



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

FIP 2010-02
EVALUACION DEL STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA
Y SARDINA COMUN EN LA ZONA CENTRO-SUR,
AÑO 2010

Informe Final
Diciembre de 2011



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

Informe Final

Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción



PROYECTO

FIP N° 2010-02

Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2010

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

E-mail: gclaramu@unap.cl

JEFE PROYECTO

MSc. Luis Cubillos Santander

Departamento de Oceanografía

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Universidad de Concepción

Casilla 160-C, Concepción, Chile

Tel.: 56-41-2207233

E-mail: lucubillos@udec.cl

• Concepción, Diciembre de 2011 •

Informe Final

Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina
común en la zona centro-sur, año 2010

AUTORES

**Luis A. Cubillos
Leonardo Castro
Gabriel Claramunt**

• Diciembre de 2011 •

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 marzo de 2010, 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. Tanto el crucero de huevos como de adultos se ejecutaron en forma simultánea, a partir del 10 de septiembre. 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 Melissa Karen (25 – 26 de octubre), el sector centro fue evaluado a bordo de L/M Don Julian (10 de septiembre – 05 de octubre), y el sector sur por la L/M Gimar I (16 – 18 de octubre) y Noemí Simoney (29 de septiembre – 03 de octubre). 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, 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. La actividad del viento durante el periodo de muestreo sugiere que el crucero se realizó bajo condiciones de eventos de surgencia moderada. Los huevos de anchoveta en el sector norte se encuentran en sectores con temperatura cercana a 11.5°C mientras que para sardinas fue alrededor de 11.75°C . En el sector central, los huevos estuvieron en temperaturas entre 10.75 y 11.5°C a 10 m de profundidad. En el sector sur las mayores abundancias de huevos de ambas especies se habrían colectado en las estaciones medias sobre la plataforma continental en aguas alrededor a 11°C a 10m de profundidad. En la zona sur, sardina común presentó hembras activas desde julio, con 53,3% en estados inferiores a la previtelogenesis y el 46,7% restante con vitelogenesis completa; sin evidencia de desoves recientes. En agosto, ocurre un incremento en la actividad reproductiva, con 3,3% de las hembras analizadas en estado de hidratación y 6,7% con evidencia de desove. En anchoveta, los índices microscópicos en el mes de julio reflejaron un estado de reposo reproductivo, encontrando 73,3% de las muestras analizadas entre EMS I a IV, y

con un mayor porcentaje de muestras en la condición de inmaduro (EMS II = 43,3%). En agosto, por el contrario se observó una activación reproductiva, encontrándose que 33% de las hembras analizadas presentaron desoves (EMS VIII), y 4,8% en estado hidratado (EMS VI). Sin embargo, en este mes también 23,8% de las hembras analizadas permanecían en condición de reposo reproductivo (EMS II). La producción diaria de huevos por estrato geográfico, indica una mayor producción de huevos de anchoveta en la sector sur de desove con 160 huevos/m²/día respecto de 2009 (81,02 huevos/ m²/día). En la zona centro, hubo un aumento significativo de la producción diaria de huevos en ambas especies con respecto al año 2009 (año 2010 = 137,9 y 56,75 huevos/ m²/día, año 2009 = 38,4 y 13,8 huevos/ m²/día para anchoveta y sardina común, respectivamente). En el año 2010, la principal zona de desove, para ambas especies, fue coincidente a la de años anteriores estando comprendida entre Lebu y 39°10'S. Los parámetros reproductivos estuvieron dentro del rango esperado para cada especie, siendo la fracción desovante el parámetro menos preciso. El estimado estratificado más preciso de la biomasa desovante fue de 105475 toneladas de anchoveta (CV=46%), y de 579715 toneladas de sardina común (CV=74%).

Abstract

The Daily Egg Production Method (DEPM) was applied to assess the spawning stock biomass of anchovy and common sardine off central-southern Chile (33° S - 41° 20'S). The reproductive condition of females was monitored by using macroscopic reproductive indices, from March 2010. By ending August, the gonadosomatic index (GSI) of the species showed a significant increment, and it was expected to attain a maximum value in September. The egg and adult cruises were carried out simultaneously, from 10th September. The egg cruise was developed according with three geographic strata: a) northern sector, south of Valparaiso - north of Constitution (33 ° 00'S - 34 ° 00'S), b) central sector, between Constitution and the Gulf of Arauco (34 ° 30'S - 37 ° 10'S), c) southern section, between South Lebu - Bahía San Pedro (37 ° 30'S - 41 ° 20'S). A systematic sampling on a regular grid of stations was evaluated, which was arranged in transects perpendicular to the coast, equidistant every 5 nautical miles and stations separated by 4 nautical miles. The northern sector was evaluated on board the "L/M Melissa Karen" (25-26 October), the central sector was evaluated onboard "L/M Don Julian" (September 10 - October 5), and the south by "L/M Gimar I" (16-18 October) and "Naomi Simoney" (September 29 - October 3). The adult cruise was carried out in the central and southern geographic strata. Fishing hauls covered a wide

geographic area between Constitución and Corral, up to 5 nautical miles from the coast. In the central sector, the spawning distribution occurred in protected areas and features, such as the Gulf of Arauco, Concepcion Bay North and south of the mouth of the river Itata. The wind activity during the sampling period suggested that the cruise was carried out under moderated upwelling conditions. Eggs of anchovy in the northern sector were associated with 11.5 °C, while for sardine were 11.75 °C. In the central sector, eggs were found between 10.75 and 11.5 °C at 10 m depth. In the southern sector, the higher egg abundance were collected on the continental shelf at 11 °C at 10 m depth. In the south sector, sardine showed active females since July, with 53.3% of females in previtellogenesis stage and 46.7% of females in a complete vitellogenesis. In August, occurred an increase in the reproductive activity, with 3.3% of females hydrated and 6.7% spawned. In anchovy, the reproductive indices showed a rest period during July, with 43.3% of immature females. In August, 33% of anchovy female were spawned and 4.8% hydrated. However, in August 23.8% was also immature. The daily egg production per strata, showed higher egg production in south sector with 160 egg/m²/day, which was higher than 2009 (81.02 egg/m²/day). In the central zone, there was a significant increment in the daily egg production for both sardine and anchovy as compared with 2009 (2010: 137.9 and 56.8 egg/m²/day for anchovy and sardine, respectively). In 2010, the main spawning zone was coincident for both anchovy and sardine. It was located between Lebu and 39°10'S. The reproductive parameters were within the expected range for each species, with the spawning fraction as the less precise parameter. The stratified spawning biomass was 105,475 ton of anchovy (CV = 46%), and 579,715 ton of sardine (74%).

Contenidos

1. OBJETIVO GENERAL	11
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. ANTECEDENTES	11
4. METODOLOGÍA GENERAL	13
4.1. VIGILANCIA REPRODUCTIVA	13
4.1.1. Indicadores reproductivos	13
4.2. AREA DE ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DEL CRUCERO	14
4.3. HUEVOS	16
4.3.1. Estadios y determinación de la edad	16
4.3.2. Producción diaria de huevos	17
4.4. ADULTOS	18
4.4.1. Muestreo de adultos y procedimiento de laboratorio	18
4.4.2. Parámetros reproductivos de los adultos	20
4.5. BIOMASA DESOVANTE	24
4.6. DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y SU ASOCIACIÓN CON LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS	26
4.6.1. Muestreo hidrográfico	26
4.6.2. Hidrografía	26
4.6.3. Información satelital	26
4.6.4. Dependencia espacial	29
5. RESULTADOS	30
5.1. VIGILANCIA REPRODUCTIVA	30
5.1.1. Indicadores reproductivos de las hembras	30
5.2. CRUCERO DE ADULTOS	33
5.2.1. Distribución espacial de los lances de pesca	33
5.2.2. Composición de longitudes	33
5.3. CRUCERO DE HUEVOS	36
5.3.1. Presencia, abundancia y distribución espacial de huevos	36
5.3.2. Producción diaria de huevos	44
5.4. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS	45
5.5. BIOMASA DESOVANTE	48
5.6. DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS	51
5.6.1. Hidrografía	51
5.6.2. Información satelital	63
5.6.3. Dependencia espacial	74
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	81
7. CONCLUSIONES	85
8. REFERENCIAS	86
9. ANEXO 1: DETERMINACIÓN DE LA EDAD A LOS HUEVOS	91
10. ANEXO 2: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y DE DESOVE	95

11. ANEXO 3: JUSTIFICACIÓN TAMAÑOS DE MUESTRA	98
12. ANEXO 4: PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE ADULTOS	102
FRACCIÓN DIARIA DE HEMBRAS DESOVANTES	102
FECUNDIDAD PARCIAL Y FECUNDIDAD MEDIA POBLACIONAL	103
Fecundidad parcial.....	103
Fecundidad media poblacional	105
Proporción sexual y peso promedio de hembras maduras.....	107
Proporción sexual	107
Peso promedio	107
13. ANEXO 5: DEPENDENCIA ESPACIAL	110
RELACIÓN DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS CON VARIABLES AMBIENTALES	110
14. ANEXO 6: PERSONAL PARTICIPANTE	114
15. ANEXO 7: HORAS PERSONAL PARTICIPANTE	115
16. BASE DE DATOS.....	119

Índice 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.....	15
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).	28
Figura 3. Índice gonadosomático de sardina común (izquierda) y de anchoveta (derecha) en el 2010, comparado con el patrón promedio del periodo 2005-2009.....	31
Figura 4. Distribución de los lances de pesca efectivos de sardina común y anchoveta, durante el crucero de adultos 2010.....	34
Figura 5. Lances sin pesca dirigidos a la captura de anchoveta, 2010.	35
Figura 6. Frecuencia de tallas de sardina común y anchoveta de la zona centro y sur por sexo (machos: línea continua, hembras: línea segmentada).	36
Figura 7. Proporción de estaciones positivas con huevos de anchoveta y sardina común por sector y área total, serie historica de evaluaciones por MPDH iniciadas el 2002.	38
Figura 8. Abundancia promedio de huevos de anchoveta y sardina común en estaciones positivas por sector, serie historica de evaluaciones por MPDH iniciadas el 2002.	40

Figura 9. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta registrados en los sectores norte, centro y sur; año 2010.	42
Figura 10. Distribución y abundancia de huevos de sardina común registrados en los sectores norte, centro y sur; año 2010.	43
Figura 11. Temperatura superficial del mar (tomada en balde) durante los cruceros de huevos, año 2010.	51
Figura 12. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 1 (panel superior), 10 (medio) y 50 m (inferior) de profundidad, en el sector norte de la zona de estudio.	53
Figura 13. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 1 (panel superior), 10 (medio) y 50 m (inferior) de profundidad, en el sector central de la zona de estudio.	54
Figura 14. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 1 (panel superior), 10 (medio) y 50 m (inferior) de profundidad, en el sector sur de la zona de estudio.	55
Figura 15. 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 16. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta (a) y sardina común (b) sobre secciones horizontales de temperatura a 10 m de profundidad en la zona norte (paneles superiores) y centro (paneles inferiores).	59
Figura 17. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta (a) y sardina común (b) sobre secciones horizontales de temperatura a 10 m de profundidad en la zona sur.	60
Figura 18. Diagramas en que la data de temperatura y salinidad (T-S) a 1m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta y sardina común. Los círculos en negro corresponden a la abundancia de huevos en estaciones de la zona norte, en rojo a la central y, en azul, a la zona sur.	61
Figura 19. Diagramas en que la data de temperatura y salinidad (T-S) a 10m de profundidad de cada estación del 2010, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta y sardina común. Los círculos en negro corresponden a la abundancia de huevos en estaciones de la zona norte, en rojo a la central y, en azul, a la zona sur.	61
Figura 20. Diagramas TS 2009 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.	62

Figura 21. Promedios semanales de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) semanales desde el 01 de agosto hasta el 11 de septiembre de 2010.	64
Figura 22. Promedios semanales de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) semanales desde el 12 de septiembre hasta el 30 de octubre de 2010.....	65
Figura 23. Promedios semanales de imágenes satelitales de clorofila semanales semanales desde el 01 de agosto hasta el 11 de septiembre de 2010.....	66
Figura 24. Imágenes satelitales de clorofila semanales desde el 12 de septiembre hasta el 30 de octubre de 2010.	67
Figura 25. Campo de velocidades advectivas para los meses de agosto, septiembre y octubre de 2010.	69
Figura 26. Promedio zonal de corrientes de la banda costera de 27 mn de velocidades advectivas para los meses de agosto, septiembre y octubre de 2010.	70
Figura 27. Transporte zonal (este-oeste en SV) de la banda costera de 27 mn para los meses de agosto, septiembre y octubre de 2010.	70
Figura 28. Transporte meridional (norte-sur en SV) de la banda costera de 27 mn para los meses de agosto, septiembre y octubre de 2010.	71
Figura 29. Densidad de huevos de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur, 2010.	73
Figura 30. Temperatura superficial y profundidad de fondo en la zona centro del área de estudio 2010.	74
Figura 31. Temperatura superficial y profundidad de fondo en la zona sur del área de estudio 2010.	75
Figura 32. Resultados de los modelos evaluados para anchoveta en la zona centro. M1) interacción latitud-longitud; M2) interacción latitud-longitud + TSM; M3) interacción latitud-longitud + Profundidad de fondo; y M4) interacción latitud-longitud + TSM + Profundidad de fondo.....	77
Figura 33. Resultados de los modelos evaluados para anchoveta en la zona sur. M1) interacción latitud-longitud; M2) interacción latitud-longitud + TSM; M3) interacción latitud-longitud + Profundidad de fondo; y M4) interacción latitud-longitud + TSM + Profundidad de fondo.....	78
Figura 34. Resultados de los modelos evaluados para sardina común en la zona centro. M1) interacción latitud-longitud; M2) interacción latitud-longitud + TSM; M3) interacción latitud-longitud + Profundidad de fondo; y M4) interacción latitud-longitud + TSM + Profundidad de fondo.....	79

Figura 35. Resultados de los modelos evaluados para sardina común en la zona sur. M1) interacción latitud-longitud; M2) interacción latitud-longitud + TSM; M3) interacción latitud-longitud + Profundidad de fondo; y M4) interacción latitud-longitud + TSM + Profundidad de fondo.....80

Figura 36. Comparación de la producción diaria de huevos en el área de estudio, según dos métodos de estimación entre 2002 y 2010.....84

Figura 37. 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).....84

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.16

Tabla 2. Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos, modificada para hembras de sardina común y anchoveta.19

Tabla 3. Características morfohistológicas de los folículos postovulatorios.20

Tabla 4. Clasificación histológica de los folículos postovulatorios de anchoveta según grado de degeneración (Claramunt *et al.* 2007a).22

Tabla 5. Clasificación histológica de los folículos postovulatorios de sardina común según grado de degeneración (Claramunt *et al.* 2007a).23

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.31

Tabla 7. Indicadores reproductivos microscópicos de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur durante julio y agosto de 2010.32

Tabla 8. Estadígrafos de la frecuencia de tallas del crucero de adultos de sardina común y anchoveta por zona.35

Tabla 9. Número de estaciones totales por sector, estaciones con huevos de anchoveta y sardina común, y el porcentaje que representan las estaciones con huevos de cada especie del total de estaciones muestreadas por sector.37

Tabla 10. Número total de huevos de anchoveta y sardina común por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por estación (huevos $\times 0.05 \text{ m}^2$) en cada sector.	39
Tabla 11. Coeficientes del modelo lineal generalizado, familia binomial negativa y enlace log. El intercepto representa el logaritmo de la producción diaria de huevos (huevos/ m^2) y la pendiente a la tasa de mortalidad por hora (h^{-1}).	44
Tabla 12. 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.	45
Tabla 13. Fracción de estadios de madurez sexual microscópicos de anchoveta y sardina común durante el período de estudio; año 2010.	46
Tabla 14. Resumen de los parámetros reproductivos de los ejemplares adultos de anchoveta y sardina común, por estrato geográfico. (* se utiliza las estimaciones de 2009).	47
Tabla 15. Regresión lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal, año 2010.	48
Tabla 16. Parámetros del Método de la Producción Diaria de Huevo y estimación de la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común (Septiembre-Octubre 2010), según dos métodos de datación de huevos (convencional y multinomial). El coeficiente de variación se muestra en paréntesis para las estimaciones de biomasa (* se utiliza las estimaciones de 2009).	49
Tabla 17. Fracción desovante (S); Peso promedio (W, g); Proporción de hembras (R); Fecundidad parcial (F); fecundidad relativa respecto al peso total (F/W); Fecundidad específica diaria (DSF); Número de lances (n) y Número de hembras maduras (m) muestreadas de 2002 a 2010 para las zonas centro y sur del área de estudio por especie. El coeficiente de variación se muestra entre paréntesis.	50
Tabla 18. Resumen de los modelos GAM utilizados para la temperature superficial del mar y la profundidad de fondo.	74
Tabla 19. 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 2010. Las variables Temperatura (TSM) y Profundidad (Depth) fueron estandarizadas respecto de la latitud geográfica con el objeto de trabajar con un proceso isotrópico.	76

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), septiembre-octubre de 2008 (FIP 2008-09, Cubillos *et al.* 2009) y en septiembre-octubre de 2009 (Cubillos *et al.* 2010).

En este informe se comunica los resultados logrados con la ejecución del proyecto realizado en el periodo septiembre-octubre de 2010.

4. Metodología general

4.1. Vigilancia reproductiva

Se realizó una vigilancia reproductiva, consistente en el monitoreo del estado y evolución reproductiva de las hembras mediante indicadores macro y microscópicos, cuyo objetivo fue otorgar elementos de decisión para fijar la fecha de inicio de los cruceros de evaluación, como también verificar el periodo de mayor actividad reproductiva.

4.1.1. Indicadores reproductivos

Se evaluó la condición reproductiva de las hembras de sardina común y anchoveta, desde marzo de 2010 en la zona centro y desde abril de 2010 en la zona sur. Las muestras fueron obtenidas tanto a bordo de las embarcaciones como en los puertos principales de desembarque,

analizando indicadores microscópicos y macroscópicos del proceso reproductivo. El índice gonadosomático (IGS) fue analizado en la escala temporal, según:

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

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: inmaduro (I), en maduración o reincidente (II), maduro (III), hidratado (IV), y desovado (V), según Cubillos et al. (1999).

4.2. Area de estudio y descripción del crucero

El área de estudio se localiza en el centro-sur de Chile ($33^{\circ} - 41^{\circ}20'S$), zona identificada como 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 173 estaciones; y la zona sur, 36 transectas y 209 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 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.

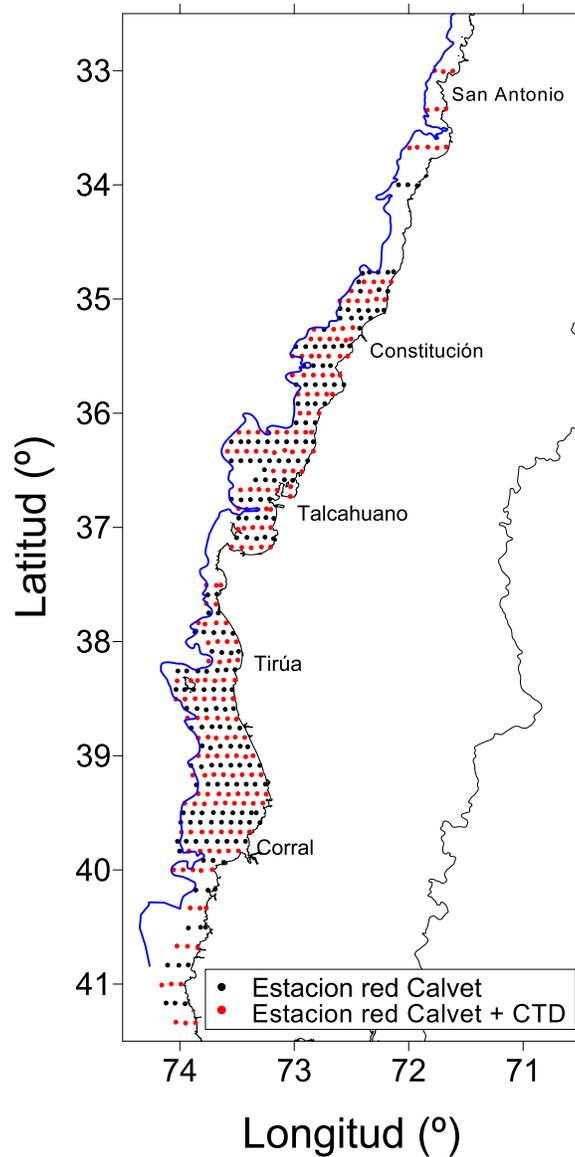


Figura 1. Grilla de muestreo a lo largo de la plataforma continental de Chile Centro-Sur. Se indica la distribución del veril de los 200 m. (●) Estaciones muestreadas con red Calvet; (●) Estaciones en que se realizaron lances de red Calvet y perfiles de CTD.

Desde el 10 de septiembre al 26 de octubre de 2010, cuatro embarcaciones pertenecientes al sector pesquero artesanal fueron utilizados para coleccionar muestras ictioplantónicas 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 “Melissa Karen” operó en la zona norte, la embarcación "Don Julian" operó en la zona centro, y las embarcaciones artesanales “Gimar I” 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	N° Estaciones
Melissa Karen	Norte	33°00' S – 34°00' S	25/10/2010 - 26/10/2010	14
Don Julian	Centro	34°30' S – 37°10' S	10/09/2010 – 05/10/2010	173
Gimar I	Sur	37°30' S – 39°05' S	16/09/2010 – 18/10/2010	88
Noemí Simoney	Sur	39°10' S – 41°20' S	29/09/2010 – 03/10/2010	121
Total				396

Además, doce embarcaciones del sector pesquero artesanal implimentadas 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 1897 del 29 de julio de 2010). Cinco embarcaciones fueron asignadas a la zona central: “El Yeye”, “Rio Jordan IV”, “Maria Isabel” , “Don Sixto” y “Geremias”, y siete a la zona sur: “Rio Queule I”, “Rio Tolten I”, “Felipe N”, “Constitución”, “Juan Pablo VI”, “Aguila Real” y “Santa Isabel”. 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.

4.3. Huevos

4.3.1. 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.

4.3.2. Producción diaria de huevos

El número de huevos se asume declina a una tasa exponencial constante, según (ecuación 2):

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

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 (<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 (ecuación 3):

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

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 (<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.

4.4. Adultos

4.4.1. 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 sub-muestra 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, solo fueron utilizadas para establecer el modelo de fecundidad parcial. 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 fue medido en su longitud total (cm), peso total y peso libre de gónada (peso corporal). Además, se determinó el sexo y los ovarios de las hembras maduras fueron pesados (± 0.01 g) y preservados en solución de formalina tamponada al 10 % para el posterior 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**).

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.

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).

4.4.2. 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 desove (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 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 lúmen es amplio e irregular.
FPO de día 1 (24 h $<$ FPO 48 h)	Folículos postovulatorios en regresión, mostrando signos de degeneración. Son más pequeños que los folículos postovulatorios nuevos, el cual se ha contraído sobre sí mismo. Presencia de células foliculares con citoplasma vacuolado y núcleo picnótico, cuyas paredes no son claramente distinguibles. La disposición lineal de las células se mantiene. La lámina tecal se destaca claramente. El lúmen es estrecho e irregular.
FPO de día 2 (> 48 h)	Folículos postovulatorios con marcada degeneración celular. De menor tamaño que el folículo postovulatorio de día 1. Epitelio folicular desorganizado, perdiendo la disposición lineal de sus células, las cuales se presentan en avanzado estado degenerativo, de forma irregular, con citoplasma vacuolado y núcleo picnótico. Lámina tecal desarrollada. El lúmen está ocluido.

Los 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 (ecuación 4), 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 (ecuación 5):

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

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 de razón (Ec. 7), mientras el estimador de la varianza de la fecundidad parcial (ecuación 6), 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 estimación 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 .

4.5. 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 (ecuación 9):

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

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 (ecuación 10):

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

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

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

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.

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

4.6.1. Muestreo hidrográfico

La evaluación de las condiciones oceanográficas se realizaron en las transectas impares del diseño planctónico, en 174 estaciones de la grilla regular 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 tomada en balde) con termómetros digitales. La información correspondiente a los registros verticales continuos, se almacenó en Notebooks y fue procesada en tierra.

4.6.2. Hidrografía

Se describió la distribución horizontal y vertical (0, 10 y 50 m) de temperatura, salinidad, y densidad ($\sigma\text{-t}$) 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).

4.6.3. Información satelital

Con el objeto de realizar una caracterización de las condiciones oceanográficas y meteorológicas del área costera comprendida entre 33°00' y 41°00'S durante los meses de agosto, septiembre y parte de octubre de 2010, 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. 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.* 2004, 2006).

a) Cálculo de velocidades advectivas mediante el método de Máxima Correlación-Cruzada.

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**).

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

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

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

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).

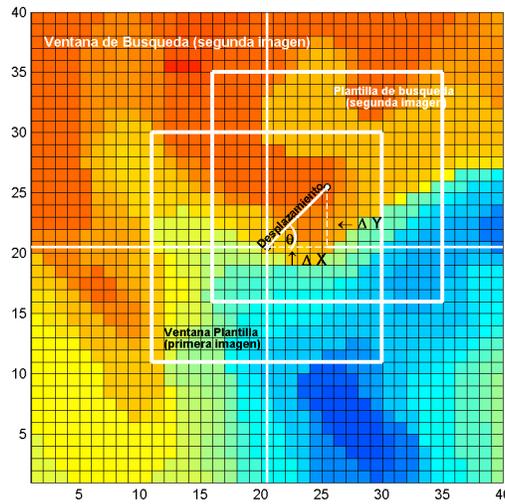


Figura 2. Desplazamiento relativo de la ventana plantilla (primera imagen) en la ventana de búsqueda (segunda imagen) respecto del centro de la plantilla (primera imagen).

b) Asociación ambiente-recursos

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.

4.6.4. 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 (<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). Basicamente, 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; detalles de los aspectos metodológicos de la dependencia espacial se indican en **Anexo 5**.

5. Resultados

5.1. Vigilancia reproductiva

5.1.1. 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**. Varios factores influyeron en el normal desarrollo de la vigilancia reproductiva, obteniéndose un número menor de las unidades muestrales indicadas en la oferta técnica, factores tales como: i) la baja disponibilidad/abundancia de anchoveta en Talcahuano y Corral durante el primer semestre; ii) la disminución de la pesca después de abril al completarse mucha de las cuotas de captura artesanal; iii) principalmente, por los efectos del terremoto/maremoto en Talcahuano y Coronel. Sin embargo, los resultados obtenidos permitieron determinar el inicio de las demás actividades ligadas a esta vigilancia reproductiva y no afectaron los resultados de los objetivos específicos.

En la zona centro, y para el caso de la sardina, se observó una muy baja actividad reproductiva en los meses de marzo y abril, sin obtención de muestras en mayo y junio; entre julio y septiembre se presentó un aumento del valor en el IGS, 5.8 (n = 58) en julio, 6.0 (n = 82) en agosto, y 6.2 en septiembre (n=730, **Figura 3**). A su vez, se observó una ocurrencia de 94% de hembras maduras en agosto y 11% de hembras hidratadas en septiembre. En la anchoveta, la obtención de muestras se desarrolló entre marzo y noviembre; con ausencia de muestras en los meses de junio, julio y agosto; el IGS para esta especie presentó valores altos entre septiembre y noviembre; con 100% de hembras maduras en octubre y 66% de hembras hidratadas en noviembre. Asimismo, en la zona sur, donde se presentó mayor intensidad de muestreo, la sardina común registró un aumento sostenido de IGS entre abril y agosto; observándose un IGS de 3.1 en agosto (n = 547) con 41% de hembras maduras y 2% de hembras hidratadas. En esta zona, la anchoveta presentó una tendencia similar del IGS (aumento entre abril y agosto), registrándose en agosto un IGS de 2.9 con 72% de hembras maduras y 3% de hembras hidratadas.

Información a nivel microscópico, a partir del análisis histológico de 174 muestras de ovarios colectadas entre julio y agosto, permitió verificar los registros obtenidos a nivel macroscópico. En la zona centro, solo fueron procesadas histologicamente muestras de sardina común para el mes de agosto. Los resultados sugieren evidencias de actividad reproductiva, registrándose en el total de

muestras un 3% de hembras hidratadas (EMS VI) y un 30,3% (EMS VIII y IX) con evidencia de desove (**Tabla 7**).

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	FC	I	II	III	IV	V
Centro	Marzo	28	0,88	14,7	-	1,07	-	100,0	-	-	-
Centro	Abril	16	1,13	14,8	0,063	1,22	-	93,8	6,3	-	-
Centro	Julio	58	5,80	15,3	0,966	0,78	-	3,4	91,4	5,2	-
Centro	Agosto	82	6,02	19,5	0,951	0,75	-	4,9	93,9	1,2	-
Centro	Septiembre	730	6,23	16,1	0,884	0,87	-	11,6	77,4	11,0	-
Centro	Octubre	54	4,65	19,2	0,796	0,98	-	20,4	79,6	-	-
Centro	Noviembre	198	3,74	21,4	0,005	0,95	-	35,4	57,6	7,1	-
Sur	Abril	215	0,86	22,0	-	0,83	-	100,0	-	-	-
Sur	Mayo	125	1,06	21,0	-	0,81	-	100,0	-	-	-
Sur	Junio	153	1,00	16,8	-	0,84	-	100,0	-	-	-
Sur	Julio	403	2,02	13,5	0,183	0,74	-	81,7	18,3	-	-
Sur	Agosto	547	3,12	13,3	0,428	0,73	-	57,2	41,1	1,6	-
Sur	Septiembre	52	2,24	15,6	0,231	0,62	-	76,9	23,1	-	-

b) Anchoveta:							EMS (%)				
ZONA	MES	N°	IGS	PT	Pm	FC	I	II	III	IV	V
Centro	Marzo	26	2,83	32,4	0,346	0,89	-	65,4	34,6	-	-
Centro	Abril	60	0,62	15,8	-	0,73	-	100,0	-	-	-
Centro	Mayo	27	0,93	17,3	-	0,74	-	100,0	-	-	-
Centro	Septiembre	410	7,53	16,0	0,827	0,68	-	17,2	73,3	9,5	-
Centro	Octubre	18	9,82	17,5	1,000	0,75	-	-	100,0	-	-
Centro	Noviembre	107	8,48	20,8	0,972	0,71	-	1,0	32,6	66,4	-
Sur	Abril	164	1,11	26,2	-	0,71	-	100,0	-	-	-
Sur	Mayo	13	1,56	25,9	-	0,70	-	100,0	-	-	-
Sur	Julio	181	2,23	19,6	0,105	0,66	-	89,5	10,5	-	-
Sur	Agosto	29	2,94	22,2	0,759	0,62	-	24,1	72,4	3,4	-

IGS: Índice gonadosomático, PT: peso promedio (g), Pm: proporción de hembras maduras, FC: factor de condición; EMS I: virginal, EMS II: en maduración, EMS III: maduros; EMS IV: hidratación; EMS V: desovado

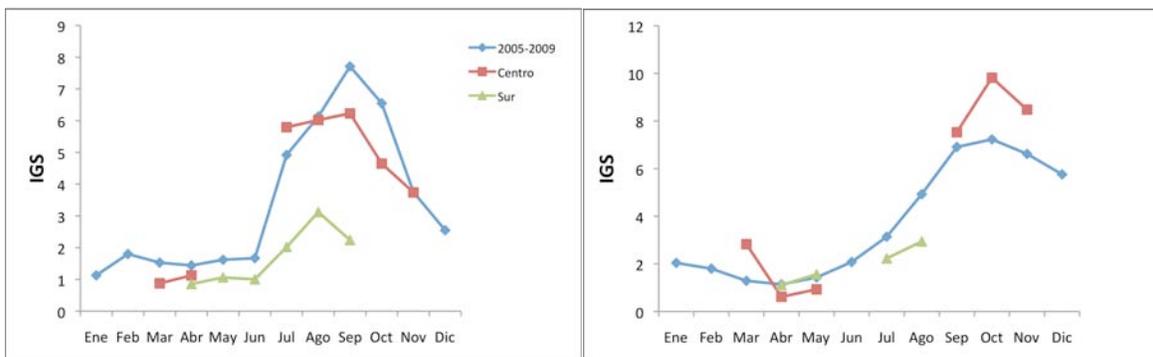


Figura 3. Índice gonadosomático de sardina común (izquierda) y de anchoveta (derecha) en el 2010, comparado con el patrón promedio del periodo 2005-2009.

En la zona sur, sardina comun presento activación reproductiva desde el mes de julio. Las hembras se presentaron con 53,3% en estados inferiores a la previtelogenesis y el 46,7% restante con

vitelogenesis completa; sin evidencia de desoves recientes. En agosto, ocurre un incremento en la actividad reproductiva, con 3,3% de las hembras analizadas en estado de hidratación y 6,7% con evidencia de desove. En anchoveta, los índices microscópicos en el mes de julio reflejaron un estado de reposo reproductivo, encontrando 73,3% de las muestras analizadas entre EMS I a IV, y con un mayor porcentaje de muestras en la condición de inmaduro (EMS II = 43,3%). En agosto, por el contrario se observó una activación reproductiva, encontrándose que 33% de las hembras analizadas presentaron desoves (EMS VIII), y 4,8% en estado hidratado (EMS VI). Sin embargo, en este mes también 23,8% de las hembras analizadas permanecían en condición de reposo reproductivo (EMS II). En la **Tabla 7**, se presenta los resultados del análisis histológico por especie y zona.

Tabla 7. Indicadores reproductivos microscópicos de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur durante julio y agosto de 2010.

Anchoveta		EMS (%)									TOTAL
CENTRO	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
Julio											
Agosto											
SUR											
Julio	2 (6,7)	13 (43,3)	2 (6,7)	5 (16,7)					8 (26,7)	30	
Agosto		5 (23,8)		4 (19,0)		1 (4,8)		7 (33,3)	4 (19,0)	21	
Sardina común		EMS (%)									TOTAL
CENTRO	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
Julio											
Agosto											
SUR											
Julio	1 (3,3)	11 (36,7)	4 (13,3)	14 (46,7)						30	
Agosto	12 (20,0)	15 (25,0)	6 (10,0)	21 (35,0)		2 (3,3)		1 (1,7)	3 (5,0)	60	

La evolución del IGS, la distribución de estados de madurez sexual macroscópicos e índices microscópicos, indican que en agosto de 2010 se consolidó el incremento observado en julio para la sardina común en la zona centro. Esto indicaría que esta especie desarrollaría una máxima actividad reproductiva en septiembre. En la zona sur, el proceso se observó retrasado tanto en anchoveta como en sardina común, proyectándose que para el mes de septiembre los indicadores se incrementarían significativamente. Por otro lado, esta información concuerda con otros indicadores, observándose que el factor de condición de las hembras en ambas especies presentó una disminución. En este contexto, el análisis de esta información en su conjunto, y proyectando que el

pico de desove de sardina común ocurriese a mediados de septiembre y el de anchoveta hacia finales del mismo mes; se decidió el inicio de las actividades de cruceros a partir de la primera semana de septiembre de 2010.

5.2. Crucero de adultos

5.2.1. Distribución espacial de los lances de pesca

En la zona centro se realizaron 42 lances efectivos de sardina común y 36 de anchoveta (**Figura 4**), mientras que en la zona sur se realizaron 22 lances efectivos de sardina común y ninguno de anchoveta (**Figura 4**); a pesar de desplegar un significativo esfuerzo, los lances fueron nulos o sin pesca (**Figura 5**).

5.2.2. Composición de longitudes

En la zona centro, se muestreo 4879 individuos en los 42 lances efectivos de sardina común, y de los cuales 54,3 % fueron machos, 45,7% hembras, con una longitud promedio de 12,24 cm LT (**Tabla 8, Figura 6**). En el caso de la anchoveta, se analizaron 3714 individuos de 36 lances efectivos de anchoveta, de los cuales 56,7% fueron machos, 43,3% hembras, con una longitud promedio de 13,16 cm LT (**Tabla 8, Figura 6**).

En la zona sur, en 22 lances efectivos de sardina común se muestreo 2972 individuos, de los cuales 48,4 % fueron machos, 51,6% hembras, con una longitud promedio de 10,84 cm LT y con 72 % de los individuos sobre la talla de madurez sexual. En la anchoveta, no se registraron lances positivos para la zona, por lo que no se pudo obtener individuos (**Tabla 8, Figura 6**).

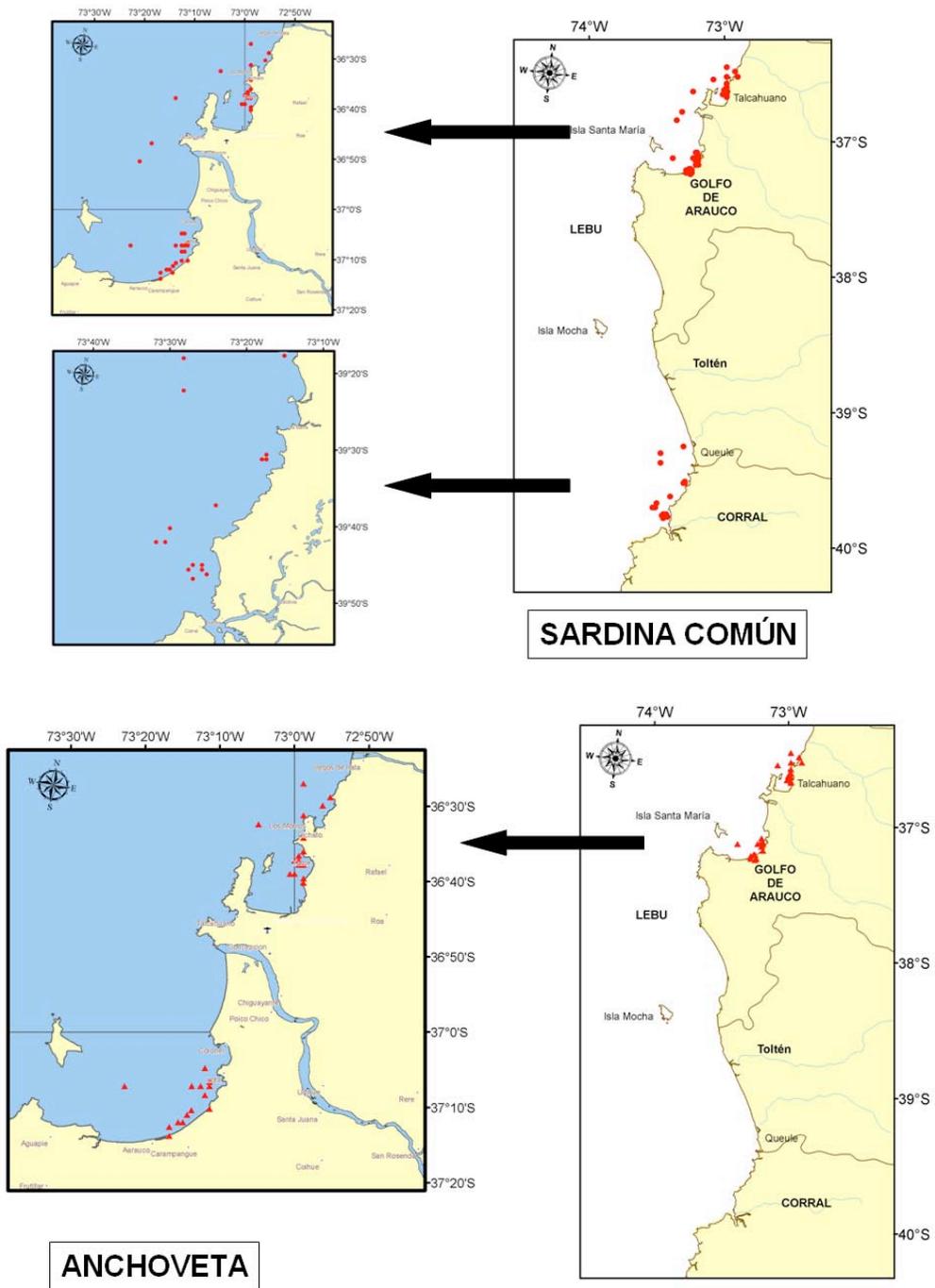


Figura 4. Distribución de los lances de pesca efectivos de sardina común y anchoveta, durante el crucero de adultos 2010.

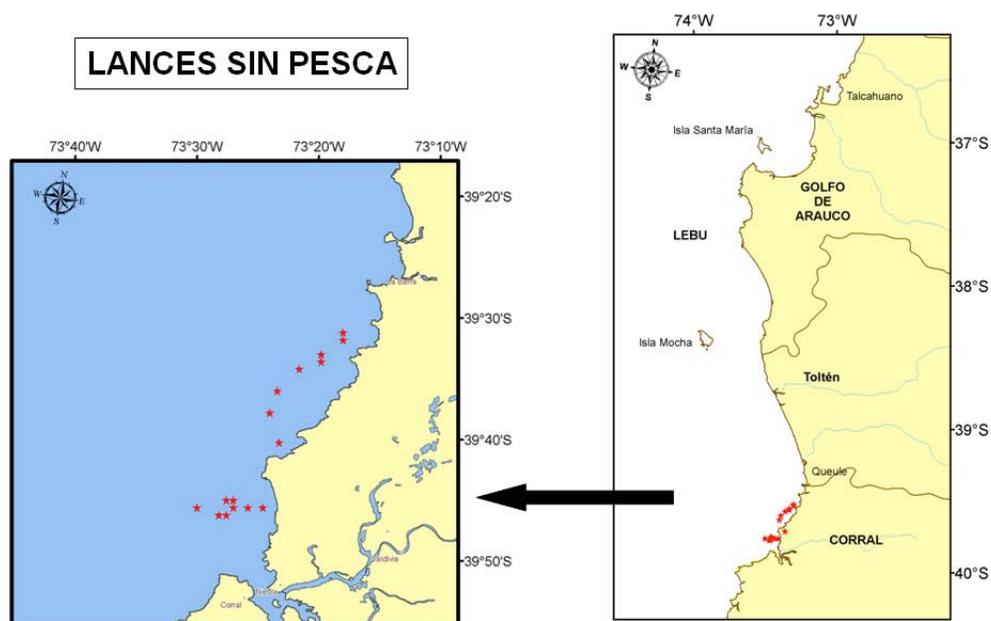


Figura 5. Lances sin pesca dirigidos a la captura de anchoveta, 2010.

Tabla 8. Estadígrafos de la frecuencia de tallas del crucero de adultos de sardina común y anchoveta por zona.

	CENTRO			SUR		
a) Sardina común						
	Machos	Hembras	Total	Machos	Hembras	Total
N	2651	2228	4879	1439	1533	2972
Promedio	12.25	12.23	12.24	10.79	10.88	10.84
Varianza	2.70	2.45	2.59	1.13	1.14	1.14
DS	1.64	1.56	1.61	1.06	1.07	1.07
CV (%)	13.43	12.78	13.14	9.84	9.81	9.83
Min	7.0	6.5	6.5	8.00	7.50	7.50
Max	18.00	17.50	18.00	16.50	16.50	16.50
Moda	14-13-13.5	14, 13.5-12	14 - 13.5	10	10 -10.5	10
b) Anchoveta						
	Machos	Hembras	Total	Machos	Hembras	Total
N	2104	1610	3714	-	-	-
Promedio	13.18	13.14	13.16	-	-	-
Varianza	1.57	1.85	1.69	-	-	-
DS	1.25	1.36	1.30	-	-	-
CV (%)	9.51	10.35	9.88	-	-	-
Min	6.5	6.5	6.5	-	-	-
Max	18	17.5	18	-	-	-
Moda	14.5 - 14	14	14	-	-	-

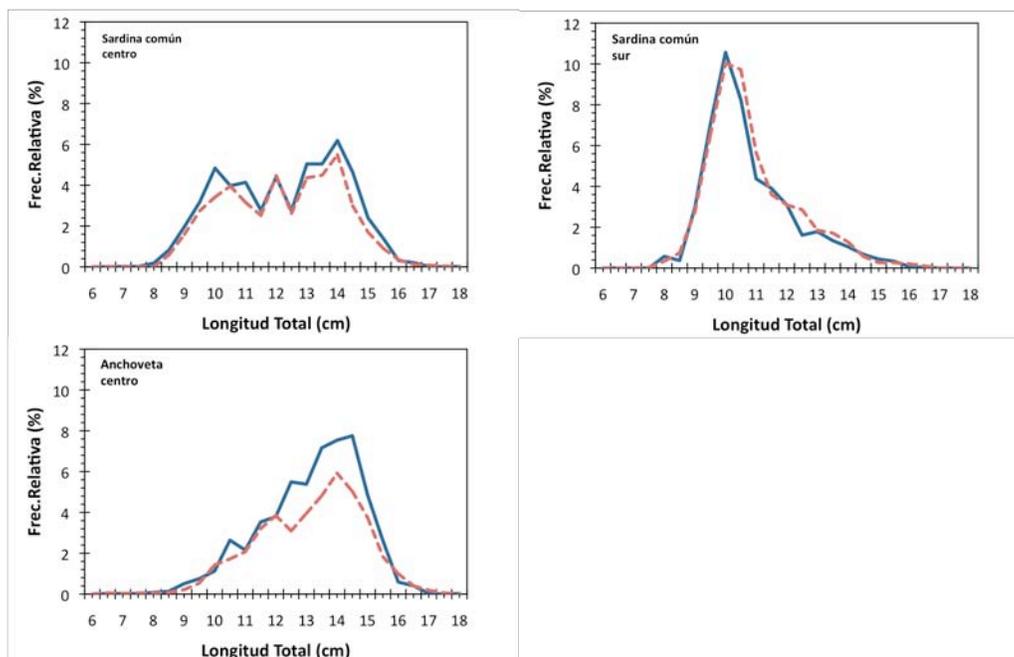


Figura 6. Frecuencia de tallas de sardina común y anchoveta de la zona centro y sur por sexo (machos: línea continua, hembras: línea segmentada).

5.3. Crucero de huevos

5.3.1. Presencia, abundancia y distribución espacial de huevos

a) Estaciones con presencia de huevos

Del total de 396 estaciones de la grilla regular de este año 2010 en que se realizó muestreo con red Paivovet, 113 estaciones presentaron huevos de anchoveta, lo que representa un 28.5 % del total de estaciones, y 107 estaciones presentaron huevos de sardina común que corresponden a un 27% del total de estaciones muestreadas (**Tabla 9**). Comparativamente, con el 2009, durante el 2010 hubo un número similar de estaciones totales positivas para anchoveta, y mayor en el caso de sardina común.

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

2010		ANCHOVETA		SARDINA COMÚN	
Sector	Estaciones totales	Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%
Norte	14	1	7	1	7
Centro	173	39	23	34	20
Sur	215	73	35	72	34

Al igual que en años anteriores, en el 2010 hubo un aumento de la proporción de estaciones positivas desde el norte hacia el sur en ambas especies. En el sector norte hubo al menos una estación con huevos de cada especie. En el sector centro hubo 23% de estaciones con huevos de anchoveta y un 20% de estaciones con huevos de sardina común (13% en el año 2009). En el sector sur, a diferencia de años anteriores, hubo una fracción similar de estaciones con huevos de anchoveta (35%) y de sardina común (34%).

Al comparar la serie de tiempo, desde el 2008 ha habido un aumento leve en el porcentaje de estaciones positivas con huevos de anchoveta en la zona centro, a la vez que ha habido una disminución en la zona sur desde el 2007 (**Figura 7**). Para la sardina común, posterior a la abrupta caída en estaciones positivas del 2007 al 2008, ha habido un repunte en la presencia de estaciones con huevos en todas las zonas pero a niveles inferiores a los registrados en el 2007.

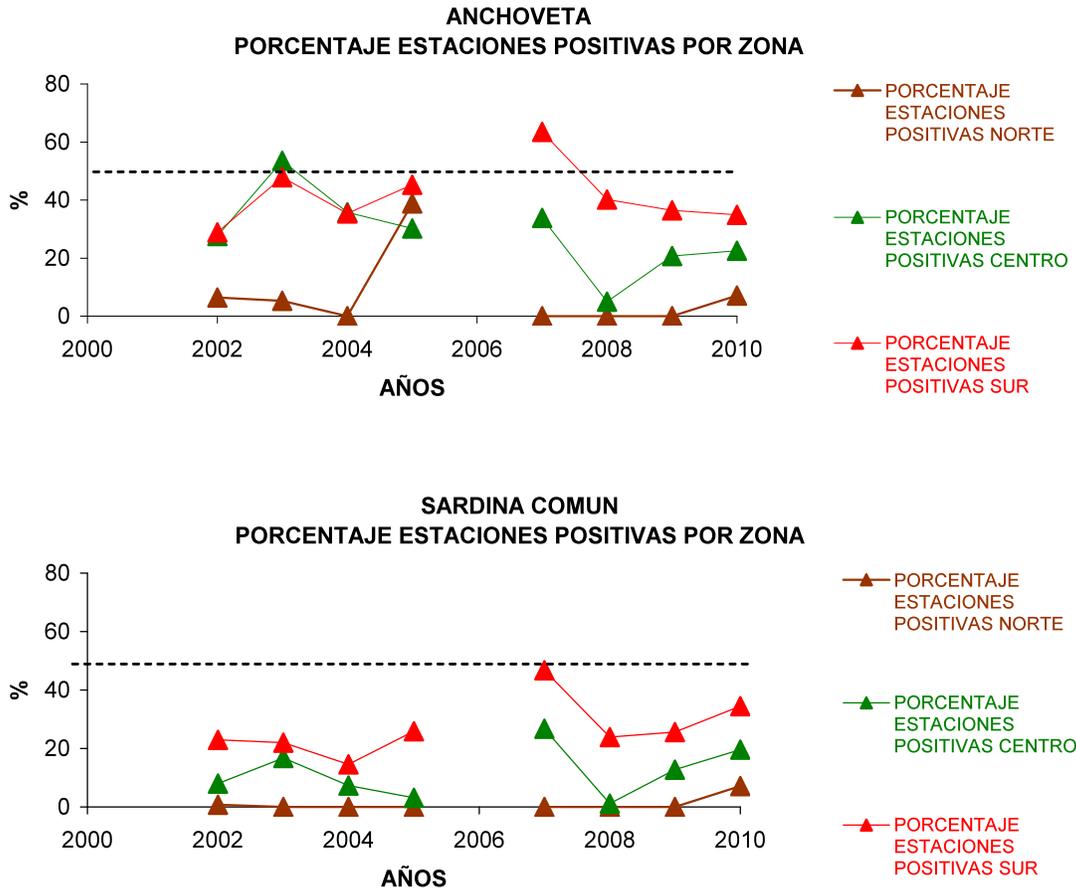


Figura 7. Proporción de estaciones positivas con huevos de anchoveta y sardina común por sector y área total, serie historica de evaluaciones por MPDH iniciadas el 2002.

b) Abundancia de huevos

Un total de 3731 huevos de anchoveta (6019 en el 2008 y 2983 el 2009) y 3984 huevos de sardina común (3227 en el 2008 y 3094 el 2009) fueron colectados en el área completa de estudio (**Tabla 10**). El número de huevos totales aumentó desde el norte hacia el sur en ambas especies. Solo 5 huevos de anchoveta fueron colectados en el sector norte, 1531 huevos en el sector central (24 en el 2008 y 418 en el 2009) y 2195 huevos en el sector sur (5995 en el 2008 y 2565 el 2009). Del total de huevos de sardina común, sólo hubo 1 en el sector norte, 535 huevos colectados en el sector central (4 en el 2008 y 174 el 2009) y 3448 huevos colectados en el sector sur (3223 en el 2008 y 2920 el 2009).

Tanto el promedio de huevos de anchoveta por estación, considerando solo las estaciones positivas, como las máximas abundancias de huevos por estación ($388 \text{ huevos} \times 0,05 \text{ m}^2$); tendió a ser mayor en el sector central (**Tabla 10**). Las mayores abundancias en la zona central este año revierten el patrón observado en los últimos años, donde los promedios por estación fueron mayores en el sector sur.

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; mantuvo la tendencia de años anteriores, con mayores promedios de huevos hacia el sector sur (**Tabla 10**). Las máximas abundancias de huevos de sardina común por estación también ocurrieron en el sector sur ($622 \text{ huevos} \times 0,05 \text{ m}^2$).

Tabla 10. Número total de huevos de anchoveta y sardina común por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por estación ($\text{huevos} \times 0.05 \text{ m}^2$) en cada sector.

ANCHOVETA							
2010	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Norte	5	0.36	1.34	5	-	5	5
Centro	1531	8.85	43.24	39.26	85.07	388	1
Sur	2195	10.50	30.42	30.07	45.58	206	1
SARDINA COMUN							
2010	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Norte	1	0.07	0.27	1	-	1	1
Centro	535	3.09	20.13	15.74	43.68	238	1
Sur	3448	16.50	65.27	47.89	104.66	622	1

Comparando con resultados de años anteriores (**Figura 8**), el promedio de huevos de anchoveta en las estaciones positivas en la zona centro aumentó nuevamente en el año 2010 (de 2.7 en 2008, a 12.29 en 2009 y $39.26 \text{ huevos} \cdot 0.05 \text{ m}^2$ en 2010) pero disminuyó nuevamente en el sector sur (desde 64.0 en 2008, a 34.66 en 2009 y $30.07 \text{ huevos} \cdot 0.05 \text{ m}^2$ en 2010). En el caso de

sardina común, sigue la misma tendencia que anchoveta, el promedio de huevos en las estaciones positivas en la zona centro también aumentó (centro: de 2.0 en 2008, a 8.29 en 2009 y 15.74 huevos $\times 0.05 \text{ m}^{-2}$ en 2010) mientras que continuó disminuyendo en el sur (de 73.3 en 2008, a 56.15 en 2009 y 47.89 huevos $\times 0.05 \text{ m}^{-2}$ en 2010). Sin embargo, a diferencia de la anchoveta, las abundancias promedio en las estaciones positiva de sardina común siguen siendo mayores en el sector sur comparado con el sector centro.

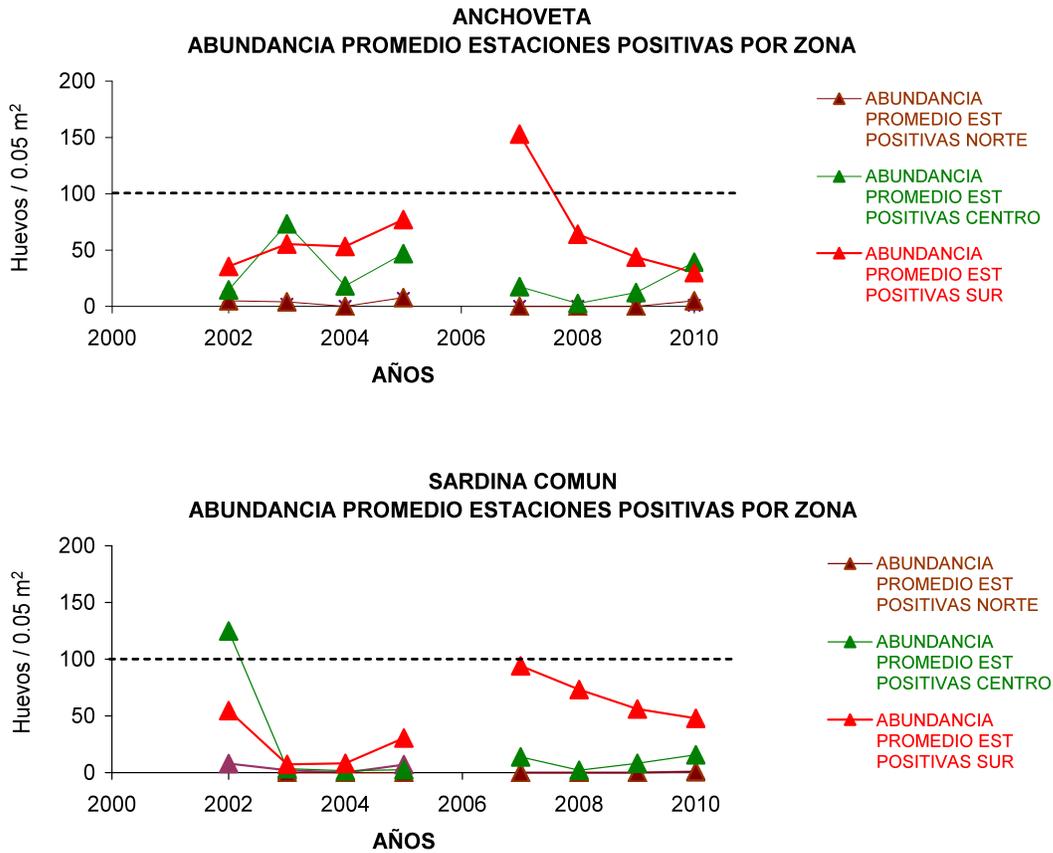


Figura 8. Abundancia promedio de huevos de anchoveta y sardina común en estaciones positivas por sector, serie historica de evaluaciones por MPDH iniciadas el 2002.

c) Distribución espacial

La distribución de huevos de anchoveta y sardina común, este año se extendió hasta el sector norte, aunque en muy bajas abundancias y número de estaciones positivas (**Figuras 9 y 10**). Huevos de anchoveta registrados desde San Antonio (33°40'S) y los de sardina común desde el sur de Valparaíso (33°S), hasta la zona de Corral como área límite en nuestro estudio (39°8'S).

En el sector central (**Figura 9**), los huevos de anchoveta se ubicaron principalmente en la zona costera, excepto frente a Cabo Carranza (35°30'S) y frente a la bahía de Coliumo (36°30'S) donde se extendieron sobre la plataforma continental hacia el oeste. Las áreas de mayor abundancia de huevos corresponden a las históricamente registradas, estas son: frente a Cabo Carranza (zona de máxima abundancia en todo el crucero; 35° 30'S), la zona entre la desembocadura del río Itata a Bahía Concepción (36°30'S), y en el Golfo de Arauco (37°S). En el sector sur, la mayor y más extensa agregación de huevos de anchoveta se ubicó entre lo 38°20' S y los 39°40'S (zona históricamente de mayor abundancia de huevos). A diferencia de años anteriores, no se presentaron huevos más al sur de la zona de Corral (39°40'S).

En el sector central, la presencia de huevos de sardina común, coincide en dos de las zonas de mayor abundancia de huevos registrada para anchoveta: frente al Cabo Carranza y en el Golfo de Arauco. Un tercer núcleo de huevos de sardina fue registrado en Bahía Concepción (36°40'S). A diferencia de anchoveta, el sector de Cabo Carranza no fue establecido como el área de máxima abundancia de huevos de sardina. En el sector sur, la distribución de zonas de mayor agregación de huevos de sardina común coincide exactamente con la de los huevos de anchoveta. Al igual que en anchoveta, el límite sur de distribución alcanzó hasta la zona de Corral (39°40'S). Este límite, sin embargo, se presenta más austral de lo observado en años anteriores (**Figura 10**).

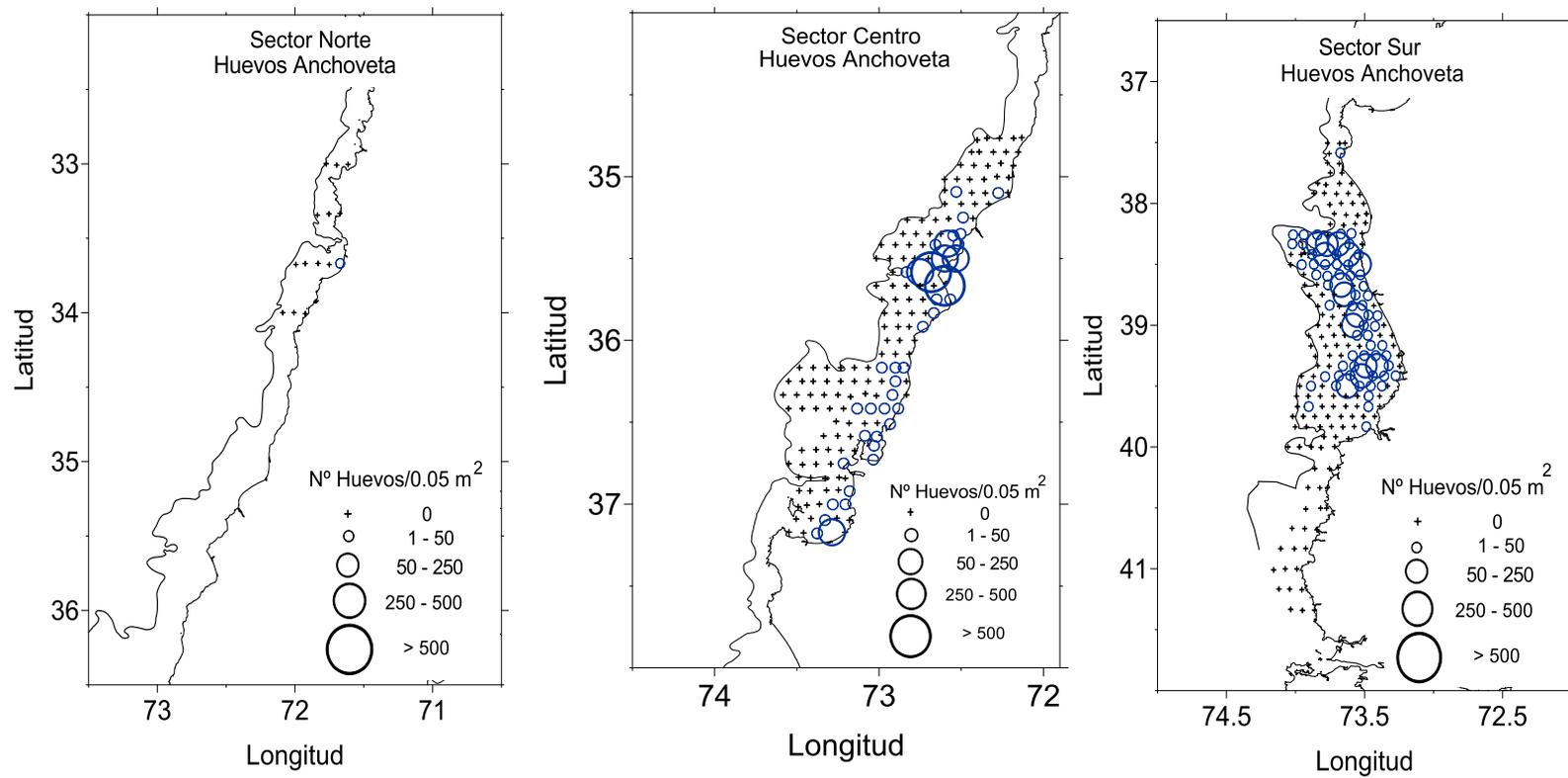


Figura 9. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta registrados en los sectores norte, centro y sur; año 2010.

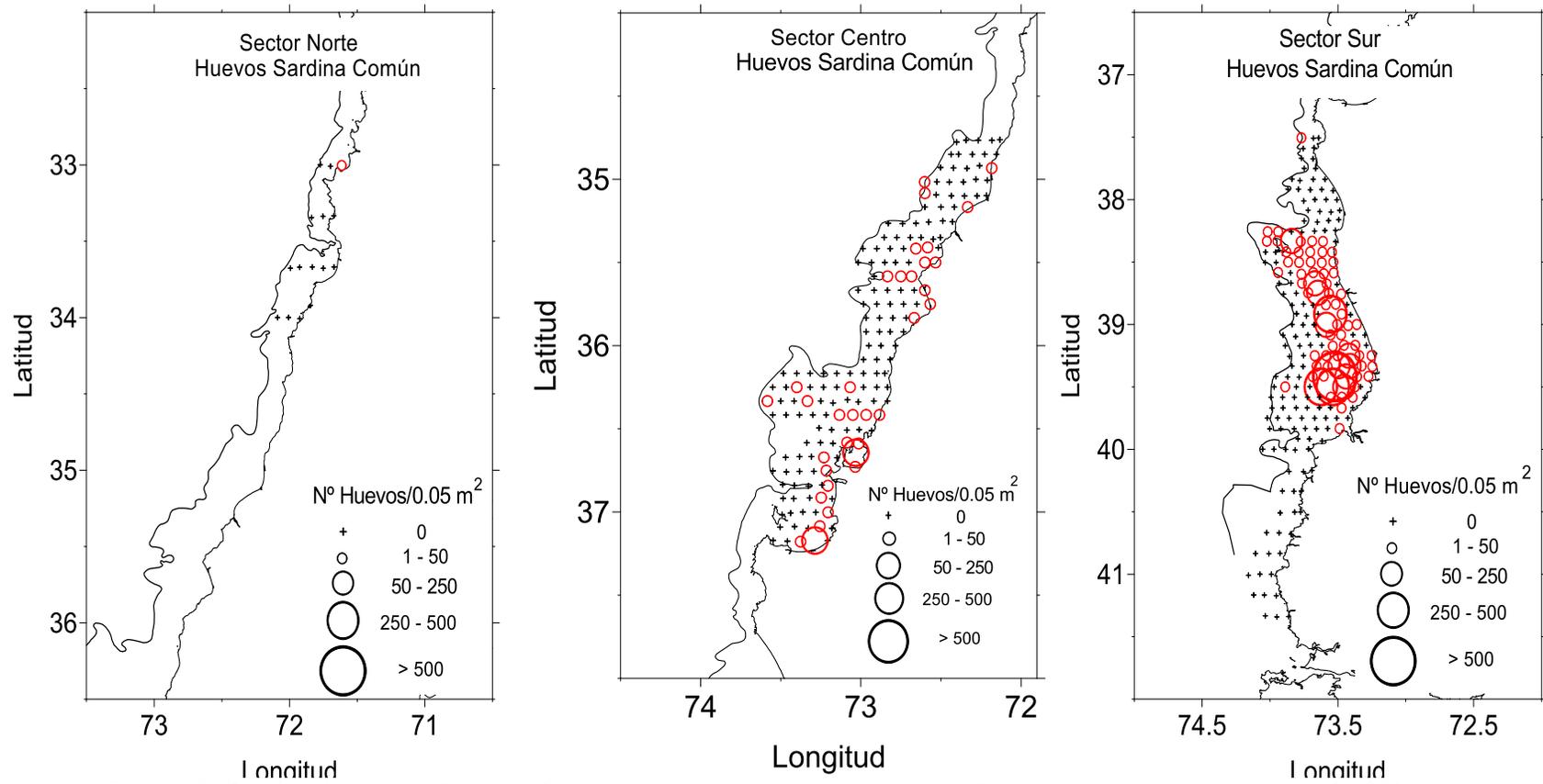


Figura 10. Distribución y abundancia de huevos de sardina común registrados en los sectores norte, centro y sur; año 2010.

5.3.2. 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 en la **Tabla 11**, según los dos procedimientos de determinación de la edad. Se observa que para ambas especies, los parámetros fueron significativos y la pendiente asociada con la edad fue siempre negativa. En el caso de la sardina común, con el procedimiento de datación multinomial (zona centro), se encontró una pendiente no significativa.

Tabla 11. 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).

a) Anchoqueta					
Datación con Lo		Estimado	Error Std.	Valor z	Pr(> z)
Centro	Intercepto	6.06	0.408992	14.817	<2e-16
	Pendiente	-0.016904	0.009601	-1.761	7.83E-02
Sur	Intercepto	5.635327	0.34764	16.21	<2e-16
	Pendiente	-0.018171	0.008166	-2.225	2.61E-02
Datación con Multinomial					
Centro	Intercepto	6.413	0.359	17.821	<2e-16
	Pendiente	-0.028	0.007	-3.839	1.23E-04
Sur	Intercepto	6.013	0.243	24.745	<2e-16
	Pendiente	-0.025	0.004	-6.138	8.34E-10
b) Sardina común:					
Datación con Lo					
Centro	Intercepto	6.000	0.571	10.508	< 2e-16
	Pendiente	-0.035	0.013	-2.637	< 2e-16
Sur	Intercepto	6.696	0.373	17.949	< 2e-16
	Pendiente	-0.029	0.009	-3.293	9.92E-04
Datación con Multinomial					
Centro	Intercepto	5.730	0.610	9.391	<2e-16
	Pendiente	-0.025	0.0160	-1.586	0.113
Sur	Intercepto	n.d			
	Pendiente	n.d			

Los coeficientes de la Tabla 11 permitieron estimar la producción diaria de huevos y tasa de mortalidad diaria de huevos, resultados presentados en la **Tabla 12**. Dichas estimaciones están

referidas al área de desove (A_1), mientras que la estimación estratificada considera el total de área de estudio que incluye tanto el área positiva como negativa. Al respecto, en el caso de la anchoveta se observó que el método de asignación de edad basado en el modelo multinomial fue más preciso que el método convencional. A su vez, para el caso de la sardina común en el sector sur, no se pudo estimar los parámetros P_0 y Z a partir de la datación con el modelo multinomial. 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 0,40 y 0,66 d^{-1} , mientras que en el caso de la sardina común la tasa de mortalidad diaria fluctuó entre 0,61-0,85 d^{-1} , en el sector centro, y se obtuvo un valor de 0,70 d^{-1} para el sector sur (datación Lo).

Tabla 12. 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^2)	11498	12418	11498	12418
Área de desove, A_1 (km^2)	2599	4883	2118	4692
a) Datación con Lo:				
P_0 (huevo/0,05 m^2 /día)	21,4 (0,41)	14,0 (0,35)	20,2 (0,57)	40,0 (0,37)
Z ($día^{-1}$)	-0,407 (0,568)	-0,436 (0,449)	-0,848 (0,379)	-0,700 (0,303)
P_0 (huevo/ m^2 /día)	96,82 (1,07)	110,16(0,63)	74,3 (1,33)	305,8 (0,61)
b) Datación con multinomial				
P_0 (huevo/0,05 m^2 /día)	30,5(0,36)	20,4 (0,24)	15,4 (0,61)	n.d.
Z ($día^{-1}$)	-0,663 (0,260)	-0,604 (0,163)	-0,610 (0,630)	n.d.
P_0 (huevo/ m^2 /día)	137,79 (0,76)	160,71 (0,39)	56,75 (1,43)	n.d.

5.4. Parámetros reproductivos

Como fué informado previamente, en la zona centro se contó con 42 lances de pesca de sardina y 36 de anchoveta, mientras que en la zona sur la información proviene de 22 lances efectivos de pesca solo con presencia de sardina común. 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 fueron utilizados para calcular la covarianza de los parámetros. En tal sentido, para anchoveta se conto con 830 hembras maduras

provenientes de 36 lances de pesca, mientras en sardina común se conto con 1263 hembras maduras provenientes de 52 lances de pesca; lo cual permitio realizar los análisis histológico.

La proporción de estadios de madurez microscópicos se resumen en la **Tabla 13**, para ambas especies y por estrato geográfico. El análisis histológico de los ovarios en anchoveta, indicó que el 100% de las hembras se encontraban activas (EMM 3 al 7); mientras que en sardina común, el 66,5% de las hembras se encontraban activas (EMM 3 al 7). Los resultados del comportamiento reproductivo evidencian que los cruceros fueron efectuados durante el máximo proceso de desove.

Tabla 13. Fracción de estadios de madurez sexual microscópicos de anchoveta y sardina común durante el período de estudio; año 2010.

EMS	Anchoveta				Sardina			
	Centro		Sur		Centro		Sur	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Virginal, I	0	0,0	n.d	n.d.	0	0,0	0	0,0
Inmaduro, II	0	0,0	n.d	n.d.	191	21,8	216	56,0
Parcialmente vitelado, III	0	0,0	n.d	n.d.	96	10,9	53	13,7
Vitelado, IV	622	74,9	n.d	n.d.	419	48,0	99	25,6
En hidratación, V	63	7,6	n.d	n.d.	61	7,0	3	0,8
Hidratado, VI	145	17,5	n.d	n.d.	99	11,3	0	0,0
En desove, VII	0	0,0	n.d	n.d.	1	0,1	0	0,0
Post-desovanteVIII	0	0,0	n.d	n.d.	8	0,9	15	3,9
Total	830	100,0	n.d.	n.d.	877	100,0	386	100,0

a) Fracción diaria de hembras desovantes

La estimación de la fracción de hembras desovantes se efectuó solo con aquellas de día 1, 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 0,208 para la zona centro sobre la base de 36 lances y 23 hembras promedio por lance, y con una precisión aceptable (CV = 0,008), mientras que para la zona sur, en ausencia de muestreo, se utilizó las estimaciones obtenidas para el año 2009 (**Tabla 14a**). En la sardina común, la fracción desovante promedio fue de 0,09 (CV = 0,224) en la zona centro, con 32 lances y 25 hembras promedio por lances; en tanto, la fracción desovante en la zona sur fue muy baja (S=0,038) e imprecisa (CV=0,502), en 20 lances y 24 hembras promedio por lances (**Tabla 14b**).

Tabla 14. Resumen de los parámetros reproductivos de los ejemplares adultos de anchoveta y sardina común, por estrato geográfico. (* se utiliza las estimaciones de 2009)

Parámetros	2010			
	Centro	CV	Sur*	CV*
a) Anchoveta				
Fracción desovante, S	0,208	0,083	0,140	0,210
Peso promedio, W (g)	16,9	0,033	17,5	0,107
Proporción de hembras, R	0,49	0,11	0,60	0,036
Fecundidad media, F	7449	0,051	5404	0,105
Fecundidad relativa, F/W	441		309	
Fecundidad específica diaria, DSF	45,8		25,9	
Número de lances, n	36		25	
Número de hembras, m	830		928	
Hembras promedio por lance, m	23		37	
b) Sardina común				
2010				
Parámetros	Centro	CV	Sur	CV
Fracción desovante, S	0,09	0,224	0,038	0,502
Peso promedio, W (g)	20,3	0,09	12,9	0,07
Proporción de hembras, R	0,51	0,13	0,51	0,16
Fecundidad media, F	7161	0,09	4829	0,09
Fecundidad relativa, F/W	352		374	
Fecundidad específica diaria, DSF	16,6		7,19	
Número de lances, n	32		20	
Número de hembras, m	780		487	
Hembras promedio por lance, m	25		24	

b) Proporción sexual y peso promedio

La proporción de hembras en peso fue cercana a 1:1 para ambas especies en todas las zonas de estudio (**Tabla 14**). En la zona centro, la proporción de hembras en sardina común fue levemente superior a la observada en anchoveta, 51% y 49% respectivamente. En sardina común, el peso promedio de las hembras maduras en la zona centro fue superior al registrado para las hembras en la zona sur, 20,3 g y 12,3 g respectivamente (**Tabla 14b**). En anchoveta, las hembras maduras en la zona centro, registrarán un peso promedio de 16,9 g.

c) Fecundidad parcial y fecundidad media poblacional

La fecundidad media poblacional de sardina común fue mayor en la zona centro, lo que se debe al mayor peso promedio de las hembras en esa zona respecto a la zona sur (**Tabla 14b**). En el caso de anchoveta, la fecundidad media fue mayor, con respecto a la fecundidad estimada en el año

2009 para la zona sur (**Tabla 14a**). Las estimaciones de la fecundidad media poblacional, derivan de las relaciones lineales encontradas entre la fecundidad parcial y el peso corporal de las hembras de cada especie (**Tabla 15**).

Tabla 15. Regresión lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal, año 2010.

Parámetro	Anchoveta	Sardina común
Intercepto (a)	925,94	552,32
Pendiente (b)	415,17	343,46
S_a	1033,81	1021,54
S_b	56,69	48,89
Error típico (S_{yx})	1408,88	1972,78
n	24	38
r^2	0,71	0,58
P(b = 0)	<0,05	<0,05
PC promedio (g)	17,52	19,84

5.5. 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 dos métodos de datación, uno basado en el método convencional de Lo (1985) y otro que usa el modelo multinomial. Sin embargo, se resalta la no convergencia del modelo multinomial en sardina común para la zona sur. Los estimadores puntuales permiten señalar que la biomasa del stock desovante fue menor en la zona centro en comparación con la zona sur para ambas especies, estimándose valores entre 24 - 34 mil toneladas de anchoveta (método convencional y multinomial, respectivamente), y entre 39 - 51 mil toneladas de sardina común (método multinomial y convencional, respectivamente). En la zona sur, el método convencional entregó la mayor estimación de biomasa desovante para sardina común con un valor de 528 mil toneladas (**Tabla 16**).

Tabla 16. Parámetros del Método de la Producción Diaria de Huevo y estimación de la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común (Septiembre-Octubre 2010), según dos métodos de datación de huevos (convencional y multinomial). El coeficiente de variación se muestra en paréntesis para las estimaciones de biomasa (* se utiliza las estimaciones de 2009).

Parámetros	Anchoveta		Sardina común	
	Centro	Sur	Centro	Sur
Fracción desovante, S	0,208	0,140*	0,09	0,038
Peso promedio de hembras maduras, W (g)	16,9	17,5*	20,3	12,9
Proporción sexual, R (fracción de hembras)	0,5	0,60*	0,51	0,51
Fecundidad media, F (huevos por hembra)	7449	5404*	7161	4829
Fecundidad relativa, RF (huevos por g)	441	309*	352	374
Area de estudio, A (km ²)	11498	12418	11498	12418
a) Datación convencional:				
P_0 (huevo/m ² /día)	96,82	110,16	74,34	305,83
Biomasa desovante, B (t)	24280 (0,87)	53333 (0,60)	51607 (1,36)	528108 (0,81)
	77613 (0,490)		579715 (0,744)	
b) Datación multinomial:				
P_0 (huevo/m ² /día)	137,79	160,71	56,75	n.d.
Biomasa desovante, B (t)	34555 (0,77)	70920 (0,57)	39397 (1,45)	n.d.
	105475 (0,46)		n.d.	

En la **Tabla 17**, se pueden observar las tendencias que han tenido los diferentes parámetros utilizados en ambos recursos para la estimación del stock desovante mediante el método de producción diaria de huevos.

Tabla 17. Fracción desovante (S); Peso promedio (W, g); Proporción de hembras (R); Fecundidad parcial (F); fecundidad relativa respecto al peso total (F/W); Fecundidad específica diaria (DSF); Número de lances (n) y Número de hembras maduras (m) muestreadas de 2002 a 2010 para las zonas centro y sur del área de estudio por especie. El coeficiente de variación se muestra entre paréntesis..

AÑO	ZONA	S	W	R	F	F/W	DSF	n	m
ANCHOVETA									
2002	Centro	0.15 (0.22)	14.22 (0.11)	0.49 (0.04)	4989 (0.12)	351	26	14	459
	Sur	0.07 (0.15)	22.18 (0.04)	0.52 (0.06)	8239 (0.05)	371	13	18	702
2003	Centro	0.05 (0.18)	14.05 (0.04)	0.48 (0.07)	5399 (0.05)	384	9	29	1007
	Sur	0.17 (0.09)	19.20 (0.03)	0.53 (0.03)	7260 (0.04)	378	34	39	1271
2004	Centro	0.20 (0.12)	19.11 (0.07)	0.28 (0.07)	7004 (0.07)	367	21	27	840
	Sur	0.17 (0.25)	19.72 (0.03)	0.38 (0.09)	7317 (0.04)	371	24	16	549
2005	Centro	0.10 (0.16)	11.68 (0.07)	0.44 (0.03)	4283 (0.07)	367	16	31	930
	Sur	0.09 (0.50)	21.95 (0.04)	0.58 (0.06)	8059 (0.04)	367	20	9	217
2007	Centro	0.21 (0.09)	22.67 (0.03)	0.50 (0.05)	8837 (0.04)	390	41	28	1118
	Sur	0.27 (0.16)	22.83 (0.06)	0.51 (0.07)	8903 (0.06)	390	54	22	873
2008	Centro	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sur	0.06 (0.90)	14.42 (0.20)	0.50 (0)	5559 (0)	385	12	11	385
2009	Centro	0.206 (0.21)	12.20 (0.05)	0.53 (0.05)	3997 (0.08)	327	36	14	547
	Sur	0.14 (0.21)	17.50 (0.11)	0.60 (0.04)	5404 (0.11)	308	26	25	928
2010	Centro	0.208 (0.08)	16.90 (0.03)	0.50 (0)	7449 (0.05)	441	46	36	830
	Sur	-	-	-	-	-	-	-	-
SARDINA COMÚN									
2002	Centro	0.14 (0.17)	19.50 (0.05)	0.51 (0.04)	8497 (0.05)	436	30	32	771
	Sur	0.03 (0.43)	24.56 (0.03)	0.40 (0.06)	10414 (0.03)	424	5	20	494
2003	Centro	0.03 (0.55)	11.25 (0.06)	0.48 (0.07)	5901 (0.08)	524	7	15	340
	Sur	0.10 (0.29)	18.19 (0.04)	0.53 (0.03)	9800 (0.05)	539	29	21	490
2004	Centro	0.10 (0.21)	15.32 (0.12)	0.45 (0.08)	6990 (0.12)	456	20	21	695
	Sur	0.12 (0.20)	16.52 (0.04)	0.59 (0.05)	7716 (0.05)	467	32	12	380
2005	Centro	0.07 (0.20)	12.07 (0.06)	0.53 (0.03)	5980 (0.07)	495	18	31	1322
	Sur	0.08 (0.21)	13.96 (0.05)	0.47 (0.09)	7069 (0.05)	506	19	4	75
2007	Centro	0.26 (0.11)	24.31 (0.05)	0.53 (0.05)	9267 (0.06)	381	53	24	945
	Sur	0.15 (0.23)	21.50 (0.03)	0.51 (0.04)	8214 (0.04)	382	29	26	1033
2008	Centro	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sur	0.05 (0.57)	11.80 (0.12)	0.5 (0)	5587 (0)	473	11	30	990
2009	Centro	0.103 (0.20)	17.3 (0.11)	0.48 (0.05)	6825 (0.12)	395	20	18	632
	Sur	0.033 (0.44)	12.3 (0.05)	0.45 (0.04)	4844 (0.07)	394	6	32	1141
2010	Centro	0.09 (0.22)	20.3 (0.09)	0.51 (0.13)	7161 (0.09)	352	17	32	780
	Sur	0.038 (0.50)	12.9 (0.07)	0.51 (0.16)	4829 (0.09)	374	7	20	487

5.6. Distribución de huevos y condiciones oceanográficas

5.6.1. Hidrografía

a) Temperatura superficial del mar

La temperatura superficial del mar muestra un gradiente latitudinal típico con valores altos sobre los $>13^{\circ}\text{C}$ hacia el norte (menores latitudes) y menores temperaturas ($<11.5^{\circ}\text{C}$) hacia el sector sur; constituyendo la zona de Punta Lavapié - Lebu ($37^{\circ} - 37^{\circ}30'S$) como un sector que divide dos áreas con marcadas diferencias en temperatura superficial del mar. En el sector central, las menores temperaturas ($<11.5^{\circ}\text{C}$) fueron registradas 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 (**Figura 11**). Por otro lado, el sector sur, a diferencia del sector norte y central, a lo largo de prácticamente todo el periodo de estudio, se destaca la presencia de aguas más frías en las regiones más cercanas a la costa (**Figura 11**).

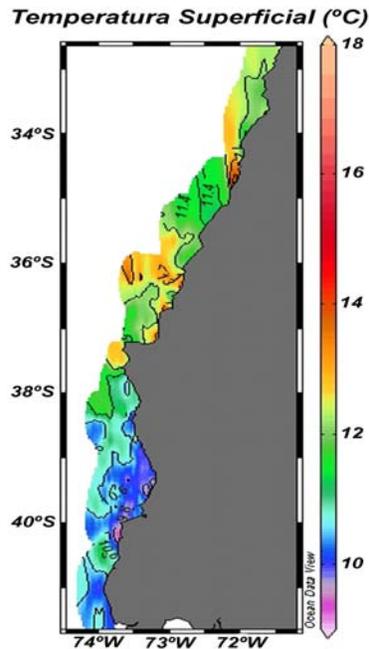


Figura 11. Temperatura superficial del mar (tomada en balde) durante los cruceros de huevos, año 2010.

b) Hidrografía en los sectores

Un análisis más detallado de la hidrografía por sectores a distintas profundidades (1, 10 y 50 m), entregó los siguientes resultados:

Sector Norte. Se observa temperaturas sobre 12°C en superficie, con un área costera de menores valores particularmente a 10 m (11-11.5 °C; 33.25 °S), situación similar se observa a 50 m (10.5-11°C; 33.75°S). Las variaciones en salinidad fueron menos marcadas que en temperatura encontrándose las mayores salinidades en el estrato profundo, mientras que las densidades tendieron a seguir la distribución de temperaturas con mayores densidades en profundidad (50m) en el área sur y en el área costera central a 10m (**Figura 12**).

Sector Centro. Se observaron marcados cambios en temperatura a 1 m de profundidad tanto en el sentido costa océano como en alguna zonas asociadas a bahías (**Figura 13**). En el área media (35.5-36.2°S) en particular, se observó altas temperaturas en el sector más oceánico, al igual que en áreas costeras semicerradas tales como Bahía Concepción y el Golfo de Arauco. En la costa del área media (a diferencia del sector más oceánico) ocurrieron aguas con bajas temperaturas. Desde los 36.5°S al sur, a los 10 m de profundidad se observó en la zona costera menores temperaturas que sugirieron procesos de surgencia. Las variaciones en salinidad fueron también muy notorias, destacándose a 1 m de profundidad la influencia de aguas de menor salinidad provenientes de las desembocaduras de los ríos Maule (35.25°S) y BioBio (36.70°S), cuya pluma se extendió hacia el noroeste hasta pasado el quiebre de la plataforma continental. La influencia del agua dulce no se habría manifestado a los 10 m de profundidad, presentándose mayores valores de salinidad en la costa que hacia el océano, coincidiendo con las aguas más frías antes señaladas y con las mayores densidades en la zona costera (**Figura 13**).

Sector Sur. Las menores temperaturas se observaron a lo largo de toda el área costera tanto a 1 m como a 10 m de profundidad (**Figura 14**). Mientras las menores salinidades en superficie ocurrieron en el área sur y en el área central pero alejado de la costa (probablemente asociado a la pluma emergente desde Corral, 40°S), las mayores salinidades y densidades en superficie y a 10m ocurrieron a lo largo de la costa en el área norte (38 – 39 °S) y en menor grado en el área central (39-39.7 °S) (**Figura 14**).

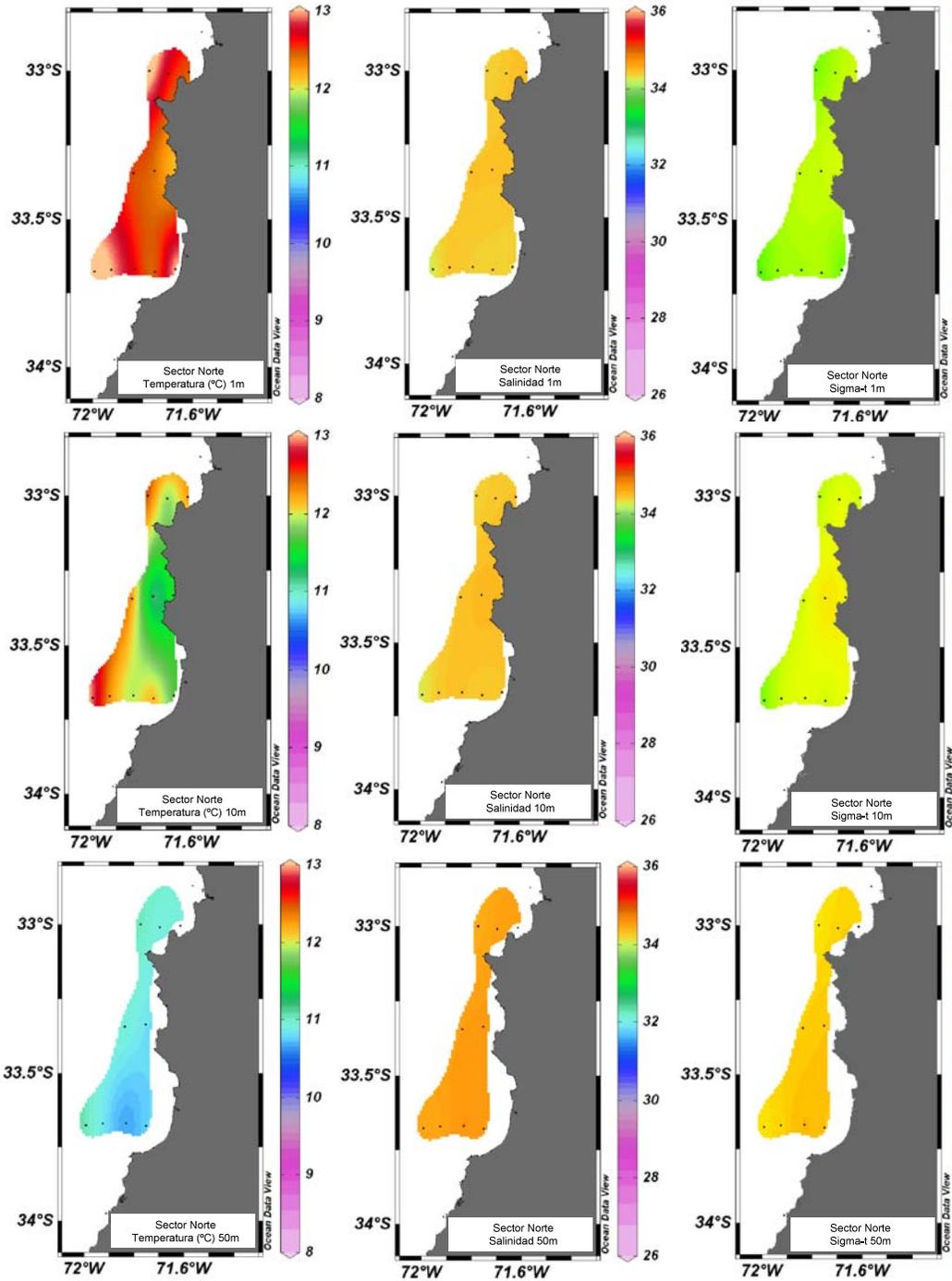


Figura 12. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 1 (panel superior), 10 (medio) y 50 m (inferior) de profundidad, en el sector norte de la zona de estudio.

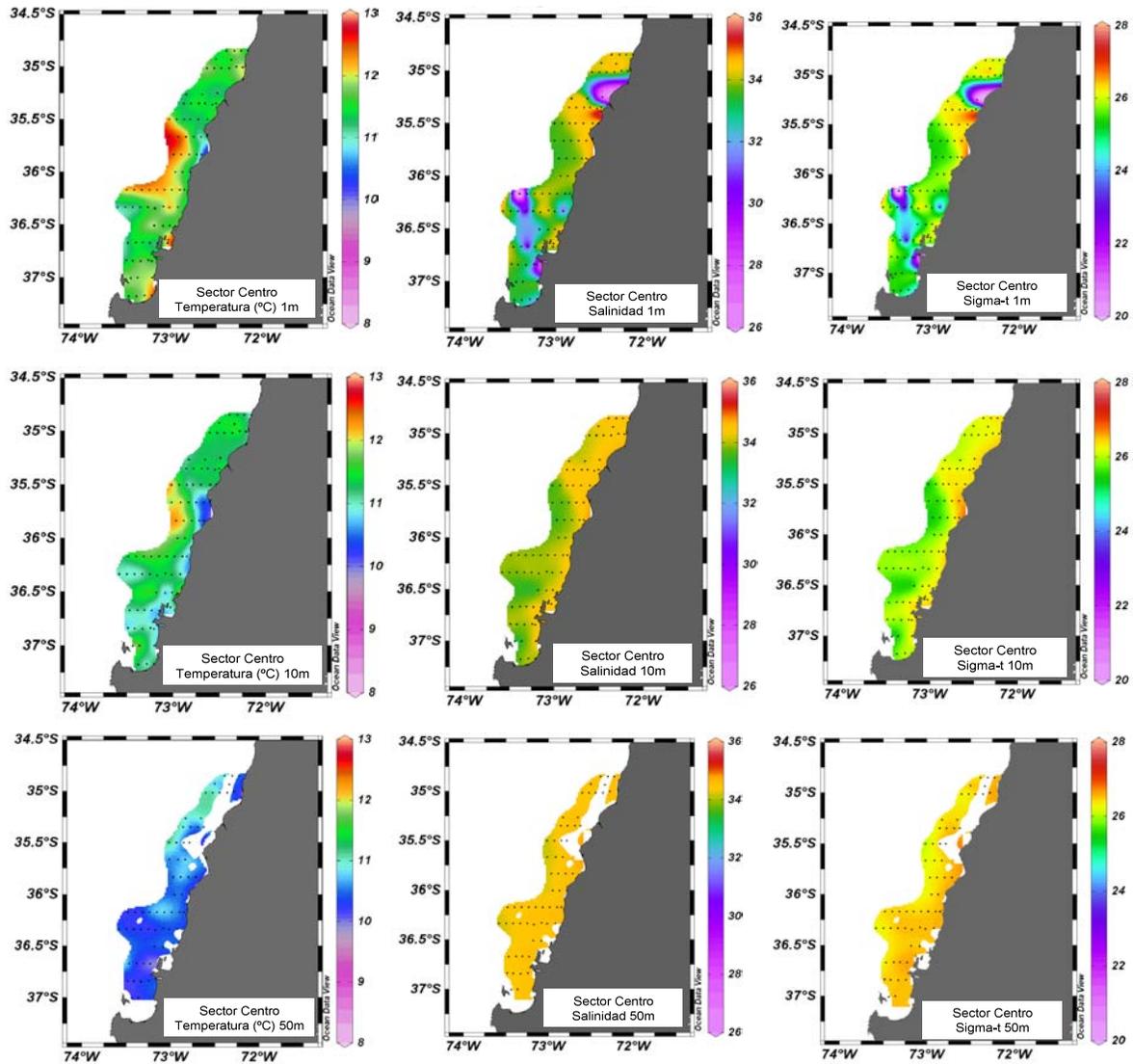


Figura 13. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 1 (panel superior), 10 (medio) y 50 m (inferior) de profundidad, en el sector central de la zona de estudio.

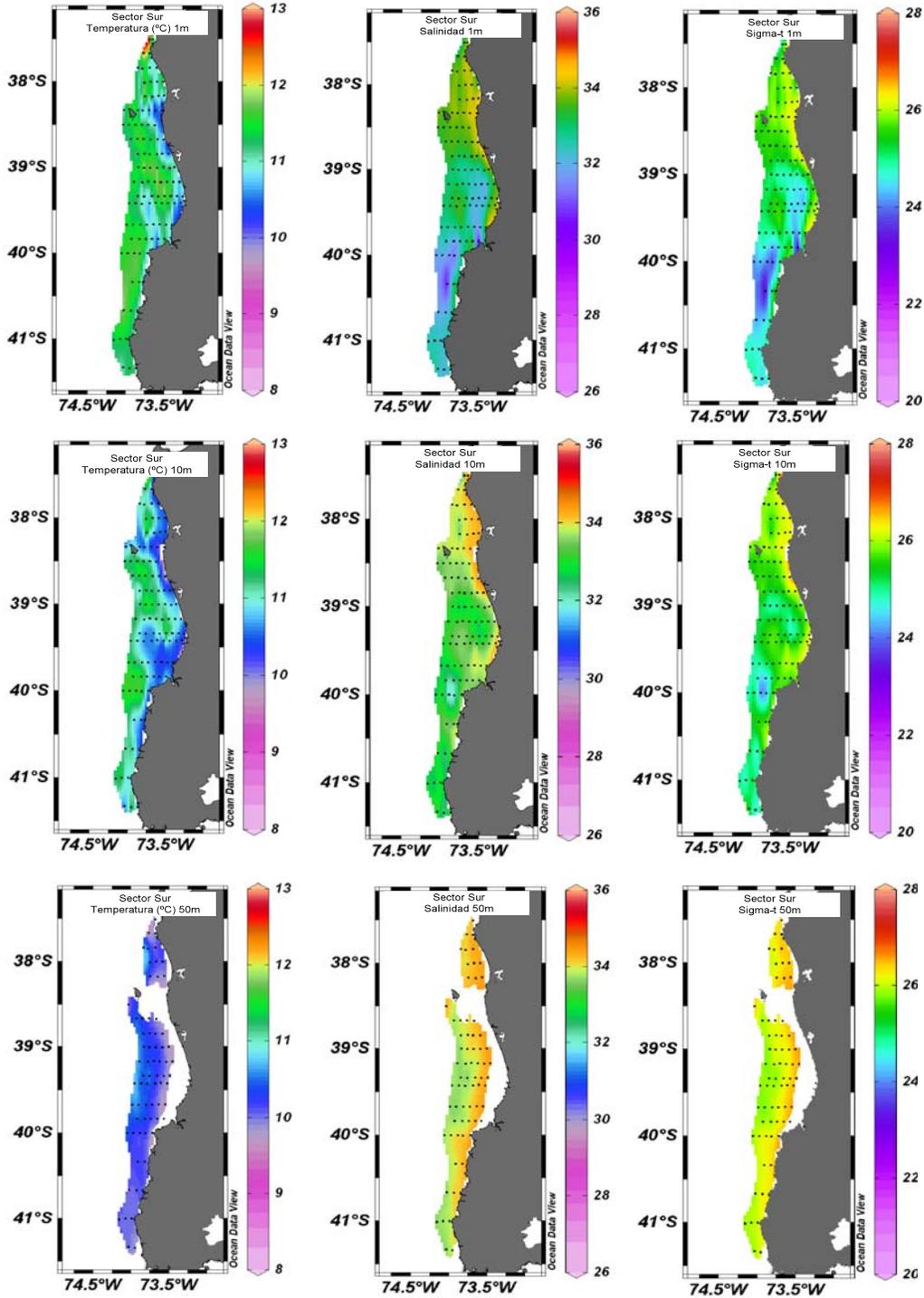


Figura 14. Características hidrográficas (temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 1 (panel superior), 10 (medio) y 50 m (inferior) de profundidad, en el sector sur de la zona de estudio.

c) Secciones verticales

Las secciones verticales de hidrografía al sur de Constitución (trasecta 17; 35.4 °S) muestran la presencia de una estructura frontal asociada al quiebre de la plataforma continental (72°W), con aguas de mayor temperatura, menor salinidad y densidad hacia el océano y aguas de menor temperatura, mayor salinidad y densidad hacia la costa, ascendiendo sobre la plataforma continental (**Figura 15**). Las secciones en el Golfo de Arauco (trasecta 37; 36.75°S) muestran un ambiente estratificado con la influencia de aguas provenientes del río BioBio (mayor temperatura, menor salinidad y densidad) en el sector oriental (73.3 -73.2°W) y la presencia de agua de salinidades mayores a 34 psu en el fondo del Golfo. En el sector norte de la IX región (sur de Tirua, transecta 48, 38.3 °S) la columna de agua se presentó más homogénea verticalmente pero existió un gradiente térmico y halino perpendicular a la costa con menores temperaturas, mayores salinidades y mayores densidades en la zona costera insinuando un proceso de surgencia marcado en esa área, tal como se apreció en las imágenes de características hidrográficas en la horizontal de la sección anterior. Finalmente, las secciones correspondientes a las dos transectas cercanas a Bahía Queule (transectas 60 y 61; 39.2 - 39.3 °S) mostraron un ascenso gradual de las aguas de mayor salinidad y densidad sobre la plataforma continental y la presencia de un núcleo (73.4-73.5 °W) con agua de mayor temperatura (<11.45°C) y menor salinidad (<32.5 psu) probablemente asociado a la pluma de agua dulce proveniente de la zona de Corral.

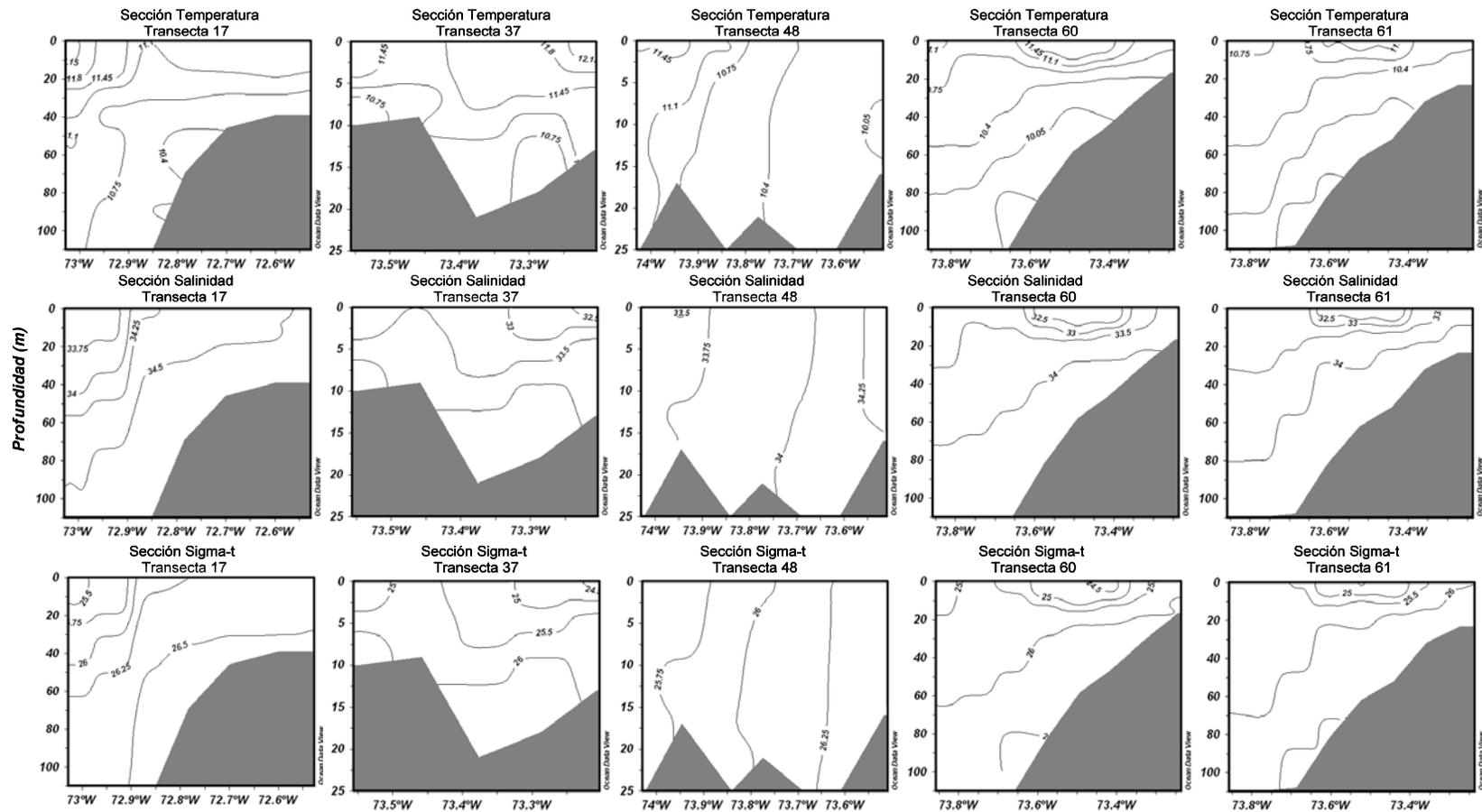


Figura 15. Secciones verticales de temperatura, salinidad y sigma-t en 2 transectas de la zona central y 3 en el sector sur, 2009. Las secciones ubicadas en los 36.5°S, 38.5°S y 38.8°S alcanzan los 100m de profundidad. Las secciones a los 37.1°S y 39.4°S alcanzan profundidades de 20 y 25 m solamente.

d) Relación de la distribución de huevos con variables ambientales

La sobreposición de la data de abundancia sobre los mapas de temperatura del mar a 10 m muestra que la estación con huevos de anchoveta en el sector norte ocurrió en aguas costeras de temperatura cercana a 11.5 °C mientras que para sardinas fue alrededor de 11.75 °C (**Figura 16**). En el sector central, las mayores abundancias de huevos de anchoveta y también de sardina común (pero en menor número) en las proximidades de Constitución y a lo largo de la costa (incluido el Golfo de Arauco) habrían ocurrido en zonas con influencia de aguas de surgencia costera, a temperaturas entre 10.75 y 11.5 °C a 10m de profundidad. En el sector sur (**Figura 17**), sin embargo, las mayores abundancias de huevos de ambas especies se habrían colectado en las estaciones medias sobre la plataforma continental en aguas alrededor a 11°C a 10m de profundidad y no en las zonas costera donde habría estado ocurriendo la surgencia ($T < 10.75^{\circ}\text{C}$).

Los diagramas T-S con las abundancias de huevos por especie y sector muestran los rangos de las variables (T,S) observadas a 1 y 10 m de profundidad (rectángulos punteados) y las abundancias escaladas (círculos) asociados a cada par de variable a esas profundidades (**Figuras 18 y 19**). Una primera inspección de la data hidrográfica nos señala que los rangos de temperaturas (diferencia entre la máxima y mínima) observadas en superficie aumentaron desde el sector norte (rango aprox. = 2 °C) hacia el sur (rango aprox. = 3°C), mientras que el rango más amplio de salinidades (15 psu aprox.) fue observado en el sector central (rectángulo rojo). A 10 m de profundidad los rangos de temperatura fueron similares entre zonas (aprox. 2°C) aunque las temperaturas máximas, media y mínima de cada rango fueron disminuyendo hacia el sur. En salinidad, en cambio, los rangos fueron aumentando desde el norte hacia el sur y los valores máximo, medio y mínimo de cada sector disminuyeron también hacia el sur.

Los rangos de temperatura y salinidad entre los cuales variaron las máximas abundancias de huevos fueron distintos entre sectores así como entre ambas especies (**Figuras 18 y 19**). En el sector norte, las estaciones que presentaron más huevos de anchovetas y sardinas comunes difirieron entre especies solo en alrededor de 0.5°C tanto en superficie como a 10m de profundidad (0.5°C mayor en anchoveta; 13°C en superficie y 11.75°C a 10m), mientras que las salinidades fueron equivalentes entre especies (34-34.5 psu). En el sector central, las mayores abundancias de anchoveta ocurrieron en un rango de temperaturas de 11.25 -11.75°C mientras que el de sardina común fue levemente superior (entre 11.0 y 12.25 °C). El rango de salinidades en el cual se encontró las máximas abundancias de ambas especies varió entre 32 y 34.5 psu tanto en superficie como a 10m de

profundidad. Finalmente, en el sector sur, el rango de temperatura con máximas abundancias de anchoveta fue muy similar entre especies pero más amplio y con menores valores (10.25-12°C) que en el sector central, siendo también el rango de salinidades levemente inferior (31.5 – 34 psu) al sector central.

Comparado con el año 2009 (**Figura 20**), los valores de temperatura en que ocurrieron las mayores abundancias de ambas especies en el 2010 (rango temperatura a 10m centro + sur 2010: anchoveta = 10.25-11.75 °C; sardina común = 11-12.25 °C) fueron levemente inferiores al 2009 (rango temperatura 10m centro+sur 2009: anchoveta = 11.0-12.5 °C; sardina común: 11.4-12.2°C). En términos de salinidad las mayores abundancias de huevos el 2010, sin embargo, ocurrieron en agua de salinidades similares (rango total centro + sur 2010: anchoveta = sardina común = 32-34.5 psu) que el 2009 (rango salinidad centro+sur 10m 2009: anchoveta = 32.5 -34.5 psu; sardina común: 32.8-34.5 psu).

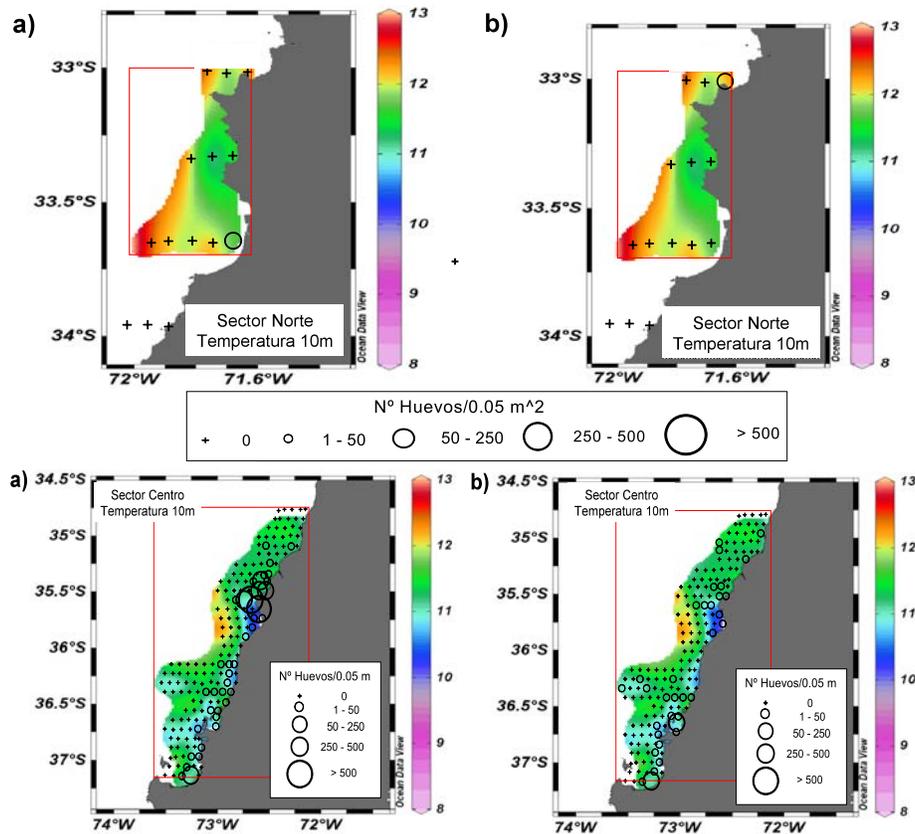


Figura 16. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta (a) y sardina común (b) sobre secciones horizontales de temperatura a 10 m de profundidad en la zona norte (paneles superiores) y centro (paneles inferiores).

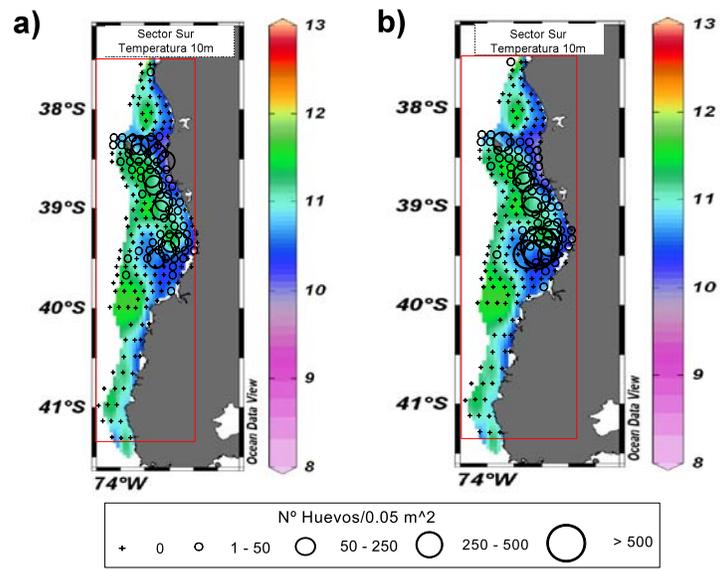


Figura 17. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta (a) y sardina común (b) sobre secciones horizontales de temperatura a 10 m de profundidad en la zona sur.

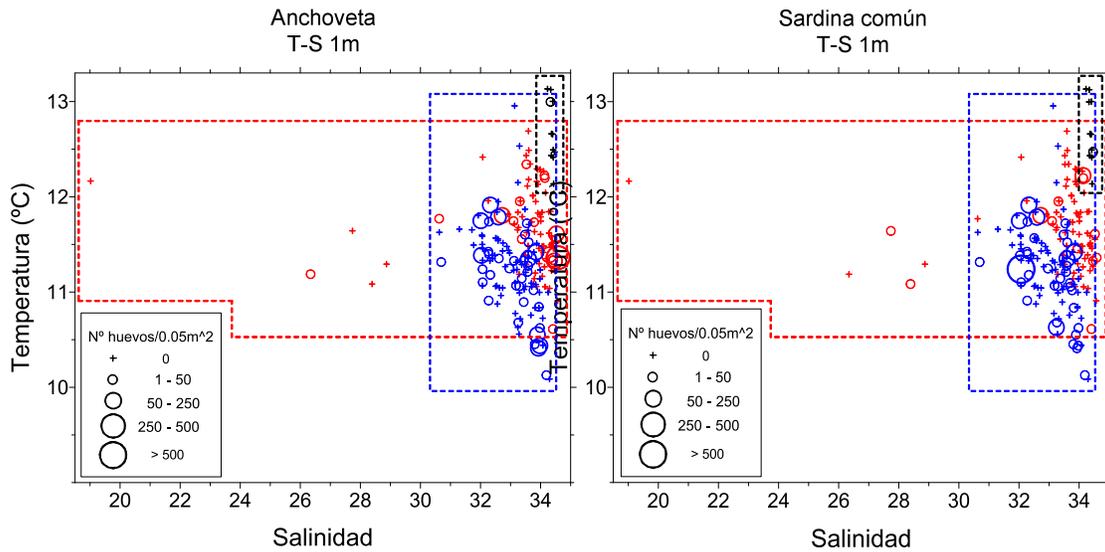


Figura 18. Diagramas en que la data de temperatura y salinidad (T-S) a 1m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta y sardina común. Los círculos en negro corresponden a la abundancia de huevos en estaciones de la zona norte, en rojo a la central y, en azul, a la zona sur.

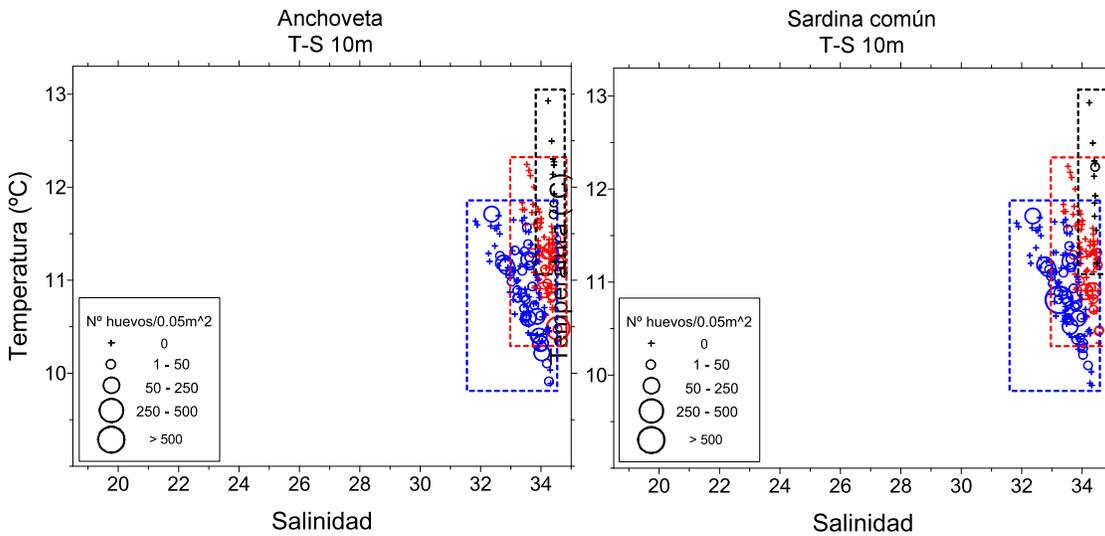


Figura 19. Diagramas en que la data de temperatura y salinidad (T-S) a 10m de profundidad de cada estación del 2010, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta y sardina común. Los círculos en negro corresponden a la abundancia de huevos en estaciones de la zona norte, en rojo a la central y, en azul, a la zona sur.

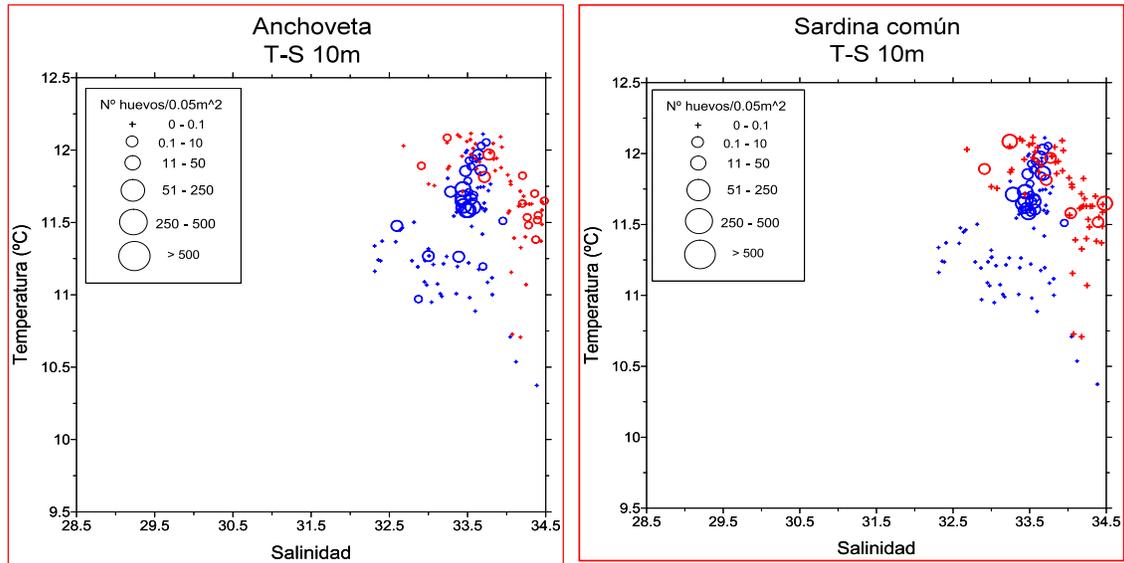


Figura 20. Diagramas TS 2009 en que a la data de Temperatura y Salinidad a 10 m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia de huevos de anchoveta y sardina común. Los círculos en rojo corresponden a abundancia de huevos en estaciones de la zona central y, en azul, a la zona sur.

5.6.2. Información satelital

a) Temperatura superficial del mar y clorofila

Para los meses de agosto, septiembre y octubre de 2010 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 21, 22**) y clorofila (**Figuras 23, 24**) 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 38°00'S con valores en torno a los 11°C y valores de 12,0-13,5°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 millas nauticas) no superando los 7,5 mg m⁻³; b) un segundo periodo que abarca desde la segunda semana y hasta la última de octubre mostrando un leve incremento de la temperatura y el establecimiento de la isoterma de 11 °C al sur de los 39°S. En el periodo de tiempo analizado, se observó tres bandas térmicas caracterizadas por las isotermas de 11°C (39°-41°S), 12°C (36°30'-38°S') y a la isoterma de 13° al norte de los 36°S; sin embargo, la temperatura predominante en la zona costera, área de interés, se mantuvo en torno a los 12 °C.

Por su parte la clorofila muestra un leve incremento en sus valores (> 10 mg m⁻³ y <13 mg m⁻³) y su cobertura espacial por el sur, llegando a cubrir toda la banda costera (aprox. 40 millas nauticas 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) descrita para el área de estudio, aunque mostrando un sistema comparativamente más frío que años anteriores. 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 proveniente 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.

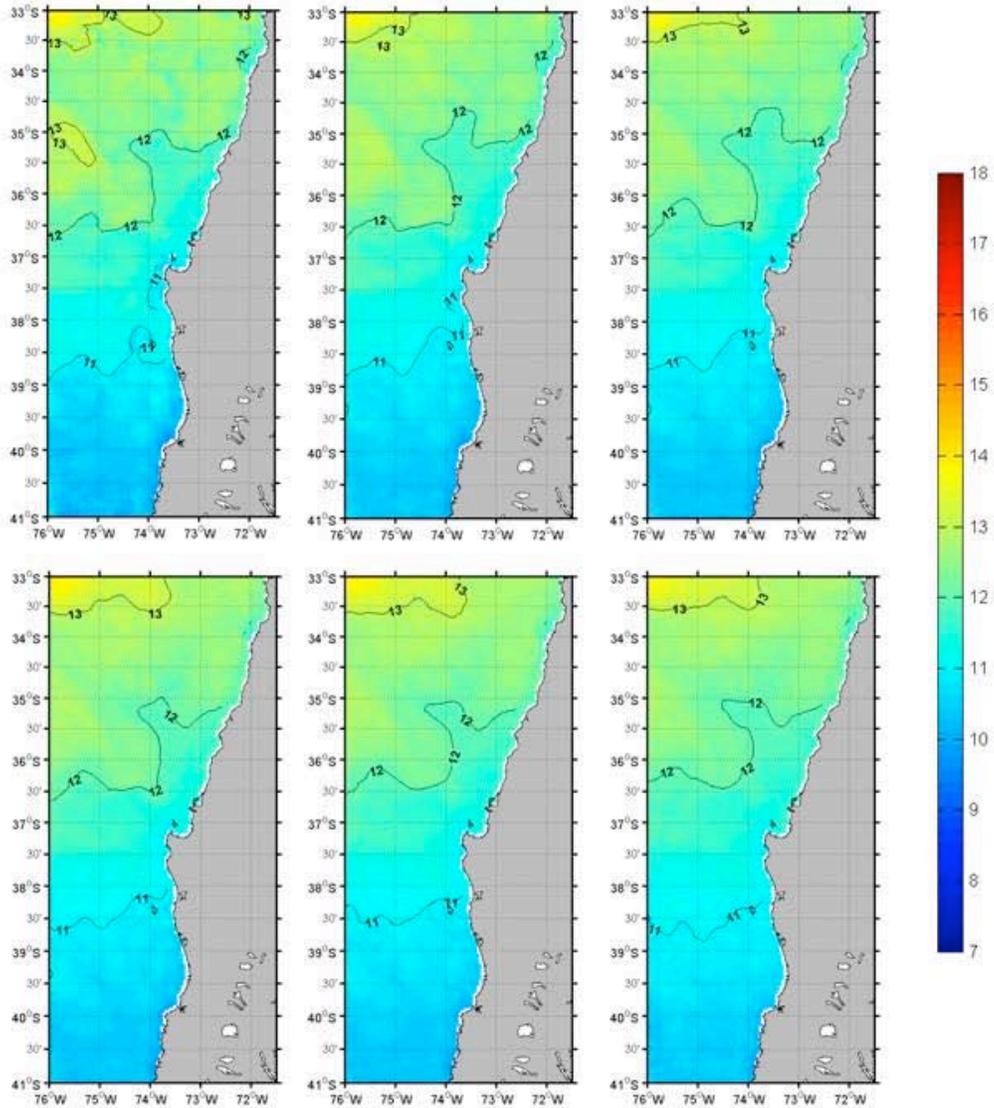


Figura 21. Promedios semanales de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) semanales desde el 01 de agosto hasta el 11 de septiembre de 2010.

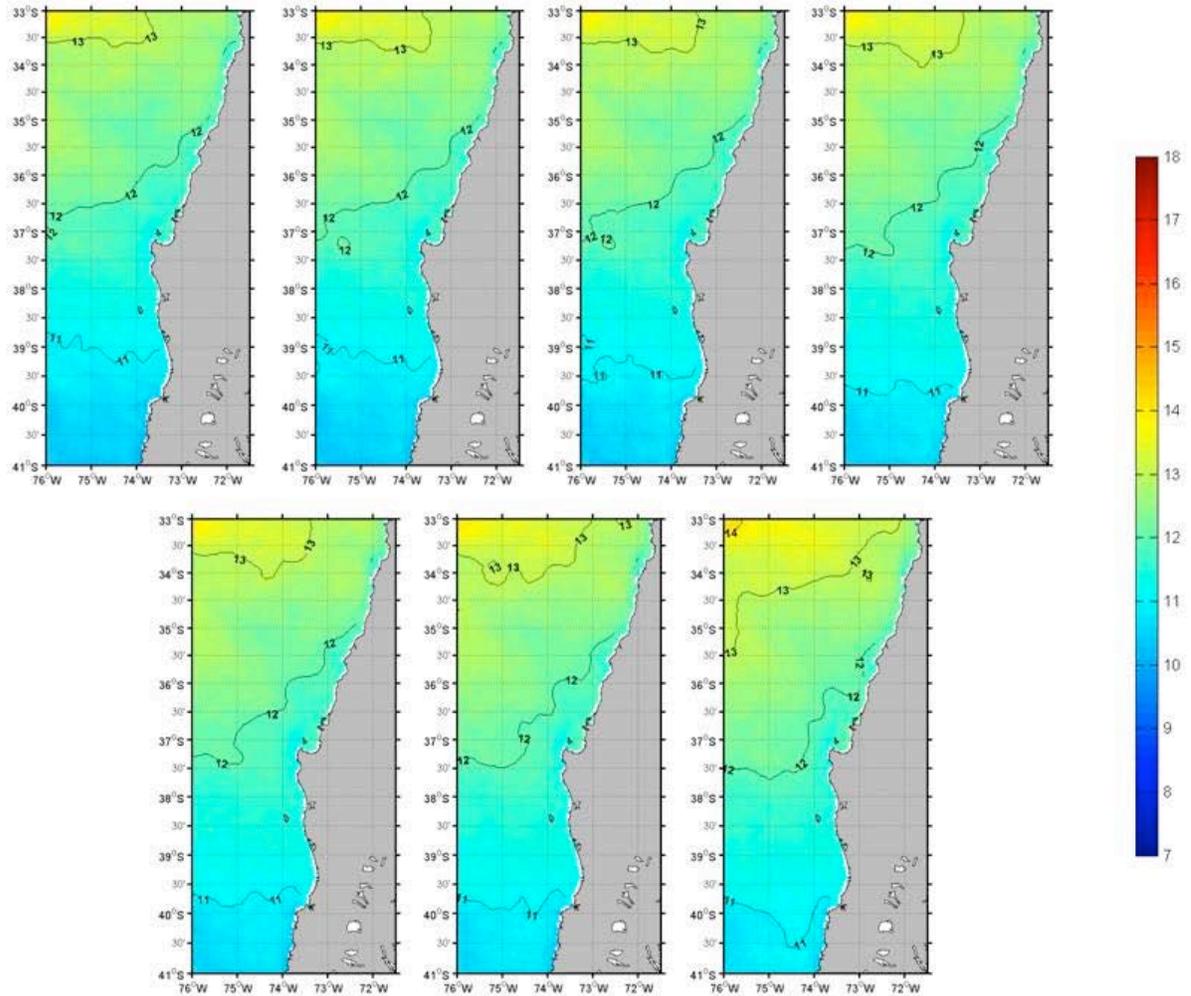


Figura 22. Promedios semanales de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) semanales desde el 12 de septiembre hasta el 30 de octubre de 2010.

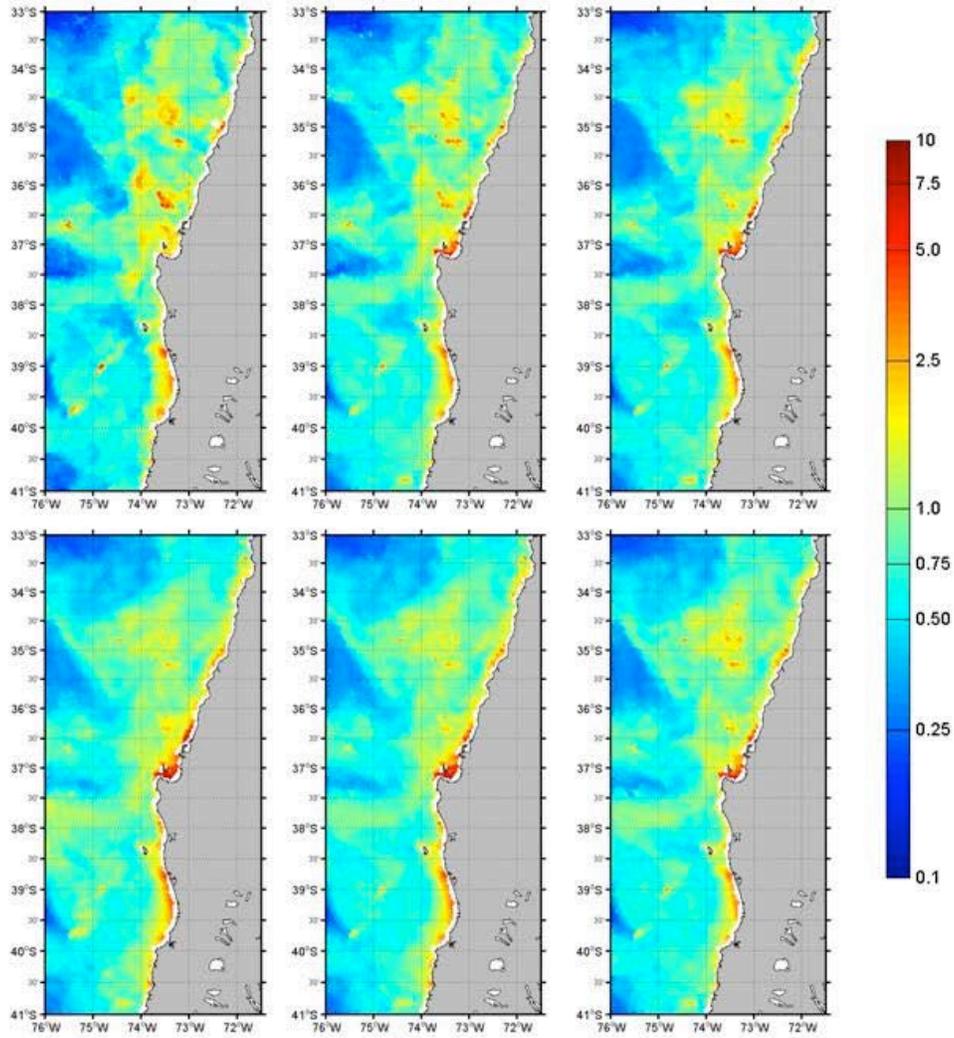


Figura 23. Promedios semanales de imágenes satelitales de clorofila semanales semanales desde el 01 de agosto hasta el 11 de septiembre de 2010.

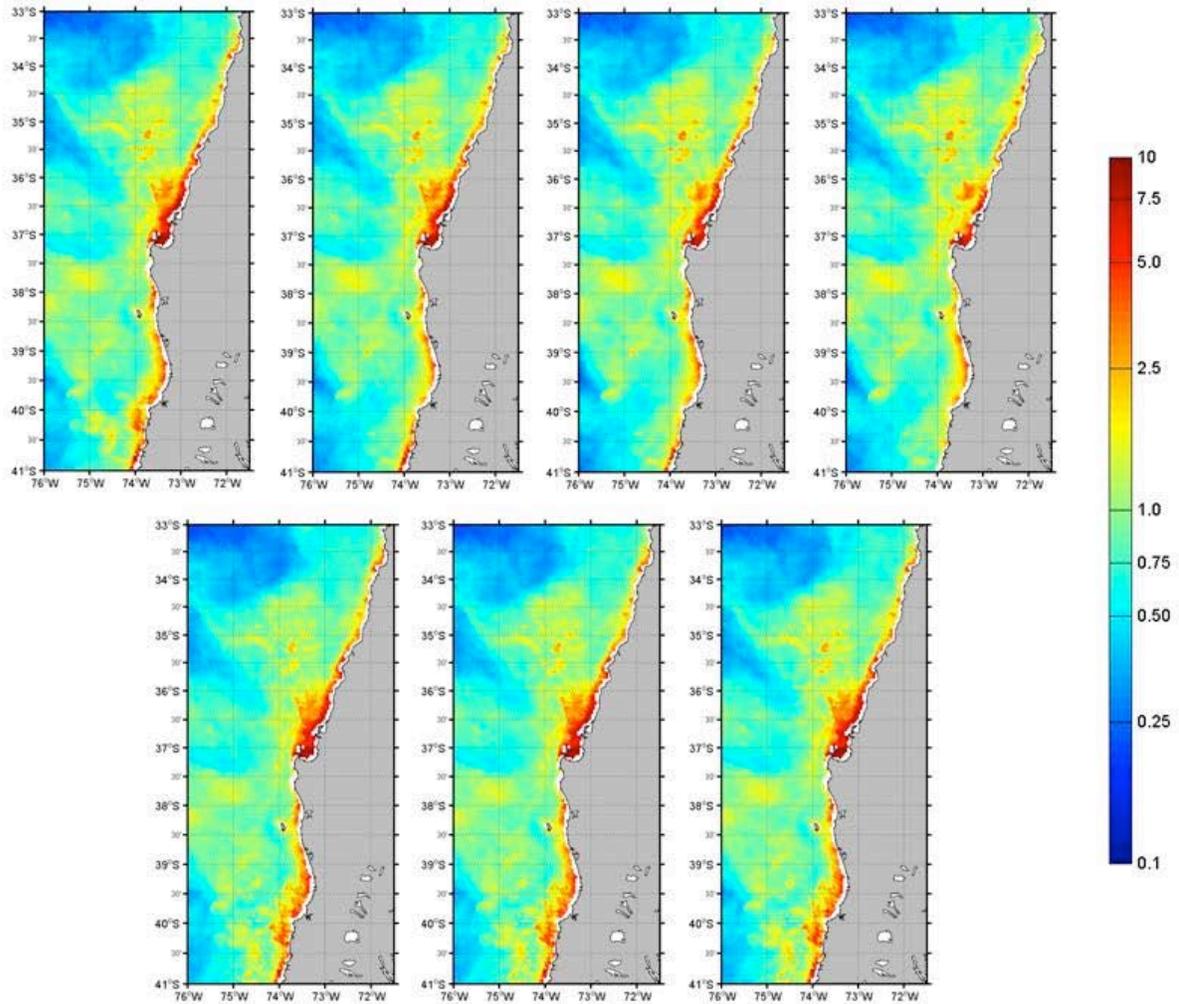


Figura 24. Imágenes satelitales de clorofila semanales desde el 12 de septiembre hasta el 30 de octubre de 2010.

b) Campo de velocidad advectiva superficial

Para el periodo de estudio (agosto y octubre de 2010) se contó con 185 imágenes satelitales secuenciales (dos imágenes diarias) de TSM, generándose 183 imágenes de campos vectoriales advectivos por medio del método de MCC las cuales fueron promediadas mensualmente (**Figura 25**). A partir de los promedios mensuales se seleccionó la banda entre la costa y 27 millas nauticas 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 26**), muestra corrientes con dirección norte nor-oeste al norte de los 37°30'S con valores entorno a los 10 cms^{-1} , registrándose corrientes en dirección sur-oeste y sur-este desde los 37°45'S hasta los 39°30'S con valores entorno a los 10 cms^{-1} , así mismo, el transporte este-oeste para el mismo mes (**Figura 27**), evidencia para el área flujos con alta variabilidad pero con una componente dominante hacia el oeste (fuera de la costa), registrando un promedio de 0,03 Sv con un volumen total transportado de 9,67 Sv en dirección fuera de la costa, mientras que el transporte norte-sur (**Figura 28**) presenta una importante componente norte, con valores de 0,013 Sv y un flujo neto en dirección norte de 3,72 Sv.

El mes de septiembre (**Figura 26**), presenta alta variabilidad en las corrientes promedio costeras y menos intensas que las del mes de agosto, con valores que no superaron los 7 cms^{-1} , destacándose las corrientes más intensas en dirección hacia fuera de la costa en los 34°00' y 36°00'S; además de flujos en dirección norte y nor-este al sur de los 39°00'S. En términos de transporte este-oeste, los valores no superaron en promedio los 0,03 Sv y un transporte neto de volumen de -9,39 Sv en dirección fuera de la costa (**Figura 27**). El transporte norte-sur presenta valores promedio de 0,034 Sv y un flujo neto en dirección norte de 9,46 Sv (**Figura 28**).

Finalmente, el escenario durante el mes de octubre no difiere sustancialmente respecto del análisis de los meses anteriores, esto es, un transporte neto en dirección costa afuera con valores superiores a 10 cms^{-1} , intensificándose entre los 36°00' y 37°30'S donde los registros alcanzan los 20 cms^{-1} (**Figura 26**). El transporte zonal alcanza un valor medio de 0,063 Sv y un transporte total de 18,97

Sv en dirección costa afuera (**Figura 27**), análogamente el transporte meridional registra un valor promedio de $8 * 10^{-4}$ Sv y un transporte neto total de 0.22 Sv con dirección sur (**Figura 28**). Esto último difiere de los meses anteriores pero por lo pequeño de los valores y lo intenso de la componente zonal tiende a perder relevancia.

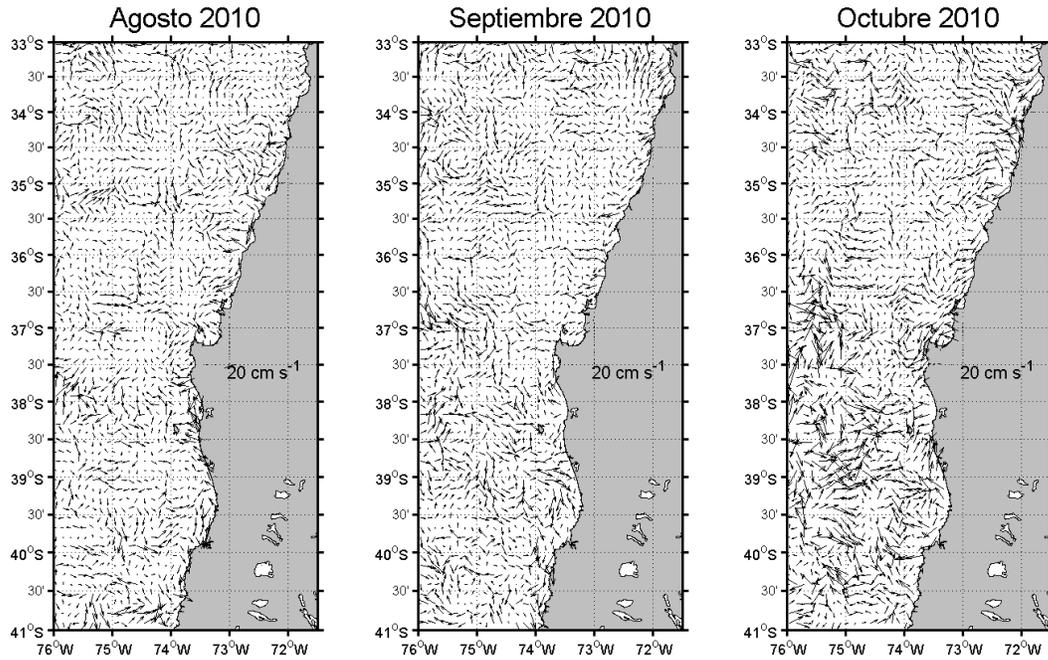


Figura 25. Campo de velocidades advectivas para los meses de agosto, septiembre y octubre de 2010.

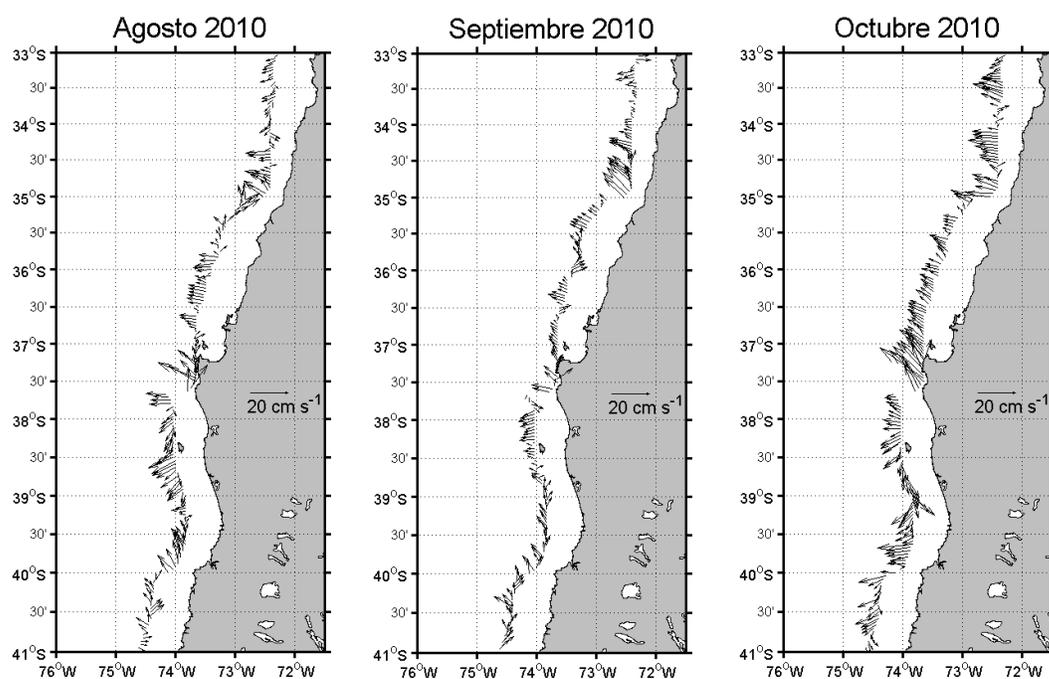


Figura 26. Promedio zonal de corrientes de la banda costera de 27 mn de velocidades advectivas para los meses de agosto, septiembre y octubre de 2010.

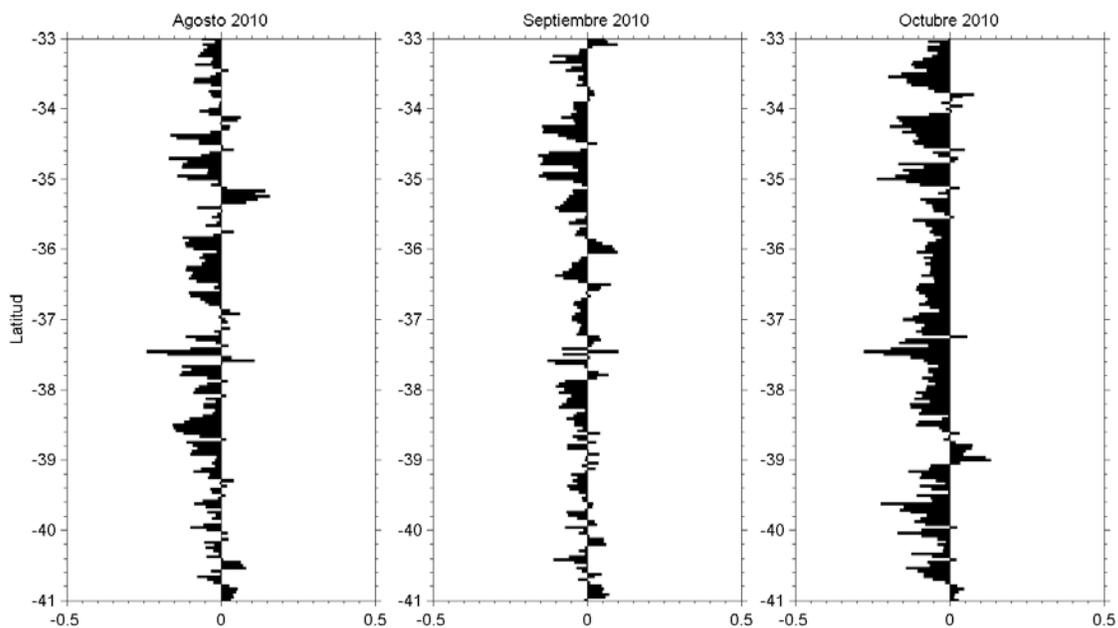


Figura 27. Transporte zonal (este-oeste en SV) de la banda costera de 27 mn para los meses de agosto, septiembre y octubre de 2010.

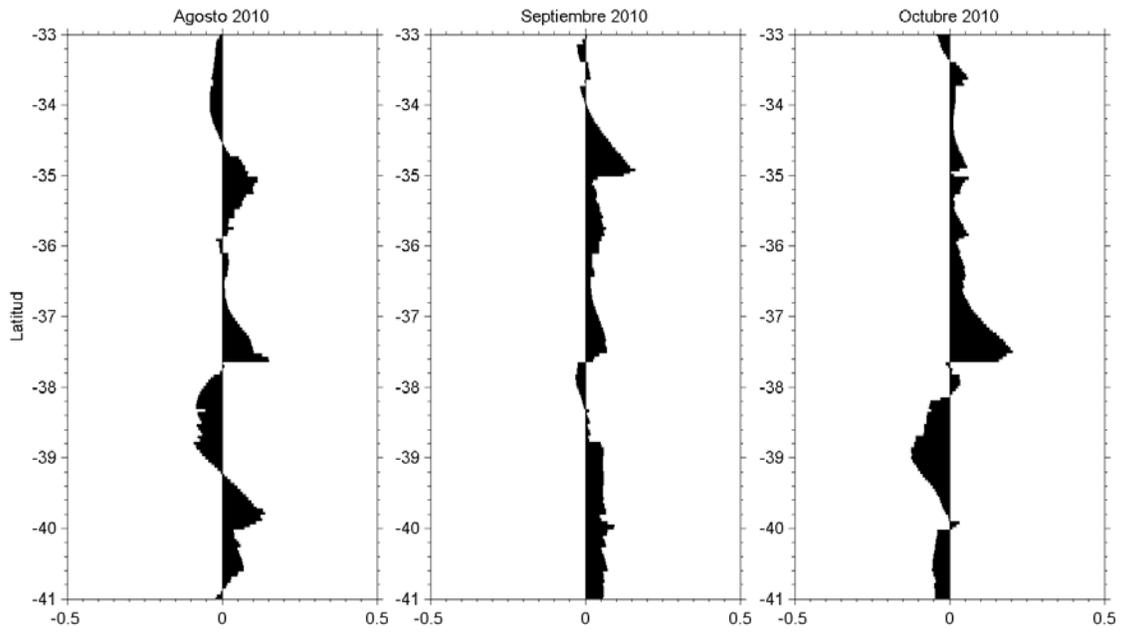


Figura 28. Transporte meridional (norte-sur en SV) de la banda costera de 27 mn para los meses de agosto, septiembre y octubre de 2010.

c) 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 la zona centro, para sardina común, se observó que la mayor densidad de huevos se encontró preferentemente asociada a temperaturas superficiales en torno a los 12,3 °C, asociados a la zona media de a plataforma continental que corresponde a un optimum situado en los 73,35 °W, con una distribución preferente en batimetrías centradas en los 10,0 m. En relación a su distribución latitudinal, se observó tres centros de desove centrados en los 37,1°S, 36,5°S y 35,5°S (**Figura 29A**).

Los resultados obtenidos para la anchoveta se presentan en las **Figura 29B**, 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 13,0 °C. En cuanto a su distribución zonal, esta estuvo centrada en los 72,5°W y asociada a batimetrías óptimas de 40,65 metros. Finalmente, la distribución meridional de los desoves de anchoveta estuvo centrada en los 35,5°S; con un foco secundario en torno a los 37,1°S.

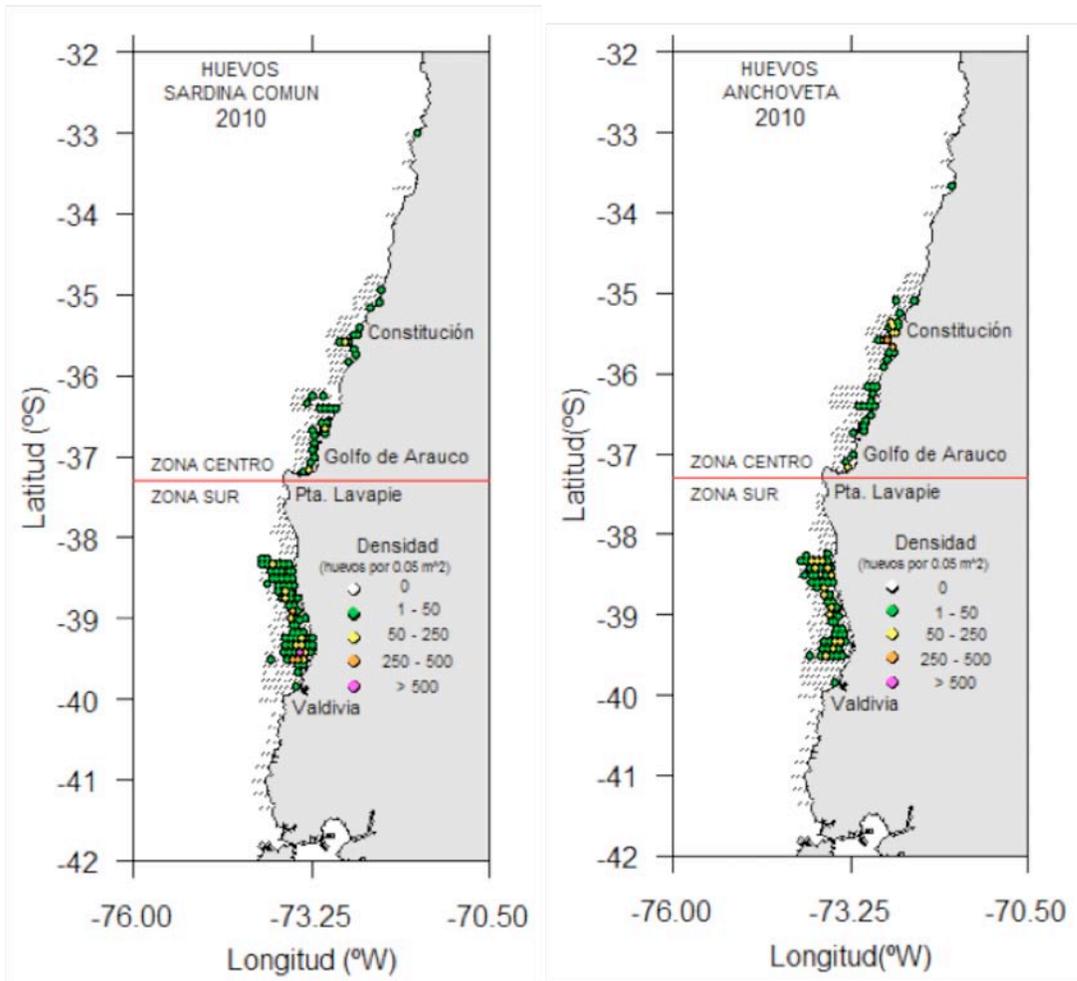


Figura 29. Densidad de huevos de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur, 2010.

5.6.3. 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 30, 31**). Los resultados del análisis espacial de la temperatura y profundidad se resumen en la **Tabla 18**.

Tabla 18. 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	2010	Centro	173	s(x,y)	0.519	62.9
		Sur	209	s(x,y)	0.514	62.7
Profundidad	2010	Centro	1274	s(x,y)	0.732	76.8
		Sur	1440	s(x,y)	0.769	79.3

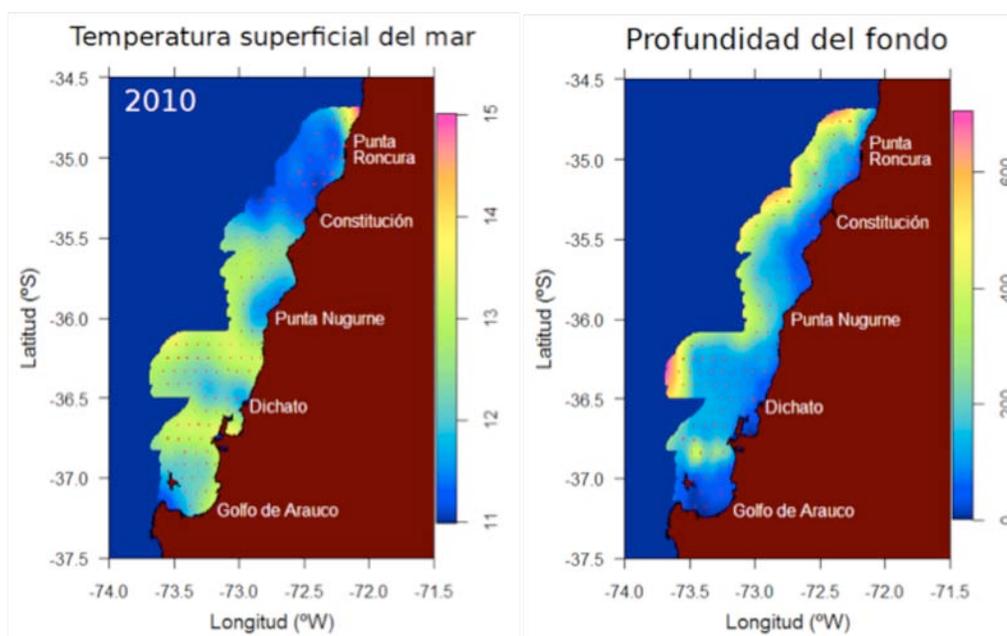


Figura 30. Temperatura superficial y profundidad de fondo en la zona centro del área de estudio 2010.

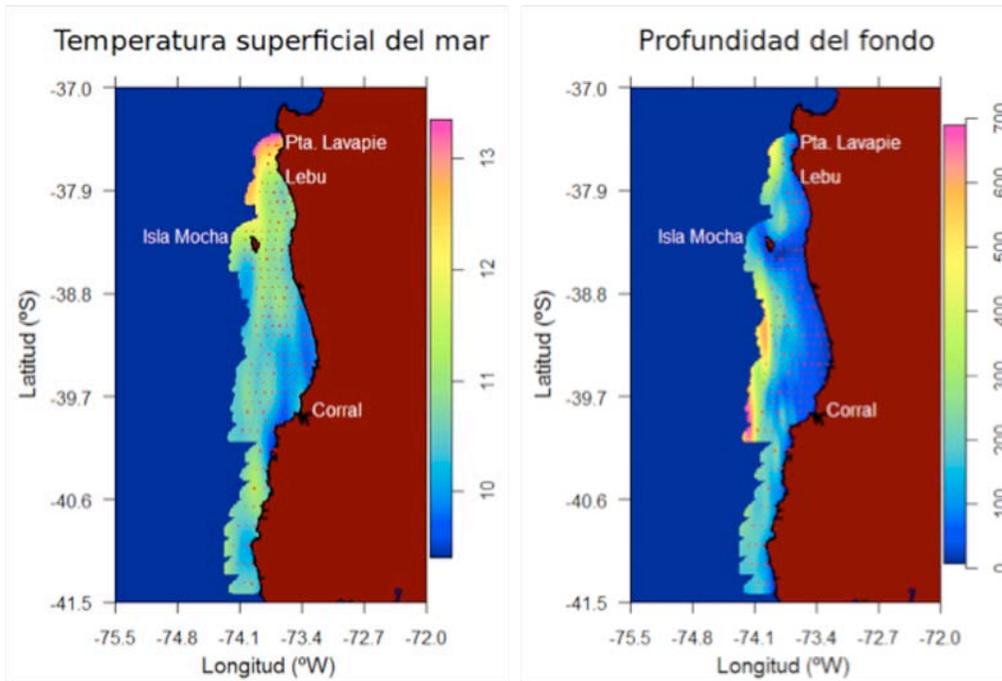


Figura 31. Temperatura superficial y profundidad de fondo en la zona sur del área de estudio 2010.

Los modelos utilizados para relacionar la densidad total de huevos de anchoveta y sardina común se resumen en la **Tabla 19**. Se observa que el proceso isotrópico dependiente conjuntamente de la interacción latitud-longitud logró por lo general la más baja devianza explicada para ambas especies en las dos zonas de estudio. En la zona centro, tanto para sardina común como para anchoveta, el modelo que incluye la temperatura y la profundidad de fondo, entrega los mejores resultados en devianza explicada; así como el puntaje de la validación cruzada general (GCV). En el sector sur, los modelos evaluados no explican de manera conforme la densidad de huevos en el área de desove para ambas especies; sin embargo, para anchoveta el modelo que incluye la temperatura y la profundidad de fondo entrega la mejor explicación, mientras que en la sardina común el modelo que incluye solo temperatura entrega la mejor explicación. En las **Figuras 32** y **33** se presentan el resultado de los modelos evaluados para anchoveta en la zona centro y sur, respectivamente; mientras que en las **Figuras 34** y **35** se presentan el resultado de los modelos evaluados para sardina común en la zona centro y sur, respectivamente.

Tabla 19. 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 2010. 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	Suavizador spline elegido	R2 (adj)	Deviance Explicada (%)	GCV
Anchoveta	Centro	s(x,y)	0.697	81.3	12.026
		s(x,y)+s(TSM)	0.951	94.7	4.390
		s(x,y)+s(Depth)	0.745	83.9	11.533
		s(x,y)+s(TSM)+s(Depth)	0.997	98.2	1.868
	Sur	s(x,y)	0.25	55.0	20.063
		s(x,y)+s(TSM)	0.351	61.1	18.838
		s(x,y)+s(Depth)	0.341	60.9	18.021
		s(x,y)+s(TSM)+s(Depth)	0.401	66.9	16.925
Sardina	Centro	s(x,y)	0.430	66.9	8.112
		s(x,y)+s(TSM)	0.980	93.0	2.025
		s(x,y)+s(Depth)	0.848	80.2	5.554
		s(x,y)+s(TSM)+s(Depth)	0.991	94.9	1.702
	Sur	s(x,y)	0.477	66.8	26.815
		s(x,y)+s(TSM)	0.642	74.7	21.859
		s(x,y)+s(Depth)	0.488	68.6	25.989
		s(x,y)+s(TSM)+s(Depth)	0.401	66.9	16.925

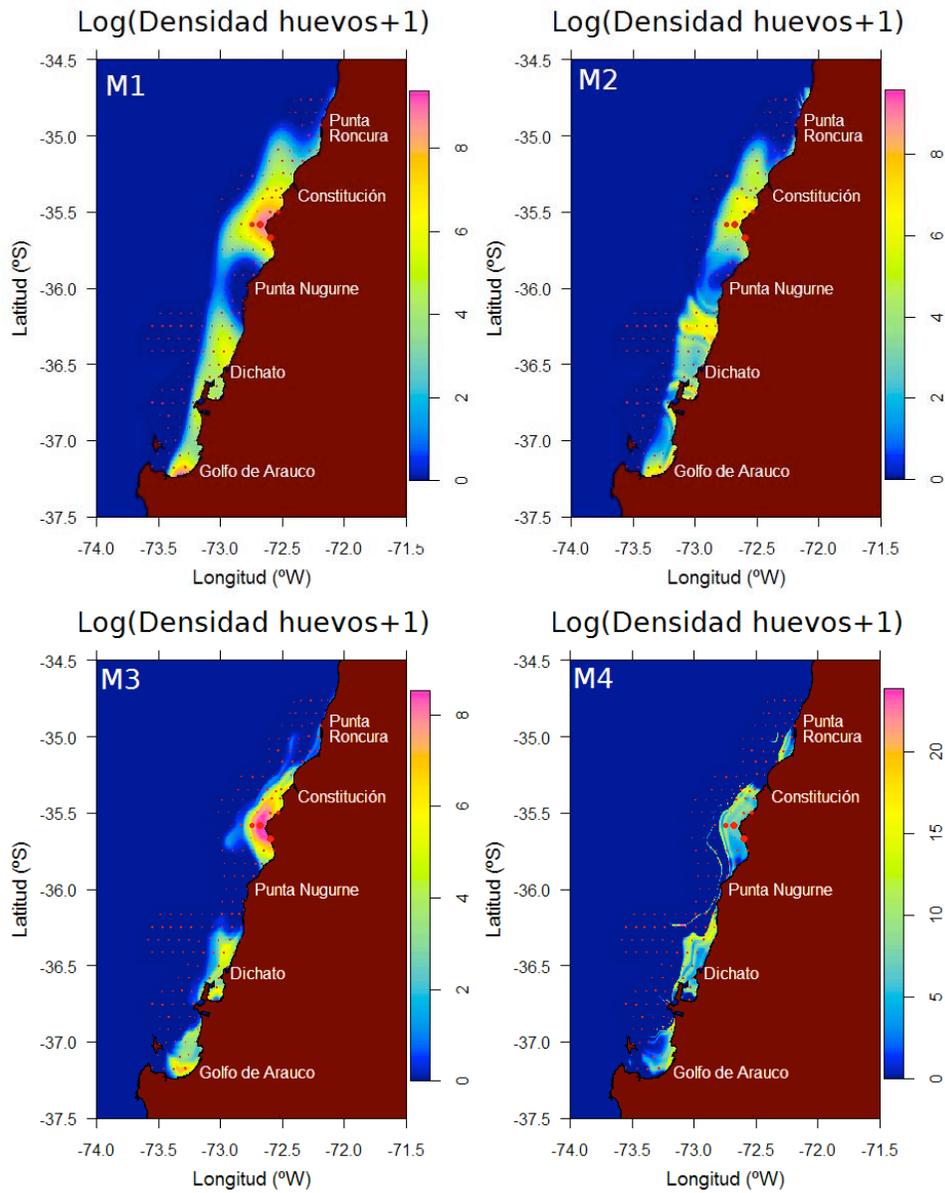


Figura 32. Resultados de los modelos evaluados para anchoveta en la zona centro. M1) interacción latitud-longitud; M2) interacción latitud-longitud + TSM; M3) interacción latitud-longitud + Profundidad de fondo; y M4) interacción latitud-longitud + TSM + Profundidad de fondo.

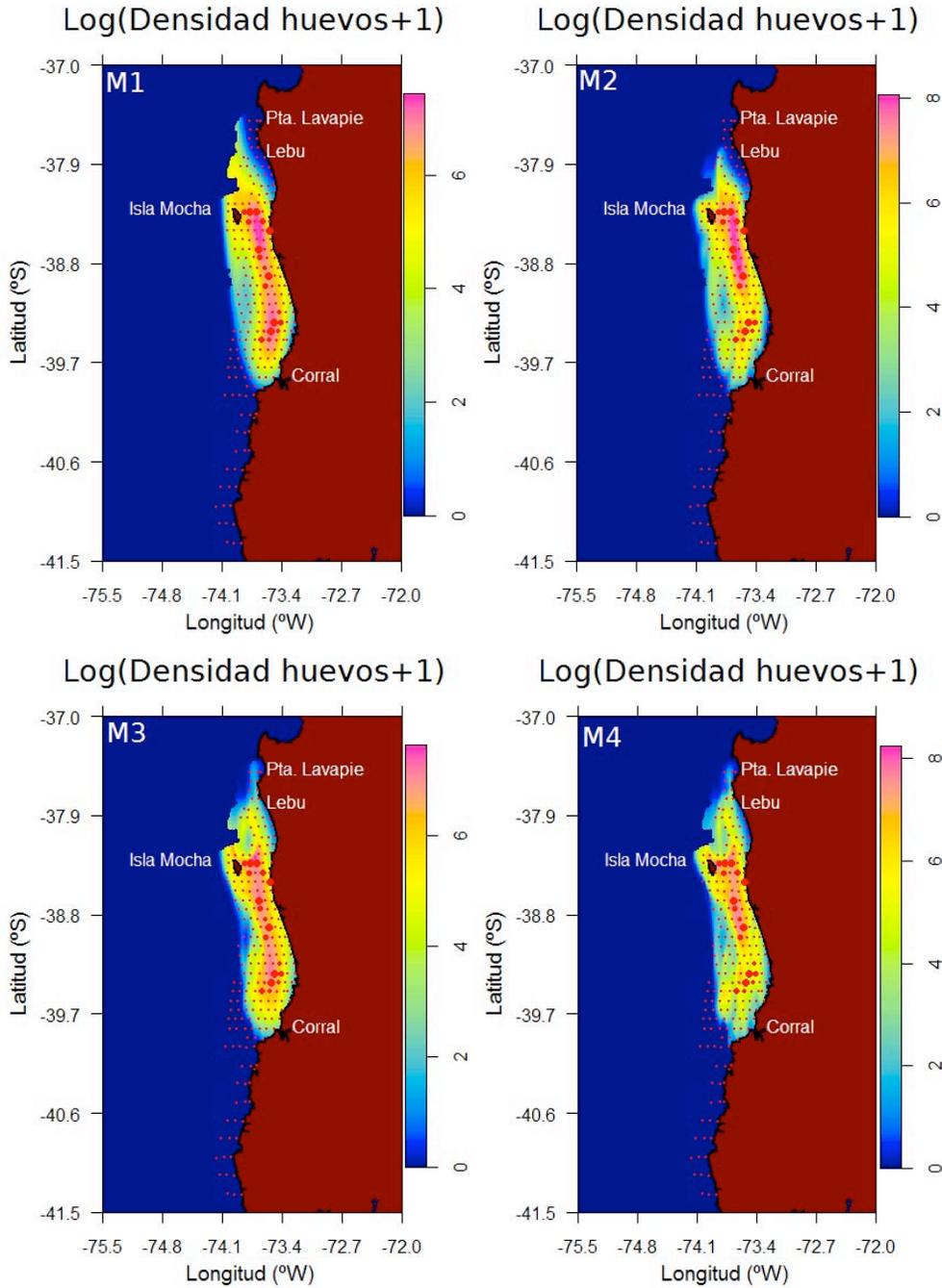


Figura 33. Resultados de los modelos evaluados para anchoveta en la zona sur. M1) interacción latitud-longitud; M2) interacción latitud-longitud + TSM; M3) interacción latitud-longitud + Profundidad de fondo; y M4) interacción latitud-longitud + TSM + Profundidad de fondo.

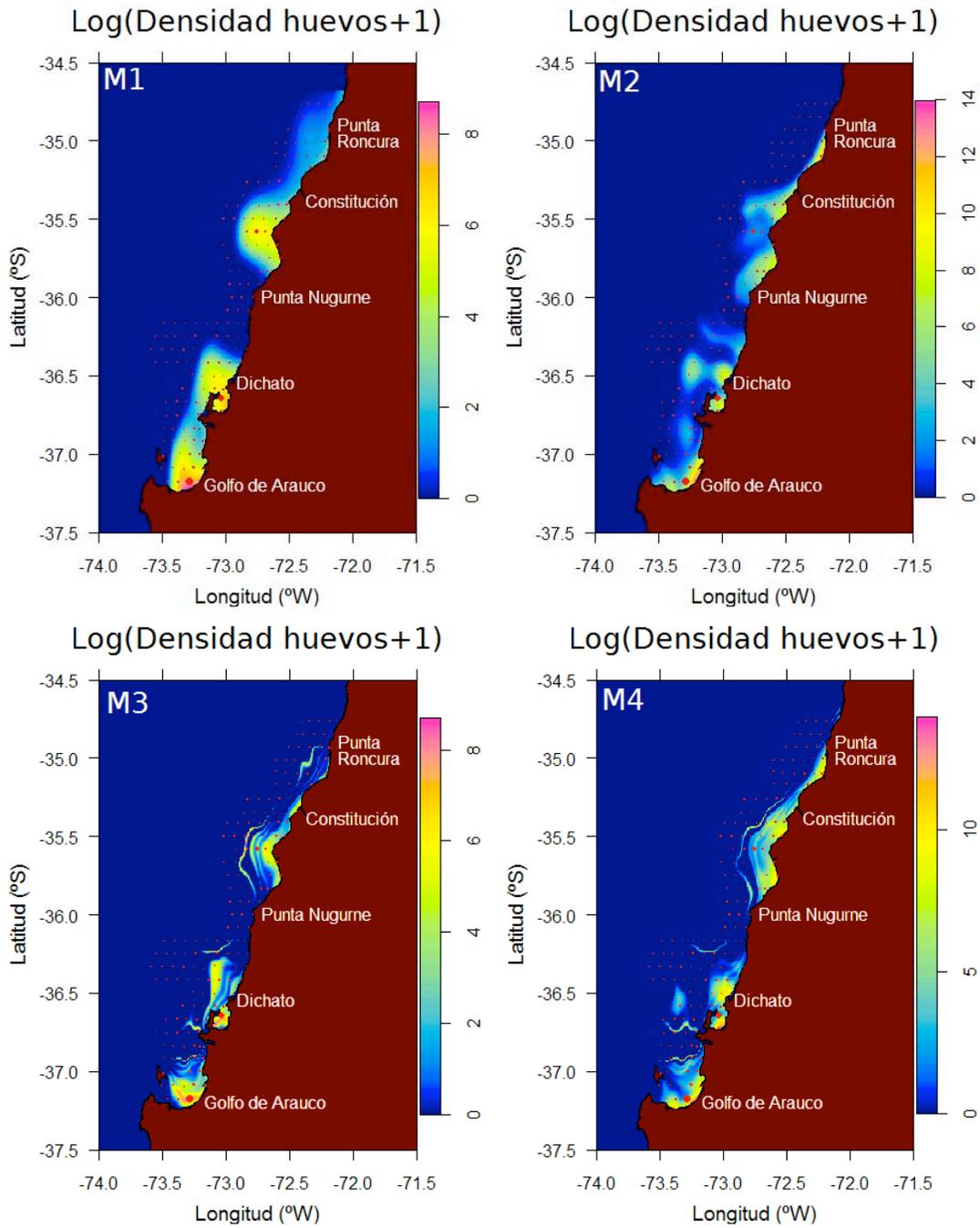


Figura 34. Resultados de los modelos evaluados para sardina común en la zona centro. M1) interacción latitud-longitud; M2) interacción latitud-longitud + TSM; M3) interacción latitud-longitud + Profundidad de fondo; y M4) interacción latitud-longitud + TSM + Profundidad de fondo.

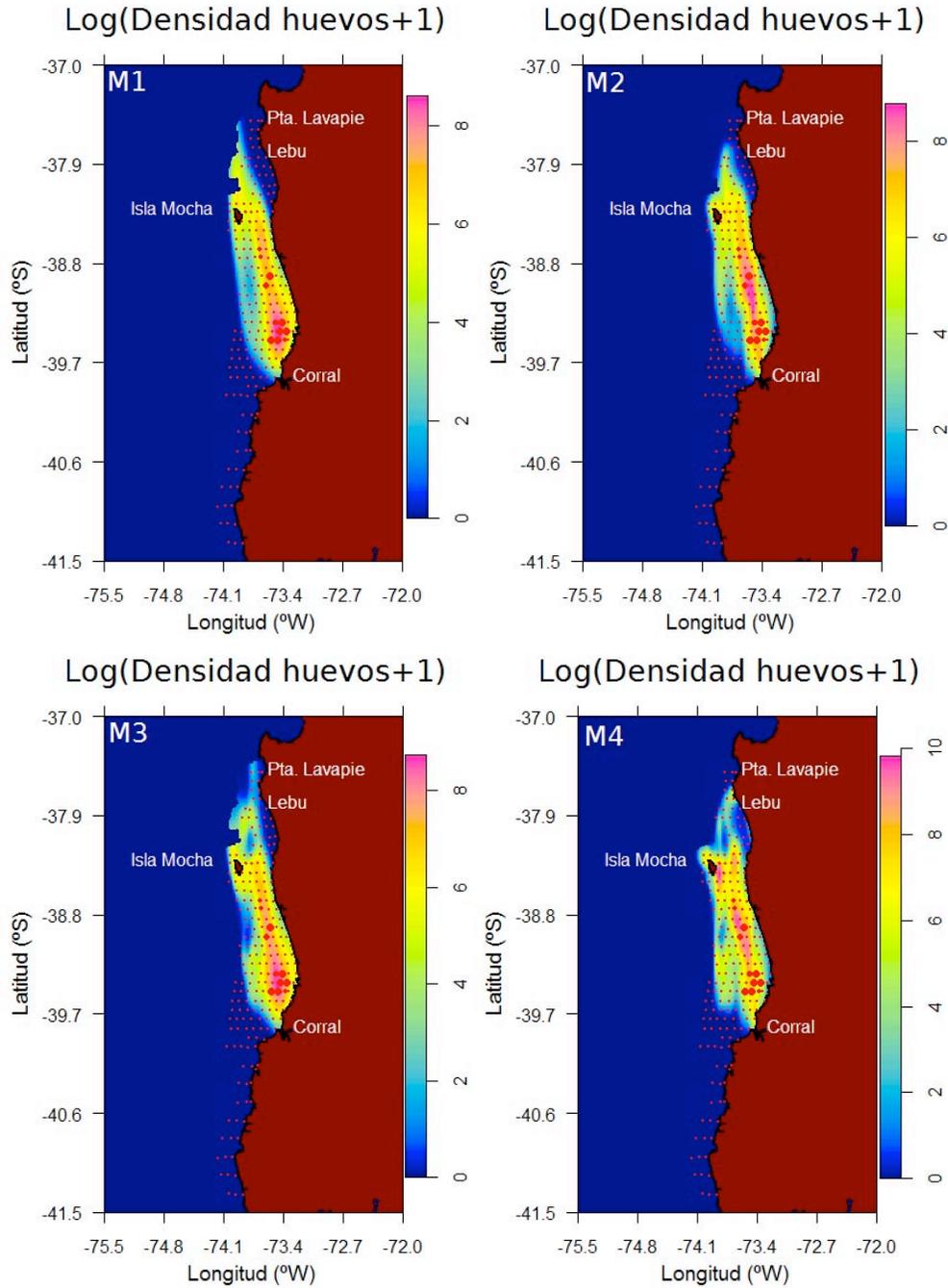


Figura 35. Resultados de los modelos evaluados para sardina común en la zona sur. M1) interacción latitud-longitud; M2) interacción latitud-longitud + TSM; M3) interacción latitud-longitud + Profundidad de fondo; y M4) interacción latitud-longitud + TSM + Profundidad de fondo.

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 10 de septiembre. En efecto, los resultados de la vigilancia reproductiva indicaban que en 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 obtenidos durante el crucero de adultos; en sardina común para ambas zonas se observa un importante aporte de ejemplares bajo la talla media de madurez sexual, con mayor relevancia en la zona sur; en anchoveta se observa una situación diferente, con predominio de ejemplares sobre la talla de madurez (talla promedio: 13,0 cm). Se resalta que durante este año, la obtención de ejemplares de anchoveta sobre la zona sur no fue exitoso ya que hubo una muy baja disponibilidad y accesibilidad de este recurso. Según la experiencia e indicaciones de los pescadores, este recurso ha estado escaso en las capturas por dos años consecutivos, pudiendo estar a mayor profundidad o en zonas protegidas al interior de la primera milla náutica. En consecuencia, para la zona sur la estimación de los parámetros reproductivos, y de aquí la evaluación del stock desovante, solo fue posible para sardina común.

Respecto de la ejecución del crucero de huevos, el número de estaciones positivas se incrementó respecto del año anterior, siendo más relevante para sardina común (estaciones positivas huevos sardina común: año 2010 = 27%; año 2009 = 19,2%). 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, para la zona centro; y al sector comprendido entre Lebu y 39°10'S, para la zona sur. 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. Como en años previos, en su mayoría las estaciones positivas han quedado delimitadas por la extensión occidental de las transectas. Este resultado permitió 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 con predominio del forzante proveniente desde el cuadrante sur y suroeste; sugiere que el crucero se realizó prácticamente en condiciones de eventos de surgencia moderada que ocurrieron durante septiembre. Eventos 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 realizada.

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, 2009 y 2010.

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) (con una mayor abundancia entre Constitución y la desembocadura del Río Itata); y otra zona de desove localizada desde los 37°30'S hasta los 40°S, con una mayor abundancia entre los 38°S y 39,7°S. En la sardina común, en cambio, se identifican zonas de desove más discretas reconociéndose un núcleo de desove en los alrededores de Constitución, otro entre la

desembocadura del Río Itata y la Bahía Concepción, y otro en el fondo del saco del Golfo de Arauco. Sin embargo, la mayor zona de desove para este recurso 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, 2005 y 2009. No obstante, en este año para ambas especies se identifican la presencia de huevos en baja abundancia para este estrato geográfico.

La producción diaria de huevos (P_0), estimada según dos procedimientos de datación (Lo y multinomial), revela las mismas tendencias para las dos especies en ambas regiones. Esto es, un aumento de la producción diaria con respecto al año 2009; lo cual cambia la tendencia observada en los años 2008 y 2009 con valores bajos de P_0 a partir del año 2007 (**Figura 36**).

Al considerar las estimaciones históricas de biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común, se observa que la abundancia de anchoveta sigue disminuida con un leve aumento respecto al año 2009; mientras que en sardina común se aprecia una tendencia creciente según el método convencional (Lo), siendo esta creciente desde el año 2007.

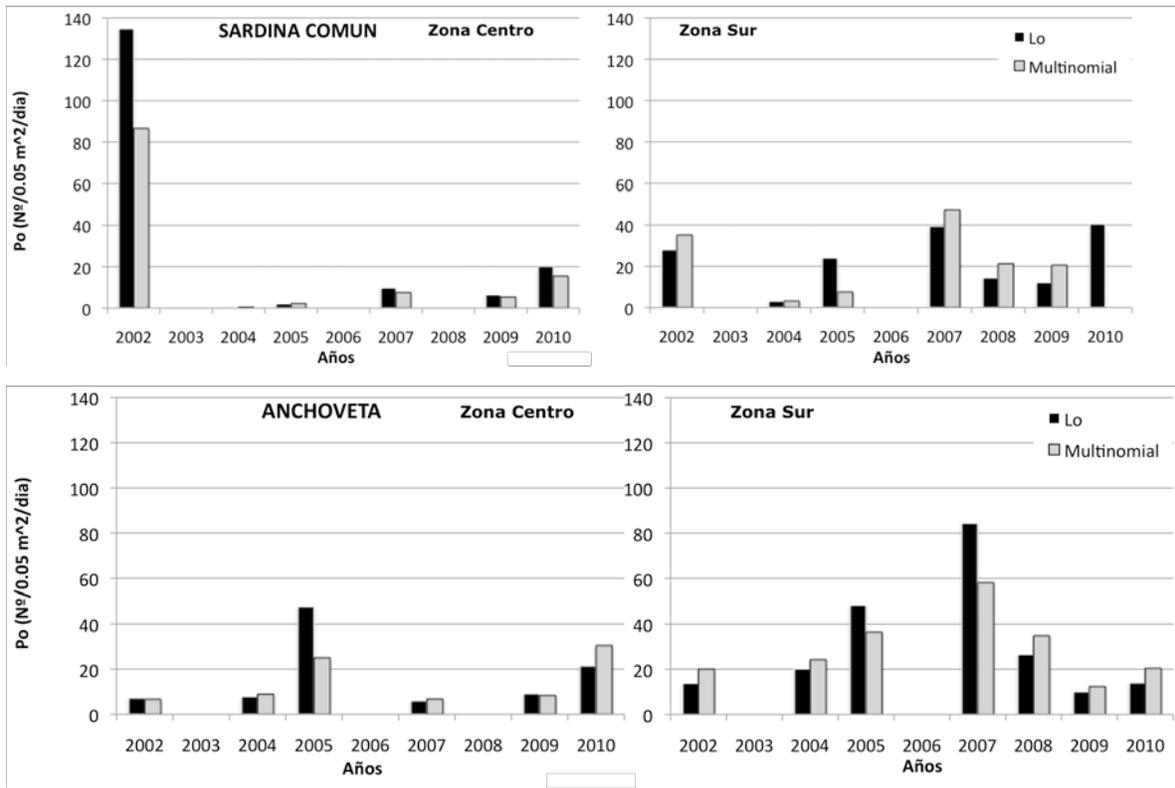


Figura 36. Comparación de la producción diaria de huevos en el área de estudio, según dos métodos de estimación entre 2002 y 2010.

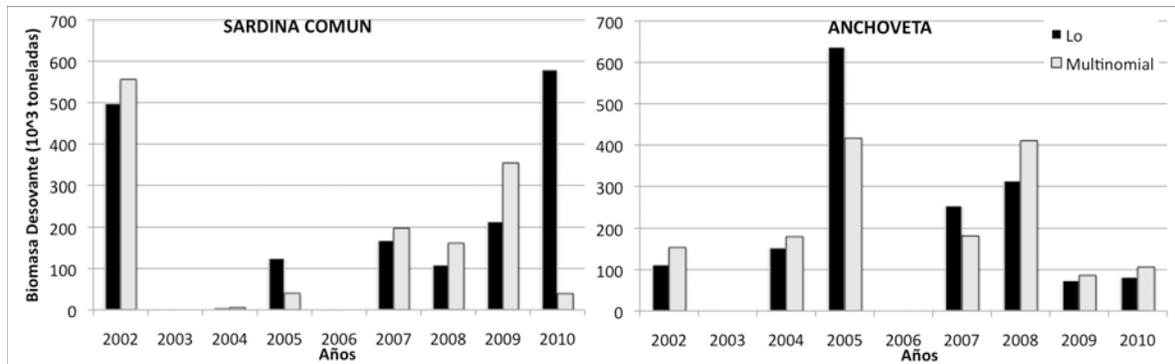


Figura 37. Comparación del stock desovante de anchoveta y sardina común mediante el MPDH, según dos métodos de datación de huevos: convencional (procedimiento de Lo) y actual (procedimiento multinomial).

7. Conclusiones

- a) El mayor área de desove de sardina común y anchoveta ocurrió en la zona sur con 4692 y 4883 km², respectivamente.
- b) La producción diaria de huevos por estrato geográfico, indica una mayor producción de huevos de anchoveta en la zona sur de desove con 160 huevos/m²/día, con respecto a lo registrado en el año 2009 (año 2010 = 160,71 huevos/ m²/día; año 2009 = 81,02 huevos/ m²/día). En la zona centro, hubo un aumento significativo de la producción diaria de huevos en ambas especies con respecto al año 2009 (año 2010 = 137,9 y 56,75 huevos/ m²/día para anchoveta y sardina común, respectivamente; año 2009 = 38,4 y 13,8 huevos/ m²/día para anchoveta y sardina común, respectivamente).
- 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 105475 toneladas de anchoveta y de 579715 toneladas de sardina común. La biomasa desovante de anchoveta presentó una leve alza con respecto al año 2009, mientras que la biomasa de sardina común revela una tendencia creciente desde el año 2007.

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.
- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Catasti, V., 2000. Evaluación de la biomasa y distribución espacial de anchoveta y sardina común. Primavera 1999. En: FIP 99-13 Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. *Informes Técnicos FIP – IT/99-13*, 138 p.
- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Catasti, V., 2001. Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2000. *Informe Final FIP 2000-09. Informes Técnicos FIP – IT/2000-09*, 151 p.
- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Saavedra, A. Catasti, V., Núñez, S., Ortiz, J., Barría, P. Arraigada, G., Braun, M., Galindo, G. 2002a. Evaluación hidroacústica del stock desovante de anchoveta y sardina común, Centro-Sur, 2001 Proyecto FIP N° 2001-14
- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Saavedra, A. Catasti, V., Núñez, S., Ortiz, J., Barría, P. Arraigada, G., Braun, M., Galindo, G. 2002b. Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común, centro-Sur, 2001-2002 Proyecto FIP N° 2001-13.
- Castillo, J., Saavedra, A., Gávez, P., Barría, P., Espejo, M., Barbieri, M.A.. 2004. Evaluación acústica biomasa, abundancia, distribución espacial y caracterización de cardúmenes. En: *Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2003. Preinforme final FIP 2003-08.*

- Castillo-Jordán, C., Cubillos, L.A., Paramo, J. 2007. The spawning spatial structure of two co-occurring small pelagic fish off central southern Chile in 2005. *Aquatic Living Resources* 20, 77-84.
- Castro, L., R.Roa, D.Figueroa, H.Arancibia, M. Sobarzo, R.Quiñones & M Retamal. 1997. Áreas de desove de anchoveta y sardina común. Proyecto FIP 96-11. Áreas de desove de la anchoveta y sardina común en Chile central. Universidad de Concepción. Chile.
- Castro, L.R., Hernández, E.H., 2000. Early life survival of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile during the 1995 and 1996 winter spawning seasons. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 129, 1107-1117.
- Castro LR, Salinas GR, Hernández EH (2000) Environmental influences on winter spawning of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 197: 247-258.
- Checkley, D.M., Jr., R.C. Dotson, D.A. Griffith. 2000. Continuous, underway sampling of eggs of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) and northern anchovy (*Engraulis mordax*) in spring 1996 and 1997 off southern and central California. *Deep-Sea Research II* 47, 1139-1155.
- Claramunt, G., Cubillos, L., Braun, M., Serra, R., Canales, M., Sánchez, J., Flores, A., Moreno, P., Riquelme, K., Castillo, C., Valero, C. 2007a. Mejoramiento del método de producción de huevos aplicado a pelágicos pequeños en Chile. *Informes Técnicos FIP – IT/2006-38*, 214 p.
- Claramunt G, Serra R, Castro LR, Cubillos L (2007b) Is the spawning frequency dependent on female size? Empirical evidence in *Sardinops sagax* and *Engraulis ringens* off northern Chile. *Fisheries Research* 85: 248-257
- Cochran, W.G. 1980. *Técnicas de muestreo*. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. México.
- Cubillos, L., Arancibia, H., 1993. On the seasonal growth of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off Talcahuano, Chile. *Rev. Biol. Mar. (Valparaíso)* 28(1), 43-49.
- Cubillos, L., Canales, M., Hernández, A., Bucarey, D., Vilugrón, L., Miranda, L., 1998. Poder de pesca, esfuerzo de pesca y cambios estacionales e interanuales en la abundancia relativa de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el área frente a Talcahuano, Chile (1990-97). *Invest. Mar. Valparaíso*, 26:3-14.
- Cubillos, L., Canales, M., Bucarey, D., Rojas, A., Alarcón, R., 1999. Época reproductiva y talla media de primera madurez sexual de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en la zona centro-sur de Chile en el período 1993-1997. *Invest. Mar. Valparaíso* 27, 73-86.
- Cubillos, L.A., Arcos, D.F., Canales, M., Bucarey, D., 2001. Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano (37°S-73°W), Chile: a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling? *Aquat. Living Resour.* 14, 115-124.
- Cubillos, L.A., Arcos, D.F. 2002. Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) in the 1990s, and impact of the 1997-98 El Niño. *Aquatic Living Resources* 15:87-94.
- Cubillos, L. et al. 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.
- Lo, N. C. H. 1985. A model for temperature-dependent northern anchovy egg development. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 43-50.

- Lo, N.C.H, J.R. Hunter y R. Carter. 2001. Use of a continuous egg sampler for ichthyoplankton surveys: application to the estimation of daily egg production of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) off California. *Fish. Bull.* 99: 554-571.
- Lo NCH, Macewicz BJ, Griffith DA (2005) Spawning biomass of Pacific sardine (*Sardinops sagax*), from 1994-2004 off California. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports* 46: 93-112
- Macewicz, B. and R. Hunter. 1993. Spawning frequency and batch fecundity of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. *CalCOFI Rep.*, Vol. 34. 112-121.
- Macewicz BJ, Castro-González JJ, Cotero-Altamirano CE, Hunter JR (1996) Adult reproductive parameters of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) during 1994. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports* 37: 140-151
- 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., Barría, P., Serra, R., Claramunt, G., Herrera, G., Pizarro, P., Pizarro, J., Escribano, R., Oliva, M., 2001. Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2000. Informe Final FIP 2000-06, Informes Técnicos FIP – IT /2000-06, 116 p.
- Parker, R.L., Rice, J.A. 1985. Discussion on “some aspects of the spline smoothing approach to non-parametric regression curve fitting” (by B.W. Silverman). *Royal Statistical Society Series B* 47:40-42.
- Pepin, P. 1991. Effect of temperature and size on development, mortality and survival rates of the pelagic early life history stages of marine fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:503-518.
- 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, Ganas 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:

$$\hat{VAR}(\bar{X}) = \frac{S_1^2}{n}$$

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

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

donde:

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

y

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

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

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 (\bar{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.

Fecundidad parcial y fecundidad media poblacional

Fecundidad parcial

La actividad dirigida a recolectar hembras hidratadas fue poco exitosa, y no se contó con un número suficiente de 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 en

sardina común y a la baja disponibilidad en el caso de anchoveta en la zona sur 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 pettri y cubiertas con gotas de glicerina (33 %). Se utilizó el número promedio de ovocitos hidratados de las tres submuestras, metodología descrita por Hunter *et al.* (1985), para estimar el número total de ovocitos hidratados del ovario (fecundidad parcial) según:

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

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.

Fecundidad media poblacional

La fecundidad parcial de las hembras colectadas en cada lance se determinó sobre la base del modelo de regresión lineal, 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.

Proporción sexual y peso promedio de hembras maduras

Proporción sexual

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

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

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:

$$E[N_i] = g^{-1}(\text{offset}(s_1(x_1, \text{by} = P_0) + s_2(x_2, \text{by} = \text{edad})))$$

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. Wahva 1980, Parker y Rice 1985, Eilers y Marx 1996) fue desarrollado, y que consisten en:

- Selección de suavizadores de dispersión integrados utilizando GCV (General Cross-Validation) o 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
ALEJANDRA LLANOS	ICTIOPLANCTON
GABRIEL CLARAMUNT	REPRODUCCIÓN
CAROLINA ALARCÓN	VIGILANCIA REPRODUCTIVA
CLAUDIO CASTILLO	PRODUCCION DIARIA DE HUEVOS
MILTON PEDRAZA	PESCA DE INVESTIGACIÓN
GUSTAVO HERRERA	REPRODUCCIÓN
EDUARDO NAVARRO	OCEANOGRAFÍA
LORENA ROZAS	VIGILANCIA REPRODUCTIVA
MARIA JOSE ZUNIGA	DEPENDENCIA ESPACIAL
PAOLA MORENO	REPRODUCCIÓN
Técnicos y colaboradores	
CRISTIAN AZOCAR	REPRODUCCIÓN
ROBERTO ORELLANA	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 ALEGRIA	ICTIOPLANCTON
PAULINA RIQUELME	ICTIOPLANCTON
JUAN FAUNDEZ	ICTIOPLANCTON
CRISTIAN ROJAS	ICTIOPLANCTON
SANDRA MONTECINOS	ICTIOPLANCTON
JOYCE MENDEZ	ICTIOPLANCTON
ALEJANDRO YAÑEZ	ICTIOPLANCTON
CHRISTIAN VALERO	REPRODUCCION
HERNAN REBOLLEDO	COORDINACION DE CRUCERO DE ADULTOS

15. Anexo 7: Horas personal participante

a) Universidad de Concepción

Nombre	Actividad	1	M	E	S	E	S	7	8	9	10	11	Total
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	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	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	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	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	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
Hernan Rebolledo	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			5	20	10	10	10					55
	Informes				10			10					20
Eduardo Navarro	Total	20	30	35	60	40	40	50	10	0	0	0	285
	Obtención de	10	10	10	10	10	10	10	10				80

			M	E	S	E	S						
Nombre	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
	datos												
	Procesamiento	10	20	20	20	20	20	20					130
	Análisis			5	20	10	10	10					55
	Informes				10			10					20
Christian Valero	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			5	20	10	10	10					55
	Informes				10			10					20
Samuel Soto	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												0
	Informes												0
Pamela Barrientos	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												0
	Informes												0
María José Zuñiga	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
Lorena Rosas	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
German Vásquez	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	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
Cristian Parra	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	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	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 Ortíz	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
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	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	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	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	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
Roberto Orellana	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

16. Base de Datos

La base de datos que contiene toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del Proyecto FIP 2010-02 “Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2010”, se encuentra almacenada en:

FIP2010-02 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_FIP2010-02	EGGANSC10.xls	CRUCERO DE HUEVOS DE ANCHOVETA-SARDINA
	HMADAN10.xls	HEMBRAS MADURAS DE ANCHOVETA
	HMADSC10.xls	HEMBRAS MADURAS DE SARDINA
	PSEXANSC10.xls	PROPORCION SEXUAL EN PESO
		ANCHOVETA- SARDINA
	Data_CTD10.xls	DATOS DE CDT ESTACIONES
	Descriptor_	PLANCTONICAS
	Descriptor_	
	EGGANSC10.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_ Data_CTD10.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_ HMADAN10.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_ HMADSC10.xls	Descriptor de los campos
Descriptor_		
PSEXANSC10.xls	Descriptor de los campos	