede ser consecuencia de la intensa actividad pesquera que ocurre durante el primer semestre sobre ejemplares juveniles. En este contexto, la sardina y anchoveta podrían estar dejando de usar la zona centro como área de desove principal. La zona de desove que se ha presentado persistentemente entre el sur de la Isla Mocha y Corral puede ser un área principal para el stock. Sin embargo, no estamos seguros si es la que contribuye con los reclutas para la zona centro, después de 4 meses del desove. Aparentemente podría existir una conectividad, pero el reclutamiento en la zona centro ocurre de norte a sur. Habría que buscar los mecanismos que permiten que tal conectividad ocurra en terminos de retención de juveniles prerreclutas y reclutas.

Participantes

1. Claudio Castillo-Jordán, EPOMAR, UdeC.
2. Carolina Alarcón M., EPOMAR, UdeC.
3. Milton Pedraza G., EPOMAR, UdeC.
4. María J. Zuñiga B., EPOMAR, UdeC.
5. Hernán Rebolledo F., GEAM.
6. Marcos Arteaga, INPESCA
7. Patricia Ruiz O., INPESCA.
8. Sergio Núñez E., INPESCA.
9. Rubén Alarcón M., INPESCA.
10. Pamela Barrientos, LOPEL, UdeC.
11. Alejandro Yáñez, LOPEL, UdeC.
12. Samuel Soto, LOPEL, UdeC.
13. Leonardo Castro, LOPEL, UdeC.
14. José Acevedo, SUBPESCA.

6. Análisis de resultados

La vigilancia reproductiva de las hembras cumplió con su objetivo, ya que permitió tomar la decisión de realizar el crucero de huevos a partir del 01 de septiembre. En efecto, al 15 de agosto el IGS y la proporción de hembras maduras se incrementaron significativamente, esperándose que durante septiembre ocurriera el pico reproductivo. Los estados de madurez sexual microscópicos determinados en las hembras colectadas en el crucero de adultos sugieren que el crucero se realizó dentro del pico reproductivo de ambas especies.

Respecto de la estructura de tamaños de sardina y anchoveta, se observa que en septiembre de 2009 hubo un importante aporte de ejemplares bajo la talla media de madurez sexual. En el año 2008, el crucero no fue exitoso en la zona centro ya que hubo una muy baja disponibilidad y accesibilidad de ambos recursos. Según la experiencia de los pescadores, el recurso estuvo presente en zonas protegidas al interior de la primera milla náutica. En consecuencia, la baja disponibilidad de ambas especies en la zona centro limitó estimar los parámetros reproductivos, y de aquí la evaluación del stock desovante. Si hubo muestras en la zona sur, pero esta presentó una gran presencia de individuos de pequeño tamaño, menores a la talla de madurez. En cambio este año, se pudo observar una mayor disponibilidad, y una estructura de tamaños completa en comparación con el año 2008. Los lances cubrieron una amplia área geográfica entre Constitución y Corral, aunque dentro de las primeras 5 millas náuticas de la costa.

Respecto de la ejecución del crucero de huevos, en la zona centro el número de estaciones positivas se incrementó significativamente respecto del año anterior, y la distribución de la abundancia ocurrió en zonas características y protegidas, tal como el Golfo de Arauco, norte de Bahía Concepción, y al sur de la desembocadura del río Itata. Si bien es cierto, se observó una recuperación de la abundancia de huevos en la zona centro, la magnitud es baja comparada con el desove ocurrido en el 2002 y 2003. Asimismo, tanto la incidencia de estaciones positivas como la abundancia de huevos presentan una leve tendencia decreciente desde el 2007 en la zona sur en ambas especies. En el 2009, el desove de sardina común estuvo restringido al sector comprendido entre Lebu y 39°10'S, mientras que el desove de la anchoveta se extendió con baja abundancia hasta el extremo sur del área de estudio. Como en años previos, en su mayoría las estaciones positivas han quedado delimitadas por la extensión occidental de las transectas. Este resultado

permitirá evaluar el área de desove con mayor certidumbre, ya que no hubo núcleos que fueron cortados en los límites occidentales del área de estudio.

La actividad del viento sugiere que el crucero se realizó prácticamente en condiciones de eventos de surgencia moderada que ocurrieron durante septiembre. En agosto, en cambio, vientos del norte moderados dominaron en el área de estudio. La temperatura superficial observada *in situ* evidencia un gradiente con temperaturas más altas en la región norte, y más frías hacia el sur.

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, 2008 y 2009.

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.

La producción diaria de huevos (P_0), estimada según dos procedimientos de datación (Lo y multinomial), revela las mismas tendencias en el caso de la anchoveta. Esto es, una disminución de la producción diaria en el sector centro desde el año 2005 y una tendencia alcista en la producción de huevos en el sector sur, la que se interrumpe en el 2008 y con la más baja producción diaria de huevos el 2009 (**Figura 44**). 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 vuelve a declinar el 2008 y drásticamente el 2009 (**Figura 44**).

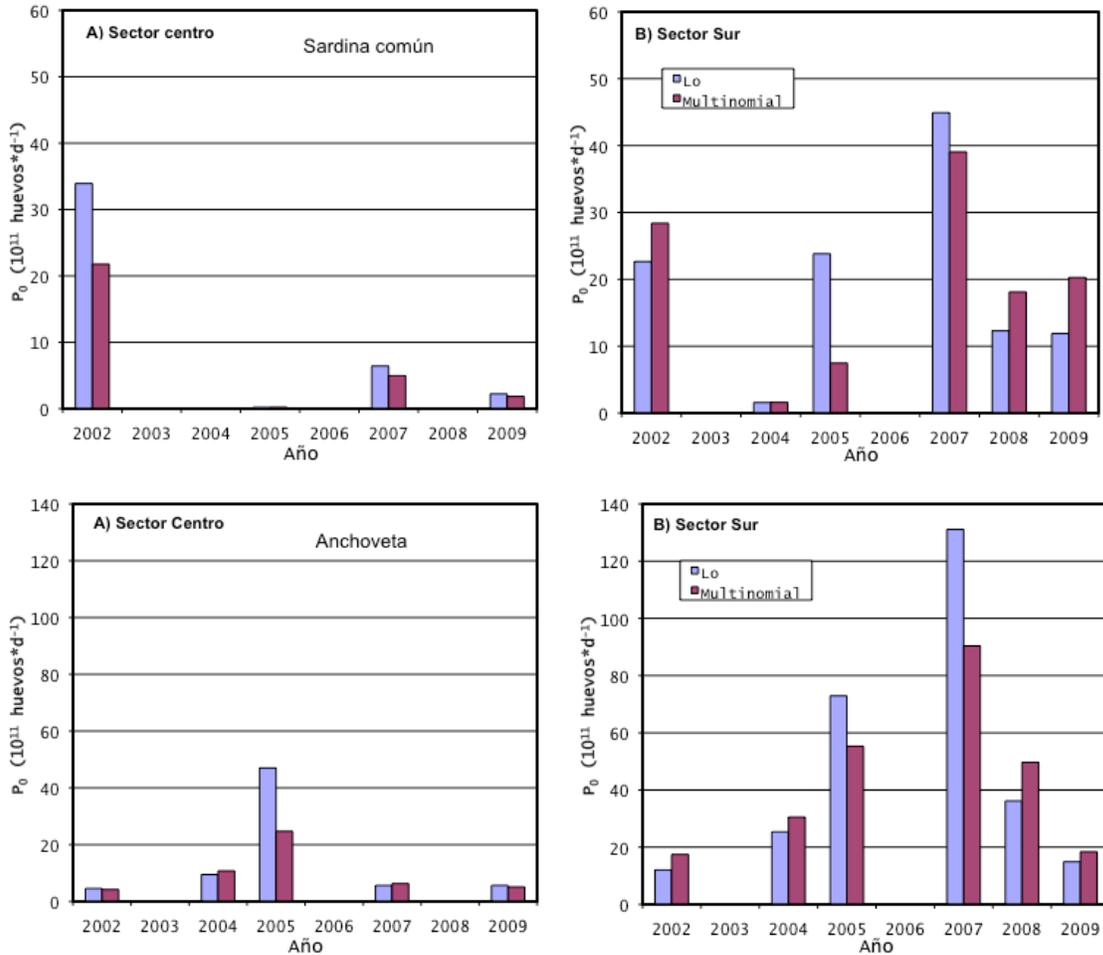


Figura 44. Comparación de la producción diaria de huevos en el área de estudio, según dos métodos de estimación entre 2002 y 2009.

Al considerar la evaluación de la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común, se observa que la evaluación 2009 de anchoveta es una de las más baja, mientras que la biomasa desovante de sardina común presenta una tendencia crecientes desde el 2007 al 2009. Se observa que la mayor biomasa desovante de sardina común fue estimada en el 2002, y la más baja en el 2004. En el caso de la anchoveta, la mayor biomasa desovante fue estimada en el 2005 y 2008.

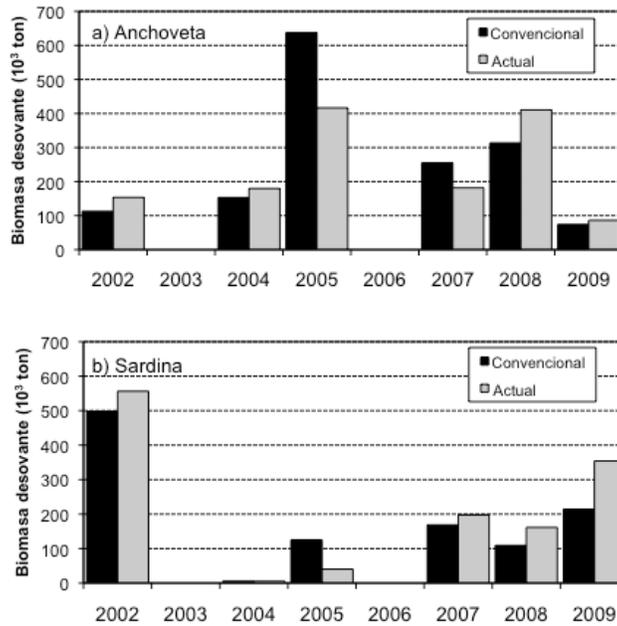


Figura 45. Comparación del stock desovante de anchoveta y sardina común mediante el MPDH, según dos métodos de datación de huevos: convencional (procedimiento de Lo) y actual (procedimiento multinomial).

De acuerdo a lo reportado por IFOP (Canales *et al.* 2009, Leal *et al.* 2009) las estimaciones de biomasa desovante siguen la tendencia encontrada en los proyectos de evaluación del stock desovante (**Figura 46**), incluyendo la estimación reportada en este informe, lo cual hace que el método vaya siendo robusto a través del tiempo. Si consideramos que estas estimaciones apuntan a constituir un calibrador de la evaluación indirecta para la estimación del stock desovante, es necesario continuar con el estudio, ya que series de tiempo de mayor longitud permitirán su utilización en futuras evaluaciones. Por ahora, se recomienda su utilización como un calibrador secundario a la serie acústica existente y como un índice relativo más que absoluto.

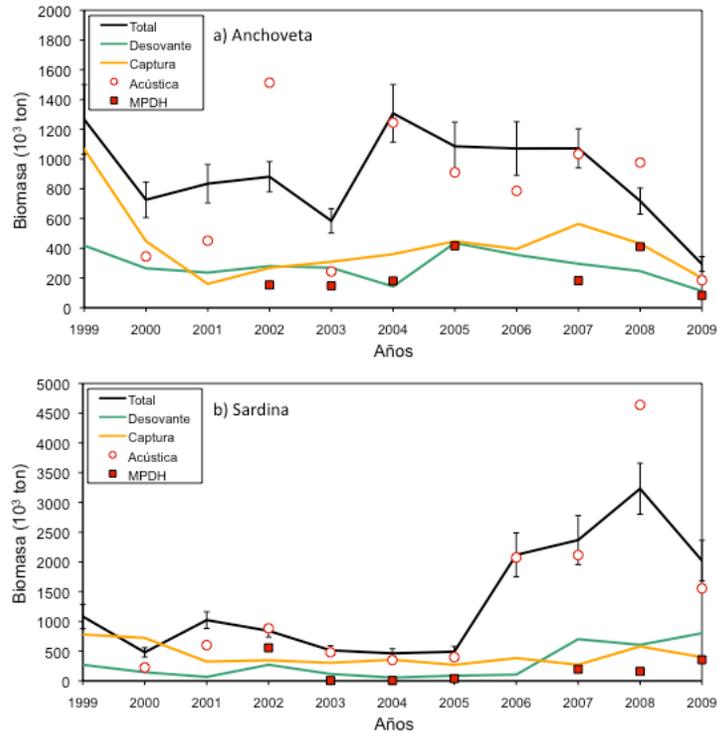


Figura 46. Comparación de las distintas estimaciones de biomasa: total (línea negra, incluye barra desviación estándar), acústica (círculos rojos), desovante modelada (línea verde), desovante MPDH (cuadrados rojos) y capturas (línea amarilla) de anchoqueta (a) y sardina común (b).

En el taller de análisis de resultados, se argumentó que no existe una proyección directa entre la producción de huevos y el reclutamiento, debido a que no solo ocurren procesos de mortalidad denso-independientes sino también denso-dependientes, ya que se debe establecer la biomasa desovante sobre la base de la magnitud de la producción de huevos y de los parámetros reproductivos.

Como se indicó en el taller, en enero de 2010 se evaluó una muy baja biomasa de anchoqueta. Encontrándonos a la fecha con cambios espaciales importantes en la disponibilidad de ambos recursos, que están afectando a la pesca al período de entrega del presente informe. De acuerdo a lo reportado por Castro *et al.* (1997) y confirmado posteriormente por Castillo-Jordán *et al.* (2007) se considera que la principal área de desove, recurrente y persistente, se localiza en la zona sur, y supondríamos que se acepta la hipótesis de que los peces adultos migran a la misma zona para desovar (“Homing Behavior”), siendo la zona de la IX región un refugio para la población adulta.

7. Conclusiones

- a) El mayor área de desove de sardina común y anchoveta ocurrió en la zona sur con 4922 y 7450 km², respectivamente.
- b) La producción diaria de huevos por estrato geográfico, indica una mayor producción de huevos de anchoveta y sardina en la zona de desove del sector sur con 81 y 89 huevos/m²/día, respectivamente. En la zona centro, hubo una recuperación respecto del 2008 y se expresó en una producción diaria de huevos de 38,4 y 13,8 huevos/ m²/día para anchoveta y sardina común, respectivamente. En la zona sur, la producción diaria de huevos en el 2009 fue la más baja desde que comenzó este tipo de estudios.
- c) Los parámetros reproductivos de los adultos están dentro del rango de los valores que han sido estimados para ambas especies, destacando la baja fracción diaria de hembras desovantes en el sector sur.
- d) El estimado estratificado más preciso de biomasa desovante fue de 85252 toneladas de anchoveta y de 356034 toneladas de sardina común. La biomasa desovante de anchoveta fue una de las más bajas, mientras que la biomasa de sardina común revela una tendencia creciente desde el 2007 al 2009.

8. Referencias

- Alday, A., Uriarte, A., Santos, M., Martín, I., Martínez de Murguía, A., Motos, L. 2008. Degeneration of postovulatory follicles of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). *Scientia Marina* 72(3), 565-575.
- 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.
- Arcos, D.F., Navarro, N., 1986. Análisis de un índice de surgencia para la zona de Talcahuano, Chile (Lat. 37° S). *Invest. Pesq. (Chile)*, 33:91-98.
- 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. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones. FIP 2003-06, Fondo de Investigación Pesquera.
- 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.
- Canales, C. y Leal, E. 2009. Investigación del estatus y evaluación de estrategias de explotación sustentables en anchoveta centro sur, 2010. Informe Consolidado, Octubre 2009. 36 pp+ Anexos. Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile.
- 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., Baribieri, 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 comun. 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.
- Emery, W. J., A. C. Thomas, M. J. Collins, W. R. Crawford & D. L. Mackas, 1986, An Objective Method for Computing Advective Surface Velocities from Sequential Infrared Satellite Images, Journal of Geophysical Research., 91, C11, 12,865-12,878, Nov.15.
- 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.
- Ganias, K. 2008. Ephemeral spawning aggregations in the Mediterranean sardine, *Sardina pilchardus*: a comparison with other multiple-spawning clupeoids. Mar Biol (2008) 155:293–301
- Garcia, C. A. E., and I. S. Robinson, 1989, Sea Surface Velocities in Shallow Seas Extracted from Sequential Coastal Zone Color Scanner Satellite Data, J. Geophysical Res., 94, C9, 12,681–12,691, Sep.15.
- 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.
- Leal, E. y Canales, C. 2009. Investigación del estatus y evaluación de estrategias de explotación sustentables en sardina común centro sur, 2010. Informe Consolidado, Octubre 2009. 51 pp+ Anexos. Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile.

- Lo, N. C. H. 1985. A model for temperature-dependent northern anchovy egg development. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 43-50.
- Lo, N.C.H, J.R. Hunter y R. Carter. 2001. Use of a continuous egg sampler for ichthyoplankton surveys: application to the estimation of daily egg production of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) off California. Fish. Bull. 99: 554-571.
- 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, Coterio-Altamirano CE, Hunter JR (1996) Adult reproductive parameters of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) during 1994. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports 37: 140-151
- Marcotte, D. 1991. Cokriging with MATLAB. Computers & Geosciences. 17(9): 1265-1280.
- 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 Viscaya, *Engraulis encrasicolus*, a partir de su producción de huevos. Bases metodológicas y aplicación. PhD Thesis, Leioa, Spain.
- Navarro, E., Schneider, W. and Letelier, J. 2004. Estimation of onshore-offshore transport off central Chile by means of Maximum Cross-Correlation using satellite derived SST. Gayana : 68 (2): 427-431.
- Navarro, Eduardo, Schneider, Wolfgang y Letelier, Jaime. 2006. Estimación de transporte costa-oceano frente a Chile centro-sur por medio del Método de Máxima Correlación Cruzada Sobre Imágenes SST. XVII Congreso de Ciencias del Mar. Iquique, Chile.
- Marcotte, D. 1991. Cokriging with MATLAB. Computers & Geosciences. 17(9): 1265-1280.
- Oliva, J., Montenegro, C., Braun, M., Rojas, O., Díaz, E., Catasti, V., Reyes, H., Barria, 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.
- Petitgas, P. 2001. Geostatistics in Fisheries Survey Design and Stock Assessment: Models, Variances and Applications. Fish and Fisheries, 2,231-249.
- 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.

9. Anexo 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:

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

y para el caso de la anchoveta:

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

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 usó 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 en la 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:

$$Y_{D,T,k} = Y_{D,T} + k - f$$

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:

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

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 se ajusta una curva de mortalidad 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 del MPDH para el programa y lenguaje R. El procedimiento utiliza la misma información que el método tradicional, i.e.

- Información del crucero: la 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 y

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:

$$p(s | a, T)$$

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 un 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 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:

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

de esta manera se puede asignar 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).

10. Anexo 2: Delimitación del área de estudio y de desove

Idealmente, en estudios de inferencia que se basan en el diseño (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 sobreponen 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 siguió 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.

El conocer el área exacta representada por un punto de muestreo (o cualquier otro punto sobre el cual la predicción toma lugar) es muy importante ya que 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 el área exacta en forma tan precisa como sea posible 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 considera 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 funciones para *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 automática de modelos 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).

11. Anexo 3: Justificación tamaños 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, Ganius 2008). 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 el 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.

El tamaño de muestra (50 lances y 35 hembras por lance) se justificó 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):

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n},$$

donde:

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

y

$$V\hat{A}R(\bar{\bar{X}}) = (1 - f_1) \frac{S_1^2}{n} + f_1(1 - f_2) \frac{S_2^2}{nm}$$

donde:

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X}_i - \bar{\bar{X}})^2}{n - 1}$$

es el componente de varianza entre lances, y

$$S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n(m-1)}$$

es el componente de varianza intra-lances.

Además,

$$f_1 = \frac{n}{N},$$

donde N es el número total de estaciones, y

$$f_2 = \frac{m}{M}$$

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:

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

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:

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

donde:

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

y

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

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 A3.1**).

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 A3.1. 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).

N° 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

12. Anexo 4: Parámetros reproductivos de adultos

1.14. Fracción diaria de hembras desovantes

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

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

donde:

$$m_i = m_{h,i} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}$$

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, Ganius *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.

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

con varianza igual a:

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

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

1.15. Fecundidad parcial y fecundidad media poblacional

1.15.1. Fecundidad parcial

La actividad dirigida a recolectar hembras hidratadas no fue exitosa, y no se contó este particular estado de madurez ni de sardina común ni anchoveta. En parte, tal situación se debió a la situación del recurso que exhibió una estructura de tallas juvenil y a la baja disponibilidad de ambos recursos durante el crucero de adultos (ver resultados).

Con el objeto de utilizar un modelo de regresión entre la fecundidad parcial y el peso corporal, se utilizó los datos de años previos. Los parámetros del modelo de regresión lineal se estimaron sobre la base de todos los años previos (2002-2007), ya que no hubo antecedentes como para preferir algún año particular respecto de otros.

Los datos de fecundidad parcial de los años previos se basan en el recuento de ovocitos de ovarios hidratados utilizando el método gravimétrico (Hunter y Goldberg 1980, Hunter *et al.* 1985, Cubillos *et al.* 2007). En efecto, los ovocitos hidratados son aquellos que serán liberados en corto tiempo, y el número de éstos refleja la fecundidad parcial o la liberación de la tanda de huevos. El procedimiento de conteo de ovocitos consistió 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 fueron depositadas en una cápsula petri y cubiertas con gotas de glicerina (33 %). Se utilizó el número promedio de ovocitos hidratados de las tres submuestras, metodología descrita por Hunter *et al.* (1985), para estimar el número total de ovocitos hidratados del ovario (fecundidad parcial) según:

$$\bar{E}_i = \bar{n} \times \bar{W}_i$$

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 consideró el 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 heterocedasticidad, 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 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.

1.15.2. Fecundidad media poblacional

La fecundidad parcial de las hembras colectadas en cada lance se determinó sobre la base del modelo de regresión lineal del periodo 2002-2007, utilizando el peso corporal (peso del cuerpo de hembras sin gónada). La fecundidad media poblacional y su varianza se estimó siguiendo la metodología aplicada en el Método de Producción de Huevos, descrita por Hunter *et al.* (1985):

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

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:

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

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.

1.15.3. Proporción sexual y peso promedio de hembras maduras

1.15.4. Proporción sexual

La proporción en peso de las hembras se debe estimar 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 puede ser estimada por:

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

y su varianza por:

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

donde:

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

No obstante, en el crucero del 2008 hubo una alta incidencia de juveniles, virginales e inmaduros, lo que no permitió reconocer el sexo con certeza. En este caso, se asumió una relación de 1:1 y sin varianza. Se destaca que aunque se determinó el sexo con lupas, es preferible esta asunción ya que en estudios previos la proporción sexual no se desvía en forma importante de 1:1.

1.15.5. Peso promedio

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

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

y la varianza por

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

donde:

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

El peso observado se ajusta 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}) se estimó 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, i.e.

$$\hat{W}_{ij} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}W_{ij}^*$$

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, se aplicó 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. El factor de corrección que se utilizó fue calculado partir de una muestra de 30 machos y 30 hembras, las cuales se pesaron en fresco para

luego ser fijadas, con la misma solución y procedimiento utilizado a bordo, siendo vueltos a pesar a intervalos regulares. El factor de corrección para el peso y longitud fue calculado como la media del porcentaje de variación de las mediciones efectuadas después de 48 h y al mes después de la fijación.

13. Anexo 5: Dependencia espacial

1.16. Velocidades advectivas.

Para estimar el campo de velocidades advectivas superficiales, se implementó el método máximo de la correlación cruzada (Emery et al. 1986), el cual se basa en la identificación de máximos coeficientes de correlación-cruzada en una matriz de rezago entre dos subáreas de un par de imágenes satelitales secuenciales de temperatura.

La primera imagen es dividida en sucesivas subáreas de 6x6 píxeles de tamaño llamadas ventanas plantillas. Para cada ventana plantilla, en la segunda imagen, se seleccionó una ventana de 12x12 píxeles de tamaño llamadas ventanas de búsqueda, cada ventana de búsqueda presenta el mismo centro espacial que la ventana plantilla correspondiente. La ventana plantilla recorre la ventana de búsqueda en la dirección “x” e “y” cada un píxel, calculando coeficientes de correlación-cruzada. El desplazamiento relativo entre la posición del centro de la ventana plantilla y el centro en la ventana de búsqueda, donde la correlación-cruzada fue máxima, determina el vector de velocidad; otros detalles del procedimiento exacto aplicado se encuentra en Navarro et al. (2004). En el cálculo de la correlación-cruzada se ha considerado un máximo de un 40 % de datos que responden al código de nubes. Los valores de coeficientes de correlación significativos seleccionados fueron superiores a 0,6.

1.17. Relación distribución de huevos con variables ambientales

Las relaciones entre la distribución de huevos con las variables ambientales se investigó 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.

- Diagramas T-S en los cuales se sobrepuso una representación escalada de la abundancia de huevos de anchoveta y sardina común, siguiendo la metodología de Checkley *et al.* (2000).

b) Análisis cuantitativos

Se utilizó modelos aditivos generalizados (GAM) para analizar la relación existente entre la densidad de huevos y características físicas del ambiente en el área de desove. Esta técnica ha 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 formula general simplificada de GAM que será aplicada en la estimación de la producción diaria de huevos se expresa por:

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

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 fueron 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 utilizó 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 que se usó fue la quasipoisson con enlace logaritmo, la cual se consideró más apropiada para el tipo de datos. 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 fue seleccionado 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. Wahba 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 UBRE (unbiased risk estimation), o AIC (criterio de información de Akaike).
- 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.

14. Anexo 6: Personal participante

PERSONAL PROFESIONAL	FUNCIÓN
LUIS CUBILLOS S.	JEFE PROYECTO.
LEONARDO CASTRO	ANÁLISIS INTEGRADO HUEVOS – OCEANOGRAFÍA
SAMUEL SOTO	ICTIOPLANCTON
GABRIEL CLARAMUNT	REPRODUCCIÓN
CAROLINA ALARCÓN	VIGILANCIA REPRODUCTIVA
CLAUDIO CASTILLO	PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS
MILTON PEDRAZA	PESCA DE INVESTIGACIÓN
GUSTAVO HERRERA	REPRODUCCIÓN
EDUARDO NAVARRO	OCEANOGRAFÍA
LORENA ROZAS	VIGILANCIA REPRODUCTIVA
MARÍA JOSE ZUNIGA	DEPENDENCIA ESPACIAL
PAOLA MORENO	REPRODUCCIÓN
Técnicos y colaboradores	
CRISTIAN AZOCAR	REPRODUCCIÓN
GERMÁN VÁSQUEZ	MUESTREO A BORDO
ROBERTO TORRES	MUESTREO DE LABORATORIO
CLAUDIO CARRASCO	MUESTREO A BORDO E ICTIOPLANCTON
PABLO ORTIZ	MUESTREO A BORDO
CRISTIAN VILLOUTA	MUESTREO A BORDO
ROBINSON CARRASCO	MUESTREO A BORDO
CHRISTIAN PARRA V.	MUESTREO A BORDO
LUIS OLAVARRIA	MUESTREO A BORDO
MANUEL MUÑOZ	MUESTREO A BORDO
PAMELA BARRIENTOS	ICTIOPLANCTON
NICOLAS ALEGRÍA	ICTIOPLANCTON
PAULINA RIQUELME	ICTIOPLANCTON
JUAN FAUNDEZ	ICTIOPLANCTON
CRISTIAN ROJAS	ICTIOPLANCTON
SANDRA MONTECINOS	ICTIOPLANCTON
JOYCE MENDEZ	ICTIOPLANCTON
ALEJANDRO YAÑEZ	ICTIOPLANCTON
CHRISTIAN VALERO	REPRODUCCIÓN
HERNAN REBOLLEDO	COORDINACIÓN DE CRUCERO DE ADULTOS

15. Anexo 7: Horas personal participante

La fecha de comienzo del proyecto de acuerdo al Decreto Exento N° 1257, es el 21 de agosto de 2009, por lo que a la fecha los plazos establecidos al informe pre-final, concuerdan con lo realizado. Dado que la aprobación del informe mencionado anteriormente por parte del Consejo de Investigación Pesquera fue realizada en sesión 175 del 13 de julio de 2010, el proyecto se desplazó un mes, por lo que se ajusta a los tiempos comprometidos.

a) Universidad de Concepción

Nombre	Actividad	M E S E S											Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Luis Cubillos S.	Total	30	20	35	40	18	23	10	5	35	0	20	236
	Coordinación	30	20	10	5	3	3	5					76
	Procesamiento			20	15	10	5						50
	Análisis			5	10	5	5	5	5	5			40
	Informes				10		10			30		20	70
Leonardo Castro C.	Total	22	10	25	40	14	34	10	5	15	0	5	180
	Coordinación	22	10	5	5	4	4	5					55
	Procesamiento			10	5								15
	Análisis			10	10	10	10	5	5	5			55
	Informes				20		20			10		5	55
Alejandra Llanos R.	Total	3	13	23	33	23	23	43	0	5	0	0	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	0	0	0	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	0	0	0	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	0	0	0	295
	Obtención de datos	25	50	50	5	5	5	5					145
	Procesamiento	15	5	5	5	5	5	5					45

			M	E	S	E	S						
Nombre	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
	Análisis Informes			20	20	20	20	20	5				1050
Hernan Rebolledo F.	Total	20	30	35	60	40	40	50	10	0	0	0	285
	Obtención de datos	10	10	10	10	10	10	10	10				80
	Procesamiento	10	20	20	20	20	20	20					130
	Análisis Informes			5	20	10	10	10					5520
Eduardo Navarro V.	Total	20	30	35	60	40	40	50	10	0	0	0	285
	Obtención de datos	10	10	10	10	10	10	10	10				80
	Procesamiento	10	20	20	20	20	20	20					130
	Análisis Informes			5	20	10	10	10					5520
Christian Valero B.	Total	20	30	35	60	40	40	50	10	0	0	0	285
	Obtención de datos	10	10	10	10	10	10	10	10				80
	Procesamiento	10	20	20	20	20	20	20					130
	Análisis Informes			5	20	10	10	10					5520
Samuel Soto M.	Total	150	180	40	40	40	40	0	0	0	0	0	490
	Obtención de datos	120	170	30	30	30	30						410
	Procesamiento	30	10	10	10	10	10						80
	Análisis Informes												00
Pamela Barrientos C.	Total	150	180	40	40	40	40	0	0	0	0	0	490
	Obtención de datos	120	170	30	30	30	30						410
	Procesamiento	30	10	10	10	10	10						80
	Análisis Informes												00
María José Zuñiga B.	Total	0	40	40	40	40	40	40	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		30	30	20	20	20	20					140
	Procesamiento		10	10	10	10	10	10					60
	Análisis Informes				10	10	10	10					400
Lorena Rosas V.	Total	0	40	40	40	40	40	40	0	0	0	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

			M	E	S	E	S						
Nombre	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
	Informes												0
German Vasquez V.	Total	0	40	40	40	40	40	40	0	0	0	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
Manuel Muñoz V.	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40									240
	Procesamiento												0
	Análisis												0
	Informes												0
Cristian Parra V.	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40									240
	Procesamiento												0
	Análisis												0
	Informes												0
Robinson Carrasco M.	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40									240
	Procesamiento												0
	Análisis												0
	Informes												0
Cristian Villouta V.	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40									240
	Procesamiento												0
	Análisis												0
	Informes												0
Claudio Carrasco	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40									240
	Procesamiento												0
	Análisis												0
	Informes												0
Pablo Ortiz	Total	0	200	40	0	0	0	0	0	0	0	0	240
	Obtención de datos		200	40									240
	Procesamiento												0
	Análisis												0

			M	E	S	E	S							
Nombre	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total	
	Informes												0	
N.N. Secretaria	Total	12	0	0	12	0	0	7	0	0	0	0	31	
	Obtención de datos												0	
	Procesamiento												0	
	Análisis												0	
	Informes	12			12			7					31	
	TOTAL	507	1923	778	565	435	460	400	50	55	0	25	5198	

b) Universidad Arturo Prat:

			M	E	S	E	S							
Nombre	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total	
Gabriel Claramunt Q.	Total	0	3	20	40	25	25	25	15	15	0	5	173	
	Coordinación		3	10	5	5	5	5	5				38	
	Procesamiento			10	10	10	10	10	5				55	
	Análisis				10	10	10	10	5				45	
	Informes				15					15		5	35	
Gustavo Herrera U.	Total	0	5	15	25	20	20	10	0	0	0	5	100	
	Coordinación		5	5			5						15	
	Procesamiento			10	10	10	5						35	
	Análisis				10	10	10						30	
	Informes				5			10				5	20	
Paola Moreno G.	Total	0	0	30	50	50	50	5	0	0	0	0	185	
	Obtención de datos												0	
	Procesamiento			30	30	30	30						120	
	Análisis				20	20	20	5					65	
	Informes												0	
Cristian Azocar S.	Total	0	0	30	50	50	50	5	0	0	0	0	185	
	Obtención de datos												0	
	Procesamiento			30	30	30	30						120	
	Análisis				20	20	20	5					65	
	Informes												0	
	TOTAL	0	8	65	115	95	95	40	15	15	0	10	643	

16. Base de Datos

La base de datos que contiene toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del Proyecto FIP 2009-08 “Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2009”, se encuentra almacenada en:

FIP2009-08 CD-1: Disco compacto conteniendo 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_FIP2009-08	EGGAN09.xls	CRUCERO DE HUEVOS DE ANCHOVETA
	EGGSC09.xls	CRUCERO DE HUEVOS DE SARDINA
	FECANCH09.xls	FECUNDIDAD PARCIAL DE ANCHOVETA
	FECSARD09.xls	FECUNDIDAD PARCIAL DE SARDINA
	HMADAN09.xls	HEMBRAS MADURAS DE ANCHOVETA
	HMADSC09.xls	HEMBRAS MADURAS DE SARDINA
		PROPORCION SEXUAL EN PESO
	PSEXANSC09.xls	ANCHOVETA
	Descriptor_EGGAN09.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_EGGSC09.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_HMADAN09.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_HMADSC09.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_PSEXANSC09.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_FECANCH.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_FECSARD.xls	Descriptor de los campos