



Universidad de Concepción

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Departamento de Oceanografía

**INFORME FINAL
VERSION CORREGIDA**

PROYECTO FIP 2013-07

Evaluación del Stock Desovante de Anchoveta y Sardina común entre la V y X Regiones, año 2013

Concepción - 2015



EVALUACION DE POBLACIONES MARINAS

Laboratorio de L.A. Cubillos

<http://www.udec.cl/lucubillos>



Programa Sur-Austral

Ciencia y Desarrollo para el sur de Chile

sur-austral.udec.cl

PROYECTO FIP 2013-07

EVALUACIÓN DEL STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN ENTRE LA V Y X REGIONES, AÑO 2013

Fondo de Investigación Pesquera - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Autores

LA Cubillos, L Castro, G Claramunt, E Navarro
Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile
Concepción - 2015



EVALUACION DE POBLACIONES MARINAS

Laboratorio de L.A. Cubillos

<http://www.udec.cl/lucubillos>



Programa Sur-Austral

Ciencia y Desarrollo para el sur de Chile

sur-austral.udec.cl

Presentación de autores por función o tema desarrollado:

Autor	Función
Luis A. Cubillos	Jefe Proyecto, Producción diaria de huevos, biomasa desovante, y análisis espacial.
Leonardo Castro	Abundancia y distribución de huevos, y su asociación con condiciones ambientales.
Gabriel Claramunt	Parámetros reproductivos de adultos.
Eduardo Navarro	Condiciones ambientales generales.

-

Cubillos L.A., Castro L.R., Claramunt G., Navarro E., 2015. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2013. Informe Técnico FIP 2013-07.

PROYECTO

EVALUACIÓN DEL STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN ENTRE LA V Y X REGIONES, AÑO 2013

Fondo de Investigación Pesquera - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Investigadores y colaboradores:

Carolina Alarcón, Alejandro Avila, Pamela Barrientos, Claudio Carrasco, Emma Cascales, Sandra Curin, Eduardo Escalona, Eduardo Flores, Juan Faúndez, Vania Henríquez, Gustavo Herrera, Rodrigo Matamala, Nicole Mermoud, Paola Moreno, Cristian Parra, María C. Pérez, Daniel Pezo, Hernán Rebolledo, René Riffo, Samuel Soto, Roberto Torres, Germán Vásquez, Alejandro Yáñez



EVALUACION DE POBLACIONES MARINAS

Laboratorio de L.A. Cubillos

<http://www.udec.cl/lucubillos>



Programa Sur-Austral

Ciencia y Desarrollo para el sur de Chile

sur-austral.udec.cl

Resumen

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 ($33^{\circ}\text{S} - 41^{\circ}20'\text{S}$). El crucero de huevos se desarrolló mediante la evaluación del desove en tres estratos geográficos: a) sector norte, sur de Valparaíso – norte de Constitución ($33^{\circ}00'\text{S} - 34^{\circ}00'\text{S}$), b) sector centro, entre Constitución y Golfo de Arauco ($34^{\circ}30'\text{S} - 37^{\circ}10'\text{S}$), y c) sector sur, entre el sur de Lebu – sur de Punta Galera ($37^{\circ}30'\text{S} - 41^{\circ}20'\text{S}$), 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 crucero ictioplanctónico se realizó entre el 13 y 20 de octubre en los sectores centro y sur, y desde el 13 al 14 de noviembre en el sector norte. El crucero de adultos se realizó en los estratos geográficos centro y sur. Los lances de pesca cubrieron las costas de la Región del Bío Bío, la Región de la Araucanía y Región de Los Ríos, hasta 5 millas náuticas de la costa. El crucero de adultos se realizó entre el 11 de septiembre y el 04 de octubre de 2013, y los lances de pesca cubrieron una amplia área geográfica entre Constitución y Corral, hasta 5 millas náuticas de la costa. En el 2013, se observó que el número de estaciones con presencia de huevos de anchoveta y sardina común fue de 17 y 25,5 %, respectivamente ($n=365$). Al comparar con estudio previos, se observó un aumento en la cobertura espacial del desove de sardina común tanto en la zona centro como sur. En el caso de la anchoveta, se observó un aumento en la presencia de estaciones positivas solamente en la zona centro, manteniendo la tendencia a disminuir en la zona sur. Al considerar la densidad promedio de huevos, se observó un aumento en la sardina común, tanto en la zona centro como sur. En la anchoveta, sin embargo, solo se registró un aumento en el sector sur respecto de 2012. En la zona centro, la distribución espacial del desove de anchoveta se caracterizó por la cobertura espacial a lo largo de la costa, desde Constitución al Golfo de Arauco; mientras que la sardina común mostró una mayor abundancia al sur de Punta Nugurúe y en el Golfo de Arauco. En la zona sur, el desove de sardina común tuvo una distribución costera y hacia el sur, con núcleos de mayor densidad entre la desembocadura del río Toltén y Corral. En el sector sur, el desove de anchoveta se distribuyó entre la desembocadura del río Imperial y el río Toltén, más norteña que el caso de la sardina común. La producción diaria de huevos por estrato geográfico, indica una mayor producción de huevos de anchoveta en la sector sur con $356 \text{ huevos m}^{-2} \times \text{d}^{-1}$ respecto del sector centro ($132 \text{ huevos m}^{-2} \times \text{d}^{-1}$). En sardina común, la producción diaria de huevos de sardina común fue de $457 \text{ huevos m}^{-2} \times \text{d}^{-1}$ en el sector centro y de $403 \text{ huevos m}^{-2} \times \text{d}^{-1}$ en el sector sur. Los parámetros reproductivos estuvieron dentro del rango esperado para cada especie, siendo la fracción desovante el parámetro menos preciso. El estimado estratificado de la biomasa desovante fue de 17.685 toneladas de anchoveta ($\text{CV}=60,5$), y de 87.575 toneladas de sardina común ($\text{CV}=195,0$).

Abstract

The application of the Daily Egg Production Method (DEPM) permitted to evaluate the spawning stock biomass of the anchovy (*Engraulis ringes*) and the common sardine (*Strangomera bentincki*) in the central-southern area of Chile (33°S-41°S). The sampling design considered three independent geographic strata in the study area: a) the north sector located between southern Valparaíso and northern Constitución (33°00'S-34°00'S); b) the central area located between Constitución and the Golfo de Arauco (34°30'S-37°10'S); and c) the south stratum located between southern Lebu and southern Punta Galera (37°30'S-41°20'S). Each stratum consisted of a regular number of stations located along perpendicular transects of the coast. The separation between transects was five nautical miles and the separation of station was four nautical miles. The number of stations along each transect varied according to the offshore boundary of each transect, which was the 200 m depth. The ichthyoplanktonic cruise covered the period between October 13 and 20 in the central and southern areas, and from 13 to 14 November in the north sector. The adult cruise covered the central and southern strata from September 11 to October 4. In each sector, the number of fishing set included extensive zones along the coast and within five nautical miles. The number of stations with anchovy egg presence was 17 % and with eggs of the sardine was 25.5 % (n=365). The spatial coverage of the spawning of sardine increased in both the central and the southern areas, as compared with the previous year. In the case of the anchovy, the number of stations with egg presence was greater only in the central zone and tended to decline in the south sector. The average egg density of sardine increased in both the central and south zones, but the egg density of anchovy increased only in the southern sector as compared with the previous year. The spatial distribution of the anchovy spawning showed widespread coverage along the coast, from Constitución to the Golfo de Arauco in the central zone. Instead, the sardine showed higher abundance only in southern areas of Punta Nugurúe and in the Golfo de Arauco. In the southern sector, the spawning of sardine showed a coastal and southward distribution with the highest abundance focus located between the mouth of the Toltén river and Corral. In the southern sector, the spawning of anchovy showed a coastal and northward distribution with focus located between the mouth of the Imperial and Toltén rivers. For anchovy, the daily egg production was higher in the southern sector with $356 \text{ egg m}^{-2} \times \text{d}^{-1}$ than in the central zone ($132 \text{ egg m}^{-2} \times \text{d}^{-1}$). For sardine, the daily egg production was $457 \text{ egg m}^{-2} \times \text{d}^{-1}$ in the central area and $403 \text{ egg m}^{-2} \times \text{d}^{-1}$ in the southern sector. The estimates of the reproductive parameters for the adults were in the range of previous estimates for each species, with the daily spawning fraction as the less precise. The stratified estimates of spawning biomass were 17,685 ton for anchovy (CV=60.5 %) and 87,575 ton for sardine (CV=195 %).

Índice general

Objetivos	12
1.1. Objetivo general	12
1.2. Objetivos específicos	12
Antecedentes	13
Metodología general	15
3.1. Actividades administrativas y operacionales	15
3.2. Area de estudio y periodo de estudio	17
3.3. Huevos	20
3.3.1. Estadios de desarrollo y determinación de la edad de los huevos	20
3.3.2. Producción diaria de huevos	20
3.3.2.1. Area de estudio y área de desove	20
3.3.2.2. Producción diaria de huevos y tasa de mortalidad diaria de huevos	21
3.4. Adultos	22
3.4.1. Muestreo de adultos y procedimientos de laboratorio	22
3.4.2. Parámetros reproductivos de los adultos	23
3.4.2.1. Fracción diaria de hembras desovantes	24
3.4.2.2. Peso promedio y proporción sexual	25
3.4.2.3. Fecundidad parcial	26
3.5. Biomasa desovante	27
3.6. Distribución de huevos y su asociación con variables hidrográficas	27

3.6.1. Hidrografía	27
3.6.2. Información satelital	28
3.6.2.1. Análisis histórico	28
3.6.2.2. Advección	29
3.6.3. Dependencia espacial	29
Resultados	30
4.1. Producción de huevos	30
4.1.1. Presencia, abundancia y distribución de huevos	30
4.1.1.1. Presencia de huevos	30
4.1.1.2. Abundancia de huevos	32
4.1.1.3. Distribución espacial	34
4.1.2. Producción diaria de huevos	35
4.2. Parámetros reproductivos de los adultos	40
4.2.1. Lances de pesca	40
4.2.2. Distribución espacial de los lances de pesca	41
4.2.3. Composición por tallas	42
4.2.4. Estados de madurez	44
4.2.5. Fracción diaria de hembras desovate	44
4.2.5.1. Anchoqueta	44
4.2.5.2. Sardina común	45
4.2.6. Fecundidad parcial	50
4.2.7. Peso promedio y proporción sexual	50
4.3. Biomasa desovante	52
4.4. Distribución de huevos y condiciones hidrográficas	52
4.4.1. Hidrografía	52
4.4.2. Las condiciones ambientales en invierno y primavera de 2013	63
4.4.2.1. Temperatura superficial del mar	63
4.4.2.2. Clorofila- <i>a</i> superficial	64

4.4.2.3. Vientos	64
4.4.2.4. Campo de velocidades advectivas derivadas de imágenes de TSM	64
4.4.3. Condiciones generales entre los años 2003 y 2013.	67
4.5. Cambios interanuales en el área de desove y la densidad de huevos	72
4.5.1. Cambios interanuales en el área de desove	72
Análisis y discusión de resultado	79
Conclusiones	89
Referencias	90
A. Factores de corrección de la longitud y peso promedio de Sardina común (<i>Strangomera bentincki</i>) y anchoveta (<i>Engraulis ringens</i>) debido a la fijación por formalina.	1
A.1. Objetivo general	1
A.2. Introducción	1
A.3. Metodología	2
A.3.1. Variación de longitud y peso total en porcentaje	3
A.4. Resultados	3
A.4.1. Sardina común	3
A.4.2. Análisis estadístico	7
A.4.3. anchoveta	8
A.4.4. Análisis estadístico	12
A.5. Discusión	14
A.6. Bibliografía	14
B. Taller de Difusión y Discusión de Resultados	16
B.1. Término de Referencia	16
B.2. Participantes	16
B.2.1. Expositores	16
B.2.2. Asistentes	17
B.3. Desarrollo de la reunión	18

B.3.1. Síntesis de las presentaciones	18
B.4. Noticias del evento	19
C. Informe y base de datos	22

Índice de tablas

3.1. Cronología de actividades administrativas y operacionales relativas a la ejecución del Proyecto FIP 29013-07.	16
3.2. Embarcaciones utilizadas en los muestreos de ictioplancton en cada sector, periodo de muestreo y número de estaciones por sector.	19
4.3. Número de estaciones totales, sector, estaciones con huevos de anchoveta y sardina común, y fracción porcentual que representan las estaciones con huevos de cada especie del total de estaciones muestreadas por sector.	30
4.4. 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, máxima y mínima abundancia de huevos por estación (huevos por $0,05 \text{ m}^{-2}$) en cada sector.	33
4.5. Coeficientes del modelo lineal generalizado, familia binomial negativa y enlace log. El intercepto representa el logaritmo de la producción diaria de huevos (huevos por m^2) y la pendiente a la tasa de mortalidad por hora (h^{-1}).	38
4.6. 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.	39
4.7. Bitacora de lances de pesca efectivos de sardina común y anchoveta durante el crucero de adultos 2013, sector centro.	40
4.8. Bitacora de lances de pesca efectivos de sardina común y anchoveta durante el crucero de adultos 2013, sector sur.	41
4.9. Resumen estadístico de la composición por tallas de sardina común y anchoveta obtenidas durante el crucero de adultos en la zona centro-sur de Chile, año 2013.	43
4.10. Fracción de estadios de madurez sexual microscópicos de anchoveta y sardina común durante el período de estudio, año 2013.	44
4.11. Distribución horaria de la frecuencia (%) de los estadios de Folículos Postovulatorios y Estadios de Madurez Ovárica (Núcleo Migrante e Hidratados). Información acumulada del 2004 al 2013.	46

4.12. Parámetros del ajuste de un modelo de distribución tipo Gamma y Normal a la frecuencia de FPO por hora (Hora acumulada a partir de las 12:00 AM). <i>a</i> y <i>b</i> : Parámetros de la función Gamma. SCE: Suma de cuadrados del error.	47
4.13. Parámetros de la regresión lineal entre la fecundidad parcial y peso corporal (gr) de anchoveta en cada año de aplicación del Método de Producción de Huevos.	50
4.14. Coeficientes del modelo lineal de la fecundidad parcial de sardina común.	51
4.15. Coeficientes del modelo lineal de la corrección del peso.	51
4.16. Parámetros del Método de la Producción Diaria de Huevo y estimación de la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común (Septiembre-Octubre 2013). El coeficiente de variación se muestra en paréntesis para las estimaciones de biomasa.	52
4.17. Resultados del ajuste del modelo GAM (familia binomial, enlace logit) a datos de presencia-ausencia de huevos de sardina común y anchoveta, por zona en el periodo 2002-2013.	72
4.18. Resultados del ajuste del modelo GAM a datos de densidad de huevos de sardina común y anchoveta, por zona en el periodo 2002-2013.	75
5.19. Resumen de los parámetros reproductivos de anchoveta para el método de producción diaria de huevos en el periodo 2002-2013. S=fracción desovante diaria (d^{-1}), W=peso promedio (g), R=Fracción de hembras en peso, F= fecundidad parcial promedio (ovocitos por día), FR=fecundidad relativa (ovocitos por gramo de hembra), DSF=Fecundidad específica diaria, n=número de lances, m=número de hembras.	80
5.20. Resumen de los parámetros reproductivos de sardina común para el método de producción diaria de huevos en el periodo 2002-2013. S=fracción desovante diaria (d^{-1}), W=peso promedio (g), R=Fracción de hembras en peso, F= fecundidad parcial promedio (ovocitos por día), FR=fecundidad relativa (ovocitos por gramo de hembra), DSF=Fecundidad específica diaria, n=número de lances, m=número de hembras.	81
5.21. Resumen de las estimaciones de biomasa desovante de anchoveta y sardina común por el MPDH convencional, periodo 2002-2013.	85
A.1. Variación de la longitud (\overline{LT}) y peso total promedio (\overline{PT}) en el tiempo (día), de la sardina común, aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %. Donde "DE" es la desviación estándar de las longitudes (cm) o peso (g) muestreadas en un período de muestreo	6
A.2. Resultados del ANOVA para la variación del logaritmo de longitud total en el tiempo de muestreo (1 y 162 días) en sardina común (g.l=grado de libertad; SC=suma de cuadrados; CM=cuadrados medios; F=valor estadístico de distribución y P=probabilidad dentro de la distribución).	7
A.3. Resultados análisis de varianza (ANOVA) para la variación del logaritmo del peso total de sardina común con respecto al tiempo de muestreo (1 y 162 día).	8
A.4. Variación de la longitud (\overline{LT}) y peso total promedio (\overline{PT}) en el tiempo (día), de la anchoveta. Donde DE es la desviación estándar de las longitudes (cm) o peso (g) muestreadas en un período de muestreo.	11

A.5. Resultados ANOVA para la variación de longitud total en el tiempo de muestreo (1 y 162) en anchoveta. (g.l=grado de libertad; SC=suma de cuadrados; CM=cuadrados medios; F=valor estadístico de distribución y P=probabilidad dentro de la distribución)	12
A.6. Resultados análisis de varianza (ANOVA) para la variación del peso total respecto al tiempo de muestreo . . .	13
C.1. Descriptores de los datos.	22
C.2. Personal participante por actividad y horas-hombre realizadas.	24

Índice de figuras

3.1. Grilla de muestreo a lo largo de la plataforma continental de Chile Centro-Sur. Se indica la distribución del veril de los 200 m. Los puntos azules representan lances con red Pairovet, y los puntos rojos estaciones en que se realizaron tanto lances de red Pairovet como perfiles verticales con CTD.	18
4.2. Distribución de las estaciones con presencia de huevos de anchoveta y sardina común el área de estudio total, año 2013.	31
4.3. Proporción de estaciones positivas con huevos de anchoveta y sardina común por sector y área total, desde el inicio de las evaluaciones del MPDH iniciadas el 2002. Las líneas punteadas corresponden a los promedios de estaciones positivas de cada especie en el periodo 2002-2013.	32
4.4. Abundancia promedio de huevos de anchoveta y sardina común en las estaciones positivas por sector, serie histórica de evaluaciones por MPDH iniciadas el 2002. Las líneas punteadas corresponden a los promedios de estaciones positivas de cada especie en el periodo 2002-2013.	34
4.5. Distribución de huevos de anchoveta registrados en los sectores norte, centro y sur, en los años 2011 (panel superior), 2012 (panel central) y 2013 (panel inferior).	36
4.6. Distribución de huevos de sardina común registrados en los sectores norte, centro y sur, en los años 2011 (panel superior), 2012 (panel central) y 2013 (panel inferior).	37
4.7. Distribución de los lances de pesca realizados durante el periodo del crucero de adultos en la VIII Región (izquierda), IX Región (medio) y XIV Región (derecha).	42
4.8. Distribución temporal de los estadios madurez microscópica y FPO de la zona centro sur de Chile. Líneas azules verticales representan un período de 24 horas (18:00 h a 18:00 h). Línea roja representa un ajuste de distribución Gamma, con la hora acumulada a partir de las 12:00 h. Información acumulada del 2004 al 2012.	48
4.9. Edades medias de los estadios de FPO según ajuste por modelo de tipo Gamma en base a la hora acumulada a partir de las 12:00. Círculos: Edades medias. Líneas verticales: Desviación estándar. Líneas negras horizontales: Intervalo al 99 %. Flecha azul horizontal: Pico de desove (24:00). Líneas rojas horizontales: Indica período de 24 horas (18:00 a 18:00). En paréntesis se indica la hora del día en ciclo de 24:00 (Sin acumular).	49
4.10. Temperatura superficial del mar durante los cruceros de huevos, año 2010 al 2013.	53

4.11. Características hidrográficas temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 1m (cuadro superior), 10m (cuadro central) y 50m(cuadro inferior) de profundidad, en el sector norte, año 2013.	55
4.12. Características hidrográficas temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 1m (cuadro superior), 10m (cuadro central) y 50m(cuadro inferior) de profundidad, en el sector Centro, año 2013.	56
4.13. Características hidrográficas temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 1m (cuadro superior), 10m (cuadro central) y 50m (cuadro inferior) de profundidad, en el sector Sur, año 2013.	57
4.14. Secciones verticales de temperatura, salinidad y sigma-t, obtenidas en 4 sectores de alta abundancia de huevos de anchoveta en las zonas central (transectas 19 y 37) y sur (transectas 54 y 60) de muestreo, 2013.	58
4.15. 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 centro (cuadro superior) y zona sur (cuadro inferior), año 2013.	59
4.16. 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 centro (cuadro superior) y zona sur (cuadro inferior), año 2012.	60
4.17. Diagramas en que la data del 2013 de Temperatura y Salinidad a 1m (a) y 10m (b) 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
4.18. Diagramas en que la data del 2012 de Temperatura y Salinidad a 1m (a) y 10m (b) 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.	62
4.19. Promedios semanales de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar periodo agosto-noviembre de 2013.	63
4.20. Promedios semanales de imágenes satelitales de clorofila- <i>a</i> superficial en el periodod agosto-noviembre de 2013.	65
4.21. Promedios semanales de imágenes satelitales de viento superficial en el periodo agosto-noviembre de 2013.	66
4.22. Campo de velocidades advectivas promedio (panel izquierda), y Transporte zonal (este-oeste (m ³ s ⁻¹), panel derecha) de la banda costera de 50 Km. a)Agosto, b) Septiembre, c) Octubre, d) Noviembre de 2013.	67
4.23. Series temporales de transporte Ekman (m ³ s ⁻¹) entre 2003 y 2013.	68
4.24. Series temporales de la anomalía acumulada de la temperatura superficial del mar entre 2003 y 2013.	69
4.25. Series temporales de la anomalía acumulada de la clorofila del mar entre 2003 y 2013.	70
4.26. Series temporales de la anomalía acumulada de viento superficial del mar entre 2003 y 2013.	71

4.27. Cambios latitudinales en la presencia de huevos de sardina común (arriba) y anchoveta (abajo) en la zona centro, 2002-2013.	73
4.28. Cambios latitudinales en la presencia de huevos de sardina común (arriba) y anchoveta (abajo) en la zona sur, 2002-2013.	74
4.29. Cambios latitudinales en la densidad de huevos de sardina común (arriba) y anchoveta (abajo) en la zona centro, 2002-2013. La escala está referida a logaritmo neperiano más una constante pequeña (0.1). Los puntos blancos son proporcionales a la densidad de huevos, y muestran el rango de distribución de las estaciones y las zonas con mayor densidad de huevos.	77
4.30. Cambios latitudinales en la densidad de huevos de sardina común (arriba) y anchoveta (abajo) en la zona sur, 2002-2013. La escala está referida a logaritmo neperiano más una constante pequeña (0.1). Los puntos blancos son proporcionales a la densidad de huevos, y muestran el rango de distribución de las estaciones y las zonas con mayor densidad de huevos.	78
5.31. Abundancia de huevos de anchoveta (azúl) y sardina común (rojo) entre 2002 y 2013 en el área de desove a lo largo de la plataforma continental de Chile Centro-Sur.	83
5.32. Biomasa desovante (SSB, miles de t) de anchoveta y sardina común entre 2002 y 2013 en el área de desove a lo largo de la plataforma continental de Chile Centro-Sur.	86
5.33. Comparación entre la biomasa desovante de anchoveta y sardina común con la biomasa desovante del modelo de evaluación de stock MAE de IFOP (arriba) y con la biomasa total evaluada durante los cruceros de verano Reclas (abajo). Período 2002 - 2013.	88
A.1. Variación de la longitud total promedio (± 1 desviación estándar), de sardina común en el tiempo (día), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.	4
A.2. Variación de la longitud total (%), de sardina común en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.	4
A.3. Variación del peso total promedio, de sardina común en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.	5
A.4. Variación del peso total (%), de sardina común en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.	5
A.5. Variación del longitud total (Log), de sardina común en el tiempo inicial (1= día 1) y final (2=día 162) del muestreo.	7
A.6. Variación de la peso total (Log), de sardina común en el tiempo inicial (1= día 1) y final (2=día 162) del muestreo.	8
A.7. Variación de la longitud total promedio (± 0.1 cm), de anchoveta en el tiempo (día), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.	9

A.8. Variación de la longitud total (%), de anchoveta en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.	10
A.9. Variación del peso total promedio (g), de anchoveta en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.	10
A.10. Variación del peso total (%), de anchoveta en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.	11
A.11. Variación del peso total (cm) de anchoveta en el tiempo inicial (1=día 1) y final (2=día 162) del muestreo.	12
A.12. Variación de la peso total promedio de anchoveta en el día inicial (1= día 1) y final (2=día 162) del muestreo.	13
B.1. Afiche convocatoria de la reunión.	17
B.2. Afiche convocatoria de la reunión.	18
B.3. Registro fotográfico.	20
B.4. Registro de asistentes.	21

Objetivos

1.1. Objetivo general

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

1.2. Objetivos específicos

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. 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.
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.
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.
5. Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos.
6. Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas.

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).

En la actualidad 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), en septiembre-octubre de 2009 (Cubillos et al. 2010), septiembre-octubre de 2010 (FIP 2010-02, Cubillos et al. 2011), septiembre-octubre de 2011 y de 2012 (FIP 2012-09, Cubillos et al. 2013).

En este informe se comunica los resultados logrados con la ejecución del proyecto realizado en el periodo septiembre-octubre de 2013.

Metodología general

3.1. Actividades administrativas y operacionales

La cronología de las actividades relacionadas con la ejecución del Proyecto FIP 2013-07, tanto en términos administrativos como operacionales, se resume en la Tabla 3.1.

Al utilizar embarcaciones artesanales para realizar los cruceros tanto de evaluación del desove como de la condición biológica de los adultos, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura autorizó la operación de las naves seleccionadas mediante Resolución Exenta N° 2449 el 2 de septiembre de 2013. La planificación consideraba iniciar ambos cruceros a partir del 6 de septiembre. No obstante, imprevistos obligaron a suspender las actividades del muestreo de huevos, y el armador de la L/M Don Luis II renunció a la ejecución del crucero de huevos porque la nave requería de una reparación mayor al casco. Se buscó una alternativa, y una vez acordado los términos del muestreo se solicitó a SUBPESCA la autorización para reemplazar la embarcación inscrita (Don Luis II) por la L/M Gimar. La modificación a esta resolución fue emitida el 12 de octubre de 2013 fecha que permitió desarrollar el crucero de huevos.

Se destaca también que la tramitación final del Decreto Supremo 138, que aprobó el Contrato de Investigación entre el FIP y la UdeC, ocurrió el 6 de Noviembre de 2013.

Tabla 3.1: Cronología de actividades administrativas y operacionales relativas a la ejecución del Proyecto FIP 29013-07.

Fecha	Actividad	Observaciones
03-Junio	Adjudicación	El Consejo adjudica el proyecto a la UdeC.
22-Julio	Llamado público inscripción de naves	en La Estrella de Concepción, El Austral de la Araucanía y El Austral de los Rios.
24-Julio	Selección de Embarcaciones	Crucero Adultos: Buena Fe II (VII Región), Sebastian (VIII región), Don Daniel (VIII región), Don Julian (VIII Región), Rio Queule I (IX región), Noemi Simoney (XIV Región) Crucero de Huevos: Don Renato Crucero Acustico: Don Luis II
20-Agosto	Envío TTR	Envío de solicitud de Pesca de Investigación a Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
26-Agosto	Modifica TTR	Reemplazo L/M Don Renato por L/M Don Luis II para crucero de huevos.
26-Agosto	DS No 138	Tramitación de la adjudicación del Proyecto ante Contraloría General de la República
27-Agosto		Toma de razón por Contraloría General en Oficina de Partes.
02-Septiembre	Res. Ex. No 2449	Aprueba Pesca de Investigación y autoriza a las naves participantes para operar en época de veda.
11-Septiembre	Crucero adultos	Inicio de las actividades Crucero Adulto
11-Sempiembre	Traslados	Traslado del personal y envío de equipos a Puerto Montt para inició crucero ictioplancton.
12-Septiembre	Suspensión	Se suspende zarpe por fallecimiento de la Madre del capitán y armador Sr. Luis Machado, y por filtración en el casco que requiere reparación.
13-Septiembre	Crucero Adulto	Inicio del crucero en la zona sur por la L/M Noemi Simoney (IX Región).
13-Septiembre	Res Ex No 2449-13	Publicación en el diario oficial.
14-Septiembre	Suspensión	Suspensión crucero adulto zona centro por mal tiempo imperante y por la baja disponibilidad de ejemplares en la zona.
24-Septiembre	Reinicio	Reinicio del crucero de adultos zona centro con zarpe de Buena Fe II, Don Julian y Sebastian II.

Fecha	Actividad	Observaciones
02-October	Finaliza crucero	Finaliza el Crucero Adultos zona sur y también en la XIV Región por la L/M Noemi Simoney.
04-October	Finaliza crucero	Finaliza el Crucero Adultos zona centro por la L/M Don Julian.
12-October	Res Ex No 2792	Modifica Res Ex No 2449 para reemplazar la L/M Don Luis II por L/M Gimar y realizar el Crucero de huevos en la zona centro y L/M Noemi Simoney para la zona sur.
20-October	Finaliza crucero	Finaliza el Crucero de Huevos en las grillas cuantitativas Centro y Sur.
06-Noviembre	Término de la Tramitación del Decreto Supremo No 138	Oficina de Parte Subsecretaria de Pesca y Acuicultura
08-Noviembre	Res Ex No 3070	Modifica la Res Ex No 2449 para reemplazar la L/M Don Luis II por L/M Huracán I para realizar crucero acústico (sobreoferta) durante le extensión del periodo de veda.
12-Noviembre	Crucero de huevos	Se inicia el crucero exploratorio en la zona norte.
14-Noviembre	Finaliza crucero	Finaliza crucero de huevos zona norte.
29-Noviembre	Inicio crucero	Se inicia el crucero acustico desde Calbuco.
13-Diciembre	Res Ex No 3484	Modifica Res Ex No 2449 y extiende vigencia hasta el 31 de diciembre, inclusive.
18-Diciembre	Finaliza crucero	Término del crucero acústico.
19- Diciembre	Calibración	Calibración y retiro de equipos acústicos de la L/M Huracán I.

3.2. Area de estudio y periodo de estudio

El área de estudio se localiza en el centro-sur de Chile ($33^{\circ} - 41^{\circ}20'S$), donde se ubica la zona de desove de anchoveta y sardina común. El área de estudio fue dividida en tres estratos:

- i) Zona Norte, desde el sur de Valparaíso al norte de Constitución ($33^{\circ}00'S - 34^{\circ}00'S$).
- ii) Zona Centro, desde el norte de Constitución al Golfo de Arauco ($34^{\circ}30'S - 37^{\circ}10'S$).
- iii) Zona sur, de Lebu al sur de Corral ($37^{\circ}30' - 41^{\circ}20'S$) (Figura 3.1).

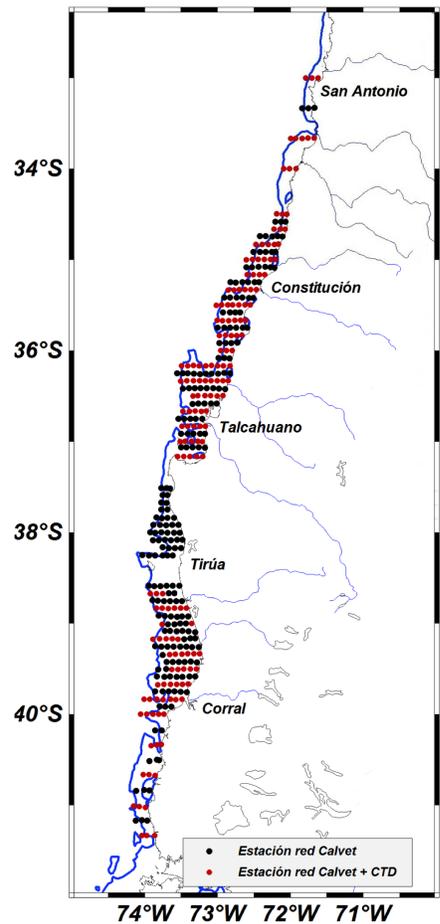


Figura 3.1: Grilla de muestreo a lo largo de la plataforma continental de Chile Centro-Sur. Se indica la distribución del veril de los 200 m. Los puntos azules representan lances con red Pairovet, y los puntos rojos estaciones en que se realizaron tanto lances de red Pairovet como perfiles verticales con CTD.

El crucero ictioplanctónico se realizó desde el 13 de octubre al 20 de octubre de 2013, mientras que la zona exploratoria del sector norte se realizó desde el 13 al 14 de noviembre de 2013. Se utilizó 3 embarcaciones que operaron en las zonas y periodos que se indican en la Tabla 3.2. Las estaciones de plancton fueron distribuidas regularmente en la plataforma continental, utilizando el veril de 200 m profundidad como límite occidental. En las zonas 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 178 estaciones; y la zona sur, 36 transectas y 174 estaciones planctónicas. La zona norte se consideró como un área exploratoria, con 4 transectas espaciadas cada 20 millas náuticas y un total de 14 estaciones (Figure 3.1). En el sector sur, hubo 8 estaciones menos que el 2012 y 25 estaciones menos que el 2011. Esta disminución se debió a que durante el muestreo en la zona próxima a Isla Mocha hubo que suspender los muestreos por estar la zona cerrada para navegación debido a la búsqueda de una avioneta que capotó frente a Tirúa y, secundariamente, debido a suspensión de

algunas pocas estaciones externas al sur de los 40°S debido condiciones de mal tiempo.

Las muestras de plancton fueron obtenidas mediante lances verticales con redes Pairovet, consistente en dos redes CAL-VET (California Vertical Egg Tow, Smith et al. 1985), cada una con 25 cm de diámetro y 0,150 μm de malla, equipada con un depresor de 36 kg. Los lances se realizaron desde 70 m o cerca del fondo marino cuando la profundidad fue menor a 70 m. En cada estación y lance de red se registró: número de transecta, estación, fecha, hora, posición geográfica, profundidad de ecosonda, tipo de arrastre, red planctónica utilizada, cantidad de cable arriado, ángulos de cable y duración del lance (tiempo de arriado y virado). Una vez a bordo, la muestras de zooplancton fueron preservadas en una solución de formalina al 10 % de agua de mar neutralizada con borax (tetraborato de sodio).

Posteriormente, en el Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL) de la Universidad de Concepción, las muestras de zooplancton fueron analizadas, extrayéndose la totalidad de los huevos y larvas de peces, y se separó los huevos y larvas de anchoveta y sardina común y se contaron bajo lupa estereoscópica.

El crucero de adultos se realizó entre el 11 de septiembre y el 04 de octubre, con la participación de 8 embarcaciones de 18 m de eslora, equipadas con red de cerco para obtener las muestras de adultos de anchoveta y sardina común durante el período de estudio. Las embarcaciones no contaban con autorización de pesca comercial, y su operación se estableció mediante un convenio que permitía lograr los tamaños mínimo de lances requeridos, por un periodo de tiempo finito en función de los costos involucrados en arriendo. La participación de las lanchas fue autorizada por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, según Resolución 2792 del 2 de Septiembre de 2013¹. La asignación de regiones de cada embarcación fue la siguiente: Buena Fe II (VII región), Sebastian II (VIII región), Don Daniel (VIII región), Don Julian (VIII región), Rio Queule I (IX región), y Noemi Simoney (XIV región).

Tabla 3.2: Embarcaciones utilizadas en los muestreos de ictioplancton en cada sector, periodo de muestreo y número de estaciones por sector.

Embarcación	Sector	Latitudes	Periodo	Estaciones
María Elena II	Norte	33°00'S – 34°00'S	13 Nov - 14 Nov	14
Gimar	Centro	34°30'S – 37°10'S	13 Oct - 19 Oct	178
Noemi Simoney	Sur	37°30'S – 41°20'S	14 Oct - 20 Oct	174
Total				366

¹La fecha de autorización para operar impidió contar con indicadores reproductivos previos ya que ambos recursos se encontraban en veda biológica

3.3. Huevos

3.3.1. Estadios de desarrollo y determinación de la edad de los huevos

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.

Cada huevo contabilizados fue asignado 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).

Se utilizó el programa *eggsplore* y *eggs* diseñados para R (<http://www.cran.r-project.org>), y que incluyen funciones para: a) el 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 aditivo generalizado (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 R.

3.3.2. Producción diaria de huevos

3.3.2.1. Área de estudio y área de desove

Para delimitar el área de crucero y el área de desove se siguió la metodología disponible en la biblioteca “geofun” y “spatstat” para R (<http://www.cran.r-project.org>). Este método permite conocer el área exacta representada por una estación de muestreo, ya que es importante que la producción de huevos sea medida en unidades de individuos por m² por día, así el área de mar superficial representada por cada estación se necesita para obtener una estimación de la producción diaria en el área total del crucero. La estimación del área representada por cada estación dentro del área del crucero considera la distancia desde esa estación a cualquiera de las estaciones que la rodean y a los límites del área del crucero de tal manera que el área de cada estación no se sobreponga con otras, y la suma del área representada por cada estación sea igual al área total del crucero.

El programa *geofun*, es el programa que está diseñado para modificar los datos espaciales para ser utilizados adecuadamente en la modelación espacial 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).

3.3.2.2. Producción diaria de huevos y tasa de mortalidad diaria de huevos

El número de huevos se asume declina a una tasa exponencial constante, i.e.,

$$P_t = P_0 \times e^{-Z \times t} \quad (3.1)$$

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 geográfico con presencia de huevos (área de desove), tanto en la zona centro como sur. El área de estudio corresponde al área que cubrió el crucero, mientras que el área 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 ((3.1)) a los datos observados se realizó con un modelo lineal generalizado (MLG), según la siguiente expresión:

$$E[P_t] = g^{-1}[\log(P_0) - Z \times t] \quad (3.2)$$

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. La ecuación ((3.2)) es equivalente a la siguiente:

$$E[N_t] = g^{-1}[\text{offset}(\log(a)) + \beta_0 + \beta_1 \times t] \quad (3.3)$$

donde $E[N_t]$ es el número de huevos a la edad t , $\text{offset}(\log(a))$ es una variable que se asume tiene coeficiente 1 y no se estima en el procedimiento, donde $\log(a)$ representa el área efectiva de arrastre de la red; y β_0 y β_1 son el intercepto y la pendiente del modelo lineal y son los estimadores de $\log(P_0)$ y de Z , respectivamente. 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). La producción diaria de huevos se estima utilizando el antilogaritmo del intercepto. Se utilizó el paquete MASS (Venables y Ripley 2002), escrito para R (R Core Team 2012). 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).

3.4. Adultos

3.4.1. Muestreo de adultos y procedimientos de laboratorio

Se obtuvo una muestra aleatoria² de ejemplares adultos de anchoveta y sardina común desde la captura obtenida en 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 aleatoria³ de 35 hembras maduras para cada especie fue obtenida en cada lance, y cada ejemplar fue diseccionado ventralmente y se conservó en una solución de formalina al 10 % tamponada para el análisis histológico del ovario en laboratorio. Además, cualquier hembra extra detectada macroscópicamente con ovarios hidratados se conservó en formalina al 10 % para el análisis de la fecundidad parcial en el laboratorio. 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, a partir del cual se estima la fecundidad parcial de las 35 hembras maduras por lance. Por último, una sub-muestra al azar de 50 de peces fue preservada para determinar la proporción sexual en peso en el laboratorio.

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 ($\pm 0,01$ 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 las siguientes etapas de acuerdo con las características descritas por Wallace y Selman (1981), Selman y Wallace (1989), y Hunter y Macewicz (1985), i.e.

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 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

²La aleatoriedad de la muestra viene dada por la unidad básica de muestreo dada por un balde de 5 L, que se llena a partir de la captura del lance

³La aleatoriedad está representada al seleccionar las primeras 35 hembras desde la muestra de 120 individuos por lances

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 deposición 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 siguió los procedimientos descritos por Hunter (1985), y detallados en el Apéndice 1.

3.4.2. Parámetros reproductivos de los adultos

Los parámetros reproductivos de los adultos corresponden a la fracción diaria de hembras desovantes (S), la fecundidad parcial promedio (F), el peso promedio de las hembras maduras (W), y la proporción de hembras maduras en peso (R). De acuerdo con Picquelle y Stauffer (1985), los parámetros reproductivos se estiman con la siguiente expresión general:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \times \bar{y}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (3.4)$$

y varianza dada por:

$$Var(\bar{y}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (y_i - \bar{y})^2}{\bar{m}^2 n(n-1)} \quad (3.5)$$

donde \bar{y} es el promedio de los valores promedio de cada lance i , y m_i es el número de hembras maduras en el lance i , mientras que \bar{m} es el número promedio de hembras maduras, y n es el número de lances.

La expresión de varianza, Ecuación (3.5), solamente se aplicó a S , W y R , ya que la varianza para la fecundidad parcial incluye los términos de varianza asociados con la regresión lineal y número de hembras hidratadas utilizada para estimar la fecundidad parcial de las hembras maduras en cada lance (ver más adelante, Ec. (3.10)).

3.4.2.1. Fracción diaria de hembras desovantes

La fracción diaria de hembras desovante (S), es decir, la fracción de hembras maduras que desova por día, se calculó considerando la edad de los folículos postovulatorios (FPO). Según los criterios desarrollados por Hunter y Goldberg (1980) y Hunter y Macewicz (1985), los FPO de Día-0 son hembras que desovan en la noche (0-9 h), de Día-1 se refiere a la noche (9-32 h), y los FPO de Día-2 de 33-56 h después del pico de desove (Alheit et al. 1984). La fracción desovante se puede estimar a partir de la proporción de FPO de Día-0 y de Día-1. En la anchoveta y sardina común de la zona centro-sur se consideró utilizar hasta los FPOs de Día-1 debido a que es probable que los FPO de Día 2 demoren más tiempo en degenerar considerando que la temperatura de 10-12 °C podría determinar una tasa de degeneración más baja para estos pelágicos (Fitzhugh y Hettler 1995, Ganiás et al. 2003). 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 es necesario aplicar ninguna corrección al número de hembras maduras, y la fracción desovante podría ser estimada como la proporción entre el número de hembras con FPO de Día-1 y el total de hembras maduras (Cubillos et al. 2007).

Sin embargo, con el objeto de conseguir una mayor definición del proceso de degeneración de los Folículos Postovulatorios (FPO) se construyó una clasificación de estadios de degeneración de estos, de acuerdo a lo planteado por Alday et al. (2008). El que consiste en subdividir el proceso de reabsorción de los FPO en varios estadios de degeneración. Claramunt et al. (2007) construyeron una nueva escala ajustada a los requerimientos específicos para anchoveta y sardina común, tomando en cuenta aspectos como la forma celular y nuclear (ubicación y grado de picnosis), aspecto del citoplasma, relación límites de células vecinas, presencia de vacuolas citoplasmáticas, láminas celulares y pliegues, aspecto del conjunto y características del lumen. Estos criterios morfohistológicos de clasificación han permitido mejorar la asignación de edad a los FPO, tanto de anchoveta como de sardina común (Claramunt et al. 2007), y se describe a continuación:

Estadio I No están presentes en la colección.

Estadio 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.

Estadio 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.

Estadio IV 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.

Estadio 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.

Estadio 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.

Estadio 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.

Dependiendo de las características morfohistológicas de los FPO es factible determinar su incidencia en ciclos diarios de 24 horas, es decir, si la hembra tuvo un desove reciente, la noche anterior o dos noches antes de la captura (Cubillos et al., 2005), lo que permite estimar con mayor precisión la fracción desovante. Además, la incidencia de algunos estadios ováricos también fue considerada para la estimación de la frecuencia de desove, según los criterios de Macewicz y Hunter (1993), estos son las gónadas que presentaron ovocitos con núcleo en migración e hidratados que permiten definir si la hembra desovará en el mismo día de la captura.

Para dilucidar la distribución horaria de los siete estadios FPO y los estados de madurez sexual de Núcleo migrante e Hidratado, se utilizó la información correspondiente a los años 2004 al 2012 con la totalidad de las hembras procesadas histológicamente. A la distribución horaria de los estadios ováricos y FPO se les ajustó una función de distribución probabilística utilizando la hora acumulada a partir del mediodía (12:00 AM) de forma de dilucidar las noches de desove y el desplazamiento de los estadios ováricos y de FPO.

Por otra parte, al considerar que el muestreo de hembras hidratadas o de hembras de Día-1 (0 a 24 h) ó de Día-2 (24-48 h) no es sesgado, entonces la fracción de hembras desovantes para el lance i se puede estimar por:

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

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

donde S_i es la fracción desovante del lance i , $m_{h,i}$ es el número de hembras hidratadas, $m_{1,i}$ es el número de hembras de día 1, $m_{2,i}$ es el número de hembras de día 2, $m_{a,i}$ es el número de hembras activas que no han desovando entre 9 y 56 h (incluidas aquellas con FPO con edad menor a 9 h), y m_i es el número de hembras activas.

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

$$m_{h,i} = \frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} \quad (3.6)$$

La fracción desovante del lance i , se estimó por:

$$\bar{S}_{h,i} = \frac{\sum_{i=1}^n m_{1,i} + m_{2,i}}{2 \sum_{i=1}^n m_i} \quad (3.7)$$

3.4.2.2. Peso promedio y proporción sexual

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.

3.4.2.3. Fecundidad parcial

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, i.e.,

$$F_j = a + b \times W_j^* \quad (3.8)$$

donde F_j es la fecundidad parcial de la hembra hidratada j , W_j^* es el peso libre de ovario de la hembra j , a y b son parámetros estimados de la regresión lineal.

La fecundidad media de hembras maduras de cada lance fue estimada por:

$$\bar{F}_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} \hat{F}_{i,j} \quad (3.9)$$

donde $\hat{F}_{i,j}$ es la fecundidad estimada para la hembra j en el lance i con la Ecuación (3.8).

La fecundidad parcial media poblacional ($\bar{\bar{F}}$) fue estimada a través del estimador de razón, Ec. (3.4), mientras la varianza de la fecundidad parcial fue estimada según Hunter et al. (1985), mediante la siguiente expresión:

$$Var(\bar{\bar{F}}) = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{(\bar{F}_i - \bar{\bar{F}})^2}{n-1} + \frac{s_h^2}{n_h} + (\bar{W}_i^* - \bar{W}_h^*)s_b^2 \right]}{\left(\sum_{i=1}^n (m_i/n) \right)^2 n} \quad (3.10)$$

donde s_h^2 es la varianza de la regresión, Ec. (3.8), n_h es el número de hembras hidratadas usada para ajustar la regresión, 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 es el número de hembras hidratadas usadas en la regresión, y s_b^2 es la varianza de la pendiente de la regresión, Ec. (3.8).

3.5. Biomasa desovante

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

$$B = \frac{P_0 \times A \times W}{R \times S \times F} k \quad (3.11)$$

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 (m^2), W es el peso promedio de hembras maduras (g), k es el factor de conversión de gramos a toneladas, R es la fracción de hembras maduras por peso, S es la fracción de hembras maduras desovantes por día, y F es la fecundidad parcial (número promedio de huevos por hembras maduras por desove). El estimador de la varianza de la biomasa desovante se calcula por:

$$Var(B) \equiv \hat{B}^2 \times (CV(P_0)^2 + CV(W)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + CV(R)^2 + 2 \times COVS) \quad (3.12)$$

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:

$$COVS = \sum_{i=1}^n \sum_{i < j} sign \frac{COV(x_i, x_j)}{x_i x_j} \quad (3.13)$$

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:

$$r(\bar{F}, \bar{W}) = \frac{\sum_i m_i (F_i - \bar{F}) k_i (W_i - \bar{W})}{\bar{m} \bar{k} n (n-1) \sigma_F \sigma_W} \quad (3.14)$$

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

3.6. Distribución de huevos y su asociación con variables hidrográficas

3.6.1. Hidrografía

Las condiciones oceanográficas fueron evaluadas a partir del muestreo hidrográfico obtenido en las transectas impares del diseño planctónico (Figura 3.1), con un perfilador CTD Seabird 19 (sectores centro y sur), equipado además con un sensor

de Oxígeno. 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 partir de una muestra de agua de mar superficial obtenida con un balde de 3 L utilizando un termómetro digital. La información correspondiente a los registros verticales continuos, se almacenó en Notebooks y fue procesada en el Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción.

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

3.6.2. Información satelital

Imágenes satelitales diarias de temperatura superficial del mar (TSM) y clorofila-*a* (CHL) fueron extraídas desde el Programa MODIS Aqua Level-3 Globales (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/ftp.html>), con una resolución espacial de 4x4 km, correspondientes al periodo comprendido entre 01 de junio de 2012 y el 31 de diciembre de 2012, fueron procesadas, escaladas y corregirlas atmosféricamente con el software Matlab 6.1, obteniéndose unidades geofísicas en valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y clorofila (mg m^{-3}). Adicionalmente se procesaron imágenes satelitales de viento provenientes del IFREMER con el producto ASCAT y QUICKSCAT de resolución temporal diaria y espacial de 1/4 de grado expresado como transporte de Ekman (I_s) (Bakun 1975, Arcos y Navarro 1986, Pond y Pickard 1997).

Con el fin de solucionar la cobertura nubosa inherente de las imágenes de TSM y clorofila, se implementó una metodología de interpolación en tres dimensiones que considera la variabilidad en el espacio y el tiempo de los datos para su interpolación con cokriging (Marcotte 1991, Navarro et al. 2004) con el propósito de mejorar la cobertura de información sin perder la variabilidad espacial y temporal propia del área de estudio.

Para obtener una mejor representación grafica y lograr una mejor caracterización en términos de los principales procesos y estructuras distinguibles tanto para la TSM y CHL, a partir de las imágenes diarias se obtuvo promedios semanales (siete días) para ambas variables.

3.6.2.1. Análisis histórico

Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM), clorofila-*a* (CHL) y viento de resolución temporal mensual y espacial de 4x4 km (TSM y CHL) y 1/4 de grado para el viento obtenidas desde el Programa MODIS Aqua Level-3 Globales y del IFREMER (Ascat-Qscat), correspondientes al periodo comprendido entre enero de 2003 y diciembre de 2012, fueron procesadas, escaladas y corregirlas atmosféricamente con el software Matlab 6.1, obteniéndose unidades geofísicas en valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), clorofila (mg m^{-3}) y viento ms^{-1} .

Con el objeto de realizar una caracterización de las condiciones oceanográficas y meteorológicas históricas del área costera del área de estudio, a partir de las imágenes de viento, temperatura y clorofila, se construyó series temporales considerando tres zonas: norte (33° a 37°S), centro-sur (37° a 40°S) y sur (40° a 43°S). Además, para el viento, se calculó el transporte de Ekman para cada serie según la metodología de Arcos (1987).

Para analizar la distribución de la energía en el dominio tiempo-frecuencia se determinó el poder espectral de wavelet (Torrence y Compo 1998) a las series de anomalía de la TSM, CHL y viento entre los años 2003-2012, extrayendo previamente el ciclo anual de cada serie, determinando las constantes armónicas utilizando el método de mínimos cuadrados. Se escogió una wavelet madre de Morlet (Torrence y Compo 1998), porque esta función permite identificar aspectos oscilatorios en la señal.

3.6.2.2. Advección

La obtención del campo advectivo superficial asociado a la zona costera, se implementó el método del máximo de la correlación cruzada (MCC, Emery et al. 1986), basado principalmente en la identificación de máximos coeficientes de correlación-cruzada en una matriz de rezago entre dos subáreas para un par de imágenes satelitales secuenciales de TSM. La primera imagen es dividida en sucesivas subáreas de 4 x 4 píxeles (ventanas plantillas). Para cada ventana plantilla, en la segunda imagen, se seleccionará una ventana de 8 x 8 píxeles de tamaño (ventanas de búsqueda), las cuales presentan el mismo centro espacial que la ventana plantilla correspondiente. La ventana plantilla recorre la ventana de búsqueda en la dirección x e y cada 1 píxel, calculando coeficientes de correlación-cruzada. El desplazamiento relativo entre la posición del centro de la ventana plantilla y el centro en la ventana de búsqueda donde la correlación-cruzada fue máxima, determina el vector de velocidad. Detalles de la metodología y su aplicación a imágenes de TSM se encuentran en Navarro et al. (2004). En el cálculo de la correlación-cruzada se ha considerado un máximo de un 30 % de datos que responden al código de nubes.

3.6.3. Dependencia espacial

La distribución espacial de la densidad de huevos se analizó con modelos aditivos generalizados (GAM), considerando como variables independientes la posición (latitud, longitud), profundidad de fondo, y temperatura superficial del mar. Se utilizó una familia binomial negativa con enlace “log” y parámetro de dispersión igual a 1 para la estructura de error de la densidad de huevos. Se usó el paquete ‘mgcv’ de Wood (2006) para R, 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.

Resultados

4.1. Producción de huevos

4.1.1. Presencia, abundancia y distribución de huevos

4.1.1.1. Presencia de huevos

En la campaña 2013, del total de 365 estaciones de la grilla regular en que se realizó muestreo con red Pairovet, 62 estaciones presentaron huevos de anchoveta, lo que representa un 17 % del total de estaciones, y 93 estaciones presentaron huevos de sardina común que corresponden a un 25,5 % del total de estaciones (Tabla 4.3, Figura A.11). Al comparar con el 2012, ocurrió un aumento de un 4 % de estaciones positivas con huevos de anchoveta y alrededor de un 14 % en sardina común. En ambas especies, sin embargo, es posible que el incremento haya sido levemente mayor (aprox. 3- 4 %) si se toma en cuenta que la zona que no pudo muestrearse (cerca a Isla Mocha) corresponde a una zona en que usualmente ocurren estaciones positivas para ambas especies.

Tabla 4.3: Número de estaciones totales, sector, estaciones con huevos de anchoveta y sardina común, y fracción porcentual que representan las estaciones con huevos de cada especie del total de estaciones muestreadas por sector.

Sector	Estaciones totales (n)	Anchoveta		Sardina común	
		Estaciones positivas (n)	(%)	Estaciones positivas (n)	(%)
Norte	14	0	0	0	0
Centro	178	39	22	46	26
Sur	173	23	13	47	27

Si bien el número de estaciones positivas con huevos de anchoveta en el sector norte estuvo en el rango histórico (0 estaciones positivas; 0-3 estaciones entre 2002-2013), la proporción de estaciones positivas en el sector centro fue mayor (22 %) que en el sector sur (13 %), lo cual revierte el patrón histórico (Tabla 4.3). Comparando con el 2012, en el 2013

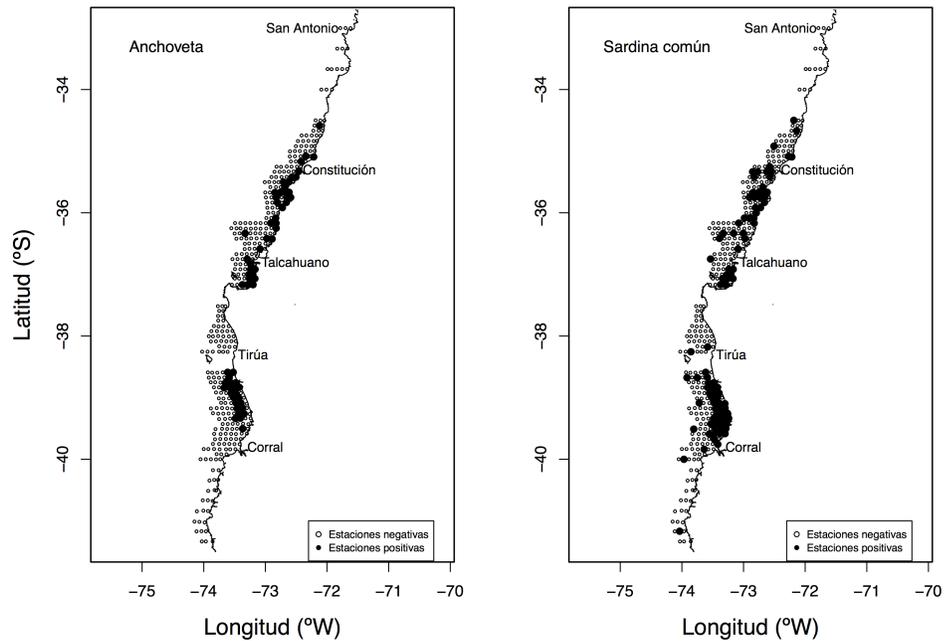


Figura 4.2: Distribución de las estaciones con presencia de huevos de anchoveta y sardina común el área de estudio total, año 2013.

aumentó la proporción de estaciones positivas en la zona centro de (8 % a 22 %) y disminuyó en la zona sur (de 20 % a 13 %).

Respecto a huevos de sardina común, no ocurrieron estaciones positivas en el sector norte, hubo 46 en el sector central y 47 en el sector sur, correspondiendo a porcentajes de 26 % y 27 % de estaciones positivas de las zonas centro y sur, respectivamente (Tabla 4.3), lo cual es inusual considerando que la tendencia histórica es a un porcentaje marcadamente mayor en el sector sur. Respecto del 2012, en el 2013 hubo notorios aumentos de estaciones positivas en los sectores central (de 3 % el 2012 a 26 % el 2013) y sector sur (de 19 a 27 %).

El análisis de la serie de tiempo desde el 2002 muestra que el porcentaje de estaciones positivas de huevos de anchoveta en la zona central en el 2013, si bien fue mayor que el 2012, se mantiene bajo el promedio de la serie (26,5 %) cuyo máximo se alcanzó el año 2007 (Figura 4.3). En la zona sur, sin embargo, la tendencia permanece hacia una disminución en el número de estaciones positivas desde el 2003, siendo los valores del 2013 muy por debajo del promedio histórico (35,9 %) del periodo total (2002-2013).

El porcentaje de estaciones positivas de huevos de sardina común aumentó en el sector central (25,8 %) sobrepasando el valor promedio de la serie 2012-2013 (13,1 %). En la zona sur, las estaciones positivas durante el 2013 también aumentaron (27,0 %) respecto del 2012 (18,7 %) pero se encuentran en torno al promedio histórico de la zona sur (26,3 %) en el periodo 2002-2013 (Figura 4.3). Finalmente, i) las tendencias generales del porcentaje de estaciones positivas de sardina común coinciden en ambas zonas particularmente desde el 2008 (aunque con mayores valores en el sector sur); ii) la tendencia de los porcentajes de estaciones positivas de anchoveta coinciden con la de sardina común a partir del 2008 y, iii) el número de

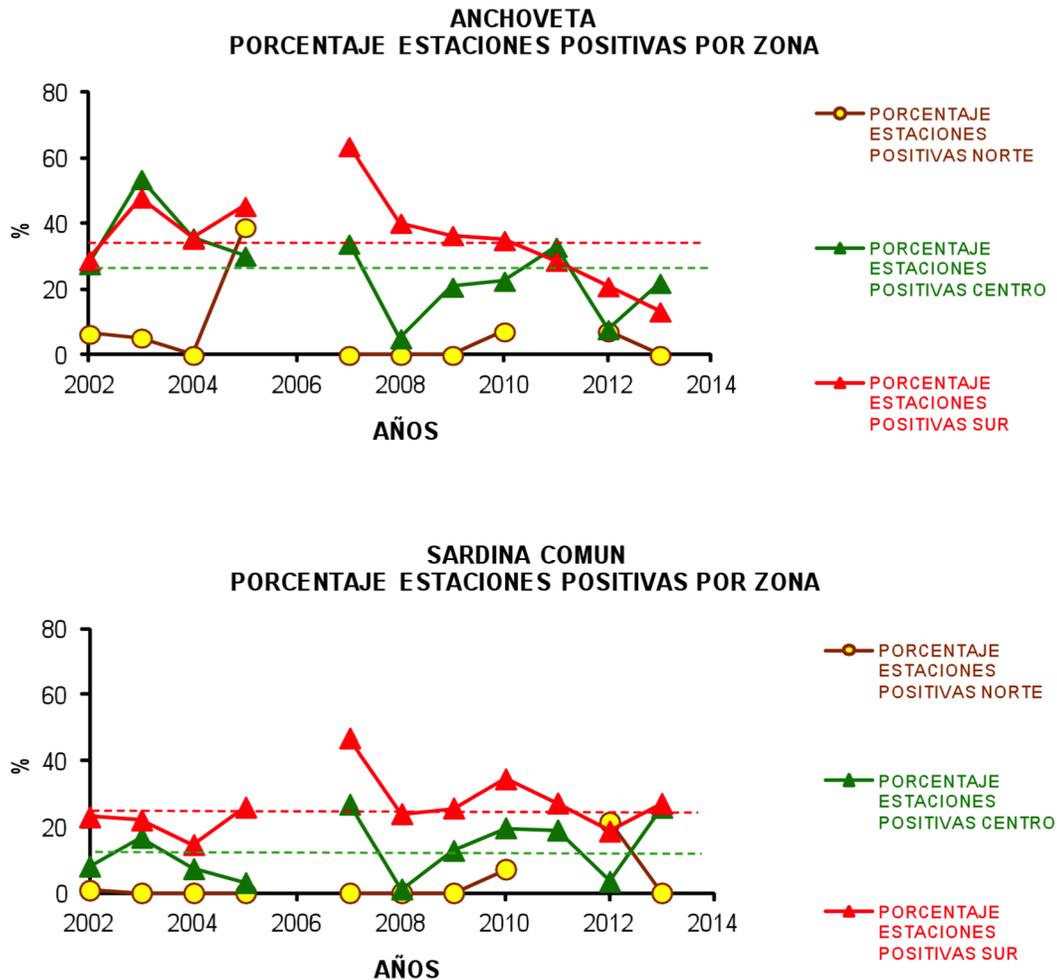


Figura 4.3: Proporción de estaciones positivas con huevos de anchoveta y sardina común por sector y área total, desde el inicio de las evaluaciones del MPDH iniciadas el 2002. Las líneas punteadas corresponden a los promedios de estaciones positivas de cada especie en el periodo 2002-2013.

estaciones de huevos de anchoveta sigue cayendo sostenidamente en el sur desde el 2007.

4.1.1.2. Abundancia de huevos

Un total de 1254 huevos de anchoveta y 5987 huevos de sardina común fueron colectados en el área completa de estudio, aumentando desde un total de 587 de anchoveta y 803 huevos de sardina común el año 2012 en la misma zona. El número de huevos totales volvió a la tendencia histórica de un aumento desde el norte hacia el sur en ambas especies (Tabla 4.4), patrón

que varió en anchoveta el 2012 (igual número en zona centro y sur). Ambas especies no presentaron huevos en el sector norte. Los huevos de totales de anchoveta fueron 595 a 659 en las zonas centro y sur y los de sardina común fueron 1943 y 4044, respectivamente. El número total de huevos de ambas especies en el sector sur pudo haber sido mayor si se hubiera muestreado la zona alrededor de Isla Mocha.

Tabla 4.4: 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, máxima y mínima abundancia de huevos por estación (huevos por $0,05 \text{ m}^{-2}$) en cada sector.

Anchoveta:							
Sector	Total	Promedio	Desv.	Promedio	Desv.	Máxima	Mínima
		total	estándar	estaciones	estándar		
Sardina común:							
Sector	Total	estaciones	estándar	estaciones	estándar	Máxima	Mínima
Norte	0	0	0	0	0	0	0
Centro	595	3,3	13,06	15,3	24,67	108	1
Sur	659	3,8	16,70	28,7	38,06	136	1
Norte	0	0	0	0	0	0	0
Centro	1943	10,9	60,35	42,2	113,89	677	1
Sur	4044	23,2	87,23	86,0	151,98	745	1

La abundancia promedio de huevos de anchoveta por estación (0, 15,3 y 28,7 huevos/ $0,05\text{m}^2$ en las zonas norte, centro y sur; Tabla 4.4) y las abundancias máximas por estación en las estaciones positivas volvieron a su patrón histórico aumentando de norte a sur, lo cual contrasta con lo observado el 2012, año en que los mayores promedio (4; 21,5 y 7,62 huevos/ $0,05\text{m}^2$) y máximas abundancias por estación ocurrieron en la zona central (Figura 4.4). Considerando la serie completa 2002-2013, el promedio de huevos de anchoveta en las estaciones positivas de la zona central en el 2013 (15,3 huevos/ $0,05\text{m}^2$) estaría debajo del promedio histórico (25,7 huevos/ $0,05\text{m}^2$) y habría mantenido la tendencia disminución de los últimos 4 años en esa zona, mientras que en la zona sur (28,7 huevos/ $0,05\text{m}^2$) también estaría bajo el promedio histórico (52,2 huevos/ $0,05\text{m}^2$) pero habría subido respecto del 2012.

La abundancia promedio de huevos de sardina común del 2013 en las estaciones positivas de ambas zonas (central= 42,2 huevos/ $0,05\text{m}^2$, sur =86,0 huevos/ $0,05\text{m}^2$)(Tabla 4.4) aumentó considerablemente respecto del 2012, mostrando valores sobre las abundancias promedios de la serie histórica 2002 - 2013 (promedios históricos de la zona centro es de 29,5 h/ $0,05\text{m}^2$ y para la zona sur es de 46,2 huevos/ $0,05\text{m}^2$) (Figura 4.4). Las abundancias promedio de huevos en la zona sur el 2013 constituyen las segundas más altas observadas en toda la serie histórica. Las abundancias promedio y las máxima abundancias de huevos por estación del 2013 fueron mayores en la zona sur, coincidiendo con los patrones históricos de un aumento de abundancia desde el norte hacia el sur.

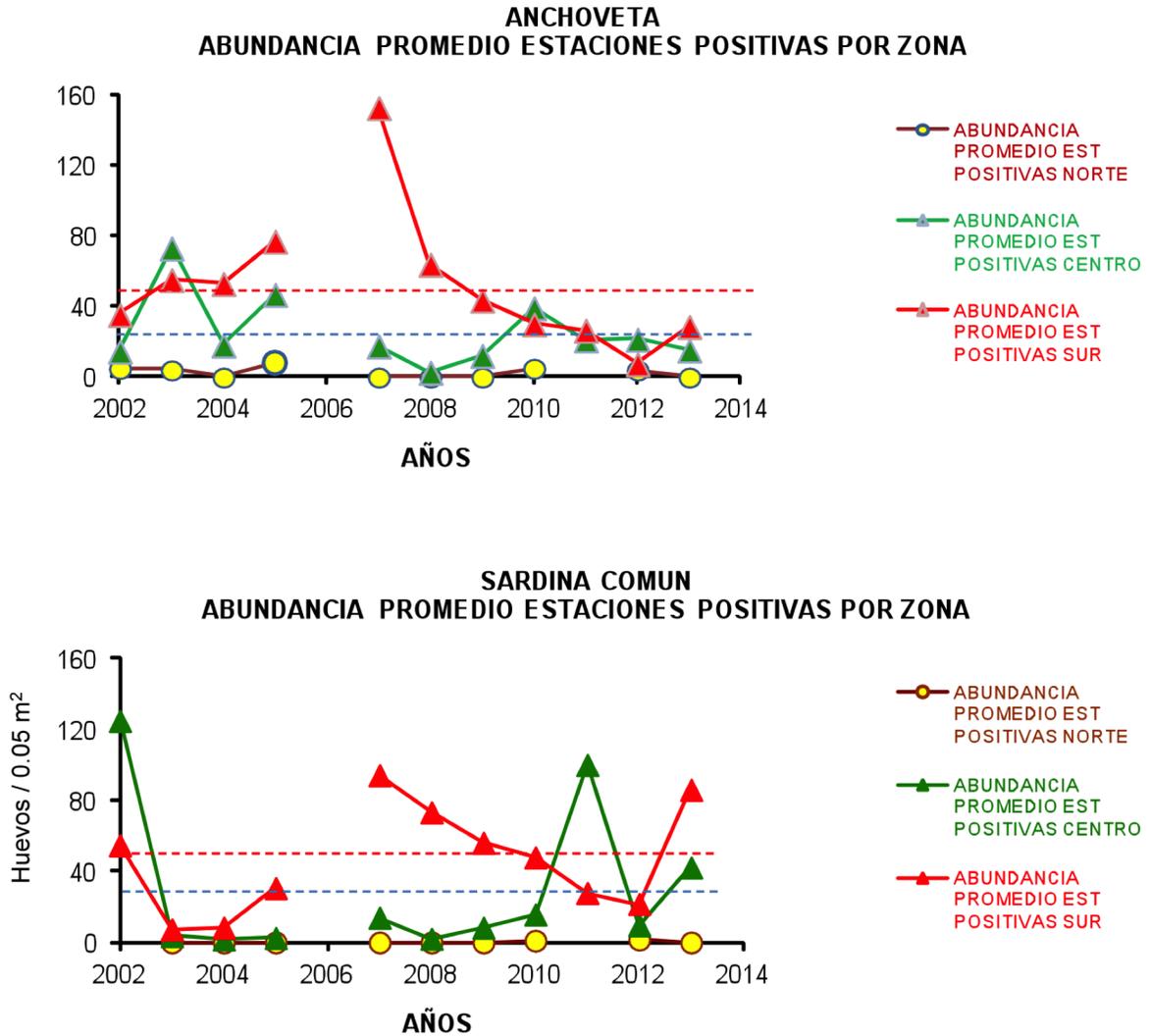


Figura 4.4: Abundancia promedio de huevos de anchoveta y sardina común en las estaciones positivas por sector, serie histórica de evaluaciones por MPDH iniciadas el 2002. Las líneas punteadas corresponden a los promedios de estaciones positivas de cada especie en el periodo 2002-2013.

4.1.1.3. Distribución espacial

Durante el muestreo del 2013, no se encontró huevos de anchoveta o sardina común en el sector norte del área prospectada, lo cual difiere con el año anterior en que huevos de ambas especies ocurrieron en la franja costera en un par de estaciones aunque en muy baja abundancia.

En el sector central, los huevos de anchoveta ocurrieron a lo largo de casi toda la franja costera y más abundantemente frente a Punta Nugurne ($35^{\circ}30'S$ área de máxima abundancia), y secundariamente en el Golfo de Arauco ($37^{\circ}S$), siendo estas dos zona lugares donde históricamente los huevos han sido encontrados en altas concentraciones. Comparado con los dos años anteriores, la distribución del 2013 fue más continua que el 2012 y semejante a la del 2011, aunque con baja abundancia frente a Bahía Concepción. En el sector sur, las mayores agregaciones de huevos de anchoveta se ubicaron al norte de Bahía Corral ($38^{\circ}30'S - 39^{\circ}30'S$) a lo largo de una franja muy costera. Es posible que la distribución se haya extendido más al norte de los $38^{\circ}30'S$ lo cual no se pudo comprobar por no poderse muestrear la zona frete a Isla Mocha. Comparado con la distribuciones de los dos años previos, el 2013 el límite de distribución sur fue más al norte que el 2011 y 2012 y también más costera que ambos años (Figura 4.5).

En el sector central, los huevos de sardina común, ocurrieron a lo largo de toda la costa, y en mayores abundancias en dos zonas al sur de Punta Nugurne y en el Golfo de Arauco, las cuales constituyen dos zonas típicas de altas abundancia de huevos. Al comparar con el año 2012, la distribución de huevos de sardina común el 2013 fue mucho más extensa a lo largo de la costa y también hacia el océano, además de presentarse abundancias mucho mayores en toda la zona (no hubo huevos en el Golfo de Arauco el 2012). En el sector sur, la distribución de los huevos de sardina común fue más extensa que en los dos años anteriores, desde el norte de Isla Mocha ($38^{\circ}10'S$) y hasta más al sur de los $41^{\circ}S$. La zona de mayor concentración de huevos coincidió con la zona observada en años anteriores ($30^{\circ}30'S - 39^{\circ}40'S$) desde el sur de Isla Mocha hasta Bahía Corral (Figura 4.6).

4.1.2. Producción diaria de huevos

Los parámetros del modelo lineal generalizado que fueron ajustados a la curva de mortalidad de huevos para cada especie se resumen en la Tabla 4.5, según el procedimiento de determinación de la edad convencional (Modelo de Lo). Se observa que para ambas especies, los parámetros del intercepto fueron significativos y la pendiente asociada con la edad fue siempre negativa.

Los coeficientes de la Tabla 4.5 permitieron estimar la producción diaria de huevos y la tasa de mortalidad diaria de huevos, cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.6. Dichas estimaciones están referidas al área de desove (A_1), mientras que la estimación de estratificada considera el total de área de estudio. Según el procedimiento de determinación de la edad convencional (Modelo de Lo) y multinomial, los parámetros de intercepto fueron en todos los casos significativos. El intercepto representa el logaritmo de la producción diaria de huevos (huevos por m^2) y la pendiente a la tasa de mortalidad por hora (h^{-1}). En el caso de la anchoveta para el método de Lo, se observó que la producción diaria de huevos fue máxima en la zona sur y máxima en la zona centro para el caso de la sardina común. Asimismo, la anchoveta registró una pobre producción diaria de huevos en el sector centro ($6,58$ huevos $0,05 m^2 d^{-1}$). La tasa de mortalidad diaria de los huevos de sardina común en la zona sur fluctuó entre $-0,192$ y $0,088 d^{-1}$, mientras que en el caso de la anchoveta la tasa de mortalidad diaria varió entre $-0,480$ y $-0,142 d^{-1}$. Al comparar ambos métodos es posible observar que para ambas especies y zonas los valores de P_0 estimados son mayores con el método multinomial, al igual que su varianza.

Para la estimación de la biomasa desovante se consideró el método de Lo, cuya estimación es convencional y permite comparar con estimaciones previas.

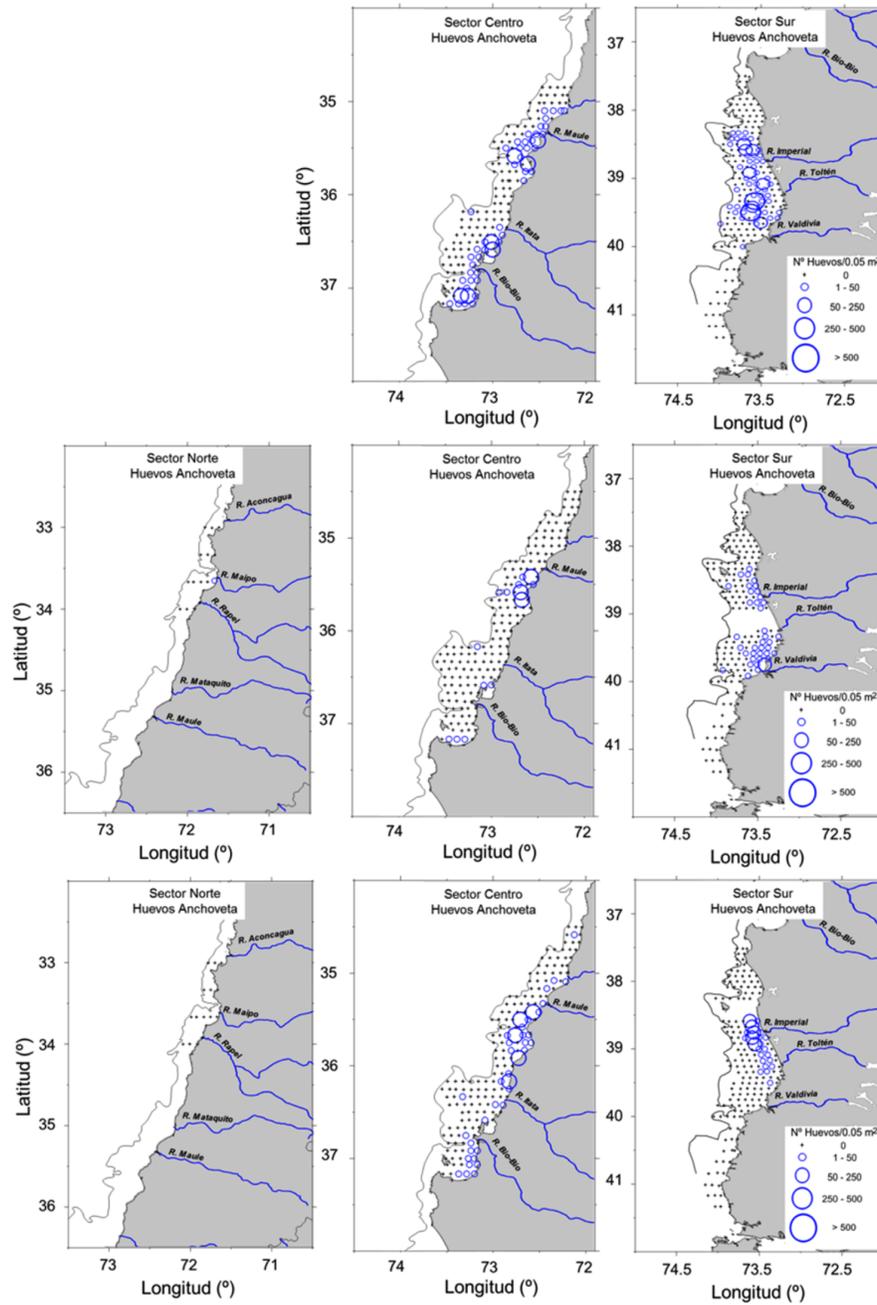


Figura 4.5: Distribución de huevos de anchoveta registrados en los sectores norte, centro y sur, en los años 2011 (panel superior), 2012 (panel central) y 2013 (panel inferior).

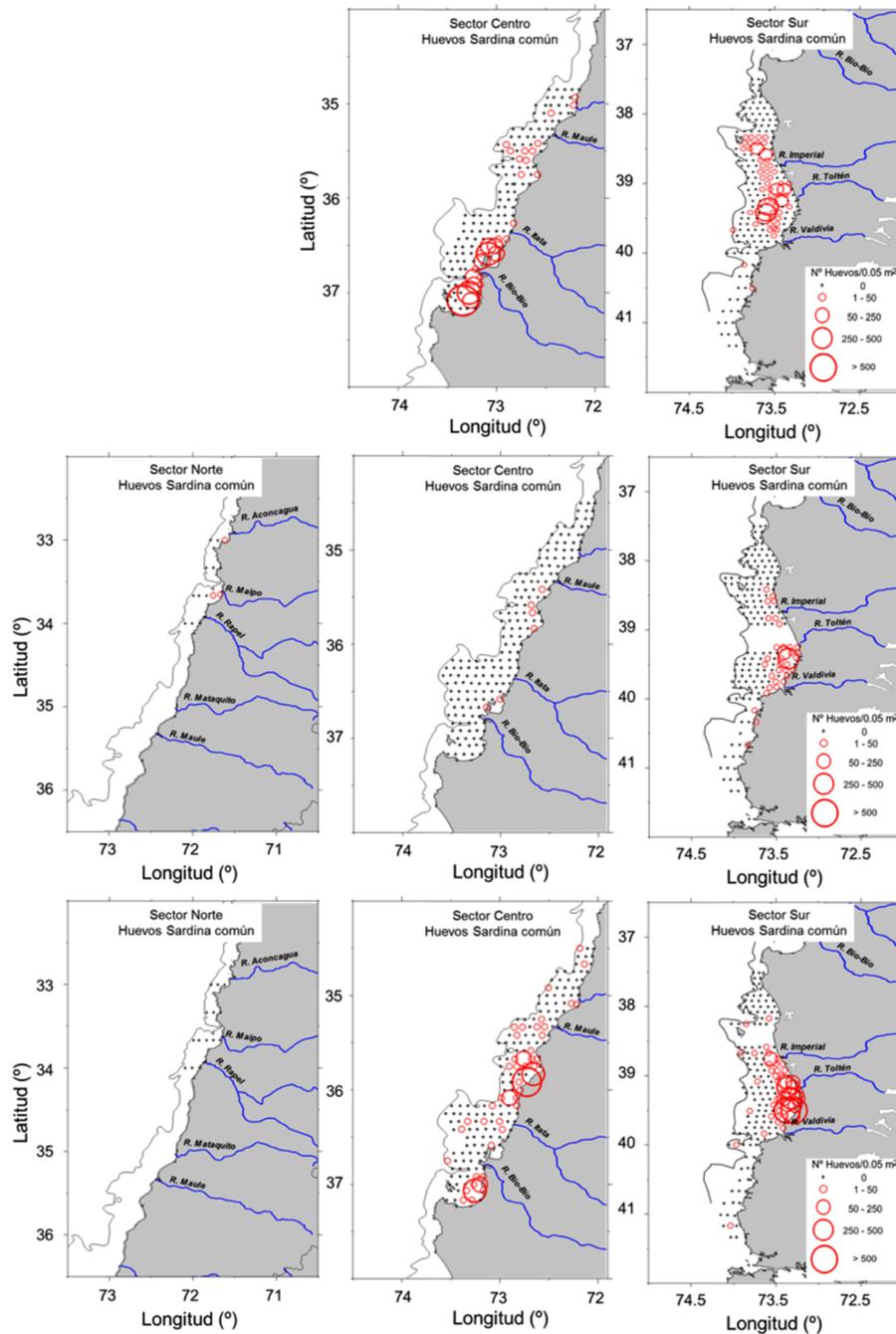


Figura 4.6: Distribución de huevos de sardina común registrados en los sectores norte, centro y sur, en los años 2011 (panel superior), 2012 (panel central) y 2013 (panel inferior).

Tabla 4.5: Coeficientes del modelo lineal generalizado, familia binomial negativa y enlace log. El intercepto representa el logaritmo de la producción diaria de huevos (huevos por m²) y la pendiente a la tasa de mortalidad por hora (h⁻¹).

Anchoveta					
Sector	Parámetro	Estimado	Error Std.	Valor z	Pr(> z)
Centro	Intercepto	4,746	0,518	9,158	$5,2 \times 10^{-20}$
	Pendiente	-0,0059	0,011	-0,536	$5,9 \times 10^{-1}$
Sur	Intercepto	6,116	0.618	9.888	$4,7 \times 10^{-23}$
	Pendiente	-0.028	0.014	-1.986	$4,7 \times 10^{-2}$
Sardina					
Sector	Parámetro	Estimado	Error Std.	Valor z	Pr(> z)
Centro	Intercepto	5,867	0,717	8,175	$2,9 \times 10^{-16}$
	Pendiente	-0,0081	0,0152	-0,533	$5,9 \times 10^{-1}$
Sur	Intercepto	5,843	0,557	10,480	$1,06 \times 10^{-25}$
	Pendiente	0.0036	0.0128	0.285	$7,7 \times 10^{-1}$

Tabla 4.6: 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.

Parámetro	Anchoveta		Sardina	
	Centro	Sur	Centro	Sur
Area de estudio A (km ²)	12.023	11.720,57	12.023	11.720,57
Area de desove A_1 (km ²)	2.402,33	1.508,06	2.474,84	2.957,4
Método de Lo				
P_0 (huevos 0,05 m ⁻² d ⁻¹)	6,59	17,81	22,86	20,15
var(P_0)	13,36	122,47	352,27	148,0
cv(P_0)	1,29	0,52	0,31	0,48
Z (d ⁻¹)	-0,14	-0,48	-0,19	0,08
P_0 (huevos m ⁻² d ⁻¹)	131,75	356,13	457,30	403,04
Método de Multinomial				
P_0 (huevos 0,05 m ⁻² d ⁻¹)	8,23	32,8	41,4	46,86
var(P_0)	14,67	348,08	721,15	523,78
cv(P_0)	1,31	0,34	0,24	0,29
Z (d ⁻¹)	-0,34	-0,81	-0,58	-0,26
P_0 (huevos m ⁻² d ⁻¹)	164,63	655,99	828,14	937,25

4.2. Parámetros reproductivos de los adultos

4.2.1. Lances de pesca

En el sector centro, la campaña de adultos comenzó el 11 de septiembre y se extendió hasta el 04 de octubre del presente año, tanto en la VII Región (24 - 27 de septiembre) como en la VIII Región (11 de septiembre - 04 de octubre).

Aunque el crucero de adultos cubrió la totalidad de VII Región, no se detectó agregaciones del recurso en cuatro días de navegación. En la VIII Región, el crucero comenzó el 11 de septiembre, con el zarpe de la L/M Sebastián II asignada al área del Golfo de Arauco. El 24 de septiembre comenzó sus actividades la L/M Don Julián encargada de realizar la pesca en el sector norte de la Región del Biobío (Itata). Por último, el día 30 de septiembre zarpó L/M Don Daniel, encargada de realizar la pesca en la Bahía de Concepción y San Vicente. Si bien, se prospectó casi en su totalidad el área de estudio, el éxito de pesca fue bajo debido a la situación de baja disponibilidad del recurso. Solamente se obtuvo muestras positivas en 10 de 19 (53 %) lances efectuados en el marco de los recursos a evaluar. Se destaca la presencia de la cochinilla y pejerrey en más del 30 % de los lances con pesca (Tabla 4.7).

Tabla 4.7: Bitacora de lances de pesca efectivos de sardina común y anchoveta durante el crucero de adultos 2013, sector centro.

L/M	N° Lance	Fecha	Hora	Latitud (S)	Longitud (W)	Captura (Kg)	Especie dominante	Aporte (%)
Don Julian	1	24/09/13	15:24	36°27.582	72°56.783	400	Sardina común	100
Don Julian	2	24/09/13	16:53	36°25.341	72°58.124	200	Sardina común	100
Don Julian	3	25/09/13	10:17	36°23.936	72°53.921	500	Sardina común	100
Don Julian	4	25/09/13	13:10	36°25.431	72°55.371	300	Sardina común	100
Don Julian	5	25/09/13	18:28	36°32.853	72°59.876	200	Sardina común	100
Don Daniel	1	30/09/13	8:20	36°42.205	73°03.915	2000	Sardina común	70
Don Daniel	2	01/10/13	8:16	36°42.374	73°02.065	Sin Pesca	-----	-----
Don Daniel	3	01/10/13	12:23	36°37.464	73°02.411	10	Sardina común	
Don Daniel	4	02/10/13	17:46	36°38.077	72°59.497	Sin Pesca	-----	-----
Don Daniel	5	03/10/13	7:35	36°43.646	73°01.538	2000	Sardina común	80
Don Daniel	6	03/10/13	10:00	36°42.332	73°00.209	1000	Sardina común	80
Don Daniel	7	04/10/13	14:35	36°43.917	73°02.013	Sin Pesca	-----	-----
Sebastian II	1	11/09/13	10:15	37°12.367	73°15.834	200	Pejerrey	100
Sebastian II	2	11/09/13	15:10	37°10.931	73°30.058	Sin Pesca	-----	-----
Sebastian II	3	24/09/13	1:25	37°03.927	73°09.000	150	Pejerrey	100
Sebastian II	4	24/09/13	11:10	37°02.995	73°11.911	300	Cochinilla	100
Sebastian II	5	24/09/13	12:41	37°02.995	73°11.282	1500	Cochinilla	100
Sebastian II	6	25/09/13	9:15	37°10.966	73°29.483	150	Cochinilla	60
Sebastian II	7	25/09/13	12:10	37°07.446	73°34.398	200	Anchoveta	50

En el sector sur, la campaña de adultos se desarrolló entre el 11 de septiembre y 02 de octubre de 2013, considerando el litoral frente a la IX Región entre el 11 y 25 de septiembre y la XIV Región entre el 15 de septiembre y 02 de octubre de 2013.

En las regiones de los Ríos y de la Araucanía, se cubrió prácticamente la totalidad del área de estudio, fraccionando las actividades en 2 etapas. La primera fase comenzó el 11 de septiembre, prospectando la IX Región, desde el área sur de la Isla Mocha hasta el sector de Queule. La segunda etapa del estudio, comprendió las zonas de pesca visitadas frecuentemente por los pescadores de la región, desde Mehuín hasta el sur de Punta Galera.

La embarcación pesquera L/M Noemi Simoney, fue la encargada de efectuar el monitoreo de adultos empleando como arte de pesca las redes de cerco que frecuentemente utilizan en las maniobras de faenas de pesca. Si bien, se prospectó casi en su totalidad el área de estudio, el monitoreo no exhibió un éxito de pesca a destacar, obteniendo muestras positivas en 13

de los 35 lances efectuados en el marco de los recursos a evaluar. Se destaca la presencia de la especie cochinilla en más del 40 % de los lances con pesca (Tabla 4.8).

Tabla 4.8: Bitacora de lances de pesca efectivos de sardina común y anchoveta durante el crucero de adultos 2013, sector sur.

Región	Fecha	Hora	Lance	Latitud	Longitud	Especie dominante	%
IX	11-09-2013	19:30	1	39°04'	73°20'	Sardina común	100
IX	12-09-2013	0:30	2	38°54'	73°20'	Sardina común	100
IX	12-09-2013	6:00	3	38°57'	73°27'	Anchoveta	100
IX	12-09-2013	8:30	4	39°00'	73°26'	SIN PESCA	0
IX	12-09-2013	10:20	5	39°01'	73°20'	Sardina común	99
IX	12-09-2013	12:20	6	39°07'	73°18'	SIN PESCA	0
IX	13-09-2013	12:28	7	39°18'	73°26'	SIN PESCA	0
IX	13-09-2013	13:45	8	39°14'	73°26'	SIN PESCA	0
IX	13-09-2013	15:50	9	39°06'	73°21'	Cochinilla	100
IX	13-09-2013	18:00	10	39°10'	73°21'	SIN PESCA	0
IX	13-09-2013	20:00	11	39°02'	73°22'	SIN PESCA	0
IX	14-09-2013	8:30	12	38°49'	73°25'	SIN PESCA	0
IX	14-09-2013	11:09	13	38°47'	73°28'	Cochinilla	100
IX	14-09-2013	13:11	14	38°54'	73°28'	SIN PESCA	0
IX	14-09-2013	14:25	15	39°02'	73°26''	Cochinilla	100
IX	14-09-2013	15:56	16	39°09'	73°23'	SIN PESCA	0
IX	14-09-2013	18:00	17	39°12'	73°21'	SIN PESCA	0
IX	25-09-2013	4:30	18	39°22'	73°15''	Pejerrey-cochinilla	100
IX	25-09-2013	6:35	19	39°17'	73°18'	Cochinilla	90
IX	25-09-2013	9:00	20	39°12'	73°20'	Cochinilla	100
XIV	15-09-2013	4:37	1	39°37'	73°24'	Sardina Común	100
XIV	15-09-2013	6:40	2	39°40'	73°27'	Sardina Común	100
XIV	26-09-2013	9:24	3	39°40'	73°28'	SIN PESCA	0
XIV	26-09-2013	10:48	4	39°42'	73°28'	Cochinilla	99
XIV	27-09-2013	1:00	5	39°57'	73°38'	Cochinilla	90
XIV	27-09-2013	3:00	6	39°55'	73°33'	Cochinilla	90
XIV	27-09-2013	6:05	7	39°57'	73°37'	Sardina Común	100
XIV	27-09-2013	9:00	8	39°57'	73°36'	Sardina Común	100
XIV	01-10-2013	18:42	9	39°47'	73°26'	SIN PESCA	0
XIV	01-10-2013	19:45	10	39°45'	73°26'	Cochinilla - Pejerrey	100
XIV	01-10-2013	21:40	11	39°41'	73°28'	Sardina Común	100
XIV	01-10-2013	22:45	12	39°42'	73°26'	Sardina Común	100
XIV	01-10-2013	23:50	13	39°38'	73°28'	Sardina Común	100
XIV	02-10-2013	3:18	14	39°37'	73°29'	Sardina Común	100
XIV	02-10-2013	5:00	15	39°37'	73°27'	Sardina Común	100

4.2.2. Distribución espacial de los lances de pesca

Durante la campaña 2013, la baja disponibilidad del recurso determinó que el éxito de pesca sobre los recursos objetivos fuera bajo. Las maniobras de pesca fueron realizadas por pescadores experimentados en la pesquería de cerco. La cobertura espacial fue realizada por 3 embarcaciones en la VIII región y 1 en la VII, cuyo esfuerzo de pesca se distribuyó en el área de

estudio y no solo a las zonas de pesca donde la flota normalmente encuentra disponibilidad del recurso. A pesar del esfuerzo desplegado durante prácticamente un mes (11/09-04/10), hubo una gran cantidad de lances sin pesca o bien con captura de recursos que no eran objetivo del proyecto (Figura 4.7).

En el sector sur, del total de especímenes colectados 1.786 ejemplares fueron de sardina común y 120 ejemplares de anchoveta. La cobertura espacial de los lances en el área de estudio, arrojó resultados positivos en ambas regiones definidas en la propuesta técnica, con un total de 4 lances efectivos para la zona correspondiente a la IX Región y 11 lances con muestras representativas para la XIV región. Se destaca que durante el periodo de evaluación, hubo numerosos lances sin pesca y con captura de otros recursos, lo que demuestra la baja disponibilidad de los recursos objetivos (Figura 4.7).

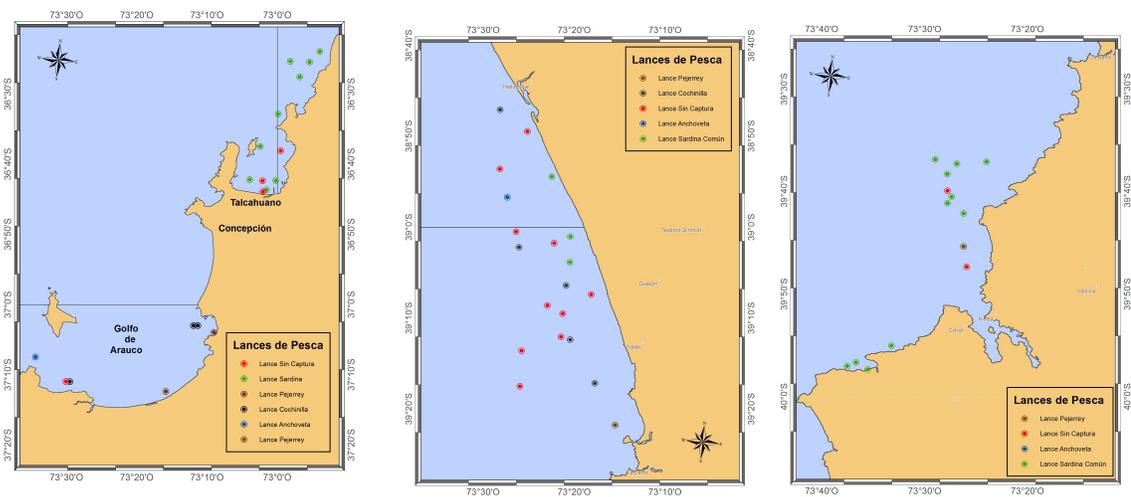


Figura 4.7: Distribución de los lances de pesca realizados durante el periodo del crucero de adultos en la VIII Región (izquierda), IX Región (medio) y XIV Región (derecha).

4.2.3. Composición por tallas

En la zona centro, se colectó 1296 individuos identificados como machos y hembras en los 10 lances efectivos de sardina común, siendo el resto ejemplares indeterminados. De estos 1296 ejemplares, 49,5 % fueron machos y 50,5 % hembras, con una longitud promedio de 12,5 cm de longitud total (LT). En el caso de la anchoveta, se registró 469 individuos machos y hembras conjuntamente, de los cuales 55 % fueron machos y 45 % hembras, con una longitud promedio de 13,5 cm LT (Tabla 4.9). En la zona sur, en los lances efectivos de sardina común se colectó 1786 individuos, de los cuales 44,9 % fueron machos y 55,1 % hembras, con una longitud promedio de 13,0 cm LT. En la anchoveta, solo se registró un lance de pesca (n=120), cuya longitud promedio fue de 15 cm LT (Tabla 4.9).

Tabla 4.9: Resumen estadístico de la composición por tallas de sardina común y anchoveta obtenidas durante el crucero de adultos en la zona centro-sur de Chile, año 2013.

Sardina						
Parámetro	Centro			Sur		
	Macho	Hembra	Total	Macho	Hembra	Total
n	641	655	1296	802	853	1786
Moda (cm)	12,0	12,5	12,5	12,5	13,5	13,0
$\bar{L}T$ (cm)	12,4	12,3	12,4	12,4	12,9	12,7
σ_{LT} (cm)	1,50	1,57	1,54	1,59	1,28	1,49
CV (%)	12,1	12,8	12,4	12,9	9,9	11,7
max(LT) (cm)	16,5	15,5	16,5	15,5	16,0	16,0
min(LT) (cm)	8,5	8,0	8,0	7,0	7,0	7,0
Anchoveta						
n	258	211	469	39	81	120
Moda (cm)	15,5	15,5	15,5	14	15	15
$\bar{L}T$ (cm)	13,6	13,5	13,5	14,6	15,2	15,0
σ_{LT} (cm)	3,25	3,42	3,32	0,68	1,13	1,04
CV (%)	24,0	25,3	24,6	4,65	7,43	6,95
max(LT) (cm)	18,0	17,5	18,0	15,5	18	18
min(LT) (cm)	8,5	8,0	8,0	13,5	13	13

4.2.4. Estados de madurez

La proporción de los estadios de madurez microscópicos se resumen en la Tabla 4.10, para ambas especies y estratos geográficos. Se analizaron histológicamente, 131 hembras de anchoveta provenientes de 3 lances en la zona centro y 40 hembras provenientes de un lance en la zona sur. En el caso de sardina común, se analizaron 450 hembras provenientes de 11 lances en la zona centro y 417 hembras de 11 lances en la zona sur. El análisis histológico de los ovarios en anchoveta indico que el 99,2 % de las hembras de la zona centro se encontraban activas (EMM 3 al 7) y el 100 % en la zona sur. En las sardina común, el 98 % de las hembras en cada zona se presentaban activas.

Tabla 4.10: Fracción de estadios de madurez sexual microscópicos de anchoveta y sardina común durante el período de estudio, año 2013.

EMS	Anchoveta				Sardina			
	Centro		Sur		Centro		Sur	
	f	(%)	f	(%)	f	(%)	f	(%)
Virginal,I	0	0	0	0	0	0	0	0
Inmaduro,II	0	0	0	0	0	0	0	0
Parcialmente vitelado,III	0	0	0	0	0	0	20	4,8
Vitelado,IV	104	79,4	32	80	385	85,6	268	64,3
En hidratación V	7	5,3	7	17,5	24	5,3	74	17,7
Hidratado, VI	17	13	1	2,5	31	6,9	45	10,8
En desove VII	2	1,5	0	0	0	0	1	0,2
Postdesove,VIII	1	0,8	0	0	10	2,2	9	2,2
Total	131	100	40	40	450	100	417	100

4.2.5. Fracción diaria de hembras desovate

4.2.5.1. Anchoveta

La distribución horaria de los estadios ováricos y FPO obtenidos en los proyectos del 2004 al 2012 de acuerdo a la metodología seguida por Claramunt et al. (2007) se entrega en Tabla 4.11 y es representada en la Figura 4.7. El ajuste de un modelo de distribución horaria de los FPO indica que en general puede ser tratada como una distribución gamma, ya que si bien algunos estadios de FPO se ajustan mejor a un modelo tipo normal (i.e., por simetría), la suma acumulada de los errores es menor para el modelo de tipo gamma (Tabla 4.11). La Figura 4.8 indica que el estadio de núcleo migrante (EMM 5) se manifiesta a partir de las 23:00 horas y muestra un decaimiento hacia horas de la tarde, que coinciden con el incremento de las hembras hidratadas, las que tienen un máximo hacia las 12:00 horas. Hay un claro pico en la incidencia de hembras con FPO I entre las 22:00 y 2:00 hrs. Esta moda de los FPO I se va desplazando en el tiempo en los FPO II; III y IV. La amplitud

(desviación estándar) se incrementa en el estadio IV. La distribución del estadio FPO V presenta una gran amplitud, indicando un posible solapamiento con una noche anterior de desove (i.e., mayor a 24 horas). La evolución temporal de los estadios FPO V, VI y VII son casi similares, con un máximo relativo entre las 6:00 y 12:00 horas, pero que correspondería al 2º día después del desove. Al graficar las edades medias predichas por el ajuste del modelo normal (Tabla 4.12) se observa claramente la progresión en el tiempo del estadio I al II. Del estadio IV al VI se estabiliza y luego decae hacia el estadio VII (Figura 4.7). Esto último sería evidencia que una alta proporción de los estadios V al VII provienen de una noche anterior de desove (i.e. edades superior a las 24 horas). Incluso una pequeña proporción del estadio IV, un 4,2 % aprox. estimado según ajuste (Tabla 4.12) y 8,3 % observado, provendría de la noche anterior de desove. Esto es, las hembras con FPO IV capturadas entre las 18:00 PM y 2:00 h AM provendrían de la noche anterior de desove (i.e. tienen más de 24 horas), ya que en este lapso se está produciendo el desove (FPO I) y la degeneración no es tan rápida. Los FPO V a VII tendrían una edad mayor a 24 h, sin embargo queda la duda si pueden corresponder al grupo de 24 o 48 h de edad, especialmente los FPO VII pueden corresponder a edades mayores a 48 h, por lo que no se recomienda su utilización para efectos de cálculo.

Al considerar a los estadios de Núcleo Migrante (EMM 5), Hidratado (EMM 6) y En Desove (EMM 7) como pertenecientes al grupo que desovarà dentro de las próximas 24 horas, la fracción desovante se estimó en 0,194, con una varianza de 0,00182 y un coeficiente de variación de 22,0 %. Considerando los FPO de I al IV (excepto los estadios IV entre 18:00 y 2:00 AM) como correspondientes hembras que desovaron la noche anterior, o sea con edades menores a 24 horas, la fracción diaria de hembras desovantes se estimó en 0,047 con una varianza de 0,00010 y un coeficiente de variación de 20,7 %.

No obstante estas diferencias, cuando solo se considera la zona centro (solo los 3 lances) se obtiene una fracción diaria de hembras desovante de 0,26; con una varianza de 0,0007 y un coeficiente de variación de 10 %. Este estimador daría cuenta de la fracción diaria de hembras desovantes de día 0.

4.2.5.2. Sardina común

Al considerar a los estadios de Núcleo Migrante (EMM 5), Hidratado (EMM 6) y En Desove (EMM 7) como pertenecientes al grupo que desovarà dentro de las próximas 24 horas, la fracción desovante se estimó en 0,194, con una varianza de 0,00157 y un coeficiente de variación de 20,4 %. Considerando los FPO de I al IV (Excepto los estadios IV entre 18:00 y 2:00 AM) como correspondientes hembras que desovaron la noche anterior, o sea con edades menores a 24 horas, la fracción diaria de hembras desovantes se estima en 0,183 con una varianza de 0,00266 y un coeficiente de variación de 28,2 %. Al combinar ambas estimaciones para aumentar los grados de libertad, se estimó una fracción diaria de hembras desovantes de 0,189, una varianza de 0,00085 y un coeficiente de variación de 15,4 %.

Cuando se analizan las zonas por separado, la fracción diaria de hembras desovantes de la zona centro fue de 0,096 con una varianza de 0,00018 y un coeficiente de variación de 14 % y en la zona sur la fracción diaria de hembras desovantes es de 0,20 con una varianza de 0,0011 y un coeficiente de variación de 16,2 %.

Tabla 4.11: Distribución horaria de la frecuencia (%) de los estadios de Folículos Postovulatorios y Estadios de Madurez Ovárica (Núcleo Migrante e Hidratados). Información acumulada del 2004 al 2013.

Hora	Estadio FPO							EMS	
	1	2	3	4	5	6	7	V	VI
0	8,64	11,00	0,00	0,11	0,73	0,95	1,35	1,25	0,00
1	11,11	7,67	0,00	0,97	3,08	2,08	2,28	2,94	0,00
2	8,02	6,14	4,84	1,94	3,23	2,65	2,87	4,37	0,00
3	5,56	18,16	12,59	2,91	5,73	3,21	4,72	5,44	0,00
4	3,70	6,14	6,54	4,84	2,94	1,70	4,30	2,85	0,20
5	3,09	2,81	8,23	1,83	4,11	2,65	3,71	8,21	1,59
6	1,85	5,12	7,75	8,40	3,96	3,78	5,14	7,94	1,39
7	4,94	6,91	7,75	7,75	6,02	6,05	6,32	7,94	8,26
8	0,62	4,35	11,38	12,59	10,13	11,53	12,31	12,04	9,25
9	4,94	6,91	9,44	8,61	6,31	6,99	9,78	11,95	6,27
10	0,62	4,35	8,47	7,00	9,40	7,18	10,96	9,37	10,75
11	1,85	2,05	5,08	8,50	13,51	8,51	7,17	7,23	11,94
12	6,79	4,60	3,15	8,93	6,75	10,78	8,52	3,48	13,73
13	1,23	0,77	2,91	6,67	4,70	7,56	4,95	2,23	9,27
14	0,62	1,79	2,66	5,81	6,02	6,43	4,55	1,78	4,88
15	0,00	0,00	0,73	1,94	3,08	4,35	2,95	3,39	4,18
16	0,00	1,28	4,36	3,44	2,35	5,10	2,87	1,87	6,27
17	1,23	2,30	0,97	1,18	1,32	0,95	0,84	1,34	1,74
18	0,00	0,00	0,73	3,55	3,67	5,67	2,36	2,77	6,27
19	25	7,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,00	2,00
20	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
21	10,49	0,00	0,24	0,00	1,17	0,00	0,43	0,27	0,10
22	0,00	0,26	0,73	0,11	0,00	0,00	0,25	0,62	0,40
23	0,00	0,26	0,048	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,30
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 4.12: Parámetros del ajuste de un modelo de distribución tipo Gamma y Normal a la frecuencia de FPO por hora (Hora acumulada a partir de las 12:00 AM). a y b : Parámetros de la función Gamma. SCE: Suma de cuadrados del error.

Modelo	Parámetros	Estadio FPO						
		1	2	3	4	5	6	7
Gamma	a	4,24	9,26	18,55	17,87	15,04	15,39	17,20
	b	3,34	1,94	1,09	1,28	1,53	1,56	1,30
	Media	14,16	14,85	18,51	21,70	22,24	23,43	20,09
	Desv.Estd.	6,87	1,98	3,30	4,24	5,41	4,92	4,83
	SCE	681,68	324,14	118,92	124,43	137,33	189,92	101,13
Normal	Media	11,65	15,99	19,03	21,48	21,65	22,63	21,13
	Desv.Estd.	6,36	5,00	4,07	4,21	4,58	4,49	4,20
	SCE	689,19	347,43	137,58	241,10	208,11	351,17	176,47

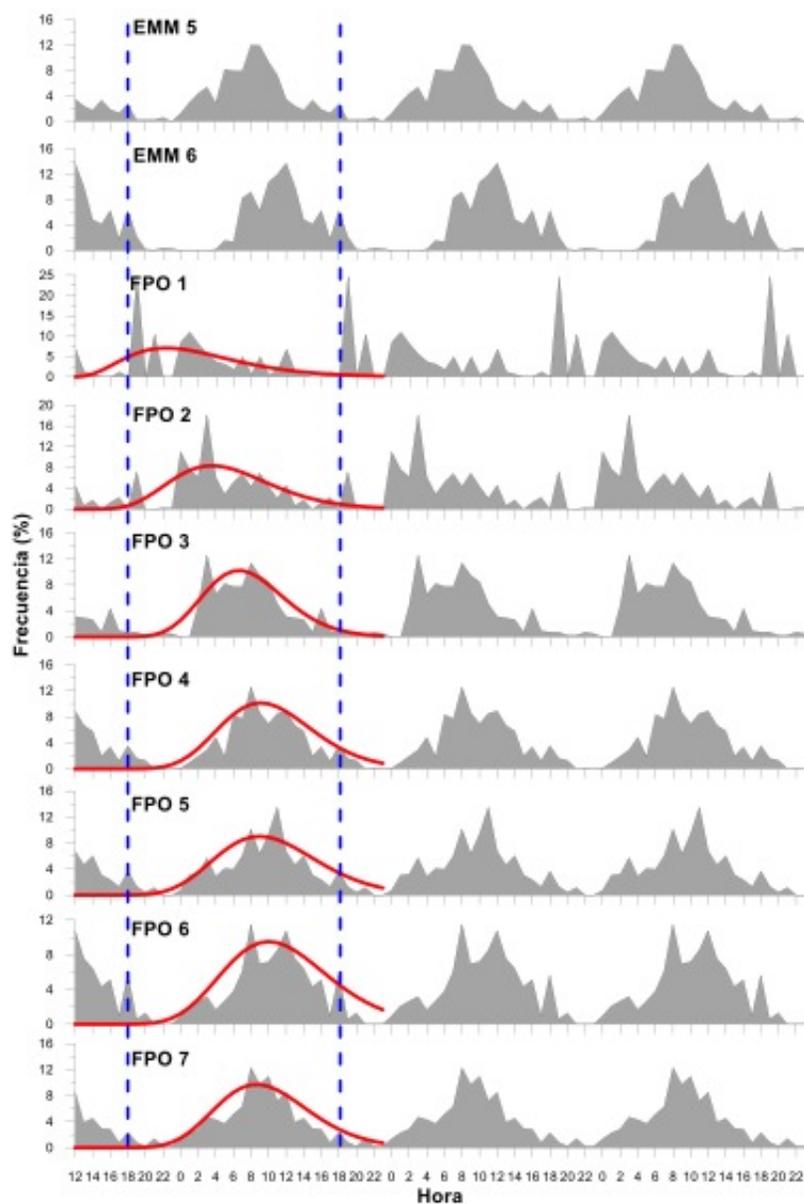


Figura 4.8: Distribución temporal de los estadios madurez microscópica y FPO de la zona centro sur de Chile. Líneas azules verticales representan un período de 24 horas (18:00 h a 18:00 h). Línea roja representa un ajuste de distribución Gamma, con la hora acumulada a partir de las 12:00 h. Información acumulada del 2004 al 2012.

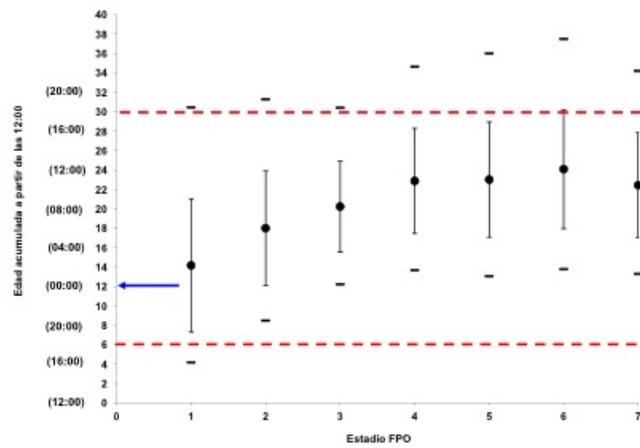


Figura 4.9: Edades medias de los estadios de FPO según ajuste por modelo de tipo Gamma en base a la hora acumulada a partir de las 12:00. Círculos: Edades medias. Líneas verticales: Desviación estándar. Líneas negras horizontales: Intervalo al 99 %. Flecha azul horizontal: Pico de desove (24:00). Líneas rojas horizontales: Indica período de 24 horas (18:00 a 18:00). En paréntesis se indica la hora del día en ciclo de 24:00 (Sin acumular).

4.2.6. Fecundidad parcial

En anchoveta, no se encontraron hembras hidratadas provenientes del muestreo dirigido para estimar la fecundidad parcial del año 2013. Sin embargo se utilizó los coeficientes de los análisis históricos de fecundidad parcial. Por lo tanto, se concideran los coeficientes del periodo (2002-2012) presentado en la Tabla 4.13. La fecundidad parcial promedio, utilizando el ajuste de la regresión del periodo, varió entre 5.150 a 13.812 ovocitos por hembras. La fecundidad media poblacional fue de 9.068 ovocitos, con un coeficiente de variación de 4,7 %.

Tabla 4.13: Parámetros de la regresión lineal entre la fecundidad parcial y peso corporal (gr) de anchoveta en cada año de aplicación del Método de Producción de Huevos.

Año	Intercepto			Pendiente			Error		
	a	σ_a	$Pr[a = 0]$	b	σ_b	$Pr[b = 0]$	típico	r^2	n
2002	-613,40	824,67	0,458	422,38	44,29	$2,85 \times 10^{-17}$	2156,15	0,37	158
2003	122,00	580,50	0,834	395,12	34,07	$4,34 \times 10^{-20}$	1877,71	0,58	100
2004	600,21	864,32	0,490	360,86	39,08	$1,86 \times 10^{-8}$	1787,19	0,56	68
2005	-311,16	677,80	0,651	331,17	40,18	$5,10 \times 10^{-8}$	1138,15	0,76	23
2007	-574,21	734,85	0,440	445,11	33,36	$4,81 \times 10^{-23}$	1807,76	0,66	92
2009	896,29	717,11	0,230	266,90	38,98	$9,07 \times 10^{-7}$	1419,77	0,69	23
2010	925,94	1033,82	0,380	415,17	56,69	$2,48 \times 10^{-7}$	1408,88	0,71	24
2012	-1735,73	2892,22	0,550	660,96	130,60	$2,86 \times 10^{-5}$	2418,68	0,50	28
Periodo	-170,36	307,24	0,580	404,05	15,83	$7,91 \times 10^{-92}$	1963,82	0,57	489

En la sardina común, se contó con 35 hembras hidratadas y se estimó la fecundidad parcial para ambas zonas. En la Tabla 4.14, se presentan los coeficientes de la relación lineal de la fecundidad. La fecundidad parcial promedio, utilizando el ajuste de la regresión, varió entre 2.483 a 16.682 ovocitos por hembras en la zona Centro. Sin embargo, en la zona sur se encontró un lance con una estimación de -798 ovocitos, itución que se debe a que dicha hembra presentó un peso bajo y un estado desovado. Si no se considera dicha hembra, los valores fluctuan entre 487 y 18.674 ovocitos. La fecundidad media poblacional de la zona Centro fue de 7.379 ovocitos, una varianza de 94,89 y un coeficiente de variación de 0,13. En la zona sur la fecundidad fue de 7.752 ovocitos, una varianza de 340 y un coeficiente de variación de 0,24.

4.2.7. Peso promedio y proporción sexual

El peso total del cuerpo de hembras hidratadas, estadio que se caracteriza por el incremento temporal del peso producido por la retención de agua en el ovario, se corrigió de acuerdo al ajuste obtenido de una ecuación lineal estimada con aquellas hembras maduras de cada lance y que histológicamente no clasificaron como hembras hidratadas. En la anchoveta se contó con 3 lances para el analisis del peso promedio en la zona centro y 1 lance de la zona sur. Sin embargo, solo se analizó la zona centro para anchoveta y en sardina común la corrección se obtuvo para ambas zonas (Tabla 4.15).

Tabla 4.14: Coeficientes del modelo lineal de la fecundidad parcial de sardina común.

Sector	Parámetro	Estimado	Error Std.	Valor z	Pr(> z)
Centro	Intercepto	-2138,28	1458,24	-1,466	0,157
	Pendiente	560,73	79,51	7,053	5,84e-07
Sur	Intercepto	-6909,4	6940,4	-0,996	0,3430
	Pendiente	845,9	339,3	2,493	0,0318

Tabla 4.15: Coeficientes del modelo lineal de la corrección del peso.

Anchoveta						
Sector	Parámetro	Estimado	Error Std.	Valor z	Pr(> z)	R ⁻²
Centro	Intercepto	-0,0041	0,211	-0,019	0,984	0,99
	Pendiente	1,08	0,009	119,47	< 2 × 10 ⁻¹⁶	
Sardina						
Sector	Parámetro	Estimado	Error Std.	Valor z	Pr(> z)	R ⁻²
Centro	Intercepto	-0,416	0,064	-6,509	2,18e-10	0,99
	Pendiente	1,088	0,0036	299,56	< 2 × 10 ⁻¹⁶	
Sur	Intercepto	-1,04 0,094	-11,08	< 2 × 10 ⁻¹⁶	0,99	
	Pendiente	1,13	0,005	212,28	< 2 × 10 ⁻¹⁶	

En anchoveta de la zona centro (n=131), se estimó un peso promedio de 24,72 g, con una varianza de 0,99 y un coeficiente de variación de 0,04. Para la sardina común de la zona centro se estimó un peso promedio de 17,99 g, con una varianza de 1,52 y un coeficiente de variación de 0,068. Para el mismo recurso en la zona sur, se estimó un peso promedio de 17,59 g con una varianza de 1,72 y un coeficiente de variación de 0,074.

En la proporción sexual, para anchoveta de la zona centro presenta un promedio de 0,49 una varianza de 0,0005 y un coeficiente de variación de 0,047. Para la sardina común, la proporción sexual de la zona centro se consideró 0,5. Sin embargo, en la zona sur se estimó una proporción sexual promedio de 0,44 con una varianza de 0,012 y un coeficiente de variación de 0,025.

4.3. Biomasa desovante

La biomasa del stock desovante se sustenta en la producción diaria de huevos de cada estrato geográfico, los cuales se consideran independientes. Los estimadores puntuales permiten señalar que la mayor biomasa desovante fue de sardina común en la zona centro, con 57.379 t (CV=0,42), en la zona sur para sardina común se estimó una biomasa desovante de 30.196 t (CV=5,6). La biomasa del stock desovante fue menor para la anchoveta en la zona centro, 6.559 t (CV=8,3), en el caso de la zona sur, no se contó con muestras de adultos de anchoveta de tal manera que se aplicó los parámetros de la zona centro, estimándose 11.127t (CV=8,3). Al considerar los estratos geográficos independientes, la biomasa desovante de anchoveta se estima en 17.685 t (CV=8,3), y en 87.575 t (CV=0,329) para la sardina común (Tabla 4.16).

Tabla 4.16: Parámetros del Método de la Producción Diaria de Huevo y estimación de la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común (Septiembre-Octubre 2013). El coeficiente de variación se muestra en paréntesis para las estimaciones de biomasa.

Parámetros	Anchoveta		Sardina	
	Centro	Sur *	Centro	Sur
Fración desovante, S	0,26	0,26	0,09	0,20
Peso promedio, W (gr)	24,59	24,59	17,99	17,6
Proporción hembras, R	0,49	0,49	0,5	0,44
Fecundidad media, F (ovocitos)	9.068	9.068	7.379	7.752
Area de estudio, A (km ²)	12.023	11.721	12.023	11.721
Producción de huevos, P_0 (huevo m ⁻² d ⁻¹)	131,75	356,13	457,30	403,04
Biomasa desovante, B (t)	6.559 (8,3)	11.127 (8,3)	57.379 (0,42)	30.196 (5,6)
Biomasa total, $B(t)$	17.685		87.575	

4.4. Distribución de huevos y condiciones hidrográficas

4.4.1. Hidrografía

a) Temperatura superficial del mar

Los datos de temperatura superficial (de balde) muestran un gradiente latitudinal atípico con valores más altos (> 13 °C) hacia el sur y menores temperaturas (< 11,5 °C) hacia los sectores central y norte, constituyendo la zona de Punta Lavapié - Lebu (37° - 37°30'S) un sector que divide la región en dos áreas de marcadas diferencias en temperatura superficial del mar (Figura 4.10). La zona de menor temperatura superficial ocurrió frente a la desembocadura del BioBio y la de mayor temperatura ocurrió al sur de Corral, con valores sobre los 12 °C. Comparativamente, la distribución de temperaturas

temperaturas (10-12°C) a lo largo e toda la costa insinuando procesos de surgencia particularmente asociados al oeste de la Península de Tumbes (36°40'S), norte de Bahía Coliumo (36°30'S) y sur de Punta Nugurne (35°40'S) zona de mayores densidades Figura 4.12. A 50 m de profundidad se apreció bajas temperaturas (10-10,5 °C) a lo largo de toda la zona de estudio y altas salinidades confirmando la presencia de aguas de surgencia.

iii) Sector Sur

La temperatura fue variable a 1m de profundidad, a lo largo de la costa (10-12,5 °C), con los valores más bajos frente a las desembocaduras de los río Valdivia (zona de Corral) y río Toltén y el sector más al sur de la grilla de muestreo (al sur de 41°S), zonas en que ocurrieron las menores salinidades Figura 4.13. A 10 m profundidad, entre los ríos antes mencionados ocurrieron la más altas salinidades y densidades que se extendieron sobre la plataforma continental. En el sector costero al sur de los 40°S y proyectándose paralelo a la costa pero alejado de ella, cercano al quiebre de la plataforma continental, habrían ocurrido agua con menores salinidades provenientes de más al sur, aparentemente de origen subantártico mezclado con aguas provenientes desde el mar interior de Chiloé, proceso que no fue visualizado claramente los años 2012 ni 2011 (Figura 4.14).

c) Relación de la distribución de huevos con variables ambientales

Sobreposición de mapas de distribución: La data de abundancia de huevos de ambas especies sobrepuesta sobre los mapas de temperatura del mar a 10 m de profundidad en el sector central muestra en el 2013 que las zonas de mayores abundancias de huevos ocurrieron en las 2 localidades de aguas más frías (10-11 °C) (alrededor de Punta Nugurne y Golfo de Arauco), pero habiendo, sin embargo, huevos de sardina común también en aguas levemente más cálidas (menores a 12 °C al sur de Punta Nugurne (Figura 4.15) y también dispersos sobre la plataforma continental. En el sector sur, los huevos de anchovetas se ubicaron en la zona costera con temperaturas equivalentes a las en que ocurrieron en el sector central (10-11 °C), en contraste con el sector central, los huevos de sardina común ocurrieron en aguas a temperaturas menores que los de anchoveta (9-10 °C) (Figura 4.15).

Comparativamente, durante el 2012, año en que la distribución de huevos fue más restringida (y menores abundancias) que el 2013 en el sector central, los huevos de ambas especies se ubicaron preferentemente en la franja costera (los mismos lugares, excepto sardina común ausente en el Golfo de Arauco) también en agua de temperaturas intermedias y frías (11-12 °C) , lo cual concordó con el sector sur donde la utilización de zonas con agua de distintas temperaturas se vio aun más claramente Figura 4.16 pero sin alcanzar los bajos valores observados en el 2013 (cercanos a 9 °C).

d) Rangos de T y S estimados a partir de diagramas T-S.

La sobreposición de símbolos de tamaño escalado según abundancia de huevos de las ambas especies sobre los diagramas T-S obtenidos a partir de la data hidrográfica a 1 y 10 m de profundidad permiten estimar los rangos de T y S entre los cuales se encontraron los huevos y los valores de temperatura y salinidad a los que se encontraron las mayores abundancias de huevos de cada especie (Figura 4.17). Durante el 2013, los rangos (máximo-mínimo) de los valores de temperatura y salinidad presentes en el ambiente a 1 m y a 10 m de profundidad fueron más amplios en el sector sur que en el central. En el sector central, a los 10 m de profundidad, huevos de anchoveta ocurrieron prácticamente dentro de todo el rango de temperaturas observado (10,5-12,8 °C) presentándose las mayores abundancias en las temperaturas menores (10,8-12 °C). En el sector sur

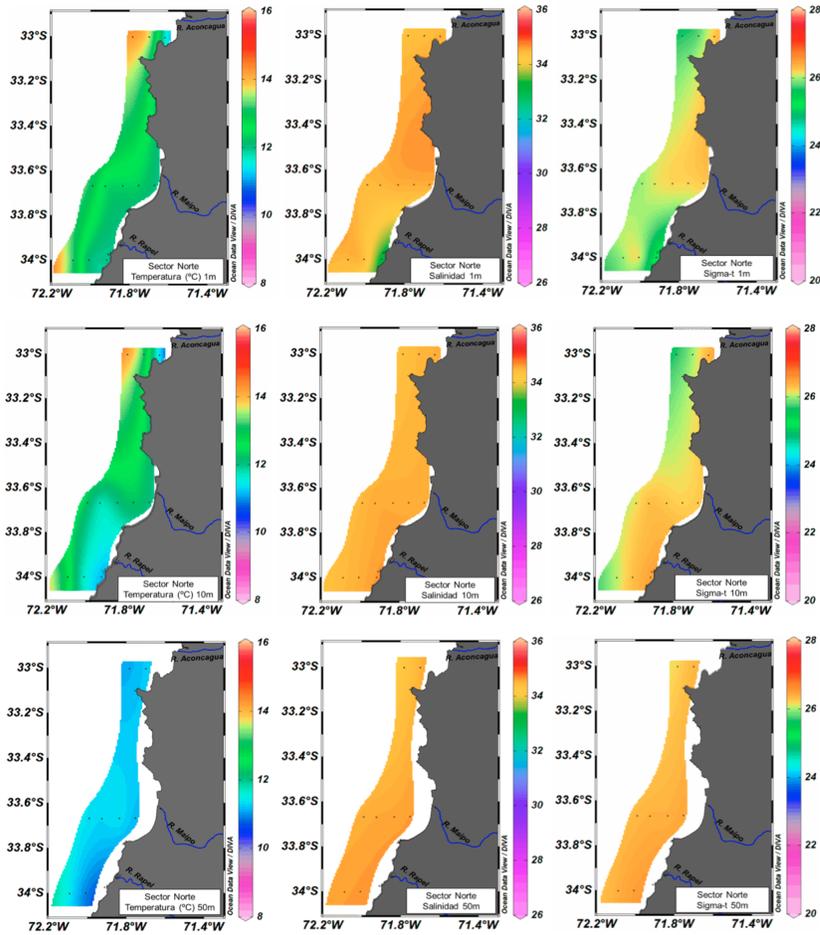


Figura 4.11: Características hidrográficas temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad y densidad (sigma-t) a 1m (cuadro superior), 10m (cuadro central) y 50m (cuadro inferior) de profundidad, en el sector norte, año 2013.

los huevos de anchovetas ocurrieron principalmente en el mismo rango de temperaturas que en el sector central ($10,8-12^{\circ}\text{C}$), contrastado con lo observado en salinidad ya que se presentaron en agua con valores menores ($33-33,8$ psu) a los observados en el sector central ($34-34,5$ psu). En forma similar, los huevos de sardina común también se habrían presentado en un rango más amplio ($32,5-34$ psu) al observado en el sector central.

Comparativamente, durante el 2012 los valores de temperatura a 1 m de profundidad entre los que se encontró huevos de anchoveta y sardina común fueron más estrechos en el sector central que en el sur (similar al 2013) pero habrían estado el 2012 en aguas con valores más altos en el sector central (por ejemplo, anchoveta $11-13,3^{\circ}\text{C}$) y también en el sector sur (anchoveta: $10,8 - 13,0^{\circ}\text{C}$) (Figura 4.18).

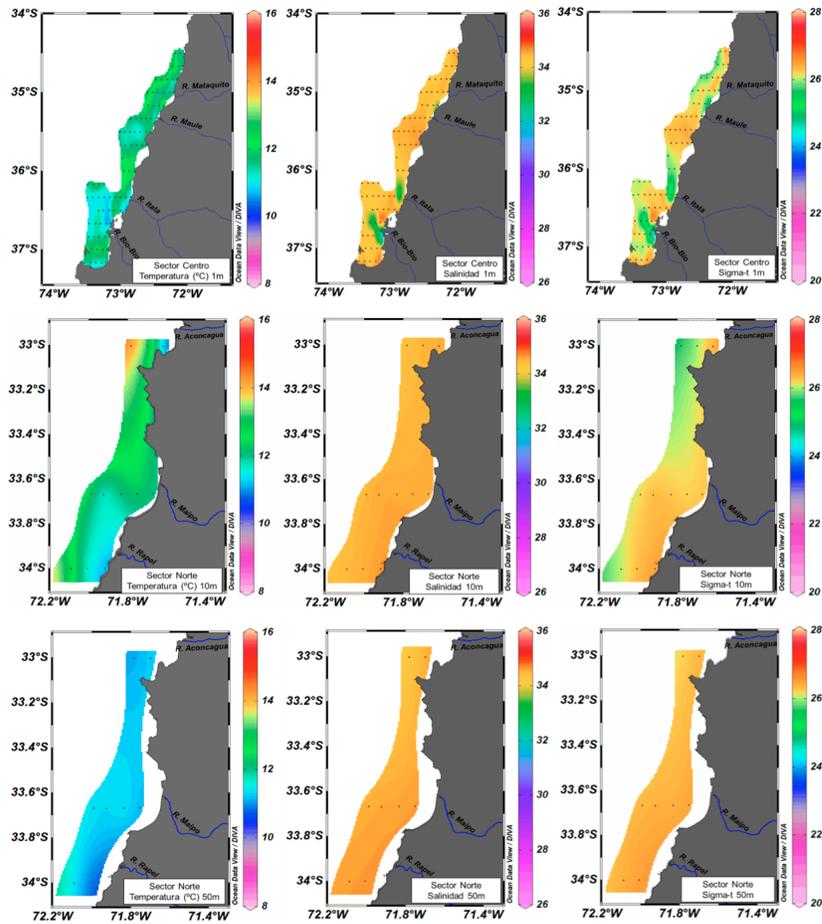


Figura 4.12: Características hidrográficas temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad y densidad ($\sigma\text{-t}$) a 1m (cuadro superior), 10m (cuadro central) y 50m (cuadro inferior) de profundidad, en el sector Centro, año 2013.

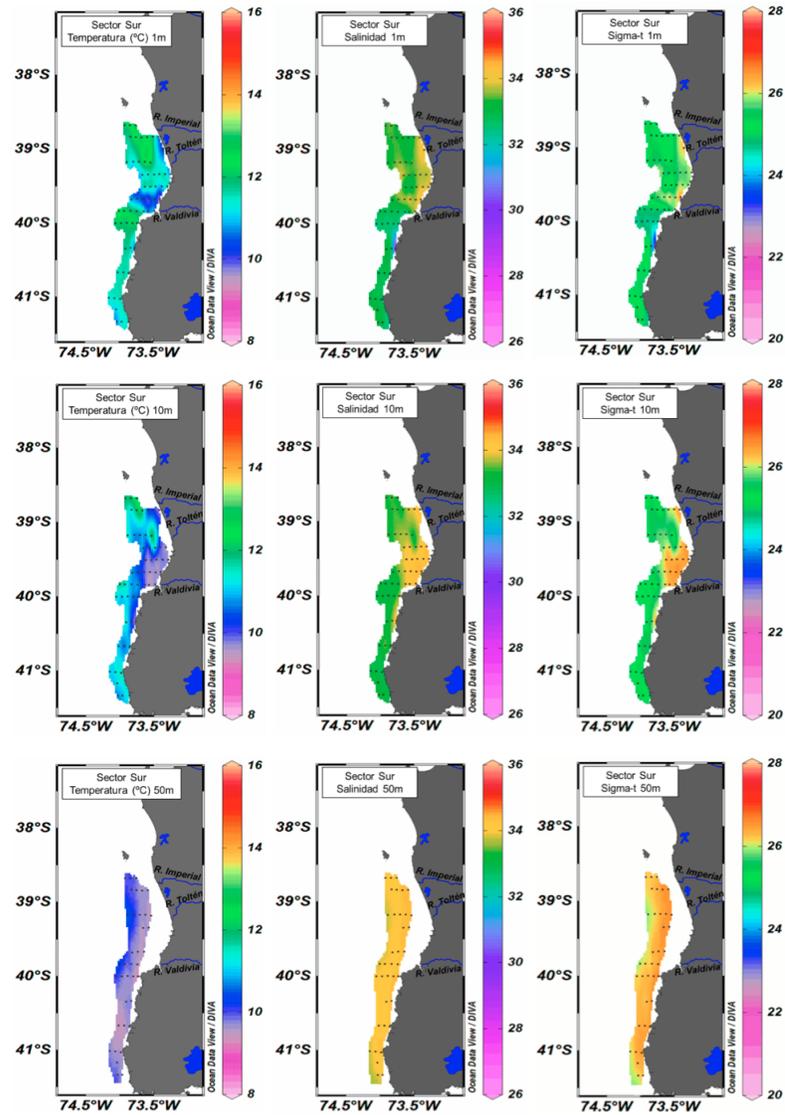


Figura 4.13: Características hidrográficas temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) a 1m (cuadro superior), 10m (cuadro central) y 50m (cuadro inferior) de profundidad, en el sector Sur, año 2013.

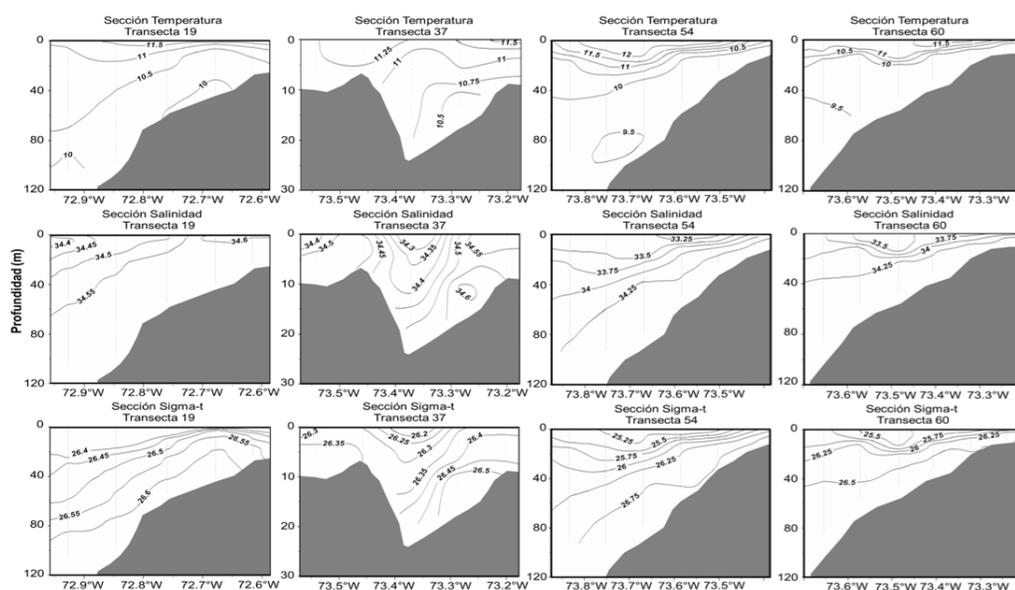


Figura 4.14: Secciones verticales de temperatura, salinidad y sigma-t, obtenidas en 4 sectores de alta abundancia de huevos de anchoveta en las zonas central (transectas 19 y 37) y sur (transectas 54 y 60) de muestreo, 2013.

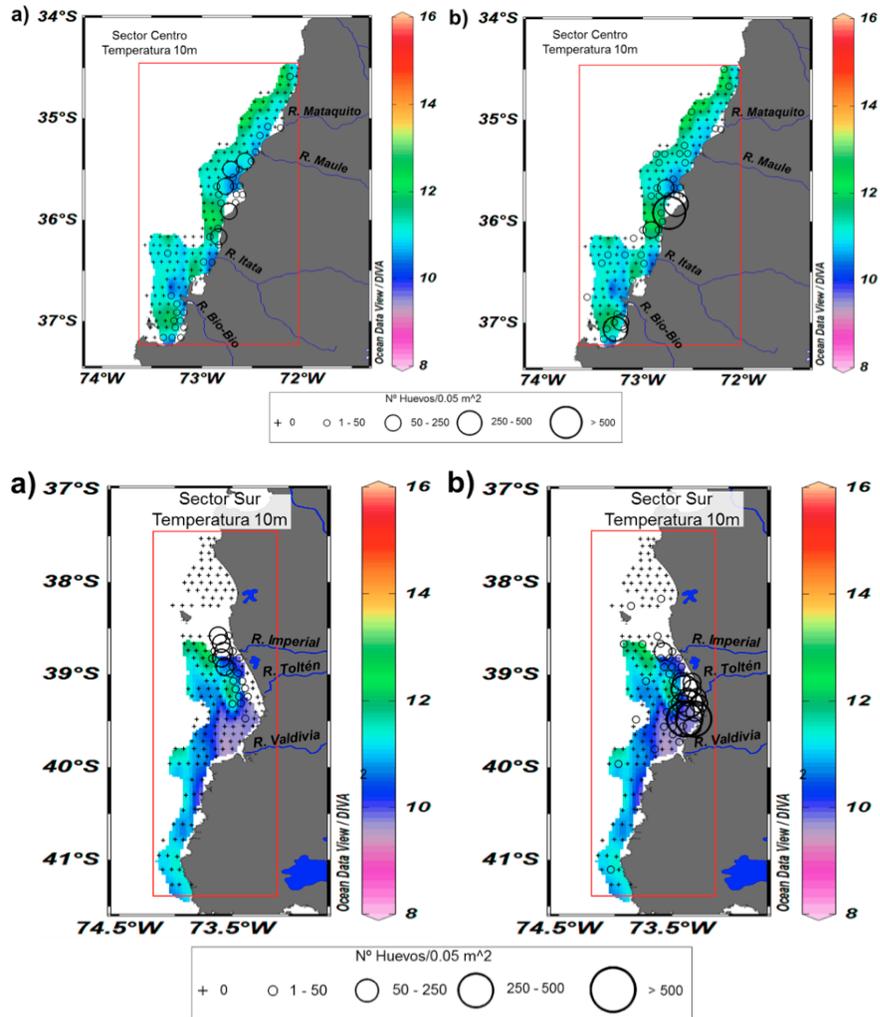


Figura 4.15: Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta (a) y sardina común (b) sobre secciones horizontales de temperatura a 10 m de profundidad en la zona centro (cuadro superior) y zona sur (cuadro inferior), año 2013.

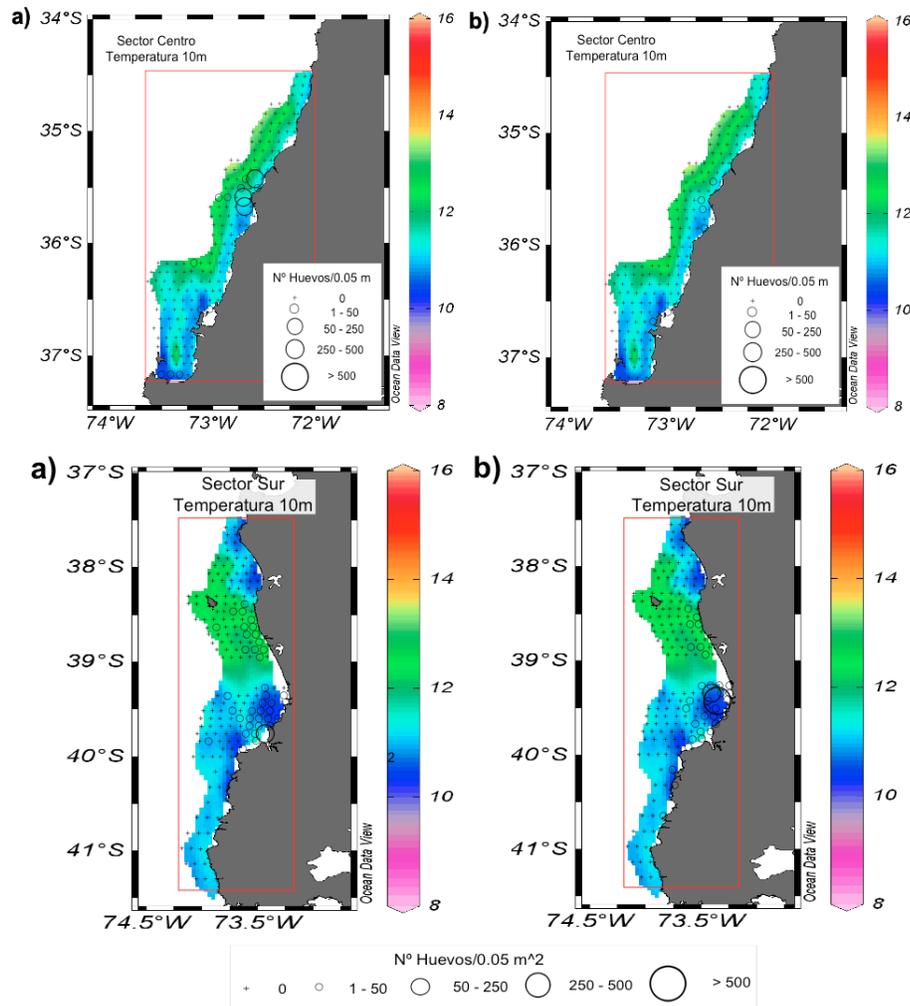


Figura 4.16: Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta (a) y sardina común (b) sobre secciones horizontales de temperatura a 10 m de profundidad en la zona centro (cuadro superior) y zona sur (cuadro inferior), año 2012.

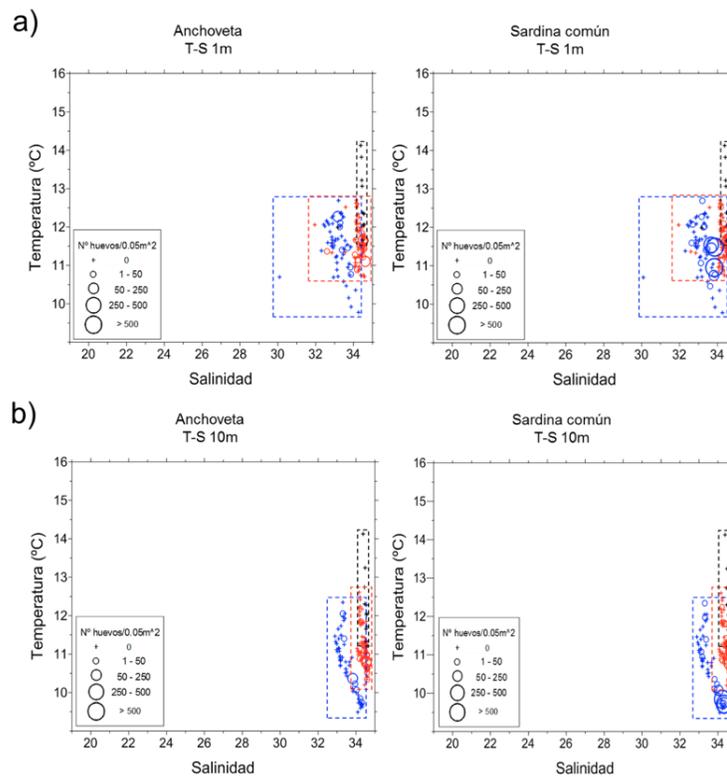


Figura 4.17: Diagramas en que la data del 2013 de Temperatura y Salinidad a 1m (a) y 10m (b) de profundidad de cada estación, se superpuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta y sardina común. Los círculos en negro corresponden a la abundancia de huevos en estaciones de la zona norte, en rojo a la central y, en azul, a la zona sur.

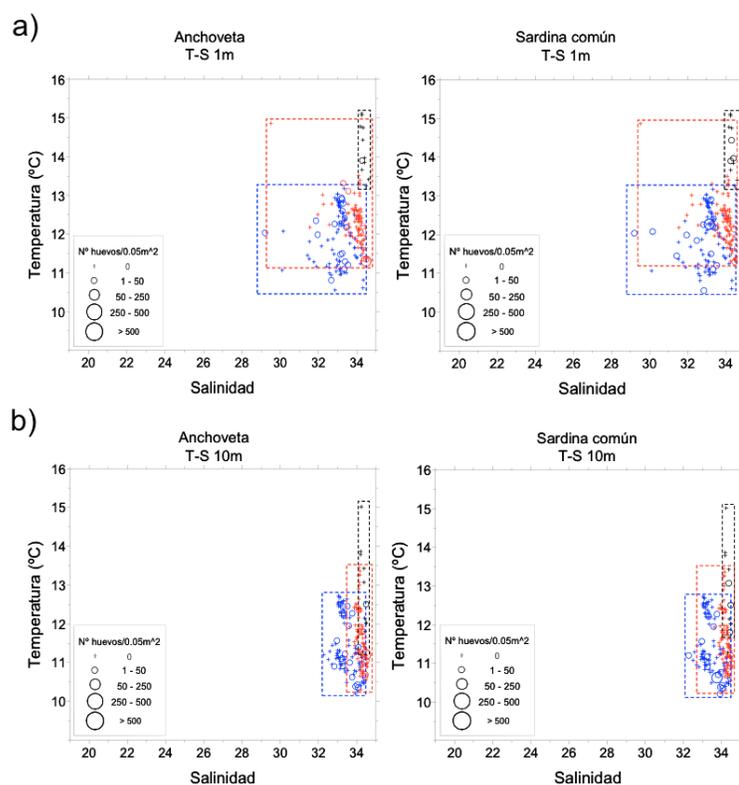


Figura 4.18: Diagramas en que la data del 2012 de Temperatura y Salinidad a 1m (a) y 10m (b) de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta y sardina común. Los círculos en negro corresponden a la abundancia de huevos en estaciones de la zona norte, en rojo a la central y, en azul, a la zona sur.

4.4.2. Las condiciones ambientales en invierno y primavera de 2013

4.4.2.1. Temperatura superficial del mar

Las imágenes de TSM para el mes de agosto (Figura 4.19), muestran aguas comparativamente más cálidas (mayor a 15 °C) en el sector noroeste extendiéndose hacia el sector costero hasta la latitud de los 36°S, situación similar de evidencia en las imágenes del mes de septiembre (Figura 4.19) pero con valores más bajos en la temperatura y un repliegue de estas aguas mas cálidas hacia el norte, este repliegue con la consecuente baja de la temperatura aparece representada de la misma forma para el mes de octubre (Figuras 4.19), dejándose ver el origen subtropical de esta masa de agua. En términos generales, la banda costera no evidencia gradientes térmicos significativos con la zona oceánica adyacente, mostrando influencia de aguas de origen sub-antártico desde la zona sur y hasta los 38°S.

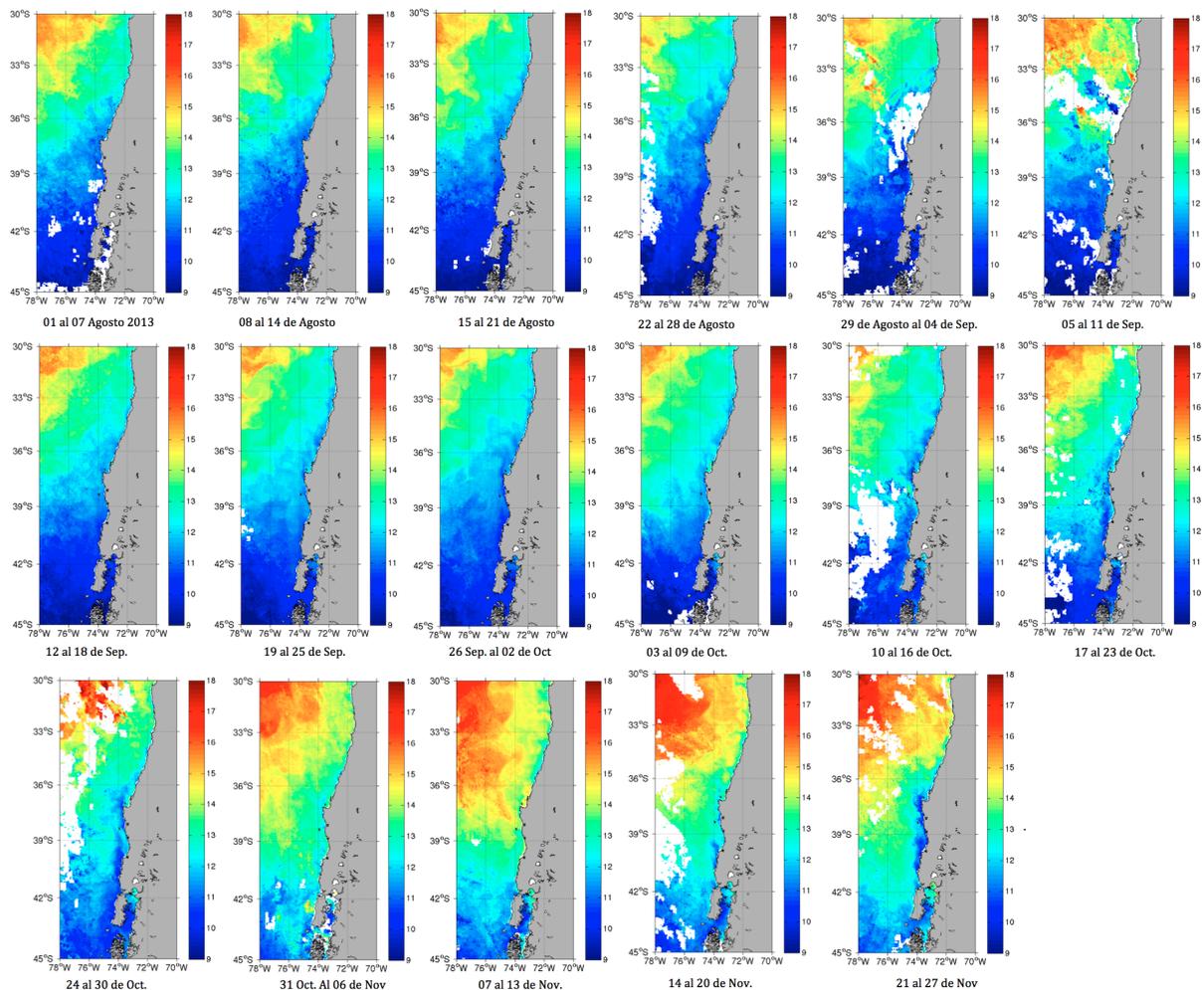


Figura 4.19: Promedios semanales de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar periodo agosto-noviembre de 2013.

4.4.2.2. Clorofila-*a* superficial

Las imágenes de concentración de clorofila-*a* durante agosto presentan valores bajos en gran parte del área de interés ($< 3\text{mgm}^{-3}$), valores que se incrementan en los meses de septiembre y octubre asociados a la banda costera superando los 10mgm^{-3} con escasas extensiones o filamentos que se extienden a la zona oceánica adyacente. En términos generales, desde el mes de agosto y hasta octubre (Figura 4.20) se evidencia un incremento en los valores de clorofila-*a* en la banda costera alcanzando los 10mgm^{-3} y con el desarrollo de filamentos que se extienden por más de 100 millas costa afuera con valores en torno a los 7mgm^{-3} .

4.4.2.3. Vientos

Desde los 30° a los 33°S se observa que los vientos permanecen constantes en dirección hacia el Ecuador durante todo el periodo de estudio (viento favorable a surgencia) en donde la circulación es costa afuera.

Durante la primera semana de Agosto se observa que la zona de transición (viento en dirección perpendicular a la costa) se encuentra aproximadamente a los 36°S , la semana siguiente esta zona se desplaza hacia los 39°S y manteniéndose así hasta la última semana de Agosto. Luego, en la primeras semanas de Septiembre se evidencia un cambio en la dirección del viento asociándose esto a un periodo de relajación que culmina en la tercera semana en donde nuevamente se intensifican y predominan en toda el área de estudio los vientos con dirección norte (favorables a surgencia). En conclusión se puede apreciar un patrón más o menos constante de dos semanas de duración en donde los vientos predominantes tienen una dirección hacia el norte, claramente con una mayor intensidad durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre (surgencia), seguido de un periodo (1 semana) en donde los vientos disminuyen su intensidad y cambian de dirección (periodo de relajación). Esto está asociado directamente por la influencia de un centro de alta presión, el anticiclón del Pacífico Sur, el que se desplaza hacia el norte en otoño-invierno y comienza a desplazarse hacia el sur durante primavera-verano (Figura 4.21).

4.4.2.4. Campo de velocidades advectivas derivadas de imágenes de TSM

Para el periodo de estudio (agosto y noviembre de 2013) se contó con 240 imágenes satelitales secuenciales de TSM, generándose 249 imágenes de campos vectoriales advectivos por medio del método de MCC las cuales fueron promediadas mensualmente. A partir de los promedios mensuales se seleccionó la banda entre la costa y 50 Km 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 dentro de esta banda considerando una profundidad de capa de mezcla promedio en la costa de 20 metros.

El promedio de velocidad advectiva (Figura 4.22) para la banda costera del mes de agosto, muestra corrientes predominantes con dirección nor-oeste al norte de los 36°S con velocidades no superiores a 10cm s^{-1} , registrándose corrientes en dirección hacia la costa entorno a los 39°S , así mismo, el transporte este-oeste para el mismo mes, evidencia para el área flujos con alta variabilidad pero con una componente dominante hacia el oeste (fuera de la costa), registrando un promedio de $100\text{m}^3\text{s}^{-1}$ en dirección fuera de la costa, con valores máximos en torno a los 41°S que alcanzan los $500\text{m}^3\text{s}^{-1}$.

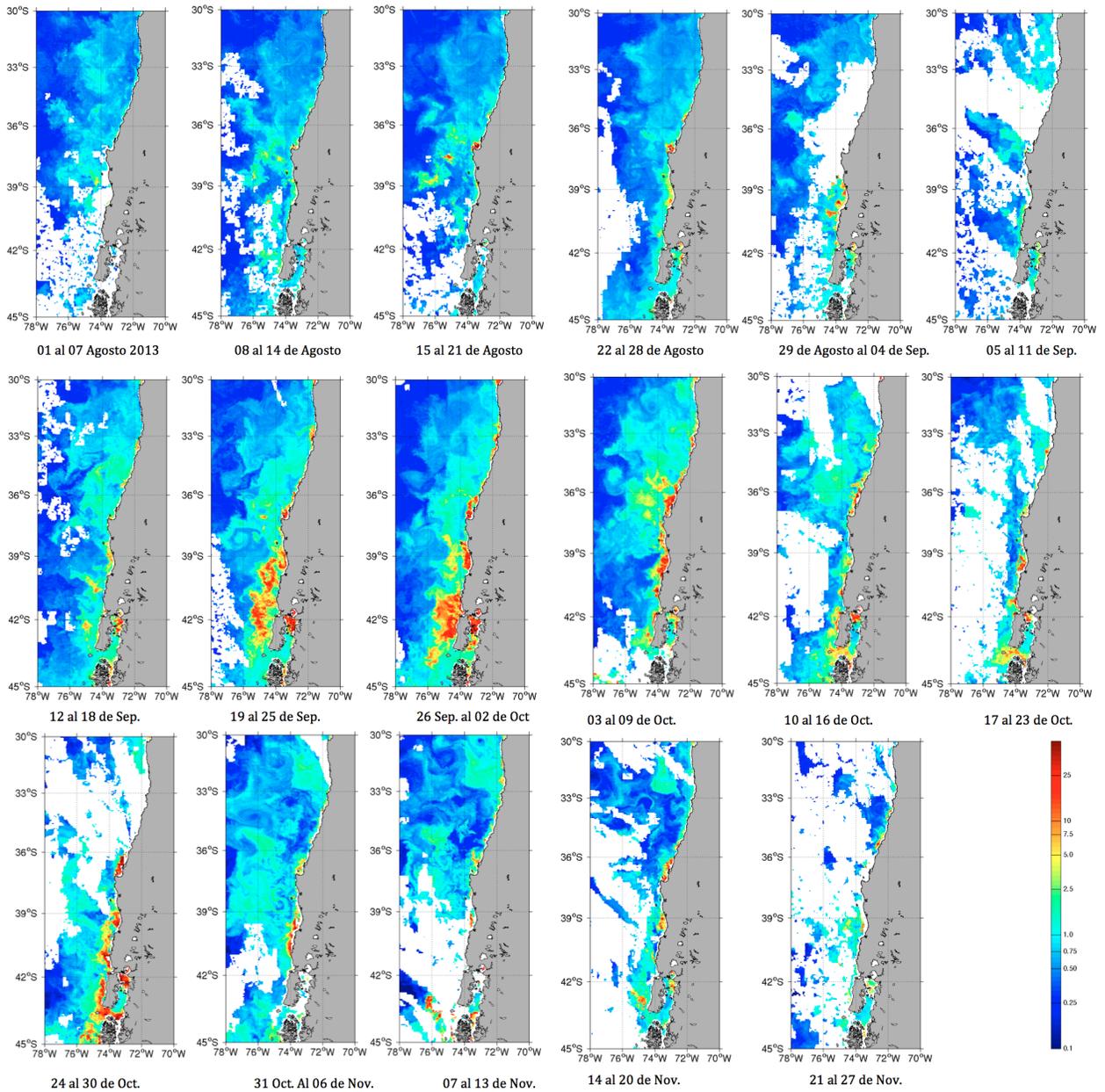


Figura 4.20: Promedios semanales de imágenes satelitales de clorofila-*a* superficial en el periodod agosto-noviembre de 2013.

Durante el mes de septiembre (Figura 4.22), la corriente advectiva presenta una fuerte componente norte-noroeste en prácticamente toda área, con velocidades promedio entorno a 8 cm^{-1} , denotando un decremento respecto al mes de agosto, destacándose las corrientes más intensas en el sector mas cercano a la costa con dirección norte entre $39^{\circ}00'$ y $41^{\circ}00'S$. En términos de transporte este-oeste, los valores no superaron los registrados para el mes de agosto, alcanzando los $300 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ en

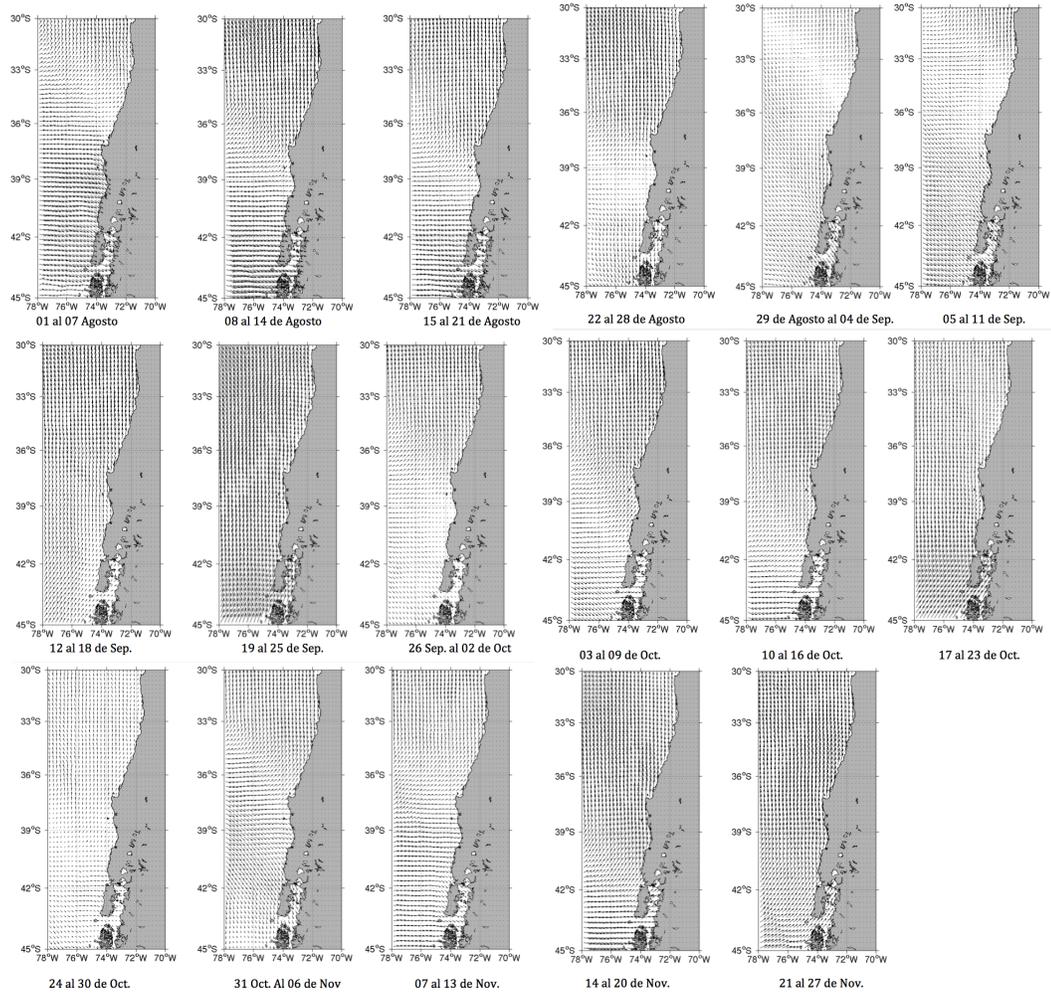


Figura 4.21: Promedios semanales de imágenes satelitales de viento superficial en el periodo agosto-noviembre de 2013.

dirección fuera de la costa, mostrando intensificación del transporte en esta dirección entre los 39°00'S - 41°00'S, 38°00'S y 35°00'-37°00'S.

Finalmente, el escenario durante los meses de octubre y noviembre (Figura 4.22, c y d) se aprecia un fuerte incremento del trasporte costa afuera entre los 34°00'S - 37°00'S y 38°00'S -40°00'S, esto es, un transporte neto en dirección costa afuera con valores superiores a 12 cm s^{-1} , intensificándose entre los 34°00'S - 36°00'S donde los registros alcanzan los 15 cm s^{-1} . El transporte zonal alcanza un valor medio de $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en dirección costa afuera.

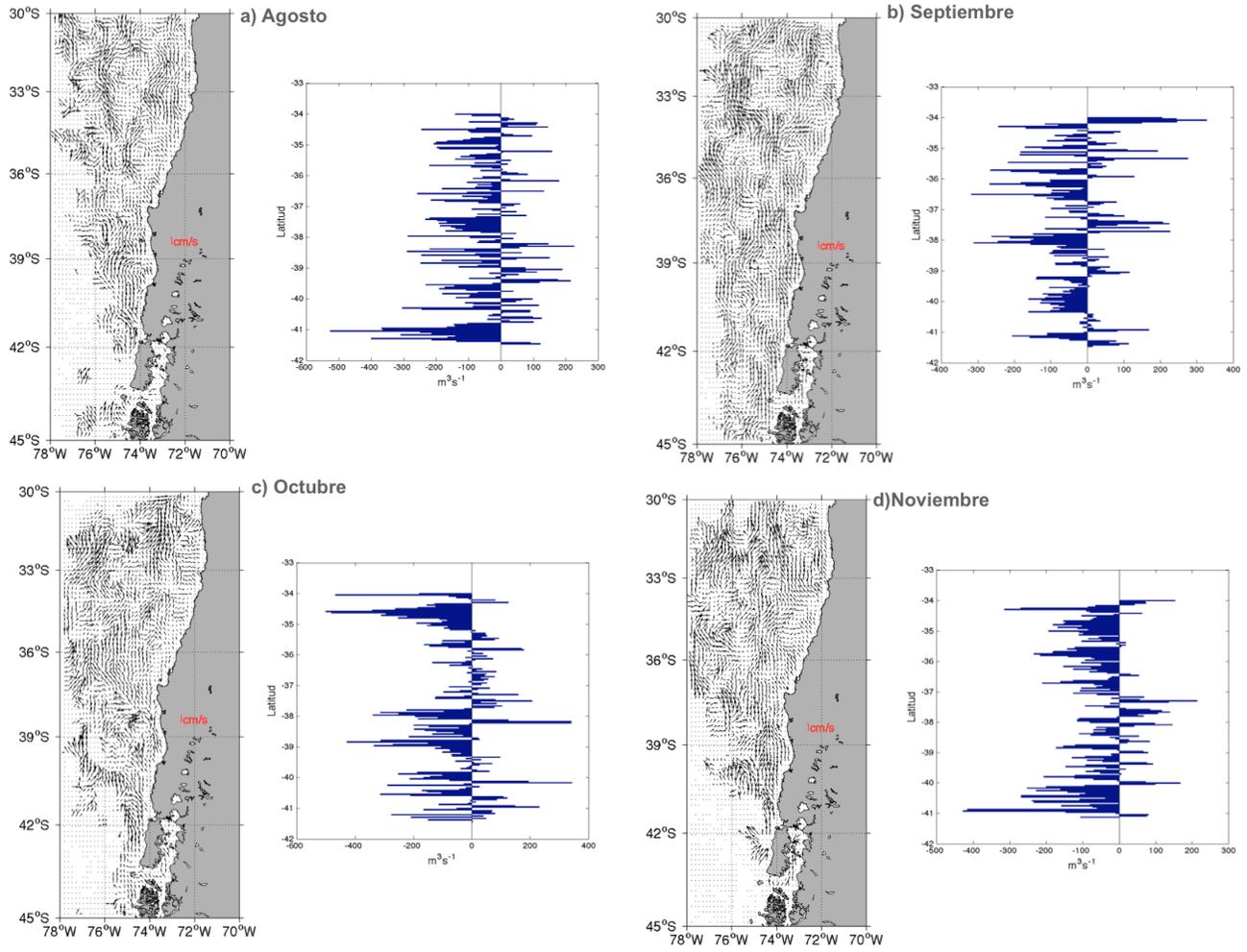


Figura 4.22: Campo de velocidades advectivas promedio (panel izquierda), y Transporte zonal (este-oeste ($m^3 s^{-1}$), panel derecha) de la banda costera de 50 Km. a) Agosto, b) Septiembre, c) Octubre, d) Noviembre de 2013.

4.4.3. Condiciones generales entre los años 2003 y 2013.

El transporte de Ekman para las tres áreas en estudio se muestra en la Figura 4.23. Se observa que el transporte de Ekman muestra una clara variabilidad estacional en las tres áreas, siendo muy marcado en primavera-verano en las zonas norte y en verano para zona más austral, además, esta zona, presentó un transporte de Ekman más intenso comparado con las regiones más australes, alcanzando valores mayores a $1000 m^3 s^{-1}$ (x 1000 m de costa), disminuyendo a ca. de $600 m^3 s^{-1}$ en la zona centro y a valores menores de ca. $200 m^3 s^{-1}$ en la zona sur. Además, en la zona entre norte, se observó que el transporte de Ekman es persistente costa afuera, no así hacia la zona austral, donde durante el período de invierno este cambia de dirección en sentido hacia la costa.

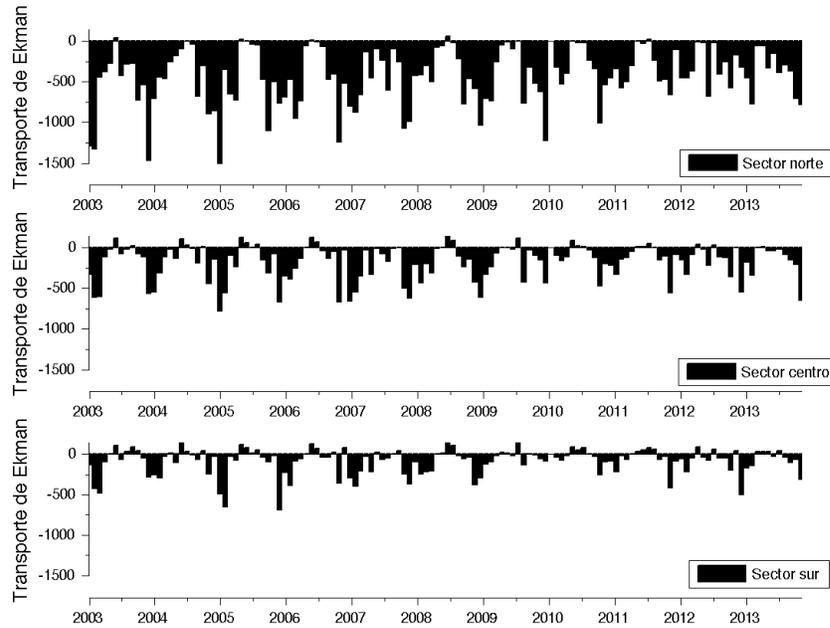


Figura 4.23: Series temporales de transporte Ekman (m^3s^{-1}) entre 2003 y 2013.

a) Anomalías acumuladas de temperatura superficial del mar.

En términos generales el patrón de comportamiento de la anomalía acumulada a lo largo de la serie es bastante similar en los tres sectores (Figura 4.24). En ellos se observa un aumento de esta hasta llegar a su punto más alto el año 2007, con valores aproximados de 7,5 en el sector norte, 12,5 en el sector centro y casi 15 en el sector sur, todas estas seguidas de un rápido descenso al año 2008, a partir de este punto comienzan a ser más notorias las diferencias de las curvas entre los sectores.

En el sector Norte, luego del descenso del 2008 (donde llega a valores cercanos a cero) se produce una nueva alza, hacia el 2009 alcanzando casi los mismos valores del año 2007 (aproximadamente 7), seguido de una baja consistente hasta mediados del año 2011, donde presenta valores negativos (-2,5) para volver a subir hasta comenzado el 2013 (5 aproximadamente).

En el sector centro, también se produce un alza hacia el 2009 (7,5) pero con valores acumulados mucho menores que el 2007 (12,5), luego desciende homogéneamente hasta el año 2012 (cero) y presenta una pequeña alza el año siguiente.

El sector sur, al igual que el grafico anterior, no tiene periodos bajo cero. Después de la baja del 2008, la cual aparece un par de meses después que en los sectores norte y centro, comienza a haber valores cada vez mayores hasta mediados del 2009 (10 aproximadamente), luego empieza a disminuir progresivamente hasta el final de la serie y concluir con valores cercanos a cero.

b) Anomalías acumuladas de clorofila superficial del mar.

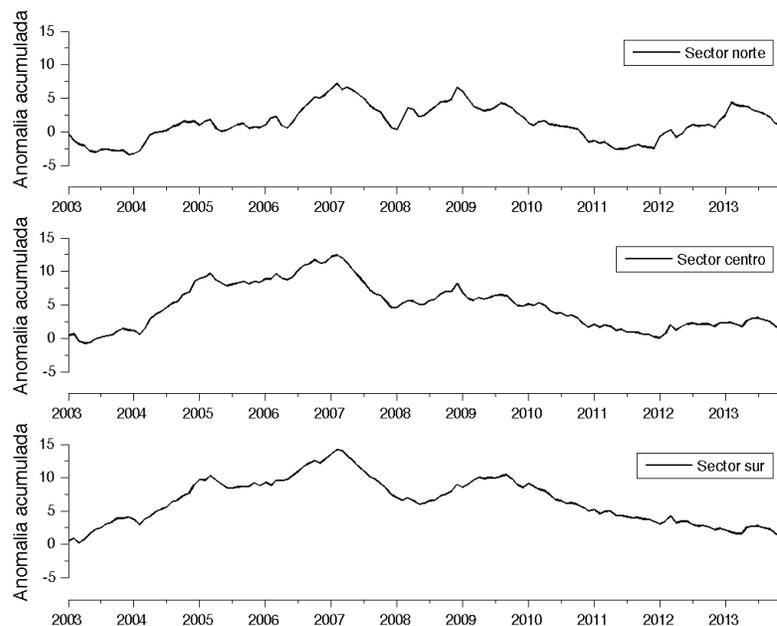


Figura 4.24: Series temporales de la anomalía acumulada de la temperatura superficial del mar entre 2003 y 2013.

En el caso de la clorofila, a diferencia de la temperatura, los 3 sectores presentan curvas completamente diferentes (Figura 4.25).

En el sector norte se observa un máximo para el año 2012 (12,5), seguido de otros picos entre los años 2006 y 2008 con valores sobre 10, pasado este periodo se produce una baja hacia el año 2009 la cual se mantiene constante hasta mediados del 2010, periodo en el que comienza a subir hasta el máximo del 2012. Después de este máximo, se produce una brusca baja hasta el final de la serie, y llegando a valores cercanos a cero.

En el sector centro se observa una predominancia de valores bajo cero. Se observa una brusca caída desde mediados del 2003 hasta el 2005 (bajo -10), luego aumenta progresivamente hasta el 2012 (primer año fuera del área negativa, con valores cercanos a 5) seguido de otra baja, al 2013 (-5) para volver a subir hacia el final de la serie. El sector sur comienza a la baja, con su mínimo acumulado el año 2005 (muy por debajo de -10) luego presenta un brusco ascenso hacia mediados del mismo año, manteniéndose fluctuante en valores cercanos a cero, hasta mediados del 2007, donde presenta otro ascenso brusco hasta comienzos del 2008 donde se mantiene con valores cercanos a 15 hasta el año 2010, donde se mantiene en 5 hasta el 2012, donde presenta la última baja y así se mantiene con valores en torno a cero hacia el final de la serie.

c) Anomalías acumuladas de Viento superficial del mar.

En los dos primeros gráficos se puede ver una tendencia del viento zonal hacia el alza desde 2003 hasta el 2008 y luego una baja desde ese año hasta el final de la serie, esto siempre con valores positivos y válido para la zona norte y centro (Figura

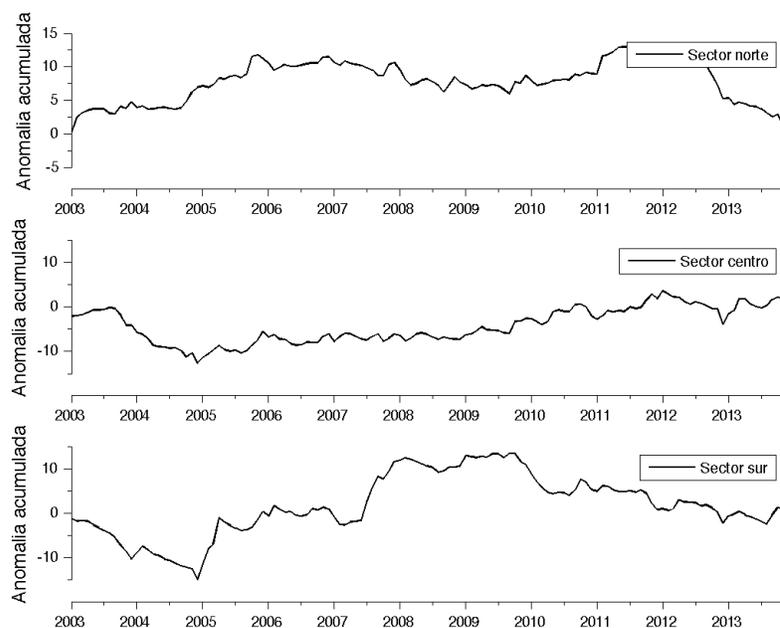


Figura 4.25: Series temporales de la anomalía acumulada de la clorofila del mar entre 2003 y 2013.

4.26). Respecto a estos mismos dos sectores podemos decir además que el viento meridional en el norte sigue una tendencia parecida al zonal, pero terminando en valores negativos. En cambio en el sector centro la línea de la anomalía acumulada de viento meridional se mantiene cercana al cero desde 2003 al 2007, sube muy poco hasta el 2010 donde vuelve a pasar al lado negativo de la curva. Para el sector sur, ambas componentes zonales y meridionales ascienden desde el primer año hasta el último, siendo esta distribución muy diferente a los otros dos sectores, donde el aumento del viento tanto zonal como meridional ha sido sostenido y bastante constante.

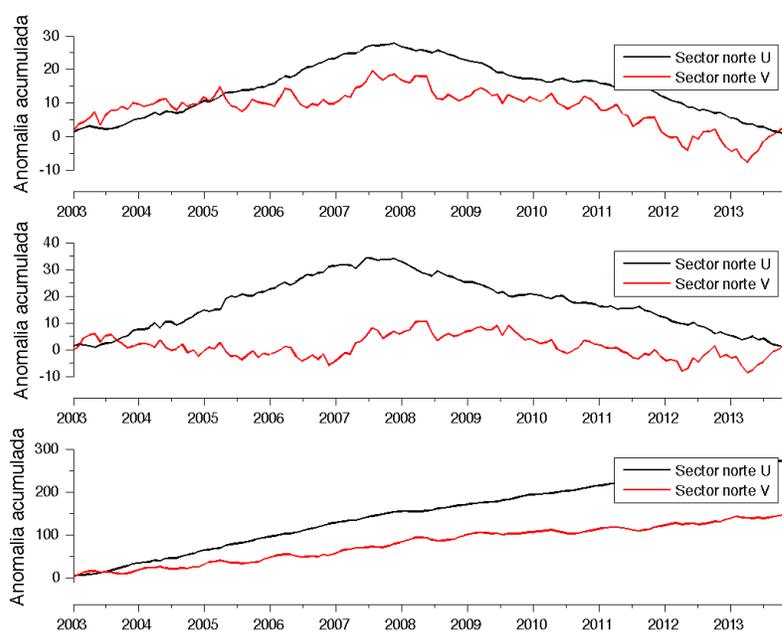


Figura 4.26: Series temporales de la anomalía acumulada de viento superficial del mar entre 2003 y 2013.

4.5. Cambios interanuales en el área de desove y la densidad de huevos

4.5.1. Cambios interanuales en el área de desove

Los resultados del ajuste del modelo GAM a los datos de presencia-ausencia de huevos de cada especie en cada estrato geográfico se muestra en la Tabla 4.17, observándose que los cambios en el éxito del desove son explicados entre 14 y 19 % por la interacción entre años y latitud.

Tabla 4.17: Resultados del ajuste del modelo GAM (familia binomial, enlace logit) a datos de presencia-ausencia de huevos de sardina común y anchoveta, por zona en el periodo 2002-2013.

Especie	Zona	edf	n	Dev. Exp.
Sardina	Centro	27,99	1936	0,17
	Sur	27,61	2231	0,19
Anchoveta	Centro	27,91	1936	0,14
	Sur	28,02	2231	0,17

En la zona centro, entre 2002 y 2003 el área de desove de sardina común se ubicó en el sector norte del área entre 34°30'S y 35°30'S, mientras que en el caso de la anchoveta se extendió a lo largo de toda la costa (Figura 4.27). En 2005, 2008 y 2012, la formación de área de desove de sardina común fue muy baja. Esta situación coincide con la anchoveta solamente en 2008 y 2012, ya que en el 2005 se registro un área de desove en el Golfo de Arauco. El año 2013 muestra una recuperación del desove en la zona norte del área de estudio, alrededor de 35°30'S.

En la zona sur, se observa que el área de desove de sardina común es más restringida que la de anchoveta, localizandose la mayor ocurrencia del desove entre los 38° y 40°S para las dos especies, y con la mayor extensión hacia el sur de los 40° observada entre 2005 y 2007. En la anchoveta, la mayor probabilidad de ocurrencia del desove se presentaron en 2003-2004 y 2007. A contar de 2009, la incidencia del desove de anchoveta disminuye y queda restringido a un estrecho rango latitudinal alrededor de 39°S (Figura 4.28). Para el caso de la sardina común, el área de desove se focaliza en los 39°S.

Los modelos ajustados para representar los cambios interanuales en la densidad de huevos se resumen en la Tabla 4.18, observándose que el modelo Gamma fue el que mejor explicó los cambios de densidad de huevos de sardina común en la zona centro (Dev.Exp.=52 %), mientras que para la anchoveta fue Quasi-Poisson con 38 % de la devianza explicada. En la zona sur, un modelo con estructura de error binomial negativa fue el que mejor explicó los cambios en la densidad de huevos de ambas especies (Tabla 4.18).

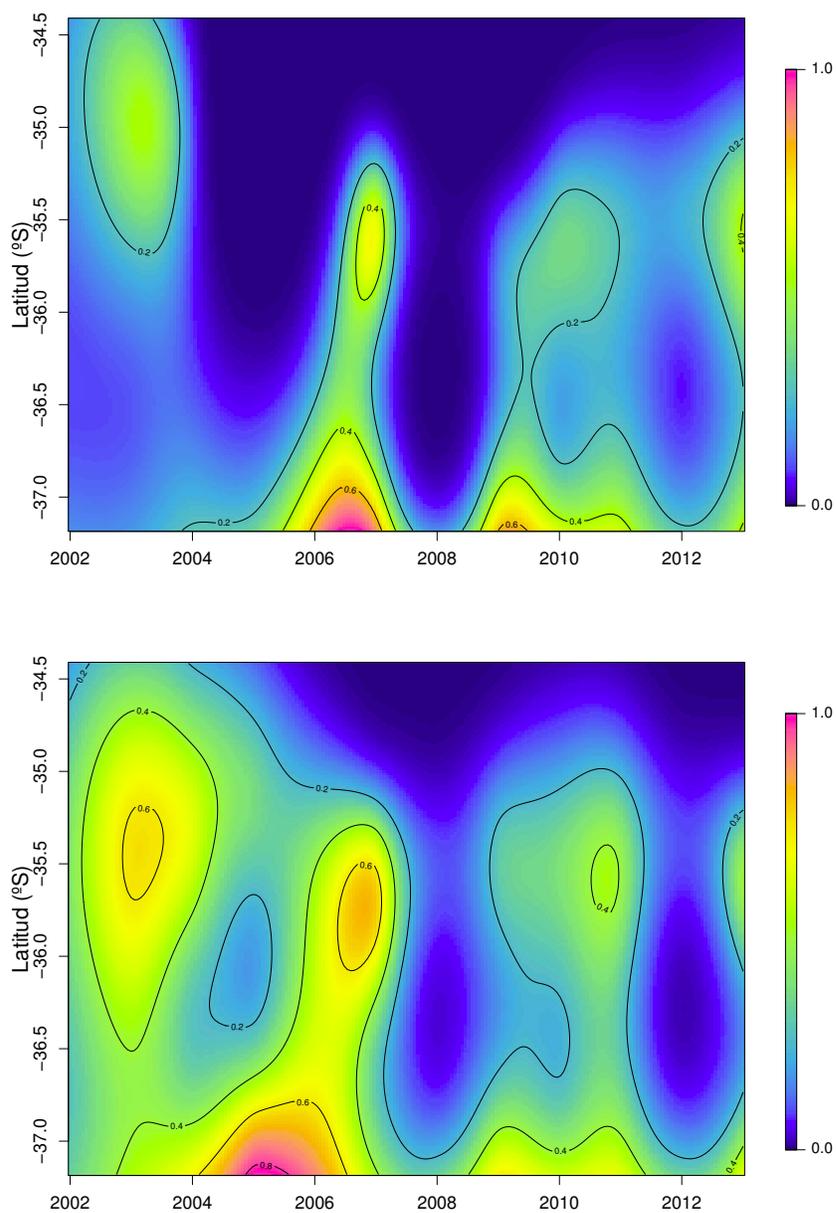


Figura 4.27: Cambios latitudinales en la presencia de huevos de sardina común (arriba) y anchoveta (abajo) en la zona centro, 2002-2013.

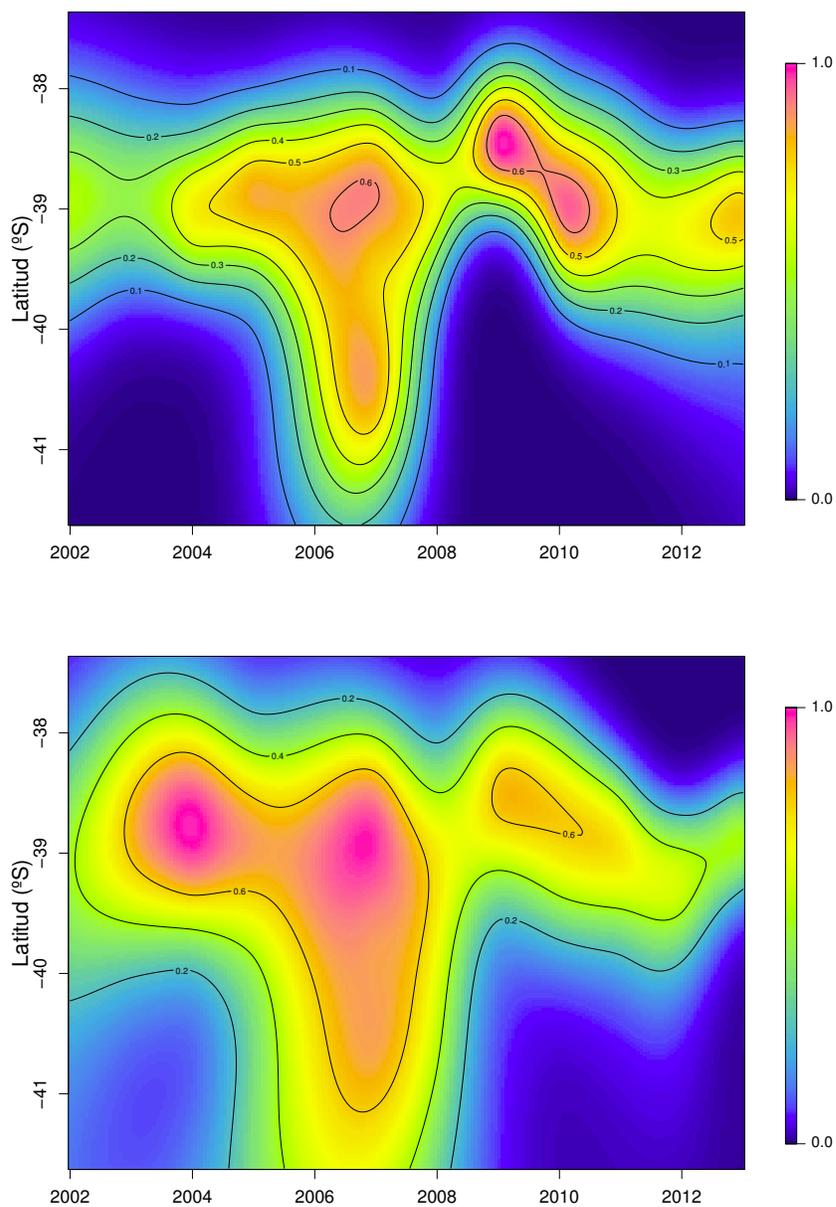


Figura 4.28: Cambios latitudinales en la presencia de huevos de sardina común (arriba) y anchoveta (abajo) en la zona sur, 2002-2013.

Tabla 4.18: Resultados del ajuste del modelo GAM a datos de densidad de huevos de sardina común y anchoveta, por zona en el periodo 2002-2013.

Especie	Zona	Modelo	edf	n	Dev. Exp.
Sardina	Centro	Bin. Neg.	28.76	1936	0.50
		Quasi-Poisson	28.52	1936	0.37
		Tweedie	28.88	1936	0.39
		Log-Normal	22.54	255	0.42
		Gamma	25.97	255	0.52
	Sur	Bin. Neg.	28.68	2231	0.42
		Quasi-Poisson	28.26	2231	0.35
		Tweedie	28.71	2231	0.35
		Log-Normal	21.81	584	0.15
		Gamma	25.78	584	0.28
Anchoveta	Centro	Bin. Neg.	28.78	1936	0.37
		Quasi-Poisson	28.38	1936	0.38
		Tweedie	28.47	1936	0.29
		Log-Normal	15.56	488	0.13
		Gamma	26.04	488	0.34
	Sur	Bin. Neg.	28.85	2231	0.39
		Quasi-Poisson	27.42	2231	0.37
		Tweedie	28.83	2231	0.34
		Log-Normal	13.52	787	0.15
		Gamma	25.93	787	0.28

En la zona centro, la densidad de huevos de sardina común fue mayor en el Golfo de Arauco en 2007 y 2010-2011 y secundariamente un núcleo de desove entre 35°S y 36°30'S, el cual no se registró en el 2005 y 2008, débilmente en el periodo 2010-2012, recuperándose en el 2013 (Figura 4.29). La anchoveta, en cambio, mostró una mayor abundancia a lo largo de la costa entre 2002 y 2003, mientras que desde 2005 al 2009 no hubo registros al norte de 35°S. En 2005 y 2007, la densidad de anchoveta fue alta en el Golfo de Arauco (37°S).

En la zona sur, la densidad de huevos de sardina común fue alta en el 2007, 2009, y 2010, fue baja en el 2012, y nuevamente aumenta en 2013 (Figura 4.30). A diferencia de la zona centro, el desove de sardina en la zona sur es más recurrente y fluctúa en torno de 39°S, observándose que la distribución más septentrional ocurrió en 2009, se desplazó ligeramente al sur del 39°S en 2010-2011 y se estabilizó en 2013. A su vez, solamente en el 2007 se detectó densidad de huevos moderadas al sur de 40°30'S (Figura 4.17). Para el caso de la anchoveta, la densidad de huevos cubre una mayor extensión latitudinal, observándose que la mayor densidad de huevos ocurrieron entre 2004 y 2007.

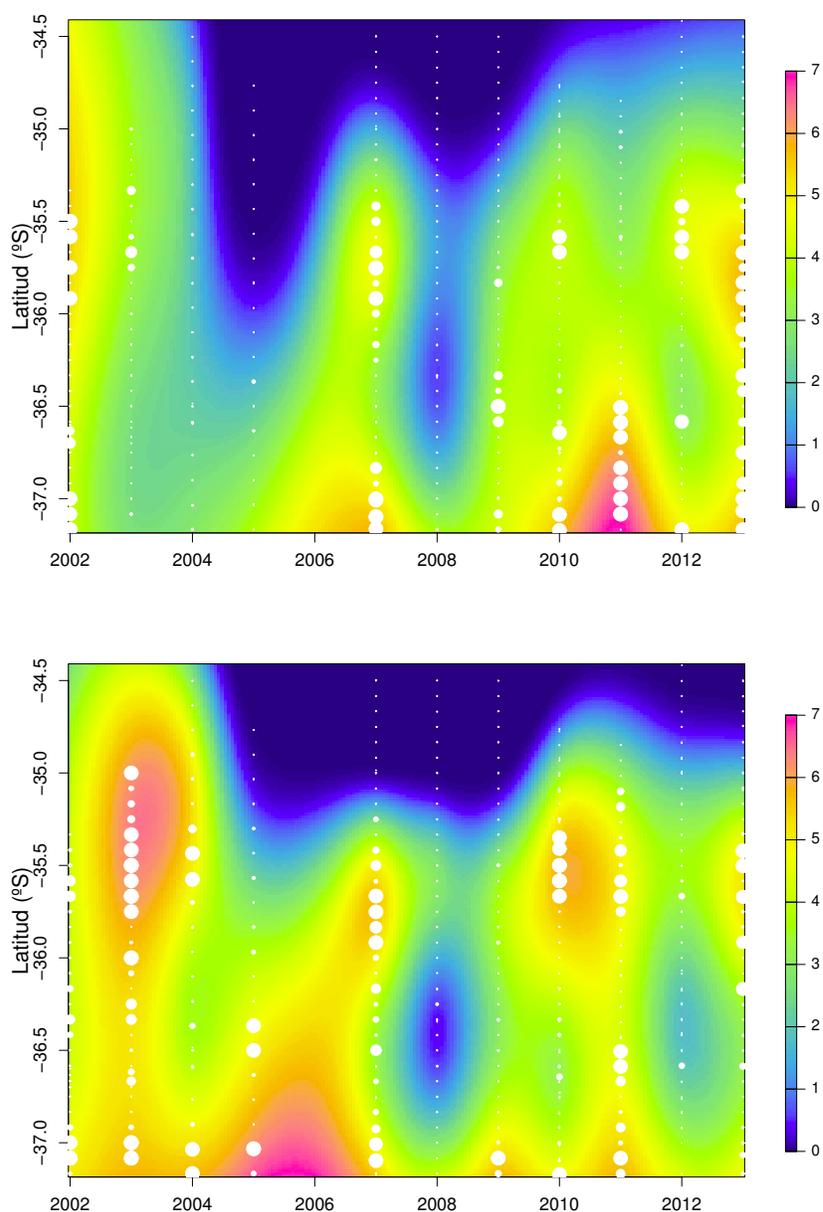


Figura 4.29: Cambios latitudinales en la densidad de huevos de sardina común (arriba) y anchoveta (abajo) en la zona centro, 2002-2013. La escala está referida a logaritmo neperiano más una constante pequeña (0.1). Los puntos blancos son proporcionales a la densidad de huevos, y muestran el rango de distribución de las estaciones y las zonas con mayor densidad de huevos.

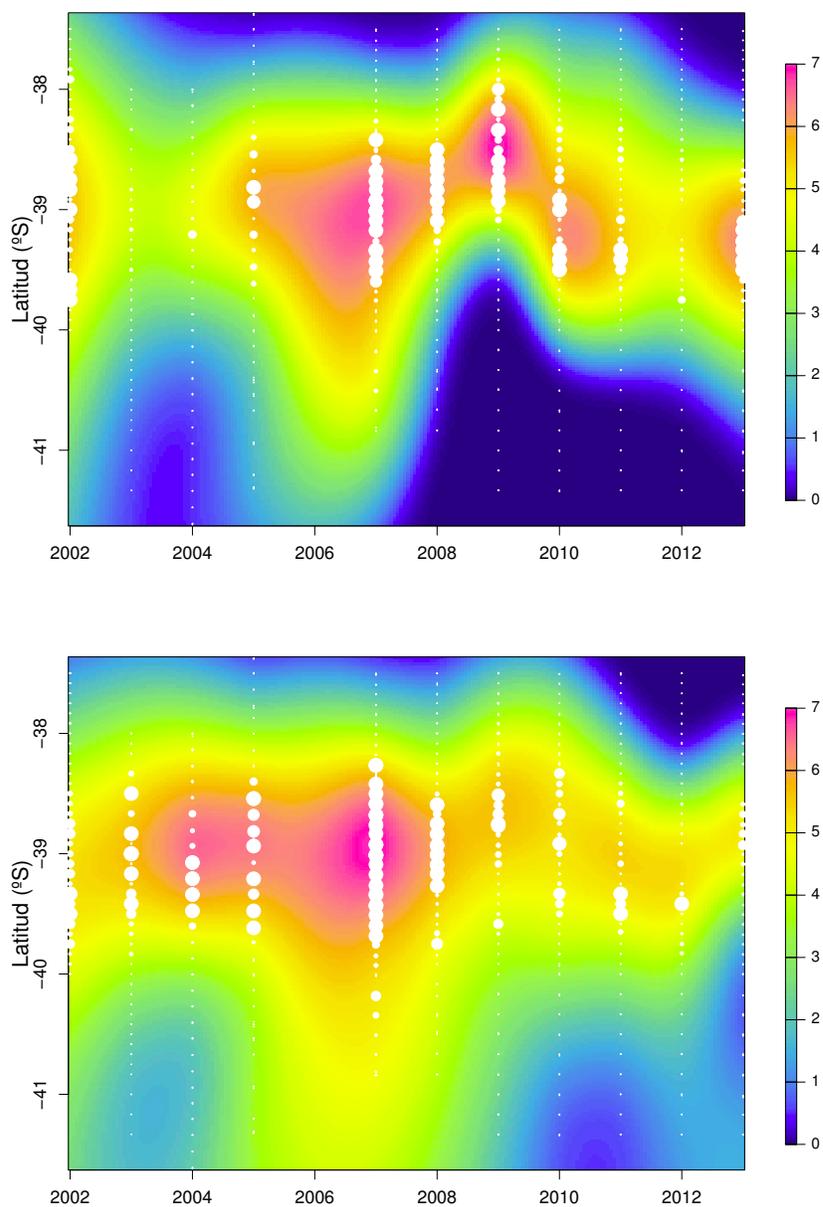


Figura 4.30: Cambios latitudinales en la densidad de huevos de sardina común (arriba) y anchoveta (abajo) en la zona sur, 2002-2013. La escala está referida a logaritmo neperiano más una constante pequeña (0.1). Los puntos blancos son proporcionales a la densidad de huevos, y muestran el rango de distribución de las estaciones y las zonas con mayor densidad de huevos.

Análisis y discusión de resultados

El crucero de evaluación del stock desovante se desarrolló principalmente entre septiembre y octubre en las zonas centro y sur. De acuerdo con el diagnóstico histológico de los ovarios de las hembras colectadas, se puede aceptar que durante el periodo de estudio, las hembras se encontraban activas. Con respecto a los parámetros reproductivos, específicamente en la fracción desovante presentó valores más altos que los registrados en el año 2012, tanto para sardina común de la zona sur y anchoveta de la zona centro. En el caso de peso medio y la fecundidad media de sardina común de la zona centro, presentaron valores levemente más bajos que los del año 2012, sin embargo para la zona sur, aumentaron levemente (Tablas 5.19 y 5.20).

Hasta el 2011, 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. Sin embargo, en el 2012 la abundancia de huevos de anchoveta y sardina común estuvo representada en pocas estaciones en la zona centro, lo que determinó un área de desove más baja que en años previos. En el año 2013, si bien presentó un mayor número de estaciones positivas en el área de estudio, hubo una zona no muestreada que correspondía al sector entre la Isla Mocha y Tirúa, por que existía un perímetro de resguardo por accidente aéreo en la zona. En la zona sur, a pesar del muestreo incompleto, la abundancia de huevos de anchoveta se distribuyó hacia la costa y al norte de los 39°30' LS. Para sardina común, se observa una recuperación con respecto a la abundancia y el número de estaciones positivas

En un contexto histórico, las zonas de desove de anchoveta y sardina común han sido características y con persistencia interanual (Zuñiga 2011). 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 (Figura 5.31). 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 (Figura 5.31). 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 el 2010 y 2012 se identificó presencia de huevos en baja abundancia para este estrato geográfico.

Tabla 5.19: Resumen de los parámetros reproductivos de anchoveta para el método de producción diaria de huevos en el periodo 2002-2013. S=fracción desovante diaria (d^{-1}), W=peso promedio (g), R=Fracción de hembras en peso, F= fecundidad parcial promedio (ovocitos por día), FR=fecundidad relativa (ovocitos por gramo de hembra), DSF=Fecundidad específica diaria, n=número de lances, m=número de hembras.

Anchoveta									
Año	Zona	S	W	R	F	FR	DSF	n	m
2002	Centro	0,15 (0,22)	14,2 (0,11)	0,49 (0,04)	4989 (0,12)	351	26	14	459
	Sur	0,07 (0,15)	22,2 (0,04)	0,52 (0,06)	8239 (0,05)	371	13	18	702
2003	Centro	0,05 (0,18)	14,1 (0,04)	0,48 (0,07)	5399 (0,05)	384	9	29	1007
	Sur	0,17 (0,09)	19,2 (0,03)	0,53 (0,03)	7260 (0,04)	378	34	39	1271
2004	Centro	0,20 (0,12)	19,1 (0,07)	0,28 (0,07)	7004 (0,07)	367	21	27	840
	Sur	0,17 (0,25)	19,7 (0,03)	0,38 (0,09)	7317 (0,04)	371	24	16	549
2005	Centro	0,10 (0,16)	11,7 (0,07)	0,44 (0,03)	4283 (0,07)	367	16	31	930
	Sur	0,09 (0,50)	22,0 (0,04)	0,58 (0,06)	8059 (0,04)	367	20	9	217
2007	Centro	0,21 (0,09)	22,7 (0,03)	0,50 (0,05)	8837 (0,04)	390	41	28	1118
	Sur	0,27 (0,16)	22,8 (0,06)	0,51 (0,07)	8903 (0,06)	390	54	22	873
2008	Centro	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sur	0,06 (0,90)	14,4 (0,20)	0,50 (0,00)	5559 (0,00)	385	12	11	385
2009	Centro	0,21 (0,21)	12,2 (0,05)	0,53 (0,05)	3997 (0,08)	327	36	14	547
	Sur	0,14 (0,21)	17,5 (0,11)	0,60 (0,04)	5404 (0,11)	308	26	25	928
2010	Centro	0,21 (0,08)	16,9 (0,03)	0,50 (0,00)	7449 (0,05)	441	46	36	830
	Sur	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Centro	0,09 (0,37)	15,7 (0,05)	0,50 (0,00)	5813 (0,05)	371	16	18	411
	Sur	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Centro	0,05 (0,21)	17,6 (0,05)	0,54 (0,04)	9494 (0,06,)	539	14	39	1182
	Sur	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	Centro	0,26 (0,1)	24,72 (0,04)	0,49 (0,04)	9068 (0,2)	367	48	3	161
	Sur	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5.20: Resumen de los parámetros reproductivos de sardina común para el método de producción diaria de huevos en el periodo 2002-2013. S=fracción desovante diaria (d^{-1}), W=peso promedio (g), R=Fracción de hembras en peso, F= fecundidad parcial promedio (ovocitos por día), FR=fecundidad relativa (ovocitos por gramo de hembra), DSF=Fecundidad específica diaria, n=número de lances, m=número de hembras.

Sardina									
Año	Zona	S	W	R	F	FR	DSF	n	m
2002	Centro	0,14 (0,17)	19,5 (0,05)	0,51 (0,04)	8497 (0,05)	436	30	32	771
	Sur	0,03 (0,43)	24,6 (0,03)	0,40 (0,06)	10414 (0,03)	424	5	20	494
2003	Centro	0,03 (0,55)	11,3 (0,06)	0,48 (0,07)	5901 (0,08)	524	7	15	340
	Sur	0,10 (0,29)	18,2 (0,04)	0,53 (0,03)	9800 (0,05)	539	29	21	490
2004	Centro	0,10 (0,21)	15,3 (0,12)	0,45 (0,08)	6990 (0,12)	456	20	21	695
	Sur	0,12 (0,20)	16,5 (0,04)	0,59 (0,05)	7716 (0,05)	467	32	12	380
2005	Centro	0,07 (0,20)	12,1 (0,06)	0,53 (0,03)	5980 (0,07)	495	18	31	1322
	Sur	0,08 (0,21)	14,0 (0,05)	0,47 (0,09)	7069 (0,05)	506	19	4	75
2007	Centro	0,26 (0,11)	24,3 (0,05)	0,53 (0,05)	9267 (0,06)	381	53	24	945
	Sur	0,15 (0,23)	21,5 (0,03)	0,51 (0,04)	8214 (0,04)	382	29	26	1033
2008	Centro	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sur	0,05 (0,57)	11,8 (0,12)	0,50 (0,00)	5587 (0,00)	473	11	30	990
2009	Centro	0,10 (0,20)	17,3 (0,11)	0,48 (0,05)	6825 (0,12)	395	20	18	632
	Sur	0,03 (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	0,04 (0,50)	12,9 (0,07)	0,51 (0,16)	4829 (0,09)	374	7	20	487
2011	Centro	0,17 (0,26)	22,5 (0,03)	0,50 (0,00)	10318 (0,05)	459	40	20	611
	Sur	0,04 (0,64)	8,6 (0,12)	0,50 (0,00)	4426 (0,14)	515	11	20	49
2012	Centro	0,05 (0,32)	21,6 (0,04)	0,48 (0,05)	8730 (0,04)	404	10	20	690
	Sur	0,07 (0,78)	13,7 (0,05)	0,51 (0,03)	5675 (0,06)	414	15	20	654
2013	Centro	0,096 (0,14)	17,99 (0,06)	0,5 (-)	7379 (0,001)	410	19	11	450
	Sur	0,2 (0,16)	17,6 (0,07)	0,44 (0,0056)	7752(0,002)	440	39	11	417

La serie de tiempo 2002-2013 muestra una tendencia general negativa en el porcentaje de estaciones con huevos de anchoveta en la zona central pero con grandes fluctuaciones interanuales, y una tendencia notoria y sostenida de disminución en la zona sur desde el 2007. En sardina común, se observa un leve ascenso en sector central pero que no alcanzó los niveles máximos observados los años 2011 y 2003 y, en la zona sur, un notorio repunte en estaciones positivas que revierte la tendencia negativa que se observaba desde el 2007. El porcentaje de estaciones positivas de huevos de sardina común aumentó en el sector central (25,8 %) sobrepasando el valor promedio de la serie 2002-2013 (13,1 %). En la zona sur las estaciones positivas también aumentaron (27,0 %) en el 2013 respecto del 2012, pero se encontraron en torno al promedio histórico (2002-2013) de la zona sur (26,3 %).

La abundancia promedio de huevos de anchoveta por estación volvieron a su patrón histórico aumentando de norte a sur, lo cual contrasta con lo observado el 2012, año en que los mayores abundancias promedio ocurrieron en la zona central. Considerando la serie completa 2002-2013, el promedio de huevos de anchoveta en las estaciones positivas de la zona central en el 2013 (15,3 huevos por 0.05 m²) estaría debajo del promedio histórico (25,7 huevos por 0.05 m²) y habría mantenido la tendencia disminución de los últimos 4 años en esa zona, mientras que en la zona sur (28,7 huevos por 0.05 m²) también estaría bajo el promedio histórico (52,2 huevos por 0.05 m²) pero habría subido respecto del 2012.

La abundancia promedio de huevos de sardina común del 2013 en las estaciones positivas de ambas zonas (central= 42,2 huevos por 0.05 m², sur =86,0 huevos por 0.05 m²) aumentó considerablemente respecto del 2012, mostrando valores sobre las abundancias promedios de la serie histórica 2002-2013 (promedios históricos: zona central=29,5 huevos por 0.05 m²; zona sur=46,2 huevos por 0.05 m²). Las abundancias promedio de huevos en la zona sur el 2013 constituyen las segundas más altas observadas en toda la serie histórica. Las abundancias promedio por estación del 2013 fueron mayores en la zona sur, coincidiendo con los patrones históricos de un aumento de abundancia desde el norte hacia el sur. Distribución. Durante el 2013, no se encontró huevos de anchoveta o sardina común en el sector norte. En el sector central, los huevos de anchoveta ocurrieron a lo largo de casi toda la costa y más abundantemente frente a Punta Nugurne, y secundariamente en el Golfo de Arauco, lugares históricamente con altas concentraciones de huevos. La distribución del 2013 fue más continua a lo largo de la costa que el 2012. En el sector sur, las mayores agregaciones de huevos de anchoveta ocurrieron al norte de Bahía Corral en una franja muy costera. El 2013 el límite máximo de distribución sur fue más al norte que el 2011 y 2012 y también más costera que ambos años.

En el sector central, los huevos de sardina común, ocurrieron a lo largo de toda la costa, y en mayores abundancias al sur de Punta Nugurne y en el Golfo de Arauco. La distribución de huevos de sardina común el 2013 fue mucho más extensa a lo largo de la costa y también hacia el océano que el 2012, además de presentarse abundancias mucho mayores en toda la zona (no hubo huevos en el Golfo de Arauco en el 2012). En el sector sur, la distribución de los huevos de sardina común fue más extensa que en los dos años anteriores, desde el norte de Isla Mocha (ca. 38°10'S) y hasta más al sur de los 41°S. La zona de mayor concentración de huevos coincidió con la zona observada en años anteriores (30°30'S – 39°40'S) desde el sur de Isla Mocha hasta Bahía Corral.

En un intento por caracterizar los cambios interanuales del desove de anchoveta y sardina común considerando factores fijos como la latitud, se encontró que los modelos reflejan significativamente los cambios latitudinales en términos de presencia y abundancia. Sin embargo, se debe reconocer que los factores fijos espaciales y temporales por lo general explican solamente una fracción de los datos. En efecto, aunque la interacción latitud-años fue significativa, la devianza explicada logró valores de entre 38 % y 52 %. Estos valores son aceptables en un sentido descriptivo y exploratorio más que predictivo.

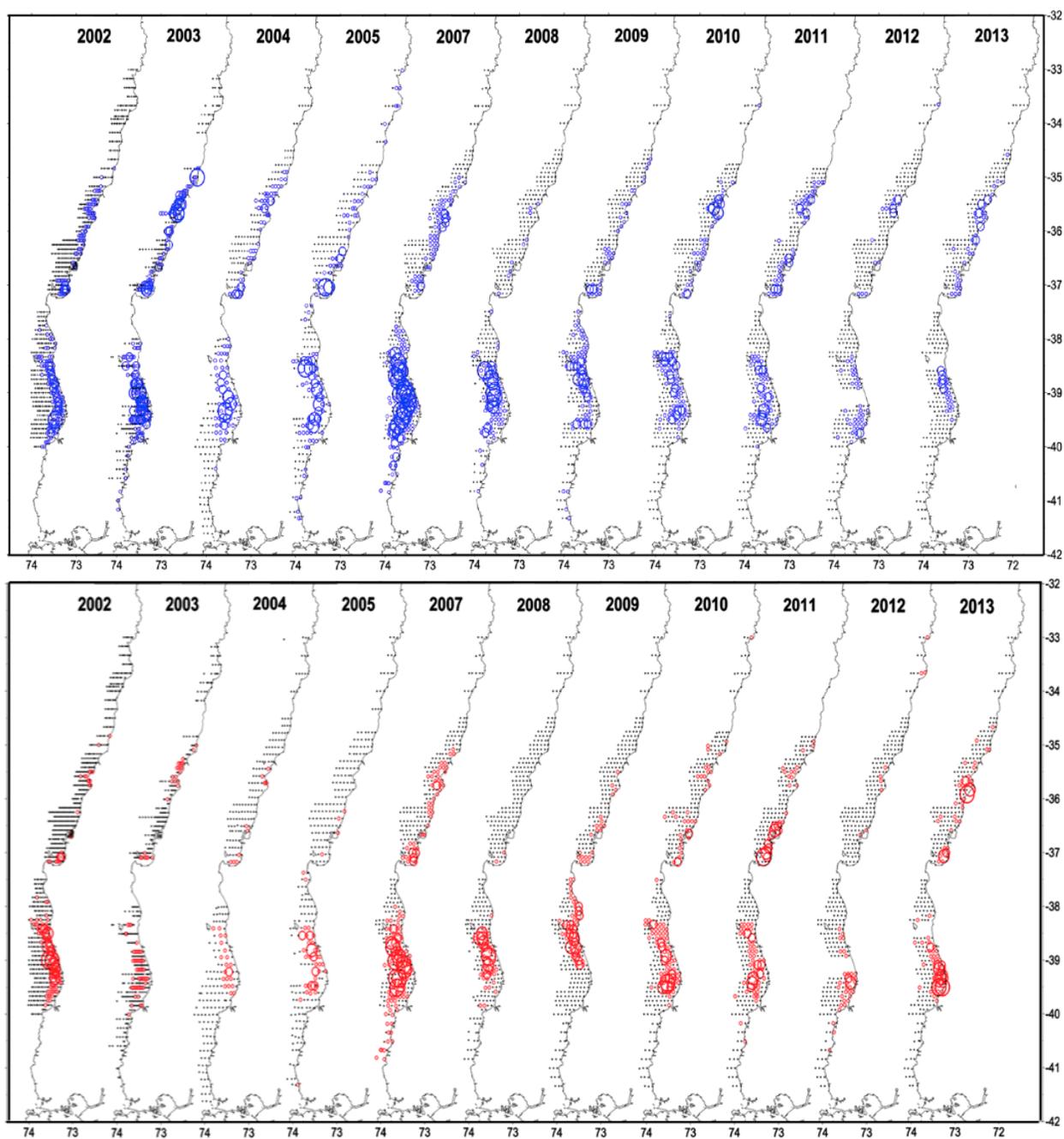


Figura 5.31: Abundancia de huevos de anchoveta (azul) y sardina común (rojo) entre 2002 y 2013 en el área de desove a lo largo de la plataforma continental de Chile Centro-Sur.

En este contexto, es deseable evaluar otras covariables que permitan evaluar los cambios en las zonas de desove de estos recursos costeros. Al respecto, la temperatura del mar, la salinidad, y la profundidad de la mínima de oxígeno y el forzamiento

del viento podrían ser consideradas. Si bien la temperatura del mar es más o menos homogénea, fluctuando usualmente entre 9 y 13 °C. Al considerar que los huevos tienen una boyante dada, la salinidad podría ser un factor importante ya que es la variable que está modulando la densidad del agua de mar durante la época reproductiva, en interacción a su vez con el aporte de agua dulce por precipitación y descarga de ríos. A su vez, la mínima de oxígeno parece ser un buen predictor del hábitat reproductivo, toda vez que los huevos requieren oxigenación y estos pelágicos pequeños como la anchoveta y la sardina común tienden a evitar la mínima de oxígeno (Bertrand et al., 2011)

En relación con la hidrografía, las imágenes satelitales TSM muestran a lo largo de la costa un gradiente latitudinal con temperaturas decrecientes desde la zona norte (32°S, 72°W) hacia el sur (42°S, 74°W). La serie de imágenes satelitales de la concentración de clorofila *a* (mg m^{-3}) muestra muy altas concentraciones ($>6 \text{ mg Chl-}a/\text{m}^3$) a lo largo de toda la costa. Las zonas de mayores concentraciones correspondieron al sector entre el Río Itata y Golfo de Arauco y desde Isla Mocha hasta la zona sur de Bahía Corral (hasta los 42°S).

La información hidrográfica obtenida en los cruceros muestra que, en el sector norte, a lo largo de la zona costera, las temperaturas a 1 m de profundidad fluctuaron entre los 12 y 13 °C con menores valores a los 34°S, zona coincidente con menores salinidades frente al río Rapel. En el sector Centro las temperaturas fluctuaron entre los 11 y 13 °C a 1 m de profundidad y las menores salinidades fueron observadas frente a las desembocaduras de los ríos Bio-Bio, Itata y Maule. Finalmente, en el sector sur la temperatura fue variable a 1 m de profundidad a lo largo de la costa (10-12,5 °C), con los valores más bajos frente a las desembocaduras de los ríos Valdivia (zona de Corral) y río Toltén y en el sector más al sur de la grilla de muestreo ($>41^\circ\text{S}$). Las zonas de mayores abundancias de huevos en la zona central ocurrieron en las 2 áreas de aguas más frías a 10 m de profundidad (10-11 °C) (alrededor de Punta Nugurne y Golfo de Arauco). Sin embargo, los huevos de sardina común también ocurrieron en aguas levemente más cálidas ($> 12^\circ\text{C}$). En el sector sur, los huevos de anchovetas se ubicaron en la zona costera con temperaturas equivalentes a las en que ocurrieron en el sector central (10-11 °C) pero, en contraste con el sector central, los huevos de sardina común ocurrieron en aguas a temperaturas menores que los de anchoveta (9-10 °C).

El análisis de los diagramas T-S muestra que durante el 2013, los rangos (máximo-mínimo) de los valores de temperatura y salinidad presentes en el ambiente a 1 m y a 10 m de profundidad fueron más amplios en el sector sur que en el central. En el sector central, a los 10 m de profundidad, huevos de anchoveta ocurrieron prácticamente dentro de todo el rango de temperaturas observado (10.5-12,8 °C) presentándose las mayores abundancias en las temperaturas menores (10,8-12 °C). En el sector sur los huevos de anchovetas ocurrieron principalmente en el mismo rango de temperaturas que en el sector central (10.8-12°C), contrastado con lo observado en salinidad ya que se presentaron en agua con valores menores (33-33,8 ups) a los observados en el sector central (34-34,5 ups). En forma similar, los huevos de sardina común también se habrían presentado en un rango más amplio (32,5-34 ups) al observado en el sector central.

En términos de las condiciones ambientales, y en función a la información utilizada y analizada para construcción de las series temporales para el periodo 2003-2013, tanto de temperatura superficial del mar, clorofila como viento, muestran un cambio en la tendencia de las series a partir del año 2007-2009, observándose prevalencia de anomalías negativas para las tres zonas analizadas: a) norte (33°S a 37°S), b) centro-sur (37°S a 40°S), y c) sur (40°S a 43°S). Esta tendencia al decremento de los valores podría traducirse como en el descenso de la temperatura superficial del mar y de los valores de clorofila, además de un debilitamiento de los vientos considerando su componente paralela a la costa, siendo estos últimos, en gran parte vía los procesos de surgencia costera, los responsables, de los incrementos o decrementos de la producción primaria asociada a la zona

costera del área de estudio. En el periodo junio-octubre de 2013, la banda costera no mostró gradientes térmicos significativos con la zona oceánica adyacente, mostrando influencia de aguas de origen sub-antártico desde la zona sur y hasta los 38°S. La clorofila-*a* durante los meses de junio y julio de 2013 mostraron valores que no superaron 4 mg m⁻³, y desde el mes de agosto hasta octubre se observó un incremento en los valores de clorofila-*a* en la banda costera alcanzando los 10 mg m⁻³ y con filamentos que se extendieron por más de 100 millas costa afuera con valores en torno a los 7 mg m⁻³.

Las condiciones ambientales se mostraron normales durante la transición invierno-primavera, pero entre agosto y diciembre se observó un fuerte incremento del transporte costa afuera entre los 39°00'S y 30°00'S, esto es, un transporte neto en dirección costa afuera con valores superiores a 10 cms⁻¹, intensificándose entre los 36°00' - 37°30'S y 30°00' - 32°00'S donde los registros alcanzan los 15 cms⁻¹.

Los cambios interanuales muestran que la biomasa desovante de anchoveta comenzó a disminuir desde 2007, y se mantuvo en niveles bajos entre 2008 y 2010, para disminuir en el año 2013 casi un 65 % de la biomasa obtenida el 2012. En el caso de la sardina se observó aumentos en la biomasa desovante en 2010 y 2011, y una disminución en el 2012, y en el año 2013 presentó una disminución de casi 45 % con respecto de la biomasa del 2012 (Tabla 5.21, Figura 5.32). Para el año 2013 hubo un la aumento en la producción diaria de huevos, para ambas especies y ambas zonas respectivamente. Sin embargo, algunos parametros reproductivos se mantuvieron bajos e incluso más bajos que el año 2012 (sardina, zona centro).

Tabla 5.21: Resumen de las estimaciones de biomasa desovante de anchoveta y sardina común por el MPDH convencional, periodo 2002-2013.

Años	Anchoveta		Sardina	
	Biomasa (t)	CV (%)	Biomasa (t)	CV (%)
2002	112323	28,9	498337	58,1
2004	153150	36,8	5186	56,7
2005	637223	44,1	125008	55,7
2007	255016	38,0	168611	5,7
2008	313432	105,0	109162	111,5
2009	73983	57,8	213762	102,4
2010	77613	49,4	579715	74,4
2011	109348	39,0	649985	60,0
2012	50772	165,0	157893	262,0
2013	17779	60,5	87575	195,0

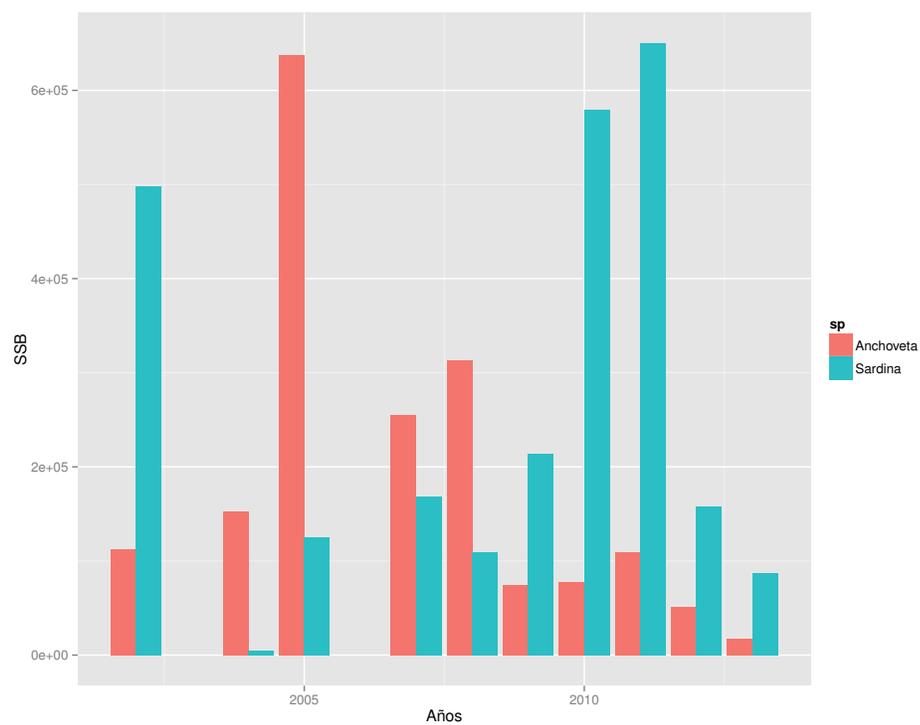


Figura 5.32: Biomasa desovante (SSB, miles de t) de anchoveta y sardina común entre 2002 y 2013 en el área de desove a lo largo de la plataforma continental de Chile Centro-Sur.

La biomasa desovante estimada mediante el MPDH se comparó con las estimaciones de biomasa desovante provenientes del modelo de evaluación de stock estructurado por edad de IFOP (MAE) (Zuñiga y Canales, 2014a,b) y con la biomasa total evaluada acústicamente en los cruceros de reclutamiento de verano RECLAS (Figura 5.33). Se observó una buena correspondencia entre las estimaciones del MPDH con las basadas en modelos solamente para el caso de la anchoveta, desde el 2008 al 2013 (MAE y MPDH) y entre 2009 al 2013 (RECLAS y MPDH). En el caso de la sardina común, es probable que las biomazas no sean comparables ya que la evaluación de stock de IFOP mide la biomasa desovante antes del periodo de capturas al utilizar como base de tiempo años comprendidos entre el primero de julio de un año y el 30 de junio del año siguiente. La comparación con el crucero de verano tampoco es pertinente ya que éste considera la biomasa total, compuesta esencialmente de reclutas al primero de enero.

El modelo anual en edades (MAE) de sardina común considera que el grupo de edad 0 comprende a todos los ejemplares que fueron capturados desde el 1 de julio de un año al 30 de junio del año siguiente, y dominan en la estructura de edad con más del 70 %, y por lo tanto el modelo en edades está influido por el reclutamiento y RECLAS más que por la biomasa desovante evaluada por el MPDH. Tal vez un modelo MAE en año calendario podría dar mejor cuenta de la dinámica de la explotación que ocurre durante la primera mitad de cada año, antes que ocurra el desove. Los peces tendrían una fecha arbitraria de cumpleaños el primero de enero. Así peces con 0 anillos, juveniles que son capturados entre marzo y junio, deberían constituir el grupo de edad I, el grupo de edad 0 quedaría representado solamente por la fracción de juveniles que se logra vulnerar durante el segundo semestre, y tendrían influencia solamente en la modulación parcial del reclutamiento que estaría ocurriendo para el año siguiente. A esto se le debe sumar el efecto de la talla promedio a la edad y las variaciones en el peso promedio a la edad.

Las discrepancias entre las estimaciones deben ser investigadas en un contexto integral, ya que la abundancia de estos recursos están siendo evaluadas por tres cruceros en el año, y por lo tanto los cambios que se observen deben estar en correspondencia con la dinámica de la abundancia. Si no hay consistencia, entonces investigar sobre los efectos de la estructura de edad a través de un modelo que sea capaz de capturar la dinámica espacio-temporal que ocurre dentro del año podría constituirse en un avance significativo.

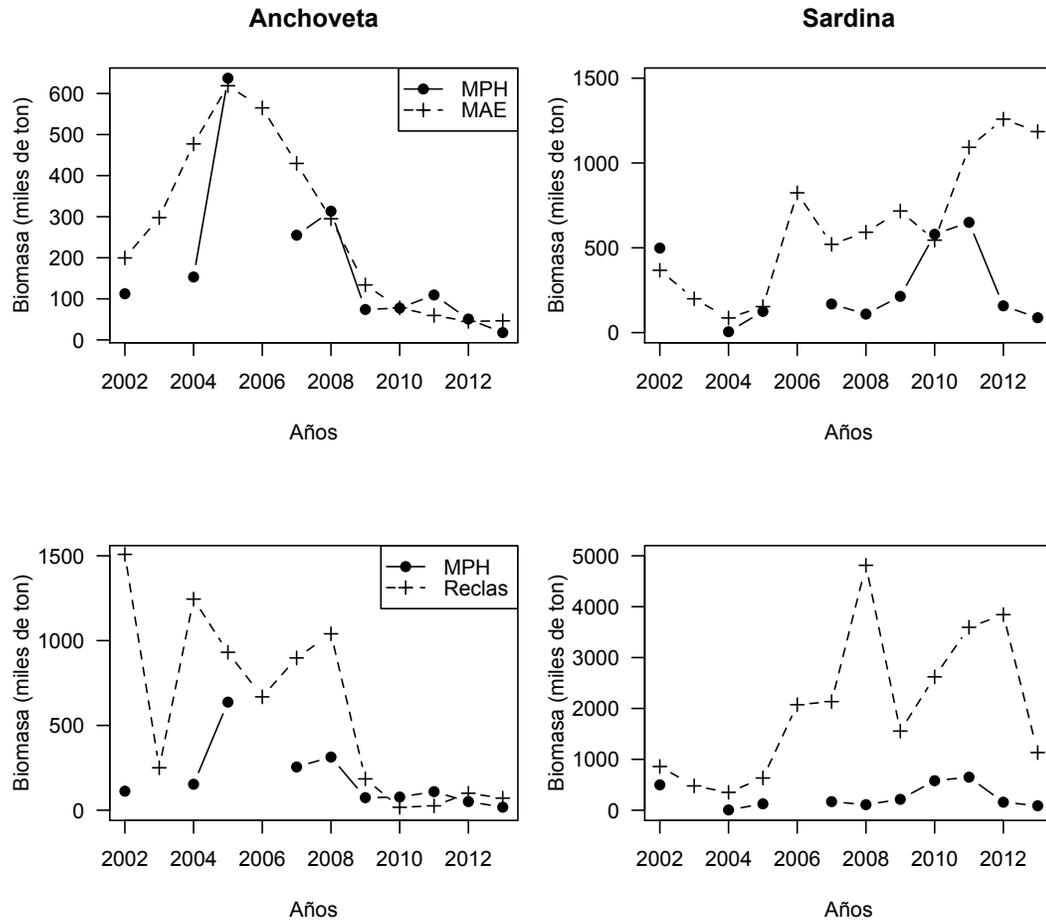


Figura 5.33: Comparación entre la biomasa desovante de anchoveta y sardina común con la biomasa desovante del modelo de evaluación de stock MAE de IFOP (arriba) y con la biomasa total evaluada durante los cruceros de verano Reclas (abajo). Período 2002 - 2013.

Conclusiones

1. El mayor área de desove de sardina común ocurrió en la zona sur con 2957 km² y para anchoveta ocurrió en la zona centro con 2402 km², respectivamente.
2. La producción diaria de huevos por estrato geográfico, indicó una mayor producción de huevos de anchoveta en la zona sur con 356 huevos m² d⁻¹; y una producción menor en el sector centro con 132 m² d⁻¹). La mayor producción diaria de huevos de sardina ocurrió en la zona centro con 457 m² d⁻¹), con una tasa de mortalidad diaria de huevos ($Z = 0,088 \text{ h}^{-1}$).
3. Los parámetros reproductivos de los adultos están dentro del rango de los valores que han sido estimados para ambas especies.
4. El estimado estratificado de biomasa desovante fue de 17.685 toneladas de anchoveta y de 87.575 toneladas de sardina común. En ambos recursos se registró una disminución de la biomasa desovante, considerando que el 2012, presento una biomasa desovante de 50.772 toneladas de anchoveta y de 157.893 toneladas de sardina común.
5. En el periodo junio-octubre de 2013, la banda costera no mostró gradientes térmicos significativos con la zona oceánica adyacente, mostrando influencia de aguas de origen sub-antártico desde la zona sur y hasta los 38°S.
6. Las imágenes de clorofila-*a* durante los meses de junio y julio de 2013 mostraron valores que no superaron 4 mg m⁻³, y desde el mes de agosto hasta octubre se observó un incremento en los valores de clorofila-*a* en la banda costera alcanzando los 10 mg m⁻³ y con filamentos que se extendieron por más de 100 millas costa afuera con valores en torno a los 7 mg m⁻³.
7. Se observaron cinco eventos de gran intensidad de transporte costa afuera en la zona norte durante los meses agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2013 siendo los de estos últimos dos meses los de mayor intensidad.
8. Los meses de septiembre y octubre de 2013, presentaron alta variabilidad en la advección promedio costeras y menos intensas que las del mes de agosto, con valores que no superaron los 8 cm s⁻¹, destacándose la advección más intensas en dirección hacia fuera de la costa en los 34°00' y 37°00'S.
9. Durante los meses de noviembre y diciembre de 2013 se observó un fuerte incremento del transporte costa afuera entre los 39°00'S y 30°00'S; esto es, un transporte neto en dirección costa afuera con valores superiores a 10 cm s⁻¹, intensificándose entre los 36°00' - 37°30'S y 30°00' - 32°00'S donde los registros alcanzan los 15 cm s⁻¹.

Bibliografía

- [1] 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, 565-575.
- [2] 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*. US Dep Commer, NOAA Tech Rep NMFS 36, 59-61.
- [3] Arcos DF, Navarro N (1986) Análisis de un índice de surgencia para la zona de Talcahuano, Chile (Lat. 37°S). *Invest Pesq (Chile)* 33, 91-98.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Bernal M, Borchers DL, Valdéz L, Lanzós AL, Buckland ST (2001) A new ageing method for eggs of fish species with daily spawning synchronicity. *Can J Fish Aquat Sci* 58, 2330-2340.
- [8] 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.
- [9] Bertrand A., A. Chaigneau, S. Peraltilla, J. Ledesma, M. Graco, F. Monetti, F. Chavez (2011). Oxygen: A Fundamental Property Regulating Pelagic Ecosystem Structure in the Coastal Southeastern Tropical Pacific. *PLoS ONE* 6(12): e29558. doi:10.1371/journal.pone.0029558
- [10] Blaxter JHS, Hunter JS (1982) The biology of the clupeoid fishes. *Adv Mar Biol* 20, 201-223.
- [11] Borchers DL, Buckland ST, Priede IG, Ahmadi S (1997) Improving the precision of the daily egg production method using generalized additive models. *Can J Fish Aquat Sci* 54, 2727-2742.

- [12] Castillo J, Barbieri MA, 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.
- [13] Castillo J, Barbieri MA, 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.
- [14] Castillo J, Barbieri MA, Espejo M, Saavedra A, Catasti V, Núñez S, Ortiz J, Barría P, Arriagada G, Braun M, Galindo G (2002a) Evaluación hidroacústica del stock desovante de anchoveta y sardina común, Centro-Sur, 2001 Proyecto FIP N° 2001-14
- [15] Castillo J, Barbieri MA, Espejo M, Saavedra A, Catasti V, Núñez S, Ortiz J, Barría P, Arriagada G, Braun M, Galindo G (2002b) Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común, centro-Sur, 2001-2002 Proyecto FIP N° 2001-13.
- [16] Castillo J, Saavedra A, Gávez P, Barría P, Espejo M, Barbieri MA (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.
- [17] Castillo-Jordán C, Cubillos LA, 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.
- [18] Castro L, Roa R, Figueroa D, Arancibia H, Sobarzo M, Quiñones R, Retamal M (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.
- [19] Castro LR, Hernández EH (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.
- [20] 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.
- [21] Checkley DM Jr, Dotson RS, Griffith DA (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.
- [22] 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.
- [23] 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
- [24] Cochran WG (1980) Técnicas de muestreo. Compañía Editorial Continental SA de CV México.
- [25] 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, 43-49.

- [26] 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.
- [27] Cubillos L, Canales M, Bucarey D, Rojas A, Alarcón R (1999) Epoca reproductiva y talla media de primera madurez sexual de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en la zona centro-sur de Chile en el período 1993-1997. Invest Mar Valparaíso 27, 73-86.
- [28] Cubillos LA, Arcos DF, 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.
- [29] Cubillos LA, Arcos DF (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.
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] 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.
- [33] Cubillos LA, Ruiz P, Claramunt G, Gacitúa S, Núñez S, Castro LR, Riquelme K, Alarcón C, Oyarzún C, 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.
- [34] Dickerson TL, Macewicz BJ, Hunter JR (1992) Spawning frequency and batch fecundity of chub mackerel, *Scomber japonicus*, during 1985. Calif Coop Oceanic Fish Invest Rep 33, 130-140.
- [35] Eilers PHC, Marx BD (1996) Flexible smoothing with B-splines and penalties (with discussion). Statistical Science 11, 89-121.
- [36] Emery WJ, Thomas AC, Collins MJ, Crawford WR, Mackas DL (1986) An objective method for computing advective surface velocities from sequential infrared satellite images. J of Geophys Res 91, C11 12865-12878, Nov 15.
- [37] Fitzhugh GR, Hettler WF (1995) Temperature influence on postovulatory follicle degeneration in Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*. Fish Bull 93, 568-572.
- [38] Gantias K, Somarakis S, Machias A, Theodorou AJ (2003) Evaluation of spawning frequency in a Mediterranean sardine population (*Sardina pilchardus sardina*). Mar Biol 142, 1169-1179.
- [39] Gantias K (2008) Ephemeral spawning aggregations in the Mediterranean sardine, *Sardina pilchardus*: a comparison with other multiple-spawning clupeoids. Mar Biol 155, 293-301.
- [40] Garcia CAE, Robinson IS (1989) Sea surface velocities in shallow seas extracted from sequential coastal zone color scanner satellite data. J Geophys Res 94, C9, 12681-12691, Sep 15.

- [41] Herrera G, Tarifeño E, Orellana MC (1987) Descripción de huevos y primeras fases larvales de la sardina común (*Strangomera bentincki*) y del machuelo (*Ethmidium maculatum*). *Biología Pesquera* 16, 107-113.
- [42] Hunter JR, Goldberg SR (1980) Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish Bull* 77, 641-652.
- [43] Hunter JR (1985) Preservation of Northern anchovy in formaldehyde solution. In: Lasker R (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. US Dep Commer, NOAA Tech. Rep. NMFS 36, 63-66.
- [44] Hunter JR, Macewicz BJ (1985) Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish Bull* 83, 119-136.
- [45] Hunter JR, Lo NC-H, Leong RJH (1985) Batch fecundity in multiple spawning fishes. In: Lasker R (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. US Dep Commer, NOAA Tech Rep NMFS 36, 67-77.
- [46] Hunter J, Lo NC-H (1993) Ichthyoplankton methods for estimating fish biomass introduction and terminology. *Bulletin of Marine Science* 53, 723-727.
- [47] Hunter J, Lo NC-H (1997) The daily egg production method of biomass estimation: some problems and potential improvements. *Oceanografika* 2, 41-69.
- [48] Lasker R (ed.) 1985. An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. In: Lasker R (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. US Dep Commer, NOAA Tech Rep NMFS 36
- [49] Lo NC-H (1985) A model for temperature-dependent northern anchovy egg development. In: Lasker R (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. US Dep Commer, NOAA Tech Rep NMFS 36, 43-50.
- [50] Lo NC-H, Hunter JR, Carter R (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.
- [51] 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.
- [52] Macewicz B, Hunter JR (1993) Spawning frequency and batch fecundity of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. *CalCOFI Rep* 34, 112-121.
- [53] 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.
- [54] Marcotte D (1991) Cokrigage with MATLAB. *Computers and Geosciences* 17, 1265-1280.
- [55] Miranda A, Cal RM, 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.

- [56] Moser HG, Ahlstrom EH (1985) Staging anchovy eggs. In: Lasker R (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. US Dep Commer, NOAA Tech Rep NMFS 36, 37-41.
- [57] 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.
- [58] Navarro E, Schneider W, Letelier J (2004) Estimation of onshore-offshore transport off central Chile by means of maximum cross-correlation using satellite derived SST. *Gayana* 68, 427-431.
- [59] Navarro E, Schneider W, Letelier J (2006) Estimación de transporte costa-océano frente a Chile centro-sur por medio del Método de máxima correlación cruzada sobre imágenes SST. XVII Congreso de Ciencias del Mar. Iquique, Chile.
- [60] 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. Informes Técnicos FIP – IT/2000-06, 116 p.
- [61] Parker RL, Rice JA (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.
- [62] 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.
- [63] Petitgas P (2001) Geostatistics in fisheries survey design and stock assessment: models, variances and applications. *Fish and Fisheries* 2, 231-249.
- [64] Picquelle S (1985) Sampling requirements for the adult fish survey. In: Lasker R (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. US Dep Commer, NOAA Tech Rep NMFS 36, 55-57.
- [65] Picquelle SJ, Stauffer G (1985) Parameter estimation for an egg production method of northern anchovy biomass assesment. In: Lasker R (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. US Dep Commer, NOAA Tech Rep NMFS 36, 7-15.
- [66] Santander H, Alheit J, Smith PE (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.
- [67] Seber GHF (1973) The estimation of animal abundance and related parameters. Hafner Press NY, 506 p.
- [68] Selman K, Wallace R (1989) Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. *Zoological Science* 6, 211-231.
- [69] Sepúlveda A, et al. (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.
- [70] Smith PE, Flerx W, Hewitt RP (1985) The CalCOFI vertical egg tow (CalVET) net. In: Lasker R (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. US Dep Commer, NOAA Tech Rep NMFS 36, 27-32.

- [71] Smith PE, Hewitt RP (1985) Sea survey design and analysis for an egg production method of anchovy biomass assessment. In: Lasker R (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. US Dep Commer, NOAA Tech Rep NMFS 36, 17-26.
- [72] 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.
- [73] 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.
- [74] Stauffer GD, Picquelle SJ (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.
- [75] Stratoudakis Y, Bernal M, Borchers MF (2003) Changes in the distribution of sardine eggs and larvae off Portugal, 1985-2000. *Fisheries Oceanography* 12, 49-60.
- [76] 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
- [77] Venables WN, Ripley BD (2002) *Modern Applied Statistics with S*, 4th ed. Springer-Verlag, NY.
- [78] 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.
- [79] Wallace R, Selman K (1981) Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer Zool* 21, 325-343.
- [80] Wood SN (2002) Modelling and smoothing parameter estimation with multiple quadratic penalties. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 62, 413-428.
- [81] Wood SN (2003) Thin plate regression splines. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 62, 95-114.
- [82] Yáñez E, Barbieri MA, Santillán L (1992) Long-term environmental variability and pelagic fisheries in Talcahuano, Chile. In: Payne AI, Brink L, Mann KH, Hilborn R (Eds.), *Benguela Trophic Functioning*. *S Afr J Mar Sci* 12, 175-188.
- [83] Zúñiga MJ, Canales C (2014a) Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en sardina común zona centro-sur y sardina austral, zona de aguas interiores, año 2014. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). 153 p.
- [84] Zúñiga M, Canales C (2014b) Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en anchoveta zona centro-sur, año 2014. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). 78 p.

APÉNDICES

Apéndice A

Factores de corrección de la longitud y peso promedio de Sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) debido a la fijación por formalina.

A.1. Objetivo general

Determinar el factor de corrección del fijador en el peso total (g) y longitud total (cm) de la sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*).

A.2. Introducción

La estimación de parámetros reproductivos a través del método de producción de huevos requiere cuantificar el efecto del medio utilizado para preservar las muestras antes de que estas sean analizadas. En efecto, la mayoría de las técnicas de conservación provocan endurecimiento y alteración del tejido a conservar, lo que puede sesgar los estimados basados en la longitud y peso; y por ende, la estimación final de la biomasa desovante. Muchos Estudios han informado que la preservación afecta a las características físicas de la muestra (Parker, 1963; Yeh y Hodson, 1975, AI-Hassan y Abdullah, 2000). La mayoría de los autores han reportado una contracción en la longitud (Lux 1960; Stobo 1972; Engel 1974; Sayers 1987, AI-Hassan y Abdullah 1997), mientras que otros han reportado un aumento de la longitud o ninguna contracción en la muestra a conservar (Billy 1982; AI-Hassan y Abdullah, 1992).

Yeh y Hodson (1975) señalan que *Lepomis macrochirus* y *Pomoxis annularis*, aumentaron significativamente en el peso

cuando se conservaron en formol al 10 %. El aumento en el peso también fue reportado para otras especie, tal como *Perca flavescens* (Stobo, 1972), *Cottus bairdi punctulatus* (Bailey, 1952), *Roccus chrysops* (Sigler, 1949a) y para *Salmo salar* (Hoar, 1939) utilizando formol al 5 % y 10 %.

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, razón de la formalina y dilución. Es por ello que es necesario cuantificar las variaciones producidas con la finalidad de obtener un factor de corrección para la solución de almacenamiento. En base a esto se planteo una actividad similar a lo planteado por Hunter (1985) para la anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina común (*Strangomera bentincki*), y consistió en la medición sistemática de una muestra aleatoria de 52 individuos recolectadas de la capturas de una embarcación artesanal, individualizados por especie. El tratamiento se refiere a la solución utilizada para la preservación de los ejemplares consistente en una solución de formalina técnica en agua de mar al 10

A.3. Metodología

El factor de corrección fue calculado a partir de una muestra de 26 hembras de sardina común y 26 hembras de anchoveta, las cuales fueron recolectados a partir de muestras aleatorias de la captura de embarcaciones artesanales y fueron trasladados hasta el Laboratorio de EPOMAR del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción. En el laboratorio, a cada ejemplar se le midió en su longitud total con un ictiómetro de 0,1 cm de precisión y se registro el peso total con una balanza monoplato de 0,01 g de precisión. Posteriormente fueron fijados en formalina al 10 %. A la semana, antes de medir la longitud y peso total se procedió a secarlos con papel absorbente para extraer el excedente de formalina. El procedimiento se repitió durante 7 meses. El primer intervalo fue de siete días, el segundo intervalo fue cada 15 días y finalmente cada un mes, haciendo un total de 13 mediciones a cada individuo fijado, con 31 semanas de mediciones. Este procedimiento se realizó tanto para hembras de sardina común como para hembras de anchoveta.

Una vez obtenida las mediciones se estimó la desviación estándar, promedio y variación porcentual en la longitud total y peso por especie. El promedio para la longitud y peso se estimó como:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \quad (\text{A.1})$$

donde x corresponde a la longitud total o peso, i al espécimen, y N al número total de individuos muestreados. La desviación estándar fue estimada por:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\sqrt{N}} \quad (\text{A.2})$$

donde \bar{x} es el promedio de las longitudes totales o peso en una fecha de muestreo de una especie.

A.3.1. Variación de longitud y peso total en porcentaje

$$\text{Variacion}(\%) = \frac{(\bar{x}_{i+1} - \bar{x}_i)}{\bar{x}_i} * 100 \quad (\text{A.3})$$

donde \bar{x}_i es la longitud o peso promedio por cada fecha de muestreo, por especie.

Con el fin de establecer si el cambio de la longitud y peso total en el tiempo fueron significativas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor. Sin embargo, la distribución de la longitud total y peso total (g) de la sardina común no presentaron una distribución normal (test Shapiro-Wilk: $p=0,01$ para la longitud y $p=0,004$ para el peso total), razón por la cual estas variables fueron transformadas a escala logarítmica.

El factor de corrección de cada parámetro fue calculado como la media del porcentaje de variación de las mediciones efectuadas después de 48h y a los seis meses de fijación.

A.4. Resultados

A.4.1. Sardina común

Los resultados señalan que hubo variación en la longitud total promedio (\overline{LT}) en el muestreo sistemático de la sardina común, mostrando una leve pero constante disminución en la longitud total (cm) para el primer intervalo de muestreo (1-40 días), con una longitud promedio inicial de 12,56 cm llegando a los 12,35 cm para el día 29. En el segundo intervalo de muestreo (41-81 días) se observó una estabilización de la longitud total, para posteriormente disminuir en el último período (85-162 días) de 12,32 a 12,2 cm para el día 162. Esto se traduce en una disminución total de 0,36 cm de la longitud total promedio respecto de la fecha inicio (Figura A.1, Tabla A.1).

En cuanto al efecto de la formalina al 10% en el peso total promedio de la sardina común, los resultados señalan que hubo una disminución del peso en el tiempo de muestreo. En el primer intervalo de muestreo (1-40 días), se registró una disminución de 17,39 a 15,81 g. En el segundo intervalo de muestreo (41-81 días), el peso siguió disminuyendo levemente llegando 15,72 g, lo que resultó en una disminución de 0,96 g respecto de la fecha inicial (Figura A.3, Tabla A.1).

Para ambos casos (\overline{LT} y \overline{PT}) las mayores cambios ocurren en los primeros 20 días, encontrándose variaciones de hasta 1,83% en la longitud y de 6,75% para el peso. Después del primer intervalo de muestreo, las mediciones de la longitud y peso fueron más estables (Figura A.2 y Figura A.4).

Los resultados obtenidos fueron muy similares al estudio del 2012, con una reducción en la longitud total promedio de 0,32 cm para el 2013 y de 0,36 cm para el 2013, lo que se traduce en una contracción de la longitud total promedio inicial de 2,2% y 2,8% para cada año, respectivamente.

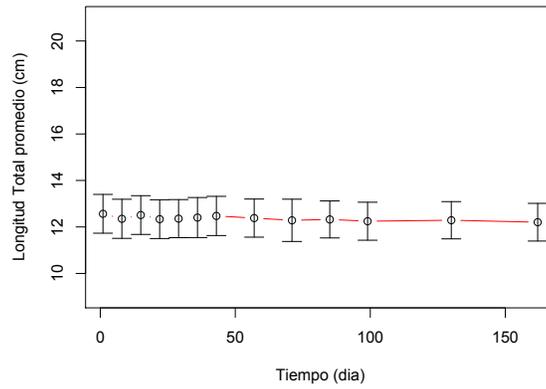


Figura A.1: Variación de la longitud total promedio (± 1 desviación estándar), de sardina común en el tiempo (día), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.

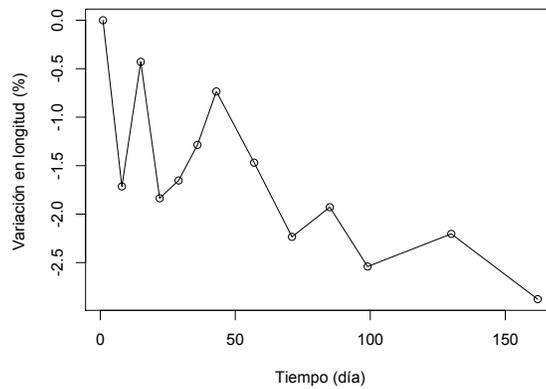


Figura A.2: Variación de la longitud total (%), de sardina común en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.

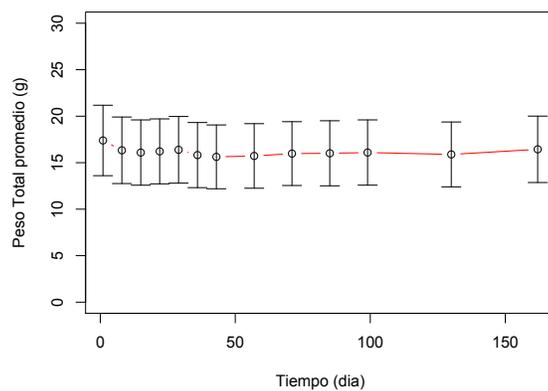


Figura A.3: Variación del peso total promedio, de sardina común en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.

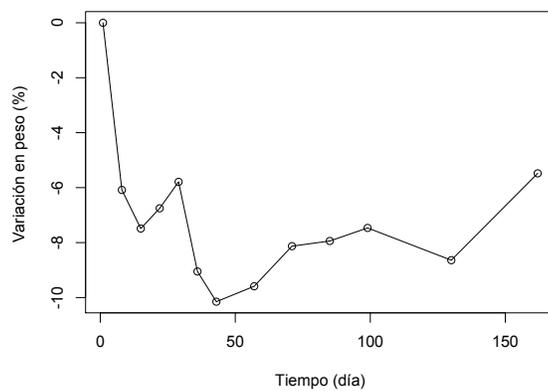


Figura A.4: Variación del peso total (%), de sardina común en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.

Tabla A.1: Variación de la longitud (\overline{LT}) y peso total promedio (\overline{PT}) en el tiempo (día), de la sardina común, aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %. Donde "DE" es la desviación estándar de las longitudes (cm) o peso (g) muestreadas en un período de muestreo

Tiempo (días)	\overline{LT} (cm)	Var %	DE \overline{LT} (cm)	\overline{PT} (g)	Var %	DE \overline{PT} (g)
1	12.56	0	0.83	17.39	0	3.78
8	12.35	-1.71	0.84	16.33	-6.08	3.57
15	12.51	-0.42	0.83	16.08	-7.48	3.51
22	12.33	-1.83	0.83	16.21	-6.75	3.49
29	12.35	-1.65	0.81	16.38	-5.78	3.58
36	12.40	-1.28	0.86	15.81	-9.05	3.50
43	12.47	-0.73	0.84	15.62	-10.15	3.43
57	12.38	-1.46	0.81	15.72	-9.58	3.47
71	12.28	-2.23	0.90	15.97	-8.12	3.43
85	12.32	-1.92	0.79	16.01	-7.94	3.49
99	12.24	-2.54	0.81	16.09	-7.466	3.51
130	12.28	-2.20	0.80	15.88	-8.64	3.48
162	12.20	-2.87	0.81	16.43	-5.48	3.57

A.4.2. Análisis estadístico

No hubo diferencias significativas ($p=0,11$) entre la longitud total a inicios del muestreo (día 1) y longitud total al final del muestreo (día 162) expuesta a formalina al 10 %. La variación total fue de $12,56 \text{ (cm)} \pm 3,78$ a $12,20 \text{ (cm)} \pm 0,81$ (media y DE, respectivamente).

Con respecto al peso total, este tampoco mostró diferencias significativas ($p=0,338$) entre el peso total inicial ($17,39 \text{ (g)} \pm 3,78$) y el peso total final ($16,43 \text{ (g)} \pm 3,57$) (Tabla A.2, Tabla A.3 y Figura A.6).

Tabla A.2: Resultados del ANOVA para la variación del logaritmo de longitud total en el tiempo de muestreo (1 y 162 días) en sardina común (g.l=grado de libertad; SC=suma de cuadrados; CM=cuadrados medios; F=valor estadístico de distribución y P=probabilidad dentro de la distribución).

	g.l	SC	CM	F	Pr(>F)
Muestreo (días)	1	0.00209	0.002090	2.63	0.11
Residuales	50	0.03974	0.00079		

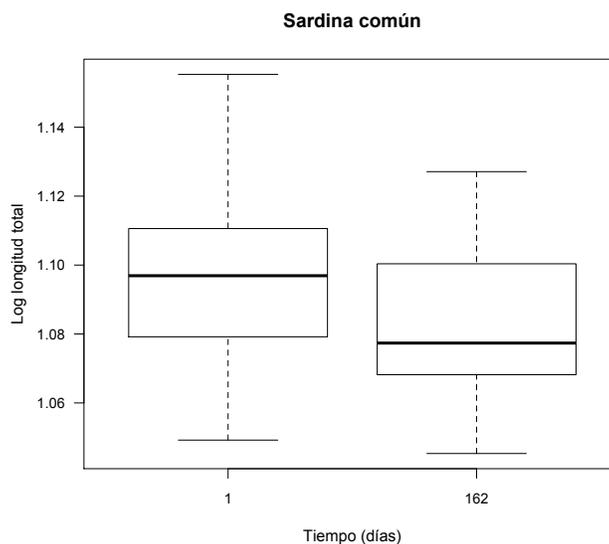


Figura A.5: Variación del longitud total (Log), de sardina común en el tiempo inicial (1= día 1) y final (2=día 162) del muestreo.

Tabla A.3: Resultados analisis de varianza (ANOVA) para la variación del logaritmo del peso total de sardina común con respecto al tiempo de muestreo (1 y 162 día).

	g.l	SC	CM	F	Pr(>F)
Muestreo (días)	1	0,0077	0,0077	0,937	0,338
Residuales	50	0,4112	0,0082		

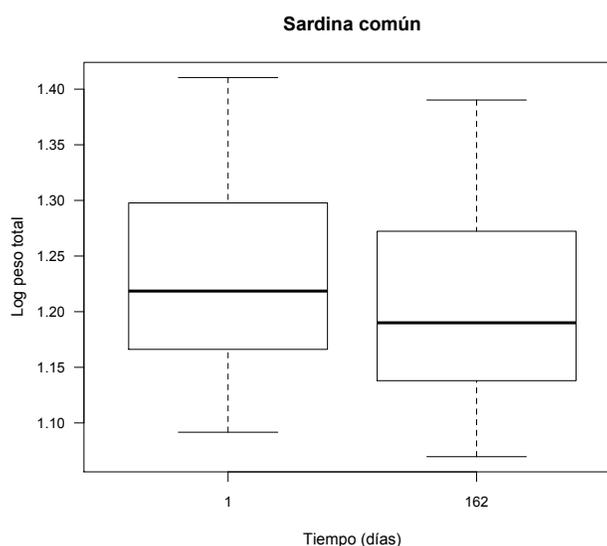


Figura A.6: Variación de la peso total (Log), de sardina común en el tiempo inicial (1= día 1) y final (2=día 162) del muestreo.

A.4.3. anchoveta

Los resultados obtenidos para la anchoveta señalan que hubo variación en la longitud total promedio (\overline{LT}) y peso total promedio (\overline{PT}), observándose una leve pero constante disminución en la longitud total (cm). Para el primer intervalo de muestreo (1-40 días), la longitud promedio inicial fue de 16,06 cm llegando el día 40 a 15,79 cm. En el segundo intervalo de muestreo (41-81 días), se registró una estabilización de la longitud total, pero en el último período (85-162 días) se observó nuevamente una decremento de la longitud total promedio, de 15,78 a 14,0 cm para el día 162. Esto se traduce en una disminución total de 3,99 cm de la longitud total promedio respecto de la logitud promedio registrada al inicio (Figura A.7, Tabla A.4).

Con respecto al peso, éste presentó la misma tendencia que la longitud promedio. Se observó una disminución en el peso desde la fecha de inicio. En el primer intervalo de muestreo (1-40 días), la anchoveta mostró una disminución de 32,96 a 30,04 g. Para el segundo intervalo de muestreo (41-81 días), el peso siguió disminuyendo hasta llegar a 29,13 g. La disminución

total en el peso promedio fue de 4,08 g respecto del peso inicial (Figura A.9, Tabla A.4).

Al igual que la sardina común, los mayores cambios en la longitud total (\overline{LT}) y peso total (\overline{PT}) ocurrieron durante los primeros 20 días. Se encontraron variaciones de hasta 1,31 % en la longitud y de 7,24 % en el peso. Después del primer intervalo de muestreo las mediciones en la longitud y peso fue constante y más estable (Figura A.8 y Figura A.10).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos el año 2012, donde la longitud promedio se redujo 0,45 cm y el peso total a 3,49 g. En el 2013 la longitud total de la anchoveta se redujo a 0,3 cm y el peso a 4,08 g desde la fecha inicial de muestreo (Tabla A.4).

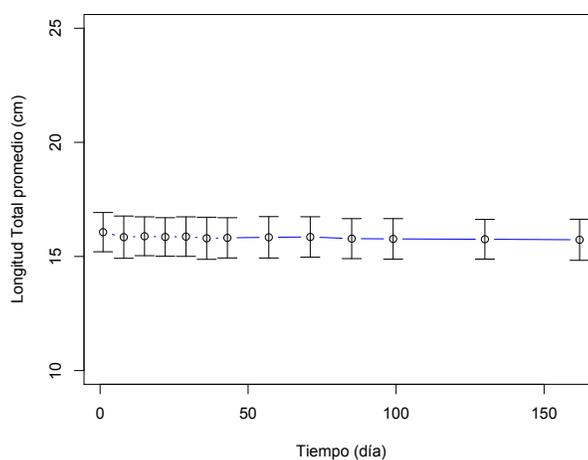


Figura A.7: Variación de la longitud total promedio (± 0.1 cm), de anchoveta en el tiempo (día), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.

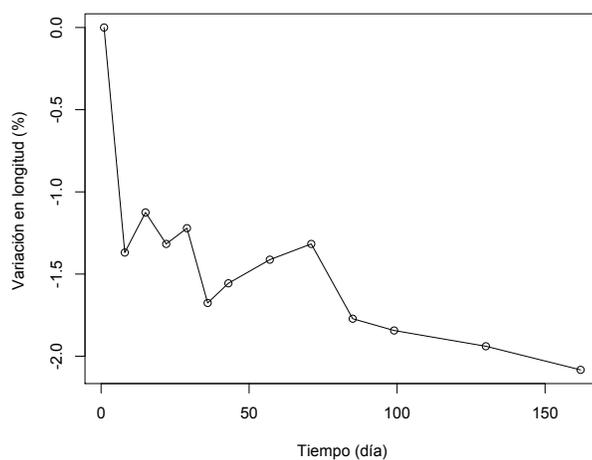


Figura A.8: Variación de la longitud total (%), de anchoveta en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.

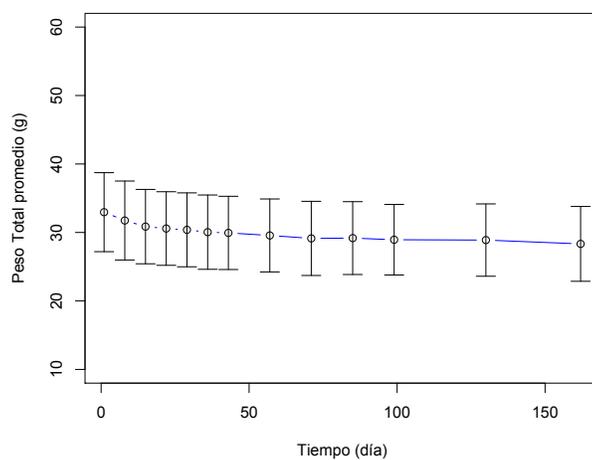


Figura A.9: Variación del peso total promedio (g), de anchoveta en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10 %.

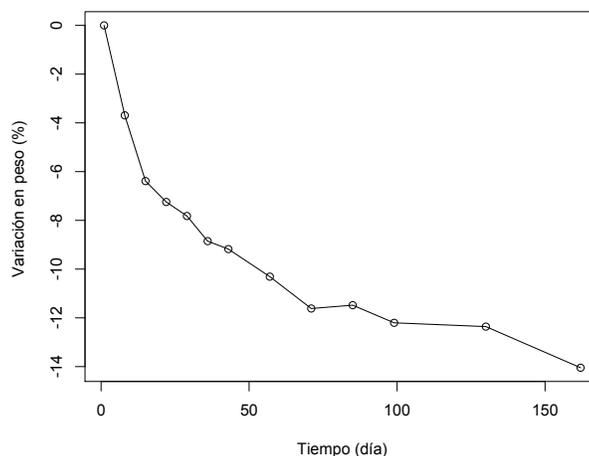


Figura A.10: Variación del peso total (%), de anchoveta en el tiempo (días), aplicando tratamiento de formaldehído al 10%.

Tabla A.4: Variación de la longitud (\overline{LT}) y peso total promedio (\overline{PT}) en el tiempo (día), de la anchoveta. Donde DE es la desviación estándar de las longitudes (cm) o peso (g) muestreadas en un período de muestreo.

Tiempo (días)	\overline{LT} (cm)	Var %	DE \overline{LT} (cm)	\overline{PT} (g)	Var %	DE \overline{PT} (g)
1	16.06	0	0.86	32.96	0	5.76
8	15.84	-1.36	0.92	31.74	-3.69	5.76
15	15.88	-1.12	0.85	30.85	-6.38	5.43
22	15.85	-1.31	0.84	30.57	-7.24	5.37
29	15.86	-1.22	0.86	30.38	-7.82	5.39
36	15.79	-1.67	0.92	30.04	-8.85	5.42
43	15.81	-1.55	0.88	29.93	-9.17	5.34
57	15.83	-1.41	0.90	29.56	-10.30	5.32
71	15.85	-1.31	0.88	29.13	-11.61	5.41
85	15.78	-1.77	0.87	29.17	-11.48	5.31
99	15.76	-1.84	0.88	28.94	-12.20	5.15
130	15.75	-1.93	0.86	28.88	-12.35	5.28
162	15.73	-2.08	0.90	28.33	-14.04	5.46

A.4.4. Análisis estadístico

Los resultados muestran que no existieron diferencias significativas ($p=0,17$) entre la longitud total a inicios del muestreo (día 1) y la longitud total al final del muestreo (día 162) cuando los especímenes fueron fijados con formalina al 10 % (Tabla A.5). La longitud total promedio mostró una variación total de $16,1 \text{ (cm)} \pm 0,9$ a $15,7 \text{ (cm)} \pm 0,9$ del día 1 al 162, respectivamente (Figura A.11).

Con respecto al peso total, éste mostró que existen diferencias significativas ($p=0,004$) entre el peso total inicial ($33,0 \text{ (g)} \pm 5,8$) y el peso total final ($28,3 \text{ (g)} \pm 5,5$), Tabla A.6 y Figura A.12).

Tabla A.5: Resultados ANOVA para la variación de longitud total en el tiempo de muestreo (1 y 162) en anchoveta. (g.l=grado de libertad; SC=suma de cuadrados; CM=cuadrados medios; F=valor estadístico de distribución y P=probabilidad dentro de la distribución)

	g.l	SC	CM	F	Pr(>F)
Muestreo (días)	1	1,46	1,455	1,877	0,177
Residuales	50	38,77	0,775		

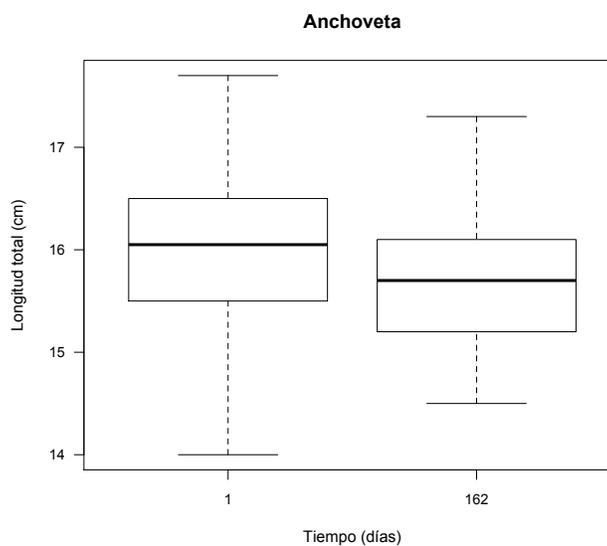


Figura A.11: Variación del peso total (cm) de anchoveta en el tiempo inicial (1=día 1) y final (2=día 162) del muestreo.

Tabla A.6: Resultados analisis de varianza (ANOVA) para la variación del peso total respecto al tiempo de muestreo

	g.l	SC	CM	F	Pr(>F)
Muestreo (días)	1	278.7	278.7	8.83	0.0045*
Residuales	50	1578.3	31.57		

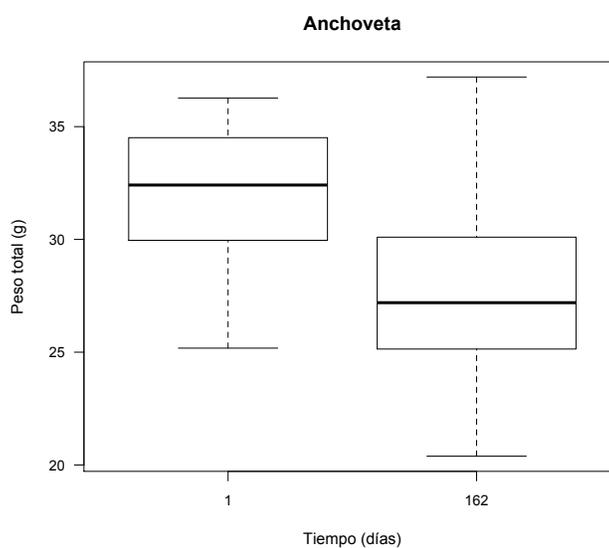


Figura A.12: Variación de la peso total promedio de anchoveta en el día inicial (1= día 1) y final (2=día 162) del muestreo.

A.5. Discusión

De acuerdo con Hunter (1985) los efectos de la preservación en formalina son muy específicos y se requiere de una calibración ante cualquier cambio que ocurra. En este trabajo, la variación en la longitud no promedio no fue significativa, pero desde el punto de vista de la aplicación del Método de la Producción Diaria de Huevos (MPDH) es más importante considerar que el peso promedio de los ejemplares mostró una variación negativa significativa. Esto contrasta con otros estudios en que se muestra una variación positiva en el peso promedio, lo que podría ser consecuencia del fijador. En efecto, Cubillos et al. (2003, 2007) indica que una solución de formalina al 10 % tamponada en agua destilada (con sales) causó un aumento de 5,2 % en el peso de la anchoveta y un incremento de 3,9 % en el peso de la sardina común en un período de 63 días. En cambio, Curin-Osorio y Pérez-Cuesta (2013) encontraron una variación promedio de -13 y 18,2 % después de 132 días para sardina común y anchoveta, respectivamente. Sin duda la diferencia con los resultados actuales probablemente radica en el tipo de solución utilizada, tal y como se muestra en Cubillos et al. (2003). En efecto, para todos los casos en este estudio se utilizó una solución de formalina técnica en agua de mar al 10 %, mientras que en el estudio de Cubillos et al. (2003, 2007) se utilizó la solución con sales y consistió en 16,2 L de agua destilada, 117 g de fosfato de sodio dibásico (Na_2HPO_4), 72 g de fosfato de sodio monobásico ($NaH_2PO_4 \cdot H_2O$) y 1.8 L de solución de formaldehído (37 %) (Santander et al., 1984; Oliva et al. 2000, 2001; Hunter, 1985). Si bien es cierto esta solución garantiza una mejor fijación de los tejidos, su importancia radica a nivel de un diagnóstico histológico más detallado que el que se utiliza en para el MPDH, y que consiste en identificar los diferentes estados de madurez sexual y las características de los folículos postovulatorios. Para ello, la solución de formalina al 10 % en agua de mar es más que suficiente.

Finalmente, se debe considerar que desde el punto de vista de la aplicación del MPDH, las muestras preservadas son rápidamente procesadas y no superarán más de 45-60 días. Sin embargo, con propósitos prácticos se sugiere corregir el peso promedio de las hembras utilizando una variación promedio. La variación promedio fue de -7,7 % para sardina común y de -9,6 % para anchoveta. Por lo tanto el factor de corrección debe ser 1,077 y de 1,096 para sardina común y anchoveta, respectivamente.

A.6. Bibliografía

Al-Hassan LAJ y JN Abdullah. 1992. The effect of formalin and some body proportions of *Barbus luteus*. Pakistan Journal of Zoology 24: 353-354.

Al-Hassan LAJ y NA Shawafi. 1997. The effect of preservatives and freezing on the morphological characters of *Rastrelliger kanagurta* (Pisces: Scombridae). Journal of Animal Morphology and Physiology 44: 17-20.

Al-Hassan LAJ, JA Bujawari y OA El-Silini. 2000. The effect of some preservatives and freezing on certain body dimensions of two species of the family Mullidae collected from Benghazi waters, Libya. Acta Ichthyologica et Piscatoria 30: 127-136.

Bailey, J. E. (1952). Life history and ecology of the sculpin, *Cottus bairdii punctulatus*, in southwestern Montana. Copeia 1952,243-255.

Billy AJ. 1982. The effect of formalin and isopropyl alcohol on length and weight measurements of *Sarotherodon mossambicus* Trewaves. *Journal of Fish Biology* 21:107-112.

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 LA, Ruiz P, Claramunt G, Gacitúa S, Núñez S, Castro LR, Riquelme K, Alarcón C, Oyarzún C, 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.

Engel S. 1974. Effects of formalin and freezing on length, weight and condition factor of cisco, *Coregonus artedi* and yellow perch, *Perca flavescens*. *Transaction of the American Fisheries Society* 1: 136-138.

Hoar, W. S. (1939). The weight-length relationship of the Atlantic salmon. *J. Fish. Res. Bd Can.* 4,441-460.

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 Teach. Rep. NMFS 36:63-66.

Lux FE. 1960. Length shrinkage of yellowtail flounder, *Limanda ferruginea* between live and land condition. *Transaction of the American Fisheries Society* 89: 373-374.

Oliva, J., Braun, M., Cordova, Castillo, J., Valenzuela, V., Catasti, V., Blanco, J., Martínez, C., 2000. Evaluación del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones, 1999. Informe Final FIP 99-10, Informes Técnicos FIP –IT / 99-10, 97 p.

Oliva, J., Montenegro, C., Braun, M., Rojas, O., Díaz, E., Catasti, V., Reyes, H., Barría, P., Serra, R., Claramunt, G., Herrera, G., Pizarro, P., Pizarro, J., Escribano, R., Oliva, M., 2001. Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2000. Informe Final FIP 2000-06, Informes Técnicos FIP – IT /2000-06, 116 p.

Parker, R. R. (1963). Effects of formalin on length and weight of fishes. *J. Fish. Res. Bd Can.* 20,1441-1455.

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.

Sayers RE. 1987. Effects of freezing in and out of water on length and weight of Lake Michigan Bloaters, *Coregonus hoyi*. *North American Journal of Fisheries Management* 7: 299-301.

Sigler W. F. (1949a). Life history of the white bass, *Lepibema chrysops* (Rafinesque), of spirit Lake, Iowa. *Res. Bull. Iowa agric. Exp. Stn* 366,203-244.

Stobo, W. T. (1972). Effects of formalin on the length and weight of yellow perch. *Trans. Am. Fish.Soc.* 101, 362-364.

Yeh, C. F. y Hodson, R. G. (1975). Effects of formalin on length and weight of bluegill and White crappie from Lake Nasworthy, Texas. *SWest. Nat.* 20, 315-322.

Apéndice B

Taller de Difusión y Discusión de Resultados

B.1. Término de Referencia

Con el objeto de difundir y discutir los resultados del *Proyecto FIP 2013-07 Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2013*, el día viernes 11 de Julio de 2014 se realizó un taller tipo seminario en la Sala Minera escondida, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Concepción (Figura B.1).

B.2. Participantes

B.2.1. Expositores

GRUPO EJECUTOR

Dr. Luis Cubillos

Dr. Leonardo castro

Sr. Eduardo Navarro

Universidad de Concepción

Jefe Proyecto e Investigador principal.

Coinvestigador.

Coinvestigador.

INVITADO

Dr. Marcelo Pájaro

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)

Invitado

B.2.2. Asistentes

Se realizó una invitación electrónica vía SurveyMonkey (<https://es.surveymonkey.com>) (Figura ??), con el respectivo programa de exposiciones. Además, se realizó una invitación pública y amplia mediante redes sociales a través de Facebook: Epomar Universidad de Concepción.

El número de asistentes fue del orden de 23 personas, destacando profesionales provenientes de Subsecretaría de Pesca, Instituto de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero, Universidad Arturo Prat, profesionales y estudiantes de pre y postgrado de la Universidad de Concepción. (Figura B.2)



Figura B.1: Afiche convocatoria de la reunión.

B.3. Desarrollo de la reunión

B.3.1. Síntesis de las presentaciones

La bienvenida y presentación de los objetivos y metodología general del Proyecto FIP 2013-07 estuvo a cargo del Dr Luis Cubillos.

El Dr. Leonardo Castro expuso sobre la abundancia y distribución horizontal del desove de la anchoveta y sardina común en el 2013. El número de huevos retoma la tendencia histórica de un aumento desde el norte hacia el sur en ambas especies. La abundancia promedio de huevos de ambas especies del 2013 en las estaciones positivas de ambas zonas aumentó considerablemente respecto del 2012.

El Sr Eduardo Navarro expuso sobre las fluctuaciones en las condiciones ambientales durante la época de desove de sardina común y anchoveta, considerando la temperatura superficial del mar, clorofila-*a* superficial, y vientos superficiales. El viento se utilizó para calcular el transporte Ekman perpendicular a la costa. En términos generales en la época de estudio no evidencia gradientes térmicos significativos con la zona oceánica adyacente, mostrando influencia de aguas de origen sub-

MPDH FIP2013-07

1. El Departamento de Oceanografía y el Programa COPAS Sur-Austral de la Universidad de Concepción, tiene el agrado de Invitarlo a Usted al Seminario de difusión y discusión de resultados del proyecto FIP 2013-07 "Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2013", a efectuarse el día 11 de Julio a las 09:30 en la Sala Minera Escondida de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, de la Universidad de Concepción.

Agradece su asistencia,

Dr. Luis Cubillos Santander
Jefe del proyecto

PD: En la pagina siguiente encontrara Programa y expositores

MPDH FIP2013-07

Programa y Expositores

Programa

09:30 - 09:45 Palabras de bienvenida - Luis Cubillos.
09:45 - 10:30 El desove de sardina común y anchoveta en el 2013 - Leonardo Castro
10:30 - 10:45 Café
10:45 - 11:30 Condiciones ambientales generales en el área reproductiva de sardina común y anchoveta - Eduardo Navarro
11:30 - 12:15 Producción de huevos y biomasa desovante de anchoveta y sardina común- Luis Cubillos
12:15 - 13:00 Conferencia Experto Internacional "Aplicación del Método de de producción diaria de huevos en la evaluación de anchoíta argentina"- Marcelo Pajaro.

Expositores

LUIS CUBILLOS LEONARDO CASTRO EDUARDO NAVARRO MARCELO PAJARO

Ant. Listo

Figura B.2: Afiche convocatoria de la reunión.

antártico desde la zona sur y hasta los 38°S, además presentó un incremento de la clorofila en la banda costera, los vientos pertenecen constantes con circulación costa afuera.

El Dr. Luis Cubillos presentó los resultados de la producción diaria de huevos y la mortalidad diaria de huevos, la fecundidad promedio, peso promedio y proporción de hembras en peso. La producción diaria de huevos de anchoveta fue alta en el 2013. Los parámetros reproductivos de la zona centro son buenos, ya que presentan un peso promedio de 24,6 g, la fracción diaria de hembras desovante de 0,26, fecundidad media de 9068. Cabe destacar que estos parámetros solo fueron obtenidos de 3 lances de pesca. Para sardina común la producción diaria de huevos fue alta en la zona centro, lo que indica una recuperación y éxito reproductivo. En la fracción de hembras desovantes, fue baja en la zona centro. La biomasa desovante se estimó 17 mil toneladas en anchoveta y 87 mil toneladas de sardina común en el 2013, lo que implica una disminución respecto del 2012 en que se estimó una biomasa de 51 mil toneladas en anchoveta y 157 mil toneladas en sardina común. La estimación de la biomasa fue imprecisa tanto por la producción diaria de huevos como por la fracción diaria de hembras desovantes.

El Dr. Marcelo Pájaro comunicó la aplicación del método de producción diaria de huevos de campañas realizadas desde el año 1993 en poblaciones bonaerense y patagónica de *Engraulis anchoita*, de la costa Atlántica. Además de mostrar los resultados de la aplicación de la metodología tradicional, presentó la evaluación de la precisión de dichas estimaciones con una técnica de remuestreo. Para el caso de la tasa de mortalidad embrionaria ajustan un modelo exponencial decreciente a los datos de huevos provenientes de las estaciones de plancton aleatoriamente seleccionadas y para los parámetros reproductivos se estiman a partir de la extracción aleatoria de peces provenientes de los lances de pesca. Consideran que las estimaciones de SSB calculadas utilizando la técnica de remuestreo y el MPDH tradicional presentan resultados similares.

B.4. Noticias del evento

El taller y seminario fue comentado en páginas web de la Universidad Arturo Prat de Iquique, (http://www.unap.cl/prontus_unap/site/artic/20140722/pags/20140722091005.html).

En la página web del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) <http://info.inidep.edu.ar/2014/07/21/participacion-en-taller-internacional-sobre-biomasa-reproductiva/>.

En Revista Panoramama de la Universidad de Concepción http://www.udec.cl/panoramaweb2/2014/08/estudio-de-la-ud?fb_action_ids=10153069379589972&fb_action_types=og.likes&fb_source=feed_opengraph&action_object_map=%7B%2210153069379589972%22%3A322844587840114%7D&action_type_map=%7B%2210153069379589972%22%3A%22og.likes%22%7D&action_ref_map=%5B%5D



Fig 4.- Registro Fotográfico de Seminario

Figura B.3: Registro fotográfico.



LISTA DE PARTICIPANTES

 Seminario de difusión

 Proyecto FIP 2013-07

"EVALUACIÓN DE LA BIOMASA DESOVANTE DE SARDINA COMÚN Y ANCHOVETA DE LA ZONA CENTRO SUR, AÑO 2013"

 11 de julio de 2014

Nº	Nombre	Institución	Contacto
1	Carolina Alarcon	Udec	Carla.alarcon@gmail.com
2	M ^{ra} Cristina Pérez	EPOMAR-UDEC	mperezc@udec.cl
3	CLAUDIO CALCASCO U.	EPOMAR-UDEC	ccalcascou@udec.cl
4	ALDO BARRA A	LOPEL-UDEC	abarra@udec.cl
5	Pamela Barrantos	Lopel	pambarrantos@udec.cl
6	Nicolás Alegria L.	IMPESCA	nalegria@impesca.cl
7	Sebastián Vázquez F.	Impesca	svazquez@impesca.cl
8	Blanca Bustos Cid.	EPOMAR-UDEC	blancabustos@udec.cl
9	Samuel Soto Mendoza	UDEC	ssoto@udec.cl
10	MARÍA JOSÉ CUERVAS	udec	mariajscuervas@udec.cl
11	PABLO ESCALONA C.	UDEC	pedescalona@udec.cl
12	Liz Zamora E	Semapesca	lzamora@semapesca.cl
13	Sandra Calucín U.	UDEC	sacalucin@udec.cl
14	Petría Ullre C	SEMARPESCA	pu1loz@semarpesca.cl
15	Antonio Araujo R	IFOP	antao.araujo@ifop.cl
16	SERGIO MORA D.	IFOP	sergio.mora@ifop.cl
17	Maria José Zuniga B.	IFOP	marijose.zuniga@ifop.cl
18	Sandra Curwin D.	UDEC - FIP	scurwin@gmail.com
19	Miriam Pedernera	BSPA	miriam.pedernera@bspa.cl
20	Rafael Sotelo	IFOP	rafael.sotelo@ifop.cl
21	Patricia Trías	INIA	mpatricia@inia.cl
22	Patricia Chacamañá S.	UNAP	patricia.chacamaña@unap.cl
23	Enaquelmo Navarro	UDEC	enaquelmo@udec.cl
Nº	Nombre	Institución	Contacto

Figura B.4: Registro de asistentes.

Apéndice C

Informe y base de datos

El informe y la base de datos que contiene toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del Proyecto FIP 2013-07 “Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2013”, se encuentra almacenada en:

FIP2013-07 CD-2: 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:

Tabla C.1: Descriptores de los datos.

Ruta	Arch	Descriptor
Basededatos-FIP2013-07	Bitacora2013.xls	Bitacora de pesca.
	EGGSANC2013.xls	Abundancia de huevos de anchoveta.
	EGGSC2013.xls	Abundancia de huevos de sardina.
	HMANC2013.xls	Hembras de anchoveta.
	HMSC2013.xls	Hembras de sardina común.
	PSEXUAL2013.xls	Proporción sexual en peso.
	DescriptorBitacora.xls	Descriptor de los campos.
	DescriptorEGGSANC2013.xls	Descriptor de los campos.
	DescriptorEGGSSC2013.xls	Descriptor de los campos.
	DescriptorHMANC2013.xls	Descriptor de los campos.
	DescriptorHMSC2013.xls	Descriptor de los campos.
	DescriptorPSEXUAL2013.xls	Descriptor de los campos.



Tabla C.2: Personal participante por actividad y horas-hombre realizadas.

Nombre	Actividad	HH
Universidad de Concepción:		
Luis Cubillos	Jefe Proyecto	236
Leonardo Castro	Ictioplancton y oceanografía	180
Eduardo Navarro	Imágenes satélite	285
Carolina Alarcón	Biología-pesquera	275
Alejandro Avila	Ictioplancton	240
Pamela Barrientos	Ictioplancton	490
Claudio Carrasco	Modelos	260
Emma Cascales	Ictioplancton	240
Sandra Curin	Biología pesquera	240
Eduardo Escalona	Ictioplancton	490
Eduardo Flores	Ictioplancton	240
Juan Faúndez	Ictioplancton	240
Vania Henríquez	Biología-pesquera	200
Rodrigo Matamala	Ictioplancton	240
Cristian Parra	Crucero adultos	420
Ma. Cristina Pérez	Producción de huevos	240
Daniel Pezo	Ictioplancton	240
Hernán Rebolledo F.	Crucero adultos	285
René Riffo	Crucero adultos	240
Samuel Soto	Crucero adultos	490
Roberto Torres	Crucero adultos	240
Germán Vásquez	Crucero adultos	240
Alejandro Yáñez	Crucero adultos	295
Universidad Arturo Prat:		
Gabriel Claramunt	Parámetros reproductivos	173
Gustavo Herrera	Parámetros reproductivos	100
Paola Moreno	Parámetros reproductivos	185
Cristian Azócar	Parámetros reproductivos	185