Universidad de Concepción
Departamento de Oceanografía

INFORME FINAL

Proyecto FIP 2013-17

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE DESOVE Y ESTADIOS TEMPRANOS DE PELAGICOS PEQUEÑOS EN AGUAS INTERIORES DE LA X Y XI REGIONES

Leonardo Castro, Samuel Soto, Alejandra Llanos, Iván Pérez, Luis Cubillos, Rubén Alarcón, Gabriel Claramunt, Gustavo Herrera, Carolina Parada, Eduardo Escalona y Pamela Barrientos.

Diciembre de 2015.

PERSONAL PARTICIPANTE

Investigador responsable

Leonardo Castro

Crucero Ictioplancton

Eduardo Escalona, Juan Faúndez,

Francisco Moraga, Germán Vásquez

Crucero Pesca Investigación Adultos y muestreo biológico

Cristian Parra, Hernán Rebolledo,

René Riffo, Claudio Carrasco

Desove adultos y experimentación ictioplancton

Alejandra Llanos, Samuel Soto

Pamela Barrientos, Elsa Fernández,

Leonardo Castro

Muestreo reproductivo, análisis histológico gónadas

Gustavo Herrera, Gabriel Claramunt

Hidrografía, Imágenes satelitales, Modelos ROMs e Ichthyop

Iván Pérez, Samuel Soto, Carolina Parada

Identificación y análisis de ictioplancton, estados desarrollo, malformaciones

Alejandra Llanos, Samuel Soto,

Paulina Vásquez, Fernanda González,

Eduardo Escalona, Pamela Barrientos

Análisis Geostadísticos, modelo desarrollo temp-dependiente, Po

Luis Cubillos, Rubén Alarcón

RESUMEN EJECUTIVO

El presente Informe Final incluye el desarrollo completo de todos los objetivos propuestos en el proyecto original e incorpora los resultados de todas las actividades comprometidas en la Propuesta Técnica.

Oceanografía durante el crucero de ictioplancton. Las imágenes de temperatura superficial del mar (TSM) obtenidas de satélite mostraron que durante el crucero la presencia de un gradiente meridional con valores más altos al norte de la zona de estudio (13-15°C) entre los 41-43°S y valores mínimos en el sur (8-9°C) entre los 46-47°S. En general, este patrón se mantuvo durante todo el tiempo que duraron los trabajos, aunque en los días 16 y 17 de Noviembre se observó un desplazamiento hacia el norte de la isoterma de 10°C en forma de lengua que llego hasta los 44°S. Hacia el final de los registros (días 20-26 Noviembre) la TSM aumento en la zona norte y la isoterma de 14°C se desplazó hacia el sur, aumentando también la TSM en el mar interior de Chiloé. En aguas interiores, la temperatura superficial del mar mostró los más altos valores (> 14°C) en el sector costero continental de la X región, zona de fiordos Reñihue y Cumau, y en el sector norte del Seno del Reloncaví. La zona del Fiordo de Ancud presentó temperaturas intermedias (12-13°C), comparativamente superiores a la zona adyacente a la Boca del Guafo, Golfo Corcovado e inicio de Canal Moraleda. En el sector de la costa de la Isla de Chiloé y Golfo Corcovado-Boca de Guafo se presentaron salinidades mayores a 32. En el Canal Moraleda la salinidad tendió a disminuir al aproximarse el Canal Costa por el sur. La densidad presentó una distribución similar a la salinidad. Dada esta distribución de densidad, la zona presentó una marcada estratificación (Brunt-Vaisala) en los sectores del Seno y Fiordo Reloncaví en el norte y en el Canal Costa al sur. La fluorescencia presentó dos núcleos superficiales, cercanos al canal Chacao en el norte y a la Boca Guafo – Canal Moraleda más al sur.

Las imágenes de la *clorofila-a* (chl-a) obtenida de satélite (MODIS) estuvieron muy afectadas por la cobertura de nubes debido a las malas condiciones del tiempo durante el muestreo. Sin embargo, la imagen del 21 de Noviembre 2014 mostró altos valores de

clorofila-a en la cercanía del Canal Chacao, indicando el intercambio que se produce entre la zona oceánica y el mar interior de Chiloé. En la zona oceánica predominaron, en general valores bajos (menores a 1 mg m^{-3}) destacándose solo a la imagen del 12 de Noviembre con valores de clorofila-a cercano a 2 mg m^{-3}.

El *análisis climatológico* del promedio mensual del esfuerzo del viento durante los 10 años de observación de QuikSCAT mostró el predominio de los vientos del oeste. Desde los meses de Noviembre hasta Abril la componente del viento tiende a ser del suroeste sobre todo cerca de la costa entre los 41-45° S. De Mayo a Octubre los vientos cambian ligeramente al noroeste. El transporte de Ekman fue en general paralelo a la costa (hacia el norte, noreste) ayudando al movimiento de partículas de sur a norte. Sin embargo, durante Enero a Abril el movimiento fue en dirección hacia noroeste favoreciendo la surgencia. La velocidad del bombeo de Ekman expresado en metros/día fue mayormente positiva indicando el ascenso de las aguas hacia la superficie. Los mayores valores positivos se localizaron en la zona noreste del área de estudio con 0,25 m/día desde Abril hasta Agosto.

El *viento superficial durante el periodo de muestreo* fue del oeste, noroeste y suroeste. Su magnitud mostró un gradiente sur-norte con los mayores valores en la región suroeste del área de estudio. La magnitud varío desde 2 hasta 18 m/s, destacándose los días 13, 14 y 23 de Noviembre por presentar los mayores valores. El bombeo de Ekman mostró un comportamiento variable debido a los cambios registrados en la intensidad del viento descrito anteriormente. Sin embargo, durante los días 17 al 24 éste fue mayormente positivo con valores máximos de 0,25 m/día. En la *zona de aguas interiores*, el viento superficial durante el periodo de muestreo fue también del oeste, noroeste y suroeste. Su magnitud fue variable desde 2 hasta 12 m/s, destacándose los días 13, 18 y 23 de Noviembre por presentar los mayores valores.

Los datos del *nivel del mar* muestran que el crucero comenzó con marea en cuadratura para luego la mayor parte del trabajo realizarse bajo la influencia de la marea de sicigia, donde se reportaron las mayores amplitudes. El análisis estadístico y espectral del nivel del mar permitió observar que la serie de Puerto Montt fue la que registró mayor amplitud del nivel del mar con valores cercanos a 6 metros mientras que en Melinka y Chacabuco las

amplitudes fueron similares (~2 metros). La marea semidiurna predominó en las tres localidades, destacándose a Puerto Montt con la mayor energía espectral.

Distribución horizontal de huevos y larvas. Huevos y larvas de las tres especies objetivo fueron colectadas en ambas regiones (X y XI). Las abundancias de huevos fueron mayores a las de larvas en las tres especies estudiadas. Las mayores abundancias de huevos y larvas de las tres especies ocurrieron en la X región, siendo las mayores abundancias promedio (estaciones positivas) de huevos las de anchoveta, seguido de sardina común y luego sardina austral. En la XI región, no se encontró huevos de anchoveta y las abundancias promedio (estaciones positivas) de huevos de ambas especies de sardina fueron similares entre sí. En términos de distribución por sectores, mientras que los huevos de anchoveta fueron más abundantes en el Seno y Fiordo del Reloncaví y sector costero continental de la X región, los huevos de sardina común y sardina austral se presentaron con mayores abundancias en los sectores Seno Reloncaví y sector Costero de Chiloé. La mayor abundancia de larvas de anchoveta se presentó en el sector del Seno y Fiordo Reloncaví. Larvas de sardina común solo ocurrieron en el sector Costero Continental. Larvas de sardina austral, en cambio, se presentaron tanto en el sector Costero Continental como en la Costa de Chiloé. En resumen, los huevos de anchoveta fueron más abundantes en la zona del Seno del Reloncaví, los de sardina común fueron abundantes en las proximidades del Seno del Reloncaví y Chiloé (pero sus larvas solo en Reloncaví) y, finalmente, los huevos de sardina austral ocurrieron en mayor abundancia próximos a la costa de Chiloé y costa continental. En la XI región, los huevos de ambas especies de sardina, pero en muy baja abundancia, se ubicaron preferentemente el sector intermedio (Canal Moraleda) y secundariamente en los canales más externos.

Los *análisis geoestadísticos* mostraron que la sardina común, en la X Región, la distribución de probabilidad de la presencia de huevos se concentró en el sector norte del área. Probabilidades cercanas a 1 se encontraron en el sector de Isla Tablón, frente a Calbuco. La sardina austral en la X Región se concentró al norte de Islas Chauques y entre Isla Quinchao e Isla Lemuy. Finalmente, en la anchoveta la presencia de huevos se detectó sólo en la X Región, con un foco relevante en el Seno y Estuario de Reloncaví.

En cuanto a *distribución vertical durante el crucero*, las tres especies presentaron huevos desde superficie hasta el estrato más profundo (50-100 m) y en las tres especies las mayores densidades ocurrieron en el estrato más superficial (0-25 m). La distribución de larvas fue, sin embargo, diferente entre las 3 especies: mientras que larvas de anchoveta estuvieron presentes en los tres estratos, las larvas de sardina común y sardina austral ocurrieron solo en los primeros 50 m de profundidad.

El análisis de la *distribución de mesozooplancton* mostró que las zonas de mayor abundancia de ictioplancton coincidió con mayor abundancia de alimento potencial en el plancton (fitoplancton (clorofila a), copépodos y apendicularias) y con baja abundancia de algunos predadores gelatinosos particularmente en la zona norte de Chiloé – Canal Chacao (quetognatos y medusas) y quitinosos (eufáusidos), excepto por los sifonóforos (predador gelatinoso) que fueron abundantes.

Con el objeto de comparar la *captura de ictioplancton con dos tipos de redes de plancton* en la zona de estudio, muestras de plancton fueron colectadas con redes tipo CalVet y WP2 en cada una de las estaciones bioceanográficas. La comparación de las frecuencias de estaciones positivas (con presencia de huevos) señalan a la red WP2 como la más eficiente en la captura tanto de huevos como larvas de las tres especies objetivo, presumiblemente debido al mayor volumen de agua que muestrea esta red. Al estandarizar por el volumen de agua muestreada la mayor eficiencia observada de la red WP2 se mantendría.

La frecuencia de *malformaciones* en huevos de las tres especies en terreno fue muy baja: en huevos de sardina común se determinó solo un 2,6% de huevos con malformaciones, en anchoveta solo un 1,4% y en sardina austral no se encontró huevos con malformaciones.

Identificación de huevos. El análisis de ovocitos (*microscopía óptica convencional*) dentro del ovario señala que el diámetro de ovocitos vitelados muestra diferencias significativas siendo levemente menor en sardina austral. El espesor del corión también muestra diferencias significativas entre las especies siendo más delgado en sardina común y se constata una mayor frecuencia de ruptura. La medición de ovocitos enteros en el estado de núcleo migrante, no muestra diferencias entre especies. La comparación entre el diámetro de los ovocitos vitelados con la talla de la hembra, peso total de la hembra y peso gonádico,

tanto para sardina austral como para sardina común mostró que en las regresiones obtenidas en ambas especies no existió una relación significativa entre el diámetro del ovocito con ninguno de estos parámetros, al menos en el rango de tallas y pesos analizados.

El análisis de un bajo número de imágenes de *microscopía electrónica de barrido* coinciden con las observaciones de las estructuras precursoras del corion dentro del ovario, señalando también diferencias a nivel del corion y superficie interna del huevo: mientras que la sardina austral presenta un corion más grueso con hasta 7-8 lamelas, el corion de sardina común es más delgado y solo presentaría hasta 4-5 lamelas no bien definidas y una superficie interna más rugosa que la sardina austral. La superficie externa, sin embargo, fue relativamente similar entre ambas especies presentando poros de igual tamaño, igualmente espaciados, aunque sardina austral presentó una leve mayor rugosidad.

Efecto de salinidad en volumen de huevos. A partir de los experimentos de desove en cautiverio se constató que: i) el volumen de huevos de sardina austral fueron mayor a los de sardina común, ii) que no hubo diferencias en el volumen de huevos de sardina común ni en ovocitos no fecundados de sardina austral mantenidos en 4 salinidades distintas, iii) que hubo diferencias en volumen de huevos entre algunos estados de desarrollo embrionario de sardina común pero sin un patrón claro y, finalmente, iv) que la fijación en formalina podría producir disminuciones en volumen de huevos en sardina común. Paralelamente, a partir de los volúmenes de los huevos colectados en el medio natural se determinó que no existió una relación entre el volumen del huevo con la salinidad de las estaciones (salinidad promedio estrato 0-50 m) donde fueron colectados; tampoco se encontró una relación entre la latitud o longitud de la estación de colecta de los huevos y el volumen de los huevos.

Respecto a composición y abundancia de la *comunidad ictioplanctónica* en las zonas de mayor abundancia de huevos de las especies objetivo, 12 taxas fueron identificados en estado huevo (5 epipelágicas, 3 oceánicas y 4 demersales) y 17 taxas en estado larval (6 epipelágicas, 2 oceánicas, 5 demersales, 4 costeras). *Engraulis ringens* fue la especie con mayor abundancia de huevos, seguido de *Maurolicus parvpinnis* y luego *Merluccius australis*. Entre las larvas, fueron más abundantes *Normanichthys crockeri*, *Maurolicus parvipinnis* y *Engraulis ringens*.

La *sobreposición de mapas de distribución* de huevos sobre secciones horizontales de características ambientales señalan que los huevos de anchoveta habrían ocurrido en áreas de aguas más cálidas (>12,5°C), de alta estratificación, con valores de salinidad > 28 y fluorescencia relativamente bajas; los núcleos de mayor abundancia de huevos de sardina común se asociaron a temperaturas medias-altas (11,5-13°C), altas salinidades, alta fluorescencia, y baja estabilidad y, los huevos de sardina austral se asociaron a temperaturas medianas (12° - 12,5°C), salinidades relativamente altas, altos valores de fluorescencia y bajos de estabilidad.

El análisis de preferencias/evasión (quoting) de valores en características ambientales mostró que, *a 1m de profundidad, lo*s huevos de sardina austral tienen preferencia por menor temperatura (11,5° y 13°C) en comparación a huevos de anchoveta y sardina común. En huevos de sardina común, el rango de preferencia se asoció a mayor salinidad (> 28 a 34), en comparación a la anchoveta, sardina austral. A *25 m de profundidad*, en huevos de sardina austral, el rango de preferencia se relacionó nuevamente con una menor temperatura y, esta vez, menor salinidad en comparación a los huevos de anchoveta y sardina común, presentando sardina común al igual que a 1 m de profundidad, preferencia por las mayores salinidades.

Los resultados de los GAMs utilizando información ambiental estuvieron en concordancia con los análisis anteriores. Las mayores densidades de huevos de sardina austral se asocian a aguas con baja temperatura y menor salinidad, y con una relativamente baja estratificación (estabilidad). En cambio los huevos de anchoveta y sardina común se relacionan a temperaturas más cálidas y aguas más salinas, con estratificación relativamente alta. Los huevos de las tres especies presentaron una asociación positiva con la abundancia de fitoplancton (clorofila a).

El modelo ROMS desarrollado para este proyecto fue configurado para el dominio 34°-48° Sur y entre los 70°-78° Oeste, abarcando desde el mar interior de Chiloé y aguas oceánicas adyacentes, hasta el Golfo de Penas. El modelo ROMS fue corrido por 10 años y es del tipo climatológico. Para la validación del modelo se usó varias aproximaciones (TSM satelital, anomalías del nivel del mar, data *in situ*). El comportamiento espacial promedio de la TSM en el dominio del modelo varío entre 10°-13°C, mostrando patrones similares tanto para el

modelo como para la TSM satelital, siendo estrecha la diferencia entre ambos productos (0,8° C). El promedio estacional de ambos productos mostró igualmente patrones similares durante todas las estaciones del año. Un diagrama de Taylor para todo el conjunto de datos de temperatura procedentes del modelo y datos in-situ, mostró un alto coeficiente de correlación positiva entre ambos productos, con valores entre 0,9-1 y desviaciones estándares bajas (0,2-0,8°C). La comparación de anomalías del nivel del mar entregadas por el modelo ROMS mostró una correspondencia con el producto satelital AVISO-MSLA usado para su validación. Durante la época de verano se destacaron anomalías positivas en la zona oceánica exterior, al noroeste del dominio, mientras en otoño el patrón se invierte. Durante invierno y primavera ROMS mostro las anomalías más bajas. Las diferencias entre ambos productos no excedieron los 0,05 metros. Utilizando los perfiles de temperatura y salinidad in-situ del transecto PR14 del experimento WOCE, se validó el comportamiento vertical de las salidas del modelo ROMS en los puntos más cercanos de la grilla al dato *in situ*. Los registros de la temperatura del agua coincidieron en toda la columna de agua. La salinidad igualmente se comportó de forma similar, sin embargo, a los 250 metros la salinidad in-situ mostró un incremento que el modelo no representó.

El modelo ICHTHYOP fue utilizado para evaluar distintos aspectos asociados a la dinámica de transporte los primeros estados de desarrollo de anchoveta: i) Retención y conectividad, ii) efecto temporal y espacial de los desoves en la sobrevivencia, iii) Efecto de la mortalidad general en los estadios tempranos, iv) Distribución de los estadios tempranos, v) y una comparación con resultados in situ. Los resultados de estos experimentos de modelación en huevos y larvas de anchoveta indicaron que las simulaciones de la distribución durante el periodo reproductivo representan adecuadamente la dinámica de transporte de los estados temprano; el transporte de huevos y larvas con vitelo presenta una dirección de sur a norte; existe una fuerte conectividad entre zonas del Golfo Ancud y Seno Reloncaví (norte ↔ sur), además, la zona *GCCentro* (Golfo Corcovado) presenta conectividad tanto al norte (mar interior de Chiloé y Golfo Ancud) como hacia el sur (Canal Moraleda); la mayoría de las zonas evaluadas presentan retención de huevos y larvas, excepto las zonas *IChCC* y *GACChacao*, en las cuales hay ausencia de ambos estadios de desarrollo. Además la zona *GACChacao* solo exhibe presencia de huevos; la retención de huevos es mayor que la retención de larvas; los valores de retención

disminuyen norte a sur; Las zonas de retención más importantes se localizan en el Golfo de Ancud (*SRBoca*, *CCNorte*) y Seno Reloncaví (*CCNorte*); la mayoría de la mortalidad encontrada, fue por procesos naturales, seguida por la moralidad por advección; las mayores mortalidades por advección se presentaron en el periodo reproductivo; la mortalidad por temperatura es baja (< 1%).

A partir de un *análisis de data histórica de abundancias y distribución de ictioplancton* en la zona de estudio, se realizó descripciones de las distribuciones horizontal y vertical de huevos y larvas de las tres especies objetivo. La data proviene de cruceros realizados para proyectos de la Subsecretaria de Pesca (proyectos de evaluación hidroacústica de pequeños pelágicos) y de cruceros CIMAR Fiordos tanto en la zona de estudio como a lo largo de la Patagonia chilena completa. Los resultados del análisis conjunto de la información sugieren, en términos gruesos, que la zona más importante de desove de anchoveta en los últimos años incluiría los sectores de los fiordos y seno del Reloncaví y sectores norte de la costa continental de la X región. La información de sardina común concuerda a grandes rasgos con la de anchoveta pero la data disponible es menos completa debido a las dificultades de identificación y separación de estas sardinas con las sardinas australes. El desove de estas especies aparentemente más frecuentemente en aguas costeras continentales podría estar asociado a las condiciones de mayor estabilidad de la columna de agua en esa zona. Tanto las larvas de anchoveta como las de sardina común se encuentran frecuentemente también en aguas de la XI región, pero en menores abundancias que en la X. Las zonas principales de desove de sardina austral no pudieron claramente identificarse debido a las limitaciones de data disponible. Los escasos reportes de ictioplancton de esta especie en aguas interiores de la X y XI región-norte indican la presencia de huevos principalmente en la zona costera de Chiloé tanto al final del periodo de desove (Diciembre 2010 - Enero 2011) como en otoño (pero muy pocos en Junio del 2013), y de larvas en la zona costera continental (Diciembre 2010 - Enero 2011) y también en la zona costera de Chiloé (otoño 2013).

La información de *distribución vertical histórica* analizada en este estudio nos señala que los huevos de las 3 especies objetivo tienden a ubicarse a lo largo de toda la columna de agua (0-100 m) pero en mayor abundancia en los estratos someros (0-25 m). Las larvas de

anchoveta y sardina común se presentarían en un rango de profundidades un poco más amplio (0-50 m) que sus huevos mientras que las larva de sardina austral se ubicarían hasta el estrato más profundo (50-100 m), lo cual se evidenció especialmente en los cruceros más al sur (XI y XII regiones). Este último patrón de distribución vertical contrasta con lo observado durante el crucero de Noviembre 2014 (presente estudio).

A partir de los datos experimentales de incubación de huevos a distintas temperaturas, se ajustó *modelos de desarrollo de huevos temperatura-dependientes* en anchoveta y sardina común en aguas interiores de la X región, a partir de los desove en cautiverio. Los modelos ajustados para ambas especies fueron el modelo de Lo y el modelo probabilístico multinomial. Adicionalmente, se comparó los resultados con estimaciones previas en la zona central (anchoveta y sardina común) y norte de Chile (anchoveta). Se detectaron algunas diferencias en los desarrollos de ambas especies a las más bajas y más altas temperaturas experimentadas, respecto a otros estudios en poblaciones de estas especies ubicadas más al norte. En aguas del mar interior de Chiloé, los huevos de anchoveta no siguieron su desarrollo después del estadio VIII a una temperatura de 8ºC, y el tiempo de desarrollo fue en general mayor a temperatura de 14 y 16ºC comparadas con la zona norte y centro-sur de Chile. Los huevos de sardina común, por otro lado, no siguieron su desarrollo en estadios más avanzados después del estadio V a 14ºC, ni después del estado IV a 16ºC, y en la X región mostraron un mayor tiempo de desarrollo a igual temperatura que en la zona centro-sur.

Estimaciones de Po. La mayor producción diaria de huevos (P_0) fue estimada para anchoveta, seguido de sardina común, y por último sardina austral. A su vez, la mayor tasa de mortalidad diaria de huevos fue en anchoveta, mientras que para la sardina común y sardina austral fue menor. Las estaciones con presencia de huevos de anchoveta y de sardina austral fue mucho menor que la sardina común resultando que esta última especie presentara un área de desove mayor. La baja densidad de huevos de sardina austral y el bajo número de estaciones positivas no permitieron estimar con confianza la producción diaria de huevos y la tasa de mortalidad diaria de huevos para esta especie.

INDICE GENERAL

Resumen Ejecutivo …….. 3

Objetivos General y Específicos……..... 41

1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1.- PRESENTACIÓN DEL INFORME ……..... 43

1.2.- ANTECEDENTES ……. 43

2.- METODOLOGÍA

2.1.- OBJETIVO ESPECÍFICO 1.

2.1.1. Crucero de ictioplancton e hidrografía. ……. 47

2.1.1.1 Colección de data hidrográfica. ……..…. 47

2.1.1.2. Colección de muestras de plancton. …….……. 48

*2.1.1.3 Comparación entre redes de plancton (**Sobreoferta 2**)*. ……...…….. 48

2.1.1.4. Análisis de mesozooplancton e ictioplancton en laboratorio. ……..……. 49

2.1.2. Información paralela al desarrollo del crucero. …….……. 51

2.1.2.1. Temperatura superficial del mar de satélite. ……. 51

2.1.2.2. Clorofila-a satelital. …… 51

2.1.2.3. Viento superficial desde satélite. …… 52

2.1.2.4. Registros del nivel del mar. …… 53

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2. …….. 54

2.2.1. Área de desove. …….. 54

2.2.1.1. Mapas de probabilidad. …… 56

2.2.2. Identificación de huevos y larvas. …….. 59

2.2.2.1. Fase experimental en laboratorio. …….…… 59

2.2.3. Pesca de Investigación. …… 59

2.2.3.1. Obtención de adultos vivos. …… 59

2.2.3.2. Colección, traslado y mantenimiento de adultos. ……. 60

2.2.3.3. Muestreo biológico de los adultos colectados en salidas de pesca. ……..… 61

2.2.4. Experimentos de incubación. …….. 61
2.2.4.1. Descripción de criterios morfológicos de separación de huevos entre especies de sardinas. …… 62
*2.2.4.2. Caracterización del desarrollo embrionario de las 3 especies en 11 estadios (**Sobreoferta 4**)*. ……..….... 62
*2.2.4.3. Diferenciación entre huevos de sardina común y sardina austral, a partir de los tamaños de ovocitos en el ovario (**Sobreoferta 6**)*. …… 63
*2.2.4.4. Cambios en tamaño de huevos de sardina común asociados a diferencias de salinidad: aproximación experimental (**Sobreoferta 8**)*. ….……..…….. 64
*2.2.4.5. Cambios en tamaño de huevos de sardina común asociados a diferencias de salinidad: aproximación data de terreno (**Sobreoferta 9**)*. ….…… 67

2.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3.
2.3.1. Heterogeneidad del ictioplancton en zona de estudio. …….. 68
2.3.2. Estadística espacial. …….……..... 68
2.3.3 Asociación entre distribución de huevos y larvas de especies objetivo y condiciones oceanográficas. ……..……..…….. 70
2.3.3.1. Sobreposición de mapas de distribución huevos sobre características ambientales ……..……..... 71
2.3.3.2. Diagramas T-S ……. 71
2.3.3.3. Análisis de frecuencia de ocurrencia (Quoting Análisis) ……. 72
2.3.3.4. Modelos Aditivos Generalizados (GAMs) …….. 73
*2.3.3.5. Modelación de transporte/retención de huevos y larvas (**Sobreoferta 10**)*…. 74
2.3.3.5.1. Modelo ROMs. ……. 75
2.3.3.5.1.1. Bases de datos usadas para la validación. ……76
2.3.3.5.2. Modelo Ichthyop. ……. 78
2.3.3.5.2.1. Antecedentes sobre la anchoveta en la zona de estudio. ……. 79
2.3.3.5.2.2. Áreas de liberación. ……...…….……. 84
2.3.3.5.2.3. Configuración de los IBMs. …….……. 85
2.3.3.5.2.4. Descripción de los modelos biológicos. …….……. 87
2.3.3.6. Mapeo y Análisis de la data histórica sobre distribución horizontal de

*huevos y larvas de las 3 especies en la zona de estudio (**Sobreoferta 11**).* …..... 90
*2.3.3.7. Diagramación y Análisis de la data histórica sobre distribución vertical de huevos y larvas (**Sobreoferta 12**).* …….. 91
*2.3.3.8. Elaboración de un manuscrito para publicación (**Sobreoferta 13**).* ……. 91

3. SOBREOFERTAS ORIENTADAS A UNA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS

3.1. MUESTREO BIOLÓGICO DE LOS ADULTOS PARA FOLÍCULOS POST-OVULATORIOS EN *Sprattus fuegensis* (Sobreoferta 7). …….. 92
3.2. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA Y TASA DE MORTALIDAD DIARIA DE HUEVOS (Sobreoferta 3). ……..….. 92
3.3. MODELOS DE DESARROLLO DE HUEVO TEMPERATURA-DEPENDIENTES (Sobreoferta 5). …… …… 94
3.4. PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS EN EL ÁREA DE DESOVE. .… 99

4.- RESULTADOS.

4.1.- OBJETIVO ESPECÍFICO 1.
4.1.1. Condiciones oceanográficas. …….. 101
4.1.1.1 Información satelital. ……...……. 101
4.1.1.2. Temperatura Superficial del Mar de satélite. …….. 101
4.1.1.3. Imágenes satelitales de color (clorofila a). …….…… 101
4.1.1.4. Viento superficial desde satélite. …….…… 102
4.1.2. Registros del nivel del mar. …… 103
4.1.3. Información derivada del crucero bioceanográfico (*in situ*). ……. 104
4.1.3.1. Temperatura Superficial del Mar en terreno (temperatura de balde). …… 104
4.1.3.2. Perfiles de las variables ambientales en las principales agrupaciones de huevos ……. 105

4.1.3.3. Diagramas T-S. …….…..… 106
4.1.3.4. Secciones horizontales de data hidrográfica. ……..……. 107
4.1.3.5. Secciones verticales de data hidrográfica. ……...……..… 107
4.1.4. Distribución de huevos y larvas. ……..… 110
4.1.4.1. Comparación entre ambos tipos de redes. …… 110
4.1.4.2. Distribución y abundancia de huevos y larvas de las tres especies objetivo en la zona de estudio. …….……..…. 112
4.1.4.2.1. Frecuencia de estaciones con presencia de huevos. …….……...…. 112
4.1.4.2.2. Frecuencia de estaciones con presencia de larvas. ……..…….……... 113
4.1.4.2.3. Distribución y abundancia de huevos de las tres especies objetivo (mapas) …….……. 113
4.1.4.2.4. Distribución y abundancia de larvas de las tres especies objetivo (mapas) …….……. 114
4.1.4.2.5. Mapas de zooplancton. …….……. 115
4.1.4.2.6. Perfiles ictioplancton. …… 116
4.1.4.2.7. Profundidad de centroides. …… 116

4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2.
4.2.1. Áreas de desove y Mapas de probabilidad …….…… 118
4.2.2. Identificación de huevos y larvas ……....……..….. 119
4.2.2.1 Estructura de talla de adultos para experimentos de desove e incubaciones …….……. 119
4.2.2.2. Indicadores reproductivos macroscópicos. ……...……... 120
4.1.2.3. Índice gonadosomático. …….…….…….. 120
4.2.2.4. Relaciones longitud-peso. …….……..... 121
4.2.3. Experimentos de incubación. ……...……..…… 122
4.2.3.1.- Descripción de los criterios morfológicos de separación de huevos entre las dos especies de sardinas …… 122
*4.2.3.2. Caracterización del desarrollo embrionario de las 3 especies en 11 estadios para su potencial uso en el MPDH (**Sobreoferta 4**).* …….…… 122
4.2.3.3. Diferenciación entre huevos de sardina común y sardina austral, a partir

*de los tamaños de ovocitos en el ovario. (**Sobreoferta 6**).* …..……. 122
4.2.3.4. Relación talla adultos – tamaño ovocito. ……..……... 123
*4.2.3.5. Cambios en tamaño de huevos de sardina común asociados a diferencias de salinidad: aproximación experimental (**Sobreoferta 8**).* ……..……..… 124
*4 2.3.6. Cambios en tamaño de huevos de sardina común asociados a diferencias de salinidad: aproximación con data de terreno (**Sobreoferta 9**).* ……...…..… 127

4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3.
4.3.1. Heterogeneidad del ictioplancton en zona de estudio. ……...……. 129
4.3.2. Estadística espacial. …….……...… 130
4.3.3. Asociación entre distribución de huevos y larvas de especies objetivo y condiciones oceanográficas. ……...…… …… 131
4.3.3.1. Sobreposición de mapas distribución huevos sobre características ambientales. ……...……... 131
4.3.3.2. Diagramas T-S. ……..…….. 132
4.3.3.2. Análisis de frecuencia de ocurrencia (Quoting Análisis). …....……..…. 133
4.3.3.3. Modelos Aditivos Generalizados (GAMs). ……..…… 135
*4.3.3.4. Modelación ROMs e Ichthyop (**Sobreoferta 10**).* …… 138
4.3.3.4.1. Modelos ROMs. ……...……..… 138
4.3.3.4.2. Modelos Ichthyop. ……...……..……. 140
*4.3.3.5. Mapeo y Análisis de la data histórica sobre distribución horizontal de huevos y larvas de las 3 especies objetivo en la zona de estudio (**Sobreoferta 11**).* ... 148
*4.3.3.6. Diagramación y Análisis de la data histórica sobre distribución vertical de huevos y larvas (**Sobreoferta 12**).* ……..……....…… 154

5. SOBREOFERTAS ORIENTADAS A LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS

5.1. MODELOS DE DESARROLLO DE HUEVO TEMPERATURA-DEPENDIENTES. (Sobreoferta 5). …….…. 157

5.2. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA Y TASA DE MORTALIDAD DIARIA DE HUEVOS (Sobreoferta 3). …….……..… 158

6. DISCUSION GENERAL. ……...……..…….…..…… 159
7. CONCLUSIONES. …….…..…...…….. 177
8. REFERENCIAS. …….……..……..……..……...…… 182
9. FIGURAS. ……...……...…… 206
10. TABLAS. …….…….. 343
11. Taller de Difusión y Discusión de Resultados. …….…….. 397
12. Bases de Datos. ……..…….…….. 403
13. ANEXO 1. …….……..... 404
14. ANEXO 2……. 410

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estaciones bio-oceanográficas (plancton-CTD) efectuadas en la X y XI región durante el crucero de noviembre del 2014. …….. 207

Figura 2. Distribución espacial de los lances de pesca realizados durante periodo de estudio, X región. ……. 208

Figura 3. Mantención a bordo de adultos de anchoveta, sardina común y sardina austral (A: Sistema de flujo continuo; B: Sistema de aireación; C: Eliminación de muertos).…... 209

Figura 4. Transporte y mantención de adultos al centro de cultivo del Instituto Profesional La Araucana (A, B, C: Transporte de adultos; D, E, F: Mantención de adultos). …... 209

Figura 5. Huevos viables de anchoveta (B y C) y sardina común (D y E) obtenidos de los colectores del centro de cultivo (A). …… 210

Figura 6. Experimentos de incubación de huevos de anchoveta, sardina común y sardina austral (Incubadores: A (8°C), B (10°C), C (12°C), D (14°C) y Baño termoregulado: E (16°C). ……... 210

Figura 7. Incubación de huevos en placa cultivo de 6 Wells y recipientes de vidrio… 211

Figura 8. Sistema fotográfico que incluye cámara conectada a computador equipado con programa de análisis de imágenes. ……... 211

Figura 9. (A). Salida de agua de estanques de mantención de reproductores (B). Vista superior de salida de agua con receptáculo de huevos. (C) Cámaras de incubación y lupas con equipo fotográfico para seguimiento de experimentos. (D) Placas de cultivo con pocillos para mantención de huevos (E) Huevos sin fecundar de sardina austral (F). Ovocitos de sardina común (G) Huevos embrionados de sardina común. ……..…… 212

Figura 9H. Resumen de actividades experimentales realizadas en estudio. …….. 213

Figura 10A. Dominio del modelo ROMS climatológico realizado para la región Patagonia norte de Chile. …….… 214

Figura 10B. Salidas climatológicas de algunas variables del modelo, donde se muestra el comportamiento promedio hasta el año 10 de la simulación. ……. 215

Figura 11. Grilla de las salidas del modelo ROMS acoplada a estaciones geo-referenciadas de los distintos cruceros (A) y zona de desove (liberación) obtenidos por centroide (B). ……. 216

Figura 12. Serie de tiempo del Índice Gonadosomático de anchoveta a escala mensual (2007-2011). …….…….…… 217

Figura 13. Modelo conceptual de los estadios tempranos de anchoveta en base a los centroides de la X y XI región de los distintos cruceros (2002-2011). …….. 218

Figura 14. Organigrama de la metodología. ……..…… 219

Figura 15. Imágenes diarias de la temperatura superficial del mar durante el periodo 12-19 de Noviembre 2014. …… 220

Figura 16. Imágenes diarias de la temperatura superficial del mar durante el periodo 20-26 de Noviembre 2014. …… 221

Figura 17. Imágenes diarias de la temperatura superficial del mar durante el periodo 12-19 de Noviembre 2014 para el mar interior de Chiloé. …… 222

Figura 18. Imágenes diarias de la temperatura superficial del mar durante el periodo 20-26 de Noviembre 2014 para el mar interior de Chiloé. …….…….. 223

Figura 19. Imágenes diarias de la clorofila-a de MODIS obtenidas durante el periodo 12-19 de Noviembre 2014. …… 224

Figura 20. Imágenes diarias de la clorofila-a de MODIS obtenidas durante el periodo 20-26 de Noviembre 2014. …… 225

Figura 21. Promedio mensual del esfuerzo, transporte y bombeo de Ekman obtenidos de QuikSCAT durante el periodo 1999-2009. Meses de Enero a Junio. ……...…... 226

Figura 22. Promedio mensual del esfuerzo, transporte y bombeo de Ekman obtenidos de QuikSCAT durante el periodo 1999-2009. Meses de Julio a Diciembre. …… 227

Figura 23. Comportamiento del viento satelital superficial obtenido de ASCAT durante el periodo de muestreo (12-20 Noviembre 2014). …….….. 228

Figura 24. Comportamiento del viento satelital superficial obtenido de ASCAT durante el periodo de muestreo (21-26 Noviembre 2014). ……...…… 228

Figura 25. Esfuerzo diario del viento, transporte y bombeo de Ekman obtenidos de ASCAT durante el periodo de muestreo (12-19 Noviembre 2014). ……..……. 229

Figura 26. Esfuerzo diario del viento, transporte y bombeo de Ekman obtenidos de ASCAT durante el periodo de muestreo (20-26 Noviembre 2014). ……..…….. 230

Figura 27. Comportamiento del viento satelital superficial obtenido de ASCAT durante el periodo de muestreo (12-19 Noviembre 2014) para el mar interior de Chiloé. …..… 231

Figura 28. Comportamiento del viento satelital superficial obtenido de ASCAT durante el periodo de muestreo (20-26 Noviembre 2014) para el mar interior de Chiloé. …...… 232

Figura 29. Esfuerzo diario del viento, transporte y bombeo de Ekman obtenidos de ASCAT durante el periodo de muestreo (12-19 Noviembre 2014) para el mar interior de Chiloé. ……..…….…... 233

Figura 30. Esfuerzo diario del viento, transporte y bombeo de Ekman obtenidos de ASCAT durante el periodo de muestreo (20-26 Noviembre 2014) para el mar interior de Chiloé. …….……..…… 234

Figura 31. Datos del nivel del mar obtenidos en las estaciones (a) Puerto Montt, (b) Melinka y (c) Chacabuco durante Noviembre del 2014. (d) Análisis espectral para las tres series, mostrando el dominio de las componentes semidiurnas y diurnas. …….. 235

Figura 32. Temperatura superficial del mar (°C) en la zona austral de Chile (41°5.2’S-45°51’S) durante el crucero de ictioplancton (temperatura de balde). ……. 236

Figura 33. Perfiles de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala de las estaciones con presencia y ausencia de huevos de anchoveta agrupadas por sector (**A**: Fiordo Reloncaví - Seno Reloncaví; **B**: Golfo Ancud; **C**: Golfo Corcovado-Norte Canal Moraleda; **D**: Canal Moraleda). …….. 237

Figura 34. Perfiles de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala de las estaciones con presencia y ausencia de huevos de sardina común agrupadas por sector (**A**: Fiordo Reloncaví - Seno Reloncaví; **B**: Golfo Ancud; **C**: Golfo Corcovado-Norte Canal Moraleda; **D**: Canal Moraleda). …….……. 238

Figura 35. Perfiles de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala de las estaciones con presencia y ausencia de huevos de sardina austral agrupadas por sector (**A**: Fiordo Reloncaví - Seno Reloncaví; **B**: Golfo Ancud; **C**: Golfo Corcovado-Norte Canal Moraleda; **D**: Canal Moraleda). ……..... 239

Figura 36. Perfiles de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala de las estaciones con presencia y ausencia de huevos de clupeidos agrupadas por sector (**A**: Fiordo Reloncaví - Seno Reloncaví; **B**: Golfo Ancud; **C**: Golfo Corcovado-Norte Canal Moraleda; **D**: Canal Moraleda). ..…….. 240

Figura 37. Diagrama T-S de todas las estaciones agrupadas por sector (Fiordo Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo Ancud, Golfo Corcovado a norte Canal Moraleda, Fiordo Aysén) en primavera 2014. ……...…….…… 241

Figura 38. Mapa horizontal de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) en superficie (1 m). …….. 242

Figura 39. Mapa horizontal de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) a la profundidad de 25 m… 243

Figura 40. Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) correspondiente a la transecta que abarca desde el fiordo Reloncaví (X región) al canal Costa (XI región). …… 244

Figura 41. Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) correspondiente a la transecta del fiordo Reloncaví (X región). …… 245

Figura 42. Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) correspondiente a la transecta del Canal Puyuhuapi (XI región). …….. 246

Figura 43. Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) correspondiente a la transecta del seno Aysén (XI región). ……..……..…… 247

Figura 44. Distribución espacial de la presencia (puntos rojos) y ausencia (puntos azules) de huevos de sardina común (*Strangomera bentincki*) colectados con la red Calvet (izquierda) y WP2 (derecha) en el área de estudio. ……. 248

Figura 45. Distribución espacial de la presencia (puntos rojos) y ausencia (puntos azules) de huevos de sardina austral (*Sprattus fuegensis*) colectados con la red Calvet (izquierda) y WP2 (derecha) en el área de estudio. …….. 249

Figura 46. Distribución espacial de la presencia (puntos rojos) y ausencia (puntos azules) de huevos de anchoveta (*Engraulis ringens*) colectados con la red Calvet (izquierda) y WP2 (derecha) en el área de estudio. …… 250

Figura 47. Distribución espacial de la presencia (puntos rojos) y ausencia (puntos azules) de huevos de sardinas indeterminadas colectados con la red Calvet (izquierda) y WP2 (derecha) en el área de estudio. ……..……. 251

Figura 48. Frecuencia de estaciones positivas (%) con huevos (A) y larvas (B) de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidas en el crucero de noviembre 2014. ……....……. 252

Figura 49. Abundancia de huevos de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) durante el crucero de noviembre 2014 (Red Calvet). …… 253

Figura 50. Abundancia de huevos de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) durante el crucero de noviembre 2014 (Red WP2). ……..…… 254

Figura 51. Abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B) y sardina austral (C) durante el crucero de noviembre 2014 (Red Calvet). ……. 255

Figura 52. Abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B) y sardina austral (C) durante el crucero de noviembre 2014 (Red WP2). …… 256

Figura 53. Abundancia de Copépodos (A), Apendicularias (B), Sifonóforos (C), Medusas (D), Quetognatos (E) y Eufáusidos (F) durante el crucero de noviembre 2014 (Red WP2). ……..…… 257

Figura 54. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en la X región, crucero FIP 2013-17 (primavera 2014). ……... 258

Figura 55. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común y sardina austral en la X región, crucero FIP 2013-17 (primavera 2014). ……..…… 258

Figura 56. Sobreposición de la profundidad de los centroides de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos sobre la sección de salinidad en la transecta fiordo Reloncaví a Seno Reloncaví (Paso Nao) (Red Tucker). ……..…… 259

Figura 57. Sobreposición de la profundidad de los centroides de larvas de anchoveta, sardina común y sardina austral sobre la sección de salinidad en la transecta fiordo Reloncaví a Seno Reloncaví (Paso Nao) (Red Tucker). ……..… 260

Figura 58. Variograma experimental y variograma teórico ajustado a la distribución espacial de la presencia/ausencia de huevos de sardina común, sardina austral, anchoveta y sardinas indeterminadas. …….....…….. 261

Figura 59. Distribución espacial de la probabilidad de presencia de huevos de sardina común en la X Región y XI Región. …… 262

Figura 60. Distribución espacial de la probabilidad de presencia de huevos de sardinas austral en la X Región y XI Región. …… 263

Figura 61. Distribución espacial de la probabilidad de presencia de huevos de anchoveta en la X Región. ……...…….. 264

Figura 62. Distribución espacial de la probabilidad de presencia de huevos de sardinas indeterminadas en la X Región y XI Región. ……..…….…….…….. 265

Figura 63. Estructura de talla de sardina austral colectadas para experimentación durante el período de estudio, X región. …….……. 266

Figura 64. Estructura de talla de sardina común colectadas para experimentación durante el período de estudio, X región. ……. 266

Figura 65. Estructura de talla de anchoveta colectadas para experimentación durante el período de estudio, X región. …….. 267

Figura 66. Relación longitud-peso para los recursos sardina austral, sardina común y anchoveta, respectivamente, colectadas para experimentación durante el período de estudio, X región. …….. 268

Figura 67. Volumen de huevos de anchoveta *Engraulis ringens* en mm^3 a lo largo de los distintos estadios de desarrollo embrionario. Las mediciones se realizaron con individuos obtenidos en Dichato (2006) y en Puerto Montt (2014). …….…… 269

Figura 68. Volumen de huevos de sardina común *Strangomera bentincki* en mm^3 a lo largo de los distintos estadios de desarrollo embrionario. Las mediciones se realizaron con individuos obtenidos en Puerto Montt (2014). ……. 269

Figura 69. Distribución de frecuencia (izquierda) y boxplot (derecha) de diámetros de ovocitos vitelados (Mediciones en placas histológicas). ……..…… 270

Figura 70. Distribución de frecuencia (izquierda) y boxplot (derecha) del espesor del corión en ovocitos vitelados (Mediciones en placas histológicas). ……..… 270

Figura 71. Detalle de la zona coriónica en Sardina austral y Sardina común. …… 271

Figura 72. Fotografía de ovocitos disgregados, estadio de Núcleo Migrante en sardina común y sardina austral. ……..…. 271

Figura 73. Distribución de frecuencia y boxplot del diámetro de ovocitos enteros en estadio núcleo migrante (Mediciones en ovocitos enteros). ……..… 272

Figura 74. Microscopia electrónica de barrido de huevos de sardina austral, sardina común y anchoveta..….....……. 273

Figura 75. Microscopia electónica de barrido de huevos de sardina austral, sardina común y anchoveta..... 273

Figura 76. Relación entre diámetro de ovocito y longitud total, peso total y peso de gónada en sardina austral y sardina común. ……..... 274

Figura 77. Volumen de huevos de sardina común pertenecientes en estadio II del desove del 16 y 18 de noviembre. Mediana y Promedio. …… 275

Figura 78. Volumen de huevos no fecundados de sardina austral promedios comparados con (A) ovocitos de sardina común, (B) huevos de sardina común (estadio II) del desove del 16/11/14 y (C) huevos de sardina común (estadio II) del desove del 18/11/14. La línea horizontal corresponde a la mediana y el punto al volumen promedio. ……. 275

Figura 79. Efecto de la salinidad en el volumen de (A) ovocitos de sardina común, (B) huevos no fecundados de sardina austral, (C) huevos de sardina común (estadio II) del desove del 16.11.2014 y (D) huevos de sardina común (estadio II) del desove del 18/11/2014. ……..... 276

Figura 80. Efecto de la salinidad en los volúmenes de huevos de estadios tempranos de sardina común (estadio II-IV) desovados los días (A) 16/11/2014 y (B) 18/11/2014. …….……..… 277

Figura 81. Efecto de la salinidad en los volúmenes de huevos de estadios tardíos de sardina común (estadio V-XI) desovados los días (A) 16/11/2014 y (B) 18/11/2014. …….…. 277

Figura 82. Volumen de los huevos de sardina común desovados el 16/11/2014 (A) Estimación en huevos vivos (B) estimación en huevos fijados en formalina al 5%. Línea horizontal corresponde a mediana y punto a volumen promedio. …….. 278

Figura 83. Regresión de los volúmenes de huevos de clupeidos (A), sardiana austral (B) y sardina común (C) con la salinidad a la que se encuentran los huevos muestreado con red CalVet. ……. 279

Figura 84. Regresión de los volúmenes de huevos de clupeidos (A), sardiana austral (B) y de sardina común (C) con la salinidad a la que se encuentran los huevos muestreados con una red WP2. …….....……... 279

Figura 85. Mediana de volúmenes de huevos y volúmenes promedio de huevos a distintas latitudes de clupeidos. (A), sardina austral (B) y de sardina común (C) muestreados por medio de red CalVet en área de desove del 2014. ……... 280

Figura 86. Mediana de volúmenes de huevos y volúmenes promedio de huevos a distintas latitudes de clupeidos (A), sardina austral (B) y de sardina común (C) muestreados por medio de red WP2 en área de desove del 2014. …….……..…… 280

Figura 87. Mediana de volúmenes de huevos y volúmenes promedio de huevos en longitud de sardina sp. (A), sardina austral (B) y de sardina común (C) muestreados por medio de red CalVet en área de desove del 2014. ……...…… 281

Figura 88. Mediana de volúmenes de huevos y volúmenes promedio de huevos en longitud de sardina sp. (A), sardina austral (B) y de sardina común (C) muestreados por medio de red WP2 en área de desove del 2014. ……..… 281

Figura 89. Rango y sill del variograma direccional (0-179º) evaluado para la distribución espacial de huevos de sardina común. ……..… 282

Figura 90. Rango y sill del variograma direccional (0-179º) evaluado para la distribución espacial de huevos de sardina austral. …….……. 283

Figura 91. Rango y sill del variograma direccional (0-179º) evaluado para la distribución espacial de huevos de sardina indeterminada. …….. 284

Figura 92. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 1 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2). ……. 285

Figura 93. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 25 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2). ……. 286

Figura 94. Sobreposición de abundancia de huevos de sardina común sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 1 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2). ……. 287

Figura 95. Sobreposición de abundancia de huevos de sardina común sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 25 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2). …….……... 288

Figura 96. Sobreposición de abundancia de huevos de sardina austral sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 1 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2). …… 289

Figura 97. Sobreposición de abundancia de huevos de sardina austral sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 25 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2). …… 290

Figura 98. Sobreposición de abundancia de huevos de clupeidos sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 1 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2). …….… 291

Figura 99. Sobreposición de abundancia de huevos de clupeidos sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 25 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2). …….…… 292

Figura 100. Diagramas en que la data del 2014 de temperatura y salinidad a 1 m y 25 m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos. ... 293

Figura 101. Diagramas en que la data del 2014 de temperatura y salinidad a 1 m y 25 m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de larvas de anchoveta, sardina común y sardina austral. ……..… 294

Figura 102. Análisis de Quotient, donde muestra la distribución de frecuencia de ocurrencia de las variables ambientales y quotient para huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos. Variables ambientales son temperatura y salinidad a 1 m (A) y 25 m de profundidad (B). ……. 295

Figura 103. Comportamiento promedio anual de la temperatura superficial del mar (TSM) de (a) modelo ROMS y (b) derivada de satélites AVHRR……. 296

Figura 104. Climatología estacional de la TSM del modelo ROMS y del producto satelital AVHRR. (a) Verano, (b) otoño, (c) Invierno y (d) primavera. …….. 297

Figura 105. Diagrama de Taylor realizado entre la TSM de ROMS y el producto TSM satelital. ……..……. 298

Figura 106. Comparación de dos productos de temperatura superficial del mar para la validación de las salidas de ROMS. …… 299

Figura 107. Climatología estacional de las anomalías del nivel el mar obtenidas del modelo ROMS y de la altimetría satelital. ……...……..… 300

Figura 108. Corrientes superficiales promedios obtenidas del modelo ROMS y de altimetría satelital. ……..……..…. 301

Figura 109a. Climatología estacional de las corrientes marinas superficiales obtenidas del modelo ROMS y de la altimetría satelital. De arriba hacia abajo aparecen los promedios para el verano, otoño, invierno y la primavera. …… 302

Figura 109b. Diagrama de Taylor realizado entre los datos superficiales del modelo ROMS y los datos de corrientes superficiales obtenidos de altimetría satelital (AVISO)…… 303

Figura 110. (a) Estaciones de muestreo ejecutadas durante el experimento WOCE. (b) Perfiles de temperatura y (c) salinidad de WOCE correspondiente al transepto PR14 y del modelo ROMS. …… 303

Figura 111. Dinámica del transporte (sobrevivencia) y retención de huevos de anchoveta durante el periodo reproductivo. ……. 304

Figura 112. Dinámica del transporte (sobrevivencia) y retención de larvas con vítelo de anchoveta durante el periodo reproductivo. …….…… 305

Figura 113. Transporte (A) y mortalidades (temperatura (B), advección (C) y natural (D)) de huevos y larvas por zona de desove (liberación) durante el periodo reproductivo (I. Sobrevivencia. …….. 306

Figura 114. Porcentaje de transporte exitoso (VI) y mortalidades por temperatura (MT), advección (MA) y natural (MO) durante el periodo reproductivo. …….……. 307

Figura 115. Distribución de huevos (A) y larvas (B) de anchoveta obtenidas de las salidas del modelo adaptado para el mar interior de Chiloé y Canal Moraleda. …….. 308

Figura 116. Distribución de huevos de anchoveta a partir de los datos (A, 2002-2011) y modelo (B) durante el periodo reproductivo. …….…….. 309

Figura 117. Distribución de larvas de anchoveta a partir de los datos (A, 2002-2011) y modelo (B) durante el periodo reproductivo. …….....……..… 310

Figura 118. Mapa con estaciones llevadas a cabo durante primaveras de los cruceros CIMAR Fiordos 12 al 16, señalando de distinto color cada año de muestreo. …… 311

Figura 119. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XI regiones (Hidroacústico 2010)…. 312

Figura 120. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XI regiones (Hidroacústico 2010)…. 313

Figura 121. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XI regiones (Hidroacústico 2013)….. 314

Figura 122. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XI regiones (Hidroacústico 2013).… 315

Figura 123. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A) y clupeidos (B) en la X región durante invierno y primavera del 2006 (CIMAR 12-1 y 12-2). …… 316

Figura 124. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A) y clupeidos (B) en la X región durante invierno y primavera del 2006 (CIMAR 12-1 y 12-2). …… 317

Figura 125. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A) y clupeidos (B) en la primavera del 2011, X región (CIMAR 17). …… 318

Figura 126. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B) y clupeidos (C) durante la primavera del 211 en la X región (CIMAR 17). ……... 318

Figura 127. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A) y clupeidos (B) en la XI región durante invierno y primavera del 2007 (CIMAR 13-1 y 13-2). …….. 319

Figura 128. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A) y clupeidos (B) en la XI región durante invierno y primavera del 2007 (CIMAR 13-1 y 13-2). ……. 320

Figura 129. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XII regiones (CIMAR 12-2, 13-2, 14, 15, 16). ……... 321

Figura 130. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XII regiones (CIMAR 12-2, 13-2, 14, 15, 16). …….…….. 322

Figura 131. Distribución de larvas de sardina común durante primavera de 1998 y de larvas de anchoveta en verano del 1999, en aguas interiores de la XI región. ……..… 323

Figura 132. Distribución de larvas de anchoveta en estados preflexión notocordal en septiembre de 1998, febrero de 1999 y noviembre del 2002 y de huevos, larvas preflexión y postflexión en noviembre del 2005. …….…… 324

Figura 133. Distribución de huevos de anchoveta y larvas de sardina común en aguas interiores de la X región en noviembre del 2005. …….. 325

Figura 134. Distribución de huevos y larvas de sardina común en la XI región norte en noviembre del 2006 y de huevos y larvas de sardina austral en la XI región sur en noviembre del 2007, y sus distribuciones de tallas larvales entre aguas interiores y exteriores. …… 326

Figura 135. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en la X y XI región, crucero hidroacústico 2010 (diciembre 2010-enero 2011). …… 327

Figura 136. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en la X y XI región, crucero hidroacústico 2010 (diciembre 2010 - enero 2011). ……..… 328

Figura 137. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en la X y XI región, crucero hidroacústico 2013 (abril-mayo 2013). ……..…… 329

Figura 138. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en la X y XI región, crucero hidroacústico 2013 (abril – mayo 2013)……..…….. 330

Figura 139. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en invierno 2011 (crucero CIMAR 17). …..… 331

Figura 140. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en invierno 2011 (CIMAR 17). …… 331

Figura 141. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en primavera del 2008 (CIMAR 14, sector Canal Baker). …… 332

Figura 142. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en primavera del 2008 (CIMAR 14, Canal Baker). …. 332

Figura 143. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en primavera del 2009 (CIMAR 15, XII región)…….. 333

Figura 144. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en primavera del 2009 (CIMAR 15, XII región). …… 333

Figura 145. Ajuste del modelo de Lo a los datos experimentales de incubación de anchoveta y sardina común. …….…… 334

Figura 146. Ajuste del modelo de Lo a los datos de edad media de huevos de anchoveta en función del estadio y la temperatura. ……. 335

Figura 147. Ajuste del modelo de Lo a los datos de edad media de huevos de sardina común en función del estadio y la temperatura. ……. 336

Figura 148. Probabilidad de observar los estadios de desarrollo de anchoveta en función del tiempo de desarrollo y la temperatura. ……. 337

Figura 149. Probabilidad de observar los estadios de desarrollo de sardina común en función del tiempo de desarrollo y la temperatura. …….…….. 338

Figura 150. Comparación del tiempo de desarrollo de huevos de anchoveta en función de los estadios de desarrollo, y temperatura de 8 y 16 ºC, según los parámetros del modelo de Lo disponibles. ……...……. 339

Figura 151. Comparación del tiempo de desarrollo de huevos de sardina común en función de los estadios de desarrollo, y temperatura de 8 y 16 ºC, según los parámetros del modelo de Lo disponibles. …… 340

Figura 152. Índice de dispersión-agregación de Lloyd por especie y cohorte diaria, Noviembre de 2014. ……..…... 341

Figura 153. Relación entre el logaritmo de la varianza y el logaritmo del promedio de la densidad de huevos por especie y cohorte diaria, Noviembre de 2014. …….. 342

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Embarcación utilizada en el crucero de ictioplancton, coordenadas de las Regiones, periodo de muestreo y número de estaciones …….……. 344

Tabla 2. Posiciones de las estaciones bio-geográficas (plancton-CTD) realizadas por el crucero de ictioplancton en la X región…… 345

Tabla 3. Posiciones de las estaciones bio-geográficas (plancton-CTD) realizadas por el crucero de ictioplancton en la XI región...……...…….……... 348

Tabla 4. Periodo y zona donde se realizaron los lances de pesca. ……..… 350

Tabla 5. Bitácora de pesca crucero adultos X región……..…… 350

Tabla 6. Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de Holden & Raitt 1975)…….…… 352

Tabla 7. Resumen de los experimentos desarrollados en el centro de cultivo, durante octubre 2014. …….. 353

Tabla 8. Información biológica inicial de adultos, huevos y larvas con saco vitelino para la X y XI región. ……..… 355

Tabla 9. Valores de las áreas prospectadas (km2), densidad (ind* m^{-2}), abundancia (10^6 ind) y biomasa (ton) estimadas de anchoveta para la X y XI región. …….…..…… 356

Tabla 10. Valores de la fracción desovante (S) de anchoveta en la zona sur de Chile (Puerto Saavedra a Sur de Corral (41°20’S). ……... 356

Tabla 11. Resumen de los datos de ictioplancton disponibles para los diferentes años (d.c.: Data completa). …… 357

Tabla 12. Resultado del análisis armónico de marea a los puestos de marea de Puerto Montt, Melinka y Chacabuco. El asterisco (*) significa que los armónicos representan el 95% del intervalo de confianza. ……..…… 357

Tabla 13. Parámetros de la relación longitud-peso extraída en aguas interiores de la X y XI región FIP 2013-11 (ESR: Error estándar residual). Los n analizados corresponden a 3 lances en la X región y 2 lances en la XI región. …… 357

Tabla 14. Proporción sexual estimada para anchoveta en aguas de la X y XI región. Proporción estimada a partir de los muestreos biológicos (FIP 2013-11; FIP 2007-05). Aumento en número de ejemplares analizados no varía los resultados…….……. 358

Tabla 15. Resultados de la abundancia de huevos de anchoveta liberados por hembra, en función a la fecundidad parcial y fracción diaria desovante, por zona y región. …… 358

Tabla 16. Zonas de liberación (desove) de partículas obtenidas de los cruceros realizados entre la base de datos histórica. ..……..…… 359

Tabla 17. Definición de los parámetros control que son contenidos en los diferentes IBMs.……...…….. 360

Tabla 18. Definición de las constantes presentes en el IBM…… 360

Tabla 19. Densidad promedio de huevos (huevos/10m^2) de sardina común (*Strangomera bentincki*, Straben), sardina austral (*Sprattus fuegensis*, Sprafue), anchoveta (*Engraulis ringens*, Engrrin) y sardinas indeterminadas (Sspp), el total de estaciones y estaciones positivas para cada especie y tipo de red……..… 361

Tabla 20. Número total de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por sector (individuos 10 m^2), X región (Red Calvet)……. 362

Tabla 21. Número total de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por sector (individuos 10 m^2), XI región (Red Calvet)…… 363

Tabla 22. Número total de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por sector (individuos 10 m^2), X región (Red WP2)…… 364

Tabla 23. Número total de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por sector (individuos 10 m^2), XI región (Red WP2)…… 365

Tabla 24. Número total de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de larvas considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de larvas por sector (individuos 10 m^2), X región (Red Calvet)…… 366

Tabla 25. Número total de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de larvas considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de larvas por sector (individuos 10 m^2), XI región (Red Calvet)…….. 367

Tabla 26. Número total de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de larvas considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de larvas por sector (individuos 10 m^2), X región (Red WP2)…….. 368

Tabla 27. Número total de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de larvas considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de larvas por sector (individuos 10 m^2), XI región (Red WP2)…… 369

Tabla 28. Porcentaje de anomalías por estadio de desarrollo embrional, en las tres especies objetivo. Total corresponde a número total de huevos con anomalías en el total de huevos colectados por especie……..… 370

Tabla 29. Promedio total ($\bar{X}$), desviación estándar (DS) y máxima abundancia de zooplancton (individuos 10 m-^{2}) encontrado durante crucero de noviembre 2014..… 371

Tabla 30. Parámetros del variograma teórico ajustado a la distribución espacial de la presencia/ausencia de huevos de sardina común (*Strangomera bentincki*, Straben), sardina austral (*Sprattus fuegensis*, Sprafue), anchoveta (*Engraulis ringens*, Engrrin) y sardinas indeterminadas (Sspp). VNE: Varianza no explicada……..… 371

Tabla 31. Estado de madurez sexual macroscópico (EMS) de hembras de sardina austral, sardina común y anchoveta durante el período de estudio, X región……..…. 372

Tabla 32. Índice Gonadosomático (IGS) de hembras de sardina austral, sardina común y anchoveta durante el período de estudio, X región. …….…… 372

Tabla 33. Desarrollo embrionario de *Engraulis ringens*, desde huevos obtenidos en Puerto Montt en Noviembre de 2014. En la tabla se incluye además el tiempo de desarrollo y la descripción de los diferentes estadios de desarrollo…….…… 373

Tabla 34. Desarrollo embrionario de *Strangomera bentincki*, desde huevos obtenidos en Puerto Montt en Noviembre de 2014. En la tabla se incluye además el tiempo de desarrollo y la descripción de los diferentes estadios de desarrollo……..…… 376

Tabla 35. Clasificación por estadio de madurez ovárica de los ejemplares muestreados……..……. 378

Tabla 36. Listado de taxas de peces colectados en estado huevos, abundancia promedio y desviación estándar en estaciones positivas, durante el crucero de ictioplancton, noviembre 2014 (red Tucker Trawl). ……...…….. 378

Tabla 37. Listado de taxas de peces colectados en estado larval, abundancia promedio y desviación estándar en estaciones positivas, durante el crucero de ictioplancton, noviembre 2014 (red Tucker Trawl). ……..……...…… 379

Tabla 38. Listado taxas de peces colectados en estado huevos, abundancia promedio y desviación estándar en estaciones positivas, durante el crucero de ictioplancton, noviembre 2014 (red WP-2). …….……...…… 380

Tabla 39. Rango de preferencia de temperatura y salinidad superficial (~1 m), obtenidos

del análisis de Quotient para los huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos……...…… 381

Tabla 40. Rango de preferencia de temperatura y salinidad a 25 m de profundidad, obtenidos del análisis de Quotient para los huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos……...…. 381

Tabla 41. Resultados de los análisis de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para comprobar la hipótesis nula de que la distribución de huevos y larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos son al azar con respecto a una variable ambiental particular a nivel superficial (~1m) (Significancia de K-S: *: $p<0,05$; $^{+}$: $p>0,05$)…….. 382

Tabla 42. Resultados de los análisis de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para comprobar la hipótesis nula de que la distribución de huevos y larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos son al azar con respecto a una variable ambiental particular, a una profundidad de 25m (Significancia de K-S: *: $p<0,05$; $^{+}$: $p>0,05$)……..…… 383

Tabla 43. Resultados de los modelos aditivos generalizados (GAMs) para la densidad de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en función a la profundidad del ecosonda (E), temperatura (T), salinidad (S), fluorescencia (F) y Brunt-Vaisala (BV) en superficie y 25 m de profundidad (**n**: número de datos, $\mathbf{R^2}$: Coeficiente de determinación, **VE**: Varianza explicada en porcentaje, **GVC**: Validación cruzada general)……..... 383

Tabla 44. Resultados de los modelos GAM por especie y profundidad (E: profundidad del ecosonda, T: temperatura, S: salinidad, F: fluorescencia, BV: Brunt-Vaisala)..……. 384

Tabla 45. Rango óptimo de las variables predictoras a 1 m y 25 m de profundidad asociados a la densidad de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos…….. 385

Tabla 46. Transporte (sobrevivencia) de huevos en las diferentes zonas de liberación durante el periodo reproductivo…….…. 386

Tabla 47. Transporte (sobrevivencia) de larvas en las diferentes zonas de liberación durante el periodo reproductivo…….… 387

Tabla 48. Modelo Lineal General (GLM) aplicado a la salida del modelo para las variables dependientes transporte y mortalidad (advección y temperatura) de huevos, durante el periodo reproductivo (octubre a noviembre) (gl: Grado de libertad, SC: Suma Cuadrado, CM: Cuadrado medio, S: Significancia, VE: Varianza explicada, AIC: Método akaike)……..……. 388

Tabla 49. Modelo Lineal General (GLM) aplicado a la salida del modelo para las variables dependientes transporte y mortalidad (advección y temperatura) de larvas, durante el periodo reproductivo (octubre a noviembre) (gl: Grado de libertad, SC: Suma Cuadrado, CM: Cuadrado medio, S: Significancia, VE: Varianza explicada, AIC: Método akaike)…….. 389

Tabla 50. Modelos temperatura dependientes**.** Resumen del número de huevos (N), edad media, desviación estándar, mínimo y máximo de la edad de huevos de anchoveta (NaN= no disponible). …….…… 390

Tabla 51. Modelos temperatura dependientes**.** Resumen del número de huevos (N), edad media, desviación estándar, mínimo y máximo de la edad de huevos de sardina común (NaN: no disponible). ……..……...…. 392

Tabla 52. Parámetros del modelo de Lo (1985) a la tasa de desarrollo embrionaria de huevos de anchoveta y sardina común, obtenida a partir de experimentos de incubación de huevos a cuatro temperaturas (8, 10, 12, y 14 ºC)……... 393

Tabla 53. Parámetros del modelo multinomial de Bernal *et al*. (2001) a la tasa de desarrollo embrionaria de huevos de anchoveta y sardina común, obtenida a partir de experimentos de incubación de huevos a cuatro temperaturas (8, 10, 12, y 14 ºC)……. 394

Tabla 54. Comparación de los parámetros del modelo de Lo con estimaciones disponibles para anchoveta y sardina común (Claramunt *et al*., 2007)…… 395

Tabla 55. Coeficientes del modelo lineal generalizado, familia binomial negativa y enlance log. El intercepto representa el logaritmo de la producción diaria de huevos (huevos/m^2) y la pendiente a la tasa de mortalidad por hora (h^{-1})……...……. 395

Tabla 56. Estimaciones de la producción diaria de huevos (P_0) y tasa de mortalidad diaria (Z) para la anchoveta, sardina común y sardina austral utilizando GLM con familia binomial negativa, enlace log y ponderación con el índice de dispersión-agregación en el área de desove (A_1). ……. 396

Tabla 57. Coeficientes del modelo utilizado para describir la relación entre la varianza y el promedio (logaritmo) de la densidad de huevos por cohortes de anchoveta, sardina común y sardina austral. ……..…….. 396

Identificación de zonas de desove y estadios tempranos de pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI regiones

OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar y categorizar zonas y/o áreas efectivas de desove y de estadios tempranos de pelágicos pequeños (sardina austral, sardina común y anchoveta) en aguas interiores de la X y XI regiones.

Objetivos Específicos

1.- Caracterizar las condiciones ambientales u oceanográficas del área de estudio, con énfasis en la determinación efectiva de zonas y áreas de desove, y cómo éstas afectan la sobrevivencia de huevos y larvas.

2.- Determinar la distribución, densidad y abundancia de huevos y larvas de pelágicos pequeños, utilizando para tales efectos diversas herramientas de estadística espacial que permitan identificar y delimitar sus zonas de desove.

3.- Determinar la heterogeneidad espacial en la composición y abundancia del ictioplancton (huevos y larvas) a partir de la presencia/ausencia y distribución (vertical y horizontal) y su relación con las condiciones oceanográficas (temperatura, salinidad, estratificación de la columna de agua).

Sobreofertas

1.-Mediciones *in situ* de cizalle vertical con alta resolución vertical mediante microperfilador.

2.- Comparación de distintos tipos de redes de plancton orientados a la utilización futura en el desarrollo del Método de Producción Diaria de Huevos (MPDH).

3.- Estimación de la producción diaria (Po) y tasa de mortalidad diaria (Z) de huevos.

4.- Caracterización del desarrollo embrionario de las 3 especies en 11 estadios.

5.- Modelos de desarrollo de huevo temperatura-dependientes para uso en MPDH.

6.- Diferenciación entre huevos de sardina común y sardina austral, a partir de los tamaños de ovocitos en el ovario.

7.- Caracterización y Establecimiento de Criterios de definición estadios de FPO en *Sprattus fuegensis*.

8.- Cambios en tamaño de huevos común asociados a diferencias de salinidad en el medio: aproximación experimental.

9.- Cambios en tamaño de huevos común asociados a diferencias de salinidad en el medio: aproximación con data en terreno.

10.- Modelación de transporte/retención de huevos y larvas (ROMs e Ichthyop).

11.- Mapeo y Análisis de la data histórica sobre *distribución horizontal de huevos y larvas* de las 3 especies objetivo en la zona de estudio.

12.- Diagramación y Análisis de la data histórica sobre *distribución vertical de huevos y larvas* de las 3 especies objetivo.

13.- Manuscrito científico a ser enviado a una revista de corriente principal sobre aspectos de las zonas de desove de las especies objetivo en la zona de estudio.

1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1.- PRESENTACIÓN DEL INFORME

El presente Informe Final responde a los objetivos propuestos en el proyecto original e incorpora los resultados de todas las actividades comprometidas en la Propuesta Técnica.. De igual modo, y de acuerdo a lo planificado, en este informe final se entrega un manuscrito (Anexo 2) que resume parte de la información de las especies objetivo obtenida en el presente proyecto. Siguiendo el formato de los informes anteriores, previo a la presentación de todas las actividades y resultados, se entrega una sección resumida de *antecedentes* para explicar el contexto en el cual se enmarca este proyecto y cada una de sus actividades.

1.2.- ANTECEDENTES

En la actualidad, es conocido que en las zonas de aguas interiores de la X y XI región se reproducen especies tanto de origen costero así como especies cuyos adultos normalmente se encuentran en la plataforma continental o áreas más profundas, que ingresan a los fiordos y canales en busca de ambientes más propicios para el desarrollo de sus huevos y larvas. Igualmente, se sabe que algunas especies de peces pequeños pelágicos cuyos centros de desove más importantes se ubican en zonas de surgencia costera a menor latitud (sardina común y anchoveta) o en el extremo más austral de Chile y Patagonia argentina (sardina fueguina), se encuentran reproduciéndose también en aguas interiores de la X y XI región.

La información disponible sobre zonas de desove de las especies objetivo en la Patagonia Chilena es, sin embargo, aún limitada.

La anchoveta, *Engraulis ringens,* presenta una amplia distribución latitudinal (4 – 42°S) a lo largo de la Corriente de Humboldt en la cual se reconocen tres stocks de mayores dimensiones: el stock norte de Perú, el stock compartido del sur de Perú - norte de Chile, y el stock en Chile centro-sur. Durante la última década, sin embargo, nuevas investigaciones

han descrito la presencia de huevos y larvas de esta especie en muestras de plancton colectadas en la Patagonia chilena durante los cruceros del programa CIMAR Fiordos. Al respecto, en un análisis de la distribución de huevos y larvas de anchoveta en aguas de la X y XI regiones desde el año 1995 hasta el 2005, se señala que sus abundancias han variado en el tiempo y que sus mayores valores el año 2005 habrían ocurrido en la zona oriental de la X región (fiordos Reloncaví y Cumau) donde la influencia de aguas dulces sería mayor (Bustos *et al*., 1987). Estudios más recientes hasta el 2012 confirman la presencia de huevos y larvas de anchoveta en el fiordo y seno del Reloncaví (Giraud, 2010; Giraud & Castro 2011; Castro *et al*., 2007, 2012). Posteriormente, otros estudios llevados a cabo a fines del 2010 y enero del 2011, muestran la presencia de huevos de esta especie en el Seno y Fiordo del Reloncaví así como en las zonas tanto oriental de Chiloé como en la zona de fiordos de la X región, e incluso XI región (Canal Puyuhuapi, Canal Jacaf) (Cubillos *et al*., 2012).

La mayor parte de la información sobre sardina común, *Strangomera bentincki*, en la Patagonia chilena proviene de cruceros oceanográficos desarrollados también en el marco del Programa CIMAR Fiordos, y más recientemente, de proyectos FIP o de la Subsecretaría de Pesca sobre hidroacústica que han agregado información de ictioplancton. Las mayores abundancias de ictioplancton de esta especie normalmente se localizan en la zona central de Chile en las costas de la VIII y IX regiones, particularmente desde Lebu hasta el Puerto de Corral (Cubillos *et al*., 2007). En la zona norte de la Patagonia Chilena, huevos y larvas de esta especie han sido reportados desde mediados de invierno a mediados de primavera (agosto y noviembre en los cruceros CIMAR 9, septiembre y octubre en CIMAR 4-1, octubre y noviembre en CIMAR 1, y noviembre en los CIMAR 8 y CIMAR 11) (Córdoba & Balbontín, 2006; Landaeta & Castro, 2006; Bustos *et al*., 2008). En las X y XI regiones, estados tempranos de desarrollo de sardina común han sido reportados desde el fiordo del Reloncaví hasta el canal Costa y estero Elefantes en primavera (Castro *et al*., 2008). Los rangos de salinidades y temperaturas experimentadas por los huevos de sardina común serían muy amplios e irían cambiando en la medida que las larvas van desarrollándose mientras van moviéndose desde las zonas de aguas interiores hacia las zonas con mayor influencia de aguas oceánicas (mayor salinidad y mayor temperatura) (Contreras *et al*., 2014). Paralelamente, se detectó un cambio en la profundidad de los huevos conforme se

van desplazando hacia aguas externas más saladas (Montecinos *et al*., 2012). Estudios más recientes a fines de primavera 2010 y comienzos de verano, alternativamente, muestran la presencia de huevos y larvas de *S. bentincki* tanto en el sector oriental (continental) como occidental (Chiloé) de la X región pero como muy bajas abundancias, probablemente debido a lo tardío dentro de la estación reproductiva de la especie (Cubillos *et al*., 2012).

La sardina austral, *Sprattus fuegensis,* finalmente, es una especie pelágica costera reportada en Chile desde los 40°S hasta Tierra del Fuego (Ciechomski, 1971; Aranis *et al.*, 2005, 2007, 2012). La información sobre biología y ecología de sardina fueguina se ha obtenido principalmente desde el Océano Atlántico sur oeste, donde se distribuye en aguas costeras e intermedias de la plataforma continental Argentina, Tierra del Fuego y Patagonia (40°–55° S) e islas Malvinas. Según Shirokova (1978), *S. fuegensis* es un desovante parcial cuya época de desove está concentrada entre septiembre y diciembre alrededor de las Islas Malvinas, y entre octubre y enero sobre la plataforma continental (Sánchez *et al.*, 1995). Las mayores concentraciones de larvas de sardina fueguina se han reportado en aguas costeras e intermedias a la altura del Tierra de Fuego y entre las Islas Malvinas y la costa (Ciechomski 1974). En Chile, no se conocen muchos antecedentes antiguos de *Sprattus fuegensis* ya que habitualmente no era diferenciada de *Strangomera bentincki*, pues se superponen parcialmente en su distribución. Solo a partir del 2005 comienzan a ser reportados en estadísticas pesqueras. La sardina fueguina tiene su período de desove principal en septiembre y octubre, coincidiendo parcialmente con lo reportado para aguas argentinas (Leal *et al*., 2011; Ciechomski, 1974). Información de de huevos y larvas de *S. fuegensis* en aguas chilenas comenzaron a ser reportadas inicialmente desde los 90´s desde la zona Patagónica central (Golfo de Penas) al extremo sur del país (Cabo de Hornos; Bernal & Balbontín, 2003; Bustos *et al*., 2011; Landaeta *et al*., 2011) y, en la zona nor-patagónica (al norte de los 47°S) solo más recientemente (Castro *et al*, 2011; Cubillos *et al.* 2011). Actualmente, huevos y larvas de esta especie se reportan frecuentemente en cruceros llevados a cabo en la zona sur de la XI región (sur del Golfo de Penas; Canal Baker, Concepción Ladrilleros, etc.) (Castro *et al*., 2011; Bustos *et al*., 2011; Contreras *et al*., 2014) y ya se han documentado en la X región tanto en las costa de Chiloé como en la zona continental (Cubillos *et al*, 2012; Barrientos & Castro, 2012). Recientemente se ha reportado nueva información de aspectos como cambios ontogenéticos en distribución

horizontal (costa-océano) y alimentación larval (Contreras *et al*., 2012; Contreras *et al*., 2014), y sobre la posible influencia de aguas dulces en las características de los huevos (Bustos *et al*., 2011). Al respecto, y comparando al morfología y caracteres distintivos de los huevos en el plancton entre *S. fuegensis y S. bentincki*, se ha llegado a determinar que existe una sobreposición en los tamaños de huevos que impedirían un discernimiento entre ambas especies en el rango intermedio de tallas. Si a estos antecedentes se agrega las posibles variaciones potencialmente inducidas por cambios en salinidades y otras variaciones en tamaño de huevos asociadas a cambios de latitud, entonces, nuevos análisis sobre las posibles diferencias en tamaño de huevo son necesarios para correctamente poder discernir entre especies, aspecto que es tratado en el presente estudio.

En resumen, la información disponible sobre la distribución de las zonas principales de desove de las tres especies objetivo es aun limitada para la X y XI regiones de Chile. Gran parte de la información de ictioplancton proviene de los Cruceros CIMAR que desarrollan sus estaciones de muestreo en el sector medio de algunas de las cuencas de la X región (como el Golfo de Ancud y Golfo Corcovado) y no en las zonas costeras más someras (ej. costa interior de Chiloé) donde muestras de ictioplancton colectadas en los cruceros FIP de hidroacústica señalan que los huevos de estas especies podrían ser abundantes. Por otro lado, no se conoce con exactitud si las zonas de desove y crecimiento observadas en aguas de la X y XI regiones son frecuentes o si corresponden a zonas que van variando (ampliando en número de localidades, fiordos, canales, por ejemplo) en los últimos años. Tampoco se conoce si la utilización de estas zonas es simultánea para las tres especies. La información sobre distribución vertical de huevos y larvas para las tres especies es también escasa y en el caso de *S. fuegensis* está basada principalmente en los estudios llevados a cabo en la zona austral, principalmente en la zona del Canal Baker y más al sur de la XI región.

2.- METODOLOGÍA

2.1.- OBJETIVO ESPECIFICO 1

Caracterizar las condiciones ambientales u oceanográficas del área de estudio, con énfasis en la determinación efectiva de zonas y áreas de desove, y cómo éstas afectan la sobrevivencia de huevos y larvas.

2.1.1. Crucero de plancton e hidrografía

Para el desarrollo de esta actividad se diseñó una red de estaciones bio-oceanográficas que abarcó las zonas de aguas interiores de la X y XI regiones, enfatizando las áreas costeras donde la información recopilada en cruceros previos de Fondo de Investigación Pesquera y Subsecretaría de Pesca mediante hidroacústica mostraban mayores abundancias de las tres especies de peces pelágicos pequeños, objetivo del presente estudio (Figura 1). El crucero se ejecutó durante el mes de noviembre del 2014 (*). La embarcación utilizada fue la lancha Huracán I, zarpando desde Calbuco durante la segunda semana de noviembre (12 de noviembre) y recalando finalmente en el mismo puerto el 28 de noviembre. El track de muestreo comenzó en la zona norte de la X región (Seno Reloncaví, inicio de la costa continental y luego costa de Chiloé), luego se navegó hacia la XI región por la zona frente a la Boca el Guafo, continuando por la zona de canales externos, Canal Moraleda (intermedio) y zona interior (fiordos) para finalmente volver muestreando por la costa oriental de la X región (Tabla 1).

2.1.1.1. Colección de data hidrográfica

En cada una de las estaciones del track del crucero se llevó a cabo mediciones de temperatura, conductividad, oxígeno disuelto (**) y fluorescencia de la columna de agua, empleando un CTD Seabird 19 plus V2. Con este equipo se realizaron perfiles desde la superficie hasta 100 m de profundidad. Además, como complemento y para tener una visión preliminar inmediata a bordo durante el crucero, se midió la temperatura superficial

del mar (temperatura de balde). Finalmente, y con el propósito de tarsformar las unidades de fluorescencia a unidades de clorofila a, se colectó muestra estratificadas de agua de mar que, lamentablemente, no pudieron filtrarse debido a problemas eléctricos de la embarcación que ocasionaron el malfuncionamiento de las bombas de filtración.

* El inicio de los cruceros es en noviembre debido a que la resolución de autorización para la Pesca de Investigación sólo fue emitida los últimos días de octubre (ver TIMBRE con FECHA; pagina 1 de Anexo 1).

** Problemas con el sensor de oxígen, sin embargo, impidieron obtener valores correctos de concentración por lo que no pudo finalmete obtenerse una adecuada representación de la distribución vertical de esta variable.

2.1.1.2. Colección de muestras de plancton

En el área de estudio, en cada estación de muestreo, muestras de mesozooplancton fueron colectadas verticalmente con dos tipos de red: (1) red PAIROVET (consistente en 2 redes Calvet de 0,05 m^2 de área de boca y trama de 150 µm), y (2) red WP2 con diámetro de boca de 60 cm (aproximadamente 0,283 m^2). Se siguió la metodología estándar utilizada en el Método de Producción Diaria de Huevos, empleada en Chile para anchoveta y sardina común (Cubillos *et al*., 2007, 2011, 2012, etc.), siendo los muestreos se realizados desde la superficie hasta 70 m de profundidad (o hasta 5 m desde fondo en zonas someras).

2.1.1.3 Comparación entre redes de plancton

El objetivo del muestreo en paralelo con dos tipos de redes en las mismas estaciones **(Sobreoferta 2)** fue poder posteriormente comparar la eficiencia de ambos muestreadores, pensando en que eventualmente se pudiera utilizar la red PAIROVET en la X y XI regiones (al igual que en la zona norte y central de Chile) en cruceros de prospección como los del Método de Producción Diaria de Huevos. La red WP2 es de mayor diámetro (60 cm) y consecuentemente, filtra más agua de mar por lance, comparado con la PAIROVET (Calvets). Acorde con esta característica, la red WP2 ha sido empleada en estimaciones de abundancia de huevos en ambientes en que las abundancias de huevos son menores a las típicamente encontradas de anchoveta en zonas de surgencia (por ejemplo, para colectar

huevos de jurel, *Trachurus murphyi*, en zonas alejadas de la costa (Sepúlveda *et al.*, 2009). Concordante con este último punto, para proponer la red WP2 se tomó en cuenta entonces que la información de las abundancias reportadas a la fecha en aguas interiores de la X y XI Región era limitada (y en general bajas) y que además serían particularmente bajas en la XI región dada la menor productividad general del área.

En la X región, los muestreos de ictioplancton se realizaron en ambientes costeros más someros correspondientes a las zonas de prospección acústica con mayor abundancia de los recursos pelágicos en cruceros anteriores. El área estudiada abarcó desde el Fiordo y Seno de Reloncaví (41°52'S) hasta el sector más oriental frente a la Boca del Guafo (43°51'S), subdividiéndose la zona completa en 4 sectores (Seno (incluye Fiordo) de Reloncaví, Costa Continental, Costa de Isla de Chiloé, y frente a la Boca del Guafo) (Tabla 1). En esta región se realizaron 81 estaciones en las cuales se realizó muestreos con redes Calvet y WP2 (0-70 m). Además de estos muestreos en paralelo con los dos tipos de redes, en 5 de estas estaciones (Fiordo y Seno Reloncaví) se efectuó un tercer muestreo pero con redes tipo Tucker Trawl (estratificado: 0-25 m, 25-50 m y 50-100 m) con el objetivo de obtener una visión de la distribución vertical del ictioplancton en zonas en que se esperaba mayor abundancia de ictioplancton de las especies objetivo (complemento a Sobreoferta 12) (Figura 1; ver posición de estaciones de la X región en Tabla 2).

En la XI región, el área de estudio abarcó desde los 43°59'S (norte del Canal Moraleda) hasta 45°51'S (Canal Costa) y se subdividió el área en 3 sectores: sector interno (fiordos), sector intermedio (Canal Moraleda) y sector externo (canales al oeste del Moraleda) (Tabla 1). El número de estaciones fue 47 y el muestreo fue integrado de la columna de agua desde 0 a 70m de profundidad con red Calvet y WP2 (Figura 1; ver posición de estaciones de la XI región en Tabla 3).

Todas las muestras de zooplancton colectadas con los dos tipos de redes fueron preservadas en formalina al 5% tamponada con Tetraborato de sodio (Bórax).

2.1.1.4. Análisis de mesozooplancton e ictioplancton en laboratorio

En el laboratorio, el ictioplancton presente en todas las muestras de los 3 tipos de redes fue separado e identificado, poniéndose atención a la potencial presencia de malformaciones embrionarias en algunos estadios de huevo. Para la separación de los huevos entre especies de sardina en las muestras del crucero de plancton se utilizó combinadamente los criterios de Orellana y Balbontín (1983) para sardina común (0,89–1,1 mm diámetro) y Ciechomski (1971) para sardina austral (1,035-1,170 mm diámetro). En este caso, para separar los huevos de ambas especies, se utilizó los valores extremos de sus distribuciones de talla: tamaños menores a 1 mm fueron clasificados como sardina común y mayores a 1,1 mm a sardina austral. Los valores de diámetro intermedio (1,01 a 1,10 mm diámetro) fueron considerados huevos de Clupeidos. Las larvas de las especies objetivo fueron clasificadas de acuerdo a su estado de desarrollo notocordal (pre-flexión, post-flexión) y luego fotografiadas bajo lupa estereoscópica equipada con una cámara Canon Power Shot, modelo A640, conectada a un computador, y medidas (longitud notocordal en preflexión; longitud total en postflexión) utilizando el programa Image J. Adicionalmente, de las muestras colectadas con red WP2 se identificará y cuantificará el mesozooplancton (grupos funcionales mayores: copépodos, eufáusidos, quetognatos, medusas, ctenóforos, anfípodos, etc.). Los grupos funcionales serán luego clasificados como potenciales presas de larvas de peces (e.g. huevos de eufáusidos, nauplius, larvas apendicularias, copépodos pequeños (<2 mm), etc.) y potenciales predadores (eufáusidos adultos, medusas, quetognatos, ctenóforos, anfípodos, etc.).

Los análisis de distribución horizontal incluyen secciones horizontales (mapas) de distribución de huevos y larvas de las 3 especies objetivo utilizando círculos de tamaño escalado de acuerdo a las abundancias en cada estación (Surfer 8.0). Se realizó este mismo tipo de mapas para los grupos de mesozooplancton correspondientes a potenciales presas y predadores. Para la representación de distribuciones verticales se diagramaron perfiles con las abundancias promedio por estrato de huevos y larvas de las 3 especies objetivo tanto en las zonas de altas abundancias de huevos como en zonas con menores abundancias. Paralelamente, se realizarón secciones verticales con las abundancias de huevos y larvas de las especies objetivo y se determinó la profundidad de los centroides de los huevos y larvas de las 3 especies objetivo en la estaciones ubicadas a lo largo de las transectas señaladas en la sección hidrografía. Mediante ANOVA (si la data sigue distribución normal) o tests no

paramétricos (e.g. Kruskal-Wallis) se determinó si hay diferencias i) en las profundidades de los centroides entre estadios de desarrollo de una misma especies (huevo, larvas pre-flexión notocordal, larvas post-flexión notocordal) así como ii) en las profundidades de los centroides entre las 3 especies objetivo por estadio de desarrollo. Otros análisis de la data de zoo e ictioplancton son mencionados en el Objetivo 3, en que se asocia las características ambientales con las distribuciones de huevos y larvas.

El cálculo de profundidad de los centroides (PC) es:

$PC = \Sigma(N_i Z_i) / \Sigma(N_i)$ (*)

donde N_i es la densidad del organismo en el estrato i, y Z_i es la profundidad media del estrato i.

2.1.2 Información paralela al desarrollo del crucero

2.1.2.1. Temperatura superficial del mar de satélite

La temperatura superficial del mar (TSM) se obtuvo del producto de alta resolución de los satélites infrarrojos (AVHRR, Advanced Very High Resolution Radiometer). Este producto incorpora el método de interpolación óptima para mejorar la falta de datos cerca de la costa (Reynolds *et al*., 2007) y está disponible con resolución temporal diaria y espacial de 1/4°, en http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/sst/griddata.php.

2.1.2.2. Clorofila-a satelital

Las imágenes de la clorofila-a (chl-a) derivadas de satélites se obtuvieron del sensor MODIS a bordo del satélite Aqua. MODIS-Aqua que ofrece una imagen diaria de la zona de estudio (cuando la cobertura de nubes lo permitió) con una resolución espacial de 4 km^2 por píxel en el nadir. Los datos del nivel 1A de MODIS se obtuvieron de la NASA (http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/) y fueron tratados al nivel 3 con el programa SeaDAS 5.1. Este procesamiento incluyó la calibración de la señal espectral, la corrección atmosférica y la aplicación de un algoritmo de banda empírica (OC3) para estimar la chl-a en la superficie del océano.

2.1.2.3. Viento superficial desde satélite

Se utilizó el producto de viento superficial del sensor Seawinds a bordo del satélite QuikSCAT, producido por el Jet Propulsion Laboratory y distribuido por CERSAT (Centre ERS d'Archivage et de Traitement - French ERS Processing and Archiving Facility). Estos datos tienen una resolución temporal diaria y espacial de 0,5° × 0,5° y están disponibles de forma gratuita en http://www.ifremer.fr. El error medio cuadrático de la velocidad del viento es menor a 1,9 m s^{-1} y el de la dirección es de 17° (Piolle & Bentamy, 2002). El análisis climatológico del viento satelital abarcó el periodo desde 1999 hasta 2009, mientras que para el periodo de muestreo se utilizó el producto de viento superficial ASCAT, debido a que QuikSCAT termino su misión en el 2009. El viento superficial de ASCAT tiene una resolución temporal diaria y espacial de 0,25° × 0,25°. Los datos extraídos correspondieron al periodo del 12 al 26 de Noviembre del 2014.

Usando los datos de ambos productos se calculó la componente del esfuerzo zonal (τ_u) y meridional (τ_v) del viento definida por:

$$\tau_u = \rho_a C_d u U_{10} \ , \ \tau_v = \rho_a C_d v U_{10} ,$$

en donde, ρ_a es la densidad del aire (1.3 kg m^{-3}), C_d es el coeficiente de arrastre, *u* y *v* son las componentes zonal y meridional del viento y U_{10} es la magnitud del vector del viento a 10 metros de la superficie del mar. El coeficiente de arrastre varía en función de la velocidad del viento, según:

$$C_d = 0.29 + \frac{3.1}{U_{10}} + \frac{7.7}{U^2{}_{10}} \times 10^{-3}, \text{ para } U_{10} \leq 6ms^{-1}, \quad (1)$$

$$C_d = 0.60 + 0.070U_{10} \times 10^{-3}, \text{ para } \quad 6ms^{-1} \leq U_{10} \leq 26ms^{-1}, \quad (2)$$

El transporte superficial de Ekman, *M* (m^2 s^{-1}) se calculó para cada punto de la grilla de datos del viento satelital por la expresión (Smith, 1968):

$$\vec{M} = \frac{\vec{\tau}}{\rho f},$$

en donde $\vec{\tau}$ es el esfuerzo del viento, ρ es la densidad del agua (1025 kgm^{-3}) y f es el parámetro de Coriolis. Para el computo de la velocidad del bombeo de Ekman, W_E (m s $^{-1}$) se utilizó la siguiente ecuación (Smith, 1968),

$$W_E = \frac{1}{\rho f} \nabla \times \vec{\tau}$$

en donde el $\nabla \times \vec{\tau}$ es el rotor del viento. El rotor del viento se obtuvo mediante diferencias finitas centradas de primer orden, significando la pérdida de un punto de la grilla cerca de la costa. Para solucionar este problema se aplicó el método de interpolación/extrapolación cokriging en dos dimensiones.

2.1.2.4. Registros del nivel del mar

Se utilizaron los datos del nivel del mar de las estaciones de Puerto Montt (72°,961 Sur y 41°,484 Oeste), Puerto Melinka (73°,748 Sur y 43°,898 Oeste) y Puerto Chacabuco (72°,820 Sur y 45°,467 Oeste). Estos datos son colectados por el SHOA, utilizando estaciones automáticas que miden la presión y altura del nivel mar con una resolución temporal de 1 minuto y están disponibles en tiempo real en http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/. Para el presente trabajo se extraerán los registros correspondientes al crucero de estudio. Para el cálculo de la amplitud y fase de la marea se utilizó la metodología descrita por Pawlowicz *et al*. (2002), donde considera además los algoritmos de Godin (1972, 1988) y Foreman (1977, 1978), utilizando álgebra compleja. El error empleado en el análisis armónico fue el lineal, obteniendo la amplitud y frecuencia de los armónicos con 95 % de intervalo de confianza y un factor de error mayor a 1, expresado como SNR (Signal to Noise power Ratio).

2.2 OBJETIVO ESPECIFICO 2

Determinar la distribución, densidad y abundancia de huevos y larvas de pelágicos pequeños, utilizando para tales efectos diversas herramientas de estadística espacial que permitan identificar y delimitar sus zonas de desove.

2.2.1. Área de desove

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

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

- Los límites internos (costeros) son definidos por una versión suavizada de la línea de costa, para evitar extrapolaciones a puntos cercanos a la costa.

- Los límites exteriores son definidos por los puntos finales de cada transecta, pero se agrega una distancia equivalente a la mitad de la distancia entre puntos (estaciones) de la transecta.

- Límites sobre el comienzo y fin del crucero son definidos por los puntos de las transectas externas, pero agregando la mitad de la distancia entre transectas.

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

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

- *mgcv*, es el programa principal para ajustar GAM. Los principales métodos estadísticos y computacionales han sido publicados (Wood, 2003) o están en preparación. El programa representa una notable mejoría del trabajo con GAM, particularmente en relación con: a) selección de modelos automática utilizando GCV o AIC; b) suavizadores multidimensionales utilizando la aproximación "thin plate" (Wood, 2003); y c) modelo de ajuste eficiente y robusto, que permite también ajustar datos altamente dispersos utilizando la distribución binomial negativa.

- *eggs*, permite una estimación GAM-basada del MPDH, incluyendo funciones para: a) ajuste de modelos a datos provenientes de experimentos de incubación utilizando un modelo flexible multinomial; b) asignación de edades a datos de huevos por estadios de desarrollo observados utilizando un nuevo método Bayesiano de asignación de edades, sobre la base del modelo de desarrollo de los datos de incubación y función densidad de

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

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

2.2.1.1. Mapas de probabilidad

Para identificar zonas de desove al interior del área de estudio y precisar los límites de los focos de desove, se confeccionaron mapas de probabilidad utilizando un enfoque geoestadístico para variables indicadores o kriging de indicadores. Para este efecto, se consideró la variable indicadora presencia/ausencia de huevos para cada una de las especies de interés, independiente del tipo de red utilizado. La posición del lance/estación (latitud, longitud) fue transformada al sistema UTM (Universal Transverse Mercator), y sobre la base de esta variable indicadora se resolvió el variograma experimental, i.e.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i}^{n(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2$$

donde $\gamma(h)$ es la semivarianza, *h* es un vector de distancia y dirección, $n(h)$ es el número de pares de observaciones separadas por una distancia *h* y una dirección dada, $z(x_i)$ es el valor de la variable para el *i*-ésimo dato. Las distancias estarán basadas en kilómetros, y se utilizó el paquete "geoR" disponible para el lenguaje y programa R (Ihaka & Gentleman, 1996; http://www.r-project.org).

Una vez calculados los variogramas experimentales se ajustó los modelos que permiten relacionar la estructura observada con el supuesto proceso generador. El modelo (variograma teórico) que caracteriza la distribución espacial de la presencia-ausencia de huevos (probabilidad) se seleccionó sobre la base de mínimos cuadrados ponderados según Cressie (1993). Los modelos considerados fueron:

1. Modelo Matérn (Matérn, 1987)

$$\gamma(h;\theta) = \left(\frac{1}{2^{\kappa-1}\Gamma(\kappa)}\right)\left(\frac{h}{r}\right)^{\kappa} \mathrm{K}_{\kappa}\left(\frac{h}{r}\right) \qquad h > 0, \quad r > 0, \quad \kappa > 0$$

donde κ es el parámetro de suavizamiento del modelo Matérn usado para transformar la estructura original de los datos muestrales a través de la transformación Box-Cox, en una distribución aproximadamente normal.

2. Modelo esférico (Cressie, 1993)

$$\gamma(h;\theta) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ c_0 + c\left(\frac{3}{2}\left(\frac{\|h\|}{r}\right)\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{\|h\|}{r}\right)^3, & 0 < \|h\| \le r \\ c_0 + c, & \|h\| \ge r \end{cases}$$

3. Modelo exponencial (Cressie, 1993)

$$\gamma(h;\theta)=\begin{cases}0, & h=0\\ c_0+c\left(1-\exp\left(-\dfrac{\|h\|}{r}\right)\right), & h\neq 0\end{cases}$$

4. Modelo Gaussiano (Cressie, 1993)

$$\gamma(h;\theta)=\begin{cases}0, & h=0\\ c_0+c\left[1-\exp\left(-\dfrac{3\|h\|^2}{r^2}\right)\right], & h\neq 0\end{cases}$$

donde c_0 es el efecto *nugget*, que caracteriza la variabilidad de microescala, c es el valor asintótico o *sill* del variograma menos el *nugget*, y r es el rango del variograma, más allá del cual los datos ya no presentan correlación.

Una vez que el modelo teórico fue seleccionado, se utilizó *kriging puntual ordinario* para reproducir el proceso estocástico en la región de interés sobre la base de una grilla regular de 0,5 km de tamaño de malla y obtener una estimación de la probabilidad de presencia de huevos en el área de estudio. El indicador de presencia-ausencia permite la estimación de un mapa de probabilidad de una variable dentro de una región, y los supuestos que conciernen a la variable modelada no son requeridos (Bellier *et al*., 2007).

El mapeo geoestadístico se implementó en lenguaje R, con el paquete PBSmapping (Schnute *et al.*, 2010; www.r-project.org), que incorpora la posibilidad de incluir los parámetros del variograma teórico ajustado para la interpolación por kriging. En este mismo programa se puede incluir la grilla de interpolación previamente definida y así construir los mapas de distribución de probabilidad deseados.

2.2.2 Identificación de huevos y larvas

2.2.2.1 Fase experimental en laboratorio.

Esta sección incluye 2 subsecciones: Pesca de Investigación y Experimentos de incubación.

2.2.3 Pesca de Investigación

Para el desarrollo del proyecto se necesitó llevar a cabo durante el periodo de veda, dos actividades que requirieron autorización de pesca de investigación: por una parte, la captura de adultos vivos de las 3 especies objetivo y su traslado a laboratorio para inducción de desove e incubación de huevos y, por otra parte, la realización de un crucero para la colección de huevos y determinación de zonas de desove.

2.2.3.1 Obtención de adultos vivos.

En este contexto se solicitó a la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura autorizar la captura de una (1) tonelada de estos recursos para el desarrollo de esta Pesca de Investigación, según Resolución Exenta Nº 2866 del 28 de Octubre de 2014 (Anexo 1). Además, la resolución la colección de zooplancton (ictioplancton) para la determinación de zonas desove. Ambas actividades (captura de adultos y colección de zooplancton) fueron realizadas con embarcaciones artesanales previamente seleccionadas a partir de un llamado público realizado en el diario El Llanquihue en Septiembre de este año. A las embarcaciones postulantes se les solicitó presentar un listado con el detalle de sus características, registro y permisos de pesca correspondientes. Las embarcaciones seleccionadas fueron Huracán I y Pilficán III y sus antecedentes fueron enviados junto a la solicitud de pesca de investigación a la Subsecretaría de Pesca a fines de septiembre. El armador de ambas embarcaciones es el mismo (José R Herrera Ayacán) y las embarcaciones habían participado en numerosas campañas de investigación pesquera en proyectos FIP y de la Subsecretaría de Pesca (Hidroacústicos pelágicos pequeños en X y XI regiones; Método de Producción Diaria de Huevos en zona central, etc.). La solicitud fue aceptada y la resolución de autorización de Pesca de Investigación fue finalmente comunicada el 28 de octubre (Anexo 1)

2.2.3.2. Colección, traslado y mantenimiento de adultos en Centro experimental.

La pesca de investigación para la obtención de adultos de anchoveta, sardina común y sardina austral (Resolución Exenta N° 2866) se realizó en la X región, utilizándose para esto la embarcación Pilfilcán III. Se efectuaron 5 salidas hacia a la zona de pesca, entre los días 12 al 16 de noviembre (Tabla 4 y Tabla 5) (Figura 2). Todas las salidas y pescas se realizaron durante la noche y en condiciones de mar calmo. Sin embargo, en sólo 2 salidas los peces llegaron en buenas condiciones al centro de cultivo. Durante cada una de las salidas, una vez efectuado el lance de la red de cerco de 200 * 20 brazas, cerrado el copo de la red, y manteniendo la pesca en el mar, se procedió a extraer a través de un chinguillo, los organismos a estudiar, anchoveta, sardina común y sardina austral, trasladándolos a los diferentes bins (estanques) ubicados sobre cubierta. Una primera inspección de la pesca a bordo permitía identificar si la pesca consistido de uno o más (mezcla) de las especies de interés. En 3 de las 5 salidas, la pesca estuvo compuesta sólo de sardina austral. Para la mantención de los adultos en los diferentes bins, se mantuvo un flujo semi-continuo de agua de mar (Figura 3A) y aireación (Figura 3B). Durante su permanencia en los bins se estuvo monitoreando el estado de los peces, eliminándose los individuos muertos y escamas (Figura 3C). El transporte de los adultos desde el barco al centro de cultivo del Instituto Profesional La Araucana (en Chinquihue), se realizó a través de un camión equipado con grúa que permitió la extracción de los bins desde la embarcación en el muelle de Fundación Chinquihue (Figuras 4A, B, C), su ubicación sobre el camión y finalmente su desembarco en el centro de cultivo. Una vez en el centro de cultivo, los peces fueron extraídos desde los bins mediante paletas con mallas colectoras (equipamiento de piscinas), clasificados y depositados en los diferentes estanques preparados para cada especie. Los estanques fueron circulares, plásticos, de 2-3 m^3 de volumen, presentan circulación continua de agua de mar no-filtrada y estaban equipados con aireación continua y cubiertos con mallas negras tipo raschel para protegerlos de la luz (Figuras 4D, E). La temperatura de los estanques así como su saturación de oxígeno fueron monitoreadas permanentemente durante su permanencia en cautiverio.

2.2.3.3. Muestreo biológico de los adultos colectados en salidas de pesca.

En el marco de las actividades de colecta de adultos de las especies objetivos para su traslado en condiciones a laboratorio para inducción de desove e incubación de huevos, se procedió a realizar muestreos biológico específico de la captura de cada fecha con el fin de evaluar la estructura de tallas, y de obtener indicadores de actividad reproductiva: estado de madurez sexual macroscópico (EMS) e índices gonadosomáticos (IGS), además de curvas de relación longitud-peso, para las 3 especies (n total = 396) a saber;

Sardina austral (n = 200).
Sardina común (n = 100).
Anchoveta (n = 96).

Cada ejemplar colectado fue medido para determinar su longitud total (± 0,01 cm) y pesado (± 0,01 g). Los ovarios fueron removidos, pesados y clasificados de acuerdo a una escala macroscópica empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales adaptada de Holden y Raitt (1975) de cinco puntos a saber (Tabla 6); Estado I (inmaduro, translúcido), Estado II (virgen madurando y en recuperación), Estado III (maduro), Estado IV (hidratado), y Estado V (desovado y en regeneración).

2.2.4. Experimentos de Incubación

Para la captación de huevos desde los estanques que contenían los adultos de cada especie, se utilizaron colectores (baldes cubiertos con un tamiz de 300 μm) localizados al costado de los estanques (Figura 4F). Se monitoreó regularmente (cada una hora) la presencia de huevos en los estanques y colectores (Figura 5A). Una vez producido el desove, se seleccionaron huevos viables (fecundado) por especie (Figuras 5B, C, D, E) y se distribuyeron en los incubadores y baño termoregulado (Figura 6) en frascos circulares de vidrio (1 litro) y placas de cultivo de 6 pocillos (wells) (Figura 7).

2.2.4.1.- Descripción de los criterios morfológicos de separación de huevos entre las dos especies de sardinas.

El objetivo de estas incubaciones era determinar si durante el desarrollo de las dos especies de sardina pudiera observarse algunas estructuras morfológicas que permitieran diferenciar entre especies. Lamentablemente, después de 5 salidas a colectar adultos, sólo se consiguió desove de sardina común (y anchoveta), y un número pequeño de huevos no fecundados de sardina austral, por lo que la comparación de criterios morfológicos fue posible solo a nivel de *tamaños de huevos* entre ambas especies de sardinas, pero no a nivel de morfología de los embriones. Acorde a lo anterior, en esta sección sólo se describe la morfología de los huevos de sardina común obtenidos en el centro de cultivo. Sin embargo, como complemento adicional (no propuesto originalmente) y con la intención de aumentar nuestro conocimiento de la variabilidad de los caracteres morfológicos entre zonas de desove, se incluye una comparación de la morfología de los huevos de sardina común entre huevos colectados e incubados a la temperaturas similares en la zona de Talcahuano (11,5 ^{o}C) y Puerto Montt (11 ^{o}C este estudio).

2.2.4.2. Caracterización del desarrollo embrionario de las especies objetivo en 11 estadios para su potencial uso en el MPDH

Para la caracterización de los 11 estadios **(Sobreoferta 4)**, se utilizaron los huevos fecundados de anchoveta y sardina común. Bajo lupa, se seleccionaron aquellos huevos que se observan sanos sin pérdida de transparencia. Posteriormente, se depositaron grupos de 5 huevos en cada pocillo de placas de cultivo de 6 wells (capacidad de 12 ml), con agua de mar filtrada (0,5 µm) y esterilizada (UV). La temperatura para la incubación fue 12°C manteniéndose constante en una cámara de incubación. Adicionalmente se montaron 100 huevos en un frasco de vidrio de 1L con agua de mar filtrada (0,5 µm) y esterilizada (UV) (Tabla 7).

Se monitoreó la incubación cada 5 horas y se observaron bajo lupa el desarrollo embrionario de los huevos contenidos en cada uno de los pocillos de las placas de cultivo. Los huevos contenidos en cada pocillo fueron fotografiados para su posterior análisis y medición utilizando el software Imagen J (versión 1.33U). Las imágenes fueron obtenidas mediante una cámara digital (Canon Power Shot, modelo A640) (Figura 8). Desde el frasco

de 1L se retiraron también 5 huevos, los cuales fueron fotografiados y posteriormente fijados en formalina al 5%.

2.2.4.3. Diferenciación entre huevos de sardina común y sardina austral, a partir de los tamaños de ovocitos en el ovario.

Estudios preliminares en otros Clupeiformes (anchovetas) habían determinado que las diferencias en tamaño de huevos colectados en el plancton entre poblaciones ubicadas en distintas latitudes, ya se manifestarían a la forma de diferencias en tamaño de ovocitos en el ovario (Leal *et al*., 2010) **(Sobreoferta 6)**. Acorde a lo anterior y con el objetivo de determinar si existían diferencias en tamaño de los ovocitos entre sardina común y sardina austral desde los estados de ovocito dentro del ovario, se procedió a analizar los ovocitos de ambas especies obtenidos a partir de las gónadas obtenidas en los muestreos biológicos de los especímenes adultos colectados en terreno, para los experimentos de desove en cautiverio. Para tal efecto, se registró la longitud total de cada ejemplar, medido en un ictiómetro con una precisión de 0,1 cm, y el peso total, peso gónada, mediante la utilización de una balanza con una precisión de 0,01 g. Luego, posterior a la fijación, en laboratorio los ovarios se deshidrataron e incluyeron en paraplast, y luego se efectuaron cortes histológicos de 5 micrones de espesor, los que fueron teñidos con hematoxilina y contrastados con eosina. Finalmente, se montaron con entellan en portaobjetos y se les efectuó su lectura y análisis.

En total, se diagnosticó 46 ejemplares de sardina común y 142 de sardina austral. Se midieron 27 ovocitos vitelados mediante análisis de imagen digital, correspondientes a 10 placas histológicas (hembras) de sardina común y 12 ovocitos correspondientes a 5 hembras de sardina austral. La medición correspondió a los ovocitos de mayor tamaño y núcleo central, de forma de asegurar un plano de corte central. También se midió el espesor de la zona hialina, futuro precursor del corion del huevo. Paralelamente, en ejemplares con gónadas en estadio de núcleo migrante (3 ejemplares de sardina austral y 3 de sardina común) se efectuaron mediciones en ovocitos enteros, para lo cual se disgregaron los ovocitos de una porción de tejido ovárico y luego medir su tamaño mediante análisis de imagen (Software Image J).

2.2.4.4. Cambios en tamaño de huevos de sardina común asociados a diferencias de salinidad: aproximación experimental

Con la idea de probar si los volúmenes de los huevos eran modificados con los cambios de salinidad en el medio (Landaeta *et al*., 2011), se incubaron huevos recién fecundados y ovocitos hidratados de sardina común (extraídos de gónadas hidratadas) y huevos no fecundados de sardina austral. (Sobreoferta 8).

Para el montaje de los experimentos planificados se contó con reproductores de ambas especies dispuestos en estanques provistos de un colector de malla fina para la recolección continua de los productos de desove de las hembras (Figura 9A, B). En la sardina común se obtuvieron huevos fecundados provenientes de los desoves naturales ocurridos los días 16 y 18 de noviembre (Figura 9G). Adicionalmente, en esta especie se pudo obtener ovocitos no hidratados desde las gónadas de hembras maduras destinadas a análisis histológico (Figura 9F). En el caso de la sardina austral sólo se contó con ovocitos desovados no fecundados (18.11.2014); los cuales en este informe serán nombrados como huevos no fecundados (Figura 9E).

Con anterioridad al montaje de los experimentos se preparó un set de cuatro salinidades (20, 25, 30, 35) mediante la adición de agua destilada a agua de mar filtrada 0,5um y pasada por filtro UV. La salinidad fue cuantificada con un refractómetro digital (Hanna). Estas soluciones fueron trasvasijadas tanto a placas de cultivo como frascos de 1L, dependiendo del experimento a realizar. Posteriormente, estos envases fueron instalados en cámaras de incubación a una temperatura constante de 12 °C (Figura 9C, D).

Los controles de observación de los ovocitos y huevos se realizaron cada 5 horas abarcando un tiempo total cercano a las 100 horas para huevos y 20 horas para ovocitos. En cada control los huevos y ovocitos fueron fotografiados con una cámara digital (Canon Power Shot, modelo A640) adosada a la lupa, utilizándose un aumento de 3,5X (Figura 9C).

Para el caso de sardina común los huevos (N = 100) del desove del 16 de noviembre, fueron incubados en frascos de 1L, extrayéndose en cada control 5 huevos, los cuales fueron fotografiados y posteriormente fijados. En cambio en el desove del 18 noviembre, los huevos (N = 10) fueron incubados en pocillos de placas de cultivo (Figura 9D),

realizándose un seguimiento de su desarrollo con su respectivo registro fotográfico en cada control. La Figura 9H sintetiza cada uno de los experimentos realizados.

Las imágenes obtenidas en cada uno de los controles se analizaron con el programa Image J, en el cual se midieron su diámetro mayor y menor para posteriormente obtener el volumen a través de la siguiente función elipsoide (Castro *et al*., 2010):

$$v = \frac{4}{3} * \pi * \left(\frac{a}{2}\right) * \left(\frac{b}{2}\right)^2$$

donde *v* es el volumen (mm^3), *a* es el eje mayor y *b* es el eje menor.

Posteriormente, los huevos fijados en cada experimento fueron fotografiados en el Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL) de la Universidad de Concepción, con el fin de obtener nuevas estimaciones del volumen. Con esta información se evaluó el potencial efecto del fijador en el volumen de los huevos. Al procesar las imágenes para su medición, tanto de huevos vivos como fijados, no fueron considerados aquellos no viables (anómalos) o con deterioro en el corion. (Vásquez *et al*., 2010).

Análisis estadísticos

Variaciones inter e intra-específicas.

Previo al análisis del efecto de la salinidad en el volumen de los ovocitos y/o huevos, fue necesario realizar comparaciones a nivel inter e intraespecífico en esta variable. En sardina común se comparó entre desoves (16 vs. 18 de noviembre) utilizando la primera secuencia de fotografías (N= 20 para ambas fechas) lo que correspondería al estadio II del desarrollo embrionario (Sepúlveda *et al*., 2000). A nivel interespecífico, se comparó tanto los volúmenes por separado los huevos de cada uno de los desoves versus ovocitos de la misma especie y huevos no fecundados de sardina austral.

Efecto de la salinidad

Para evaluar el efecto de la salinidad en el volumen de huevos y/u ovocitos se utilizó un ANOVA considerando las cuatro salinidades experimentales (20, 25, 30, 35). Dado que se conoce que la permeabilidad de corión varia a largo del desarrollo embrionario, para la comparación del efecto de salinidad entre especies se consideró para sardina común sólo el volumen de huevos en estadio temprano (estadio II) versus el volumen de los huevos no fecundados de sardina austral y al comparar al interior de la especie entre desoves: 16 noviembre (N = 20) y 18 noviembre (N = 20). Igual criterio fue considerado al comparar entre ovocitos (N = 60) y huevos de sardina común y entre especies (común vs. austral).

Variación entre estadios de desarrollo

Para evaluar el efecto de la salinidad en las distintas etapas de desarrollo se consideraron ambos desoves de sardina común. En cada caso se realizó un análisis de varianza en el total de los datos (18,11 N = 289; 16,11 N = 129), además se separó estos en estadios tempranos (estadio II al IV, 18,11 N = 136; 16,11 N = 99) y en estadios tardíos (estadio V al XI, 18,11 N = 153, 16,11 N = 30) (Sepúlveda *et al*., 2000). En el caso del desove del 16,11 no fueron considerados los volúmenes de la salinidad 35 (N = 2).

Efecto fijación

Para evaluar si existe un efecto del fijador (formalina 5%) que influya en el volumen de los huevos, se comparó los volúmenes de los huevos de sardina común del desove del 16/11/2014 pre (N = 129) y post fijación (N = 123).

Previo a la realización de los análisis considerados en este estudio, se procedió a la verificación de normalidad (Test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Test de Bartlett). Para los análisis mayoritariamente se consideró ANOVA, pero en el caso de no darse alguna de estas condiciones se optó por estadística no paramétrica (Kruskal-Wallis). Los análisis de normalidad, homogeneidad de varianza, ANOVA y Kruskal-Wallis se realizaron en el programa R (versión 3.0.1) utilizando la librería *stats*. Las comparaciones múltiples "a posteriori" del test Kruskal-Wallis se realizaron con la librería *pgirmess* (http://giraudoux.pagesperso-orange.fr/). En todos los análisis se consideró que las diferencias eran significativas con un valor-p <0,05.

2.2.4.5. Cambios en tamaño de huevos común asociados a diferencias de salinidad: aproximación con data de terreno.

Paralelo a las actividades experimentales de laboratorio, y con el fin de explorar si existía alguna relación entre el volumen de los huevos de sardina común y sardina austral y la salinidad durante los muestreos llevado a cabo en el presente estudio en 2014 (Sobreoferta 9), se determinó el volumen de cada huevo colectado en terreno y se construyeron regresiones lineales con la salinidad promedio del estrato entre superficie y 50 m de la estación de procedencia del huevo.

Paralelamente (adicional, no propuesto en proyecto original), para explorar si existía diferencias en el volumen del huevo entre latitudes o longitudes (como proxi de cercanía a potenciales glaciares o fuentes de agua dulce; mayor aporte hacia el sur y hacia el este, respectivamente) de procedencia de las muestras en el presente estudio en el 2014, se utilizó ANOVAS o Kruskal-Wallis dependiendo de si la data presentaba una distribución normal. Para determinar si existía normalidad, se utilizó el test de normalidad (Shapiro-Wilk) y el test de homogeneidad de varianza (test de Bartlett). Los análisis de normalidad, homogeneidad de varianza, ANOVAS y Kruskal-Wallis se realizaron en el programa R (versión 3.0.1) utilizando la librería *stats*. En el proyecto, sin embargo, se había propuesto una evaluación del potencial efecto de distintas características del medio (salinidad, temperatura, densidad, clorofila a, etc.) sobre los huevos mediante *GAMs* (Modelos Aditivos Generalizados) determinadas durante el crucero de este estudio. Esta evaluación, sin embargo, es también parte de otra sección del objetivo 3 por lo cual, y para evitar repeticiones, se prefirió presentar los GAMS en detalle en esa sección y presentar en esta sección resultados más relacionados con salinidad, ya que esta es la variable objetivo en este caso.

2.3 OBJETIVO ESPECIFICO 3

Determinar la heterogeneidad espacial en la composición y abundancia del ictioplancton (huevos y larvas) a partir de la presencia/ausencia y distribución (vertical y horizontal) y su relación con las condiciones oceanográficas (temperatura, salinidad, estratificación de la columna de agua).

2.3.1. Heterogeneidad del ictioplancton en zona de estudio

El análisis de la información oceanográfica colectada durante el crucero y descrita en el objetivo 1, permitirá describir la heterogeneidad en condiciones ambientales en las zonas de mayor agregación y zonas con menor abundancia de ictioplancton. Además de las características hidrográficas, se ha incluido características biológicas del ambiente tales como abundancia de fitoplancton (medido como clorofila a) y zooplancton. Con el objeto de ampliar la información ambiental biológica que ejemplifique la heterogeneidad espacial disponible del ambiente, en este objetivo se propone describir la composición y abundancia de la comunidad ictioplanctónica en las zonas de mayor abundancia de huevos de las especies objetivo así como en áreas de poca abundancia de ellos. En particular se determinará las especies presentes en estadios huevo y larva, se estimará las diferencias entre zonas en riqueza específica, y se clasificará el ictioplancton en términos de especies oceánicas y de aguas interiores, para determinar si las zonas de desove de peces pelágicos pequeños son compartidas como zonas de desove por especies provenientes de otras zonas.

2.3.2. Estadística espacial

Una segunda aproximación sobre análisis de heterogeneidad del ictioplancton dice relación con los datos generados sobre las especies objetivos, en particular el análisis basado en la información de presencia-ausencia. Como se describió en el Objetivo Específico 1, el mapa de probabilidad permite indagar en los límites y discontinuidad de las zonas de desove tal que permite identificar estratos geográficos, que pueden ser homogéneos. Para evaluar la homogeneidad se consideran dos enfoques estadísticos:

a) Análisis estructural geoestadístico, y

b) Prueba de homogeneidad

El análisis estructural consiste en evaluar la anisotropía de un foco de desove o un estrato geográfico que sea considerado *a priori*. Variaciones en el rango y el sill permiten caracterizar la homogeneidad de las agregaciones en términos estructurales espaciales.

Por otra parte, en las poblaciones biológicas el número de individuos sigue una distribución diferente a la normal. Para el caso de variables discretas o continuas, la varianza puede ser tratada como una función de la media y ha menudo modelada como proporcional a μ^p para algún valor de *p* entre 1 y 2. Se utilizó Modelos Lineales Generalizados (MLG) como una herramienta flexible para tomar en cuenta explícitamente el tipo de distribución estadística (Poisson, binomial negativa, gamma, Tweedie). A su vez, los MLG permiten linealidad sobre otras escalas que la escala identidad, por ejemplo logaritmos, logit, probit, recíproca, otras. En MLG las observaciones independientes $(Y_1, Y_2, \ldots, Y_n)$ provienen de una función de densidad de la familia exponencial, parametrizada por $\mu_i (i = 1, 2, \ldots, n)$ (la media) y ψ_i (el parámetro de dispersión). De esta manera, se tienen los siguientes casos para el componente aleatorio:

- Normal (μ_i, ψ_i), con varianza proporcional a $\psi_i (\mu_i)^0$.
- Poisson (μ_i, ψ_i), con múltiples ψ_i veces una variable aleatoria Poisson (μ_i / ψ_i), con varianza proporcional a $\psi_i (\mu_i)^1$.
- Poisson compuesta con gamma, con algún valor $1 < p < 2$, y varianza proporcional a $\psi_i (\mu_i)^p$ (la distribución Tweedie).
- Gamma $\left(\frac{1}{\mu_i}, \frac{1}{\psi_i \mu_i}\right)$, con varianza a $\psi_i (\mu_i)^2$.

- Gamma inversa $\left(\frac{1}{\psi_i \mu_i}, \frac{1}{\psi_i \mu_i^2}\right)$, con varianza a $\psi_i (\mu_i)^3$.
- Binomial negativa, con un parámetro *p* que varía.

En el contexto de la inferencia que nos preocupa, a parte de modelar bien la distribución de la variable de interés, el componente sistemático contiene un predictor lineal donde se incorpora los estratos geográficos identificados. La hipótesis nula es que los estratos identificados son iguales, y se trata de rechazar con el objeto de probar que los estratos tienen una abundancia diferente.

2.3.3. Asociación entre distribución de huevos y larvas de especies objetivo y condiciones oceanográficas

Los estados tempranos de pequeños pelágicos han presentan grandes fluctuaciones en su abundancia lo que puede incidir en la variabilidad del reclutamiento. Tal variabilidad se ha asociado a factores físicos (Castro & Hernández, 2000; Fuiman & Werner, 2002; Rodríguez-Graña & Castro, 2003; Lloret *et al.*, 2004) y biológicos (Daoulas, 1986; Parada *et al*., 2001; Llanos & Castro, 2004; Llanos-Rivera, 2005; Castro *et al*., 2009; Leal *et al*., 2009). Estas asociaciones (hábitat-sobrevivencia) son utilizadas principalmente en estudios de mortalidad y dinámica reproductiva con el medioambiente (Perry & Smith, 1994; van der Lingen *et al*., 2001; van der Lingen *et al*., 2005; Bernal, 2007; Ibaibarriaga *et al*., 2007; Twatwa *et al*., 2005, 2010; Cubillos *et al*., 2011). A pesar de lo anterior, la interacción de estos factores sobre las características de estados tempranos de anchoveta, sardina común y sardina fueguina, no ha sido ampliamente estudiada en la zona sur de Chile. De este modo, es relevante entender y caracterizar las potenciales asociaciones entre el hábitat espacio-temporal con la presencia y tamaños de huevos de anchoveta, sardina común y sardina fueguina de la X y XI regiones para entender cómo potenciales fluctuaciones del ambiente pueden afectar la localización de las zonas de desove, y eventualmente las probabilidades de sobrevivencia de la especies objetivo de este estudio. Para establecer si existe alguna

relación entre las zonas de mayor abundancia de huevos y las variables hidrográficas, en este estudio se utilizarón métodos gráficos y estadísticos.

2.3.3.1. Sobreposición de mapas de distribución huevos sobre características ambientales.

Primero, se procedio a superponer gráficamente las abundancias de cada estadio y especie (círculos de distinto tamaño según abundancia) sobre los mapas horizontales de las variables hidrográficas (temperatura, salinidad, clorofila y estabilidad) obtenidas mediante krigging en Surfer (v.8.0) o sobre las imágenes satelitales de temperatura y clorofila. Paralelamente, la distribución vertical de los huevos y larvas fue representada gráficamente sobreponiendo a las secciones verticales de variables hidrográficas de cada zona, las abundancias de huevos y larvas, representadas también mediante círculos de diferentes tamaños dependiendo de la abundancia en cada estación. Estos procedimientos gráficos han sido ampliamente utilizados para describir distribuciones verticales de huevos y larva peces en la zona misma zona de estudio de esta propuesta (Landaeta & Castro, 2006; Bustos *et al*., 2008; Castro *et al*., 2008; Castro *et al*., 2011).

2.3.3.2. Diagramas T-S

Un segundo método gráfico consistente en la sobreposición de las abundancias de huevos y larvas (círculos escalados de abundancia) sobre diagramas T-S (Checkley, 2000) en que se llevó a cabo la identificación de los rangos de temperatura y salinidad en que mayores abundancias de huevos y larvas ocurre. Este método, sugerido en los talleres de SPACC (Small Pelagics and Climate Change; van der Lingen *et al*., 2005) ha sido empleado tradicionalmente en los proyectos del Método de Producción Diaria de Huevos (DEPM) para estimar los rangos de salinidad y temperatura en que se encuentran huevos de anchoveta y sardina común en la zona central de Chile (Cubillos *et al*., 2010) por lo cual, y adicionalmente a lo solicitado en esta propuesta, se pueden comparar los rangos de estas variables entre las zonas central y zona de estudio de la presente propuesta, así como los

resultados de este estudio con los proyectos previos realizado en esta misma zona el año 2010 (Cubillos *et al*., 2011).

2.3.3.3. Análisis de frecuencia de ocurrencia (Quoting Análisis).

El tercer método combinado (gráfico y estadístico) a llevar a cabo consiste en un análisis de frecuencia de ocurrencia de huevos y larvas a las distintas salinidades y temperaturas (*Single factor Quotient analysis*; van der Lingen *et al*., 2001, 2005; Drapeau, 2004). El método utiliza la temperatura (o salinidad) media de cada uno de los estratos de muestreos de ictioplancton, dividiendo el rango completo de la data de temperatura (o salinidad) de clases iguales y determinando la frecuencia de ocurrencia de cada clase de temperatura (o salinidad). Luego se estima el número de huevos encontrados en las muestras en cada clase de temperatura (o salinidad) y se expresa su frecuencia en porcentaje del número total de huevos colectados en el crucero. Finalmente se estima un cuociente para cada clase de temperatura, entre la frecuencia de ocurrencia de esa temperatura y la frecuencia huevos encontrados en esa temperatura.

El valor de Quotient (Q) se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q_{MC} = \frac{VariableAmbiental(\%)}{NumeroIndividuos(\%)}$$

Se utilizaron dos criterios para evaluar la preferencia y son los siguientes:

a) *Valores con intervalo confianza*: Se basan en la metodología propuesta por Bernal (2007), donde la preferencia se define como valores de la covariable en los que el quotient de la concentración corregida tanto para huevos como larvas, es mayor que uno, o por encima del intervalo de confianza. La *evasión* se presenta cuando el valor de quotient es significativamente menor que uno, es decir, por debajo del intervalo de confianza inferior. Finalmente, el *rango de tolerancia* se establece como el *rango de evasión* no significativa,

mientras que el *rango de preferencia* es significativo. El intervalo de confianza de la distribución, se calculara mediante un remuestreo utilizando el método de Monte Carlo, con el fin de probar la significancia de los valores del Quotient mayor o menor que uno.

b) *Valores sin intervalo de confianza*: Se aplicara este criterio propuesto por Twatwa *et al*. (2005, 2010), cuando el método del cálculo del intervalo de confianza no se puede aplicar (por ejemplo, cuando hay bajo número de estaciones positivas). Este criterio considera como *preferencia* los valores del Quotient mayores a uno. La *evasión* se define cuando el valor de Quotient es menor a uno, es decir evita la marca de clase de la variable ambiental evaluada.

Posteriormente, se realizó un test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (K-S, Zar, 1984), donde se compara las distribuciones de frecuencia acumulada de los huevos y larvas, por intervalos de confianza de la variable ambiental con la curva de distribución de esa variable.

2.3.3.4. Modelos Aditivos Generalizados (GAMs).

Para la evaluación de las potenciales relaciones entre las abundancias de huevos y larvas de anchoveta, sardina común y sardina fueguina, con las características ambientales físicas y biológicas se utilizarón modelos aditivos generalizados (GAMs). Las variables ambientales que se incorporaron en los modelos son salinidad, temperatura, estabilidad de la columna de agua, abundancia de fitoplancton (estimado como clorofila a) como alimento larval. Modelos aditivos generalizados (GAMs) con estas variables han sido utilizadas exitosamente en zonas de surgencia para caracterizar el hábitat de desove de anchovetas en la zona central de Chile donde se logró asociar zonas positivas en abundancia de huevos con altas abundancias de alimento y escaza presencia de predadores gelatinosos (Méndez, 2007), lo cual concuerda con las hipótesis de “sitios seguros” (Frank & Leggett, 1984) propuestas para otros peces pelágicos del hemisferio Norte (Capellin).

2.3.3.5. Modelación de transporte/retención de huevos y larvas.

Contar con información sobre las zonas de desove y crianza en peces de importancia comercial es necesario tanto para poder identificar y entender posibles causas de variaciones en reclutamiento de los peces a las pesquerías así como para la elaboración de estrategias de administración y manejo pesquero. En este contexto, los modelos biofísicos han sido aplicados principalmente al estudio de estados tempranos de vida de especies de peces marinos, abarcando problemáticas relacionadas con transporte (Parada *et al*., 2008; Parada *et al*., 2012; Soto-Mendoza *et al*., 2012), retención (Llett *et al*., 2007; Brochier *et al*., 2008a; Brochier *et al*., 2008b), sobrevivencia (Brickman *et al*., 2001; Parada *et al*., 2003), mortalidad y crecimiento (Brickman *et al*., 2001; Mullon *et al*., 2003; Parada *et al*, 2003), así como también en estudios de factores (período y zona de desove) que determinan estos procesos (Hugget *et al*., 2003). En la zona central de Chile, se ha encontrado que las zonas y el periodo de desove tienen un efecto en el crecimiento y sobrevivencia de los estados tempranos de vida de *E. ringens*, donde leves variaciones en la trayectoria de huevos y larvas, podrían significar la diferencia entre el éxito y el fracaso de pre-reclutamiento (Soto-Mendoza *et al*., 2012; Parada *et al*., 2012). En este sentido, es relevante entender y determinar la distribución temporal y espacial de huevos y larvas de las especies objetivo de la X y XI regiones para lo cual la aplicación de herramientas numéricas de modelación biofísicas podrían ayudar entender su dinámica de transporte/retención en la zona de aguas interiores de estas regiones. La modelación de transporte/retención de huevos y larvas se lleva a cabo mediante la integración de Modelos ROMs e Ichthyop, los cuales son descritos con más detalle en las próximas secciones (Sobreoferta 10).

En una primera sección se detalla el dominio del modelo ROMs y las fuentes de información (TSM satelital, data in-situ de temperatura y salinidad del mar, altimetría satelital) utilizada para la validación del modelo hidrodinámico. La segunda sección entrega una recopilación acabada de la data biológica, ecológica y pesquera de la anchoveta en la zona, especie objetivo para la cual se propuso desarrollar el modelo ICTHYOP. En esta sección se detallan los parámetros biológicos a utilizar en el modelo, se describe conceptualmente el modelo y se entregan las condiciones iniciales del mismo. Además de

utilizar este modelo (IBM) para evaluar el transporte y distribución de los estados tempranos de anchoveta, y en el mismo contexto, se desarrollarán modelos de tasas de desarrollo de los huevos y de crecimiento larval. Finalmente, se señala como se realizarán los experimentos de modelación consistentes en describir y comparar la distribución y abundancia (%) de huevos y larvas entre las salida del modelo y datos reales.

2.3.3.5.1. Modelo ROMs.

El modelo ROMS desarrollado para este proyecto fue configurado para el dominio 34°-48° Sur y entre los 70°-78° Oeste. La figura 10A muestra el dominio correspondiente con el área de estudio del proyecto, abarcando desde el mar interior de Chiloé y aguas oceánicas adyacentes, hasta el Golfo de Penas. En la propuesta inicial se propuso el modelo "ROMS-Sur Austral 1" con el dominio 42-47° S y 71-80°W. Sin embargo, en el tiempo que la propuesta se mantuvo en evaluación, se desarrolló un mejor modelo (ROMS-Sur Austral 2, validado para este proyecto) que amplió su domino más hacia el norte, 34° S y hacia el sur 48°S. En este modelo quedo representado el canal Chacao que en el anterior no estaba incluido en el dominio, mejorando notablemente los ejercicios de dispersión de partículas. En los modelos, la capa esponja se define como las áreas activas de elevada viscosidad y difusividad cerca de las fronteras laterales abiertas. En el presente caso, como la simulación es 1/9º tiene aproximadamente 12 km entre punto y punto de grilla, asignamos 150 km de capa que significaron 13 puntos de grilla.

El modelo ROMS fue corrido por 10 años y es del tipo climatológico, esto quiere decir que ROMS reprodujo las mismas condiciones estacionales de las variables oceanográficas físicas durante 7 años ROMS, después de un periodo de estabilización del 3 años. Entonces, los años del 4 al 10 pueden ser usados para estudiar los procesos oceanográficos de la región, así como utilizarse para acoplar este modelo a modelos de derivas de partículas que usan entrada en 3D de las propiedades físicas del océano y de mares interiores (Figura 10B). La resolución temporal de las salidas es de 3 días y la espacial de 9 km, en 32 niveles verticales sigma desde la superficie del mar hasta el fondo. La resolución temporal de 3 días es diferente al ROMS-Sur Austral 1 (1 días), sin embargo, esto no fue una limitante

para acoplar estas salidas al modelo IBM, pues el modelo IBM realizó interpolaciones diarias de los datos, quedando resuelta esta escala temporal. Debido a la limitación temporal el proyecto, no se propuso originalmente algún tipo de anidamiento que permitiera aumentar la resolución.

El modelo fue forzado con medias mensuales de variables atmosféricas y condiciones de borde abierto del océano (Colas *et al*., 2005). Para este fin se usó la climatología de la base de datos SODA (Simple Ocean Data Assimilation, http://www.atmos.umd.edu/~ocean/), incorporando los valores medios de la temperatura, salinidad, corrientes marinas y los flujos de calor y agua neta. La velocidad y dirección de viento fue obtenida del satélite QuikSCAT en el periodo 1999-2006. Estos datos tienen resolución temporal diaria y temporal de 50 km x 50 km (Piolle & Bentamy, 2002).

El proceso de validación de las salidas ROMS de este proyecto tuvo como referencias algunos de los manuscritos más relevantes realizados en la región del Pacifico sur-oriental por Penven & Echevin (2005), Montes *et al*. (2010) y Aguirre *et al*. (2012). En estos trabajos se usaron productos similares de satélites, e.j. altimetría de AVISO para validar las anomalías del nivel del mar del modelo, como el usado por nosotros. A continuación se detallan las bases de datos empleadas en el proceso de validación del ROMS Sur-Austral 2.

2.3.3.5.1.1. Bases de datos usadas para la validación

Temperatura superficial del mar

La temperatura del mar en el nivel de superficie se obtuvo del producto de alta resolución de la temperatura superficial del mar (TSM) proveniente de los satélites infrarrojos (AVHRR, Advanced Very High Resolution Radiometer) en el periodo 1999-2006. Este producto incorporó el método de interpolación óptima para mejorar la falta de datos cerca de la costa (Reynolds *et al*., 2007) y está disponible con resolución temporal diaria y espacial de 1/4° (~25 km x 25 km), en http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/sst/griddata.php.

Altimetría satelital

Se usó el producto de topografía dinámica (componente zonal-*u* y meridional-*v* de las corrientes geostróficas absolutas) obtenido de la base de datos en tiempo real y pasado de la misión múltiple de altímetros Ssalto/Duacs elaborada por CNES (Centre National d'Études Spatiales, Francia), (http://www.aviso.oceanobs.com). Este producto se obtuvo de los satélites Jason-1, T/P, Envisat, GFO, ERS-1 y 2 y Geos. La topografía dinámica fue obtenida de la suma de las anomalías del nivel del mar más la topografía dinámica media de Rio05 (Río & Hernández, 2004), que combinó la data altimétrica de 7 años (1993-1999) de la misión GRACE y mediciones in situ (hidrográficas y derivadores). Además, se utilizó el producto de la altura absoluta del nivel del mar por encima del geoide (SSHG-Sea Surface Height Geoide, en sus siglas en ingles). La resolución temporal de ambos productos es diaria y la espacial de 1/4°, abarcando el periodo de 1999 al 2006. Esta base de datos también fue empleada por Penven & Echevin (2005) y Aguirre *et al*. (2012) para validar las salidas estacionales del modelo.

Perfiles in-situ de temperatura y salinidad del mar

Para comparar el comportamiento vertical de la temperatura y salinidad del modelo ROMS, se usó la base de datos in-situ del experimento WOCE (World Ocean Circulation Experiment). Se seleccionaron datos reales medidos in-situ del crucero WOCE y no datos climatológicos de hidrografía como la base World Ocean Atlas, para entender el comportamiento de la temperatura y salinidad del agua. Sin embargo, en este ejercicio cualquiera de las base que se usen son validas si se tiene en cuenta que el periodo de los datos in-situ o climatológicos debe corresponder con el mes de datos de ROMS. En los transeptos a los 38°, 41°, 44° y 48°S se extrajeron los datos de ROMS cercanos y se compararon los perfiles obtenidos por WOCE durante 1993 y 1994. En la sección resultados se muestran todos los gráficos, donde en color rojo aparecen los datos in-situ y en negro los del modelo.

2.3.3.5.2 Modelo ICHTHYOP.

Con el fin de obtener una aproximación sobre el efecto de variabilidad de las condiciones oceanográficas en las zonas desove sobre la distribución y desarrollo de los estadios tempranos de anchoveta en aguas interiores de la X y XI regiones, se utilizará el modelo basado en el individuo (IBM) ICHTHYOP. El modelo ICHTHYOP es una herramienta de modelación que se utiliza para estudiar como los factores físicos y biológicos afectan la dinámica de los estadios tempranos de peces. Este modelo fue desarrollado utilizando una herramienta de visualización y simulación codificada en JAVA y proporcionada por el grupo de modelación del Institut de Recherche Pour le Développement (IRD, http://www.brest.ird.fr/ressources/ichthyop/index.php), modificado de su versión original por Lett *et al*. (2008). Las salidas del ICHTHYOP utilizadas fueron adaptadas para salidas del modelo hidrodinámico ROMs mencionado en la sección anterior basados en el método Langrangeano para trazar la trayectoria de las partículas (transporte). Las simulaciones realizadas con ICHTHYOP consisten en liberar un número de partículas en zonas de desove (obtenidas a partir de data histórica de distribución de huevos) y seguir sus trayectorias hasta zonas determinadas después de un tiempo establecido. Para este estudio, solo se desarrollaron experimentos de transporte durante el periodo de mayor actividad reproductiva (primavera). Las condiciones particulares de la simulaciones corresponden principalmente a las características espaciales de la distribución, abundancia, fecundidad y frecuencia de desove de datos colectados previamente durante el periodo reproductivo (septiembre-noviembre). Posteriormente, se realizó una comparación de la distribución de las partículas entre los años simulados, a través de modelos lineales generalizados (GLM).

En esta sección metodológica se presenta los pasos para el desarrollo del IBM. Primero, se incluye el análisis de la información disponible sobre la historia de vida de la especie objetivo, construcción de tablas con la información ya existente, selección de parámetros a incluir en el modelo, selección de modelos adicionales de tasas de desarrollo de los huevos y de crecimiento larval, luego se realiza la descripción de los experimentos realizados.

En la propuesta original del estudio de transporte de los estadios tempranos solo consideró el desarrolló en anchoveta, debido a que de esta especie se dispone de una serie de tiempo (2002-2011) más completa consistente en la distribución horizontal y abundancia de huevos

y larvas, además de información más detallada aspectos de su desarrollo y distribución vertical. En cambio, para las sardinas común y austral, la información de distribución y abundancia es más limitada y no se han reportado resultados de estudios referentes a la tasa de desarrollo y/o asignación de edad de los huevos ni tampoco se ha profundizado en el crecimiento larval y sus variaciones.

2.3.3.5.2.1. Antecedentes sobre la anchoveta en la zona de estudio

Ciclo de vida de la anchoveta

La anchoveta en aguas interiores de la X región, es considerada por la flota de cerco artesanal, uno de los recursos pesqueros más importantes. Las principales zonas de pesca la conforman el Golfo de Ancud y Seno de Reloncaví, seguido por las zonas de Pichicolo, La Arena, Guar y Raumil (Anaris *et al*., 2006). Esta especie forma grandes cardúmenes costeros, asociados a sectores protegidos y someros tales como en las proximidades de islas o esteros alcanzando hasta 35 mn (Anaris *et al*., 2006; Niklitschek *et al*., 2009). En la columna de agua se sitúa preferentemente entre los 5 y 45 m de profundidad (Niklitschek *et al*., 2009).

La abundancia de anchoveta en otoño de los años 2006 y 2008 fue de 660 y 1.200 millones de individuos respectivamente. La biomasa de esta especie registró valores entre 22.000 y 31.000 ton (Tabla 8; Niklitschek *et al*., 2007, 2009). En primavera del 2008, la biomasa fue de 17 millones de individuos y 28 ton (Tabla 9; Niklitschek *et al*., 2009). La distribución de talla reportada para esta zona fluctuó entre 12 y 21 cm (LT), con una moda principal en 18 cm LT (Anaris *et al*., 2006).

Esta especie se caracteriza por presentar un ciclo de vida corto (Cubillos *et al*., 2001), rápido crecimiento (Cubillos *et al*., 2001; Castillo-Jordán *et al*., 2010) y una tasa elevada de mortalidad natural (0,7 año^{-1}, Arancibia *et al*., 2003). El período reproductivo de la anchoveta en aguas interiores reportada a través de índices, tales como el Índice Gonadosomático (IGS), el peso de la gónada y la madurez sexual, indican que la mayor actividad reproductiva se presenta en el segundo semestre del año, con estados de madurez

avanzada en septiembre – octubre. La presencia de hembras hidratadas o en pleno desove se registran entre septiembre – diciembre, con un máximo entre octubre-noviembre (Anaris *et al*., 2006; Niklitschek *et al*., 2009). La fecundidad parcial fluctuó entre los 2.091 y 10.175 ovocitos hidratados por hembra (Bernal *et al*., 2004; Cubillos *et al*. 2003, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011; Rojas *et al*., 2013). El valor promedio de la fracción diaria desovante fue de 0,139 (Tabla 10), esto muestra que cada hembra desova entre 5 a 10 días (Claramunt *et al*., 2012) y en promedio cada 6 días (Rojas *et al*., 2013). La proporción de hembras fluctuó entre 41 a 78% (Niklitschek *et al*., 2009).

La distribución de huevos en la X región, comprende desde el Fiordo del Reloncaví hasta el Golfo de Corcovado, con las mayores abundancias registradas en el Fiordo de Reloncaví, Seno de Reloncaví, Golfo de Ancud, Fiordo Comau, Fiordo Reñihue, norte del Fiordo de Castro y Golfo de Ancud (> 5000 ind por 10 m^2; Bustos *et al*.,2008a) . Bajas densidades se han reportado para el Fiordo Aysén y el Archipiélago los Chonos, XI región por Castro & Landaeta (2002), Castro (2003), Balbontín *et al*., (2004), Castro *et al*. (2004), Balbontín & Bustos (2005), Castro *et al*. (2005), Bustos *et al*. (2008a) y Castro (2012). Las larvas se distribuyen principalmente desde el Fiordo Reloncaví hasta el Canal Moraleda registrándose las principales agrupaciones en el Fiordo Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo de Ancud, Fiordo Comau, Fiordo Riñihue y Canal Moraleda. Baja abundancia fue reportada en el Golfo de Corcovado (Castro, 2003; Castro & Landaeta, 2003; Balbontín & Bustos, 2005; Castro *et al*., 2005; Bustos *et al*., 2008a).

La distribución de larvas en pre-flexión, comprendió las zonas del Fiordo Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo de Ancud, Fiordo Comau, Fiordo Reñihue y Canal Moraleda. Larvas en post-flexión, exhibieron menos abundancia encontrándose principalmente en el Fiordo Comau y Canal Moraleda (Bustos *et al*., 2008a). La mortalidad diaria de los estadios tempranos de anchoveta fue alta, con valores que fluctuaron entre 0,062 y 0,7 con una media de 0,312 para la zona centro-sur (Tabla 10, Bernal *et al*., 2004; Cubillos *et al*., 2003, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011).

Análisis de data histórica

Distribución de huevos y larvas

A partir de la información de los proyectos CIMAR Fiordos (CF) y SUBPESCA, ejecutados en los años 2002 (CF 8), 2003 (CF 9-2), 2004 (CF 10), 2006 (CF 12-2), 2007 (CF 13-2), 2010 (SUBPESCA) y 2011 (CF 17-2) (Tabla 11), se construyeron matrices geo-referenciadas con las abundancias integradas de huevos y larvas de anchoveta, correspondientes a la X y XI regiones de Chile. Posteriormente, se obtuvo la grilla (34°-48°S / 70°- 78°W) de las salidas del Modelo Hidrodinámico ROMS a través del programa *R* (http://www.r-project.org, Hornik, 2002), el cual integra librerías tales como *ncdf* y *RnetCDF*, que permiten leer archivos con extensión NetCdf. Una vez leídos los archivos, se extrajeron las variables *rho* correspondientes a latitud y longitud. Para la visualización de los archivos (*rho*) y de la base de datos de las estaciones, se utilizó el programa Surfer 10 (Figura 11A). Lo anterior se desarrolló con el objetivo de caracterizar la distribución espacial de huevos y larvas de anchoveta a través de los centroides. El centroide horizontal de cada estadio de desarrollo de anchoveta encontrado a 9km de distancia (basado en resolución de ROMs acoplado a Ichthyop) se calculó como:

Centroide de latitud (C_{lat})

$$C_{lat_i} = \frac{\sum (lat_i w_i)}{\sum w_i} \qquad (1)$$

Donde lat_i es la latitud de estación i y w_i es la abundancia de organismos encontrados en la estación i.

Centroide de longitud (C_{long})

$$C_{long_j} = \frac{\sum (long_j w_j)}{\sum w_j} \qquad (2)$$

Donde $long_j$ es la longitud de estación i y w_j es la abundancia de organismos encontrados en la estación j.

Criterios y recomendaciones generados al momento de construir los centroides:

- Análisis de la abundancia entre octubre a diciembre (periodo reproductivo principal).
- Se agruparon las estaciones cada 9 km (resolución del modelo ROMS) (Figura 11A; Tabla11).
- El cálculo se aplicó para huevos y larvas totales.

Índice Gonadosomático (IGS)

El IGS es una estimación aproximada del estado de madurez gonadal, dado que existe una relación proporcional entre el tamaño corporal y tamaño gonadal. Este Índice permite identificar el período reproductivo (Aranis *et al*., 2006). En esta investigación se utilizó la base de datos del Programa de Seguimiento de la Pesquería Pelágica centro-sur de Chile: Indicadores Biológicos Pesqueros - Indicadores peces y crustáceos a cargo del Instituto Fomento Pesquero (IFOP), y se complementará con información de Aranis *et al*. (2006). De esta serie de tiempo (2007-2013), se obtendrá el ciclo anual reproductivo de la anchoveta. A modo de ejemplo se utilizaron los datos publicados por IFOP en su página web (http://www.ifop.cl/indicadores_web/scripts/php/indicadores.php) que abarcan desde el año 2007 al año 2011. A partir de esta serie de tiempo de escala mensual, se obtuvo la curva del comportamiento reproductivo de la anchoveta en un ciclo anual (Figura 12). Posteriormente, se extrajeron los armónicos de un año, lo que permitió reproducir la señal anual de la actividad reproductiva y se proyectó por 24 meses (2012 y 2013). Como resultado principal, los mayores valores de IGS se presentaron en el período desde octubre a diciembre, con máximo en noviembre de cada año (Figura 12). Para este estudio el objetivo del análisis de serie de tiempo del IGS fue identificar los meses de mayor actividad reproductiva (octubre a diciembre) en el tiempo, y considerarlo como condición promedio. Los resultados obtenidos son similares a lo reportado por Anaris *et al*. (2006), Niklitschek *et al*. (2009) y el Proyecto FIP 2004-39.

Relación longitud-peso

La relación alométrica de crecimiento (longitud-peso) se determina a través de la siguiente expresión:

$$W = aL^b \tag{3}$$

Donde, a y b son parámetros, W es el peso del individuo (gr) y L es la longitud (cm). El ajuste de los parámetros fue estimado a través del método de mínimos cuadrados. Los datos provienen de los lances de comprobación correspondiente al proyecto FIP 2013-11 y los resultados del ajuste de la relación longitud-peso de la X y XI región, se observan en la Tabla 13.

Proporción Sexual

La proporción sexual es un atributo poblacional que se relaciona con la estrategia reproductiva de la población y tiene incidencia sobre el éxito en la producción de nuevas clases anuales. La estimación de la proporción se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$P_{sexo} = \frac{N_{sexo}}{N_{total}} 1 \tag{4}$$

Donde P_{sexo} es la proporción por sexo (hembra o macho), N_{sexo} es el número de individuos por sexo y N_{total} es el número total de individuos (hembras + machos). Los datos utilizados provienen de los proyectos FIP 2007-05 y FIP2013-11.

Se realizó, además, un análisis "x^2" de proporciones con el fin de verificar si existen diferencias en la relación esperada 1:1 entre hembras y machos (Zar, 1984). Los resultados de la proporción sexual obtenidos por región y total, se observan en la Tabla 14, donde se observa que la proporción mantiene la relación 1:1.

Estimación del número de hembras y número de huevos liberados

Para obtener el número poblacional de hembras y el número de huevos liberados, se efectuó lo siguiente:

- Modelo de la relación longitud-peso (ver sección 2.3; Tabla 13): Obtención del peso promedio (gr) por marca de clase de cada región.
- Construcción de la frecuencia numérica por marca de clase.
- Estimación del peso (gr) por marca de clase.
- Estimación de la proporción (%) por marca de clase.
- Estimación de la biomasa total (ton) por marca de clase.
- Estimación del número de individuos en relación a la biomasa total en cada marca de clase.
- Estimación del número de individuos por sexo, en base a los resultados de la proporción sexual (ver sección 2.4; Tabla 14) y fracción inmadura por cada marca de clase.
- Finalmente, se estimó el número de partículas liberadas por las hembras (Tabla 15) en base a la relación fecundidad parcial promedio (Tabla 8), número de hembras (Tabla 15) y fracción diaria desovante (Tabla 10).

2.3.3.5.2.2. Áreas de liberación

Para determinar las áreas de liberación, se utilizó la metodología del centroide (ver sección 2.3.3.5.2). Esta contempló la distribución de huevos y larvas totales georeferenciadas de los distintos cruceros (Tabla 11), con el fin de generar las zonas de liberación de partículas, que se utilizaron en los IBMs (Figura 11B; Tabla 16).

Modelo Conceptual

En base a la información obtenida a partir de los centroides de huevos y larvas, la biomasa total de adultos y zona de pesca, adquieren los valores más importantes en el Seno de Reloncaví y Golfo de Ancud (X región) asociados a las corrientes superficiales obtenidas a través de las salidas del modelo ROMS. Podríamos inferir preliminarmente, que estas zonas podrían presentar conectividad (transporte) de huevos y larvas. En la XI región, se observa conectividad entre el Canal Moraleda y los canales del Archipiélago (Figura 13, Tabla 8).

Condición inicial de los IBMs

Los individuos modelados fueron caracterizados individualmente de acuerdo a propiedades particulares y a las interacciones con el medio físico a medida que son transportados (trayectoria de las partículas) (Tabla 8). La información entregada comprende, en términos generales, la biología y la distribución espacial de los adultos y estados tempranos de anchoveta en X y XI región, esta información fue utilizada en la configuración del modelo.

2.3.3.5.2.3. Configuración de los IBMs

Los IBMs desarrollados en ICHTHYOP (A Lagrangian Tool for Modelling Ichthyoplankton Dynamics, versión 3.2b) se utilizarón para evaluar el transporte y distribución de los estados tempranos de anchoveta. Las condiciones particulares corresponden principalmente a las características espaciales de las zonas de desove, además de la distribución y abundancia de huevos y larvas proveniente de datos *in situ* (Figura 14; Tabla 8 y 15).

Las simulaciones se caracterizaron por:

Escala espacial

- Horizontalmente, las zonas de liberación de partículas están condicionadas por las zonas de desove basadas en la información de distribución de huevos-larvas y biomasa de

hembras maduras (Tabla 8 y 10). Se utilizó la grilla del modelo ROMS como referencia para la generación de polígonos o zonas de liberación de partículas. Se integró la información de huevos y larvas de anchoveta durante el periodo reproductivo (octubre a diciembre) para las zonas de liberación utilizando la metodología del centroide (ver sección 2.3), con el fin de inicializar el modelo biofísico.

- Verticalmente, la liberación de partículas ocurre entre la línea de costa hasta 35mn y superficie hasta 100m (Tabla 8).

- La liberación de partículas en cada simulación es homogénea, entre 0 a 100 m de profundidad (Tabla 8).

Escala temporal

- El período de simulación es desde octubre a diciembre (actividad reproductiva principal) (Tabla 8).

- La liberación de las partículas fue realizadas cada 8 días durante el período de la simulación (Tabla 8).

Lo anterior permitió evaluar si la distribución de partículas es afectada por el transporte, a través de índices, tal como:

Índice de transporte: Se define como el número de partículas (huevos/larvas) que se transportan con éxito a las zonas de desove-retención (Tabla 8, 15 y 16). Se considera como éxito el término del estado huevo (7to día) y de la alimentación endógena (14to día). La variable respuesta se expresa como la razón entre el número de partículas que son transportadas con éxito desde las zonas de desove a la zona de desove-retención (crianza) al final de la simulación con respecto al número total de partículas vivas. Cuando la partícula ha alcanzado una longitud de 4 mm (equivalente a 14 días), corresponde al término de la etapa de alimentación endógena (Llanos-Rivera, 2005).

Índice de retención: se define como el número de partículas que se mantienen en las distintas zonas de desove-retención (transporte = 0) (Tabla 8, 15 y 16). El criterio de éxito es aplicado a todas las partículas que se mantuvieron retenidas por más de 2 días en las zonas desove (Tabla 8, 15 y 16). La variable respuesta es la razón entre el número de partículas que se mantienen en las zonas de desove-retención (crianza) con respecto al número total de partículas vivas al final de la simulación.

Índice de mortalidad por advección: se define como el número de huevos/larvas que mueren por efecto de la advección (fuera de las zonas de desove). La variable respuesta es la relación entre el número de partículas (huevos/larvas) que mueren por efecto de los procesos advectivos al final de la simulación, con respecto al número total de partículas muertas (mortalidad natural, Tabla 8, 10, 15 y 16).

2.3.3.5.2.4. Descripción de los modelos biológicos

Además del seguimiento de la trayectoria del movimiento de partículas liberadas inicialmente en las zonas de desove, se adicionaron dos modelos: a) Tasa de desarrollo en huevos y b) Crecimiento larval, ambos modelos están desarrollados en función a la temperatura (Tabla 8). Sin embargo, en la zona de investigación (X-XI región), no se han realizado estudios referentes a la tasa de desarrollo y a la asignación de edad de los huevos en *Engraulis ringens*, y tampoco se ha profundizado en el crecimiento larval. En base a lo anterior se utilizaron los datos reportados por Claramunt *et al*. (2007) para huevos (ecuación 5) y Llanos-Riveras (2005) para larvas (ecuación 6).

Modelo de asignación de edad para huevos

El período de incubación de huevos de anchoveta, presenta una relación negativa con la temperatura, es decir, el desarrollo de los huevos se acelera con el incremento de la temperatura (Carmona *et al*., 2001; Soto, 2001; Claramunt *et al*., 2007). La ecuación de asignación de estado de huevos de anchoveta se basa en un modelo exponencial desarrollado por Lo (1985) y ajustado para anchoveta por Claramunt *et al*. (2007). Este

modelo incluye 11 estados de desarrollo donde, $y_{i,T}$ es la edad de huevos de anchoveta del estadio *i* a una temperatura *T*. La ecuación describe el desarrollo en función de la combinación entre la temperatura y estado, y es la siguiente:

$$y_{i,T} = 9{,}214 * e^{(0{,}117*T+0{,}170i)} i^{2{,}331} \tag{5}$$

Modelo de Crecimiento larval

Para la fase larval de anchoveta, se ha descrito que el crecimiento varía con el incremento de la temperatura, encontrando valores desde 0,101mm*día^{-1} a 10ºC hasta 0,368 mm*día^{-1} a18ºC (Llanos-Rivera, 2005). Dichas investigaciones fueron desarrolladas en la zona norte y centro-sur de Chile, sin embargo en la zona de estudio no se dispone de tal información. Por tanto, para el crecimiento larval, se utilizará el modelo de Gompertz (ecuación 6) ajustado por Llanos-Rivera (2005). Este modelo simula el crecimiento desde la eclosión hasta la absorción del vítelo:

$$L_t = 2{,}715 * e^{(0{,}0497*(1-e^{(-gt)}))} \tag{6}$$

La longitud estimada (L_t) es función de la edad (*t*) y *g* es la variable dependiente de la temperatura (ºC). La dependencia del crecimiento con la temperatura en la ecuación de Gompertz se obtiene a través de la siguiente relación:

$$g = 0{,}005 * T - 0{,}017 \tag{7}$$

Donde *g* es el punto de inflexión de la curva y *T* es la temperatura en grados Celsius.

Modelo del Superindividuo

Se utilizó el esquema del superindividuo (Scheffer *et al*., 1995; Megrey & Hinckley, 2001; Bartsch & Coombs, 2004; Soto-Mendoza *et al*., 2012; Parada *et al*., 2013), el cual permite el uso de tasas de mortalidades más realistas en los IBMs debido al incremento del número

de individuos encontrados en cada punto de la grilla. Este enfoque permite establecer que el crecimiento y la probabilidad de mortalidad para cada individuo dentro de un superindividuo, sean iguales. Al comienzo de la simulación a cada superindividuo se le asigna un "contador", indicando los individuos (huevos/larvas) presentes en el superindividuo. El valor de contador del superindividuo *S* al tiempo *t*+1, depende del superindividuo al tiempo *t*, la tasa de mortalidad *r* y el paso del tiempo *t* (ecuación 8)

$$S_{t+1} = S_t \mathrm{e}^{(-rt)} \tag{8}$$

Dos fuentes de mortalidad por advección y procesos naturales, se han aplicado en el modelo usando el esquema de superindividuo. La mortalidad por advección se produce cuando los huevos o larvas se desplazan fuera de cualquier zona de desove. La mortalidad natural se aplica a todos los huevos y larvas que mueren por causas naturales, excluyendo los muertos por advección y temperatura.

Configuración de los experimentos

La configuración del modelo se observa en las Figura 14. Los valores de entrada de cada experimento corresponden a las salidas del modelo hidrodinámico (*i.e.*, temperatura, salinidad y velocidad). Las partículas fueron liberadas en el año 10 del modelo (Tabla 17). El número inicial de la población (superindividuos) corresponde al número de huevos liberados por hembra (Tablas 8 y 15). Se liberaron en forma aleatoria huevos en las distintas zonas de desove (Tabla 8 y 16). Se inició la liberación de partículas cada 8 días de cada mes simulado (10 (octubre), 11 (noviembre) y 12 (diciembre)) (Tablas 8, 17 y 18). La profundidad de liberación fue desde la superficie hasta los 100 m (Tablas 8 y 18). La duración de la simulación fue de 3 meses modelo donde se monitorio la posición, longitud y estado de desarrollo de cada individuo en el IBM (Tablas 17 y 18). Los huevos y larvas modelados estuvieron sometidos a una mortalidad natural (Tablas 8 y 10). El modelo de crecimiento dependiente de la temperatura fue aplicado sólo a los estados de huevos (ecuación 5; Tablas 8 y 17; Lo, 1985) y larvas con vítelo (ecuación 6; Tablas 8 y 17; Llanos- Rivera, 2005).

Se realizó un experimento que consiste en describir y comparar la distribución y abundancia (%) de huevos y larvas entre las salidas del modelo y los datos reales. La configuración del experimento se basó en la sección de configuración del IBM. La simulación se desarrolló en el año 10. La liberación de las partículas fue cada 8 días del 1er día del meses 10 (octubre) hasta el mes 12 (diciembre). El número de partículas y zonas de desove (liberación) se basó en lo encontrado en los años 2002 al 2011 (Figura 11B; Tabla 15 y 16). La liberación vertical fue entre 0 a 100m de profundidad. La densidad de la partícula fue constante (1,025 g cm^{-3}) tanto para huevos como larvas (Figura 14; Tablas 8, 16, 17 y 18).

2.3.3.6. Mapeo y Análisis de la data histórica sobre distribución horizontal de huevos y larvas de las 3 especies objetivo en la zona de estudio.

La presente sobreoferta (Sobreoferta 11) propone proporcionar mapas de distribución horizontal de huevos y/o larvas de las tres especies objetivo a partir de la data disponible de cruceros del Programa CIMAR, proyectos del Fondo de Investigación Pesquera o de la Subsecretaría de Pesca, en la Patagonia Chilena. Parte de esta información ya ha sido publicada en revistas científicas, en libros de resúmenes del los talleres del Programa CIMAR, en libros de resúmenes de congresos de Ciencias del Mar y en informes de proyectos FIP o Subsecretaría de Pesca, encontrándose en general, muy dispersa por lo que no puede obtenerse una idea clara de posibles cambios de distribución inter-anual o de posibles variaciones inter-estacionales en algunos casos, ni tampoco se tiene una visión ampliada de la distribución general de los huevos y larvas de las 3 especies a lo largo de toda la Patagonia. Para la diagramación de los mapas se utilizó los mismos métodos señalados para el primer objetivo (Surfer 8.0).

2.3.3.7. Diagramación y Análisis de la data histórica sobre distribución vertical de huevos y larvas.

Análogo a lo señalado en la sobreoferta anterior, en esta sección se propone entregar una recopilación de la información existente de la distribución vertical de huevos y larvas de las especies objetivo en aguas interiores de la Patagonia chilena (Sobreoferta 12). Dentro de esta sección se documentará los rangos de distribución vertical del ictioplancton en distintas zonas y las profundidades principales de agregación de huevos y larvas por zonas. Paralelamente, se documentará el efecto de factores físicos, ontogenéticos y bioquímicos asociados al desarrollo de los huevos y larvas que ya han sido estudiadas en las 3 especies objetivo en canales y fiordos Patagónicos. En particular, el equipo proponente de este estudio cuenta con información del efecto de las mareas y ondas internas sobre la distribución vertical del ictioplancton, información de los cambios en distribución vertical de los huevos y larvas durante los distintos estados de desarrollo, así como información de los cambios de densidad de los huevos durante el desarrollo embrionario lo cual afecta su distribución vertical y sus posibilidades de transporte horizontal a lo largo de los canales y fiordos.

2.3.3.8. Elaboración de un manuscrito para publicación en revistas científicas.

Con la información generada en el presente estudio se está elaborando un manuscrito científico a ser enviado a una revista de corriente principal sobre factores ambientales físicos y ontogenéticos que afectan la distribución de huevos de las especies objetivo en la zona de estudio. Ese manuscrito será entregado junto al informe final del proyecto, según se planificó en la propuesta original (Sobreoferta 13).

3. SOBREOFERTAS ORIENTADAS A UNA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS

3.1. MUESTREO BIOLOGICO DE LOS ADULTOS PARA FOLICULOS POST OVULATORIOS EN *Sprattus fuegensis*

Para obtener una definición del tiempo asociado al proceso de reabsorción de los FPO (Asignación de edad del FPO) se utilizó la metodología que involucra desove de ejemplares en cautiverio. En este caso, se utilizaron los individuos capturados y mantenidos en estanques con agua circulante, los mismos utilizados para obtener los huevos para experimentación. El procedimiento general consistió en ir monitoreando continuamente la presencia de huevos en el agua de los estanques para detectar el inicio del desove y cuando este ocurrió, proceder a colectar hembras desde los estanques para registrar su condición reproductiva, disección y colección de tejido ovárico, al inicio y luego cada 6 horas (muestreo biológico completo). El número a de individuos sacrificados fue 20 en cada muestreo. Sin embargo, y tal como se señaló anteriormente, luego de 5 salidas a colectar adultos en terreno y luego de mantener individuos de las tres especies en cautiverio, sólo se pudo obtener desoves de anchoveta y sardina común por lo que no se podo hacer el seguimiento de los folículos post-ovulatorios de sardina austral (Sobreoferta 7).

3.2. ESTIMACION DE LA PRODUCCION DIARIA Y TASA DE MORTALIDAD DIARIA DE HUEVOS

La producción diaria de huevos corresponde al número de huevos promedio desovados por día, por unidad de superficie, en el área de desove evaluada a través de un crucero de huevos (Picquelle & Stauffer, 1985) (Sobreoferta 3). La producción diaria de huevos, P_0, y su varianza, puede ser estimada de acuerdo con el siguiente modelo de mortalidad:

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

donde P_t es el número de huevos (huevos por unidad de área) a la edad t o tanda diaria de huevos, t es la edad media en días, medida como el tiempo transcurrido desde la hora del desove, P_0 es la producción diaria de huevo por una unidad de área, Z es la tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos. El modelo asume que todos los huevos son fertilizados y desovados a una hora fija, y que todos los huevos experimentan una tasa instantánea de mortalidad constante.

Es relevante establecer los criterios asociados con las colas de la abundancia de huevos. En el caso de la anchoveta, sardina común y sardina austral se descartó todos los datos con una edad inferior a 4 horas después de la hora del desove para evitar sesgos relacionados con el reclutamiento incompleto de huevos al plancton. A su vez, las edades cercanas a la eclosión de las larvas fueron descartadas, ya que podrían producir sesgo en la estimación de la mortalidad y producción diaria de huevos. Esto se debe a que los huevos que eclosionan no es que mueran sino más bien pasa a ser larvas con saco vitelino. Por lo tanto, solamente una fracción de la edad máxima esperada para una cohorte de huevos debe estar representada en el modelo de mortalidad. Todas las edades mayores al 95% de la edad esperada de eclosión serán excluidas para evitar los probables sesgos causados por eclosión incompleta (Somarakis *et al*., 2002, 2004). Los criterios aquí establecidos fueron evaluados en el Proyecto FIP 2006-38 "Mejoramiento del Método de Producción Diaria de Huevos Aplicado en Pelágicos Pequeños" (Claramunt *et al*., 2007), cuyas recomendaciones fueron incorporadas en la estimación de la producción diaria de huevos.

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

$$E\left[P_t\right] = g^{-1}[\log P_0 + Zt]$$

donde $E[P_t]$ es el valor esperado de la densidad de huevos de edad t y el g^{-1} es el inverso de la función del enlace.

En el procedimiento de ajuste, la función del enlace utilizó 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; Ibaibarriaga *et al*., 2008; Bernal *et al*., 2008). La

distribución binomial negativa tiene un parámetro extra (de dispersión), el cual fue estimado iterativamente según los procedimientos de ajuste de Venables y Ripley (2002).

Por otra parte, se utilizó la familia quasipoisson con enlace log con el objeto de comparar los parámetros y particularmente la precisión de los estimados en presencia de un exceso de ceros (sobredispersión) y/o varianza distinta a la media.

Por último, se utilizó la metodología de Cubillos *et al*. (2015) con el objeto de reducir el error estándar de los estimados ponderando por los cambios en dispersión-agregación espacial de las cohortes diarias de huevos. Para ello se calculó el índice de agregación de Lloyd para cada cohorte diaria de huevos, i.e.,

$$P_i = 1 + (\sigma_i^2 \mu_i^{-1} - 1)\mu_i^{-1}$$

donde σ^2 es la varianza de la densidad de huevos y μ es la densidad media de huevos para la i-ésima cohorte diaria. El índice de dispersión-agregación se utilizó para ponderar el ajuste con GLM, familia binomial negativa y enlace log. Este procedimiento no afecta al estimado de P0 ni de Z, pero sí permite reducir el error estándar de los parámetros.

Por último, se estimó los parámetros, log (P_0) y Z con el GLM (familia binomial negativa y enlance log) a la datación con el modelo multinomial (ver más abajo).

En cualquiera de los métodos de estimación, los parámetros, log (P_0) y Z, se estiman como el intercepto y la pendiente del modelo GLM. La varianza de la tasa de mortalidad de huevos se obtendrá directamente del error estándar de la pendiente del GLM y los límites de confianza serán aquellos de los parámetros del GLM. La producción diaria de huevos se estima utilizando el antilogaritmo del intercepto. Se utilizará la biblioteca *MASS* (Venables & Ripley, 2002), escrita para el lenguaje y software R (http://www.r-project.org).

3.3. MODELOS DE DESARROLLO DE HUEVO TEMPERATURA-DEPENDIENTES

Para este objetivo **(**Sobreoferta 5) se incubaron huevos fecundados de anchoveta y sardina común. Bajo lupa se seleccionaron aquellos huevos sanos sin pérdida de transparencia (Figura 5). Para cada especie se depositaron grupos de 5 huevos en cada pocillo de placas

de cultivo de 6 wells (capacidad de 12 ml), con agua de mar filtrada (0,5 µm) y esterilizada (UV). Se incubaron a cinco temperaturas (8°C, 10°C, 12°C, 14°C, 16°C), las que fueron mantenidas constantes en cuatro incubadores y en un baño termorregulado. Adicionalmente para cada temperatura, se incluyó en un frasco de vidrio (1 litro) 100 huevos de anchoveta, con agua de mar filtrada (0,5 µm) y esterilizada (UV).

Los controles de observación y descripción de los huevos se realizaron a distinta frecuencia, dependiendo de la temperatura (mayor frecuencia a mayor temperatura): cada 3 horas a 16°C, cada 4 horas a 14°C, cada 5 horas a 12°C, cada 6 horas a 10°C y cada 7 horas a 8°C. Bajo lupa se observaron los embriones contenidos en los pocillos de las placas de cultivo, registrando el estadio en el cual se encontraron, además, fueron fotografiados para su posterior análisis y medición utilizando el software Imagen J (versión 1.33U). Las imágenes fueron obtenidas mediante una cámara digital (Canon Power Shot, modelo A640) (Figura 8). Desde los frascos de 1L se extrajeron 5 huevos, los cuales fueron fotografiados y posteriormente fijados en formalina al 5%.

A partir de los experimentos de incubación de huevos a temperaturas diferentes (8, 10, 12, 14, y 16 ºC), se procedió al ajuste de dos aproximaciones para obtener un modelo de desarrollo temperatura-estadio específico; a saber:

Método convencional: procedimiento automatizado de Lo

Se utilizó el procedimiento automatizado de Lo (1985) con los modelos temperatura-estadio-dependiente aquí ajustados para calcular la edad en función de la temperatura y el estadio de desarrollo. En el caso de la sardina austral se utilizó el modelo de sardina común. La metodología de Lo (1985) permitió corregir la estimación de la edad al tiempo de la colecta de huevos considerando un tiempo cero que corresponde a la hora del desove. La hora del desove fue 00:00 para anchoveta y 23:00 para sardina común, asumiendo los valores que se utilizan para la zona centro-sur (Claramunt *et al*., 2007). La corrección consiste en ajustar la fracción del día desde la hora del desove hasta la colecta, considerando la siguiente expresión:

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

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

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

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

Modelo multinomial

La estimación de la producción de huevos en especies de peces que muestran una rápida tasa de desarrollo requiere de una estimación de la tasa de mortalidad de huevos utilizando información de todos los estadios de desarrollo de los huevos. El método tradicional agrupa la abundancia de huevos en cohortes considerando su edad, y posteriormente una curva de mortalidad es ajustada a los datos de abundancia de cohortes diarias dada la edad media ponderada (e.g. Picquelle & Stauffer, 1985). Sin embargo, sólo los estadios de desarrollo son variables verdaderamente observadas, y no la edad, y en la literatura se puede encontrar varios procedimientos para estadios de huevos (e.g. Lo, 1985; Bernal *et al*., 2001, 2008; Ibaibarriaga *et al*., 2008). Bernal *et al*. (2001), desarrolló un procedimiento innovativo y estadísticamente fundamentado de asignación de edad, y fue desarrollado e integrado dentro de las rutinas GAM del MPDH. El procedimiento utilizará la misma información que el método tradicional, i.e.

- Información del crucero: abundancia de huevos por estadios de desarrollo, hora de colecta, y condiciones ambientales que afectan la tasa de desarrollo durante la embriogénesis (usualmente la temperatura).
- Información de experimentos de incubación: el desarrollo de los estadios morfológicos de los huevos durante la embriogénesis en función del tiempo y la temperatura.

- Información sobre la dinámica reproductiva de la especie: distribución de la actividad del desove en un ciclo diario.

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

$$p(s \mid a, T)$$

que representa la probabilidad de permanecer en el estadio *s* dada la edad *a* y temperatura *T*. Cuando una especie muestra sincronía diaria en el desove, la información sobre la distribución de la actividad de desove durante el ciclo diario afectará el proceso de asignación de edad. Si el desove ocurre solamente en cierto momento del día, los huevos podrían tener una cierta edad considerando el tiempo transcurrido entre la hora del desove y la observación (hora de colecta). En un caso extremo, si el desove es perfectamente sincrónico (los huevos son desovados a un hora dada del día, e.g. medianoche) y el desarrollo dura hasta la eclosión en un día, los huevos observados pueden tener solamente una edad exacta dada por el tiempo transcurrido entre el desove (medianoche) y la hora de colecta. Si la duración del desarrollo del huevo dura más de un día, entonces una edad promedio aproximada y observada en el experimento de incubación puede ser utilizada para decidir en que noche los huevos fueron desovados, y entonces utilizar el tiempo transcurrido entre el evento de desove y la época del crucero para atribuir una edad exacta. La sincronía del desove puede ser formalizada como una función densidad de probabilidad (pdf) de edad dada la fecha del crucero. Un descubrimiento reciente es que la mortalidad debería ser utilizada para asignar una edad adecuada a los huevos, ya que los huevos más

viejos son menos probables de ser encontrados y así, cuando diferentes cohortes diarias pueden ser asignadas a un huevo, es más probable que éste sea más joven que viejo.

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

$$\hat{p}(a \mid s, T, \tau) \propto f_t(a \mid \tau) p(s \mid a, T)$$

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

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

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

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

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

3.4. PRODUCCION DIARIA DE HUEVOS EN EL AREA DE DESOVE

El área de desove queda definida por el área positiva. La producción diaria de huevos se estimó para el área de desove en cada estrato geográfico, asumiendo independencia entre los estratos geográficos. Con el objeto de estimar la producción diaria de huevos en el área de estudio, se utilizó las recomendaciones de Picquelle & Stauffer (1985) para la post-estratificación. El estrato 0 comprende todas las estaciones fuera del área de desove en las cuales la producción de huevos es en esencia igual a cero. El área geográfica que incluya las estaciones positivas, más aquellas negativas al interior del área de desove, fueron consideradas como el área de desove y estrato 1. Según Picquelle & Stauffer (1985), bajo el enfoque de post-estratificación, la producción diaria total en cada estrato geográfico corresponde a la siguiente expresión:

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

donde: $P_{0,h}$ es la producción diaria de huevos por unidad de superficie para el estrato h, A_h es el área del estrato h (h=0 área negativa, h=1 es el área de desove), y A es el área total

evaluada al interior de cada sector. La varianza de la producción diaria de huevos, puede ser estimada por:

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

donde la varianza del estrato cero es cero por definición.

4. RESULTADOS

4.1.- OBJETIVO ESPECÍFICO 1

4.1.1. Condiciones oceanográficas

4.1.1.1 Información satelital.

4.1.1.2. Temperatura Superficial del Mar de satélite.

Regionalmente, durante el periodo de muestreo la TSM presentó un gradiente meridional con los valores más altos al norte en el sector externo de la zona de estudio (13-15°C), entre los 41-43° S. Los valores mínimos se registraron también externamente en el sur (8-9°C), entre los 46-47°S. En general, este patrón se mantuvo durante todo el tiempo que duraron los trabajos (Figura 15 y 16). Sin embargo, durante los días 16 y 17 de Noviembre 2014 se observó un desplazamiento hacia el norte de la isoterma de 10°C en forma de lengua que llego hasta los 44°S. Hacia el final de los registros (días 20-26 Noviembre 2014) la TSM aumentó en la zona norte y la isoterma de 14°C se desplazó hacia el sur, aumentando también la TSM en el mar interior de Chiloé.

En la zona de aguas interiores, también se presentó un gradiente meridional en la TSM con los valores más altos al norte del mar interior de Chiloé (13-15°C) y los valores mínimos en el sur (10-12° C) frente a la Boca del Guafo, gradiente particularmente evidente durante la segunda quincena de noviembre (Figura 17 y 18). Los primeros días (12-15 de Noviembre 2014) estuvieron caracterizados por temperaturas superficiales bajas en toda la zona estudio (10-12°C). A continuación, la TSM comenzó aumentar, específicamente en el sector norte, donde se alcanzaron valores entre 14-15°C durante los días 20-26 de Noviembre 2014.

4.1.1.3. Imágenes satelitales de color (clorofila a)

Las imágenes de la clorofila-a (chl-a) derivadas de satélites se obtuvieron del sensor MODIS a bordo del satélite Aqua. MODIS-Aqua ofrece una imagen diaria de la zona de

estudio (cuando la cobertura de nubes lo permite) con una resolución espacial de 4 km^2 por píxel en el nadir. Los datos del nivel 1A de MODIS se obtienen de la NASA (http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/) y el procesamiento incluye la calibración de la señal espectral, la corrección atmosférica y la aplicación de un algoritmo de banda empírica (OC3) para estimar la chl-a en la superficie del océano.

Los datos de clorofila-a colectados durante el periodo de muestreo estuvieron muy afectados por la cobertura de nubes debido a las malas condiciones del tiempo durante el muestreo (Figura 19 y 20) por lo que la limitada descripción posible se basa en información principalmente de la zona adyacente fuera de la zona de estudio. Sin embargo, la imagen del 13 de noviembre señala puntos de altas concentraciones en el Seno el Reloncaví, y el 21 de Noviembre 2014 altos valores de clorofila-a en la cercanía del canal Chacao, indicando el intercambio que se produce entre la zona oceánica y el mar interior de Chiloé. En la zona oceánica, aunque también con cobertura temporal y espacial limitadas, hubo valores bajos por debajo de 1mg m^{-3}, destacándose solo a la imagen del 12 de Noviembre con valores de clorofila-a cercano a 2 mg m^{-3}.

4.1.1.4. Viento superficial desde satélite.

El *promedio mensual* del esfuerzo del viento durante los 10 años de observación de QuikSCAT mostró regionalmente, el predominio de los vientos del oeste con magnitudes cercanas a 0,1 Pascal (Figura 21 y 22). Desde los meses de Noviembre hasta Abril la componente del viento tiende a ser del suroeste sobre todo cerca de la costa entre los 41-45° S, mientras de Mayo a Octubre los vientos cambian ligeramente al noroeste. El transporte de Ekman fue en general paralelo a la costa (hacia el norte, noreste) ayudando al movimiento de partículas de sur a norte. Sin embargo, durante Enero a Abril éste fue en dirección hacia noroeste favoreciendo la surgencia de la aguas. La velocidad del bombeo de Ekman expresado en metros/día fue mayormente positivo indicando el ascenso de las aguas hacia la superficie. Los mayores valores positivos se localizaron en la zona noreste del área de estudio con 0,25 m/día desde Abril hasta Agosto. Un núcleo de valores negativos (indican

hundimiento de las aguas) fue observado en la zona sur central cercano a los 45°S/77°W, con una máxima extensión en Enero-Febrero, pero después se debilitó.

El viento superficial *durante periodo de muestreo* fue del oeste, noroeste y suroeste (Figura 23 y 24). Su magnitud mostró un gradiente sur norte con los mayores valores en la región suroeste del área de estudio. La magnitud varío desde 2 hasta 18 m/s, destacándose los días 13, 14 y 23 de Noviembre por presentar los mayores valores. El día 23 de Noviembre los vientos mostraron un sentido de rotación horario con altas intensidades, presuntamente por el paso de un sistema de baja presión atmosférico. Durante el periodo de muestreo el bombeo de Ekman mostró un comportamiento variable debido a los cambios registrados en la intensidad del viento descrito anteriormente (Figura 25 y 26). Sin embargo, durante los días 17 al 24 este fue mayormente positivo con valores máximos de 0,25 m/día. El día 23 de Noviembre casi toda el área mostró valores positivos con un transporte de Ekman hacia fuera de la costa (noroeste) entre los 45-47°, mientras encima de los 47° éste se orientó paralelo a la costa debido a la dirección oeste noroeste registrada por el esfuerzo del viento.

En la zona de estudio (agua interiores), el viento superficial durante el periodo de muestreo fue también del oeste, noroeste y suroeste (Figura 27 y 28). Su magnitud fue variable desde 2 hasta 12 m/s, destacándose los días 13, 18 y 23 de Noviembre por presentar los mayores valores. El 16 y el 21 predominaron las calmas con vientos del sur entre 1-2 m/s. Durante el periodo de muestreo el bombeo de Ekman mostró un comportamiento variable debido a los cambios registrados en la intensidad del viento (Figuras 29 y 30). En general, se observó un predominio de bombeo de Ekman negativo (favorable al hundimiento de las aguas) con valores entre -0.1 y -0.25 m/día. Sin embargo, durante los días 18 al 23 este fue mayormente positivo con valores máximos de 0.25 m/día. El día 18 de Noviembre toda la zona de estudio mostró valores positivos con un transporte de Ekman hacia la costa oeste de Chiloé del orden de 3 m^2/s.

4.1.2. Registros del nivel del mar

Los datos del nivel del mar corresponden a las estaciones de Puerto Montt (72°.961 Sur y 41°.484 Oeste), Puerto Melinka (73°.748 Sur y 43°.898 Oeste) y Puerto Chacabuco (72°.820 Sur y 45°.467 Oeste). Para el presente trabajo se extrajeron los registros correspondientes al crucero de estudio, correspondiente al mes de Noviembre del 2014.

Los días de muestreo comenzaron con la marea en el periodo de cuadratura para luego la mayor parte del trabajo realizarse bajo la influencia de la marea de sicigia, cuando se reportaron las mayores amplitudes.

El análisis estadístico y espectral del nivel del mar permitió observar que la serie de Puerto Montt es que la registró mayor amplitud del nivel del mar con valores cercanos a 6 metros (Figura 31), mientras, que en Melinka y Chacabuco las amplitudes fueron similares ~2 metros. La marea semidiurna predominó en los tres puestos de nivel, destacándose Puerto Montt con la mayor energía espectral. Además, los armónicos diurnos fueron observados en Melinka y Chacabuco con similar energía espectral, prevaleciendo en estas zonas las mareas de tipo mixto semidiurno. En la tabla 12, se presenta en detalle los resultados del análisis armónico.

4.1.3. Información derivada del crucero bioceanográfico (*in situ*)

4.1.3.1. Temperatura Superficial del Mar en terreno (temperatura de balde)

La data de temperatura obtenida de muestras de agua superficial (temperatura de balde) señalan que la más altas temperaturas (> 14°C) habrían ocurrido durante el crucero en el sector Costero Continental de la X región, zona de fiordos Reñihue y Cumau, y en el sector norte del Seno del Reloncaví (Figura 32). La zona del Fiordo de Ancud habría presentado temperaturas intermedias (12-13°C), comparativamente superiores a la zona adyacente a la Boca del Guafo, Golfo Corcovado e inicio de Canal Moraleda, zona en que las menores temperaturas superficiales (<11°C) fueron registradas. Comparativamente y en forma general, el agua superficial en la X región habría mostrado mayores temperaturas que las zonas más al sur en la XI región.

Las mediciones de oxígeno obtenidas a través del instrumento SBE 19Plus versión 2, no pudieron ser analizados debido a errores en su lectura, como consecuencia no se realizó ningún tipo de análisis (perfiles y secciones horizontales/verticales).

4.1.3.2. Perfiles de las variables ambientales en las principales agrupaciones de huevos

En esta sección se describen los perfiles de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia Brunt-Vaisala en los sectores con huevos de las especies objetivo: Fiordo Reloncaví - Seno Reloncaví, Golfo Ancud, Golfo Corcovado - norte Canal Moraleda y, finalmente, Canal Moraleda y, en cada uno de estos sectores, se señalan en color aquellas estaciones en que las especies estuvieron presentes (Figuras 33 a 36).

En el Fiordo Reloncaví y Seno Reloncaví, (Figuras 33A, 34A, 35A, 36A), se observó una termoclina y unas muy fuertes haloclina y picnoclina desde superficie a 10m aproximadamente. Coincidente con estas características, muy altos valores de estabilidad ocurrieron también en el estrato más somero. Los máximos de fluorescencia ocurrieron en el estrato superior, entre 5 y 10 m de profundidad. En este sector, la mayor parte de las estaciones presentaron huevos de anchoveta (Figura 33A) y de sardina común (Figura 34A) y solo unas pocas presentaron huevos de sardina austral (Figura 35A) y sardinas indeterminadas (Figura 36A) (Clupeidos).

En el Golfo Ancud (Figuras 33B, 34B, 35B, 36B), los perfiles de características hidrográficas muestran una termoclina más profunda (hasta 20 m) y muy débiles haloclinas y picnoclinas hasta los 20 m aproximadamente. Los valores máximos de fluorescencia fueron similares a los del Fiordo del Reloncaví pero ocurrieron menos uniformemente y hasta profundidades mayores a 20 m. En esta zona, los valores de estabilidad fueron bajos a lo largo de prácticamente toda la columna de agua. En esta zona, mientras un alto número de estaciones presentaron huevos de sardina común (Figura 34B) y sardinas indeterminadas (Clupeidae) (Figura 36B), un número bajo de estaciones presentaron huevos de anchoveta (Figura 33B) y sardina austral (Figura 35B).

En el *Golfo Corcovado - Norte Canal Moraleda* (Figuras 33C, 34C, 35C, 36C), los cambios en temperatura, salinidad, densidad y estabilidad fueron muy poco notorios a lo largo de toda la columna de agua. Los valores de fluorescencia, en general, fueron bajos,

mostrándose una leve disminución con la profundidad. En este sector sólo se encontró algunas estaciones con huevos de sardina común (Figura 34C) y un muy bajo número con huevos de clupeidos (Figura 36C).

Finalmente, en el Canal Moraleda (Figuras 33D, 34D, 35D, 36D), hubo solo algunas estaciones con una leve termoclina, haloclina y picnoclina someras; valores relativamente bajos de estabilidad a lo largo de la columna y valores máximos de fluorescencia desde superficie hasta 10 m de profundidad, aproximadamente. En el Canal de Moraleda ocurrieron huevos de sardina común, sardina austral y sardinas indeterminadas pero no de anchoveta.

4.1.3.3. Diagramas T-S

La definición de las masas de aguas para el sistema de fiordos y canales de la Patagonia ha sido descrita en detalle por Sievers (2008) y Sievers & Silva (2008) sobre la base de los valores de salinidad. Estos cuerpos de agua se agruparon en dos grandes grupos: las aguas estuarinas y las oceánicas. Las aguas estuarinas (AE, aguas frías-dulces) fueron identificadas en los primeros metros de la columna de agua (0-20 m), formadas por los aportes de los ríos y en el verano por el derretimiento del hielo glaciar. Sus valores de salinidad oscilan entre 0-31 psu y dentro de este rango se dividen en: aguas dulces (0-11 psu), aguas estuarinas dulces (11-21 psu) y aguas estuarinas saladas (21-31 psu). A continuación se definió la masa de Agua Subantártica Modificada (ASAAM) con salinidades entre 31-33 psu, localizada aproximadamente entre los 20-70 m de profundidad (Pérez-Santos *et al*., 2014). Su origen se debe a la mezcla de las aguas estuarinas con la masa Agua Subantártica (ASAA) que presenta valores de salinidad mayores a 33 psu y se distribuye hasta ~300 m. De acuerdo a esta clasificación nuestros registros hidrográficos destacaron la presencia y dominio de la masa de Agua Subantártica Modificada (ASAAM) para todas regiones estudiadas (Figura 37). Sin embargo, se observó también el agua estuarina en el fiordo Aysén y algunos registros en el seno y fiordo Reloncaví. Por otro lado, en el Golfo de Corcovado-Norte Moraleda se alcanzó a registrar la masa de Agua Subantártica (ASAA) debido a su mejor comunicación con la zona oceánica adyacente

4.1.3.4. Secciones horizontales de data hidrográfica

A partir de la información procesada de los datos hidrográficos colectados en terreno, se construyeron secciones horizontales (mapas) a 1 m y 25 m de profundidad, de temperatura, salinidad, sigma-t, fluorescencia y Frecuencia Brunt-Vaisala (indicador de estabilidad promedio de la columna de agua).

En superficie (1 m), la temperatura fue más cálida (13°C) en el extremo norte, cercano al Seno Reloncaví (incluye fiordo) y Golfo de Ancud. En el extremo sur la temperatura fue menor con valores entre 11,5 a 12°C (Figura 38). La salinidad mostró un fuerte gradiente entre el Seno y el Fiordo Reloncaví. En el sector de la Costa de la Isla de Chiloé y Golfo Corcovado-Boca de Guafo se presentaron salinidades mayores a 32. En el Canal Moraleda la salinidad tendió a disminuir al aproximarse el Canal Costa (Figura 38). La densidad presentó una distribución similar a la salinidad. Dada esta distribución de densidad, la zona presentó una marcada estratificación (Brunt-Vaisala) en los sectores del Seno y Fiordo Reloncaví en el norte y en el Canal Costa al sur (Figura 38). La fluorescencia presentó dos núcleos superficiales: cercano al canal Chacao en el norte y cercano a la Boca Guafo – Canal Moraleda (Figura 38) más al sur.

La sección horizontal (mapa) a 25 m de profundidad muestra que la temperatura sufrió leves variaciones (11°C) a esta profundidad en toda el área de estudio (Figura 39). La salinidad fue alta (>33) al norte del área de estudio. En la entrada del Canal Moraleda la salinidad fue de 32 y disminuyó a valores menores a 30 (desembocadura del Canal Puyuhuapi) hacia el sur (Figura 39). La densidad presentó una distribución similar a la salinidad. Siguiendo esta distribución de densidad, la zona presentó una mayor estratificación (Brunt-Vaisala) en el sector del Canal Moraleda (Figura 39). La fluorescencia presentó un núcleo subsuperficial, cercano al sector norte de la Isla de Chiloé (Figura 39).

4.1.3.5. Secciones verticales de data hidrográfica

Con la información procesada de los datos hidrográficos se construyeron secciones verticales desde superficie hasta 100 m de profundidad, de temperatura, salinidad, sigma-t, fluorescencia y Frecuencia Brunt-Vaisala, a lo largo de 4 transectas: una transecta extensa

desde el Fiordo Reloncaví al Canal Costa (X y XI regiones); una Transecta a lo largo del Fiordo del Reloncaví (X región), una Transecta a lo largo del Canal Puyuhuapi (XI región) y una Transecta a lo largo del Fiordo Aysén (XI región). Las mediciones *in situ* de cizalle vertical con alta resolución (Sobreoferta 1) no pudieron efectuarse durante la ejecución del crucero debido a problemas con el equipo, del cual no hay otro disponible en nuestro país.

Transecta desde Fiordo Reloncaví a Canal Costa

La temperatura mostró una capa superficial más cálida (entre 12 a 13°C) en el sector norte entre el Fiordo Reloncaví a Golfo Ancud, y una capa más fría en el resto de la transecta (< 12°C) hacia el sur (Figura 40). La capa cálida tuvo un espesor variable llegando en torno a los 20 m de profundidad. Bajo los 25 m de profundidad se observó un ascenso de la isoterma de 11°C llegado a la superficie en la cercanía del Seno Aysén. Las menores temperaturas (10°C) se presentaron entre la desembocadura del Canal Puyuhuapi y Seno Aysén a profundidades mayores a 75 m.

El agua menos salina de origen continental mostró un mayor impacto en la parte sur de la transecta que en la parte norte. Mientras que en el extremo norte la influencia de agua dulce está más restringida al fiordo Reloncaví, en el sur la influencia de esta agua puede alcanzar, en superficie, las cercanías del Seno Aysén, con un mayor efecto en las cercanías en el canal Costa. El agua más salina (> 33) se ubicó subsuperficialmente en las cercanías del Canal Desertores y Golfo Corcovado debido a la conexión con el océano costero en la Boca del Guafo (Figura 40). La densidad (sigma-t) siguió una distribución similar a la salinidad con aguas más livianas superficiales ligadas a los mayores ingresos de agua dulce en los extremos sur y norte de la transecta (Figura 40). Dada esta distribución de densidad la zona presentó una marcada estratificación (Brunt-Vaisala) en torno a los 13 m de profundidad con mayor intensidad en la zona norte de la transecta (Figura 40). La fluorescencia presentó un máximo subsuperficial entre superficie y 20 m de profundidad asociado al Fiordo y Seno del Reloncaví y al Golfo de Ancud y, otro sector con mayores valores en el sector Canal Moraleda – Fiordo Aysén - Canal Costa (Figura 40).

Transecta Fiordo Reloncaví

La temperatura presentó una capa superficial cálida con valores entre 12 a 13°C a lo largo de toda la transecta. Esta capa tuvo un espesor de hasta a los 10 m de profundidad. Bajo los 25 m se observan temperaturas cercanas a los 11°C (Figura 41). Por su parte, las aguas menos salinas mostraron una mayor influencia en el interior del fiordo (Isla Marimeli) y con una profundidad máxima aproximada de 8 m. Se observa una clara estratificación a lo largo de toda la transecta con valores de salinidad entre 27 a 32. Bajo los 13m de profundidad encontramos aguas más salinas (> 32) (Figura 41). El campo de densidad (sigma-t) presentó una distribución similar a la salinidad con aguas más livianas superficiales ligadas a los mayores ingresos de agua dulce a lo largo de toda la transecta. Dada esta distribución de densidad, el sector presentó una marcada estratificación (Brunt-Vaisala) con valores máximos en torno a los 5 a 13 m de profundidad (Figura 41). Un máximo subsuperficial de fluorescencia se presentó entre los 5 y 20 m de profundidad, el cual fue observado a lo largo de toda la transecta (Figura 41) pero con mayores valores en el sector más interior del fiordo.

Transecta Canal Puyuhuapi

La temperatura mostró una delgada capa superficial cálida (entre 12 a 13°C) con una profundidad máxima en torno a los 7m, aproximadamente (Figura 42). La isoterma de 11°C se situó a los 18 m de profundidad en la cercanía de la Punta San Andrés (sector más cercano a la boca del fiordo) ascendiendo hacia el interior del canal (Punta Krauss). Las menores temperaturas (<10°C) se presentaron a lo largo de toda la transecta ascendiendo desde la boca hacia el interior del fiordo. Aguas menos salinas se presentaron en superficie a lo largo de toda la sección transecta con valores de salinidad entre 27 a 32. Las aguas más salinas (> 33) se ubicaron subsuperficialmente a profundidades mayores a los 75m (Figura 42). El campo de densidad (sigma-t) presentó una distribución similar a la salinidad con aguas más livianas en superficie asociadas a los mayores ingresos de agua dulce (Figura 42). La distribución de densidad en la transecta presentó una marcada estratificación (Brunt-Vaisala) en torno a los 5 a 20 m de profundidad (Figura 42). En la parte interna del

canal se observó un pequeño núcleo subsuperficial de fluorescencia entre 5 a 13 m de profundidad. En general los valores de fluorescencia son bajos (< 10) en toda la transecta (Figura 42).

Transecta Seno Aysén

Las mayores temperaturas ocurrieron en la capa superficial (>11°C) hasta una profundidad máxima de alrededor de los 10 m (Figura 43). Aguas menos salinas de origen continental ocurrieron en superficie presentándose los valores menores en las cercanías de la Bahía Chacabuco (interior del Seno) donde presentaron una profundidad máxima de 13 m, disminuyendo hacia a Punta Elisa (parte externa del seno). Las aguas más salinas (> 30) se presentaron a una profundidad cercana a los 50 m a lo largo de todo el seno (Figura 43). La densidad (sigma-t) siguió una distribución equivalente a la salinidad con aguas más livianas superficiales ligadas a los mayores ingresos de agua dulce (Figura 43). Dada esta distribución de densidad la zona presentó una marcada estratificación (Brunt-Vaisala) cuyos máximos variaron longitudinalmente desde superficie hasta aproximadamente los 20 m de profundidad con (Figura 43). La fluorescencia presentó valores altos (> 10) en superficie a lo largo de toda la transecta, con un máximo subsuperficial entre 4 a 13 m de profundidad en la zona más externa (Figura 43).

4.1.4. Distribución de huevos y larvas

4.1.4.1. Comparación entre ambos tipos de redes.

Con el objeto de comparar las distribuciones obtenibles a partir de dos tipos de redes de plancton (Sobreoferta 1), las muestras de ictioplancton fueron colectadas con redes tipo CalVet y WP2 en cada una de las estaciones bioceanográficas señaladas en las tablas 2 y 3.

En el área de estudio, mar interior de la X y XI Región, se ejecutaron 128 estaciones de muestreo con dos tipos de redes: Calvet y WP2. De las muestras de ictioplancton se identificó huevos de sardina común (*Strangomera bentincki*, Straben) (Figura 44), sardina

austral (*Sprattus fuegensis*, Sprafue) (Figura 45), anchoveta (*Engraulis ringens*, Engrrin) (Figura 46) y sardinas indeterminadas (Sspp, Figura 47).

En el caso de **sardina común,** la mayoría de las estaciones positivas, tanto para la red Calvet como para la red WP2, se encontró en la X Región. En la XI Región, la red Calvet capturó huevos de sardina común en solo tres estaciones (Figura 44). En el caso de **sardina austral**, la red Calvet capturó huevos solo en tres estaciones, dos estaciones en la X Región (entre la Isla Quinchao y la Isla Lemuy), y una estación en el Canal Moraleda (XI Región). Por el contrario, la red WP2 fue más productiva, capturando huevos de sardina austral en 7 estaciones en la X Región y 6 en la XI Región (Figura 45). En el caso de los huevos de **anchoveta**, estos fueron encontrados principalmente en el Seno de Reloncaví, y fueron capturados sólo con la red WP2 (Figura 46). Finalmente, huevos de **clupeidos** (h. sardina indeterminados) fueron capturados principalmente en la costa del mar interior de la Isla de Chiloé y margen oeste del Canal Moraleda (Figura 47). De manera similar con sardina común, la red WP2 fue más productiva en términos del número de estaciones positivas.

La densidad de huevos de **sardina común**, considerando todas las estaciones, fluctuó entre 0,0 huevos/10 m^2 y 480 huevos/10m^2 (red Calvet) o 1.570 huevos/10 m^2 en el caso de la red WP2, en tanto que considerando sólo las estaciones positivas para sardina común, la densidad mínima de huevos observada fue de 10,0 huevos/10m^2 (Tabla 19). La densidad media, considerando todas las estaciones, alcanzó a 11,6 huevos/10m^2 con la red Calvet y 37,9 huevos/10 m^2 con la red WP2, mientras que en el caso de las estaciones positivas, la densidad media alcanzó a 42,3 huevos/10 m^2 con la red CalVet y 99,2 huevos/10 m^2 con la red WP2, respectivamente. A pesar de las diferencias en las medias muestrales (todas las estaciones), la prueba t-Student indicó que no existen diferencias significativas entre ellas ($P_{[t<t^*]}$ = 0,059). En el caso de **sardina austral**, a diferencia de sardina común, la prueba t-Student encontró diferencias significativas ($P_{[t<t^*]}$ = 0,024) entre las medias muestrales (considerando todas las estaciones) entre la red Calvet y la red WP2. En el caso de **anchoveta**, considerando todas las estaciones, la prueba t-Student no encontró diferencias significativas entre las medias muestrales ($P_{[t<t^*]}$ = 0,110). Los huevos de **Clupeidos** (sardinas indeterminadas), de manera similar a sardina austral, mostraron diferencias

significativas entre las medias muestrales según tipo de red (Calvet v/s WP2, $P_{[t<t^*]}$ = 0,028).

4.1.4.2. Distribución y abundancia de huevos y larvas de las tres especies objetivo en la zona de estudio.

4.1.4.2.1. Frecuencia de estaciones con presencia de huevos

Las muestras de ictioplancton obtenidas **red Calvet** (Tablas 20 y 21) durante el crucero bioceanográfico mostraron ausencia de huevos de anchoveta en todas las zonas de ambas regiones. Los mayores porcentajes de estaciones con presencia de huevos (estaciones positivas) de sardina común ocurrieron en el sector Costero de la Isla de Chiloé (58% de estaciones positivas) y en el sector de Canales Exteriores de la XI región (22%), respectivamente. De sardina austral, el porcentaje de estaciones positivas en ambas regiones fue menor al 6%. En clupeidos (huevos de Clupeidae con diámetros intermedios entre ambas especies de sardinas) el mayor porcentaje (26%) de estaciones positivas se encontró en la X región también en el sector Costero de la Isla de Chiloé.

Las muestras colectadas con **red WP2** (Tablas 22 y 23) presentaron huevos de las tres especies objetivo. La especie con mayor número de estaciones positivas fue sardina común en la X región, seguida de anchoveta y luego sardina austral. Los sectores con mayor porcentaje de estaciones positivas por especie en la X región correspondieron al Seno de Reloncaví (sardina común y anchoveta; 73% y 45% respectivamente) y al sector Costero de Chiloé (sardina austral, 16% de estaciones positivas). En la XI región no se encontró huevos de anchoveta. En esta región, los mayores porcentajes estaciones positivas con huevos de sardina común y sardina austral ocurrieron en los sectores de Canal Moraleda (intermedio) y en los Canales más Exteriores.

4.1.4.2.2. Frecuencia de estaciones con presencia de larvas.

En las muestras obtenidas con la **red Calvet** (Tablas 24 y 25), no se encontró larvas de sardina común en ninguna de las dos regiones. Larvas de anchoveta estuvieron presentes en la X región (sectores Reloncaví y Costero Continental) pero no en la XI región. Larvas de sardina austral, por su parte, estuvieron presentes en ambas regiones (sectores Isla de Chiloé y Costero Continental en la X región y sector Intermedio en la XI región).

Con la **red WP2** (Tablas 26 y 27), estaciones positivas con presencia de larvas de las especies objetivo ocurrieron sólo en la X región. Los mayores porcentajes de estaciones positivas con larvas de anchoveta ocurrieron en el sector Seno el Reloncaví y Costero Continental; los de sardina común fueron en el sector Costero Continental y los de sardina austral fueron en los sectores Costero Continental y Costa de Chiloé,

La comparación de la frecuencia de estaciones positivas (%) de huevos y larvas entre las redes Calvet y WP2 muestra que en la red Calvet no se encontró huevos de anchoveta y solo se presentaron huevos de sardina común, sardina austral y clupeidos, en cambio con red WP2 se encontró las tres especies más los clupeidos. La frecuencia de estaciones positivas en porcentaje fue mayor con la red WP2 (Figura 48). En larvas, la red WP2 colectó las tres especies, en cambio en la red Calvet solo se encontró larvas de anchoveta y sardina austral, faltando las larvas de sardina común. La frecuencia de estaciones positiva fue mayor con la red WP2 (Figura 48).

4.1.4.2.3. Distribución y abundancia de huevos de las tres especies objetivo (mapas).

En la X región, los muestreos con la **red Calvet** (Figura 49) mostraron ausencia de huevos de anchoveta en todos los sectores estudiados. El sector con mayor abundancia promedio en las estaciones positivas de huevos de sardina común, sardina austral y clupeidos correspondió al sector Costero de Chiloé, siendo este sector el único donde se encontró huevos de sardina austral. Huevos de sardina común, por su parte, ocurrieron también en el Seno Reloncaví y sector Costero Continental en medianas abundancias (>20 h/10 m^2). En la XI región (Figura 49), tampoco se encontró huevos de anchoveta. Las abundancias promedio en las estaciones positivas de huevos de sardina común, sardina austral y

clupeidos, fueron menores a las encontradas en la X región y estuvieron localizadas principalmente en los canales Intermedios y Externos.

A diferencia de las muestras de ictioplancton colectadas con red Calvet, en las muestras con **red WP2** de la X región (Figura 50). Se presentaron huevos de las tres especies objetivo, siendo los huevos de anchoveta los más abundante (1200 h/10 m^2). Las siguientes mayores abundancias correspondieron a sardina común y luego sardina austral. Huevos de anchoveta ocurrieron en el Seno del Reloncaví, sector Costero Continental y sector Costero de Chiloé siendo las mayores abundancias en los sectores del Seno Reloncaví y Costero Continental. Huevos de sardina común ocurrieron en los mismos sectores de los huevos de anchoveta pero las mayores abundancias ocurrieron en el sector Costero de Chiloé y luego el Seno del Reloncaví. Finalmente, los huevos de sardina austral fueron más abundantes en el sector del Seno del Reloncaví y luego en el sector costero la Isla de Chiloé. En la XI región (Figura 50), hubo ausencia de huevos de anchoveta y bajas abundancias de huevos de sardina común y sardina austral. En estas dos especies, las mayores abundancias se observaron en los sectores Intermedio y Externo.

4.1.4.2.4. Distribución y abundancia de larvas de las tres especies objetivo (mapas).

En la X región, con la **red Calvet** (Figura 51) solo se encontró larvas de anchoveta (sectores Seno de Reloncaví (mayor abundancia) y Costero Continental), y larvas de sardina austral (sectores Costero Continental y Costero de Chiloé, con abundancias similares entre sí). En la XI región, solo se presentaron larvas de sardina austral, ubicadas en el sector Intermedio (canal Moraleda) y en bajas abundancias (Figura 51). En las muestras de ictioplancton colectada con la **red WP2** en la X región (Figura 52), se encontraron larvas de las tres especies objetivo. La mayor abundancia de larvas de anchoveta se presentó en el sector del Seno Reloncaví (incluye fiordo). Larvas de sardina común solo ocurrieron en el sector Costero Continental. Larvas de sardina austral, en cambio, se presentaron tanto en el sector Costero Continental como en la Costa de Chiloé. En XI región, en las muestras colectadas con red WP2 hubo ausencia de larvas de las tres especies objetivo (Figura 52).

Presencia de malformaciones en los embriones de las tres especies objetivo

Con el propósito de conocer la frecuencia de malformaciones en los embriones de las tres especies objetivo, se clasificó cada uno de los huevos en los 11 estadios de desarrollo utilizados para las estimaciones de Po. La frecuencia de malformaciones en las tres especies fue muy baja: en huevos de sardina común se determinó solo un 2,6% de huevos con malformaciones, en anchoveta solo un 1,4% y en sardina austral no se encontró huevos con malformaciones. En sardina común, el estadío con mayor número de huevos con malformaciones fue el estadío VI (8 huevos de un total de 98) y en anchoveta fue el estadio V (3 huevos de un total de 34), sin embargo, en términos de porcentuales, en sardina común los estadíos con mayor porcentaje fueron el VIII y XI con 14% (pero de un total de muy pocos huevos: 2 anómalos de 14 en ese estado) y es estadio II y IV en anchoveta con 12,5% (1 huevo con anomalía de un total de 8 en el estadío) (Tabla 28).

4.1.4.2.5. Mapas de zooplancton.

Al menos 17 grupos funcionales de mesozooplancton fueron contabilizados en la zona de Seno y Fiordo del Reloncaví, Golfo de Ancud y costa de Chiloé, áreas con alta mayor abundancia de huevos y larvas. El grupo zooplanctónico con mayor abundancia promedio fueron los copépodos, seguidos de sifonóforos y larvas de briozoos (Tabla 29). Dos de estos grupos (copépodos y larvas de briozoos) junto a las apendicularias (muy abundantes también) son presa habitual de larvas de peces. Los sifonóforos, junto a medusas, quetognatos y ctenóforos, fueron los grupos gelatinosos predadores presentes en la zona. Finalmente, entre los predadores quitinosos de ictioplancton se encontró eufáusidos, anfípodos, megalopas, estomatópodos, e isópodos. Otros grupos predadores como cefalópodos o poliquetos, también estuvieron presentes poco no en altas abundancias.

Las distribuciones horizontales (mapas) de Copépodos, Apendicularias y Sifonóforos fueron muy semejantes entre sí, con alta abundancias a lo largo de toda la costa tanto de Chiloé, Golfo de Ancud, Seno de Reloncaví y costa continental (Figura 53). Las distribuciones horizontales de las Medusas y Quetognatos fueren similares a las anteriores excepto por sus menores abundancias y por presentar una mínima presencia en el sector del

Canal de Chacao (zona oeste del Golfo de Ancud). Finalmente, los Eufáusidos, también ausentes en el sector de Canal de Chacao, presentaron baja abundancia en el sector costero continental (sector este de Golfo de Ancud).

4.1.4.2.6. Perfiles ictioplancton.

Con el objetivo de obtener una visión de la distribución vertical del ictioplancton en zonas en que se esperaba mayor abundancia de estas especies objetivo (complemento a Sobreoferta 12), perfiles de la distribución de huevos y larvas de las 3 especies objetivo fueron obtenidos a partir de los muestreos con redes tipo Tucker Trawl (estratificado: 0 m-25 m, 25-50 m y 50-100 m) (Figuras 54 y 55). Las tres especies (y Clupeidos también) presentaron huevos desde superficie hasta el estrato más profundo y en las tres las mayores densidades ocurrieron en el estrato más superficial (0-25m). La abundancia en cada estrato fue muy diferente entre especies: mientras que en anchoveta se detectó densidades de huevos promedio sobre 900 h/100 m^3, en las demás especies las densidades no superaron en promedio los 10 h/100 m^3. La distribución de larvas fue, sin embargo, diferente entre las 3 especies: mientras que larvas de anchoveta estuvieron presentes en los tres estratos, las larvas de sardina común y sardina austral ocurrieron solo en los primeros 50 m de profundidad.

4.1.4.2.7. Profundidad de centroides.

Con el fin de visualizar si existía diferencias entre las distribuciones verticales de los huevos y entre las larvas de las especies objetivo, se calculó las profundidades de los centroides a lo largo de la transecta muestreada con red Tucker Trawl (muestreos estratificados) en la región de mayor abundancia de ictioplancton (fiordo y seno del Reloncaví). Los resultados señalan que no hubo diferencias en la profundidad de los centroides entre especies en estado huevos (Kruskal-Wallis= 0,11; P=0,99), ni entre especies en estado larval (K-W= 2,47; P=0,29). Tampoco se detectó diferencias entre huevos y larvas de anchoveta (K-W= 1,82; P=0,18) ni entre huevos y larvas de sardina común (K-W = 0,34, P=0,55). La profundidad de los centroides de huevos y larvas de las

tres especies a lo largo de la transecta en ese sector se muestran sobre la sección de salinidad correspondiente a esa transecta (Figuras 56 y 57).

4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2.

Determinar la distribución, densidad y abundancia de huevos y larvas de pelágicos pequeños, utilizando para tales efectos diversas herramientas de estadística espacial que permitan identificar y delimitar sus zonas de desove.

4.2.1. Áreas de desove y Mapas de probabilidad

Para identificar zonas de desove y precisar los límites de los focos de desove al interior del área de estudio, independientemente de la red utilizada, la variable densidad de huevos (huevos/10 m^2), fue convertida en una variable indicadora de presencia/ausencia de huevos para cada una de las especies de interés. La variable indicadora fue modelada mediante un enfoque geoestadístico, resolviéndose el variograma experimental que caracteriza la distribución espacial de dicha variable. Finalmente, se confeccionaron mapas de probabilidad utilizando kriging de indicadores.

Al respecto, el modelo de variograma teórico que mostró el mejor ajuste, mediante el procedimiento de mínimos cuadrados ponderados (Cressie, 1993) fue el modelo esférico en el caso de sardina común y anchoveta, y el modelo exponencial en el caso de sardina austral y sardinas indeterminadas (Tabla 30, Figura 58).

Los parámetros del variograma teórico seleccionado y del *kriging* (modelo de covariograma, y geometría de la grilla de interpolación) fueron utilizados para calcular las ponderaciones óptimas asignadas a cada estimación local de la presencia/ausencia de huevos y construir así los mapas de probabilidad.

En el caso de **sardina común**, en la X Región, la distribución de probabilidad de la presencia de huevos se concentró en el sector norte del área. Valores superiores a 50% de probabilidad se encontraron entre el Seno de Reloncaví e Isla Tranqui en el margen interior de la Isla de Chiloé y la Ensenada de Chaitén en el margen continental. Probabilidades cercanas a 1 se encontraron en el sector de Isla Tablón, frente a Calbuco (Figura 59). En el

caso de la XI Región, probabilidades mayores a 40% se encontraron en el sector occidental del Canal Moraleda, frente a Puerto Gala y en el Archipiélago de la Guaitecas (Figura 59).

La mayor presencia de huevos de **sardina austral** en la X Región se concentró al norte de Islas Chauques y entre Isla Quinchao e Isla Lemuy. Un pequeño foco de huevos se encontró en el Estuario de Reloncaví (Figura 60). En la XI Región, probabilidades de presencia de mayores a 40% se encontraron en el Canal Moraleda entre el Archipiélago de la Guaitecas e Isla Teresa, frente a la boca del Canal Puyuhuapi (Figura 60).

En el caso de **anchoveta**, la presencia de huevos se detectó sólo en la X Región, con un foco relevante en el Seno y Estuario de Reloncaví. Un foco pequeño de presencia de huevos, con una probabilidad de encuentro de 30% se encontró frente a la Ensenada de Chaitén (Figura 61).

Los huevos de **Clupeidos** (sardinas indeterminadas) en la X Región, presentaron varios focos de distribución. Uno de los focos de presencia de huevos, con probabilidad de encuentro mayor a 40% se localizó en el fondo de Seno de Reloncaví. Valores de probabilidad mayores a 50% se encontraron frente a la localidad de Chacao y Linao en la parte norte-interior de la Isla de Chiloé, frente a la localidad de Rolecha y Chauchil en el margen continental del Golfo de Ancud. También se encontró altas probabilidades de presencia de huevos alrededor de las Islas Chauques y entre Isla Quinchao e Isla Lemuy (Figura 62). En la XI Región, probabilidades mayores a 50% de presencia de huevos de encontraron en la boca del Canal Moraleda, en la entrada oriental del Archipiélago de las Guaitecas y en la parte media del Canal Moraleda entre Puerto Gala y la entrada de Canal Puyuhuapi (Figura 62).

4.2.2. Identificación de huevos y larvas

4.2.2.1. Estructura de Talla de adultos para experimentos de desove e incubaciones.

La Figura 63 presenta la estructura de tallas del recurso sardina austral durante el periodo de estudio, incluyendo resultados por sexo para el área prospectada (X región). Los resultados de estructura de tallas se presentan ponderadas por la captura total registrada en

cada lance. El muestreo de frecuencia de talla para el recurso sardina austral sobre la base de un total de 416 ejemplares, obtenidos de 3 lances positivos para la especie, presentó una estructura modal de 12,5 cm con un rango de longitud que varió entre 10 y 17,5 cm. Del total de ejemplares contabilizados el 53,4% (n=222) corresponde a machos con una moda centrada en los 12,5 cm y un rango entre los 10 y 17,5 cm, el 46,6% (n=194) restante corresponde a hembras con un moda en 12,0 cm y un rango entre 10 y 17 cm (Figura 63). El muestreo de frecuencia de talla para el recurso sardina común sobre la base de un total de 121 ejemplares, obtenidos de 1 lance positivo para la especie, presentó una estructura modal de 12,5 cm con un rango de longitud que varió entre 10,5 y 17 cm. Del total de ejemplares muestreados el 61,2% (n=74) corresponde a machos con una moda centrada en los 12,5 cm y un rango entre los 10,5 y 15 cm, el 38,8% (n=47) restante corresponde a hembras con un moda en 13,0 cm y un rango entre 12 y 17 cm (Figura 64). Las anchovetas, finalmente, presentaron una frecuencia de talas que fue desde los 11,5 y 16,5 cm con una moda en 12,5 cm (Figura 65).

4.2.2.2. Indicadores reproductivos macroscópicos.

Los resultados macroscópicos indican que el 94,9% de las hembras de sardina austral se encuentran en EMS II (virgen madurando o en recuperación), mientras que las hembras de sardina común se encuentran en un 70,9% en EMS III (maduro) y en un 16,4% en estado IV (hidratado), en proceso de desove, situación aún más intensa en el caso de anchoveta, cuyas hembras se encuentran en un 95,1% en EMS III y un 4,9% en estado IV (Tabla 31).

4.2.2.3. Índice gonadosomático.

La época reproductiva se determina según la evolución mensual del índice gonadosomático promedio de las hembras. Se reconoce actividad reproductiva cuando estos índices alcanzan valores máximos dentro de un ciclo anual. El índice gonadosomático (IGS), se define según la expresión IGS = (Wg / Wt) *100 , donde Wg es el peso de la gónada (g.) y Wt es el peso total (g). En este caso particular IGS es un valor puntual asociado a la temporalidad del muestreo. Para calcular este promedio se descartó a las hembras hidratadas, que de acuerdo a literatura sobreestiman los valores de IGS. En los peces con desove parcial y fecundidad indeterminada el peso de la gónada varía en función del estado de madurez

sexual, por lo tanto, el IGS promedio de peces en diferentes estados de madurez sexual constituye un indicador de los estados más dominantes, esperándose valores promedio máximos del IGS como indicadores de una mayor actividad reproductiva.

La Tabla 32 muestra los valores de IGS reportados por grupo de talla (cada 0,5 cm) para los ejemplares analizados. Las hembras de anchoveta presentaron los valores más altos para cada grupo de talla y en promedio (IGS=7,03), situación que se condice con lo observando mediante el EMS, seguido por los ejemplares de sardina común con un IGS promedio de 3,16. El recurso sardina austral presentó los valores más bajos (IGS=0,79).

4.2.2.4. Relaciones longitud-peso.

Se analizaron las relaciones de longitud-peso por especie mediante regresión lineal, calculando los valores de a y b de la ecuación $W = aLb$ (Froese, 2006), donde W es el peso total en gramos y L la longitud total en cm. Debido a que la longitud es una magnitud lineal y el peso es igual al cubo de la talla, si un individuo mantiene su forma al crecer, entonces el crecimiento es isométrico (b=3). Cuando b>3, los individuos de mayor talla han incrementado su peso en mayor proporción que su longitud, presentando crecimiento alométrico positivo. En cambio, cuando b<3, los individuos incrementan preferencialmente su longitud relativa más que su peso.

A partir de los ejemplares analizados se observó valores de b bastante cercanos a 3 y similares entre sí, principalmente entre sardina austral y común (2,713 y 2,718 respectivamente) y un b = 2,816 para anchoveta (Figura 66), lo que da cuenta de un crecimiento bastante isométrico de las 3 especies.

4.2.3. Experimentos de Incubación

4.2.3.1. Descripción de los criterios morfológicos de separación de huevos entre las dos especies de sardinas

4.2.3.2. Caracterización del desarrollo embrionario de las especies objetivo en 11 estadios para su potencial uso en el MPDH.

A partir de los experimentos de incubación se logro obtener el desarrollo completo de los huevos de anchoveta y de sardina común y describir cada uno de los 11 estadios en que se subdivide el desarrollo para su utilización en el método de producción diario de huevos (Tabla 33 y 34) (Sobreoferta 4). Para ambas especies, adicionalmente, se obtuvo información adicional de los tiempos que toma cada estado y de los cambios de volumen durante el desarrollo. Esta última información fue comparada gráficamente con data de volumen a cada estado existente de huevos de anchoveta de la VIII región.

Nuestros resultados señalan, por un lado, que variaciones en el volumen de huevos ocurrirían durante el desarrollo y que, al comparar los volúmenes de los 9 primeros estados entre huevos de la VIII región y de la zona de Puerto Montt, el volumen de los huevos de anchoveta provenientes de la zona más al sur resultaron mayores a los de Talcahuano, pero, a partir del estado X esta tendencia se revierte (Figura 67). Para sardina común los volúmenes de los huevos durante el desarrollo, presentaron variaciones con valores entre 0,85 a 1,05 mm^3 en la zona de Puerto Montt (Figura 68).

4.2.3.3. Diferenciación entre huevos de sardina común y sardina austral, a partir de los tamaños de ovocitos en el ovario.

El análisis histológico indicó que la mayoría de los ejemplares de sardina común estaban activas, mientras que para sardina austral un alto porcentaje eran inmaduras y en reposo (Tabla 35) (Sobreoferta 6). Los ejemplares inmaduros detectados en las muestra obedecería a una talla inferior a la reportada para la madurez sexual de 13,5 cm (Leal *et al*., 2011).

El diámetro de ovocitos vitelados muestra diferencias significativas (t_{calc} = 2,398; P = 0,0247), siendo levemente menor en sardina austral (Figura 69). El espesor del corión también muestra diferencias significativas entre las especies (Figuras 70 y 71), siendo más delgado en sardina común (t_{calc} = 3,725, P = 0,0028); esta mayor debilidad en el corión, se evidencia al trabajar con las porciones de tejido ovárico para mediciones en ovocitos enteros, en que se constata una mayor frecuencia de rotura de corion en las muestras de sardina común, evidenciando una mayor debilidad (Figura 72). La medición de ovocitos enteros para el estado de núcleo migrante, no muestra diferencias entre especies (t_{calc} = 1,722; P = 0.0858) (Figura 73).

Microfotografías de corion.

El análisis de un bajo número de imágenes de *microscopía electrónica de barrido* coinciden con las observaciones de las estructuras precursoras del corion dentro del ovario, señalando también diferencias a nivel del corion y superficie interna del huevo: mientras que la sardina austral presenta un corion más grueso con hasta 7-8 lamelas, el corion de sardina común es más delgado y solo presentaría hasta 4-5 lamelas no bien definidas y una superficie interna más rugosa que la sardina austral (Figuras 74 y 75). El corion de anchoveta, por su parte, presenta al igual que en sardina austral un mayor grosor y mayor número de lamelas. La superficie externa, sin embargo, fue relativamente similar entre ambas especies de sardina presentando poros de igual tamaño, igualmente espaciados, aunque sardina austral presentó una leve mayor rugosidad.

4.2.3.4. Relación talla adultos – tamaño ovocito.

Con el objetivo de explorar si existía alguna posible relación entre atributos de las hembras y el tamaño de los ovocitos, como un análisis extra no-ofertado originalmente, se procedió a comparar el diámetro de los ovocitos vitelados con la talla de la hembra, peso total de la hembra y peso gonádico, tanto para sardina austral como para sardina común. Las regresiones obtenidas en ambas especies mostraron que no existía una relación significativa

entre el diámetro del ovocito con ninguno de estos parámetros, al menos en el rango de tallas y pesos analizados (Figura 76).

4.2.3.5. Cambios en tamaño de huevos de sardina común asociados a diferencias de salinidad: aproximación experimental.

Variación intra-específica e inter-específica

Primero, para evaluar diferencias de volumen, no atribuibles al efecto de salinidad se comparó el volumen de huevos fecundados (estadio II) de sardina común correspondiente de ambos desoves (16 /11/14 = 1,04 mm^3 ± 0,11 y 18/11/14 = 0,93 mm^3 ± 0,05). El análisis indicó que hubo diferencias significativas entre los volúmenes de cada desove ($p<0,001$), siendo de mayor tamaño los huevos pertenecientes al desove del 16 de noviembre (Figura 77). Por este motivo ambos set de datos fueron considerados independientemente en análisis posteriores.

Al comparar entre huevos de sardina común (estadio II) de ambos desoves con sus respectivos ovocitos y huevos sin fecundar de sardina austral (1,20 mm^3 ± 0,03), se constató que todas las comparaciones indican diferencias significativas ($p<0,001$), con los mayores volúmenes en huevos sin fecundar de sardina austral (Figura 78A, B y C) y los menores en ovocitos de sardina común.

Efecto salinidad

Dado que para evaluar el efecto de salinidad en sardina austral se contaba con huevos sin fecundar, se optó para esta comparación con considerar los volúmenes de huevos de sardina común correspondientes al primer control del experimento (aprox. 5 horas post exposición a cada salinidad). Así para evaluar el efecto de la salinidad, se comparó el volumen de los huevos y/o ovocitos en los cuatro set de datos: Ovocitos sardina común (Figura 79A),

huevos sin fecundar sardina austral (Figura 79B) y huevos de sardina común (estadio II) para ambos desoves (Figura 79C y 79D).

Los ovocitos de sardina común presentaron un volumen levemente mayor en la salinidad 30 (promedio de 0,92 mm^3 ± 0,01), seguido por las salinidades de 35 (0,91 mm^3 ± 0,01), 20 (0,91 mm^3 ± 0,01) y 25 (0,91 mm^3 ± 0,02). Sin embargo, estas diferencias de volumen en las distintas concentraciones de salinidad no fueron significativas ($p>0,05$; Figura 79A).

Los huevos no fecundados de sardina austral presentaron un volumen similar en las distintas salinidades, con los volúmenes mayores en la salinidad 35 (1,21 mm^3 ±0,03), luego decrecientemente a 25 (1,21 mm^3 ± 0,03), 20 (1,20 mm^3 ± 0,03) y 30 (1,19 mm^3 ± 0,02). Estas diferencias fueron significativas sólo al comparar los volúmenes entre 25 y 30, 30 y 35 ($p<0,05$) (Figura 79B); sin que se observará una tendencia creciente o decreciente en relación con la salinidad.

Los huevos (estadio II) de sardina común obtenidos del desove ocurrido durante 16.11.14, presentaron leve disminución del volumen a partir de la salinidad con valores desde 25 a 35. Sin embargo, estas diferencias de volumen en las distintas salinidades no fueron significativas ($p>0,05$; Figura 79C). Durante el desove del 18.11.14, el volumen de los huevos (estadio II) no muestra grandes variaciones ($p>0,05$; Figura 79D).

Como la permeabilidad del corión puede variar a lo largo del desarrollo, se analizaron los datos de los desoves de sardina común fraccionando cada desove en dos grupos: estadios tempranos (II - IV) y estadios tardíos (V - XI).Al analizar en primer lugar el efecto de la salinidad en el volumen de los estadios tempranos (II-IV) se estimó que para el desove del 16.11.2014 no hubo diferencias significativas en las distintas salinidades ($p>0,05$; Figura 80A) aunque se observó que los huevos en la salinidad de 35 tenían un volumen mayor (1,08 mm^3 ± 0,12), seguido por las salinidades 20, 25 y 30 con un valor promedio 1,04 mm^3 (± 0,09), 1,03 mm^3 (± 0,09) y 1,03 mm^3 (± 0,09) respectivamente. El mismo resultado sin diferencias significativas se observó para los huevos desovados el 18 de noviembre ($p>0,05$; Figura 80B); con volúmenes de 0,93 mm^3 (± 0,05) a 35 y de 0,92 mm^3 (± 0,07), 0,92 mm^3 (± 0,03) y 0,91 mm^3 (± 0,05) a las salinidades 25, 30 y 20 respectivamente.

Contrariamente, al considerar en ambos desoves los estadios tardíos de desarrollo (V - XI) se cuantifico diferencias significativas en el volumen de los huevos expuestos a distintas salinidades ($p<0,05$; Figura 81). Sin embargo, no se observa una tendencia directa o inversa en volumen de huevo y salinidad. En los huevos del desove del 16/11/2014 el volumen mayor se cuantificó en la salinidad 25 (1,18 mm^3 ± 0,10), seguido por las salinidades 35, 30 y 20 con un valor promedio 1,14 mm^3 (± 0,14), 1,05 mm^3 (± 0,10) y 1,04 mm^3 (± 0,05) respectivamente. En análisis "a posteriori" indicó diferencias significativas en las salinidades de 20 y 25 ($p<0,05$; Figura 81A).

Para el desove del 18/11/2014 (Figura 81B), se cuantificó un volumen levemente mayor en la salinidad 25 (0,96 mm^3 ± 0,04), seguido por las salinidades 30 y 20 con un valor promedio 0,93 mm^3 (± 0,03) y 0,92 mm^3 (± 0,07) respectivamente. Las diferencias de volumen en las distintas salinidades sólo fueron significativas al considerar las comparaciones entre 20 y 25 ($p<0,05$) y 25 y 30 ($p<0,05$).

Efecto fijación

Los resultados de la comparación de estimación de volúmenes entre muestras vivas y fijadas indicó una reducción significativa en los volúmenes de los huevos ya fijados ($p<0,001$; Figura 82). Los huevos vivos promediaron un volumen de 1,05 mm^3 (± 0,11), en cambio los mismos huevos ya fijados en formalina tuvieron un volumen de promedio 0,96 mm^3 (± 0,09).

En resumen:

i) Los valores de diámetros y volúmenes de huevos reportados en este estudio se encuentran en los rangos reportados para ambas especies *Strangomera bentincki* (0,89 a 1,03mm; Herrera *et al*., 1987) y *Sprattus fuegensis* (1,035 a 1,23; Ciechomsky, 1971).

ii) Se verificó diferencias significativas entre los volúmenes de huevo sin fecundar de sardina austral y huevos en estadio II de sardina común, con los mayores volúmenes para sardina austral.

iii) Tal como se ha reportado para otras especies de pequeños pelágicos se observó para sardina común diferencias significativas en los volúmenes de huevos entre desoves, con los tamaños menores en el desove del 18 de noviembre, desove ocurrido días posteriores a la captura de los reproductores.

iv) Como la permeabilidad del corión puede variar a lo largo del desarrollo, se analizaron los datos de los desoves de sardina común fraccionando cada desove en dos grupos: estadios tempranos (II - IV) y estadios tardíos (V - XI). Se cuantificó una variación de volúmenes asociada a la salinidad experimental solo en estadios tardíos de desarrollo (V - XI). Sin embargo, no se observó una relación directa entre ambas variables de sardina común

v). Se verificó que la fijación en formalina en 5% induce una reducción significativa en los volúmenes de los huevos muestreados de sardina común.

4. 2.3.6. Cambios en tamaño de huevos de sardina común asociados a diferencias de salinidad: aproximación con data de terreno.

Con el fin de explorar si existía alguna relación entre el volumen de los huevos de sardina común y sardina austral y la salinidad durante los muestreos llevado a cabo en el presente estudio en 2014, se determinó el volumen de cada huevo y se calculó salinidad promedio del estrato entre superficie y 50 m de la estación de procedencia del huevo. En las figuras 83 y 84 se presenta esta relación en huevos colectados en las redes Calvet y WP2, respectivamente. En ninguna de las dos especies (ni en Clupeidos) con ninguna de los dos tipos de redes se obtuvo una relación significativa ente la salinidad y volumen de huevo (Sobreoferta 9).

Para explorar si existían diferencias en el volumen del huevo entre latitudes muestreadas en el presente estudio en el 2014, se utilizó ANOVAS o Kruskal-Wallis dependiendo de si la data presentaba una distribución normal. Para determinar si existía normalidad, se utilizó un test el test de normalidad (Shapiro-Wilk) y el test de homogeneidad de varianza (test de Bartlett). Los análisis de normalidad, homogeneidad de varianza, ANOVAS y Kruskal-Wallis se realizaron en el programa R (versión 3.0.1) utilizando la librería {stats}. Los

resultados señalaron que no hubo diferencias significativas en los promedios de volumen de huevos colectados (con ambos tipos de redes) entre latitudes en sardina común y clupeidos (con red CALVET no se pudo determinar en sardina austral por limitación en número de datos) (Figuras 85 y 86). Aunque no relevante en esta sección de efectos de salinidad, es interesante destacar las diferencias que se observan en los volúmenes de huevos entre las sardina común y sardina austral (mayor volumen en sardina austral).

Paralelamente, se exploró si existían diferencias en el volumen del huevo entre longitudes muestreadas en el presente estudio en el 2014, utilizando los mismos métodos señalados en el párrafo anterior. Al igual que con las latitudes, no se observó diferencias significativas entre los huevos colectados a las distintas longitudes con ambas redes (Figuras 87 y 88).

4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3.

Determinar la heterogeneidad espacial en la composición y abundancia del ictioplancton (huevos y larvas) a partir de la presencia/ausencia y distribución (vertical y horizontal) y su relación con las condiciones oceanográficas (temperatura, salinidad, estratificación de la columna de agua).

4.3.1. Heterogeneidad del ictioplancton en zona de estudio

Con el objeto de ampliar la información biológica que ejemplifique la heterogeneidad del ambiente, en este objetivo se describe la composición y abundancia de la comunidad ictioplanctónica en las zonas de mayor abundancia de huevos de las especies objetivo señalando su estadio de desarrollo (huevo o larva), riqueza específica, y clasificación en términos de especies oceánicas y de aguas interiores, para determinar si las zonas de desove de peces pelágicos pequeños son compartidas como zonas de desove por especies provenientes de otras zonas. La información reportada corresponde en este caso, a la zona en que colectó mayor número de huevos y larva de peces pelágicos pequeños, la zona de fiordo y seno del Reloncaví y sector más al norte del Golfo de Ancud. Las muestras de plancton analizadas son las colectadas con red Tucker ya que con ese tipo de redes es que los volúmenes de agua muestreados son mayores y, por lo tanto, existe mayor probabilidad de colectar especies que se encuentren en menor abundancia. Los promedios señalados son de la columna de agua integrada y corresponde al promedio solo en las estaciones positivas).

Trece taxas fueron identificados en estado huevo y de ellos, 5 fueron especies epipelágicas (*Engraulis ringens, Normanichthys crockeri, Scomberesox saurus, Sprattus fuegensis* y *Strangomera bentincki),* 3 fueron oceánicas *(Lampanyctodes hectoris, Maurolicus parvipinnis* y un Macrouridae indeterminado) y 4 demersales (*Hipoglossina* sp*, Macruronus magellanicus, Merluccius australis* y *Merluccius gayi*) (Tabla 36). Del total de taxa en estado huevo, *Engraulis ringens* presentó la mayor abundancia, seguido de

Maurolicus parvipinnis y luego *Merluccius australis*. En estado larval, 16 taxas fueron identificados: 6 especies epipelágicas (*Engraulis ringens, Normanichthys crockeri, Sprattus fuegensis, Strangomera bentincki, Stromateus stellatus* y un Nototheniidae indeterminado), 2 especies oceánicas (*Bathilagichthys parini y Maurolicus parvipinnis), 4 especies demersales (Hippoglossina* sp., *Leptonotus blainvillianus, Merluccius gayi, Merluccius australis* y *Paralicthys* sp.) y 3 especies costeras (*Congiopodus peruvianus, Hypsoblennius sordidus, Prolatilus jugularis, Sebastes oculatus)* (Tabla 37). Del total de taxas colectados en estado larval, *Normanichthys crockeri, Maurolicus parvipinnis* y *Engraulis ringens,* fueron las más abundantes.

En un análisis espacial de la distribución de huevos que incluyó toda la zona de estudio, llevado a cabo mediante el análisis de las mustras obtenidas con la red WP2 (estaciones positivas), se identificaron 13 taxas en estado huevo, 7 especies epipelágicas (*Engraulis ringens, Strangomera bentincki, Sprattus fuegensis, Clupeidos, Normanichthys crockeri, Scomberesox saurus* y *Stromateus stellatus*), 2 oceánicas (Macrouridae y *Maurolicus sp.*) y 4 demersales (*Hipoglossina* sp, *Merluccius australis*, *Merluccius gayi* y *Merluccius sp.*) (Tabla 38). Los huevos de *Strangomera bentincki*, *Sprattus fuegensis*, *Clupeidos* y *Stromateus stellatus* se presentaron en ambas regiones, con mayor abundancia en la X región. En cambio los huevos de *Engraulis ringens* y *Normanichthys crockeri* solo se observaron en la X región con alta abundancia y en *Scomberesox saurus* solo se presentó en la XI región, exhibiendo baja abundancia. Los huevos de las especies oceánicas y demersales se presentaron en ambas regiones, con mayor abundancia en la X región. Finalmente la mayor abundancia de huevos se presentó en *Engraulis ringens* seguido por *Maurolicus sp.* y *Strangomera bentincki* de la X región (Tabla 38).

4.3.2. Estadística espacial

El análisis de homogeneidad a partir del análisis estructural geoestadístico consistió en la determinación del rango y sill (umbral) de variogramas direccionales. Para este efecto se fijo las direcciones 0 a 179º. En el caso de **sardina común**, se encontró anisotropía geométrica (distinto rango) y anisotropía zonal (distinto sill). En variograma direccional no

se pudo calcular en las direcciones 61 – 78º, 92 – 101º y 151 – 164º (Figura 89). En el caso de **sardina austral**, de manera similar a sardina común, se encontró anisotropía geométrica. El variograma direccional entre las direcciones 87 y 135º no se pudo estimar (excepto las direcciones 110-114º) (Figura 90). En el caso de **anchoveta**, el alto grado de concentración de las observaciones positivas y la ausencia de huevos en la XI Región, no permitieron realizar el análisis de homogeneidad. En el caso de la distribución de huevos de **clupeidos** (sardina indeterminada), también se encontró anisotropía geométrica, en tanto que la anisotropía zonal no se puede establecer dado que las estimaciones del sill del variograma direccional se encuentran alrededor del umbral promedio. El variograma direccional no se pudo calcular en la dirección 0-25º y 125-179º (Figura 91).

4.3.3. Asociación entre distribución de huevos y larvas de especies objetivo y condiciones oceanográficas

4.3.3.1. Sobreposición de mapas de distribución huevos sobre características ambientales.

A través de las Figuras 92 a 99, es posible observar la sobreposición de los datos de abundancia de os huevos de las especies objetivo sobre los mapas construidos con de los valores de temperatura, salinidad, fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala a 1 m y a 25 m de profundidad.

Los mapas de características ambientales a 1m de profundidad muestra que las mayores agrupaciones de huevos de anchoveta se presentaron entre el fiordo y seno Reloncaví en aguas más cálidas (>12,5°C) y más estratificadas (> 30 ciclos/hora) y con valores de salinidad y fluorescencia relativamente bajas (~10) (Figura 92). A 25m de profundidad no se observó grandes diferencias en temperatura y salinidad del agua de mar en toda la zona de estudio (excepto en XI región). Las principales agrupaciones de huevos que habrían ocurrido en la zona de estudio, a esta profundidad habrían estado en agua con valores bajos de temperatura (~11°C), salinidad relativamente alta (32,5), muy bajas fluorescencia (< 10) y frecuencia Brunt-Vaisala (< 10 ciclos/hora) (Figura 93).

En sardina común, los principales grupos de huevos se presentaron principalmente en la costa de Chiloé y sector el norte (fiordo-seno Reloncaví). También se observó, pero en menor cantidad, huevos en el Golfo Corcovado y canal Moraleda. En 1 m de profundidad, los núcleos de mayor abundancia se asociaron a temperaturas medias-altas (11,5-13°C), altas salinidades, alta fluorescencia, y baja estabilidad (Figura 94). En 25 m, las mayores agrupaciones de huevos se asociaron a las más altas fluorescencias y baja estabilidad. (Figura 95). En sardina austral, los principales núcleos de huevos se presentaron en los sectores oeste del golfo de Ancud (costa de Chiloé) y secundariamente en el Canal Moraleda, distribución relativamente semejante a la de sardina común. En 1 m, los huevos se asociaron a temperaturas medianas (12° - 12,5°C), salinidades relativamente altas en la zona norte (oeste de Golfo de Ancud), altos valores de fluorescencia y bajos de estabilidad (Figura 96). A los 25 m de profundidad, las principales densidades se asociaron a temperaturas intermedias y alta salinidad, alta fluorescencia y baja estabilidad (Figura 97).

Finalmente, los huevos de sardinas indeterminadas (clupeidos), las agrupaciones más importantes de huevos se presentaron en al oeste de Golfo de Ancud (costa Chiloé), y secundariamente en el Canal Moraleda. En superficie (1m), las mayores densidades de huevos en los diferentes sectores se asocia a temperatura entre 11,5° y 12,5°C, a altas salinidades y alta fluorescencia y baja estabilidad (Figura 98). A 25 m las mayores abundancias habrían ocurrido en aguas con mayor fluorescencia y baja estabilidad (Figura 99).

4.3.3.2. Diagramas T-S.

Los diagramas Temperatura/salinidad junto a las abundancias de huevos y larvas por especie, muestran los rangos de las variables (temperatura (T), salinidad (S) observadas a 1 y 25 m de profundidad y las abundancias escaladas (círculos) asociados a cada par de variable a esas profundidades (Figuras 100 y 101).

A 1 m de profundidad los huevos de anchoveta y sardina común presentaron rangos de temperatura (11° a 14,5°C) y salinidad (7 a 33) similares, sin embargo los máximos de abundancia presentaron rangos distintos entre especies. En sardina austral, los huevos

abarcaron temperaturas entre 11° a 12,5°C aproximadamente y con salinidad s entre 7 a 33. En clupeidos, los huevos se asociaron a rangos mayores de temperatura (11° a 14°) y salinidad (27 a 33). A 25 m de profundidad los rangos de temperatura (> 10°C) y salinidad (> 30) fueron similares entre especies (Figura 100).

En larvas de anchoveta a 1 m de profundidad, la abundancia se asocia a temperatura entre 11,5° a 14°C, y salinidades entre 7-33. En cambio, en sardina común, los rangos de temperatura (11° a 12°C) y salinidad (30 a 33) son más acotados. Finalmente, la abundancia de larvas de sardina austral se relacionó con temperaturas entre 11° y 14,5°C, y salinidad entre 27 y 33. A 25 m de profundidad, las larvas de las distintas especies se asociaron a salinidades similares (30 a 33), pero con distintos rangos de temperatura (Figura 101).

4.3.3.2. Análisis de frecuencia de ocurrencia (Quoting Análisis).

El análisis de quotient (Q), entrega información sobre las áreas de desove de preferencia o rechazo, a través de la comparación de la distribución uniforme de los estadios (huevo y larva) con la distribución observada (real) mediante la hipótesis nula en relación a cualquier variable de interés (van der Lingen *et al*., 2001, 2005; Twatwa *et al*., 2005, 2010; Ibaibarriaga *et al*., 2007). En este estudio se evaluaron las preferencias de los desoves en relación a la temperatura y salinidad, es decir, se determinó el rango de preferencia de una variable ambiental (temperatura, salinidad) para huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos. Para cada variable ambiental se asignó una marca de clase, cuyos valores fluctuaron entre 16 a 30. La máxima ocurrencia por marca de clase no debe sobrepasar los 45% en todas las medidas.

Los criterios utilizados en este estudio se basaron en lo descrito por Twatwa *et al*. (2010), donde los valores de Q son clasificados de la siguiente forma:

Q > 1: Son valores considerados una selección significativa y positiva (*preferencia*) a una determinada marca de clase de la variable ambiental.

Q < 1: Indican evitar las marcas de clases (rango de valores) de la variable ambiental para el desarrollo de los estadios tempranos (*evasión*).

Finalmente, se realizó el test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (K-S, Zar, 1999), donde se compararon las distribuciones de frecuencia acumulada de los huevos por intervalos de confianza de la variable ambiental (temperatura - salinidad) con la curva de distribución de esa variable. Cuando no hay diferencias significativas entre las dos variables la hipótesis nula se aceptaría, es decir, la distribución observada de huevos es azar con respecto a la variable ambiental.

En el crucero de la X y XI región, se observa a través de la Figura 102, la caracterización del hábitat de desove, donde se relacionan los huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos con la temperatura y salinidad a 1 m (A) y 25 m (B) de profundidad. Se utilizaron los mismos valores (mínimo y máximo) de temperatura y salinidad para la construcción de la marca de clase.

Temperatura y salinidad a 1 m de profundidad

En anchoveta, el rango de preferencia a la temperatura registra valores entre 13° y 14,5°C, mientras el rango de evasión abarcó valores < 12°C y > 14,5°C. En sardina común, el rango de preferencia fluctúa entre aguas relativamente frías (11,5° y 13°C) como cálidas (13,5° a 14°C) y la temperatura de evasión se presentó en valores <11,5°C y >14°C. Para clupeidos y sardina austral se observa un mismo rango de preferencia y evasión a la temperatura (Tabla 39; Figura 102A). En salinidad, el rango de preferencia tanto para anchoveta, sardina austral y clupeidos se presentaron tanto en aguas con baja (7 a 8) como en alta salinidad (> 28). En cambio en sardina común, el rango se presentó principalmente en salinidades relativamente altas (> 28 a 34) (Tabla 39; Figura 102A).

Temperatura y salinidad a 25 m de profundidad

El rango de preferencia a la temperatura es similar en anchoveta, sardina común y clupeidos, con valores entre 11° y 11,5°C. En cambio en sardina austral, el rango abarca temperaturas más bajas (10,5–11,5°C) (Tabla 40; Figura 102B). En relación a la salinidad,

el rango de preferencia fue similar, para anchoveta los valores fluctúan entre 32 y-33 y en sardina común entre 32 y 34. En sardina austral, el rango de preferencia se asoció a salinidades más bajas (30-33). En cambo en clupeidos el rango de preferencia abarcó concentraciones de salinidades tanto bajas (30-31) como altas (33-34) (Tabla 40; Figura 102B).

Los resultados del análisis de Kolmogorov-Smirnov (K-S) indican que la distribución de los huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos correspondiente al integrado de información (X y XI región) no es azarosa, con respecto a la salinidad en superficie (1 m), sin embargo, para el caso de la temperatura (1 m) la distribución es azarosa (Tabla 41).También es posible determinar que los resultados de la distribución de los huevos de las especies objetivo es azarosa respecto a la temperatura y salinidad a 25 m de profundidad (Tabla 42).

En resumen, *a 1 m de profundidad, l*a preferencia de huevos de sardina austral y clupeidos, es la baja temperatura en comparación a huevos de anchoveta y sardina común. En huevos de sardina común, el rango de preferencia se asoció a alta salinidad, en comparación a la anchoveta, sardina austral y clupeidos. A *25 m de profundidad*, en huevos de sardina austral, el rango de preferencia se relacionó a temperatura y salinidad baja en comparación a los huevos de anchoveta, sardina común y clupeidos.

4.3.3.3. Modelos Aditivos Generalizados (GAMs).

Los resultados de la modelación utilizados en la relación de la densidad de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos con la variable predictora a un 1 m y 25 m de profundidad, se resumen en la Tabla 43. Para las especies objetivo, se encontró que los diferentes modelos que incluyen profundidad, temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala y en forma conjunta entregan los mejores resultados en el coeficiente de determinación (> 76), desvianza explicada (> 61%); así como el puntaje de la validación cruzada general (GCV). Para la densidad de huevos de anchoveta y clupeidos, se observó que los mejores modelos explicativos fueron los que utilizaron los valores de las variables predictoras a 25m profundidad. En cambio en sardina común y sardina austral, los modelos

evaluados que utilizaron los valores de las variables predictores a 1m de profundidad, explicaron de manera satisfactoria la densidad de huevos (Tabla 43).

Los valores otorgados por los GAMs para la densidad de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos con las variables predictoras, se muestran en la Tabla 44. Para cada especie se observaron relaciones no lineales entre la variable respuesta (densidad de huevos) y cada predictor. En general, se encontró que las relaciones de los distintos modelos entre la variable respuesta y la predictora, son significativas ($p<0,05$, Tabla 44).

Los rangos óptimos (positivo) de las variables evaluadas en relación a las mayores densidades de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos se muestran en la Tabla 45.

Análisis de los valores de las variables predictoras a 1 m de profundidad

En anchoveta, se observa que los núcleos de huevos se asocian positivamente a profundidades < 350m. El efecto de la temperatura entre 10,9º a 13,6ºC exhibe una relación positiva con la densidad de huevos. La salinidad entre 29,43 a 31,05 presentó un efecto positivo en la presencia de huevos. La fluorescencia mostró una consecuencia positiva en la densidad de huevos (16,25 a 25,36). La frecuencia de Brunt-Vaisala con valores entre 31,95 a 51,68 tiene un efecto positivo en la presencia de huevos de anchoveta (Tabla 45). En sardina común, las mayores densidades de huevos se asocian positivamente a profundidades < 121 m y a temperaturas entre 11,1° a 14,4°C. La salinidad entre 29,17 a 33,08 se relaciona positivamente con la densidad de huevos. La fluorescencia (17,06 a 30,4) y la frecuencia Brunt-Vaisala (27,92 a 49,84) mostraron una consecuencia positiva en la presencia de huevos (Tabla 45). En sardina austral, las profundidades < 152 m muestran una relación positiva en la densidad de huevos con temperaturas entre 10,5° a 12,9°C. El efecto de la salinidad entre 28,6 a 30,01 se asocia positivamente con la presencia de huevos. La fluorescencia entre 7,74 a 41,43 presento una relación positiva, y con una frecuencia Brunt-Vaisala entre los 27,92 a 41,80 (Tabla 45). En clupeidos, los principales núcleos de huevos se asociaron positivamente a profundidades < 205 m, y temperaturas entre 10,9° a

13°C. Los valores de salinidad entre los 26,35 a 33,08 presentaron un efecto positivo con la densidad de huevos. La fluorescencia (6,15 a 52,31) y la frecuencia Brunt-Vaisala (0,34 a 22,33) reveló una consecuencia positiva en la densidad de huevos de clupeidos (Tabla 45).

Análisis de los valores de las variables predictoras a 25 m de profundidad

En anchoveta, la densidad de huevos se asocia positivamente a profundidades entre 167 a 200m, y a temperaturas entre 10,6° a 11,3°C. El efecto de la salinidad (30,67 a 31,02), fluorescencia (4,41 a 9,65) y la frecuencia Brunt-Vaisala (-1,22 a 12,66) se relaciona positivamente con la presencia de huevos. En sardina común, la relación positiva se presenta a profundidades < 366 m, con temperaturas entre 10,9 a 11,3°C. La salinidad entre los 30,26 a 33,28 mostró un efecto positivo en la presencia de huevos. La fluorescencia (5,98 a 8,71) y la frecuencia Brunt-Vaisala (-1,22 a 8,31) mostraron una consecuencia positiva en la densidad de huevos de sardina común. En sardina austral los principales núcleos se asocian positivamente con aguas someras, y con temperaturas y salinidad bajas. La frecuencia Brunt-Vaisala (5,07 a 6,82) presenta una relación positiva con la densidad de huevos. En huevos de clupeidos la asociación positiva se presentó a profundidades < 185 m, y con temperaturas entre 10,3° a 11,3°C. La salinidad entre 30,32 a 33,28 se relaciona positivamente con la densidad de huevos. La fluorescencia (2,65 a 8,74) y la frecuencia Brunt-Vaisala (0 a 10,74) mostraron un efecto positivo en la presencia de huevos de huevos de clupeidos (Tabla 45).

En resumen, las mayores densidades de huevos de sardina austral se asocian a aguas con baja temperatura y salinidad, y con una relativamente baja estratificación (estabilidad). En cambio los huevos de anchoveta y sardina común se relacionan a temperaturas más cálidas y aguas más salinas, con estratificación relativamente alta. Finalmente, los huevos de clupeidos se asocian a una baja estratificación (inestabilidad).

4.3.3.4. Modelación de transporte/retención de huevos y larva (Sobreoferta 10).

4.3.3.4.1. Modelación ROMs

Validación de la temperatura superficial del mar (TSM)

El comportamiento espacial promedio de la TSM en el dominio del modelo varío entre 10°-13° C, mostrando patrones similares tanto para el modelo (Figura 103a), como para la TSM obtenida de satélites (Figura 103b). Por lo tanto, la diferencia entre ambos productos fue baja con valores cercanos a 0,8° C. Las diferencias mayores (positivas) se localizaron en agua interiores, siendo el modelo mayor que AVHRR. Sin embargo, en el mar adyacente este patrón se invirtió y AVHRR fue mayor que el modelo, registrándose diferencias negativas igualmente cercanas a 0,8° C.

Un análisis similar al realizado con el promedio anual se ejecutó para el promedio estacional de ambos productos (Figura 104). Los resultados mostraron igualmente patrones similares durante todas las estaciones del año, confirmando el gradiente meridional de la temperatura con valores más bajos en la zona sur del dominio (8°-9°C), cercano a los 48° S. Las temperaturas más altas se localizaron en la zona norte durante el verano (15°-16° C). Las mayores similitudes entre el modelo y los datos satelitales se observaron en la época de primavera, periodo de mayor abundancia de huevos y larvas (ver secciones más adelante).

Con el fin de cuantificar de forma estadística la validación de la TSM entregada por el modelo con el producto satelital empleado (AVHRR), se realizó un diagrama de Taylor para todo el conjunto de datos (Figura 105). Este diagrama permite sintetizar y comparar la información de dos variables procedentes de modelos y datos in-situ, entregando de forma grafica el nivel de correlación, el error medio cuadrático y el radio de la varianza entre los parámetros a comparar (Taylor, 2001). Este resultado mostró un alto coeficiente de correlación positiva entre ambos productos, con valores entre 0,9 - 1 y desviaciones estándares bajas (0,2-0,8°C). Otros dos productos de temperatura superficial del mar se utilizaron en la validación de las salidas de ROMS (Figura 106) y en ambos casos se observa nuevamente la alta correlación entre los datos in-situ y el modelo.

Validación de las anomalías del nivel del mar y las corrientes superficiales

En este punto de la validación el objetivo principal fue ver si el producto satelital mostraba los patrones estacionales de la altura del nivel del mar. Los valores numéricos son relativos pues el modo en que se obtienen ambos datos fue diferente. Las anomalías del nivel del mar entregadas por el modelo ROMS se correspondieron con el producto satelital usado para su validación, en este caso AVISO-MSLA (Figura 107, escala de colores entre 0,03 y 0,05 metros). Durante la época de verano se destacaron anomalías positivas en la zona oceánica exterior, al noroeste del dominio, mientras en otoño el patrón se invierte. Durante invierno y primavera ROMS mostró las anomalías más bajas. Las diferencias entre ambos productos no excedieron los 0,05 metros, siendo el invierno el mes que presento menores discrepancias entre 0,01-0,03 metros, considerándose satisfactorio el resultado.

Las corrientes superficiales mostraron en general un sentido hacia el norte. El promedio anual del modelo y la altimetría, registraron una corriente costera intensa en dirección norte entre los 74°-76° Oeste con intensidades de 5-15 cm/s (Figura 108). En este resultado el modelo presentó mayor resolución de datos en la zona interior de la Patagonia norte, mostrando la entrada de aguas por el canal del Guafo en sentido este, que después se dirigieron hacia el norte para salir por el canal Chacao. Este patrón de circulación fue registrado en el comportamiento estacional de estas variables para las estaciones de verano y primavera (Figura 109a). Sin embargo, a partir del otoño la circulación se debilita para presentar sus mínimos absolutos en invierno. En esta estación del año, la altimetría presentó un reverso de la corriente costera en dirección hacia el sur, mientras en el modelo no se alcanzó observar con claridad este comportamiento. Al respecto, la base de datos de AVISO ofrece un producto de corrientes y altura del mar con resolución espacial de 1/3°, mientras la resolución del modelo fue de 1/9°. En este ejercicio de validación se esperaba observar que el modelo representara el patrón de circulación de la región. AVISO por su resolución espacial no representó las estructuras de mesoescala que el modelo si reprodujo debido a esta limitante (lamentablemente, este producto es el único disponible a nivel global para hacer este tipo de comparaciones y no se cuenta en la actualidad con un producto satelital que tenga mayor resolución espacial que AVISO para poderlo usar en las aguas interiores del mar de Chiloé). A nivel regional, los promedios mensuales de Julio y

Agosto del modelo no representaron todos los detalles de la circulación regional mostrada en los datos satelitales, sin embargo, y para efectos de este proyecto, el resto de los meses y sobre todo Octubre, Noviembre y Diciembre (periodo principal de interés del proyecto) si mostraron niveles altos de similitud. El diagrama de Taylor realizado entre los resultados del modelo (año 10 de la simulación) y los altimétricos mostró una correspondencia estadística alta, con la mayor cantidad de valores del coeficiente de correlación entre 0.5 y 0.99 (Figura 109b).

Validación con datos in-situ de cruceros oceanográficos

Utilizando los perfiles de temperatura y salinidad in-situ del transecto PR14 del experimento WOCE (líneas en color rojo), se valido el comportamiento vertical de las salidas del modelo ROMS en los puntos más cercanos de la grilla al dato in-situ (Figura 110). Como muestra la figura los registros de la temperatura del agua coincidieron en toda la columna de agua. La salinidad igualmente se comportó de forma similar, sin embargo, a los 250 metros la salinidad in-situ mostró un incremento que el modelo no representó.

En resumen:

i) Las salidas del modelo ROMS Sur-Austral 2 mostraron una buena similitud con los datos in-situ (satelitales y de cruceros) usados para su validación. La temperatura superficial del mar presentó correlaciones altas entre 0,9-0,99.

ii) Las anomalías del nivel del mar y las corrientes superficiales del modelo y la altimetría presentaron patrones similares durante la época de verano y primavera, mostrando las corrientes más débiles durante el invierno.

4.3.3.4.2. Modelo Ichthyop

Descripción de la dinámica de transporte (conectividad-retención) y distribución de los estadios tempranos de anchoveta.

Dinámica de transporte: Retención y conectividad

El índice de retención en huevos presenta los mayores valores en las zonas del Seno Reloncaví (*SRBoca* (~ 6%), *SReloncaví* (~ 2,4%)) y Golfo de Ancud (*CCNorte* (~ 6%),

GAInter (~ 1,2%)), seguido por las zonas situadas en el en el mar interior de Chiloé (*CCCentro1*, *CCCentro2*, *CCCentro3*, *CCSur1*, *CCSur2*, *IChCS*), Golfo Corcovado (*GCNCentro*, *GCNConti*, *GCCentro*, *GCSur*), Boca del Guafo (*BGExterno*, *BGIntermedio*, *BGInterno*), Canal Moraleda (*CMNorte*, *CMCentro*, *CMSur*) y Archipiélago los Chonos (*ACInterno1*, *ACInterno2*, *ACIntermedio*, *ACExterno*) con valores inferiores al 1%. La zona *IChCC* no registró retención (Figura 111; Tabla 46). El transporte de huevos desde las zonas de desove (liberación) hacia las zonas de crianza (éxito), presentó principalmente una dirección norte. Además, aquellas zonas ubicadas en el Seno Reloncaví, Golfo de Ancud y Golfo Corcovado, también presentaron un transporte en dirección sur (Figura 111; Tabla 46). Los mayores valores de huevos transportados se exhibieron en las zonas situadas en el Seno Reloncaví (*SRBoca* (2,1%)), Golfo de Ancud (*GAInter* (0,69%), *CCNorte* (0,62%)), mar interior de Chiloé (*IChCS* (0,69%)) y Boca del Guafo (*BGInterno* (0.54%), *BGExterno* (0.69%)). La conectividad entre las zonas del Seno Reloncaví (*SReloncaví*, *SRBoca*) y Golfo de Ancud (*GAInter*, *CCNorte*) fluctuó entre 0,13 y 1,1%. Se observa conectividad entre aquellas zonas localizadas en la Boca del Guafo (*BGExterno*, *BGIntermedio*, *BGInterno*) y el Golfo Corcovado (*GCNCentro*, *GCNConti*, *GCCentro*, *GCSur*), además el Golfo Corcovado y el Canal Moraleda (*BGInterno*, *BGIntermedio*, *BGExterno*) presentan conectividad hacia las zonas del mar interior de Chiloé (*CCCentro1*, *CCCentro2*, *CCCentro3*, *CCSur1*, *CCSur2*, *IChCS*) y Golfo de Ancud (*CCNorte*). La conectividad de las zonas descritas fue menor a 0,2%. En las zonas *IChCC*, *ACIntermedio* y *ACExterno*, no se observa conectividad (Figura 111; Tabla 46).

En larvas con vitelo, las mayores retenciones se observan en el Golfo de Ancud (*CCNorte* (~ 1,3%), GAInter (~ 0,2%)) y Seno Reloncaví (*SRBoca* (0,7%), *SReloncaví* (0,5%)). Baja retención se detecta (< 0,1%) en aquellas zonas ubicadas en el mar interior de Chiloé (*CCCentro1*, *CCCentro2*, *CCCentro3*, *CCSur1*, *CCSur2*, *IChCS*), Golfo Corcovado (*GCNCentro*, *GCNConti*, *GCCentro*, *GCSur*), Boca del Guafo (*BGExterno*, *BGIntermedio*, *BGInterno*), Canal Moraleda (*CMNorte*, *CMCentro*, *CMSur*) y Archipiélago los Chonos (*ACInterno1*, *ACInterno2*, *ACIntermedio*, *ACExterno*). En *GACChacao* y *IChCC* no se registró retención larval (Figura 112; Tabla 47). La dirección principal del transporte desde las zonas de desove (liberación) hacia las zonas de crianza (éxito) fue hacia el norte (Figura 112; Tabla 47). Los mayores valores de transporte larval, se presentaron en las zonas

localizadas en el Seno Reloncaví (*SReloncaví* (0,05%), *SRBoca* (0,43%)), Golfo de Ancud (*GAInter* (0,15%), *CCNorte* (0,17%)), mar interior de Chiloé (*IChCS* (0,12%)) y Boca del Guafo (*BGExterno* (0,21%)). Se observó conectividad en aquellas zonas ubicadas al sur de los 42°50'S (Tabla 16) con las zonas localizadas en el Seno Reloncaví (*SReloncaví*, *SRBoca*) y Golfo de Ancud (*GACChacao*, *GAInter*, *CCNorte*), los valores registrados fueron inferiores a 0,31%. La zona *BGExterno* (Boca del Guafo) abasteció de larvas a *BGIntermedio* (0,21 %) y *IChCS* (< 0,01 %), y las zonas situadas en el Archipiélago los Chonos (*ACInterno1*, *ACIntermedio*) suministraron larvas a la zona *CMSur* (< 0,04%). En el Seno Reloncaví (*SReloncaví*, *SRBoca*), Golfo de Ancud (*GAInter*, *CCNorte*), Golfo Corcovado (*GCNCentro*, *GCCentro*) y Canal Moraleda (*CMNorte*), las zonas presentaron una conectividad principal hacia el norte y una secundaria hacia el sur (Figura 112; Tabla 47). Las zonas ubicadas entre el Seno Reloncaví (*SReloncaví*, *SRBoca*) y Golfo de Ancud (*GAInter*, *GAInter*) presentaron alta conectividad entre ellas, por ejemplo *SRBoca* proporcionó larvas a las zonas *SReloncaví* (0,31%), *GACChacao* (0,43%) y *GAInter* (0,1%); y a la vez *GAInter* en conjunto con *CCNorte*, alimentan a las zonas *GACChacao* (0,15 - 0,13%), *SRBoca* (0,02-0,06 %) y *SReloncaví* (0,01-0,002 %). La zona *GCCentro* (Golfo Corcovado) se conecta con las zonas ubicadas en el Golfo de Ancud (*CCNorte*, *GAInter*), mar interior de Chiloé y Canal Moraleda (*CMSur*) (Figura 112; Tabla 47). Finalmente, las zonas de desove (liberación), *ACInterno2* y *ACExterno*, no presentaron conectividad con las zonas de crianza (éxito) definidas en este estudio.

En resumen:

i) Se observan valores más altos de retención en huevos que en larvas con vitelo.

ii) Los valores de retención de huevos y larvas disminuyen de norte a sur.

iii) Las zonas *SReloncaví*, *SRBoca* y *CCNorte* presentaron la mayor retención de huevos (> 2,4%) y larvas (> 0,5%).

iv) La conectividad principal tiene dirección sur a norte tanto para huevos como para larvas.

v) Se observa la presencia de conectividad en huevos desde el sur del área de estudio hasta la zona *CCNorte* (Golfo de Ancud), detectándose también conectividad en larvas desde el sur hacia el Seno Reloncaví (*SReloncaví* y *SRBoca*).

vi) Se presenta conectividad más débil con dirección sur en algunas zonas localizadas en el Seno Reloncaví, Golfo de Ancud, Golfo Corcovado y Canal Moraleda.

vii) Existe una fuerte conectividad (sur ↔ norte) entre las zonas situadas en el Seno Reloncaví con aquellas zonas localizadas en el Golfo de Ancud.

Dinámica de transporte (sobrevivencia): Efecto temporal y espacial de los desoves en la sobrevivencia

La zona de desove (liberación) tuvo un efecto determinante en el índice transporte de huevos (sobrevivencia, Tabla 48), donde las zonas de *SRBoca* (Seno Reloncaví) y *CCNorte* (Golfo de Ancud) presentaron los mayores valores (> 6%), seguido por la zona de *SReloncaví* (2,51%, Seno Reloncaví), este patrón disminuye hacia el sur del área de estudio, excepto en la zona *IChCC* donde no se detecta transporte (sobrevivencia, Figuras 113A). Dentro de la simulación, el factor mes, exhibió un efecto significativo en el transporte (Tabla 48), en el cual noviembre presentó los mayores valores de transporte (> 30%, Figura 114). Se encontraron 2 interacciones que afectan significativamente el transporte de huevos, la primera es el factor mes con la zona de desove (liberación) y la segunda es el mes con la profundidad de liberación (Tabla 48). Respecto a las larvas con vitelo, la zona de desove (liberación) presentó un efecto significativo en el índice de transporte (sobrevivencia, Tabla 49). El más alto transporte (sobrevivencia) se localizó en las zonas *SRBoca* y *CCNorte* (~1,5%), seguido por *SReloncaví* y *GAInter* (~ 0,5%), los valores de transporte disminuyen hacia el sur del área de estudio (< 0,5%, Figuras 113A). El factor mes de liberación, exhibe un efecto menos significativo en el éxito del transporte durante el periodo reproductivo (Tabla 49). Durante octubre se detectó bajo transporte, estos valores tienden a aumentar en diciembre (5,4% a 6,2%) (Figura 114). Es posible observar que en larvas se presentan interacciones similares a las encontradas en huevos (Tabla 49).

En resumen:

i) La variación temporal (mes) del período reproductivo es determinante para el transporte de huevos y larvas, siendo mayor en noviembre, disminuyendo hacia octubre y Diciembre.

ii) Respecto al transporte (sobrevivencia) de huevos durante el periodo reproductivo, la zona más importante es *SRBoca*, seguida por *CCNorte*, por *SReloncaví* y por *GAInte*, respectivamente.

iii) Las zonas con mayor transporte (sobrevivencia) de larvas con vitelo durante el periodo reproductivo clasificadas en orden de relevancia son *SRBoca*, *CCNorte* y *SReloncaví*.

iv) El transporte (sobrevivencia) de huevos en las diferentes zonas de desove (liberación) es mayor (> 2%) en comparación a las larvas con vítelo (< 2%).

v) La profundidad (metros) de liberación ejerce un efecto significativo en el transporte de huevos y larvas en las distintas zonas.

Dinámica de transporte: Efecto de la mortalidad general en los estadios tempranos

La mortalidad natural para huevos y larvas no incluye aquellos muertos por temperatura y advección. La mortalidad natural (OM) de huevos es mayor al 40% en los diferentes meses (octubre, noviembre, diciembre) y periodo reproductivo (octubre, noviembre, diciembre). Las zonas situadas al sur de 42,65°S, presentan una mortalidad natural > 1% (Figuras 113D y 114). En larvas, se detectan valores < 24%, alcanzando un mínimo de 12% durante diciembre y, las zonas liberación situadas en el área de estudio presentan valores cercanos al 1% (Figuras 113D y 114). La mortalidad por advección (MA) es menor que la mortalidad natural, encontrándose los mayores valores para huevos durante octubre (28%) y diciembre (33%). Las zonas que presentan los mayores valores son *GACChacao* (~2%), *IChCC* (~3%) y al sur de 43°S (> 1%) (Figuras 113C y 114). La MA en larvas adquiere valores que no sobrepasan 7% en los diferentes meses y, las zonas con valores altos son *ACExterno* (0,6%) y *BGExterno* (0.43%) (Figuras 113C y 114). Se observa que la

mortalidad por temperatura (MT) presenta valores inferiores a 1% tanto para huevos como larvas (Figuras 113B y 114).

En resumen:

i) Las diferentes fuentes de mortalidad afectan mayoritariamente a huevos que larvas.

ii) La mortalidad natural, es la principal fuente de mortalidad en huevos y larvas (12 a 42%), seguida por la mortalidad por advección (MA) (7 a 33%).

iii) La mortalidad natural en huevos aumenta al sur de 42.65°S (> 1%) y en larvas es cercana a 1%.

iv) La mortalidad por temperatura es baja (< 1%) en los diferentes meses del periodo reproductivo.

v) La mortalidad por advección es mayor (33%) al final del periodo reproductivo (Diciembre).

vi) La mortalidad por advección de huevos y larvas varía de una zona a otra, aumentando al sur del área de estudio.

Distribución de los estadios tempranos: Descripción de los resultados de las simulaciones de huevos y larvas

Para tener una visión más general de la distribución de huevos y larvas en el área de estudio, se consideró además de los sobrevivientes, las partículas (huevos/larvas) en tránsito como partículas "vivas" (no están en zonas de crianza (éxito)). Posteriormente, los nuevos valores de abundancia fueron agrupados cada 9 km (ver sección 2.3.3.5.2.) y analizados a través del algoritmo Data Interpolating Variational Análisis (DIVA, http://modb.oce.ulg.ac.be/projects/1/diva), el cual es un método de análisis e interpolación de una grilla regular, que considera como parte de los análisis, la línea de costa y características batimétricas de la zona de estudio (Barth *et al*., 2010; Troupin *et al*., 2010;

Tyberghein *et al*., 2011). A través de los resultados es posible observar que la mayor abundancia de huevos se presentó en el Golfo de Ancud (~ 2,5%), seguido por el Seno Reloncaví y Golfo Corcovado con valores cercanos al 1%. En cambio, en el Canal Moraleda y Boca del Guafo los valores fueron menores al 1% (Figura 115A). La abundancia de las larvas presenta valores cercanos a 0,5% en las zonas situadas en el golfo de Ancud, seno Reloncaví y boca Guafo, la demás zonas exhiben valores menores al 0,25% (Figura 115B).

En resumen:

i) Existe sobreposición en la distribución de larvas y huevos.

ii) Las mayores agrupaciones de huevos y larvas se presentaron en el Golfo de Ancud, seguido por seno Reloncaví y boca del Guafo.

Distribución de los estadios tempranos: Comparación de los resultados de las simulaciones con lo obtenido en los muestreos (datos reales)

En los cruceros se observa que las mayores agrupaciones de huevos, se presentan en las zonas situadas en el Seno Reloncaví (*SRBoca*, *SReloncaví*) y Golfo de Ancud (*GAInter*, *GACChacao*) seguidas por *BGIntermedio* (Boca del Guafo), *GCNCentro* (Golfo Corcovado), *IChCC*, *CCSur1* y *CCSur2* (mar interior de Chiloé). Las demás zonas muestran bajas agrupaciones (< 1%) (Figura 116A). Respecto a las larvas, las principales agrupaciones (> 1%) se presentaron en las zonas del Seno Reloncaví (*SRBoca*, *SReloncaví*), Golfo de Ancud (*GACChacao*, *GAInter*, *CCNorte*), Golfo Corcovado (*GCNConti*, *GCSur*), Boca del Guafo (*BGInterno*, *BGInterno*) y sector norte del Canal Moraleda (*CMNorte*), las demás zonas presentaron agrupaciones menores a 1% (Figura 117A). En todas las zonas hay presencia de huevos y larvas de anchoveta.

Los resultados de la simulación revelan que el Seno Reloncaví (*SRBoca*, *SReloncaví*), Golfo de Ancud (*GAInter*, *CCNorte*) y Boca Guafo (*BGExterno*, *BGInterno*, *BGInterno*)

presentaron las principales agrupaciones de huevos y larvas (> 1%) durante el periodo reproductivo. Los huevos además, presentaron núcleos en las zonas situadas en el Golfo Corcovado (*GCNCentro*, *GCCentro*, *GCSur*), sector sur del mar interior de Chiloé (*IChCS*) y Canal Moraleda (*CMCentro*, *CMSur*), en las demás zonas la abundancia fue baja (< 1%) (Figura 116B). Respecto a las larvas, la zona *IChCS* presentó una abundancia > 1%, y las zonas restantes valores < 1% (Figura 117B).

La comparación de la distribución de los resultados de datos reales versus los datos simulados, revela lo siguiente:

Similitud

i) Mayores agrupaciones de huevos y larvas en el Seno Reloncaví y Golfo de Ancud.

ii) Baja abundancia de huevos en las zonas del Archipiélago los Chonos.

iii) Baja abundancia de larvas con vitelo en el Canal Moraleda y Archipiélago los Chonos.

iv) Ausencia de larvas en la zona *IChCC*.

Diferencias

i) La simulación presenta altas agrupaciones de huevos en la Boca del Guafo, Golfo Corcovado y sector sur del Canal Moraleda.

ii) A través de los resultados de la simulación de observa baja abundancia de huevos en las zonas *IChCC* y *GACChacao.*

iii) Se presenta baja abundancia de las larvas simuladas en la zona *GACChacao.*

Finalmente, se aplicó el coefieciente de sobreposición desarrollado por Hinrichsen et al. (2005).Los criterios aplicados a este coeficiente son; con valores iguales a 0 (cero) las distribuciones son distintas y para valores iguales a 1 (uno) las distribuciones son iguales. Los resultados de sobreposición obtenidos en esta investigación mostraron que las distribuciones reales y simuladas son similares, con valores del coeficiente de 0,7 para huevos y 0,6 para larvas.

4.3.3.5. Mapeo y análisis de la data histórica sobre distribución horizontal de huevos y larvas de las 3 especies objetivo en la zona de estudio.

Fuentes de data no publicada sobre distribución horizontal

En la presente sección se presentan mapas de distribución de huevos y larvas de las tres especies objetivo en aguas interiores de la X y XI regiones, obtenida partir de cruceros desarrollados desde el 2006 al 2013 en el marco de proyectos de investigación financiados por la Subsecretaría de Pesca y por el Programa CIMAR Fiordos (Sobreoferta 11).

Los cruceros desarrollados en el marco de proyectos de la Subsecretaría de Pesca corresponden a los proyectos de Evaluación hidroacústica de pequeños pelágicos en aguas interiores de la X y XI regiones, año 2010 y año 2013. Los cruceros del proyecto de hidroacústica de pequeños pelágicos 2010 se llevaron a cabo en diciembre 2010 y enero 2011 y los cruceros del proyecto hidroacústica 2013 se llevaron a cabo en mayo y junio del 2013.

Del programa CIMAR fiordos, se entregan las distribuciones de huevos y larvas de dos cruceros en la X y XI regiones llevados a cabo en invierno y primavera de los años 2006 y 2007 respectivamente, y de un crucero en primavera del 2012, lo cual permitió comparaciones inter-estacionales e inter-anuales. Adicionalmente, y con la idea de obtener un representación regional de mayor escala, se presentan figuras compuestas de la distribución de huevos y larvas obtenidas al adicionar sus mapas de distribución obtenidos en los cruceros CIMAR Fiordos 12 al 16 desde la zona norte de la X región (Zona del Reloncaví) hasta el sur de la XII región (Cabo de Hornos) en años consecutivos (2006 a 2011) durante los meses de primavera (normalmente fines de octubre a mediados de noviembre) (Figura 118).

Los mapas de los años más recientes (Hidroacústica 2010 y 2012) incluyen huevos y larvas de *Engraulis ringens*, *Strangomera bentincki*, *Sprattus fuegensis* y Clupeidos, siendo Clupeidos una categoría en que los individuos analizados son de la familia Clupeidae pero que no se pudo determinar si correspondieron a *Sprattus fuegensis* o *Strangomera bentincki* ya sea porque i) no presentaron suficientes caracteres morfológicos identificables (por ejemplo en larvas de menor tamaño), ii) porque los caracteres de identificación se

sobreponen entre especies (por ejemplo, ciertos tamaños de huevos coinciden entre especies), o bien iii) porque los especímenes analizados estaban dañados o incompletos impidiendo su clasificación a nivel de especie. En los mapas de las X y XI regiones con data de cruceros más antiguos (2006 y 2007) se muestran los estadios de desarrollo temprano de anchovetas y se presentan los demás taxa como Clupeidae ya que la identificación entre las especies sardina austral y común era aún incierta en esos años.

Cruceros de proyectos de la Subsecretaría de Pesca y FIP hidroacústicos de pelágicos pequeños, años 2010 y 2013.

Los cruceros de los proyectos de evaluación hidroacústica de pequeños pelágicos en la X y XI regiones en que se colectó muestras de ictioplancton fueron llevados a cabo a fines de primavera (diciembre 2010) – inicios de verano (enero 2011), es decir al final de la estación principal de desove (primavera), y luego durante el año 2013, en otoño (mayo-junio), fuera del periodo de desove, lo cual se manifiesta en las muy distintas abundancias de huevos y larvas entre años de muestreo.

Durante los cruceros del año 2010 (Figura 119), muy bajas abundancias de huevos de las tres especies objetivo fueron observadas en toda la zona de muestreo. Huevos de anchoveta ocurrieron en la zona costera de Chiloé, en el Fiordo del Reloncaví, zona costera continental de la X región y Canal Jacaf en la XI región. Huevos de sardina común ocurrieron en las mismas estaciones que los de anchoveta, excepto por la XI región donde no se encontraron huevos. Huevos de sardina austral, finalmente, ocurrieron solo en la zona costera de Chiloé y en la zona costera continental de la X región pero no en la zona del Reloncaví ni en la XI región. La estación con mayor concentración de huevos de todas las especies estuvo ubicada en la zona costera de Chiloé. La distribución de larvas (Figura 120) fue más amplia que la de huevos en las tres especies objetivo. Huevos de anchoveta ocurrieron en la zona a lo largo de toda la costa de la X región (zona costera de Chiloé, zona del Reloncaví, zona costera continental de la X región) y en los canales Jacaf y Puyuhuapi de la XI región. Larvas de sardina común ocurrieron en las zonas costeras de Chiloé y zona costera continental de la X región. Finalmente, larvas de sardina austral solo

ocurrieron en la zona costera continental de la X región. La estación con mayor concentración de larvas de todas las especies estuvo ubicada en la zona costera continental, en el límite entre la X y XI regiones (frente a Boca del Guafo).

Durante los cruceros del proyecto hidroacústico de pelágicos pequeños del año 2013 se colectó muy bajas abundancias de huevos y larvas de las tres especies (Figuras 121 y 122). Huevos de anchoveta sólo ocurrieron en tres estaciones (dos estaciones de la zona del Reloncaví y en una estación de canales externos de la XI región); huevos de sardina común ocurrieron en solo 4 estaciones (una estación de la costa de Chiloé, en una estación en la zona costera continental, y en dos estaciones en canales externos de la XI región) y huevos de sardina austral solo en una estación en la zona costera de Chiloé. La presencia de larvas fue aún menor: solo hubo larvas de sardina austral en una estación costera de Chiloé.

Cruceros estacionales en X y XI regiones de los años 2006, 2007 y 2011.

En los cruceros llevados a cabo en invierno del 2006 en la X región (Figuras 123 y 124), se observó huevos de anchoveta en baja abundancia solo en 3 estaciones ubicadas en el Golfo de Ancud y al sur de Islas Desertores, no encontrándose huevos de sardina común ni sardina austral. Larvas de anchoveta y de Clupeidos ocurrieron igualmente en bajas concentraciones y en pocas estaciones en el Seno del Reloncaví y el Golfo del Corcovado. En primavera, periodo de desove, la abundancia y cobertura de huevos de anchoveta aumentó, presentándose los mayores valores en el sector norte de la zona de estudio (Fiordo y Seno del Reloncaví). Las larvas de anchoveta estuvieron presentes en todas las estaciones muestreadas, incluso en aquellas ubicadas en la Boca del Guafo. Al igual que en anchoveta, huevos y larvas de Clupeidos aumentaron en abundancia y cobertura, también alcanzando la Boca del Guafo.

Cinco años después (primavera del 2011; Figuras 125 y 126), la cobertura espacial y abundancia de huevos y larvas de anchoveta disminuyeron marcadamente respecto al 2006, sólo presentándose huevos y larvas en el sector norte de la X región (Seno y Fiordo del Reloncaví) y en estaciones aisladas hacia la Boca del Guafo. En la primavera del 2011, los

huevos de Clupeidos también fueron menos abundantes que el año 2006 pero mantuvieron su cobertura a lo largo de toda la transecta muestreada.

En los cruceros del año 2007 en la XI región, no ocurrieron huevos de ninguna de las especies objetivo en invierno (Figura 127). En primavera tampoco hubo huevos de anchoveta. Larvas de anchoveta ocurrieron en baja abundancia y principalmente en las estaciones de la Boca del Guafo (invierno y primavera) y zona exterior del Canal Moraleda (primavera) (Figura 128). Huevos de Clupeidos (principalmente sardina común) ocurrieron en primavera a lo largo del canal Moraleda y fiordo Aysén. Larvas, a su vez, estuvieron en mayores abundancias hacia la zona exterior del Moraleda y Boca del Guafo.

Serie cruceros primaverales desde la X a XII regiones

En la figura 129 se presentan las distribuciones de huevos de las 3 especies objetivo. Huevos de anchoveta ocurrieron principalmente en aguas interiores de la X región, con máximas abundancias en la zona norte (estero y seno del Reloncaví). El límite sur de distribución de huevos de anchoveta correspondió a una estación localizada en los 53°S. Los mapas de distribución de huevos de sardinas común y austral incluyen data sólo desde los 47°S hacia el sur (en la zona norte no se diferenciaba entre las distintas sardinas en esos años). Huevos de sardina común no ocurrieron al sur del Golf de Penas (47°S) en aguas interiores ni exteriores. Alternativamente, huevos de sardina austral fueron comunes en el sector sur notándose la presencia de ellos desde el Canal Baker (48°S). Las mayores abundancias de huevos de sardina austral ocurrieron en los sectores más externos alrededor de los 51°S, 53°S, y en el estrecho de Magallanes.

La distribución de larvas de anchoveta en aguas interiores de la X y XI regiones fue levemente más al sur (44º30’S) que la de los huevos de esta misma especie (43º30’S), llegando hasta el inicio el Canal Moraleda en la XI región (Figura 130). No se observó larvas de anchoveta a los 53°S, sector donde se reportó una estación con huevos de esta especie. Al igual que los huevos de sardina común, no se presentaron larvas de esta especie en toda la zona sur. Al igual que los huevos de sardina austral, larvas de esta especie ocurrieron desde el Canal Baker al sur, con máximas abundancias alrededor de los 51°S. No

se observó un máximo a las 53°S, zona en que hubo un máximo de huevos de esta especie. Más al sur, abundancias intermedias ocurrieron tanto en el estrecho de Magallanes como en el Canal Beagle, particularmente en el sector más al este.

Información sobre distribución horizontal de data publicada

Información sobre la presencia de huevos y larvas de las tres especies objetivo en la Patagonia chilena ha sido documentada principalmente desde la última década producto de investigaciones en esa zona como parte de los Cruceros Cimar Fiordos. Al respecto, Balbontín (2006) realiza una revisión en que resume los resultados sobre de la presencia de larvas de estos taxa en los 4 primeros cruceros que cubrieron desde Puerto Montt hasta el Cabo de Hornos entre los años 1995 y 1998. En su revisión, se señala la presencia de *Engraulis ringens* en el crucero desarrollado entre la Boca del Guafo y Estero Elefantes, XI región (Cimar Fiordos 4, CF 4) en primavera del 1998 y verano de 1999. *Strangomera bentincki* ocurrió en la zona entre Reloncaví y Estero Elefantes (CF 1) en primavera del 1995, y luego entre nuevamente entre la Boca del Guafo y Estero Elefantes (CF 4 primavera 1998 y verano de 1999). Finalmente, larvas de *Sprattus fuegensis* fueron reportadas entre Golfo de Penas y Estrecho de Magallanes en primavera de 1996 (CF 2) y entre Estrecho de Magallanes y el Cabo de Hornos (CF 3) en primavera de 1998.

Mapas de distribución de huevos y larvas de las 3 especies objetivo han sido producidos a partir de los cruceros CIMAR en distintas publicaciones. Balbontín & Bernal (2005), por ejemplo, reporta la presencia de larvas de *Strangomera bentincki* en aguas de la XI región en primavera como una de las especies dominantes mientras que en la misma zona *E. ringens* ocupa un lugar predominante durante el verano (Figura 131).

Posteriormente, Bustos et al. (2008 a,b) comparando las abundancias de huevos y larvas colectadas en la zona de aguas interiores de la X región entre las primaveras del 1995 y el 2005 encuentra altas abundancias de huevos de *E. ringens* en la zona continental frente a Chiloé (zona de mayor estratificación en comparación con la zona costera de Chiloé) el 2005, abundancias que habrían sido mayores las observadas en el 1995 (Figura 132). En esa misma zona, altas abundancias de larvas de *S. bentincki* fueron observadas también el 2005

(Figura 133). Huevos de Clupeidae (sin diferenciar entre *S. bentincki o S. fuegensis*) fueron más abundantes en la zona costera de Chiloé el 2005 mientras que larvas de *S. fuegensis* no fueron reportadas.

Más recientemente, Barrientos & Castro (2012) describen las distribuciones de huevos y larvas de *Sprattus fuegensis* a lo largo de la Patagonia Chilena en un reporte que abarcó el conjunto de cruceros desde el Fiordo el Reloncaví a Cabo de Hornos desde el año 2006 al 2011. En ese estudio, mayores abundancias de esta especie ocurrieron al sur del Golfo de Penas durante primavera, coincidiendo con los informes que muestran a las larvas de esta especie como Clupeiformes dominante al sur el Golfo de Pena (en ausencia de *E. ringens* y *S. bentincki*) en reportes previos en la zona sur austral (Bernal & Balbontín 1999, 2003).

Finalmente, Contreras *et al*. (in review) analizan los cambios de distribución desde huevo a larvas de *S bentincki* en aguas entre la Boca del Guafo y Estero Elefantes (XI región norte) y de *S. fuegensis* al sur el Golfo de Penas (XI región sur), asociando las características hidrográficas, cambios de talla larval y su alimentación con los cambios ontogenéticos en distribución de ambas especie durante los cruceros primaverales del 2007 y 2008, respectivamente (Figura 134). En este estudio se propone que existirían diferencias entre ambas especies entre sus áreas de desove (norte vs sur el Golfo de Penas; zona interna vs. zona más externa), patrones de migración ontogenética (*S. bentincki* hacia zona oceánica; *S fuegensis* hacia aguas interiores) pero siguiendo en ambos casos presas de similares tamaños que difirieron en distribución entre las zona norte y sur de la XI región.

En resumen, la información hasta ahora analizada tanto de datos no reportados como de información ya publicada sugiere en términos muy gruesos, que la zona más importantes de desove de **anchoveta** en los últimos años incluiría los sectores de los fiordos y seno del Reloncaví y sectores norte de la costa continental de la X región. Esta información no es completamente concluyente debido a que una mayor parte de los muestreos costeros han ocurrido en esos sectores, comparado con la costa de Chiloé zona donde ocurre desove de esta especie pero cuyas abundancias de huevo y, posteriormente de larvas, es menor que en la zona costera continental. La información de **sardina común** concuerda a grandes rasgos con la de anchoveta pero la data disponible es menos completa debido a las dificultades de identificación y separación de estas sardinas con las sardinas australes. El desove de

anchoveta y sardina común aparentemente más frecuentemente en aguas costeras continentales podría estar asociado a las condiciones de mayor estabilidad de la columna de agua en esa zona. Tanto las larvas de anchoveta como las de sardina común se encuentran frecuentemente también en aguas de la XI región, pero en menores abundancias que en la X. Las zonas de desove de **sardina austral** no han sido claramente identificadas debido a las limitaciones de data disponible. Huevos y larvas de esta especie han sido frecuentemente reportadas para zonas más al sur del Golfo de Penas y solo muy recientemente al norte de esta zona. Los escasos reportes de huevos o larvas de esta especie en aguas interiores de la X y XI región norte indican la presencia de huevos de esta especie principalmente en la zona costera de Chiloé tanto al final del periodo de desove (diciembre 2010-enero 2011) como en otoño del 2013 (pero muy pocos) y de larvas en la zona costera continental (diciembre 2010-enero 2011) y también en la zona costera de Chiloé (otoño 2013).

4.3.3.6. Diagramación y Análisis de la data histórica sobre distribución vertical de huevos y larvas.

En esta sección se presenta información existente de la distribución vertical de huevos y larvas de las especies objetivo en aguas interiores de la Patagonia chilena obtenidos durante los últimos años en distintos cruceros y fechas (Sobreoferta 12). Los cruceros fueron desarrollados en el marco del Programa CIMAR Fiordos entre la X y XII regiones y en el marco de los proyectos FIP de hidroacústica de pequeños pelágicos (años 2010 y 2013). Para fines comparativos, la data utilizada para la construcción de los perfiles corresponde solo a la de estaciones en que se muestreó los mismos estratos considerados en la presente propuesta (0-25, 25-50 y 50-100m). Dado el bajo número de estaciones positivas en la mayoría de los cruceros, no se pudo realizar pruebas estadísticas por lo que las descripciones abajo señaladas solo corresponden a tendencias muy generales

La distribución vertical de los huevos de las tres especies objetivo (más Clupeidos) durante el crucero hidroacústico de pequeños pelágicos 2010 (diciembre 2010-enero 2011) incluyó los tres estratos señalados en la X región (Figura 135). En esta zona los huevos de anchoveta se presentaron en mayor densidad en el estrato más somero, los huevos de

sardina común y Clupeidos en el estrato 25-50 m y los huevos de sardina austral entre 0 y 50 m. La distribución de la larvas varío respecto de los huevos: las larvas de anchoveta estuvieron en similares densidades en los estratos somero y a 50-100 m, las larvas de sardina común en densidad mayor en el estrato intermedio (25-50 m) y las de sardina austral en el estrato más profundo (50-100 m) (Figura 136).

Durante el crucero de evaluación hidroacústica 2013 (abril-mayo 2013), solo los huevos de anchoveta ocurrieron desde superficie a 100 m de profundidad en la X región. En esta región, las 3 especies objetivos estuvieron en mayor densidad en el estrato somero (Figura 137). En la XI región, sin embargo, la distribución de los huevos de anchoveta y sardina común (y Clupeidos) se profundizó por debajo de los 25 m. Larvas solo de sardina austral ocurrieron en este crucero y su distribución fue también en el estrato más profundo (50-100 m) (Figura 138).

En la X región, otro crucero reciente del que se tiene información de la distribución vertical de huevos y larvas de alguna de las especies objetivo en la X región es el Crucero CIMAR Fiordos 17 llevado a cabo en invierno del 2011. Durante este crucero se logró perfiles de huevos de anchoveta y clupeidos, y de larvas de las 3 especies objetivo y en todos ellos se muestra que tanto los huevos como las larvas se distribuyeron a lo largo de toda la columna de agua (0-100 m) (Figuras 139 y 140).

Más al sur, se tiene información de la distribución vertical de huevos y larvas de sardina austral en noviembre de los años 2008 (CIMAR 14; zona de Canal Baker) y 2009 (CIMAR 15; entre Canal Concepción y Puerto Natales). En ambos cruceros tanto huevos como larvas de esta especie se ubicaron a lo largo de toda la columna de agua, mostrando los huevos un patrón de mayores densidades a las mayores profundidades (50-100 m) (Figura 141 a 144).

En resumen, los huevos de las 3 especies objetivo tienden a ubicarse a lo largo de toda la columna de agua (0-100 m) pero en mayor densidad en los estratos someros. Las larvas de anchoveta y sardina común se presentarían en un rango de profundidades un poco más amplio (0-50 m) que los huevos mientras que las larva de sardina austral se ubicarían hasta

el estrato más profundo (50-100 m), lo cual se evidenció especialmente en los cruceros más al sur (XI y XII regiones).

5. SOBREOFERTAS ORIENTADAS A LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS

5.1. MODELOS DE DESARROLLO DE HUEVO TEMPERATURA-DEPENDIENTES

A partir de los datos experimentales de incubación de huevos a cuatro temperaturas, se obtuvo la edad media, desviación estándar de la edad, edad mínima y máxima tanto para huevos de anchoveta (Tabla 50) como para sardina común (Tabla 51) (Sobreoferta 5). Se destaca que, debido a la rápida tasa de desarrollo del primer estadio, no fue posible contabilizar su ocurrencia en las muestras. En consecuencia, el ajuste del modelo consideró solamente a partir del estadio II.

A partir de estos datos se ajustó el modelo de Lo (Figura 145), encontrándose un buen grado de ajuste, siendo todos los parámetros del modelo significativos (Tabla 52). En el caso de la anchoveta, el modelo de Lo mostró que la edad esperada de los huevos tiende a aumentar en función de los estadios (Figura 146). En la sardina común, en cambio, la edad esperada mostró una tendencia a disminuir después del estadio VIII en todas las temperaturas (Figura 147). Se destaca los huevos de sardina común no siguieron su desarrollo en estadios más avanzados después del estadio V a temperatura de 14 ºC, ni después del estado IV a 16 ºC. A su vez, los huevos de anchoveta no siguieron su desarrollo después del estadio VIII a temperatura de 8 ºC.

Al considerar un modelo probabilístico multinomial para los datos de desarrollo de huevos tanto de anchoveta como de sardina común, se encontró que el modelo más parsimonioso quedó descrito por los parámetros y estructura que se resumen en la Tabla 53. La probabilidad de observar un estadio dada la hora de desarrollo y la temperatura fue más variable en la anchoveta (Figura 148) que en sardina común (Figura 149).

5.2. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA Y TASA DE MORTALIDAD DIARIA DE HUEVOS

Producción diaria de huevos (Sobreoferta 3)

Los parámetros de los GLM que fueron utilizados para estimar los parámetros P_0 y Z de cada recurso se resumen en la Tabla 55. Se observa que los parámetros fueron significativos en anchoveta y sardina común, con la tasa de mortalidad positiva sólo en el caso de la sardina austral. No obstante, con el procedimiento de datación multinomial se encontró una pendiente negativa para este recurso, pero no fue significativa.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 55, se seleccionó los resultados del GLM 3 para anchoveta y sardina común, y GLM 4 para sardina austral. La primera selección se basó en el bajo error estándar de los coeficientes, y el GLM 4 porque la tasa de mortalidad fue negativa. Sobre la base de esta selección, la estimación de la producción diaria de huevos y tasa de mortalidad diaria de huevos, resultados presentados en la Tabla 56. Dichas estimaciones están referidas al área de desove (A_1). La tasa de mortalidad diaria de los huevos de anchoveta fue 0,441 d^{-1}, mientras que en el caso de la sardina común la tasa de mortalidad diaria fue de 0,1 d^{-1}, similar a la sardina austral (0,16 d^{-1}).

El índice de dispersión-agregación de Lloyd, se compara entre especies en la Figura 152. Se observó que la cohorte 1 (menor a 24 horas) de sardina común se presentó más agregada que la de las otras especies, y que tanto en anchoveta como sardina común el índice de agregación disminuye con la edad. Solamente la sardina austral mostró una mayor agregación a la edad 2. La relación entre el logaritmo de la varianza y el logaritmo del promedio (Figura 153) mostró que la densidad de huevos por cohorte de los tres recursos se distribuyen en agregaciones (parches), ya que la pendiente de dicha relación fue mayor a 2 para anchoveta y sardina común, exceptuando el caso de la sardina austral (b=0,792).

Sin embargo, el mejor modelo que describe la relación varianza-promedio del conjunto de datos fue un modelo de co-variación (r^2=0,987, n=9, gl=5, F=124,6, p<0,01). Esto es, un modelo con un intercepto común y pendientes específicas para cada recurso (Tabla 57).

6. – DISCUSIÓN GENERAL

Análisis y discusión de condiciones oceanográficas durante el crucero.

El patrón regional de temperaturas superficiales, observables en las imágenes satelitales que incluyen la sección oceánica externa adyacente a la zona de estudio, muestra un marcado gradiente térmico con mayores temperaturas en el sector norte próximo a la plataforma continental (41°N, 75°O) y una disminución de los valores hacia el sur, incluida la zona de aguas interiores de canales y fiordos. En el sector de aguas interiores, por otro lado, la distribución de temperatura superficial en la zona de estudio durante el crucero de ictioplancton, con mayores valores en la zona norte y menores en la zona sur, es concordante con la información previa existente para aguas interiores de la X y XI regiones en primavera.

Las características hidrográficas presentes en cada una de los sectores dentro de la zona de aguas interiores responderían no solo al gradiente latitudinal de temperatura sino que también a los aportes de los distintos tipos de agua a la zona. En la zona norte, en superficie, la temperatura fue más cálida y mostró un aporte importante de agua dulce de los ríos en el Fiordo, luego Seno Reloncaví y finalmente en menor grado al Golfo de Ancud, aporte que es evidenciado por el fuerte gradiente en salinidad entre el Fiordo, Seno del Reloncaví y Golfo de Ancud. En el sector cercano a la Isla de Chiloé, Golfo Corcovado a la Boca de Guafo se presentaron mayores salinidades evidenciando el ingreso de aguas desde la plataforma continental. En esta zona, la presencia de aguas más frías y más saladas en la zona de la Boca del Guafo, se manifestaría hacia el norte en el Golfo de Corcovado y hacia el sur, en el Canal Moraleda, zonas en que la influencia de aguas provenientes de la plataforma continental se mezclarían con las aguas provenientes de los canales y fiordos. Más al sur, en la zona interna del Canal Moraleda-Canal Costa, las menores temperaturas y salinidades en superficie coincidirían con los aportes de agua dulce fría de deshielos (Calvete & Sobarzo, 2011).

De este modo, las características hidrográficas en aguas interiores de las X y XI regiones responden a las diferentes proporciones de aportes de los distintos tipos de agua en la zona:

en superficie, desde agua dulce (AD) proveniente de los ríos en la zonas más internas y Aguas SubAntárticas Superficiales (ASAA) provenientes desde la plataforma continental, cuya mezcla de ambas da origen a las Aguas Estuarinas (AE) y, en subsuperficie (>30m profundidad), aguas SubAntárticas Modificadas (ASAAM) y Aguas Ecuatoriales SubSuperficiales (AESS) (Sievers & Silva, 2006). Cada uno de estos tipos de agua presenta características que las pemiten identificar. Por ejemplo, las ASAA presentan temperaturas entre 10° y14°C, y salinidad entre 33 y 34 psu, la AD temperaturas entre 4 y 14°C y salinidades muy bajas (0-0,2 psu) y las AESS temperatura entre 9 y 10°C y salinidades entre 33,8 y 34,2 psu (Sievers & Silva, 2008; Silva *et al*., 1998).

La variación en la distribución de temperatura superficial descrito desde el comienzo al fin del periodo de muestreo corresponde a uno observable normalmente en condiciones de primavera, y contrasta con el descrito en otras investigaciones de la misma zona durante otros periodos de otoño (ver últimos reportes FIP de los últimos cruceros de proyectos hidroacústicos de pequeños pelágicos en la zona llevados a cabo en otoño). En el crucero otoñal del año 2014, por ejemplo, se observó una disminución progresiva de la temperatura de sur a norte evidenciado por el desplazamiento de la isoterma de 14°C desde los 46°S hasta los 41°S desde fines de marzo a mayo (Lillo com. pers.). Este desplazamiento latitudinal es contrario al aumento latitudinal de temperaturas en la medida que avanza la primavera observado en el presente estudio en la zona costera y que puede visualizarse como el avance de la isoterma de 12°C desde los 42°S hasta los 44°S desde el 12 al 26 de noviembre).

Análisis y discusión de resultados de distribución de huevos de las especies objetivo y características oceanográficas asociadas.

Huevos y larvas de las tres especies objetivo fueron colectadas en ambas regiones muestreadas. Las abundancias de huevos fueron mayores a las de larvas en las tres especies estudiadas, lo que sugiere desove reciente. Las mayores abundancias de huevos y larvas de las tres especies ocurrieron en la X región. Comparativamente entre especies, las mayores abundancias promedio (estaciones positivas) de huevos en esta región, fueron de anchoveta,

seguido de sardina común y luego sardina austral. En la XI región, no se encontró huevos de anchoveta y las abundancias promedio (estaciones positivas) de huevos de sardina de ambas especies fueron similares entre sí. En términos de distribución por sectores, mientras que los huevos de anchoveta fueron más abundantes en el Seno (incluye Fiordo) del Reloncaví y sector costero continental de la X región (red WP2), los huevos de sardina común y sardina austral se presentaron con mayores abundancias en los sectores Seno Reloncaví y Costero de Chiloé. En la XI región, los huevos de ambas especies de sardina se ubicaron preferentemente el sector intermedio (Canal Moraleda) y secundariamente en los canales más externos. Los análisis de geoestadística concuerdan con la descripción de las zonas de mayor abundancia de huevos, enfatizando aquella con mayor probabilidad de encuentro con las especies objetivo: Anchoveta = zona del Fiordo y Seno del Reloncaví, sardina común = zona norte, mas particularmente frente a Calbuco y, sardina austral: Costa interna de Chiloé. Estos resultados de distribución de los estadios tempranos de las especies objetivo concuerdan en gran medida con las descripciones logradas de la data histórica recopilada de distintos cruceros en la zona (Castro *et al*., 2007, 2012; Bustos *et al*., 2008, 2008a; Giraud, 2010; Giraud & Castro, 2011; Cubillos *et al*., 2012).

El utilizar data de muestreos integrados para establecer asociaciones con características ambientales en zona altamente estratificadas puede etregar resultados difícil de interpretar. Acorde a lo anterior, es que en este estudio se decidió utilizar más de una profundidad y además, llevar a cabo más de una aproximación (sobreposición de mapas, quoting, diagramas T-S, GAMs). Si los resultados de todas las aproximaciones son consistentes entre sí (eg. rangos de variables hidrográficas similares entre aproximaciones) se puede llegar a deducir que efectivamente existen rangos identificables de las variables que potencialmente podrían sugerir preferencias. Sin embargo, puede darse el caso de que justamente la presencia de valores contrastates (valores altos y bajos en las variables hidrográficas) estén revelando que no existe una selección por rangos estrechos sino que, por el contrario, la ubicación de los individuos (eg. huevos) no está condicionada por las variables analizadas por lo que los valores en las características hidrográficas observadas no representan una limitación a la distribución de estos organismos. En el presente estudio, algunas aproximaciones (quoting) arojaron que valores contrastantes de variables ambientales seleccionadas (valores altos y bajos de salinidad simultáneamente, en huevos

de anchoveta), sin embargo, al analizar en conjunto con las demás aproximaciones se pudo identificar con mayor claridad valores de las variables ambientales que se repetían y que, adicionalmente, sugerían condiciones ambientales distinguibles entre especies. Los distintos métodos para determinar posibles asociaciones entre las distribuciones de huevos y larvas y las características oceanográficas, de este modo, concordaron entre sí permitiendo identificar características ambientales recurrentes para las distintas especies. La *sobreposición de mapas de distribución* de huevos sobre secciones horizontales de características ambientales señalan que los huevos de anchoveta habrían ocurrido en áreas de aguas más cálidas (>12,5°C), de alta estratificación, con valores de salinidad >28 y fluorescencia relativamente bajas; los núcleos de mayor abundancia de huevos de sardina común se asociaron a temperaturas medias-altas (11,5-13°C), altas salinidades, alta fluorescencia, y baja estabilidad y, los huevos de sardina austral se asociaron a temperaturas medianas (12°-12,5°C), salinidades relativamente altas, altos valores de fluorescencia y bajos de estabilidad. E*l análisis de preferencias/evasión (quoting)* de valores en características ambientales reveló coincidentemente los huevos de sardina austral tienen preferencia por menor temperatura en comparación a huevos de anchoveta y sardina común. Este método reveló además, preferencias por rangos de salinidad de cada especie. Por ejemplo, los huevos de sardina común, el rango de preferencia se asoció a mayor salinidad (> 28 a 34), en comparación a la anchoveta, sardina austral. Los resultados de los *GAMs* estuvieron en concordancia con los análisis anteriores. Las mayores densidades de huevos de sardina austral se asocian a aguas con menor temperatura y menor salinidad, y con una relativamente baja estratificación (estabilidad). En cambio los huevos de anchoveta y sardina común se relacionan a temperaturas más cálidas y aguas más salinas (sardina común), con estratificación relativamente alta.

Estudios de la eficiencia de las redes de plancton han reportado que factores como el abertura de la trama de la malla, largo de la malla y el área de la boca tienen un efecto significativo en la abundancia y diversidad de organismos planctónicos muestreados (Ahlstrom *et al*., 1969; Madenjian & Jude, 1985; Harris *et al*., 2000; Ohman & Lavaniegos, 2002; González-Nuevo, 2011). En el presente estudio, la comparación de las frecuencias de estaciones positivas (con presencia de huevos) entre los dos tipos de redes de plancton

señalan a la red WP2 como más eficiente que la red CALVET en la captura tanto de huevo como larvas de las tres especies objetivo, presumiblemente debido al mayor volumen de agua que muestrea la red WP2. Al estandarizar por el volumen de agua muestreada las abundancias obtenidas por ambas redes insinúa que la mayor eficiencia observada de la red WP2 se mantendría. Los análisis estadísticos señalaron que existen diferencias significativas en cuanto a la abundancia de huevos (Test Friedman, X_2 = 20,08; P = 7,42e^{-6}) y larvas (X_2 = 3,85; P = 0,0498) de las especies objetivo capturados por WP2 y Calvet. Los resultados de las comparaciones entre redes, por lo tanto, sugieren como más adecuado la utilización de un muestreador vertical tipo red WP2 para esta zona.

La distribución y abundancia del zooplancton es determinante en la sobrevivencia de los estados tempranos de peces, debido a que es considerado como fuente de alimentación y a la vez agente predador (Akselman *et al.*, 1986; Fossheim *et al*., 2006; Méndez, 2007). Los resultados de esta investigación respecto al análisis de la distribución de mesozooplancton, mostraron que las zonas de mayor abundancia de ictioplancton coincidieron con la mayor abundancia de alimento potencial en el plancton (fitoplancton (clorofila a), copépodos y apendicularias) y con baja abundancia de algunos predadores gelatinosos particularmente en la zona norte de Chiloé – Canal Chacao (quetognatos y medusas) y quitinosos (eufáusidos), excepto los sifonóforos (predador gelatinoso), los cuales fueron abundantes. Resultados similares han sido reportados en la zona centro-sur de Chile, donde se ha descrito que las zonas de desove y crianza son sitios seguros con gran disponibilidad de alimento y baja concurrencia de predadores (Méndez, 2007).

La frecuencia de *malformaciones* en huevos de sardina común determinada en el presente estudio fue de 2,6% y en anchoveta de 1,4%, valores que se encuentran en los rangos reportados para la zona centro-sur de Chile, que van desde 0,83 a 3,5% en sardina común y 1,69 a 4,23% en anchoveta (Vasquez *et al*, 2010; Cubillos *et al*., 2013). Las causas de las malformaciones reportadas en ambientes naturales son de distinta índole y van desde alteraciones de tipo genético como asociadas a variaciones en la coposición bioquímica de los huevos, efectos de la radiación ultravioleta o incluso producto de contaminación. Los

bajos valores de malformación determinados en este estudio están dentro del rango considerado normales en distintos tipos de hábitats y contribuyen, de este modo, como una fuente más de mortalidad natural en el ambiente pelágico.

Colecta de adultos para obtener desoves en laboratorio, caracterización de ovocitos y morfología de huevos.

Respecto a las actividades conducentes a la colección de adultos para experimentos de inducción de desove, incubación y desarrollo de huevos de las especies objetivo, la pesca de investigación fue autorizada mediante Res. Ex. Nº 2866 con fecha 28 de Octubre de 2014 por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Desde el punto de vista administrativo, la fecha de autorización fue tardía para realizar la colecta de adultos. Asimismo, aunque la cantidad de pesca autorizada fue de 1 tonelada por cada especie, ésta no fue suficiente para realizar una mayor cantidad de lances. No obstante estas limitaciones administrativas, se acordó que los lances de pesca fueran efectuados en la zonas de pesca seleccionadas por los pescadores ya que el objetivo fundamental fue la provisión de adultos para realizar la inducción al desove.

Hubo dos sobreofertas que no pudieron lograrse a cabalidad: una sobre caracterización hidrográfica del medio (sobreoferta 1, perfiles de microturbulencia que por problemas con el microperfilador no se pudo obtener tal información), y otra relacionada con aspectos reproductivos de sardina austral (sobreoferta 7, descripción de folículos Postovulatorios de *Sprattus fuegensis*). Esta última no pudo obtenerse debido a que las hembras de *S. fuegensis* colectadas en terreno para desove en cautiverio no llegaron en el estado reproductivo requerido. Ambas sobreofertas fueron pensadas y propuestas como una oportunidad de obtener información adicional de los recursos y su ambiente (no-requerida en las bases) y, por lo tanto su logro incompleto no afecta el cumplimiento de los objetivos del proyecto. En el caso de las hembras adultas de sardina austral, sólo 5,1% estuvo madura pero la cantidad de ejemplares fue insuficiente para inducir el desove y lograr la incubación masiva de huevos (no obstante, se consiguió algunos huevos pero no fecundados). Esta situación

podría haber limitado tres actividades (adicionales) que se pretendían, estos son: a) la diferenciación morfológica entre los huevos de sardina austral y de sardina común; b) diferenciación entre sardina común y sardina austral a partir del tamaño de los ovocitos en el ovario, y c) la caracterización de los folículos postovulatorios (FPO) de sardina austral. Respecto a la primera potencial limitación (diferenciación morfológica entre los huevos de sardina austral y de sardina común) si bien no se pudo obtener el desarrollo completo de los huevos de sardina austral, sí se obtuvo los de sardina común y de anchoveta. Adicionalmente, y como parte de la diferenciación morfológica, se pudo obtener información de microscopía electrónica de barrido que da cuenta de las diferencias entre sardinas de la superficie interna y externa del corion así como de la estructura del corion misma, a partir de muestras de huevos de sardina austral colectadas previamente en el sur de la Patagonia Chilena. En relación a la segunda potencial limitante (diferenciación del tamaño de ovocitos en el ovario de sardina austral y común), esta actividad se realizó sin problemas utilizando mediciones desde las placas histológicas provenientes de gónadas de 146 sardinas australes y 49 sardinas comunes. La comparación de diámetros se llevó a cabo midiendo ovocitos en estado vitelado y en estado núcleo migrante de ambas especies (también se midió el espesor de la zona hialina, futuro precursor del corion). Los resultados de estos análisis fueron presentados y señalan que no hay diferencias en volumen de ovocitos en núcleo migrante pero sí en el grosor de la estructura precursora del corion. Estas diferencias en grosor del corion fueron luego ratificadas con las imágenes de microscopia de barrido antes señaladas. La tercera limitación (folículos post-ovulatorios), lamentablemente no pudo llevarse a cabo. Esta última sobreoferta, como se indicó anteriormente, fue propuesta como una oportunidad de obtener información adicional (no-requerida en las bases) de los recursos y, por lo tanto su logro incompleto no afecta el cumplimiento de los objetivos señaladas en las bases técnicas del proyecto.

Análisis y discusión de modelos de dispersión/retención de huevos y larvas (Ichthyop).

La modelación es un instrumento adecuado para abordar estudios que vinculen la interacción de procesos biológicos y físicos en la dinámica de la fase de vida temprana de

peces, tal como el efecto de la temperatura y salinidad en el crecimiento, mortalidad y distribución del ictioplancton (Mullon *et al*., 2003; Parada *et al*., 2003; Hinrichsen *et al.*, 2005; Ospina-Álvarez *et al*., 2012; Parada *et al*., 2012; Soto-Mendoza *et al.*, 2012; Petereit *et al*., 2014). En las regiones X y XI, no se ha utilizado modelación para describir el transporte de estadios tempranos de peces. Por lo tanto, la aplicación de esta metodología en la zona de la Patagonia, es parte de los primeros experimentos que buscan describir la dinámica de transporte, retención y mortalidades de huevos y larvas de anchoveta en esa zona.

Transporte (sobrevivencia). Los primeros estados de vida de los peces son extremadamente vulnerables, tanto a condiciones abióticas desfavorables (procesos advectivos), como al ataque de predadores. Diferencias significativas en la mortalidad de los distintos estados de vida a medida que se avanza en el desarrollo, han sido reportados por Houde (1994), Conway *et al.* (1997) y Fuiman & Werner (2002). Registros de *Anchoa mitchilli* muestran tasas de mortalidad diaria de 0,32% a 98% (Castro & Cowen 1991; Dorsey *et al.*, 1996). *E. ringens* de la zona norte de Chile (20º30'S), presentó mortalidades diarias por inanición sobre 2,9% (Pizarro *et al*., 1998), en cambio, la tasa de mortalidad diaria en la zona centro de Chile varió entre 96% a 98% en huevos y entre 4,4% a 6,8% en larvas (Castro & Hernández, 2000). Las simulaciones en este estudio mostraron claras diferencias en la sobrevivencia de huevos (22-35%) y larvas con vitelo (~8%) de anchoveta en la región sur de Chile (Figura 9). Estos resultados concuerdan con lo obtenido en la mayoría de los Engraulidos los cuales presentan una tasa de mortalidad anual que varía entre 50 y 90% (Fuiman & Werner, 2002).

La zona de desove para un individuo que tiene que optimizar la producción de descendencia viable, tiene que procurar el desarrollo del organismo en el medio adecuado con el objetivo de favorecer su sobrevivencia (Hinckley *et al*., 2001). Para *E. capensis* algunos autores determinaron que el período y localización de los desoves, junto con el área de crianza, son importantes para la sobrevivencia de los estados tempranos de vida (Huggett *et al.*, 2003). En esta investigación se observó que la distribución de huevos y larvas de anchoveta se sobrepone, es decir, existe presencia de ambos estados de desarrollo

en las distintas zonas de desove (Figuras 11 y 12) durante el periodo reproductivo. Esto concuerda con lo reportado por Bustos *et al*. (2008a; 2008b), Cubillos & Castro (2010) y Castro (2012) para la misma zona (41,5°S a 47°S). La sobrevivencia de los huevos y larvas obtenida en las simulaciones, indica la presencia de alta variabilidad entre las zonas de desove (huevos: < 10 % (*SRBoca* (seno Reloncaví)) a > 6% (*CCNorte* (golfo de Ancud)) y larvas: > 1,5% (seno Reloncaví y golfo de Ancud) a < 0,5 (mar interior Chiloé, golfo Corcovado, boca del Guafo, canal Moraleda, archipiélago los Chonos) (Figura 8A). Estas variaciones pueden ser consecuencia de que estas zonas proporcionan alimento apropiado y/o protección a predadores, o que existan condiciones abióticas favorables para los estados tempranos de vida de peces (Balon, 1981), por tanto la selección del área de crianza asegura el éxito del reclutamiento y la permanencia de la población en el tiempo (Minn et al. 1995; Hinckley et al. 2001).

La profundidad del desove, propiedades de boyantez y ocurrencia de desoves continuos de un mismo individuo, afectarán la distribución vertical de los huevos y más tarde la posición de las larvas con saco vitelino (Boyra *et al*,. 2003; Parada *et al*., 2003). Se observa a través de las simulaciones que la sobrevivencia de huevos y larvas de anchoveta es afectada significativamente por la profundidad y distribución latitudinal de los desoves (Tablas 46 y 47). Resultados similares se encontraron para huevos de *Engraulis capensis* y *Engraulis ringens* en el Ecosistema de Benguela (Huggett *et al.,* 2003; Parada *et al.,* 2003) y centro-sur de Chile (Parada *et al.,* 2012; Soto-Mendoza *et al.,* 2012) respectivamente, donde se ha demostrado que la distribución horizontal y vertical de los huevos se relaciona a la boyantez, profundidad de los desoves y al transporte diferencial desde las zonas de desove a zonas de crianza, los cuales serían un factor clave en el éxito de la sobrevivencia.

Retención. Los fiordos de Chile (42°S a 47°S) se caracterizan por la presencia de lluvia durante la mayor parte del año y por la entrada de agua dulce proveniente de los ríos (Salinas & Hormazábal, 2004), el aporte de agua dulce genera circulación estuarina con gran estratificación y haloclina (Silva *et al.,* 1998; Dávila *et al.,* 2002). Las características descritas, generan estacionalidad en la abundancia del fitoplancton el cual incrementa su concentración durante la primavera (Toro *et al.,* 1999; Iriarte *et al.,* 2007; Bustos *et al.,*

2008b). La estacionalidad también se ha reflejado en los aspectos reproductivos de algunas especies de peces marinos, los cuales sincronizan sus actividades reproductivas con los procesos físicos de mesoescala para retener y/o transportar sus huevos y larvas a zonas de crianza, y maximizar las posibilidades de sobrevivencia de los estadios tempranos (Berasategui *et al.*, 2004; Córdova & Balbontín, 2006; Landaeta & Castro, 2006; Bustos *et al.*, 2007, 2008a; Balbontín *et al.*, 2009). Los resultados obtenidos mediante las simulaciones en las diferentes zonas de desove (liberación) situadas en el Seno Reloncaví, Golfo de Ancud, mar interior de Chiloé, Golfo Corcovado, Boca del Guafo, Canal Moraleda y Archipiélago los Chonos, mostraron cambios importantes en los valores de retención de huevos (< 5,9%: Seno Reloncaví, Golfo de Ancud; < 1,1%: Golfo Corcovado, Boca del Guafo, Canal Moraleda; < 0,2%: Mar interior de Chiloé, Archipiélago los Chonos) y larvas (< 1,4%: Seno Reloncaví, Golfo de Ancud; < 0,1%: Mar interior de Chiloé, Golfo Corcovado, Boca del Guafo, Canal Moraleda, Archipiélago los Chonos). Los porcentajes más relevantes de retención de huevos (5,9%) y larvas (1,4%) se presentaron en el sector norte del área de estudio (*e.i.*, Seno Reloncaví, Golfo de Ancud; Tablas 44 y 45), los cuales disminuyen hacia el sur. Los altos valores de retención pueden asociarse a la sincronización de la estrategia reproductiva de esta especie con la dinámica física del sistema. El periodo reproductivo de la anchoveta en agua interiores se presenta entre los meses de septiembre a diciembre (Anaris *et al.*, 2006; Niklitschek *et al.*, 2009; SUBPESCA 2009, 2011), este periodo es caracterizado por condiciones oceanográficas favorables para la retención y crianza de huevos y larvas de peces (Bustos *et al.*, 2007, 2008a) y altos valores de productividad (clorofila-a y biomasa zooplanctónica, Palma 2008). Durante este periodo (primavera e inicio del verano austral) predominan los vientos sur y suroeste generando en el interior del seno de Reloncaví, arrastre de agua hacia el oeste (Clement *et al.*, 1988; Barahona et al., 2005; Letelier *et al.*, 2011), los cuales junto con las mareas, el aporte del fiordo de Reloncaví, la conexión con el golfo de Ancud, la topografía y la batimetría, estarían modulando su circulación (Mujica, 2002; Castro *et al.*, 2004; Valle-Levinson *et al*., 2007; Aiken, 2008; Soto-Mardones *et al.*, 2009; Cáceres & Valle-Levinson 2010; Letelier *et al.*, 2011; Valle-Levinson *et al*., 2014).

La baja retención de huevos y larvas (< 0,1%) obtenida en el sector sur de la zona de estudio (boca del Guafo, golfo Corcovado, canal Moraleda, archipiélago Chonos), podría

estar relacionada a un fuerte transporte presente en esta zona, donde se observa la masa de Agua Subsuperficial Subantártica con dirección norte (seno Reloncaví) (Silva *et al.,* 1998; Castillo & Valenzuela, 2006; Aiken, 2008; Sievers & Silva, 2008; Carrasco & Silva 2010). En canal Moraleda, por otro lado, se observa una corriente superficial al norte y una corriente intermedia al sur con presencia de Agua Subantártica (Silva *et al.,* 1997; Castillo & Valenzuela, 2006; Balbontín *et al.,* 2009). Moreno *et al.,* (1987) y Barahona *et al.,* (2005) encontraron el mismo patrón de abundancia en larvas de erizos. Los autores concluyen que las larvas situadas en estas zonas (boca de Guafo y golfo Corcovado) tienen mayor probabilidad de ser transportadas por canales transversales que conectan las aguas oceánicas con las aguas interiores de golfos y archipiélagos.

Las diferencias en los valores de retención encontrados en las distintas zonas, se pueden atribuir a procesos intrínsecos de cada lugar. Se ha descrito por ejemplo, que la cuenca norte del área de estudio (seno de Reloncaví y golfo Ancud) se caracteriza por presentar una columna de agua muy estable la cual favorece la estratificación y la productividad biológica. Mientras, que al sur del cordón de Islas Desertores, se encuentra la cuenca que incluye el golfo Corcovado, la cual se caracteriza por presentar mayor inestabilidad oceanográfica (columna de agua mezclada) y menor productividad (Villenas *et al.,* 2009; Carrasco & Silva 2010; Palma *et al.,* 2011; Salinas & Castillo 2012). Las diferencias oceanográficas encontradas en estas cuencas podrían generar variaciones en la distribución y abundancia en los organismos planctónicos (Bustos *et al.,* 2008b; Villenas *et al.,* 2009; Palma *et al.,* 2011).

Conectividad. Las masas de agua presentes en el área de estudio son el Agua Superficial Subantártica (ASAA), el Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y el Agua Intermedia Antártica (AIAA). Estas masas de agua ingresan principalmente desde la Boca del Guafo y se incorporan hacia el interior de los canales bajo la capa superficial estuarina (AE) generando mezcla. Silva *et al.,* (1997) han denominado a esta mezcla como Agua Subantártica Modificada (ASAAM), la cual penetra el seno Reloncaví por el norte e ingresa por el sur en el canal Moraleda (Silva *et al.,* 1998; Carrasco & Silva, 2010). Por otro lado, esta área posee una compleja topografía presentado estrechamiento de bahías y canales y cambios importantes de batimetría (Mujica, 2002; Castro *et al.,* 2004; Soto-Mardones *et al.,*

2009. Las características oceanográficas y topográficas de un lugar, afectan significativamente la dispersión de huevos y larvas de peces, donde el tiempo y la localidad específica de los desoves, pueden optimizar la dispersión de larvas, lo cual garantiza el éxito del reclutamiento (Espinosa, 2001; Landaeta & Castro, 2006; Soto-Mendoza *et al.*, 2012). La circulación general de esta zona y la batimetría presente, pueden influir en el transporte de los estadios tempranos de anchoveta, principalmente hacia el norte.

También es posible observar transporte hacia el sur del área de estudio, aunque este es menor que hacia el norte. El transporte hacia el sur se presenta entre el seno Reloncaví y el Golfo de Ancud, también al norte del canal Moraleda. El seno Reloncaví es considerado un sistema semicerrado, el cual se encuentra conectado al golfo de Ancud a través del paso Tautil y canal Calbuco por el oeste, y por el paso Queullín y el paso Nao por el sur (Cáceres & Valle-Levinson, 2010). Los diferentes pasos constituyen vías de intercambio de aguas importantes entre el seno Reloncaví y el gofo de Ancud (Soto-Mardones *et al.*, 2009; Cáceres & Valle-Levinson, 2010). El intercambio de agua en esta zona podría explicar la conectividad en el transporte de huevos y larvas obtenidas en este estudio (Figuras 6 y 7; Tablas 11 y 12). En el canal Moraleda, el transporte secundario con dirección sur de huevos y larvas, se asociaría a lo reportado por Silva et al. (1995, 1997), Blanco y Valle-Levinson (2005) y Castillo & Valenzuela (2006). Los autores describen que la constricción de Meninea (profundidad de 40 m) restringe el intercambio de aguas a profundidades mayores de 50m y separa el canal en dos cuencas, una norte y una sur. Esto último permite que el agua menos densa fluya hacia el norte en superficie y el agua más densa fluya hacia el sur de la constricción, permitiendo la ventilación de cuenca sur.

Mortalidad. La mortalidad natural en huevos y larvas durante el periodo reproductivo presentó valores entre 20 y 45%. Estos resultados coinciden con lo obtenido para la mayoría de los Engraulidos los cuales presentan una tasa de mortalidad anual que oscila entre 50 y 90% (Fuiman & Werner, 2002).

El desarrollo de los estados tempranos de vida de peces es influenciado por factores abióticos (*i.e.*, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto) que pueden acelerar o retardar el desarrollo, el tiempo relativo de crecimiento, la tasa metabólica y generar variaciones de las funciones fisiológicas y actividad locomotriz (Priede & Watson, 1993). Los resultados de

las simulaciones realizadas en este trabajo revelan que el efecto de la temperatura en los estados tempranos de anchoveta es despreciable (< 1%) en la mayor parte de la zona de estudio aunque se observan algunos efectos en el sector sur (boca del Guafo, archipiélago los Chonos). Sin embargo, para la anchoveta de Benguela, la temperatura es primordial en la distribución y sobrevivencia de huevos y larvas (Parada *et al.,* 2003).

Para la anchoveta de la zona centro-sur de Chile (Constitución - sur de Valdivia) se ha encontrado que la selección de las áreas de crianza (*i.e.*, profundidad y topografía) asegura el éxito del reclutamiento y la permanencia de la población en el tiempo (Soto-Mendoza *et al.,* 2012). La mortalidad por advección de los estados tempranos de anchoveta (*E. ringens*) durante la investigación evidenció que las zonas de desove ubicadas al oeste (*GACChacao* y *IChCC*: > 1,9%) y sur (boca del Guafo: > 1.5% y canal Moraleda y archipiélago los Chonos: 1 - 2%) del área de estudio, exhiben los valores más altos de mortalidad de huevos. En cambio, para las larvas, la mortalidad por advección registró valores < 1%. La mortalidad por advección en las distintas zonas de desove-retención probablemente está asociada a las características topográficas y oceanográficas de las distintas zonas de desove. Las características físicas presentes pueden producir advección hacia lugares inapropiados para el desarrollo de huevos y larvas (Balon, 1981; Lee *et al.,* 2005). Estos resultados son interesantes teniendo en cuenta que advección ha sido considerado un factor importante en la distribución y la sobrevivencia en la fase temprana de desarrollo de los peces (Landaeta *et al.,* 2008; Snelgrove *et al.,* 2008).

Comparación de los resultados de las simulaciones con lo obtenido en los cruceros. El estudio de las interacciones físico/biológicas propias de un ecosistema pueden profundizarse a través de técnicas clásicas de observación y procesamiento, así como mediante la modelación biofísica acoplada. Las distintas metodologías utilizadas para el estudio del ecosistema son necesarias para comprender como las interacciones generadas afectan la dinámica de los estados tempranos de vida de los peces (Mullon *et al*., 2003; Parada *et al.,* 2012; Soto-Mendoza *et al.,* 2012). Resultados de la comparación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta en la zona de estudio, obtenida a partir de los modelos y datos reales (Figuras 11 y 12), presentaron similitudes en las zonas con las mayores abundancias (Seno Reloncaví y Golfo de Ancud) y similitudes en las zonas de baja

abundancia (archipiélago los Chonos). Estos resultados entregan información fundamental sobre la dinámica del transporte, retención y mortalidad de huevos y larvas presente en estas zonas de estudio. Por otra parte se observan diferencias en algunos sectores de la Boca del Guafo, Golfo Corcovado y sector sur del Canal Moraleda, el modelo por ejemplo, exhibe altas abundancias de huevos y baja abundancia de larvas en los mismos sitios. Las diferencias en abundancia (%) de huevos y larvas de anchoveta, pueden asociarse principalmente a tres factores: 1. Mortalidad constante, 2. Aporte de agua continental a través de los ríos y 3. mares y vientos locales. Con respecto al primer factor, la mortalidad de huevos y larvas es alta y varía a medida que avanza el desarrollo del estado (Fuiman & Werner, 2002; Cubillos *et al.*, 2003-2011), el segundo factor puede generar un gradiente salino, esta variación puede provocar la muerte del embrión si no es capaz de regular la presión osmótica (Bunn *et al.*, 2000), y el tercer factor afectaría la dinámica de circulación en la zona de estudio (Silva *et al.*, 1998; Cáceres *et al.*, 2002; Guzmán & Silva, 2002; Balbontín & Bernal, 2005).

En resumen:

- Las simulaciones realizadas en este trabajo respecto de la distribución de anchoveta durante el periodo reproductivo, representan adecuadamente la dinámica de transporte de los estados tempranos.
- El transporte de huevos y larvas con vitelo presenta una dirección de sur a norte.
- Existe una fuerte conectividad entre zonas del Golfo Ancud y Seno Reloncaví (norte ↔ sur). Además, la zona *GCCentro* (Golfo Corcovado) presenta conectividad tanto al norte (mar interior de Chiloé y Golfo Ancud) como hacia el sur (Canal Moraleda).
- La mayoría de las zonas evaluadas presentan retención de huevos y larvas, excepto la zona *IChCC*, en la cual hay ausencia de ambos estadios de desarrollo. Además la zona *GACChacao* solo exhibe presencia de huevos.
- La retención de huevos es mayor que la retención de larvas.
- Los valores de retención disminuyen norte a sur.
- Las zonas de retención más importantes se localizan en el Golfo de Ancud (*SRBoca*, *CCNorte*) y Seno Reloncaví (*CCNorte*).

- La mayoría de la mortalidad encontrada, fue por procesos naturales, seguida por la moralidad por advección,
- Las mayores mortalidades por advección se presentaron en el periodo reproductivo.
- La mortalidad por temperatura es baja (< 1%).

Análisis y discusión de resultados de modelos de desarrollo de huevo temperatura dependientes

Se logró ajustar modelos que reflejan la tasa de desarrollo de los huevos de anchoveta y sardina común en aguas interiores de la Región de Los Lagos, a partir de la fecundación de huevos obtenidos de reproductores. Lamentablemente, no fue posible la inducción del desove masivo de los ejemplares de sardina austral, razón por la cual no se pudo describir la tasa de desarrollo de los huevos de esta especie.

En anchoveta se encontró que los parámetros del modelo de Lo están dentro del orden de magnitud encontrado en otros estudios, particularmente en términos de los parámetros “a” y “b” asociados con la temperatura (Tabla 54). En cambio, el parámetro “c” asociado al estadio de desarrollo fue bajo y negativo y el parámetro “d” fue cercano a 1.2 para describir el desarrollo de los huevos de anchoveta. Estos parámetros generan diferencias en la duración del desarrollo de los huevos a ciertas temperaturas (Figura 150). Hasta el estadio VIII no hay diferencias en el tiempo de desarrollo entre 8 y 16 ºC, pero existen diferencias con la zona centro-sur a 8ºC. Tarifeño *et al.* (2007), analizaron la edad de eclosión de huevos de anchoveta y encontraron que ésta declinó con la temperatura, pero no encontraron diferencias significativas en las relaciones tiempo de desarrollo-temperatura en diferentes localidades a lo largo de Chile (Antofagasta y Talcahuano). No obstante, Tarifeño *et al.* (2007) encontraron diferentes óptimos de temperatura en términos del coeficiente fisiológico Q_{10} para el tiempo de desarrollo, encontrándose que el rango óptimo fue de 12 -15 ºC para Talcahuano y de 15-18ºC para en Antofagasta. En aguas del mar interior, los huevos de anchoveta no siguieron su desarrollo después del estadio VIII a una

temperatura de 8 ºC, y el tiempo de desarrollo fue en general mayor a temperatura de 14 y 16 ºC comparadas con la zona norte y centro-sur de Chile. Otro factor que se debe tener en cuenta es la diferencia latitudinal en el tamaño de los huevos de anchoveta, siendo de menor tamaño en la zona norte y más grandes en Talcahuano (Llanos-Rivera & Castro, 2004). Este factor podría compensar el tiempo de desarrollo, ya que se ha encontrado que cuando el tamaño de los huevos inicial es menor el tiempo de desarrollo disminuye durante la fase embrionaria (Pauly & Pullin, 1988). Sin embargo, las bajas temperaturas en la zona podrían compensar tal factor.

El modelo de Lo ajustado para sardina común fue comparable con aquellos disponibles para este recurso en la zona centro-sur (Cubillos *et al.,* 2007, Claramunt *et al.,* 2007) (Tabla 54). Sin embargo, la sardina común en la X región mostró mayor tiempo de desarrollo a igual temperatura que el modelo de la zona centro-sur (Figura 151). Destaca el hecho que temperaturas cálidas (> 14 ºC) aparentemente detienen el desarrollo de los huevos de este recurso, situación que no se había registrado en los experimentos de incubación de huevos en la zona centro-sur. Sin embargo, aquellos experimentos estuvieron basados en huevos colectados del plancton.

La estructura del modelo multinomial fue similar a los modelos informados por Claramunt *et al*. (2007). Los huevos cuantificados y clasificados en diferentes estadios de desarrollo (proceso discreto de la embriogénesis) constituyen el dato básico en la aplicación del método de la producción diaria de huevos, y debe necesariamente ser contrastado con un modelo que sea capaz de evaluar la probabilidad de observar un estadio a una edad y temperatura dada, i.e. Pr(S) = f(Y,T). Sin embargo, en la anchoveta de aguas interiores se observó que la duración de los estadios de desarrollo fue más variable que la conocida para los estadios de la zona norte y centro-sur de Chile (Claramunt *et al.,* 2007). En general, en aguas interiores los estadios mostraron una mayor amplitud, particularmente el estadio II y IV, observándose una mayor sobreposición de edades entre estadios. La sardina común, en cambio mostró que la sobreposición de estadios fue menos importante, observándose una secuencia con prácticamente igual variación entre estadios (varianza constante).

Análisis y discusión de resultados de Po

La mayor producción diaria de huevos (P_0) fue estimada para la anchoveta, seguido de sardina común, y por último sardina austral. A su vez, la mayor tasa de mortalidad diaria de huevos fue en anchoveta, mientras que para la sardina común y sardina austral fue menor. Se destaca que tanto las estaciones con presencia de huevos de anchoveta como de sardina austral fue mucho menor que la sardina común. En este contexto, esta última especie presentó el área de desove mayor. Por otra parte, la densidad de huevos de sardina austral fue muy baja comparada con las otras especies, lo que podría indicar que el muestreo se desarrolló durante el período de declinación reproductiva.

Desafortunadamente, la baja densidad de sardina austral como el bajo número de estaciones positivas no permitieron estimar con confianza la producción diaria de huevos y la tasa de mortalidad diaria de huevos. Aunque el método convencional de datación de Lo es confiable, el bajo número de huevos determinó que la cohorte de más de 48 h fuera más abundante que las cohortes más jóvenes. Sin embargo, el método de datación multinomial permitió estimar una tasa de mortalidad negativa. Estos aspectos, a su vez, determinaron que la P_0 fuese estimado con muy baja precisión.

Por lo general los estimado de P_0 son muy poco precisos (CV>0,5). En este contexto, el proceso de estimación ponderado por el índice de agregación de Lloyd permitió reducir el error estándar de los parámetros (Cubillos *et al.*, 2015). Este enfoque se basa en McGurk (1986, 1987), quien sostiene que la agregación espacial explica significativamente la mortalidad natural diaria de organismos pelágicos marinos, particularmente en la mortalidad de los huevos de peces pelágicos y larvas en etapa temprana. De hecho, la agregación de los huevos de peces puede ser más vulnerables a los depredadores que cabría esperar porque no han desarrollado la motilidad y la conducta necesaria para evadir a los depredadores. Asimismo, debido a que el método de estimación de la producción diaria de huevos se basa en el muestreo espacial del proceso de desove, entonces es muy factible que dichos datos contengan información no sólo de la mortalidad de huevos sino también de los procesos de dispersión y agregación que ocurren en el mar, relacionados con el transporte y concentración del plancton como el comportamiento reproductivo de los adultos desovantes.

La producción diaria de huevos es uno de los parámetros de importancia para estimar la biomasa desovante de peces con fecundidad indeterminada como los pelágicos pequeños aquí estudiados, a través del Método de Producción Diaria de Huevos (Lasker, 1985; Somarakis *et al.,* 2004; Stratoudakis *et al.,* 2006). Los resultados muestran que en un área geográfica heterogénea como el mar interior de la Región de Los Lagos y Región de Aysén es factible (Somarakis *et al.,* 2002). En dicho contexto espacial es preferible una estimación estratificada, la cual puede deducida a través de la post-estratificación identificando las áreas de mayor probabilidad que este estudio se encontraron.

7. CONCLUSIONES

Durante el crucero bioceanográficos, la temperatura superficial del mar (TSM satelital) mostró un gradiente meridional con valores más altos al norte de la zona de estudio. En aguas interiores, la TSM mostró los más altos valores en el sector costero continental de la X región, y en el sector norte del Seno del Reloncaví. La zona del Seno de Ancud presentó temperaturas intermedias, comparativamente superiores a la zona adyacente a la Boca del Guafo, Golfo Corcovado e inicio de Canal Moraleda.

En la costa de Chiloé y Golfo Corcovado-Boca de Guafo se presentaron salinidades mayores a 32. En el Canal Moraleda la salinidad tendió a disminuir al aproximarse el Canal Costa por el sur. La densidad presentó una distribución similar a la salinidad. Ocurrió una marcada estratificación (Brunt-Vaisala) en los sectores del Seno y Fiordo Reloncaví en el norte y en el Canal Costa al sur. La fluorescencia presentó dos núcleos superficiales, cercanos al canal Chacao en el norte y a la Boca Guafo–Canal Moraleda más al sur.

Las escasas imágenes de la *clorofila-a* (chl-a) obtenida de satélite (MODIS) debido a la cobertura nubosa, mostraron altos valores de clorofila-a en el sector norte del área de estudio (Seno Reloncaví, 13 de noviembre) y en la cercanía del Canal Chacao (21 de noviembre). En la zona oceánica predominaron, en general valores bajos (menores a 1 mg m^{-3}).

El *análisis climatológico* del promedio mensual del esfuerzo del viento durante los 10 años de observación de QuikSCAT mostró el predominio de los vientos del oeste. Desde los meses de Noviembre hasta Abril la componente del viento tiende a ser del suroeste y de Mayo a Octubre los vientos cambian ligeramente al noroeste. El transporte de Ekman fue en general paralelo a la costa (hacia el norte, noreste).

La zona de Puerto Montt registró mayor amplitud del nivel del mar (6 metros) que en Melinka y Chacabuco, donde las amplitudes fueron similares (~2 metros).

Huevos y larvas de las tres especies objetivo fueron colectadas en ambas regiones (X y XI). Las abundancias de huevos fueron mayores a las de larvas en las tres especies estudiadas. Las mayores abundancias de huevos y larvas de las tres especies ocurrieron en la X región,

siendo las mayores abundancias promedio de huevos las de anchoveta, seguido de sardina común y luego sardina austral. En la XI región, no se encontró huevos de anchoveta.

Los huevos de anchoveta fueron más abundantes en la zona del Seno del Reloncaví, los de sardina común fueron abundantes en las proximidades del Seno del Reloncaví y Chiloé (pero sus larvas solo en Reloncaví) y, finalmente, los huevos de sardina austral ocurrieron en mayor abundancia próximos a la costa de Chiloé y costa continental. En la XI región, los huevos de ambas especies de sardina, pero en muy baja abundancia, se ubicaron preferentemente el sector intermedio (Canal Moraleda) y secundariamente en los canales más externos.

Los análisis geoestadísticos mostraron que la sardina común, en la X Región, la distribución de probabilidad de la presencia de huevos se concentró en el sector norte del área. Probabilidades cercanas a 1 se encontraron en el sector frente a Calbuco. La sardina austral en la X Región se concentró al norte de Islas Chauques y entre Isla Quinchao e Isla Lemuy. Finalmente, en la anchoveta la presencia de huevos se detectó sólo en la X Región, con un foco relevante en el Seno y Estuario de Reloncaví.

Las tres especies presentaron una distribución vertical huevos desde superficie hasta el estrato más profundo (50-100 m) y en las tres especies las mayores densidades ocurrieron en el estrato más superficial (0-25 m). La distribución de larvas fue, sin embargo, diferente entre las 3 especies: mientras que larvas de anchoveta estuvieron presentes en los tres estratos, las larvas de sardina común y sardina austral ocurrieron solo en los primeros 50 m de profundidad.

El análisis de la distribución de mesozooplancton mostró que las zonas de mayor abundancia de ictioplancton coincidió con mayor abundancia de alimento potencial en el plancton (fitoplancton (clorofila a), copépodos y apendicularias) y con baja abundancia de algunos predadores gelatinosos particularmente en la zona norte de Chiloé – Canal Chacao (quetognatos y medusas) y quitinosos (eufáusidos), excepto por los sifonóforos (predador gelatinoso) que fueron abundantes.

La comparación de las frecuencias de estaciones positivas (con presencia de huevos) y el análisis estadístico (test Friedman), señalan que la red WP2 es más eficiente que la red CALVET en la captura tanto de huevos como larvas de las tres especies objetivo.

La frecuencia de *malformaciones* en huevos de las tres especies en terreno fue muy baja: en huevos de sardina común se determinó solo un 2,6% de huevos con malformaciones, en anchoveta solo un 1,4% y en sardina austral no se encontró huevos con malformaciones.

El análisis de ovocitos (microscopía óptica convencional) dentro del ovario señala que el diámetro de ovocitos vitelados muestra diferencias significativas siendo levemente menor en sardina austral. El espesor del corión también muestra diferencias significativas entre las especies siendo más delgado en sardina común y se constata una mayor frecuencia de ruptura. La medición de ovocitos enteros en el estado de núcleo migrante, no muestra diferencias entre especies.

Las regresiones entre el diámetro de los ovocitos vitelados con la talla de la hembra, peso total de la hembra y peso gonádico, tanto para sardina austral como para sardina común, no fueron significativas.

Imágenes de microscopía electrónica de barrido señalan que el corion del huevo de sardina austral es más grueso, con más lamelas, y una superficie interna menos rugosa que la sardina común. La superficie externa fue relativamente similar entre ambas especies presentando poros de igual tamaño e igualmente espaciados.

A partir de los experimentos de desove en cautiverio se constató que: i) el volumen de huevos de sardina austral fueron mayor a los de sardina común, ii) que no hubo diferencias en el volumen de huevos de sardina común ni en ovocitos no fecundados de sardina austral mantenidos en 4 salinidades distintas, iii) que hubo diferencias en volumen de huevos entre algunos estados de desarrollo embrionario de sardina común pero sin un patrón claro y, finalmente, iv) que la fijación en formalina 5% produjo disminuciones en volumen de huevos en sardina común.

A partir de los volúmenes de los huevos colectados en el medio natural se determinó que no existió una relación entre el volumen del huevo con la salinidad de las estaciones (salinidad

promedio estrato 0-50 m) donde fueron colectados; tampoco se encontró una relación entre la latitud o longitud de la estación de colecta de los huevos y el volumen de los huevos.

La *comunidad ictioplanctónica* en las zonas de mayor abundancia de huevos de las especies objetivo presentó 5 taxa en estado huevo de especies 5 epipelágicas, 3 oceánicas y 4 demersales y 17 taxa en estado larval (6 epipelágicas, 2 oceánicas, 5 demersales, 4 costeras). *Engraulis ringens* fue la especie con mayor abundancia de huevos, seguido de *Maurolicus parvpinnis* y luego *Merluccius australis*. Entre las larvas, fueron más abundantes *Normanichthys crockeri*, *Maurolicus parvipinnis* y *Engraulis ringens*.

Loa distintos métodos de asociación entre características ambientales y presencia de huevos (*sobreposición de mapas de distribución; quoting y GAMs)* señalan que los huevos de anchoveta habrían ocurrido en áreas de aguas más cálidas (>12,5°C), de alta estratificación, con valores de salinidad >28 y fluorescencia relativamente bajas; los núcleos de mayor abundancia de huevos de sardina común se asociaron a temperaturas medias-altas (11.5-13°C), altas salinidades, alta fluorescencia, y baja estabilidad y, los huevos de sardina austral se asociaron a temperaturas medianas (12°-12,5°C), salinidades relativamente altas, altos valores de fluorescencia y bajos de estabilidad.

Se desarrolló un modelo ROMS para el dominio 34°-48° Sur y entre los 70°-78° Oeste, abarcando desde el mar interior de Chiloé y aguas oceánicas adyacentes, hasta el Golfo de Penas. La validación del modelo usando varios productos (TSM satelital, anomalías del nivel del mar, data *in situ*) indicó un buen desempeño de las TSM con resultados estadísticos (evidenciados en un diagrama de Taylor) con altas correlaciones entre las salidas del modelo y data de distintas procedencias, así como en nivel medio del mar en los meses de octubre, noviembre y diciembre. La incorporación de aporte de agua dulce en aguas interiores se espera pueda mejorar el desempeño de futuros modelos .

Los resultados de experimentos de modelación con *modelo ICHTHYOP* acoplado a las salidas del ROMS indicaron que las simulaciones de la distribución huevos y larvas de anchoveta durante el periodo reproductivo representaron adecuadamente la dinámica de transporte de los estados temprano; el transporte de huevos y larvas con vitelo presenta una

dirección de sur a norte; existe una fuerte conectividad entre zonas del Golfo Ancud y Seno Reloncaví (norte ↔ sur), además, la zona *GCCentro* (Golfo Corcovado) presenta conectividad tanto al norte (mar interior de Chiloé y Golfo Ancud) como hacia el sur (Canal Moraleda); la mayoría de las zonas evaluadas presentan retención de huevos y larvas, excepto las zonas *IChCC* y *GACChacao;* Las zonas de retención más importantes se localizan en el Golfo de Ancud (*SRBoca*, *CCNorte*) y Seno Reloncaví (*CCNorte*); la mayoría de la mortalidad encontrada, fue por procesos naturales, seguida por la moralidad por advección; las mayores mortalidades por advección se presentaron en el periodo reproductivo; la mortalidad por temperatura es baja (< 1%).

El *análisis de data histórica de distribución horizontal de ictioplancton* en la zona de estudio muestra concuerda con lo encontrado en el crucero del 2014.

La información de *distribución vertical histórica* señala que los huevos de las 3 especies objetivo tienden a ubicarse a lo largo de toda la columna de agua (0-100m) pero en mayor abundancia en los estratos someros (0-25m).

Se ajustó *modelos de desarrollo de huevos temperatura-dependientes* en anchoveta y sardina común en aguas interiores de la X región (modelo de Lo y el modelo probabilístico multinomial). Se detectaron algunas diferencias en los desarrollos de ambas especies a las más bajas y más altas temperaturas, respecto a otros estudios en poblaciones de estas especies ubicadas más al norte.

Una mayor producción diaria de huevos (P_0) fue estimada para anchoveta, seguido de sardina común, y por último sardina austral. A su vez, la mayor tasa de mortalidad diaria de huevos fue en anchoveta, mientras que para la sardina común y sardina austral fue menor.

8. REFERENCIAS

Ahlstrom, E., W. Aron, B. McH. Bary, A.W.H. Bé, J. Gehringer. 1969. Sampling Zooplankton to Determine Biomass, In Recommend procedures for measuring the productivity of plankton standing stock and related oceanic properties.Prepared by the Biological Methods Panel Committee on Oceanography. Printing and Publishing Office National Academy of Sciences, Washington, D.C.. 47-57pp.

Aiken, C. 2008. Barotropic tides of the Chilean Inland Sea and their sensitivity to basin geometry. Journal of Geophysical Research. 113: C08024. doi:10.1029/2007JC004593.

Akselman, R.; J.I. Carreto, F. Ramirez. 1986. Distribución de plancton a mesoescala en un área de desove de Engraulis anchoita en aguas de plataforma bonaerense. Revta Invest. Des. Pesq., INIDEP. Mar del Plata. 5: 69-91.

Arancibia, H., S. Neira, V. Christensen, R. Olson, F. Arreguín-Sánchez, L. Cubillos, R. Quiñones, C. Gatica, M. Medina. 2003. Enfoque metodológico para el análisis ecosistemico en la administración de pesquerías de la zona central de Chile. Informe Técnico FIP-IT/2001-29, 278pp.

Aranis, A., L. Caballero, F. Cerna, A. Gómez, A. López, C. Bernal. 2005. Informe Pre-Final FIP 2004-39 “Monitoreo de la Pesquería de Pequeños Pelágicos en Aguas Interiores de la X Región, Año 2004”. Fondo de Investigación Pesquera, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile, Chile. 78 pp. Anexos.

Aranis A., L. Caballero, F. Cerna, A. Gomez, A. Lopez, C. Bernal. 2006. Monitoreo de la pesquería de pequeños pelágicos en aguas interiores de la X región, año 2004. Informe Técnico FIP/2004-39, 96pp + Anexos.

Aranis, A., R Meléndez, G. Pequeño, F. Cerna. 2007. *Sprattus fuegensis* en aguas interiores de Chiloé, Chile (Osteichthyes: Clupeiformes. Clupeidae). Gayana 71(1): 102-113.

Aranis A., A Gómez, G Muñoz, L Ossa, L Caballero, F Cerna, A López, C Machuca, C Vera, G Eisele. 2012. Monitoreo de anchoveta y sardinas en aguas interiores de la X Región de Los Lagos, 2011. Informe Final Pesca de Investigación. IFOP. 161 pp.

Balbontín, F., B. Campos. (2004). “Distribución vertical de larvas de moluscos, crustáceos y huevos y larvas de peces en el fiordo Aysén y canal Errázuriz, zona austral de Chile.” Resultados crucero CIMAR 9 Fiordos. Comité Oceanográfico Nacional, Valparaíso. Libro de Resúmenes: 77-85.

Balbontín, F., R. Bernal. 2005. Cambios estacionales en la composición y abundancia del ictioplancton de los canales australes entre Golfo Corcovado y Golfo Elefantes, Chile. Ciencia. Tecnologia. Marina, 28 (1): 99-111.

Balbontín, F., C. Bustos. 2005. Variabilidad en la composición y abundancia del ictioplancton de Chile Austral, durante noviembre de 2005: Efectos de la estratificación de la columna de agua. Informe resultados Crucero CIMAR 11 Fiordos (16 al 27 de julio y 11 al 21 de noviembre 2005).

Balbontín, F., B. Campos, A. Mujica, J. Saavedra-Nievas. 2009. Distribución de larvas de algunos invertebrados y huevos de peces en relación con factores físicos en Fiordos Patagónicos. Ciencia Tecnologia Marina, 32 (1): 49-70.

Balon, E. 1981. Additions and amendments to the classification of reproductive style in fishes. Env. Biol. Fish. 6:377-389.

Barahona, N., Z. Young, P. Galvez, J. Orensanz, S. Cornejo, P. Mejias, H. Miranda, G. Jerez, J. Carrasco. 2005. Monitoreo Biológico Pesquero del recurso erizo en la XII región (Fase I). Informe Final FIP N° 2003-16:169pp + ANEXOS.

Berasategui, A.D., E.M. Acha, N.C. Fernández Araoz. 2004. Spatial patterns of ichthyoplankton assemblages in the Rio de la Plata estuary (Argentina, Uruguay). Estuarine, Coastal and Shelf Science 60, 599–610.

Barrientos, P., L. Castro. 2012. Distribución de estadios tempranos de *Sprattus fuegensis* (Jenyns, 1842) en la Patagonia Chilena. XXIII Congreso de Ciencias del Mar. Libro de Resúmenes.

Bartlett, M. S. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London Series A* **160**, 268–282.

Barth, A., A. Alvera-Azcárate, C. Troupin, M. Ouberdous, J.M. Beckers. 2010. A web interface for griding arbitrarily distributed in situ data based on Data-Interpolating Variational Analysis (DIVA). *Advances in Geosciences*. 28: 29-37. doi: 10.5194/adgeo-28-29-2010 http://www.adv-geosci.net/28/29/2010/adgeo-28-29-2010.html.

Bartsch, J., S. Coombs. 2004. An Individual-Based Model of the early life-history of mackerel (Scomber scombrus) in the eastern North Atlantic, simulating transport, growth and mortality. Fisheries Oceanography 13 (6), 365-379.

Bellier, E., Planque, B., Petitgas, P., 2007. Historical fluctuations in spawning location of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in the Bay of Biscay during 1967-73 and 2000-2004. Fish. Oceanogr. 16, 1-15.

Bernal, M., Borchers, D.L., Valdéz, L., Lanzós, A.L., Buckland, S.T. 2001. A new ageing method for eggs of fish species with daily spawning synchronicity. Can. J. Fish and Aquat. Sci, 58:2330-2340.

Bernal R., F. Balbontín. 2003. Distribución y abundancia de las larvas de peces desde el Estrecho de Magallanes al Cabo de Hornos, Chile. Cien. Tecnol. Mar 26: 85-92.

Bernal, C., M. Canales, V. Catasti, A. Sepúlveda, P. Ruiz, R. Alarcón, S. Núñez, S. Gacitúa, G. Claramunt, G. Herrera. 2004. Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2003, Informe Técnico FIP-IT/2003-06, 130pp.

Bernal M. 2007. Modelado De la abundancia, producción y distribución de huevos de sardina (*Sardina pilchardus*, Walb.) en la Península Ibérica. Tesis Doctoral en Ciencias del Mar. Departamento de Biología. Universidad de Cádiz. 240pp.

Bernal, M., Ibaibarriaga, L., Lago de Lanzós, A., Lonergan, M.E., Hernández, C., Franco, C., Rasines, I., Valdés, L., Borchers, D.L., 2008. Using multinomial models to analyse data from Iberian sardine egg incubation experiments: a comparison with traditional techniques. ICES J. Mar. Sci. 65, 51-59.

Blanco, J., A. Valle-Levinson. 2005. Variabilidad de la Circulación en la constricción de Meninea y como es afectada por el forzamiento del viento. Crucero CIMAR FIORDO 4. http://www.ccpo.odu.edu/~jlblanco/jlb/publications/Blanco&Valle-Levinson_05x.pdf

Boyra, G., L. Rueda, S. Coombs, S. Sundby, B. Adlandsvik, M. Santos, A. Uriarte. 2003. Modelling the vertical distribution of eggs of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardine pilchardus*). Fisheries Oceanography. 12(4/5): 381-395.

Braun, M., V. Valenzuela, H. Reyes, J. Castillo, M. Pizarro, V. Catasti, J. Saavedra, J. Letelier. 2007. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2005. Informe Final Corregido 2da Version. Proyecto FIP 2005-10. 336pag. + Anexos.

Brickman, D., N. Shackell, K. Frank. 2001. Modelling the retention and survival of Browns Bank haddock larvae using early life stage model. Fisheries Oceanography. 10 (3), 284–296.

Brochier, T., C. Lett, J. Tam, P. Fréon, F. Colas, P. Ayón. 2008a. An individual-based model study of anchovy early life history in the northern Humboldt Current system. Progress in Oceanography 79, 313–325.

Brochier, T.E., A. Ramzi, C. Lett, E. Machu, A. Berraho, P. Freón, S. Hernández-León. 2008b. Modelling sardine and anchovy ichthyoplankton transport in the Canary Current System. Journal of Plankton Research. 30 (10), 1133–1146

Bunn, N. A., C. J. Fox, T. Webb. 2000. A literature review of studies on fish egg mortality: implications for the estimation of spawning stock biomass by the annual egg production method. The Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, Science Series Technical Report, 111, 37 pp.

Bustos, C., F. Balbontín, M. Landaeta. 2007. Spawning of the southern hake *Merluccius australis* (Pisces: Merluccidae) in Chilean fiords. Fisheries. Research 83: 23-32.

Bustos, C., M. Landaeta, F. Balbontín. 2008a. Zonas de desove y crianza larval temprana de la anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 en fiordos del sur de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 43(2): 381-389.

Bustos, C., M. Landaeta, F. Balbontín. 2008b. Efectos ambientales sobre la variabilidad espacial del ictioplancton de Chile austral durante noviembre de 2005. Revista Chilena de Historia Natural. 81: 205-219.

Bustos C.A., M.F. Landaeta, F. Balbontín. 2008. Spawning and early nursery areas of anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 in fjords of southern Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 43(2): 381-389.

Bustos C.A., M.F. Landaeta, F. Balbontín. 2011. Icthyoplankton spatial distribution and its relation with water column stratification in fjords of southern Chile (46°48' – 50°09'S) in austral spring 1996 and 2008. Continental Shelf Research 31: 293-303.

Cáceres, M., A. Valle-Levinson, H. H. Sepúlveda, K. Holderied. 2002. Tranverse variability of flow and density in a Chilean fjord. Continental Shelf Res. 22: 1.683-1.698.

Cáceres, M., A. Valle-Levinson. 2010. Variabilidad transversal del flujo y salinidad en Paso Nao. Cienc. Tecnol. Mar, 33 (2): 45-58.

Calvete C & M Sobarzo 2011. Quantification of the surface brackish water layer and frontal zones in southern Chilean Fjords between Boca del Guafo (43°30'S) and Estero Elefantes (46°30'S). Continental Shelf Research 31: 162-171.

Carmona, M., E. Tarifeño, A. LLanos. 2001. Efecto de la temperatura en el desarrollo de los huevos de Anchovetas. XXI Congreso de Ciencias del Mar. Universidad de Valparaíso. pp. 20.

Carrasco, C., N. Silva. 2010. Comparación de las características oceanográficas físicas y químicas presentes en la zona de Puerto Montt a la Boca del Guafo entre invierno y la primavera de 2004 y entre las primaveras de 1995 y 2004. Cienc. Tecnol. Mar, 33 (2): 17-44.

Castillo, M., C. Valenzuela. 2006. Régimen de circulación en canales y fiordos australes. Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. N. Silva & S. Palma (eds.). Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 59-62

Castillo-Jordán C, LA. Cubillos, E. Navarro. 2010. Inter-cohort growth rate changes of common sardine (*Strangomera bentincki*) and their relationship with environmental conditions off central southern Chile. Fisheries Research 105, 228-236.

Castro, L.R., R.K. Cowen. 1991. Environmental factors affecting the early life history of bay anchovy *Anchoa mitchilli* in Great South Bay, New York. Marine Ecology Progress Series. 76: 235-247.

Castro, L., E. Hernández. 2000. Early life survival of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile during the 1995 and 1996 winter spawning seasons. Transactions of the American Fisheries Society. 129 (5): 1107–1117.

Castro, L., M. Landaeta. 2002. Distribución costa-océano y en profundidad de las áreas y estratos de concentración de ictioplancton en los canales y zona oceánica adyacente. Informe de resultados Crucero CIMAR 8 Fiordos (1 al 26 de julio y 15 al 28 de noviembre 2002.

Castro, L. 2003. Variaciones diarias y ontogenéticas en la distribución vertical de estadios tempranos de peces y crustáceos decápodos: consecuencias en el transporte horizontal y/o retención en la zona de los canales, XI región. http://www.shoa.cl/n_cendhoc/productos/cimar-9/proyecto/web_datosyproyectos.html

Castro, L., M. Landaeta. 2003. Variaciones diarias de la distribución vertical de estadios tempranos de peces, con especial referencia a merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en la zona de los canales, XI región. Informe resultados Crucero CIMAR 9 Fiordos (5 al 25 de agosto y 3 al 21 de noviembre 2003).

Castro, L., R. León, M. Landaeta. 2004. Variaciones en la distribución vertical del meroplancton en la zona de aguas interiores de la X región. (CONA-C10F 04-06). Informe Final CIMAR 10. 5.4: 101-105pp.

Castro, L. M. Landaeta, M.I. Muñoz, R. León. 2005. Distribución vertical y mecanismos de transporte larval en aguas interiores de la X región y en la boca de estuarios y canales.

Informe resultados Crucero CIMAR 11 Fiordos (16 al 27 de julio y 11 al 21 de noviembre 2005).

Castro L., M. Landaeta, M.I. Muñoz, S. Palma. 2007. Patrones de distribución vertical y migraciones diurno-nocturnas del ictioplancton en el fiordo del Reloncaví. Taller CIMAR-Fiordos 12. Octubre. Valparaíso.

Castro L., M.I. Muñoz, S. Palma. 2008. Cambios en la distribución de ictioplancton a lo largo de la Boca del Guafo, Canal Moraleda y Fiordo Aysén, sur de Chile. Taller de Exposición Resultados Preliminares Crucero CIMAR 13 Fiordos. Valparaíso, Octubre 9-10 2008.

Castro, L.R., G. Claramunt, M .C. Krautz, A. Llanos-Rivera, P. Moreno. 2009. Egg trait variation in anchoveta *Engraulis ringens*: a maternal response to changing environmental conditions in contrasting spawning habitats. Marine Ecology Progress Series. 381 : 237-248.

Castro, L. R., Claramunt, G., González, H. E., Krautz, M. C., Llanos-Rivera, A., Méndez, J., Schneider W, S. Soto. 2010. Fatty acids in eggs of anchoveta *Engraulis ringens* during two contrasting winter spawning seasons. Marine Ecology Progress Series, 420, 193-205.

Castro, L.R., Cáceres, M.A., Silva, N., Muñoz, M.I., León, R., Landaeta, M.F, S. Soto-Mendoza. 2011. Short-term variations in mesozooplankton, ichthyoplankton, and nutrients associated with semi-diurnal tides in a Patagonian Gulf. Continental Shelf Research 31(3-4), 282-292

Castro, L. 2012. Distribución del ictioplancton y mesozooplancton quitinoso dominante en ambientes de estabilidad contrastantes de la zona de aguas interiores de la X Región (2011-2012). CONA. Proyecto: CIMAR 17

Castro L., M.I. Muñoz, L. Cisternas, M.J. Cuevas. 2012. Distribución vertical del ictioplancton y mesozooplancton quitinoso dominante en ambientes de estabilidad contrastantes de la zona de aguas interiores de la X región. Taller de Exposición de Resultados preliminares Crucero CIMAR 17. Valparaíso. Noviembre 2012.

Chambers, J. M. and Hastie, T. J. 1992. *Statistical Models in S*, Wadsworth & Brooks/Cole.

Ciechomsky de J.D. 1971. Estudios sobre los huevos y larvas de la sardina fueguina, *Sprattus fueguensis,* y de *Maurolicus muelleri*, hallados en aguas adyacentes al sector patagónico argentino. Physis 81: 560-560.

Ciechomski J. 1974 Consideraciones sobre la reproducción y distribución cuantitativa de huevos y larvas de la sardina fueguina *Sprattus fuegensis*, en el sector patagónico del Atlántico. Comisión Asesora Regional de Pesca para el Atlántico Sudoccidental (CARPAS).Sexta Reunión. Montevideo. Uruguay. 12 pp.

Claramunt G., L. Cubillos, M. Braun, R. Serra, M. Canales, J. Sánchez, A. Flores, P. Moreno, K. Riquelme, C. Castillo, C. Valero. 2007. Mejoramiento del método de producción de huevos aplicado a pelágicos pequeños en Chile. Informes Técnicos FIP – IT/2006-38, 214 p.

Claramunt, G., L.R. Castro, L.A. Cubillos, H. Hirche, G. Perez, M. Braun. 2012. Inter-annual reproductive trait variation and spawning habitat preferences of *Engraulis ringens* off northern Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 47(2): 227-243.

Clement, A., S. Neshyba, T. Fonseca, N. Silva. 1988. Oceanographic and meteorological factors affecting the cage salmon industry in southern Chile and Pacific Norwest. En: Técnicas de cultivo y manejo del salmón: desarrollos recientes. Fundación Chile. Santiago. Chile: 1 – 43.

Colas, F., Donoso D., Garcés J., Bravo L., Devis A., Pérez I., Fuenzalida R., Rodríguez E., Carlos A., Abarca R. and Schneider W. (2005) Simulación de la circulación estacional de Chile centro-sur por medio de ROMS (Configuración inicial y trabajo futuro). Tercer Taller de Trabajo sobre la Circulación Oceánica y Atmosférica en la región del Pacífico Suroriental. Octubre 2005. Concepción, Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Concepción.

Contreras T., L. Castro, S. Montecinos, H. González, S. Soto, S. Palma, M.I. Muñoz. 2012. Contrastante distribución y alimentación larval de *Sprattus fuegensis y Strangomera*

bentincki en fiordos y canales de la patagonia chilena. XXXII Congreso de Ciencias del Mar. Punta Arenas. 22-25 Octubre 2012.

Contreras T., L.R. Castro, S. Montecinos, H. González, S. Soto, S. Palma. 2014. Environmental conditions, early life stages distributions and larval feeding of Patagonian sprat *Sprattus fuegensis* and common sardine *Strangomera bentincki* in fjords and channels of the northern Chilean Patagonia. Progress in Oceanography 129:136-148.

Conway, D., S. Coombs, C. Smith. 1997. Vertical distribution of fish eggs and larvae in the Irish Sea and southern North Sea. ICES Journal of Marine Science. 54: 136-147.

Córdoba G. & F. Balbontín. 2006. Distribución espacial de la abundancia y de la talla de ocho tipos de larvas de peces entre la Boca del Guafo y Bahía Anna Pink, zona austral de Chile. Cienc. Tecnol. Mar, 29 (1): 153-161.

Cressie, N.A.C., 1993. Statistics for spatial data. John Wiley and Sons. New York.

Cubillos, L.A., D.F. Arcos, M. Canales, D. Bucarey. 2001. Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano (37°S-73°W), Chile: a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling? Aquat. Living Resour. 14, 115-124.Cubillos, L, et al. 2003. Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2002, Informe Técnico FIP-IT/2002-14, 127pp.

Cubillos, L, et al. 2003. Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2002, Informe Técnico FIP-IT/2002-14, 127pp.

Cubillos, L., L. Castro, C. Oyarzún. 2005. Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2004, Informe Técnico FIP-IT/2004-03, 130pp.

Cubillos, L., L. Castro, G. Claramunt, C. Oyarzún. 2006. Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2005, Informe Técnico FIP-IT/2005-02, 147pp.

Cubillos, L.A., P. Ruiz, G. Claramunt, S. Gacitúa, S. Núñez., L. Castro, K. Riquelme, C. Alarcón, C. Oyarzún, A. Sepúlveda. 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

Cubillos, L., L. Castro, G. Claramunt. 2008. Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2007. Informe Final FIP2007-06.

Cubillos, L., L. Castro, G. Claramunt. 2009. Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2008. Informe Final FIP2008-09.

Cubillos, L., L. Castro, G. Claramunt, E. Navarro, C. Alarcón, MJ. Zuñiga, C. Castillo-Jordán. M. Pedraza, H. Rebolledo. 2010. Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2009. Informe Final FIP2009-08.

Cubillos, L., L. Castro. 2010. Estimación de abundancia, biomasa y distribución espacial de pequeños pelágicos en aguas interiores de la X y XI regiones y su relación con algunas variables ambientales, año 2010. Subsecretaría de Pesca-UdeC (2010-2011).

Cubillos, L., L. Castro, G. Claramunt. 2011. Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2010. Informe Final FIP2010-02.

Cubillos L., J. Páramo, L. Castro, M. Sobarzo, H. Peña, S. Soto, A. Rodríguez, M. Pedraza-Garcia, H. Rebolledo, C. Castillo-Jordán. 2012. Estimación de abundancia, biomasa y distribución espacial de pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI regiones, y su relación con algunas variables ambientales, año 2010. Subsecretaría de Pesca. 329 pp.

Cubillos, L., L. Castro, G. Claramunt, E. Navarro. 2013. Evaluación del stock desovante anchoveta y sardina común entre la la V y X regiones, año 2012. Informe Final FIP 2012-09. 96 pag. + Anexos.

Cubillos et al. 2013. Informe Final Proyecto FIP 2013-11 “Evaluación hidroacústica de pequeños pelágicos en aguas interiores de la x y xi regiones, año 2013”.(en revisión)

Cubillos, L.A., S, Curin-Osorio, L. Castro, B. Bustos. 2015. Improving the precision of the daily egg production and mortality rates with a patchiness index in two small pelagic fish of the central-southern area of Chile. Marine Ecology Progress Series (MS in litteris).

Daoulas, Ch., A. Economou. 1986. Seasonal variation of egg size in the sardine, *Sardina pilchardus* Wab., of the Saronikos Gulf: causes and a probable explanation. J. Fish Biol. 28: 449-457.

Dávila, P., F. Figueroa, E. Muller. 2002. Freshwater input into the coastal ocean and its relation with the salinity distribution of austral Chile (35–55º S). Continental Shelf Research 22: 521–534.

Dorsey, S., E. Houde, J. Gamble. 1996. Cohort abundances and daily variability in mortality of eggs and yolk-sac larvae of bay anchovy, *Anchoa mitchilli*, in Chesapeake Bay. Fishery Bulletin 94: 257-267.

Espinosa, L. 2001. El efecto de los factores físicos sobre el reclutamiento de los peces marinos. Ensayos Oceanogr. Biol. Vol 1: 40-45.

Foreman M.G.G. 1977. Manual for tidal hights analysis and predictions. Pacific Marine Science Report 77-10.

Foreman M.G.G. 1978. Manual for tidal hights analysis and predictions. Pacific Marine Science Report 78-6.

Fossheim M., Tarde K., Semenova T. & A. Timotin. 2006. Capelin larvae (Mallotus villosus) and community structure of zooplankton off the coast of Northern Norway. Journal of plankton research. Vol. 28. Nº 6: 585-595.

Frank, K.T., W. Legget. 1982. Coastal water mass replacement: its effects on zooplankton dynamics and the predator-prey complex associated with larval capelin (*Mallotus villosus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 991-1003

Fuiman, L., R. Werner. 2002. Fishery Science: The unique contributions of early life stages. First published by Blackwell Science Ltd.. USA. 326pp.

Giraud N. 2010. Distribución vertical de huevos de *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) en el fiordo de Reloncaví, X Región, Chile. Seminario de Título Biología Marina. Universidad de Concepción.

Giraud, N., L. Castro. 2011. Distribución vertical de huevos de Engraulis ringens (Jenyns, 1842) en el fiordo de Reloncaví, X región, Chile. XXXI Congreso de CIENCIAS del Mar, 16 A 19 de Agosto 2011. Viña del Mar, Chile.

Godin G. 1972. The analysis of tides. University of Toronto Press. Toronto.

Godin G. 1988. Tides. ANADYOMENE Edition. Ottaea. Ontario.

González-Nuevo, G. 2011. Muestreo de Zooplancton mediante redes tipo WP2 y contador óptico de plancton (OPC): aplicación al estudio del ciclo estacional del zooplancton en el Cantábrico Central. Tesis Doctoral. Centro Oceanográfico de Vigo. España. 41pp.

Guzmán, D., N. Silva. 2002. Caracterización física y química y masas de agua en los canales australes de Chile entre boca del Guafo y golfo Elefantes (Crucero CIMAR 4 Fiordos). Cienc. Tecnol. Mar, 25(2): 45-76.

Harris, R., P.Wiebw, J. Lenz, H. R. Skjoldal, M. Huntley. 2000. ICES Zooplankton Methodology Manual. Printed in Greal Britain by MPG Books Ltd., Bodmin, Cornwall. 684p.

Herrera G., E. Tarifeño, M.C. Orellana. 1987. Descripción de huevos y primeras fases larvales de la sardina común (*Strangomera bentincki*) y del machuelo (*Ethmidium maculatum*). Biología Pesquera 16: 107-113.

Hinckley, S., A. J. Hermann, K. L. Mier, B. A. Megrey. 2001. Importance of spawning location and timing to successful transport to nursery areas: a simulation study of Gulf of Alaska walleye pollock. ICES Journal of Marine Science. 58: 1042–1052.

Hinrichsen, H.-H., J. Schmidt, C. Petereit, C. Möllmann. 2005. Survival probability of Baltic larval cod in relation to spatial overlap patterns with their prey obtained from drift model studies. ICES Journal of Marine Science. 62 (5): 878–885.

Houde, E. 1994. Evaluating stage-specific survival during the aerly of fish. Survival Strategies in Early Life Stage of Marine Resources: 51-66.

Hornik, K. 2002. The R FAQ, http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html.

Huggett, J., P. Fréon, C. Mullon, P. Penven. 2003. Modelling the transport success of anchovy *Engraulis encrasicolus* eggs and larvae in the southern Benguela: the effect to spatio-temporal spawning patterns. Marine Ecology Progress Series.

Ibaibarriaga, L., M. Bernal, L. Motos, A. Uriarte, D.L. Borchers, M.E. Lonergan, S.N. Wood. 2007a. Characterization of stage-classified biological processes using multinomial models: a case study of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) egg in the Bay of Biscay. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 64, 539–553.

Ibaibariaga, L., X. Irigoien, M. Santos, L. Motos, J. Fives, C. Franco, A. Lago de Lanzos, S. Acevedo, M. Bernal, N. Bez, G. Eltink, A. Farinha, C. Hammer, S. Iversen, S. Milligan, D. Reid. 2007b. Egg and larvae distribution of seven fish species in the north-east Atlantic waters. Fisheries Oceanography. 16(3): 284-293.

Ihaka, R., R. Gentleman. 1996. R: A language for data analysis and graphics. J. Comput. Graph. Stat. 5, 299-314.

Iriarte JL., HE. Gonzales, KK. Liu, C. Rivas, C. Valenzuela. 2007. Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile (41.5-43º S). Estuarine, Coastal and Shelf Science 74: 471-480.

Landaeta, MF., LR. Castro. 2006. Larval distribution and growth of the rockfish, *Sebastes capensis* (Sebastidae, Pises), in the fjords of southern Chile. ICES Journal of Marine Sciences 63: 714-724

Landaeta, MF., R. Veas, J. Letelier, LR. Castro. 2008. Larval fish assemblages off central Chile upwelling ecosystem. Revista Biología Marina (Oceanografia). 43(3): 569-584.

Landaeta MF., CA. Bustos, P. Palacios-Fuentes, P. Rojas, F. Balbontín. 2011. Distribución del ictioplancton en la Patagonia austral de Chile: potenciales efectos del deshielo de Campos de Hielo Sur. Lat. Am. J. Aquat. Res., 39(2): 236-249, 2011 236

Leal, E.M., L.R. Castro, G. Claramunt. 2009. Variability in oocyte size and batch fecundity in anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns 1842) from two spawning areas off the Chilean coast. Scientia Marina. 73: 59-66.

Leal E., M. Canales, A. Aranis, M. González. 2011. Actividad reproductiva y longitud de madurez de sardina austral *Sprattus fuegensis* en el mar interior de Chiloé, Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 46, Nº1: 43-51

Lee, O., R., Nash, B. Danilowicz. 2005. Small-scale spatio-temporal variability in ichthyoplankton and zooplankton distribution in relation to a tidal-mixing front in the Irish Sea. ICES Journal of Marine Science 62: 1021-1036.

Letelier, J., L. Soto-Mardones, S. Salinas, P. Osuna, D. López, H. Sepúlveda, E. Pinilla, C. Rodrigo. 2011. Variabilidad del viento, oleaje y corrientes en la región norte de los fiordos Patagónicos de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 46 (3): 363-377.

Lett, C., J. Veitch, C.D. van der Lingen, L. Hutchings. 2007. Assessment of an environmental barrier to transport of ichthyoplankton from the southern to the northern Benguela ecosystems. Marine Ecology Progress Series 347, 247–259.

Lett, C., P. Verley, C. Mullon, C. Parada, T. Brochier, P. Penven, B. Blanke. 2008. A Lagrangian tool for modelling ichthyoplankton dynamics. Environment Modelling & Software. 23(9):1210-1214.

Lo, N. C. H. 1985. A model for temperature-dependent northern anchovy egg development. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, Engraulis mordax. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 43-50.

Llanos-Rivera, A., L. Castro. 2004. Latitudinal and seasonal egg-size variation of the anchoveta (*Engraulis ringens*) off the Chilean coast. Fishery Bulletin. 102: 207-212.

Llanos-Rivera, A. 2005. Variabilidad en las características de los estadios tempranos de *Engraulis ringens* entre zonas de desoves a lo largo de Chile. Tesis Doctoral en Ciencias Biológicas, Área Zoología. Universidad de Concepción. 154pp.

Lloret, J., I. Palomera, J. Salat, I. Sole. 2004. Impact of freshwater input and wind on wind on landings of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in shelf waters surrounding the Ebre (Ebro) River delta (north-western Mediterrancan). Fisheries Oceanography, 13(2): 102-110.

Madenjian, C. P., D. J. Jude. 1985. Comparison of sleds versus plankton nets for sampling fish larvae and eggs. Hydrobiologia 124(3): 275-281.

McGurk, M.D., 1986. Natural mortality of marine pelagic fish eggs and larvae: role of spatial patchiness. Mar. Ecol. Progr. Ser. 34, 227-242.

McGurk, M.D., 1987. Natural mortality and spatial patchiness: reply to Gulland. Mar. Ecol. Progr. Ser. 39, 201-206.

Megrey, B., S. Hinckley. 2001. Effect of turbulence on feeding of larval fishes: a sensitivity analysis using an individual – based model. Journal of Marine Science 58: 1015-1029.Moser, H, Ahlstrom, E. 1985. Staging Anchovy Eggs. In. R. Lasker (ed.). An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. p. 37-41. US Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36.

Méndez, J. 2007. Caracterización zooplanctónica del área de desove de la anchoveta *Engraulis ringens* en la zona centro-sur de Chile (35º 30’ S - 39º 40’ S).Seminario Título Biología Marina. Universidad de Concepción

Minn, C., R. Randall, J. Moore, V. Cairns. 1995. A model simulating the impact of habitat supply limits on northern pike, *Esox lucius*, in Hamilton Harbour, Lake Ontario. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. **53**(Suppl. 1): 20–34.

Miranda, A., Cal, R.M., Iglesias, J. 1990. Effect of temperature on the development of eggs and larvae of sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum) in captivity. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 140:69-77.

Montecinos S., L. Castro, M.I. Muñoz. 2012. Distribución de huevos y larvas de sardina común (S*trangomera bentincki*) en los fiordos y canales del sur de Chile. Ciencia Tecnologia Marina, 35, 71-90, 2012.

Moreno, C., C. Godoy, E. Villouta, L. Lépez. 1987. Explotación de recursos bentónicos litorales: una alternativa derivada de la protección de áreas. En: Manejo y Desarrollo Pesquero. P. Arana (ed) pp51-58.

Moser H., E. Ahlstrom. 1985. Staging anchovy eggs. En: Lasker, R. (Ed.), An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Technical Report NMFS 36: 37–41.

Motos, L. 1994. Estimación de la biomasa desovante de la población de anchoa del golfo de Viscaya, *Engraulis encrasicolus*, a partir de su producción de huevos. Bases metodológicas y aplicación. PhD Thesis, Leioa, Spain.

Mujica, A. 2002. Larvas de crustáceos decápodos de los fiordos australes de Chile. 41º 30’ S - 55º 50’ S). Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona, Barcelona, España, 302 pp.

Mullon, C., P. Fréon, C. Parada, C. Van Der Lingen, J. Huggett. 2003. From particles to individuals: modelling the early stages of anchovy (*Engraulis capensis/encrasicolus*) in the southern Benguela. Fisheries Oceanography. 12 (4–5): 396–406.

Myles, H., A. Douglas.1973. *Nonparametric Statistical Methods*. New York: John Wiley & Sons. Pages 115–120.

Niklitschek, E., J. Cornejo, E. Hernandez, P. Toledo, R. Merino, A. Lafon, A. Meza. 2007. Evaluación hidroacústica de *Sprattus fuegensis* en los canales interiores de la X región. Universidad Austral de Chile - Centro Trapananda, Coyhaique. Informe Técnico CT 07-01. 31 p.

Niklitschek, E., P. Toledo, E. Hernández, J. Nelson, M. Soule, C. Herranz, C. Murillo, X. Valenzuela. 2009. Identificación y evaluación hidroacústica de pequeños pelágicos de aguas interiores de la X y XI Regiones, año 2007. Informe Final FIP2007-05. 134pp + anexos.

Ohman, M., B. Lavaniegos. 2002. Comparative zooplankyon sampling efficiency of a ring net and bongo net with comments on pooling of subsamples. CalCOFI Rep. 43: 162-173.

Orellana M.C., F. Balbontín 1983. Estudio comparativo de las larvas de Clupeiformes de la costa de Chile. Revista de Biología Marina: 19: 1-46.

Ospina-Álvarez, A., C. Parada, I. Palomera. 2012. Vertical migration effects on the dispersion and recruitment of European anchovy larvae: From spawning to nursery areas. Ecological Modelling 231 (2012) 65– 79.

Palma, S. 2008. Zooplankton distribution and abundance in the austral Chilean channels and fjords. Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. N. Silva & S. Palma (eds.). Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 107-113.

Palma, S., N. Silva, M. Retamal, L. Castro. 2011. Seasonal and vertical distributional patterns of siphonophores and medusae in the Chiloé Interior Sea, Chile. Cont. Shelf Res., 31 (3-4): 60-71.

Parada, C., M. Sobarzo, D. Figueroa, L. Castro. 2001. Circulación del Golfo de Arauco en un periodo de transición estacional: Un nuevo enfoque. Investigaciones Marinas. 29(1):11-24.

Parada, C., C. Van Der Lingen, C. Mullon, P. Penven. 2003. Modelling the effect of buoyancy on the transport of anchovy (*Engraulis capensis*) eggs from spawning to nursery grounds in the southern Benguela: an IBM approach. Fisheries Oceanography 12 (3): 170-184.

Parada, C., C. Mullon, C. Roy, P. Fréon, L. Hutchings, C. van der Lingen. 2008. Does vertical migratory behaviour retain fish larvae onshore in upwelling ecosystems? A

modeling study of anchovy in the southern Benguela. African Journal of Marine Science 30 (3), 437-452.

Parada, C., F., Colas, S., Soto-Mendoza, L., Castro. 2012. Effects of across- and alongshore transport seasonal variability of anchoveta (*Engraulis ringens*) larvae on modeled-based pre-recruitment indices off central Chile. Progress in Oceanography (92-95). doi:10.1016/j.pocean.2011.07.015.

Parada, C., E. Fulton, S. Vásquez, S. Soto-Mendoza, S. Hormazábal, S. Núñez, M. Gonzáles, A. Sepúlveda, E. Di Lorenzo, C. Salas, O. Artal, C., Gatica, M. Arteaga, N. Alegría. 2013. Proyecto: Estimación de índices de reclutamiento basados en variables y modelos biofísicos de pelágicos pequeños de la zona Centro-sur de Chile: Fase I. (SUBSECRETARÍA DE PESCA, ID: 2012-56-DAP-17). INPESCA, Talcahuano.

Pauly, D., R. Pullin. 1988. Hatching time in spherical, pelagic marine fish eggs in response to temperature and egg size. Environ. Biol. Fish. 22: 261-271.

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.

Pérez-Santos, I., J. Garces-Vargas, W. Schneider. 2014. Double-diffusive layering and mixing in Patagonian fjords. *Prog. Oceanogr*., 129, Part A, 35-49.

Perry, R., S. Smith. 1994. Identifying habitat asocciations of marine fishes using survey data: An application to the Northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51:589-602.

Petereit, C., H-H. Hinrichsen, A. Franke, FW. Köster. 2014. Floating along buoyancy levels: Dispersal and survival of western Baltic fish eggs. Progress in Oceanography, 122. pp. 131-152. DOI 10.1016/j.pocean.2014.01.001.

Picquelle, S.J., G. Stauffer. 1985. Parameter estimation for an egg production method of northern anchovy biomass assesment. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, Engraulis mordax. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 7-15.

Piolle, J.F., A. Bentamy. 2002. Mean Wind Fields (MWF product), User Manual, QuikSCAT, CERSAT, Plouzané, 42pp.

Pizarro, J., W. Palma, C. Flores. 1998. Validación de la hipótesis de mortalidad por inanición en larvas de *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 (Pisces: Engraulidae), utilizando el criterio histológico en un área de surgencia costera en el norte de Chile. Investigaciones Marinas. 26: 97-108.

Priede, I., J. Watson. 1993. An evaluation of the daily egg production method for estimating biomass of Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*). Bulletin of Marine Science. 53. (2): 981-911.

Reynolds, R.W., T. M. Smith, C. Liu, D. B. Chelton, K. S. Casey, M. G. Schlax. 2007. Daily High-Resolution-Blended Analyses for Sea Surface Temperature, *J. Clim., 20:22*, 5473-5496, doi:

Rodríguez-Graña, L., L. Castro. 2003. Ichthyoplankton distribution off the Peninsula de Mejillones, Chile (23°S, 71°W), under variable hydrographic conditions during the austral summer and winter of the 1997 El Niño. Hydrobiologia. 501:59-73.

Rojas, A., R. Ulloa, M. Araya, C. Hudson. 2013. Informe Temático de Pesca y Pesquerías de los Grandes Ecosistemas Marinos (GEM) basado en el Análisis Modular Como Insumos del Proyecto del GEM de la Corriente de Humboldt (GEMCH), Análisis por Medio de la Cadena Causal (ACC) y La Revisión y Actualización del Diagnóstico Transzonal Existente (DTA) 2003. Informe de avance Case Reference LME Mod2–Chile-Junio-2013. 241pp +Anexos.

Royston, P.1982. An extension of Shapiro and Wilk's *W* test for normality to large samples. *Applied Statistics*, **31**, 115–124.

Royston, P. 1982. Algorithm AS 181: The *W* test for Normality. *Applied Statistics*, **31**, 176–180.

Royston, P. 1995. Remark AS R94: A remark on Algorithm AS 181: The *W* test for normality. *Applied Statistics*, **44**, 547–551.

Salinas, S., S. Hormazábal. 2004 Circulación en la constricción de Meninea, canal de Moraleda, 45º 15’ S. Ciencia Tecnologia. Marina. 27(2): 5-20.

Salinas, S., M .Castillo. 2012. Caracterización de las corrientes mareales y submareales en Canal Desertores (42º 42’ S; 72º 50’ W). Ciencia Tecnologia. Marina. 35: 5-18.

Sánchez RP., A. Remeslo, A. Madirolas, J. Ciechomski. 1995. Distribution and abundance of post-larvae and juveniles of the Patagonian sprat, *Sprattus fuegensis*, and related oceanographic conditions. Fisheries Research 23: 47-81.

Scheffer, M., J.M. Baveco, D.L. DeAngelis, K.A. Rose, E.H. Van Nes. 1995. Super-individuals: a simple solution for modelling large populations on an individual basis. Ecological Modelling 80 (2-3), 161–170.

Sepúlveda, A., L. Cubillos, S. Núñez, T. Canales, D. Bucarey, A. Rojas, J. Oliva P. Barría E. Diaz V. Baros H. Miranda C. Gaspar Y. Muñoz M. Cortes, H. López. 2000. Antecedentes biológicos del stock desovante de anchoveta y sardina común de la V y IX regiones. Informe Final Projecto *FIP*, *97*.

Sepúlveda, A., P. Ruiz, R. Alarcón, S. Núñez, R. Bahamonde, J. Córdova, J. Chong, R. Rebolledo, M. Aguayo, L. Bustos. 2009. Condición biológica de jurel en alta mar, año 2006. Informe Técnico FIP 2006-05, 291pp.

Shirokova, E.N., 1978. Contribution to the biology of Tierra del Fuego Sprat, *Sprattus fuegensis* (Jenyns, 1842). Biology ofthe sea, 3: 78-84

Sievers, H., 2008. Temperature and salinity in the austral Chilean channels and fjords, Progress in the oceanographic knowledge of Chilean interior waters, from Puerto Montt to Cape Horn, Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 31-36.

Sievers, HA., N. Silva. 2008. Water masses and circulation in austral Chilean channels and fjords. Progress in the oceanographic knowledge of Chilean interior waters, from Puerto Montt to Cape Horn. N. Silva & S. Palma (eds.). 2008. Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 53-58.

Silva, N., H. Sievers, R. Prado. 1995. Oceanographic description of Chilean austral channel. (41°S – 46°S). (In Spanish). Rev. Biol. Mar. Valparaiso, 30(2): 207-254.

Silva, N., C. Calvete, H. Sievers. 1997. Physical and Chemical features of southern Chilean inlets between Puerto Montt and laguna San Rafael (Cimar-Fiordo I Cruise). (In Spanish). Cienc. Tecnol. Mar. 20:23-106.

Silva, N., C. Calvete, H. Sievers. 1998. Masas de agua y circulación general para algunos canales australes entre Puerto Montt y laguna San Rafael, Chile (Crucero CIMAR Fiordo 1). Cienc. Tecnol. Mar., 21: 17-48.

Smith, P.E., R.P. Hewitt. 1985. Sea survey design and analysis for an egg production method of anchovy biomass assessment. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, Engraulis mordax. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 17-26

Snelgrove, P.V.R., I.R. Bradbury, B. DeYoung, S. Fraser. 2008. Temporal variation in fish egg and larval production by pelagic and bottom spawners in a large Newfoundland coastal embayment. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 65 (2): 159-175.

Somarakis, S., C. Koutsikopoulos, A. Machias, N. Tsimenides. 2002. Applying the daily egg production method (DEPM) to small stock in highly heterogeneous seas. Fisheries Research 55, 193-204.

Somarakis, S., Palomera, I., García, A., Quintanilla, L., Koutsikopoulos, C., Uriarte, A., Motos, L. 2004. Daily egg production of anchovy in European waters. ICES Journal of Marine Science, 61:944-958.

Soto, S. 2001. Tasa de desarrollo de huevos de *Engraulis ringens* Jenyns en función de la temperatura. Tesis Biólogo Pesquero, Departamento de Ciencias del Mar. Universidad Arturo Prat. Iquique. 35pp.

Soto, S. 2009. Modelación de procesos biofísicos y el transporte-retención de los estados tempranos de vida de *Engraulis ringens* desde la zonas de desove a zonas de crianza en la

zona centro-sur de Chile. Tesis de Magíster en Ciencias con Mención en Pesquerías. Universidad de Concepción. 159pp.

Soto-Mardones S., J. Letelier, S. Salinas, E. Pinillas, J.P. Belmar. 2009. Análisis de parámetros oceanográficos y atmosféricos del Seno Reloncaví. Gayana 73(1): 141-155.

Soto-Mendoza, S., C., Parada, L., Castro, F., Colas, W., Schneider. 2012. Modeling transport and survival of anchoveta eggs and yolk sac larvae in the coastal zone off central-south Chile: assessing spatial and temporal spawning parameters. Progress in Oceanography, Volumes, (92-95): 178-191. doi:10.1016/j.pocean.2011.07.001.

Stratoudakis, Y., Bernal, M., Ganias, K., Uriarte, A. 2006. The daily egg production method: recent advances, current applications and future challenges. Fish and Fisheries 7, 35-57.

SUBPESCA. 2009. Modificación veda de reclutamiento, anchoveta y sardina común, V a X regiónes. Informe Técnico (R.Pesq.)N°070. Julio 2009. 11pp.

SUBPESCA. 2010. Estimación de abundancia, biomasa y distribución espacial de pequeños pelágicos en aguas interiores de la X y XI regiones y su relación con algunas variables ambientales, año 2010. Subsecretaría de Pesca-UdeC (2010-2011).

SUBPESCA. 2011. Modificación veda de reclutamiento, anchoveta y sardina común, X región de los Lagos. Informe Técnico (R.Pesq.)N°120/2011. Noviembre 2011. 9pp.

Tarifeño, E., Carmona, E, Llanos-Rivera, A., Castro, L.R. 2007. Temperature effects on the anchoveta Engraulis ringens egg development: do latitudinal differences occur? Environ. Biol. Fish (DOI 10.1007/s10641-007-9208-7).

Toro, J.E., P.I. Paredes, D.J. Villagra, C.M. Senn. 1999. Seasonal variation in the phytoplanktonic community, seston and environmental variables during a 2–year period and oyster growth at two mariculture sites,southern Chile.Mar. Ecol. 20: 63–89.

Troupin, C., F. Machín, M. Ouberdous, D. Sirjacobs, A. Barth, J.-M. Beckers. 2010. High-resolution Climatology of the North-East Atlantic using Data-Interpolating Variational

Analysis (Diva). Journal of Geophysical Research. 115: C08005. doi: 10.1029/2009JC005512. http://www.agu.org/pubs/crossref/2010/2009JC005512.shtml

Tyberghein, L., H. Verbruggen, P. Klaas, C. Troupin, F. Mineur, O.D. Clerck. 2011. ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modeling Global Ecology and Biogeography. doi: 10.1111/j.1466-8238.2011.00656.x. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1466-8238.2011.00656.x/pdf.

Twatwa NM, CD. van der Lingen, L. Drapeau, CL. Moloney, JG. Field. 2005. Characterizing and comparing the spawning habitats of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardinops sagax*) in the southern Benguela upwelling ecosystem. African Journal of marine Science. 27(2): 487-499.

Twatwa, NM, CD. van der Linger, L. Drapeau, CL. Moloney. 2010. Characterising and comparing the spawning habitats of anchovy *Engraulis encrasicolus* and *sardine Sardinops sagax* in the southern Benguela upwelling ecosystem. African Journal of Marine Science. 27(2): 487-499.

Valle-Levinson, A., N. Sarkar, R. Sanay, D. Soto, J. León. 2007. Spatial structure of hydrography and flow in a Chilean fjord, Estuario Reloncaví. Estuar. Coasts, 30(1): 113-126.

Valle-Levinson, A., M. Caceres, O. Pizarro. 2014. Variations of tidally driven three-layer residual circulation in fjords. Ocean Dynamics (2014) 64:459–469. DOI 10.1007/s10236-014-0694-9.

Van der Lingen CD, Hutchings L, Merkle D, van der Westhuizen JJ, Nelson J. 2001. Comparative spawning habitats of anchovy (*Engraulis capensis*) and sardine (*Sardinops sagax*) in the southern Benguela upwelling ecosystem. In: Spatial processes and Management of Marine Populations. Kruse, G. H., Bez, N., Booth, T., Dorn, M., Hills, S., Lipcius, R. N., Pelletier, D., Roy, C., Smith, S. J. and D. Witherell (Eds). University of Alaska Sea Grant, AK-SG -01-02, Fairbanks, USA. 185-209.

Van der Lingen, CD., L. Castro, L. Drapeau, D. Checkley. (Eds.). 2005. Report of a GLOBEC-SPACC Workshop on Characterizing and Comparing the Spawning Habitats of Small Pelagic Fish. GLOBEC Report, 21: xii, 33 pp.

Vásquez, P., A. Llanos-Rivera, L. Castro. 2010. Anormalidades durante el desarrollo embrionario de sardina común, *Strangomera bentincki* en el ambiente natural. Revista de Biología Marina y Oceanografía, *45*(1), 177-185.

Venables, W.N., B.D. Ripley. 2002. Modern Applied Statistics with S, 4th ed. Springer-Verlag, New York.

Villenas, F., D. Soto, S. Palma. 2009. Cambios interanuales en la biomasa y biodiversidad de zooplancton gelatinoso en el sur de Chile (Primaveras 2004 y 2005). Rev. Biol. Mar. Oceanogr.. 44(2): 309-324.

Wood, S.N. 2003. Thin plate regression splines. Journal of the Royal Statistical Society (B) 62: 95-114.

Zar, J. 1984. Biostatistical analysis. Second edition. Edit. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. EEUU. 718pp.

9.- FIGURAS

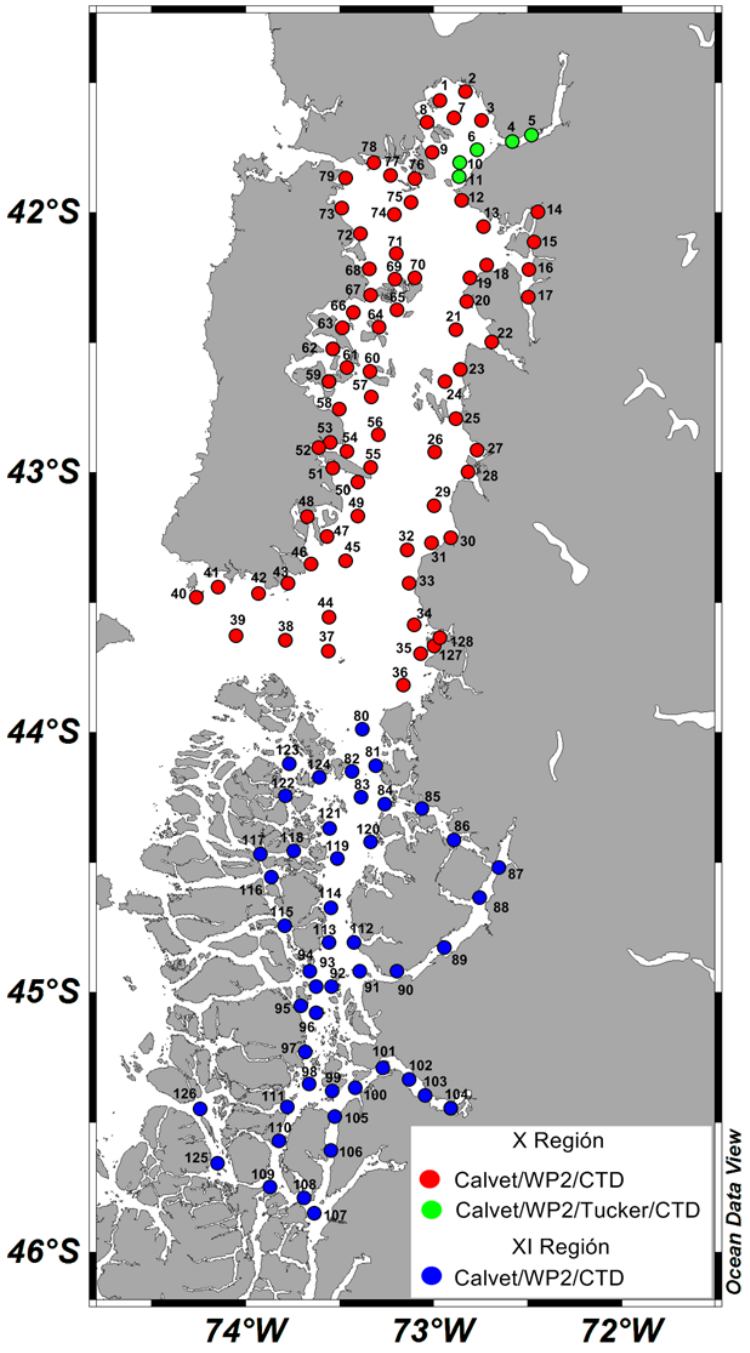


Figura 1. Estaciones bio-oceanográficas (plancton-CTD) efectuadas en la X y XI región durante el crucero de noviembre del 2014 (Círculo rojo: Muestreo con red Calvet, Red WP2 y CTD; Círculo verde: Muestreo con red Calvet, Red WP2, Red Tucker y CTD; Círculo azul: Muestreo con red Calvet, Red WP2 y CTD).

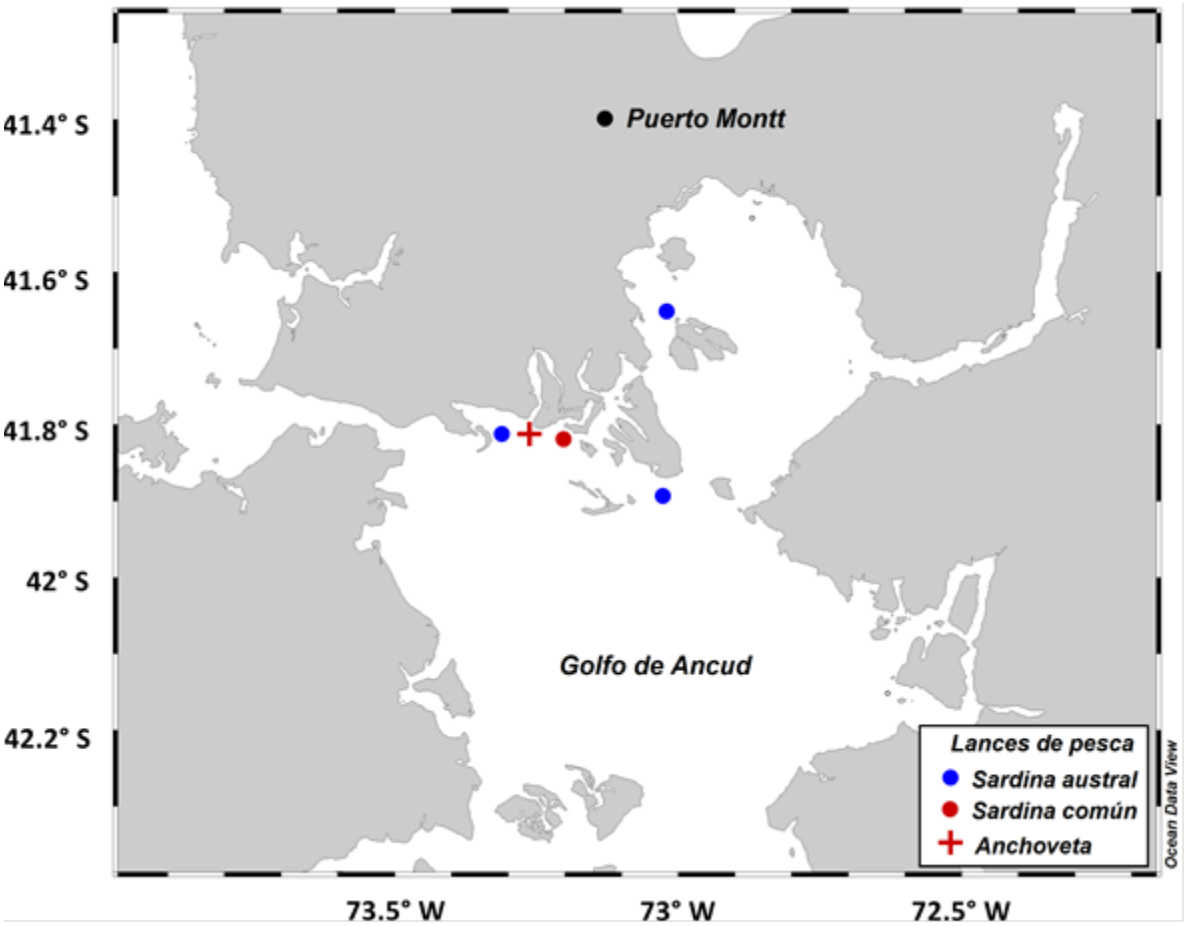


Figura 2. Distribución espacial de los lances de pesca realizados durante periodo de estudio, X región.

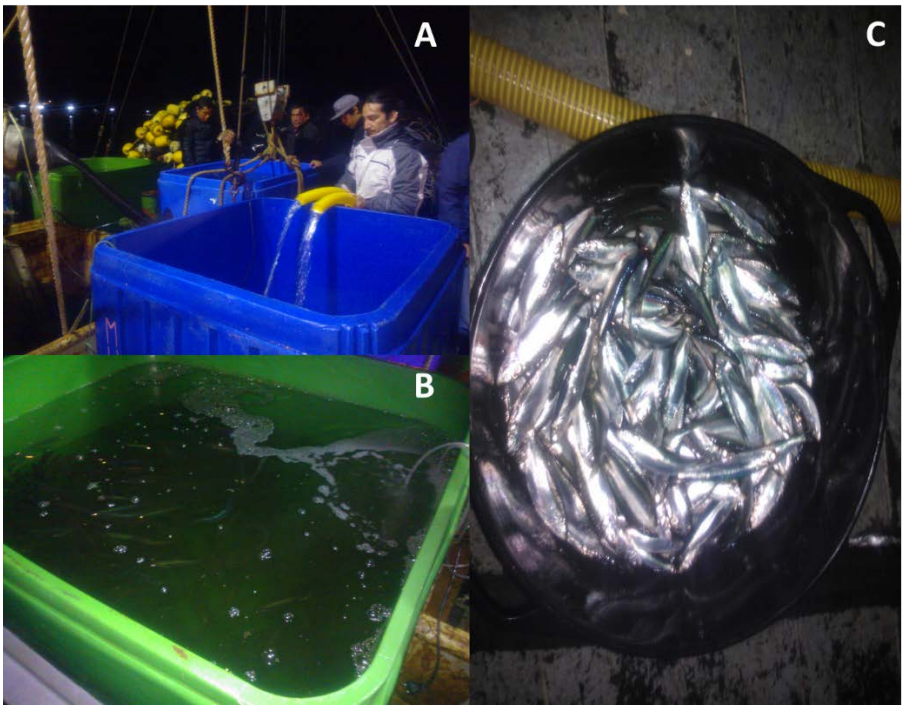


Figura 3. Mantención a bordo de adultos de anchoveta, sardina común y sardina austral (A: Sistema de flujo continuo; B: Sistema de aireación; C: Eliminación de muertos).

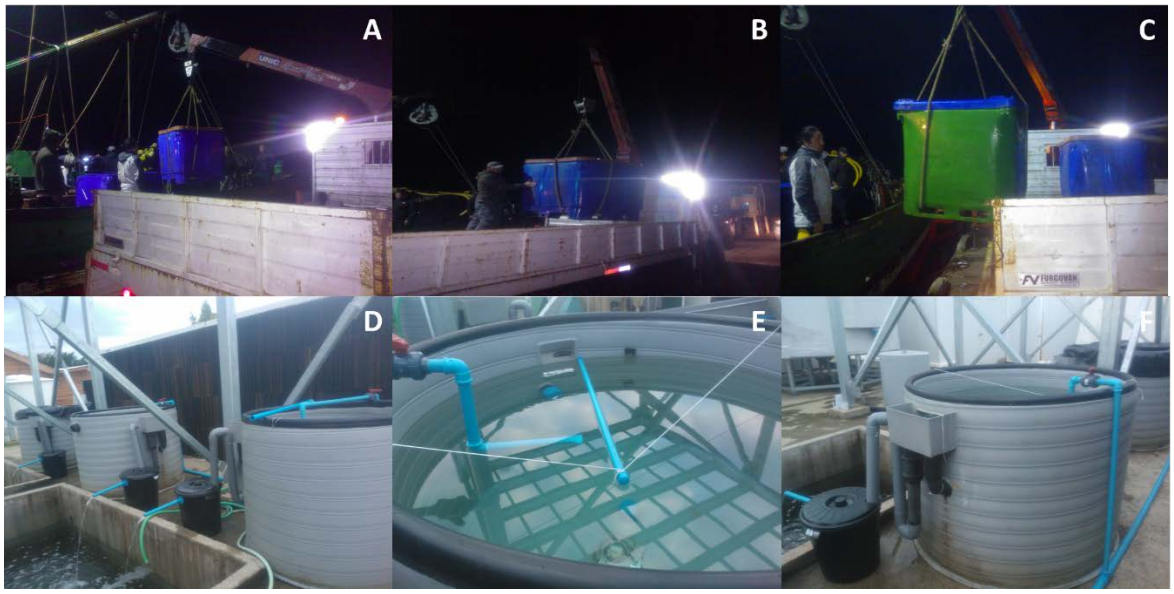


Figura 4. Transporte y mantención de adultos al centro de cultivo del Instituto Profesional La Araucana (A, B, C: Transporte de adultos; D, E, F: Mantención de adultos).

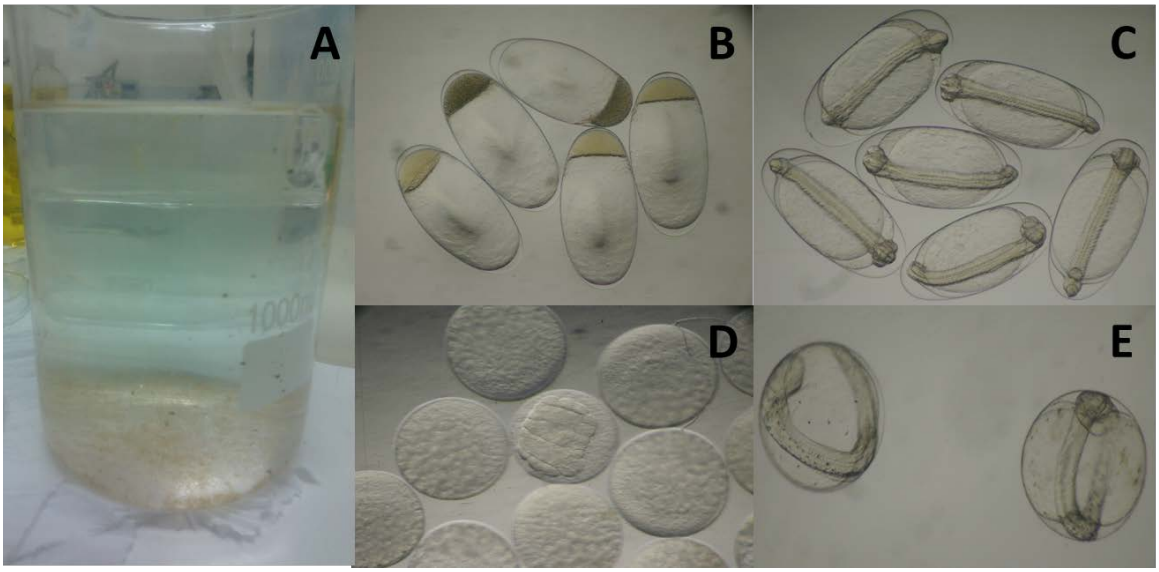


Figura 5. Huevos viables de anchoveta (B y C) y sardina común (D y E) obtenidos de los colectores del centro de cultivo (A).

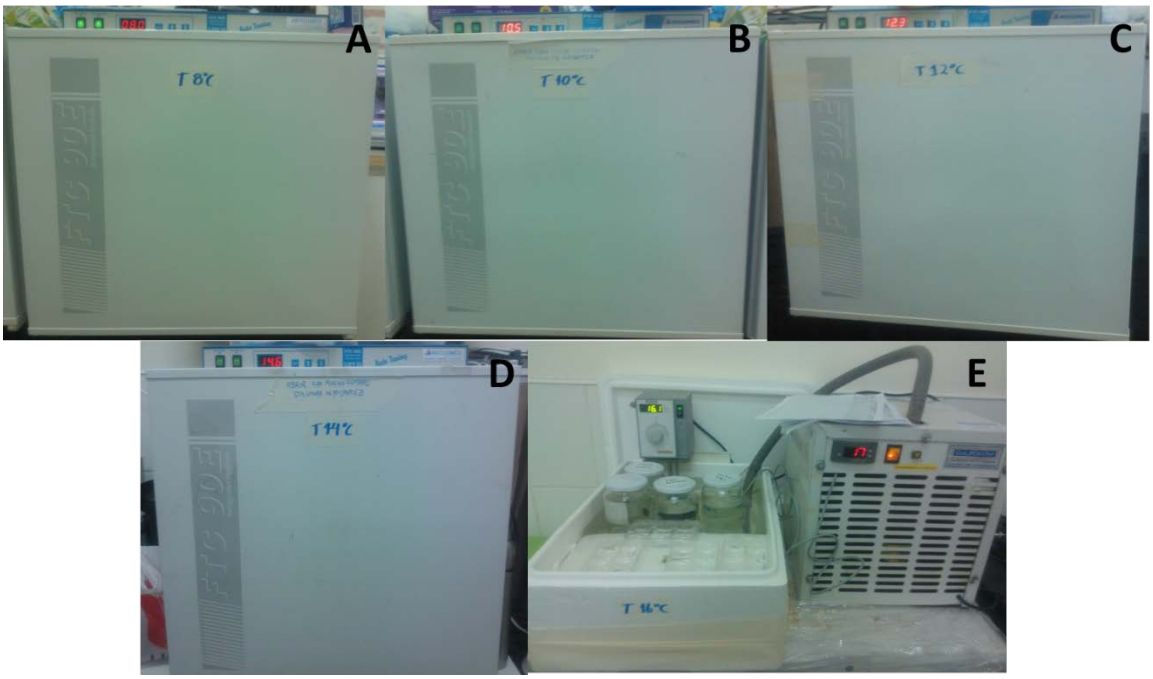


Figura 6. Experimentos de incubación de huevos de anchoveta, sardina común y sardina austral (Incubadores: A (8°C), B (10°C), C (12°C), D (14°C) y Baño termoregulado: E (16°C).

Figura 7. Incubación de huevos en placa cultivo de 6 Wells y recipientes de vidrio (1 litro).

Figura 8. Sistema fotográfico que incluye cámara conectada a computador equipado con programa de análisis de imágenes.

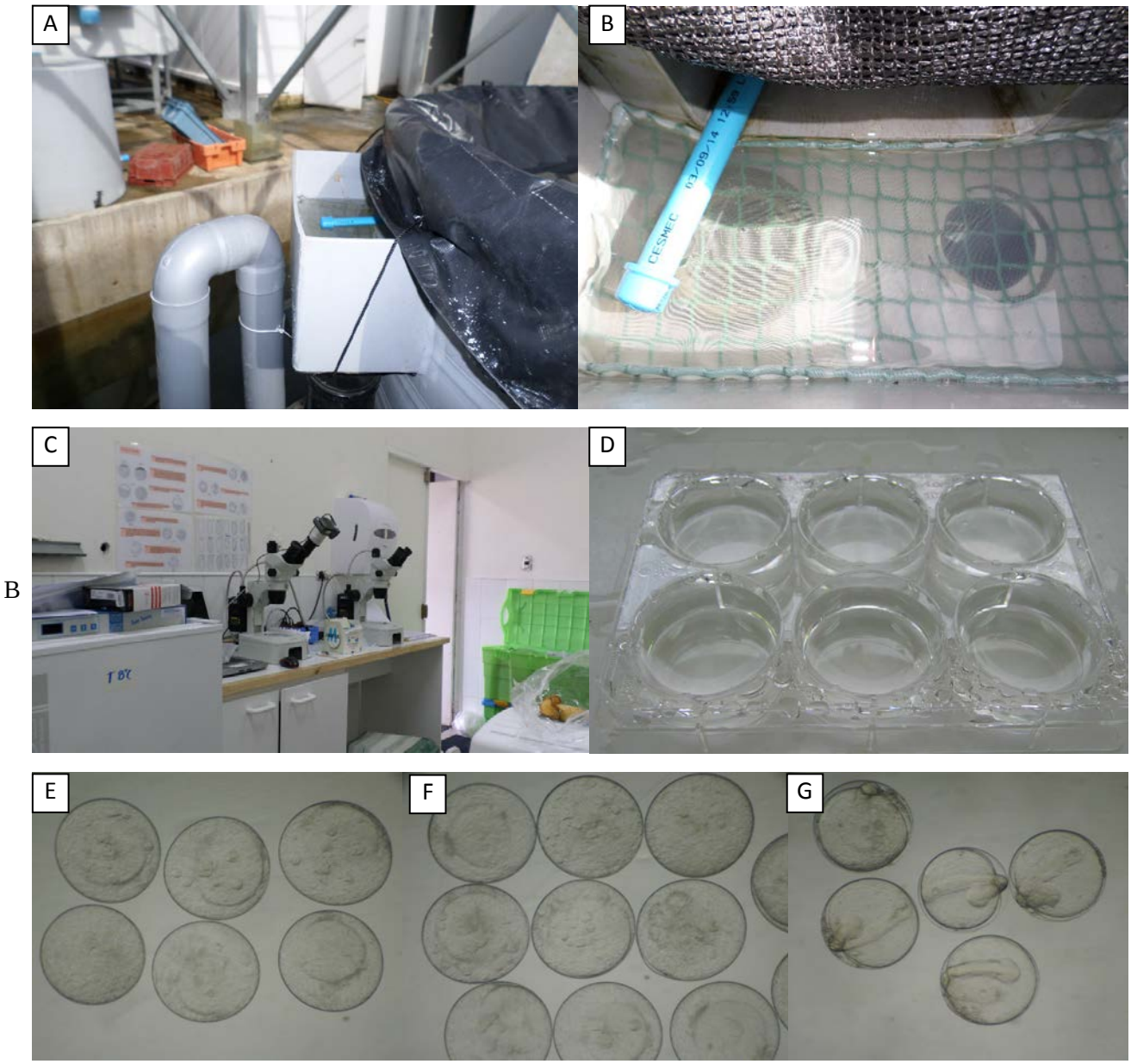


Figura 9: (A). Salida de agua de estanques de mantención de reproductores (B). Vista superior de salida de agua con receptáculo de huevos. (C) Cámaras de incubación y lupas con equipo fotográfico para seguimiento de experimentos. (D) Placas de cultivo con pocillos para mantención de huevos (E) Huevos sin fecundar de sardina austral (F). Ovocitos de sardina común (G) Huevos embrionados de sardina común.

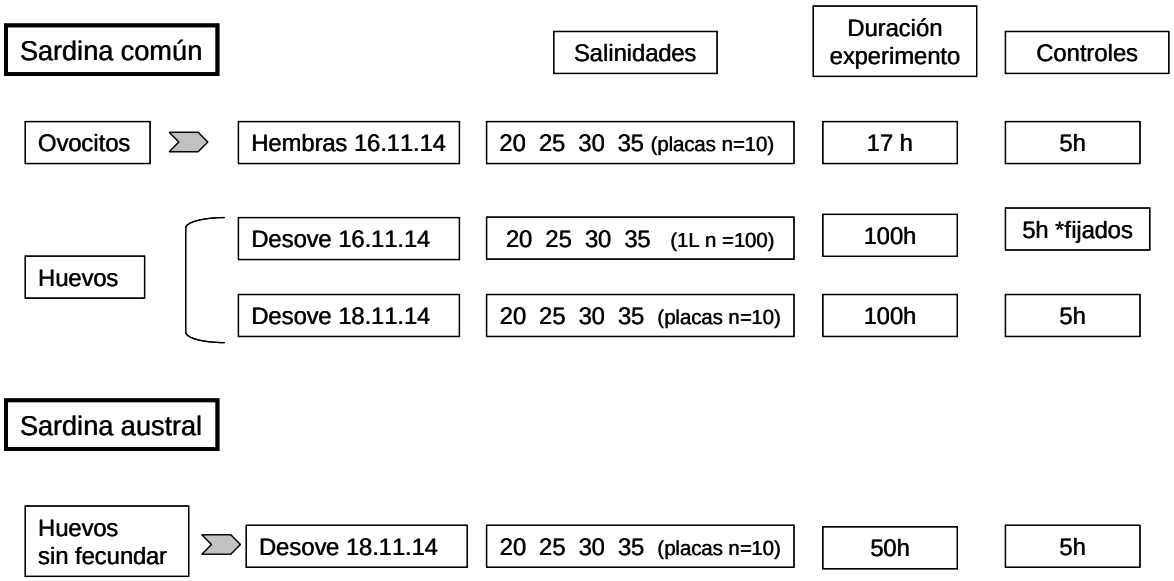


Figura 9H: Resumen de actividades experimentales realizadas en estudio.

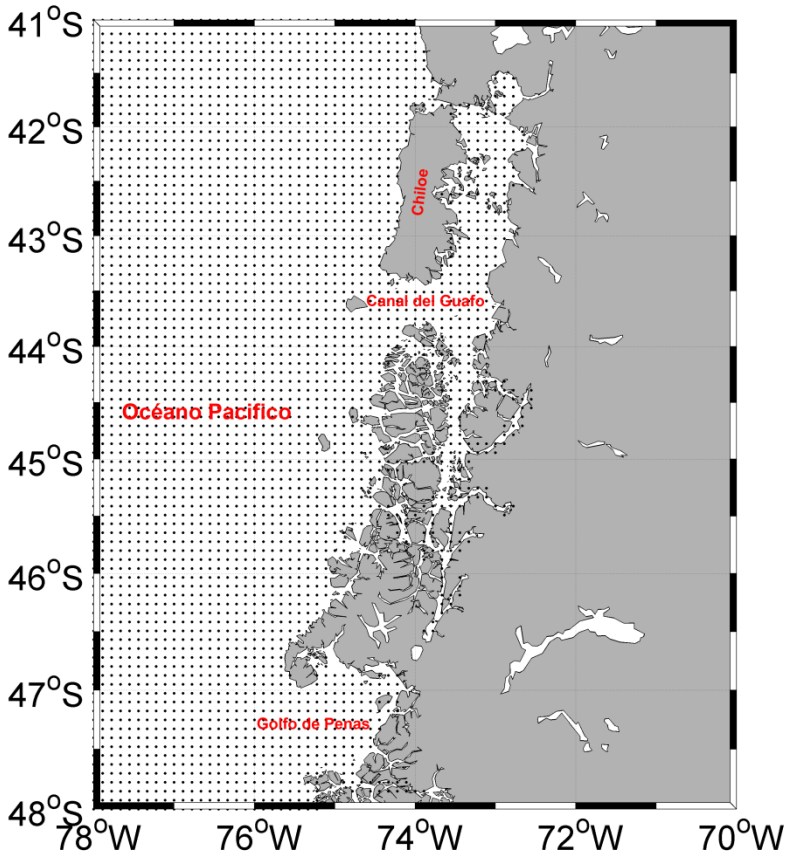


Figura 10A. Dominio del modelo ROMS climatológico realizado para la región Patagonia norte de Chile.

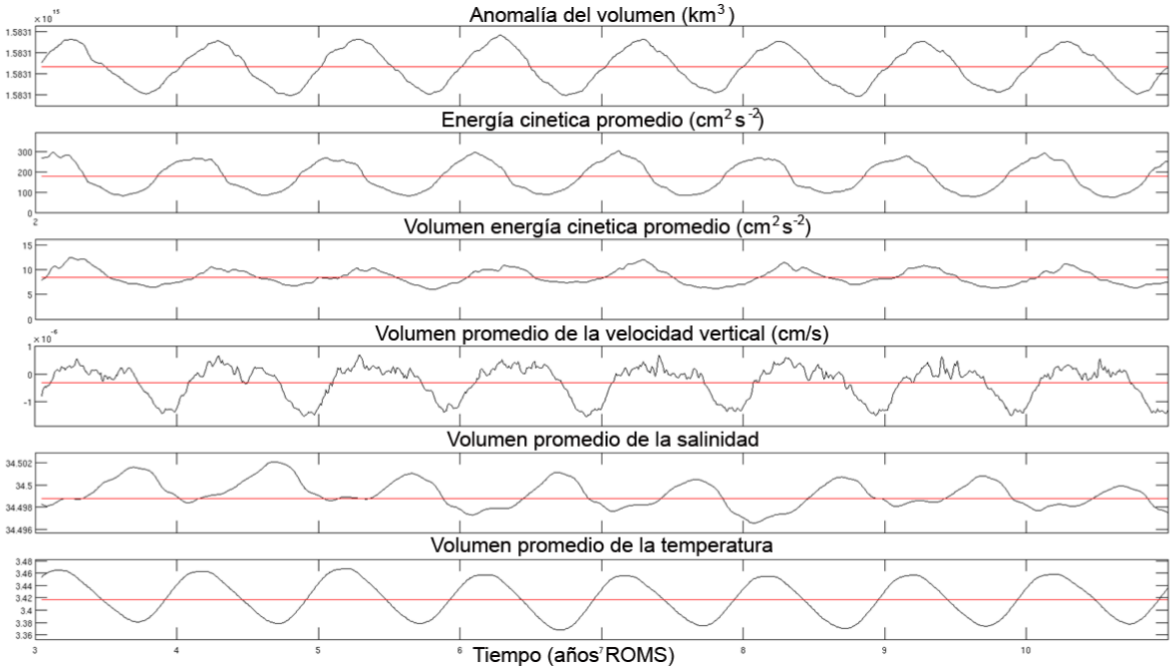


Figura 10B. Salidas climatológicas de algunas variables del modelo, donde se muestra el comportamiento promedio hasta el año 10 de la simulación.

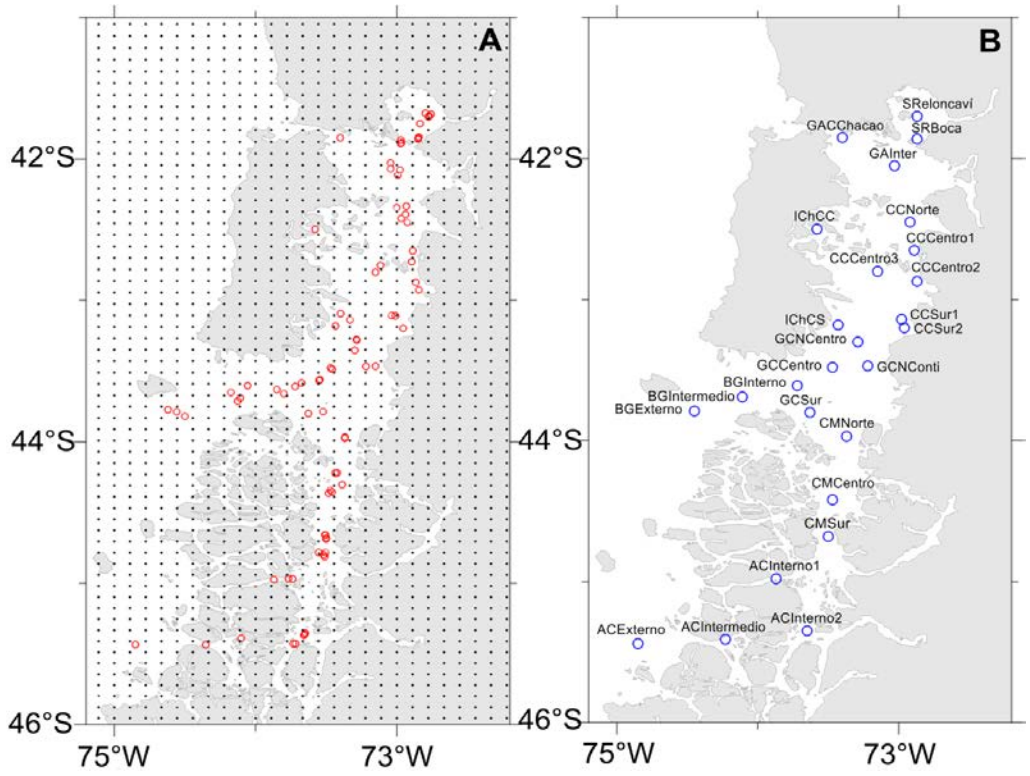


Figura 11. Grilla de las salidas del modelo ROMS acoplada a estaciones geo-referenciadas de los distintos cruceros (A) y zona de desove (liberación) obtenidos por centroide (B).

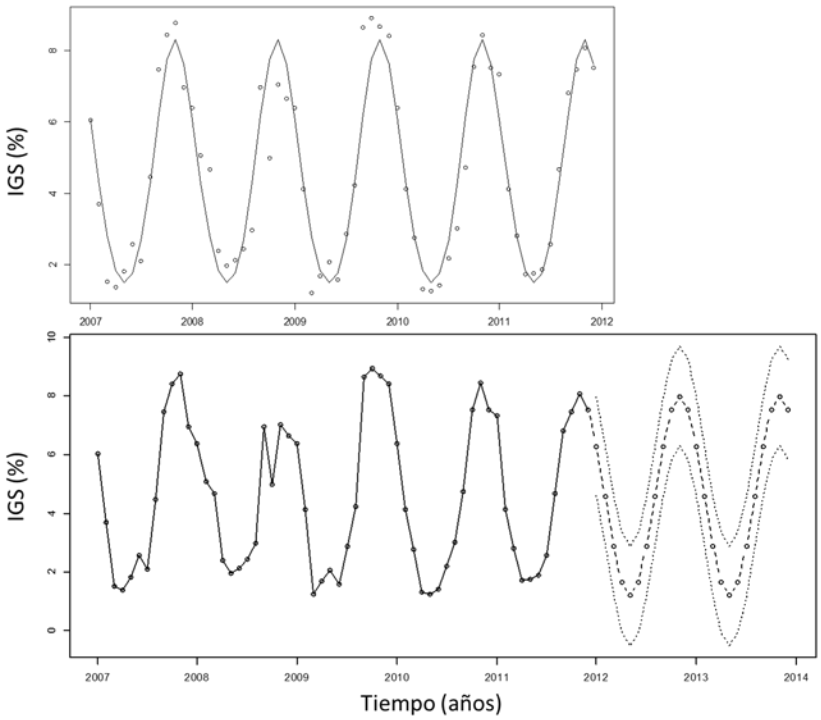


Figura 12. Serie de tiempo del Índice Gonadosomático de anchoveta a escala mensual (2007-2011). Panel superior: data real (puntos) vs data estimada (línea) y Panel inferior: data real (línea continua) vs data proyectada (línea segmentada).

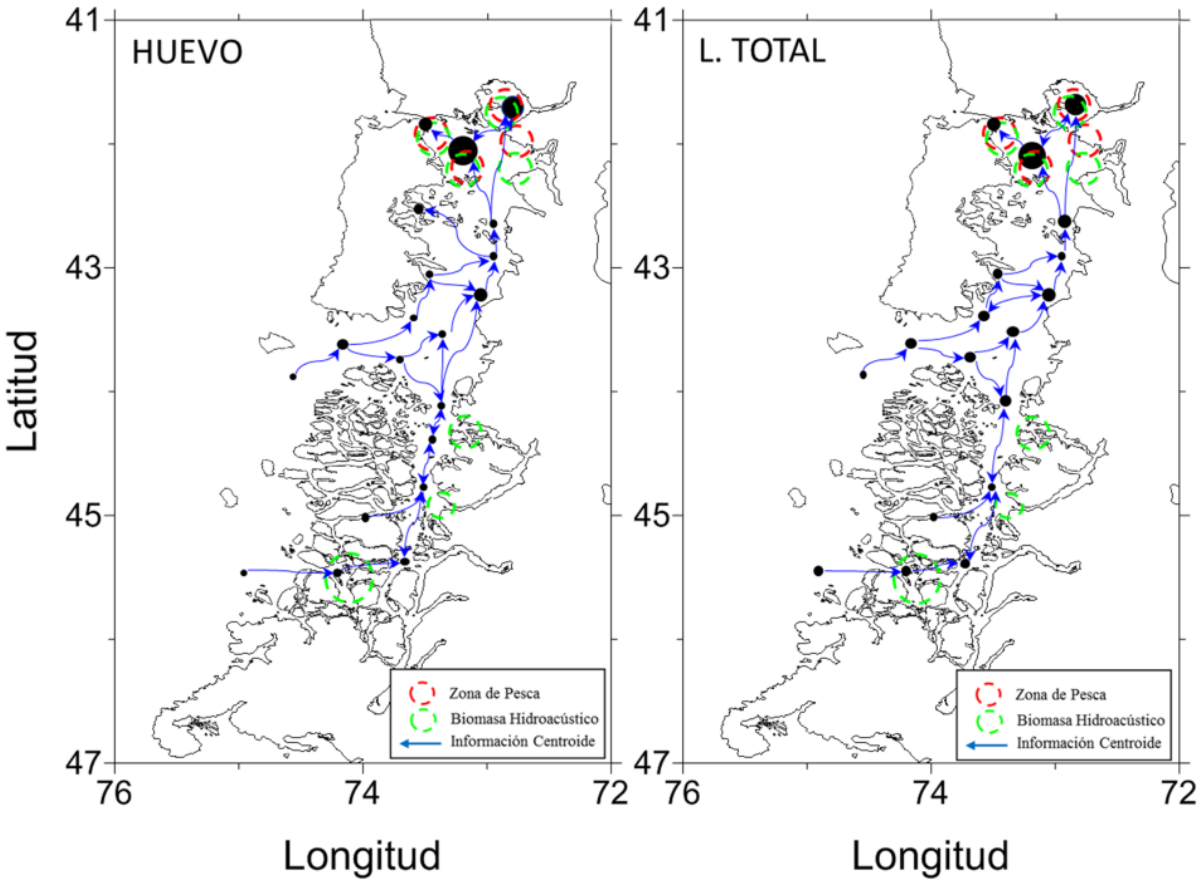


Figura 13. Modelo conceptual de los estadios tempranos de anchoveta en base a los centroides de la X y XI región de los distintos cruceros (2002-2011).

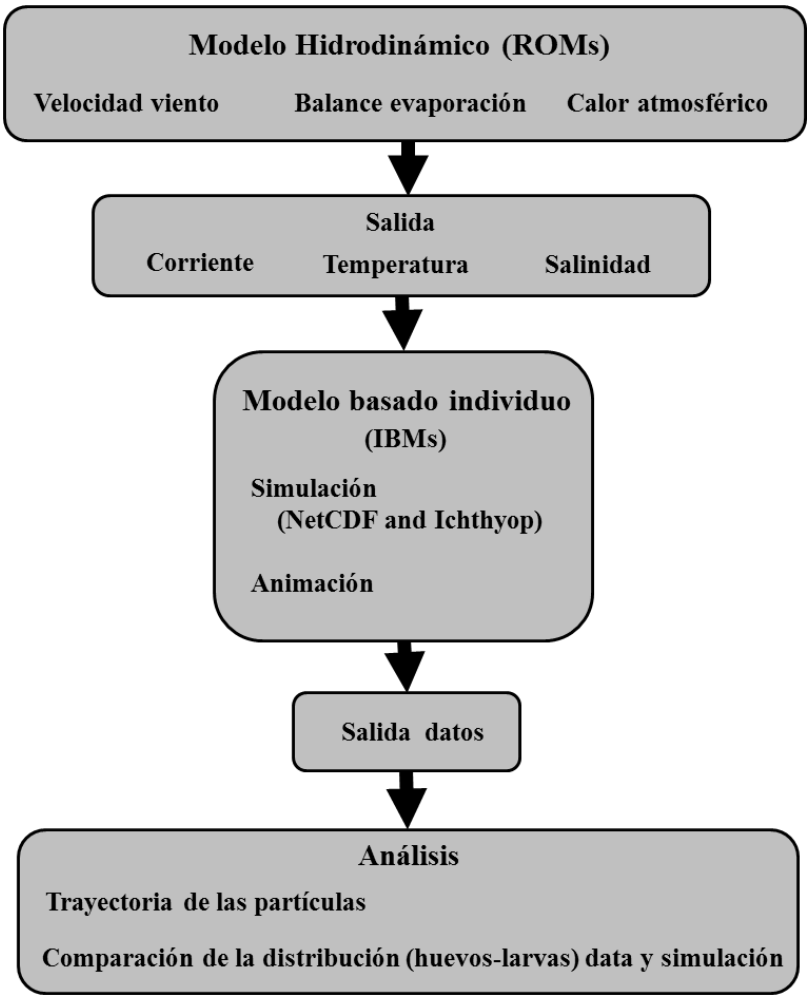


Figura 14. Organigrama de la metodología.

RESULTADOS

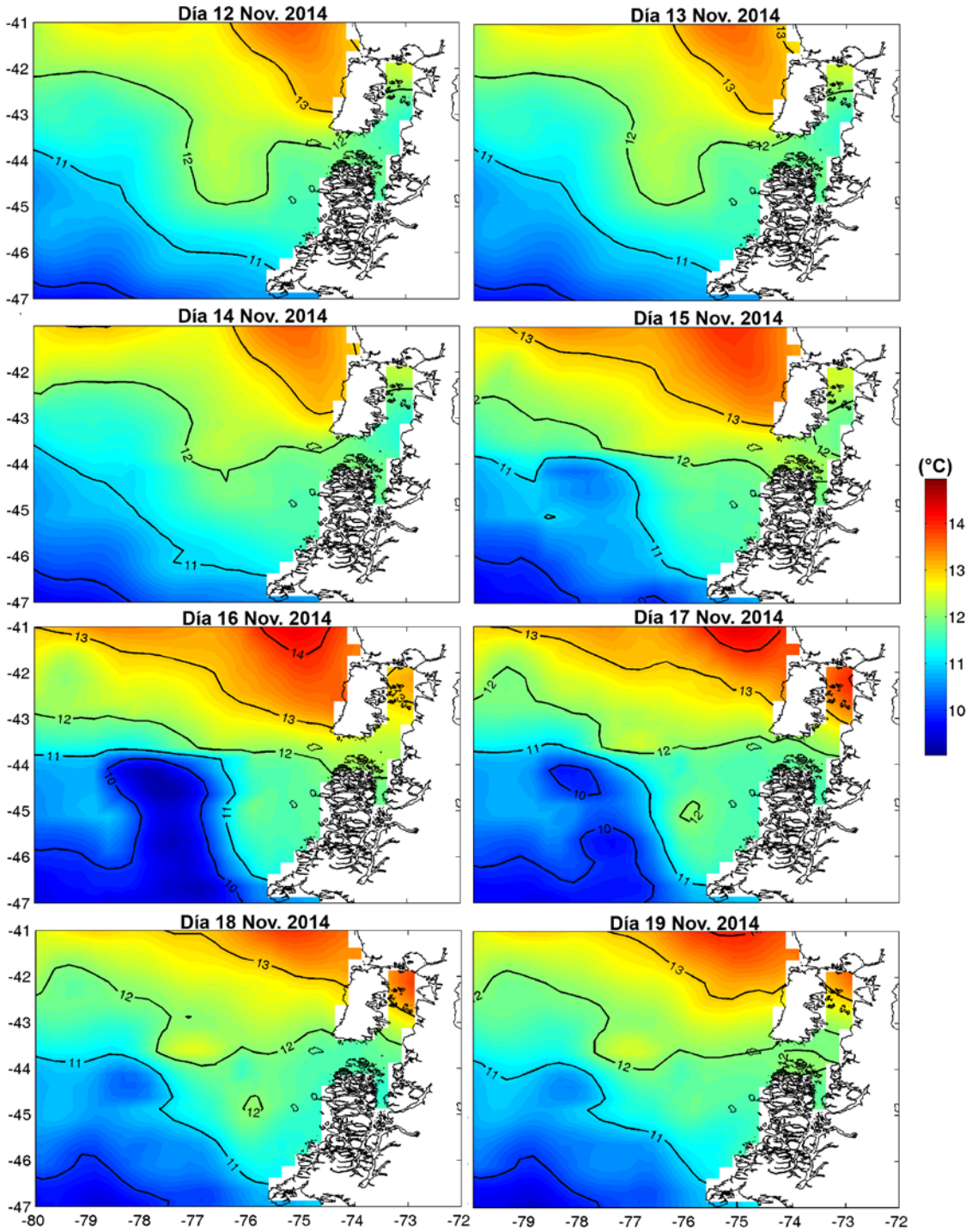


Figura 15. Imágenes diarias de la temperatura superficial del mar durante el periodo 12-19 de Noviembre 2014.

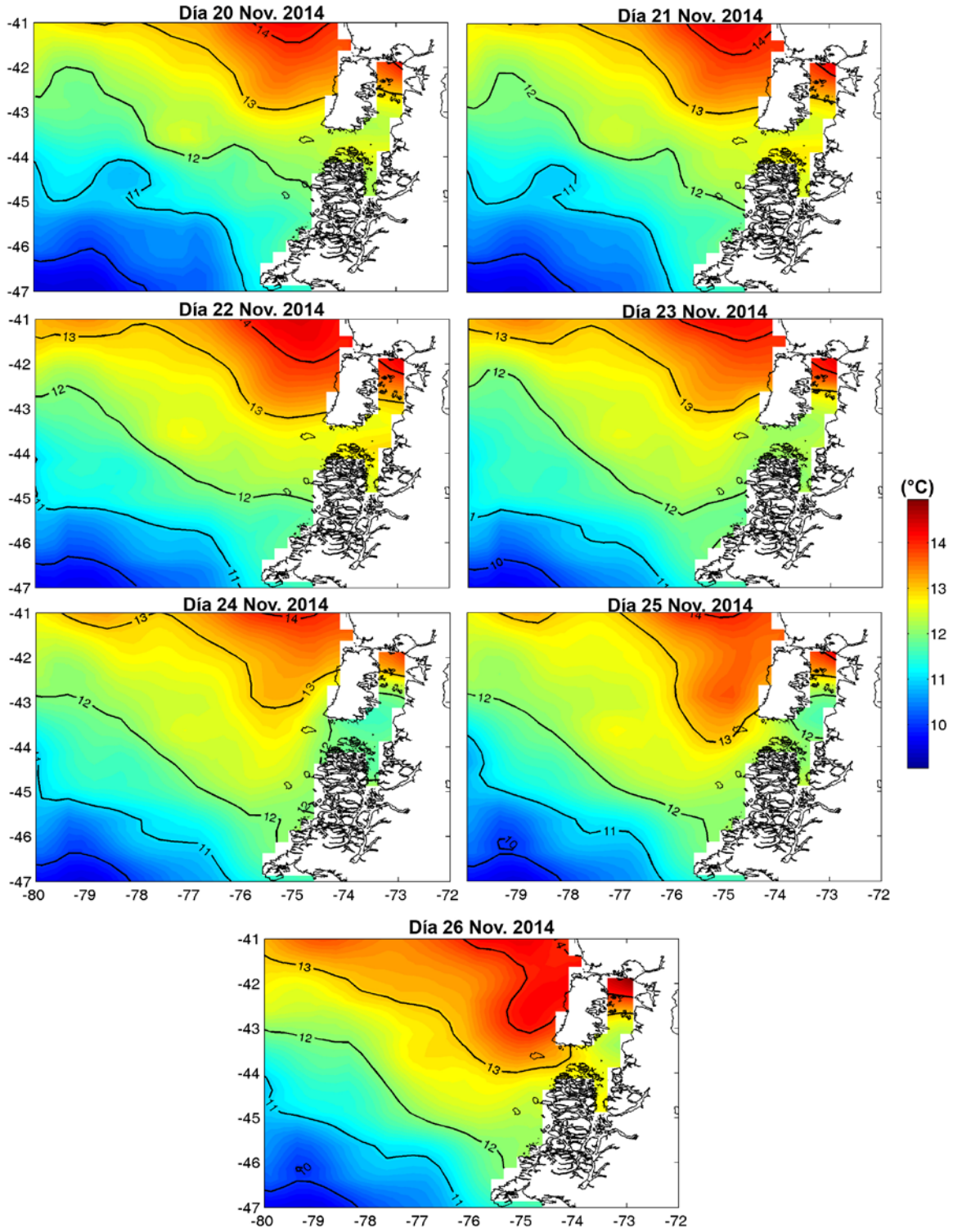


Figura 16. Imágenes diarias de la temperatura superficial del mar durante el periodo 20-26 de Noviembre 2014.

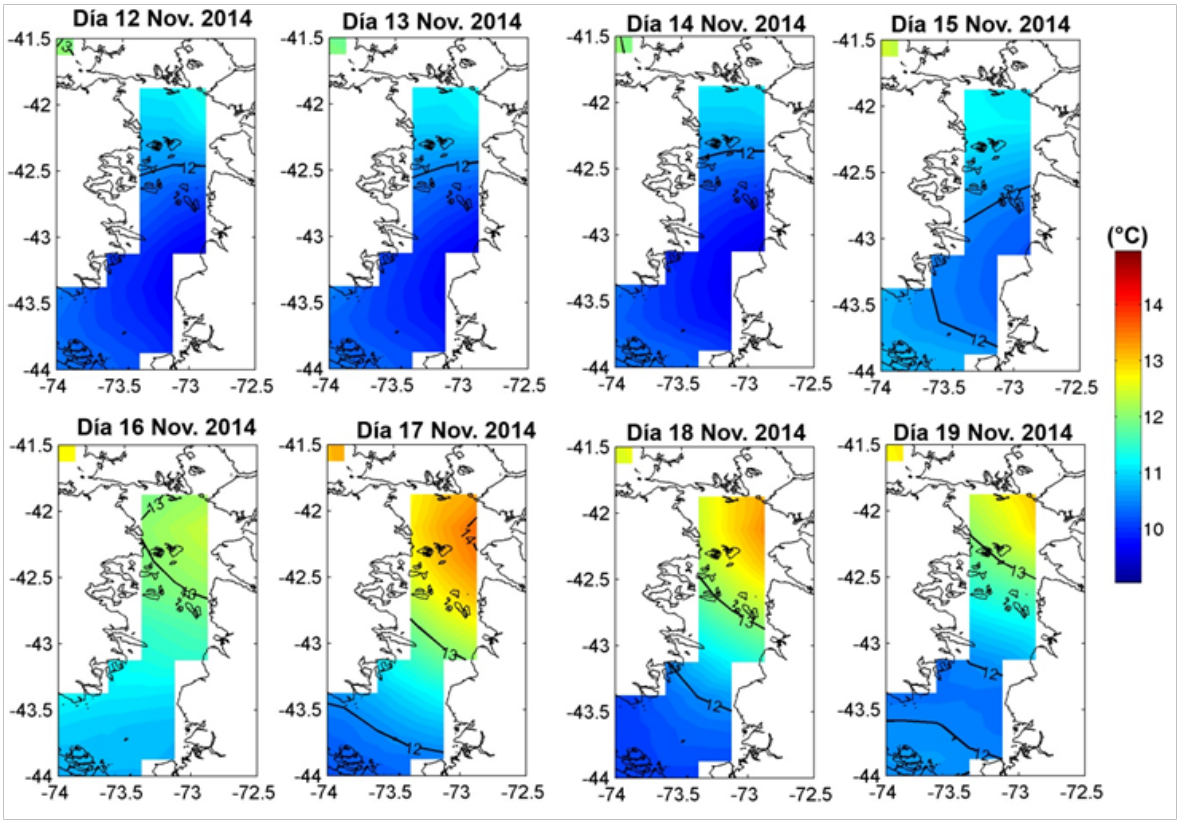


Figura 17. Imágenes diarias de la temperatura superficial del mar durante el periodo 12-19 de Noviembre 2014 para el mar interior de Chiloé.

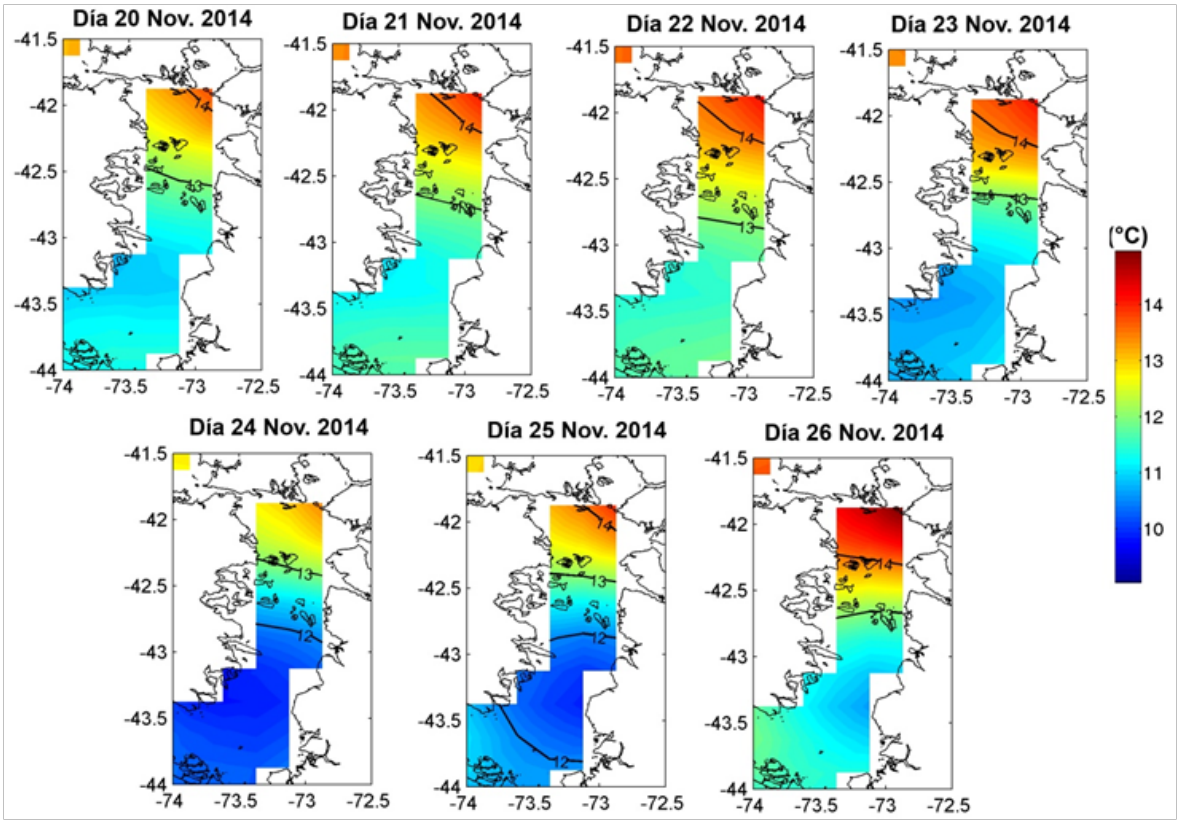


Figura 18. Imágenes diarias de la temperatura superficial del mar durante el periodo 20-26 de Noviembre 2014 para el mar interior de Chiloé.

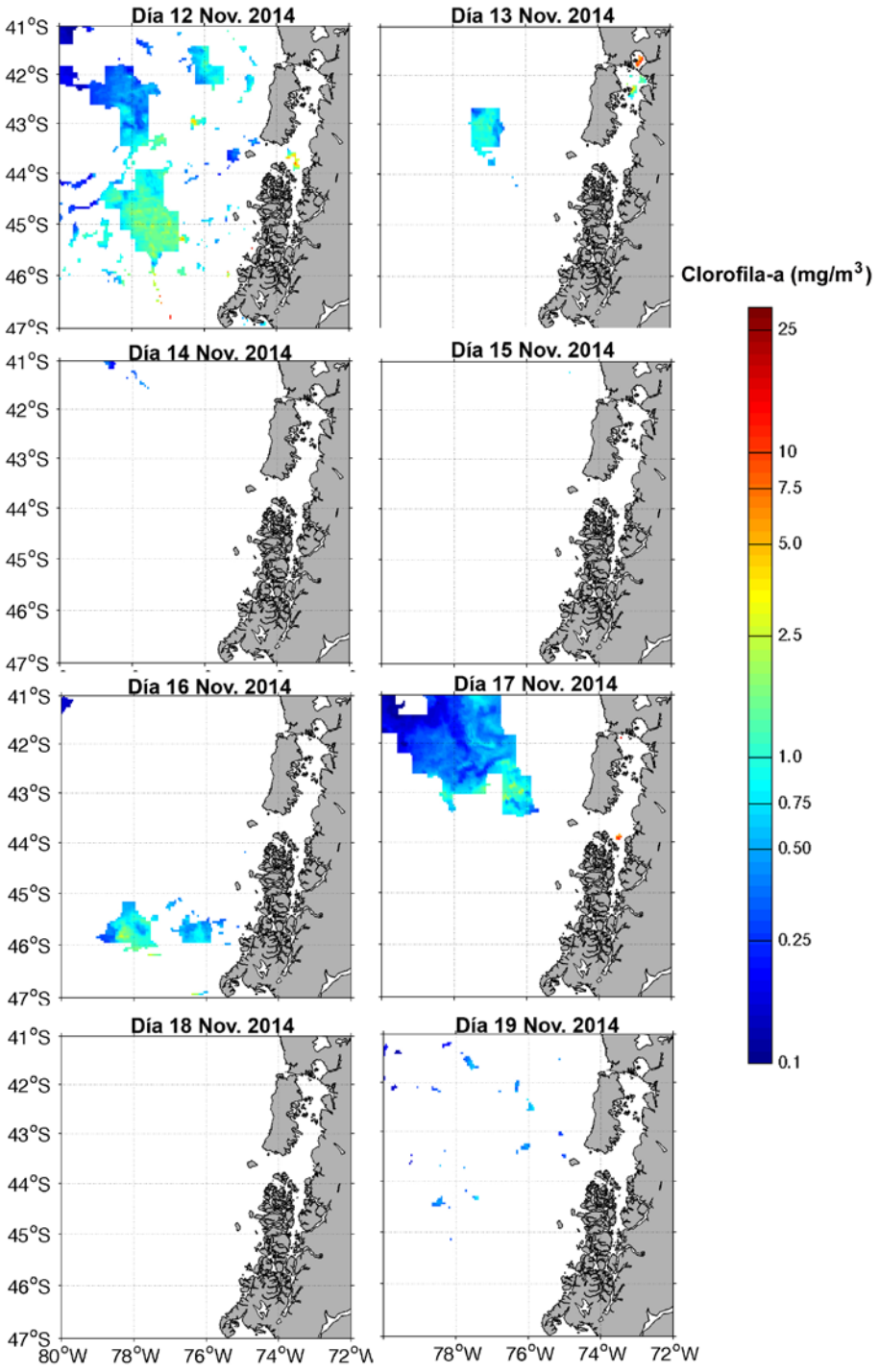


Figura 19. Imágenes diarias de la clorofila-a de MODIS obtenidas durante el periodo 12-19 de Noviembre 2014.

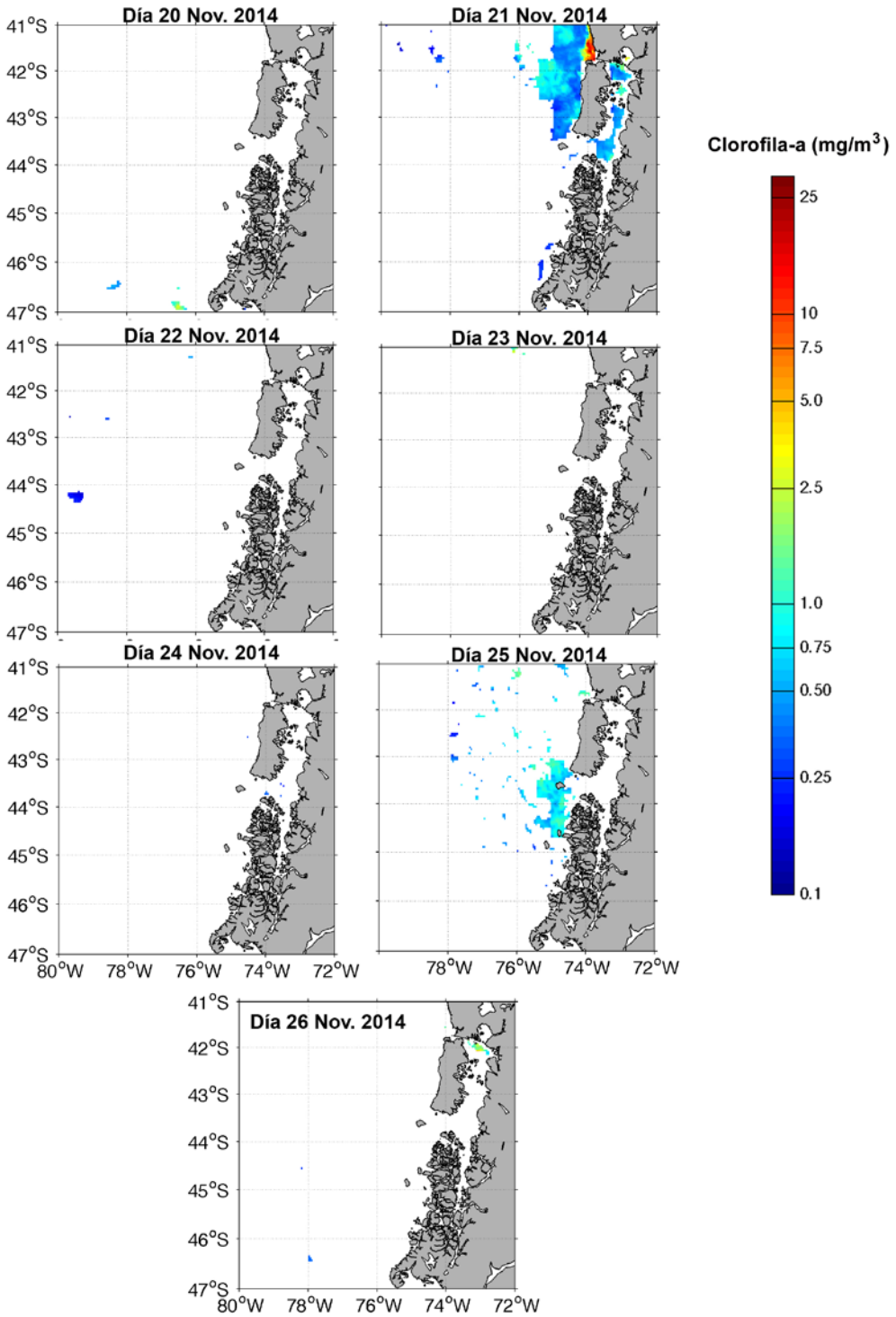


Figura 20. Imágenes diarias de la clorofila-a de MODIS obtenidas durante el periodo 20-26 de Noviembre 2014.

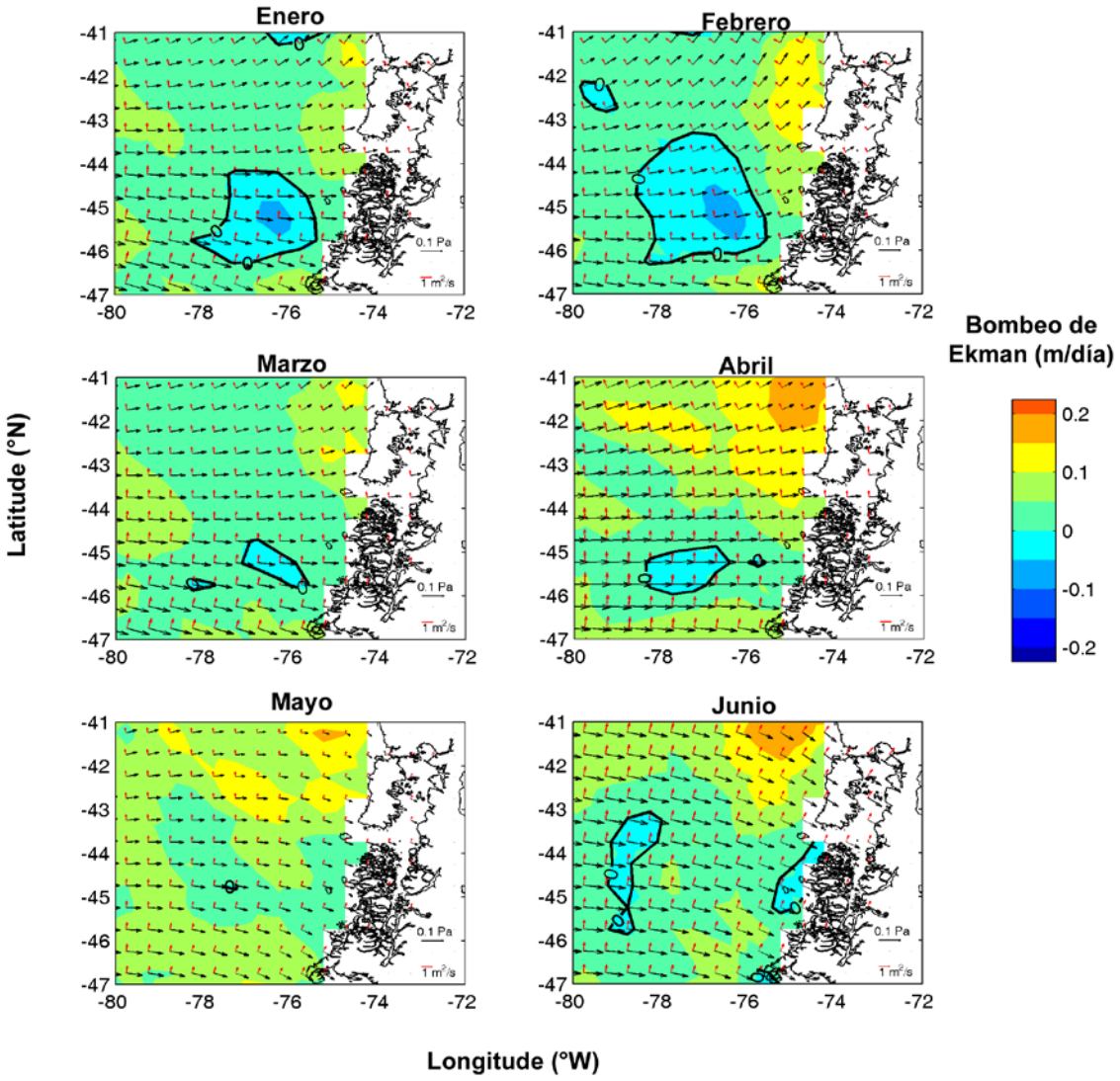


Figura 21. Promedio mensual del esfuerzo (fechas negras), transporte (flechas rojas) y bombeo de Ekman (contornos en colores) obtenidos de QuikSCAT durante el periodo 1999-2009. Meses de Enero a Junio.

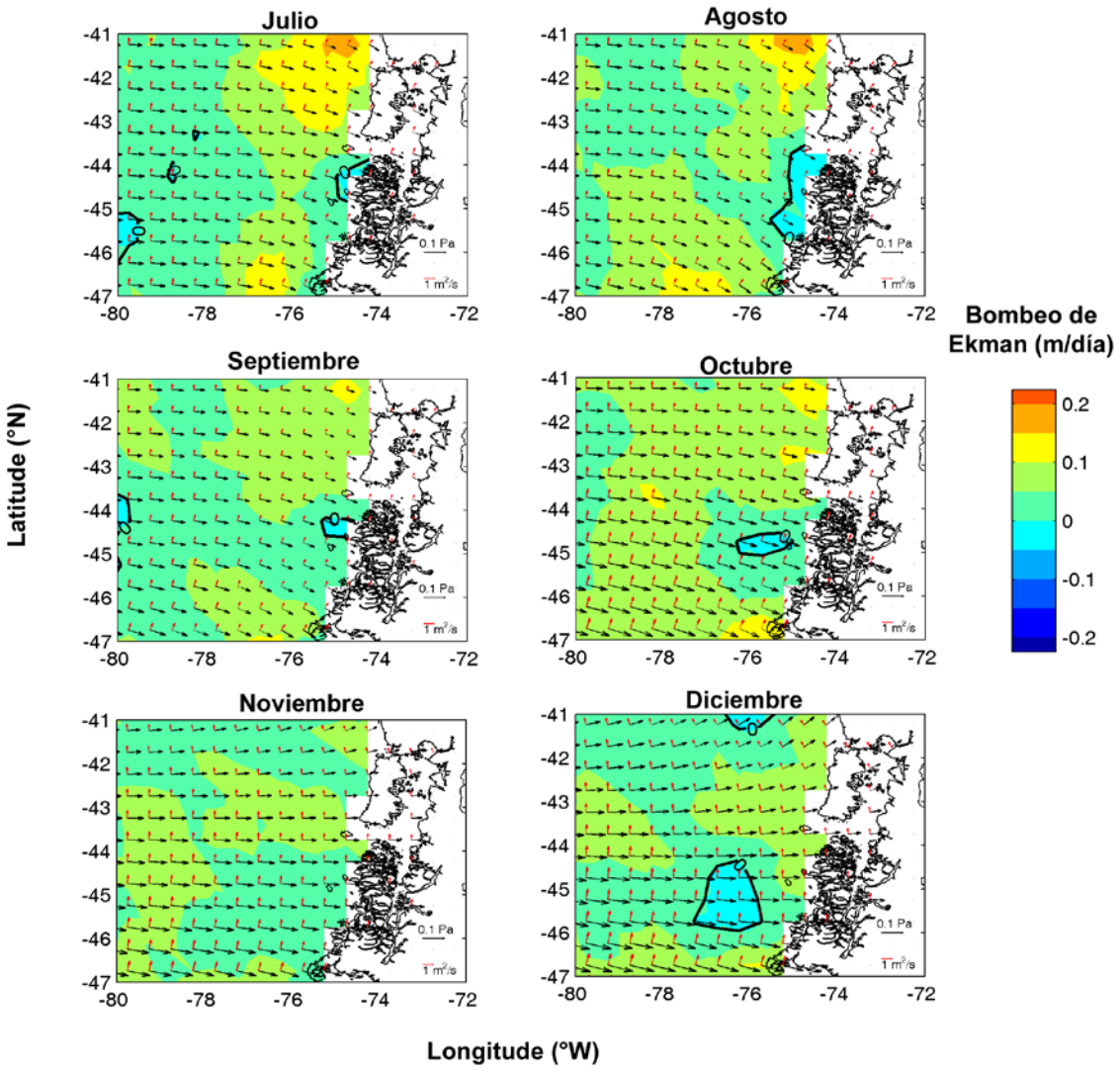


Figura 22. Promedio mensual del esfuerzo (fechas negras), transporte (flechas rojas) y bombeo de Ekman (contornos en colores) obtenidos de QuikSCAT durante el periodo 1999-2009. Meses de Julio a Diciembre.

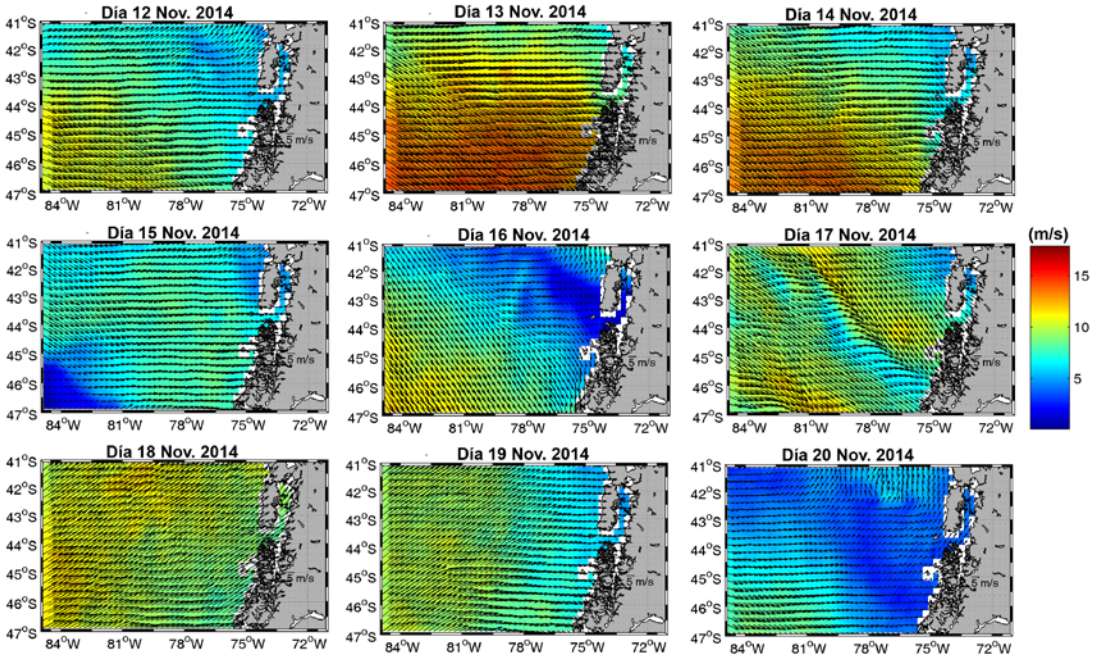


Figura 23. Comportamiento del viento satelital superficial obtenido de ASCAT durante el periodo de muestreo (12-20 Noviembre 2014).

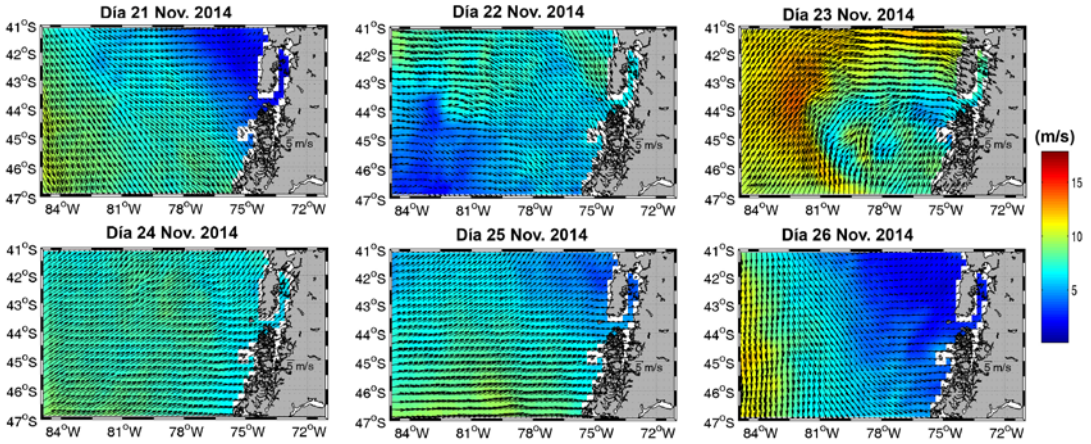


Figura 24. Comportamiento del viento satelital superficial obtenido de ASCAT durante el periodo de muestreo (21-26 Noviembre 2014).

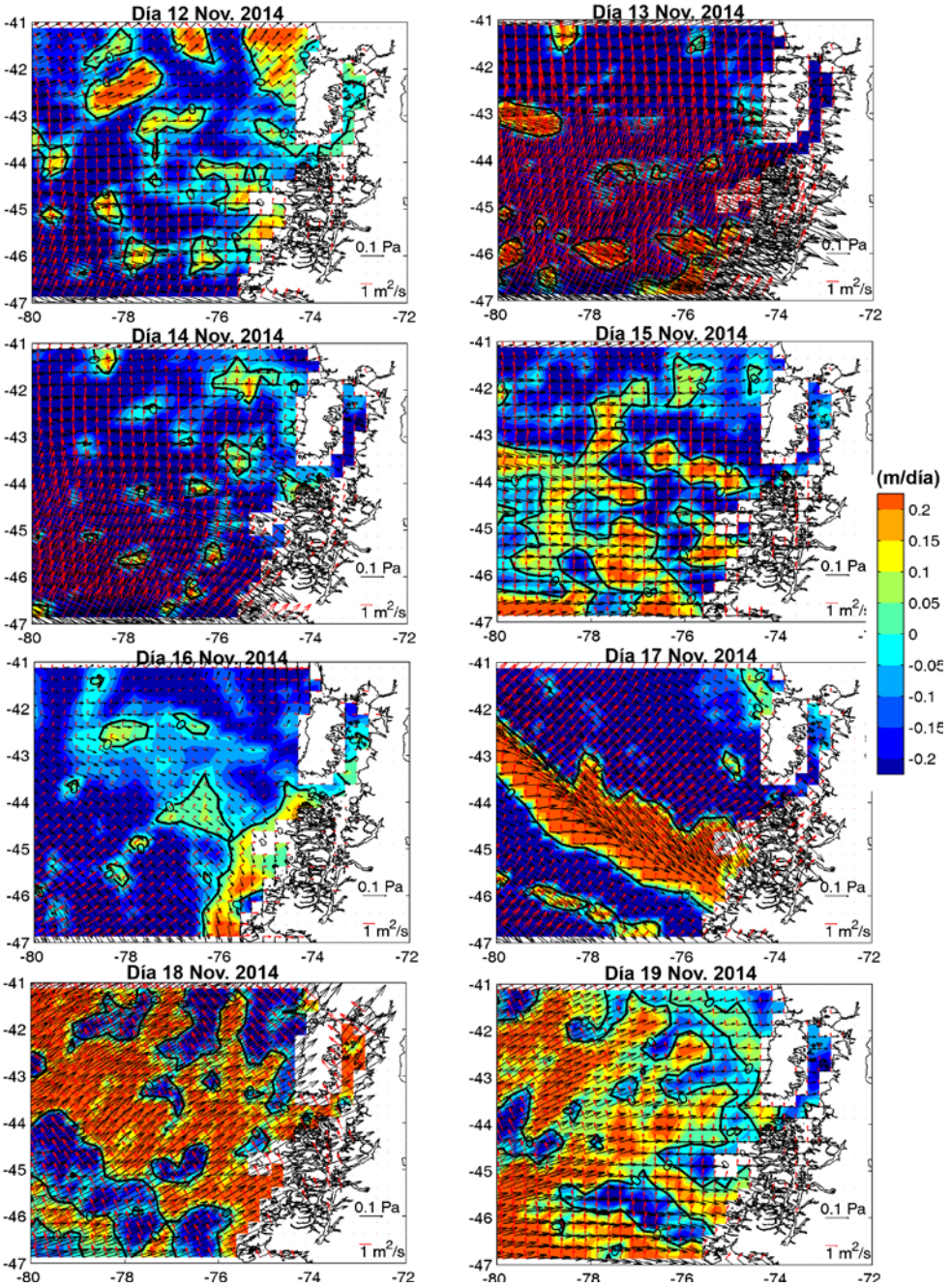


Figura 25. Esfuerzo diario del viento (fechas negras), transporte (flechas rojas) y bombeo de Ekman (contornos en colores) obtenidos de ASCAT durante el periodo de muestreo (12-19 Noviembre 2014).

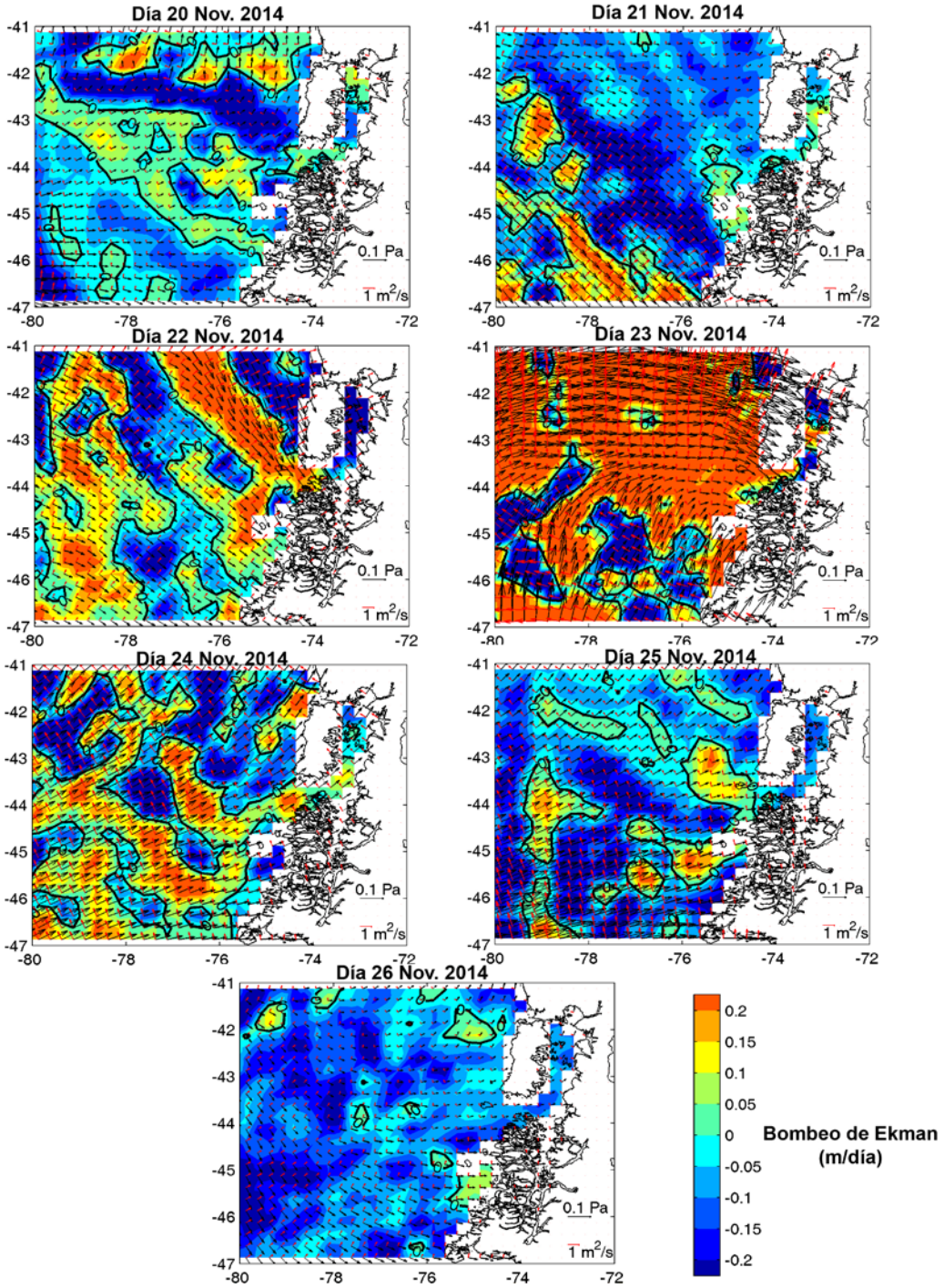


Figura 26. Esfuerzo diario del viento (fechas negras), transporte (flechas rojas) y bombeo de Ekman (contornos en colores) obtenidos de ASCAT durante el periodo de muestreo (20-26 Noviembre 2014).

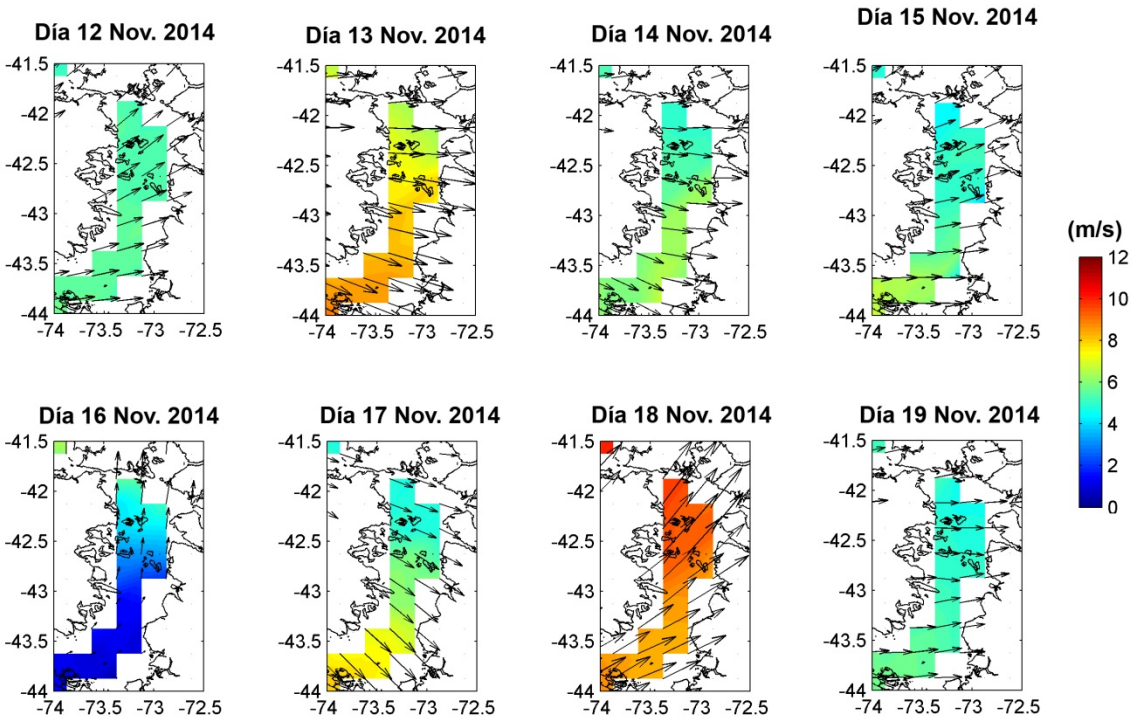


Figura 27. Comportamiento del viento satelital superficial obtenido de ASCAT durante el periodo de muestreo (12-19 Noviembre 2014) para el mar interior de Chiloé.

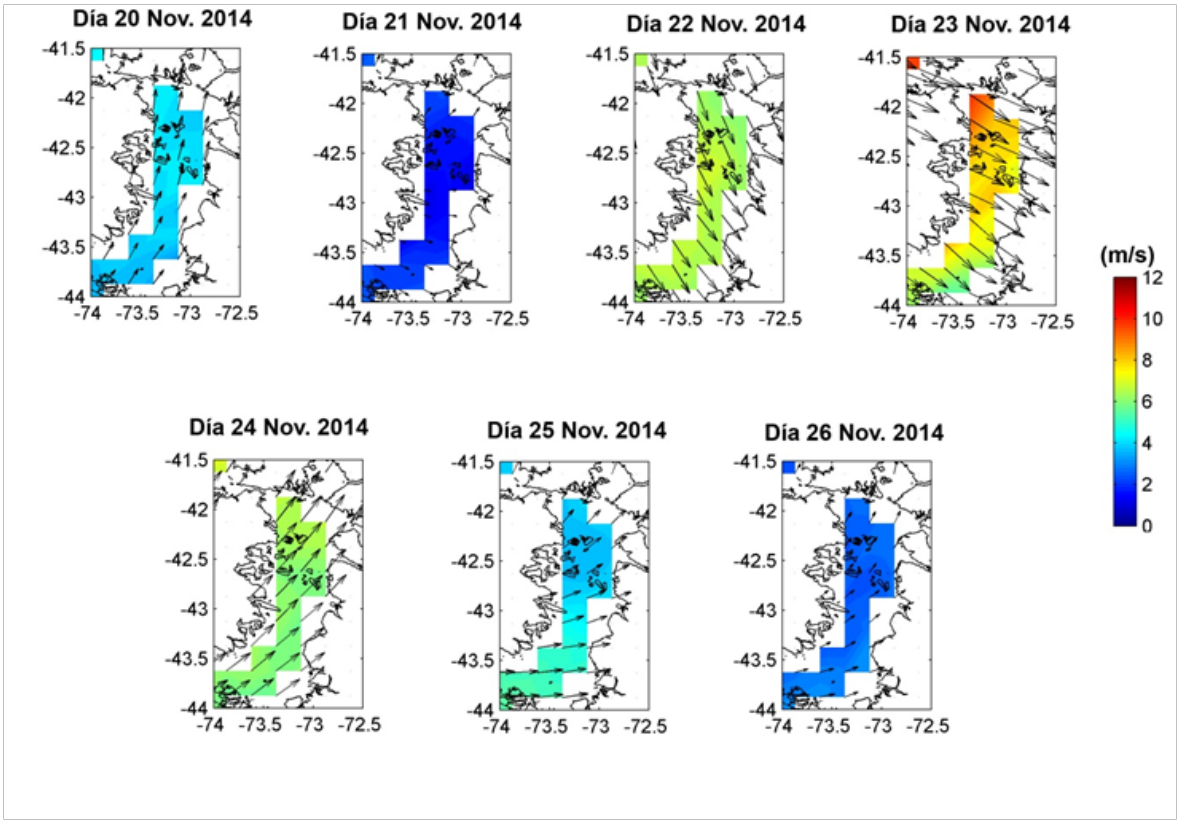


Figura 28. Comportamiento del viento satelital superficial obtenido de ASCAT durante el periodo de muestreo (20-26 Noviembre 2014) para el mar interior de Chiloé.

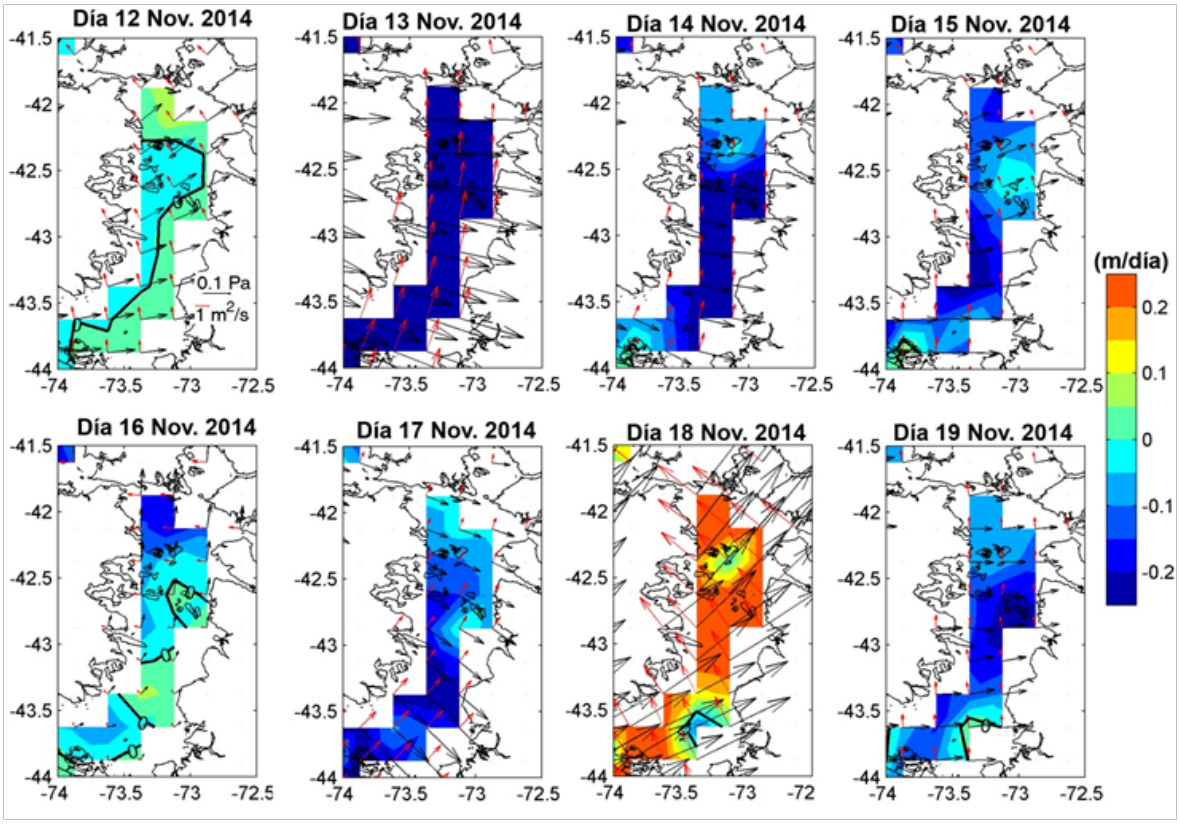


Figura 29. Esfuerzo diario del viento (fechas negras), transporte (flechas rojas) y bombeo de Ekman (contornos en colores) obtenidos de ASCAT durante el periodo de muestreo (12-19 Noviembre 2014) para el mar interior de Chiloé.

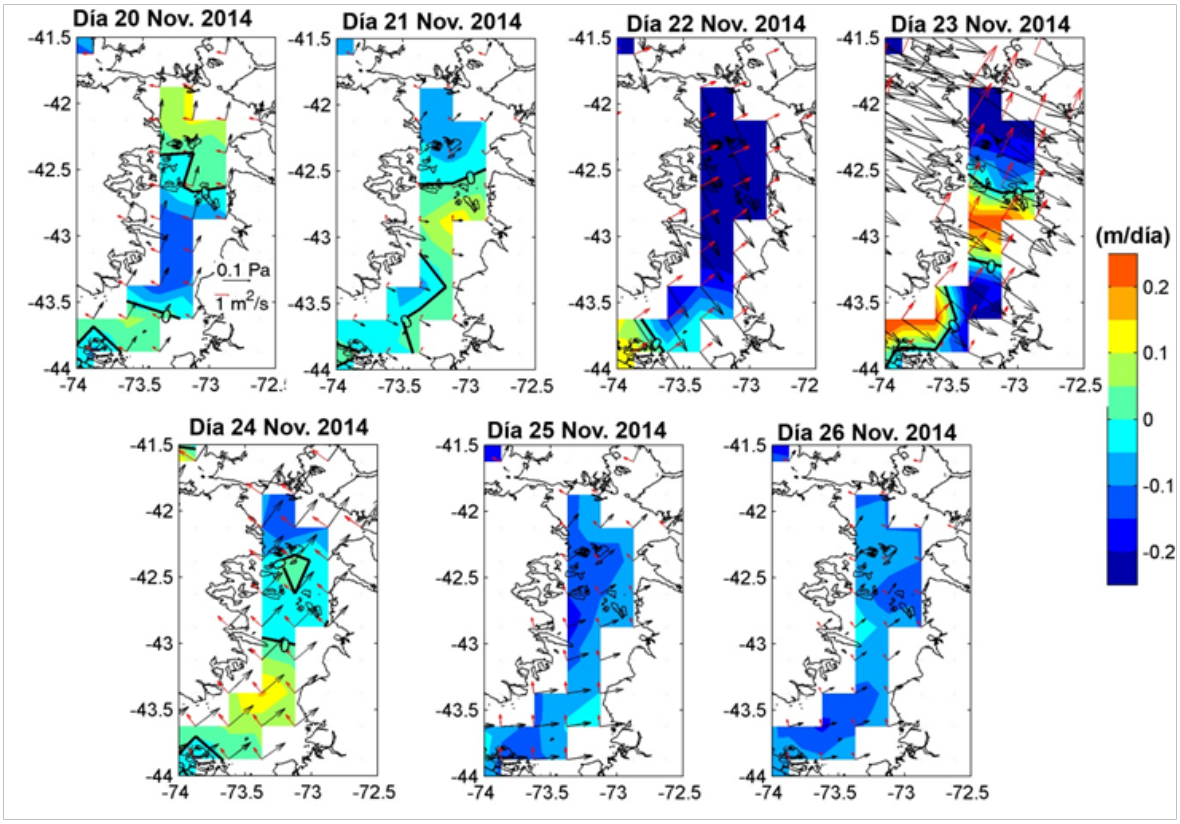


Figura 30. Esfuerzo diario del viento (fechas negras), transporte (flechas rojas) y bombeo de Ekman (contornos en colores) obtenidos de ASCAT durante el periodo de muestreo (20-26 Noviembre 2014) para el mar interior de Chiloé.

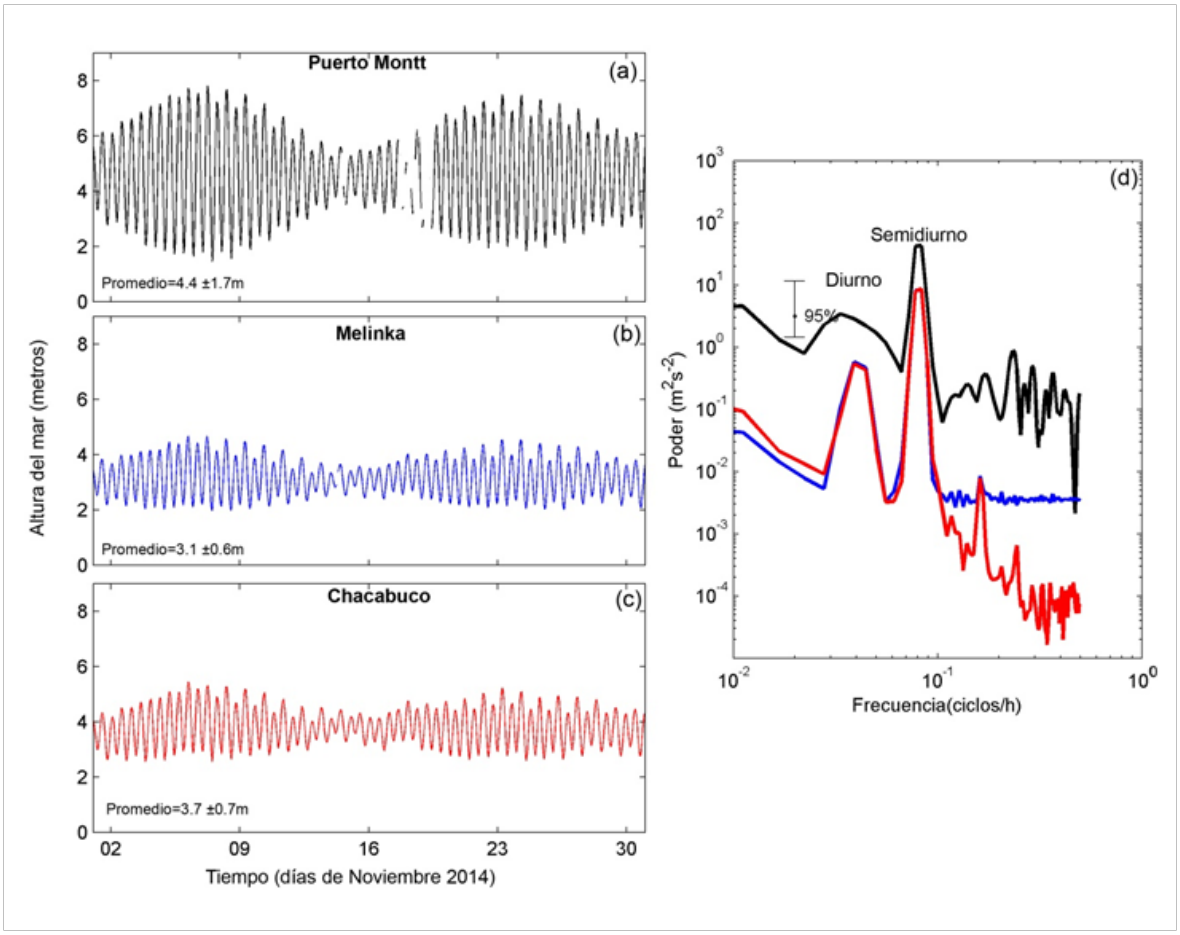


Figura 31. Datos del nivel del mar obtenidos en las estaciones (a) Puerto Montt, (b) Melinka y (c) Chacabuco durante Noviembre del 2014. (d) Análisis espectral para las tres series, mostrando el dominio de las componentes semidiurnas y diurnas.

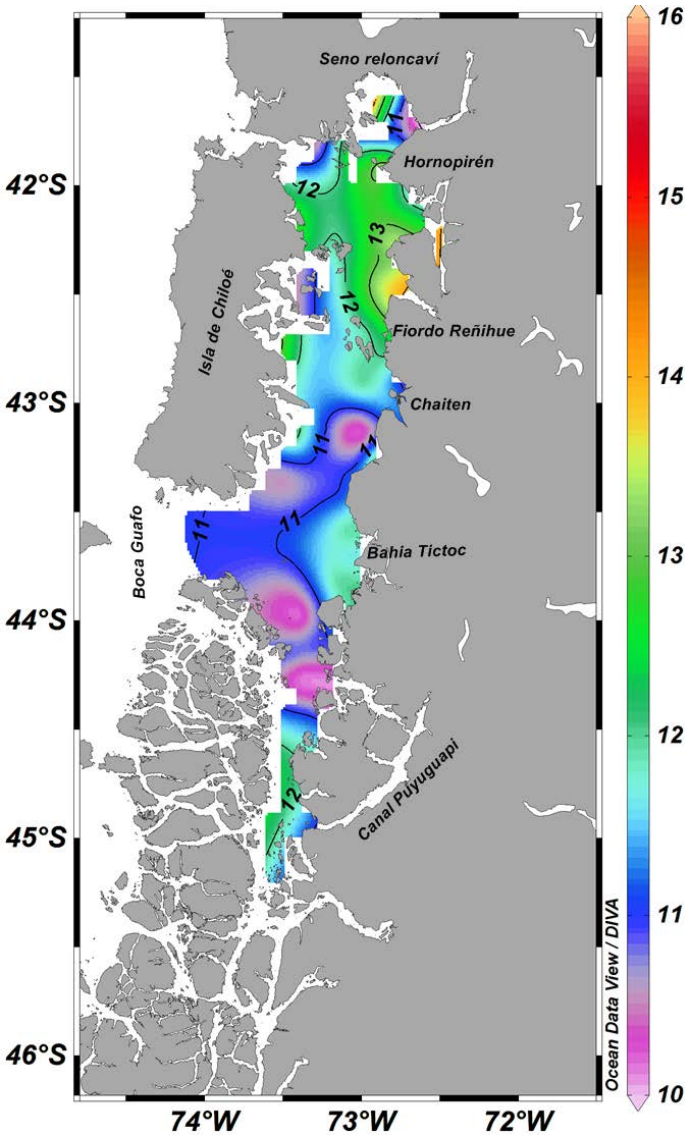


Figura 32. Temperatura superficial del mar (°C, temperatura de balde) en la zona austral de Chile (41°52’S-45°51’S) durante el crucero de ictioplancton.

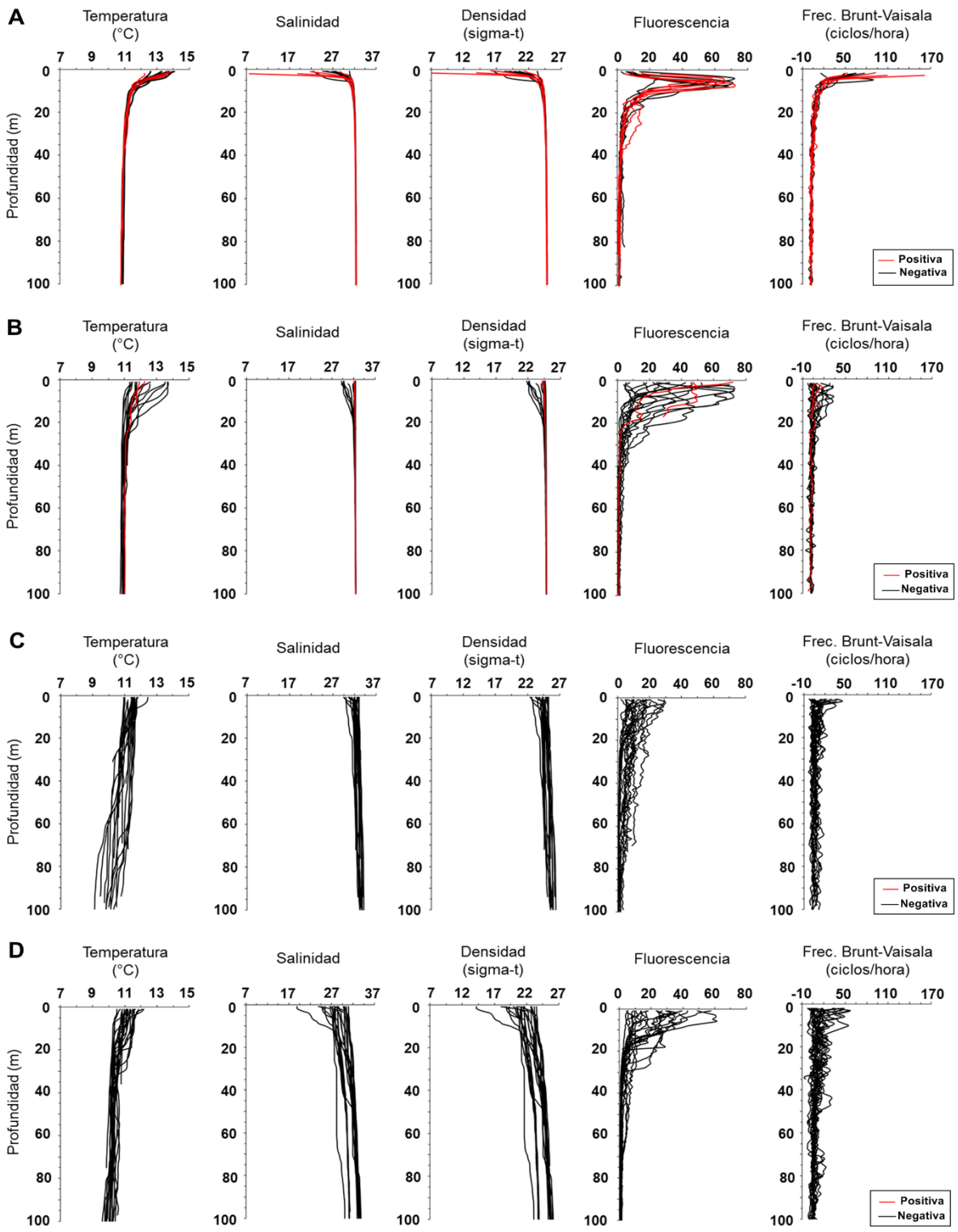


Figura 33. Perfiles de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala (ciclos/hora) de las estaciones con presencia (línea roja) y ausencia (línea negra) de huevos de anchoveta agrupadas por sector (**A**: Fiordo Reloncaví - Seno Reloncaví; **B**: Golfo Ancud; **C**: Golfo Corcovado-Norte Canal Moraleda; **D**: Canal Moraleda).

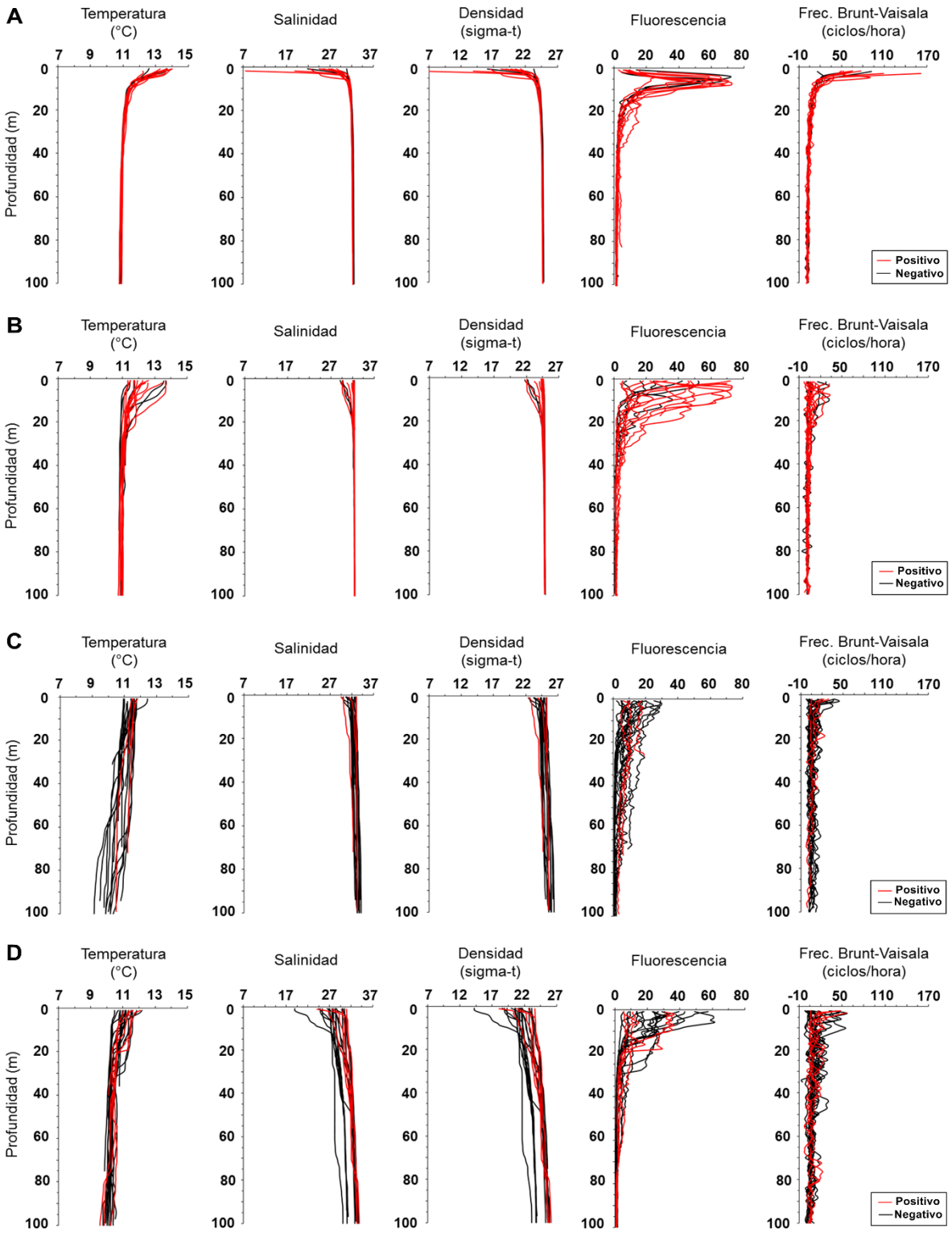


Figura 34. Perfiles de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala (ciclos/hora) de las estaciones con presencia (línea roja) y ausencia (línea negra) de huevos de sardina común agrupadas por sector (**A**: Fiordo Reloncaví - Seno Reloncaví; **B**: Golfo Ancud; **C**: Golfo Corcovado-Norte Canal Moraleda; **D**: Canal Moraleda).

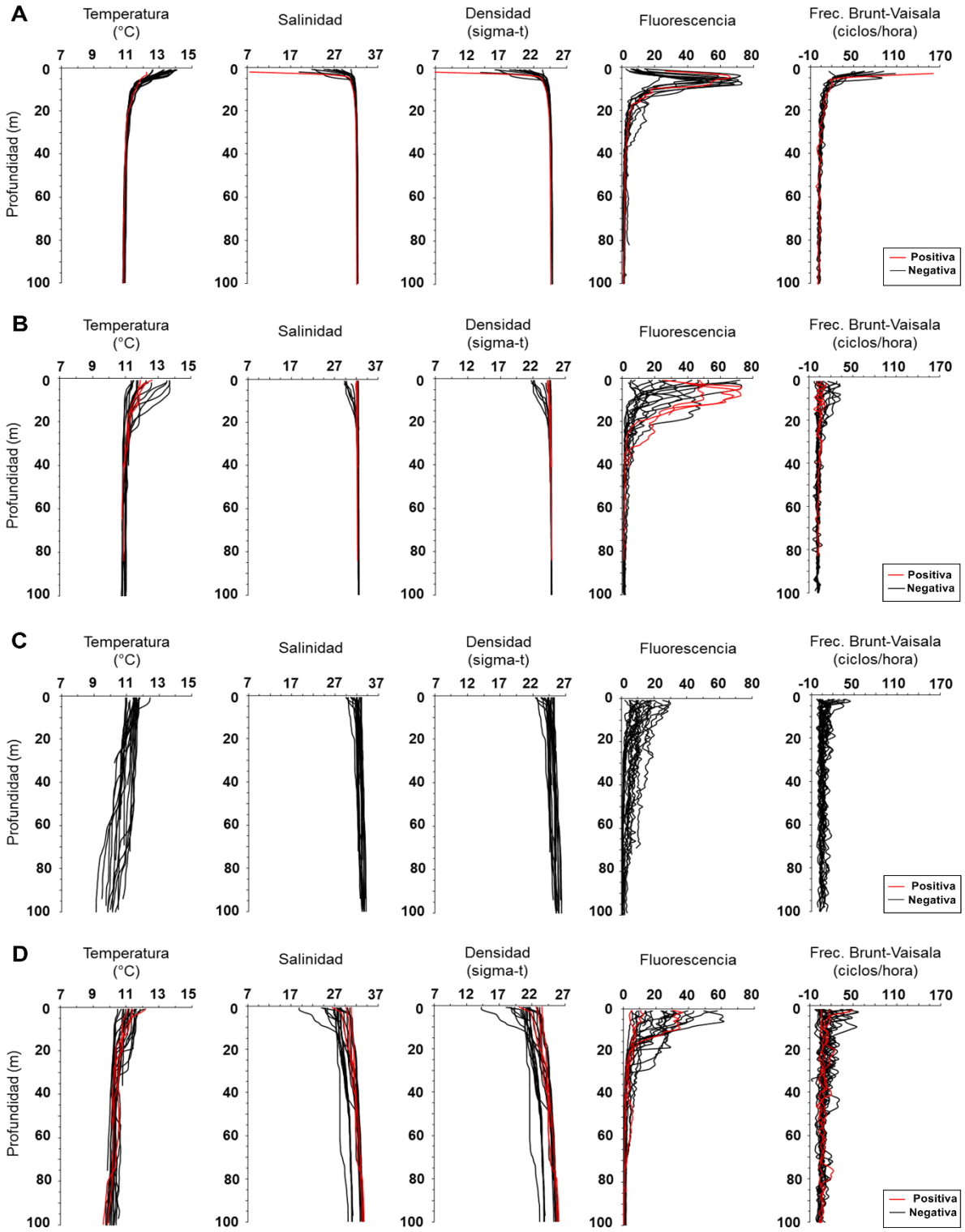


Figura 35. Perfiles de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala (ciclos/hora) de las estaciones con presencia (línea roja) y ausencia (línea negra) de huevos de sardina austral agrupadas por sector (**A**: Fiordo Reloncaví - Seno Reloncaví; **B**: Golfo Ancud; **C**: Golfo Corcovado-Norte Canal Moraleda; **D**: Canal Moraleda).

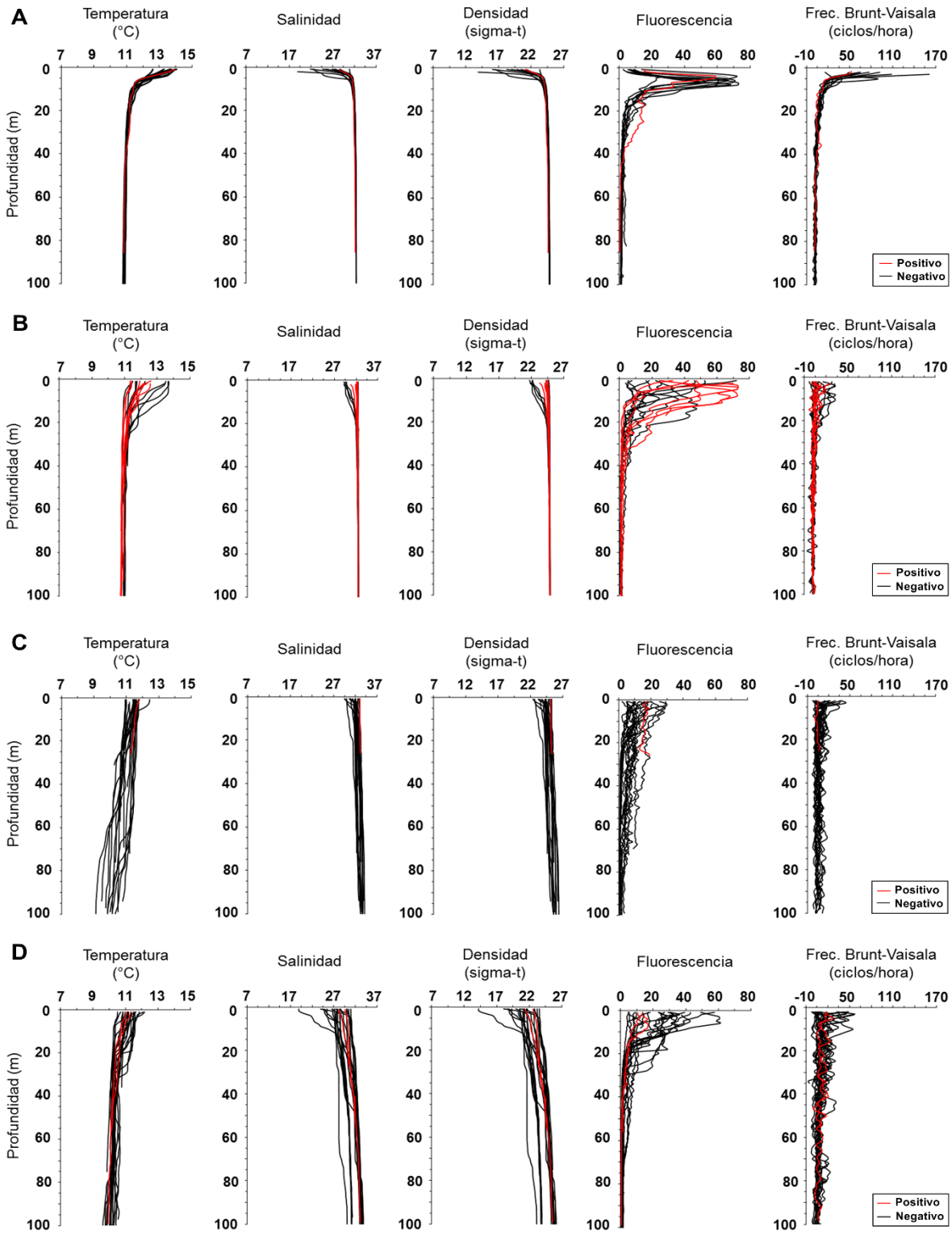


Figura 36. Perfiles de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala (ciclos/hora) de las estaciones con presencia (línea roja) y ausencia (línea negra) de huevos de clupeidos agrupadas por sector (**A**: Fiordo Reloncaví - Seno Reloncaví; **B**: Golfo Ancud; **C**: Golfo Corcovado-Norte Canal Moraleda; **D**: Canal Moraleda).

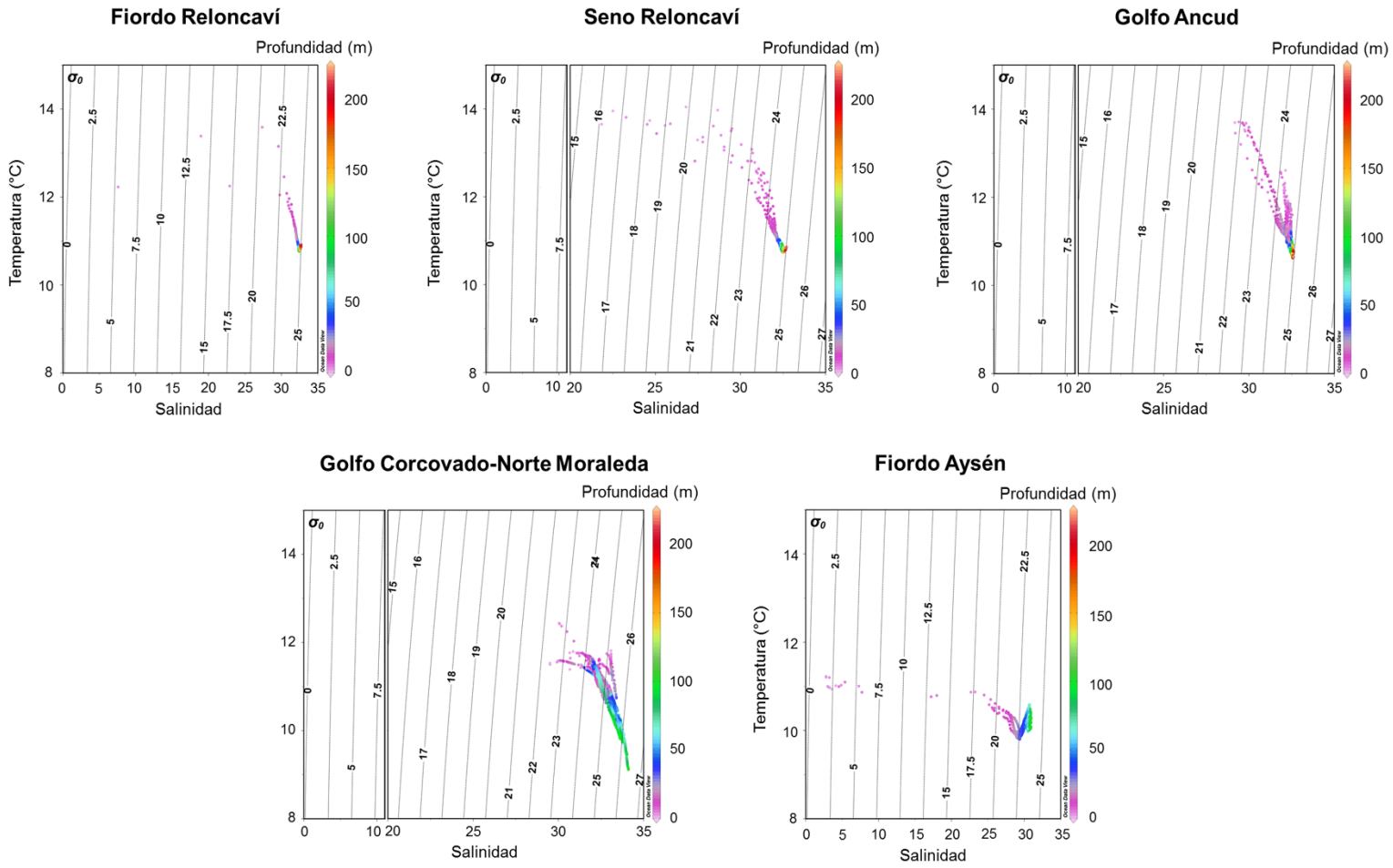


Figura 37. Diagrama T-S de todas las estaciones agrupadas por sector (Fiordo Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo Ancud, Golfo Corcovado a norte Canal Moraleda, Fiordo Aysén) en primavera 2014.

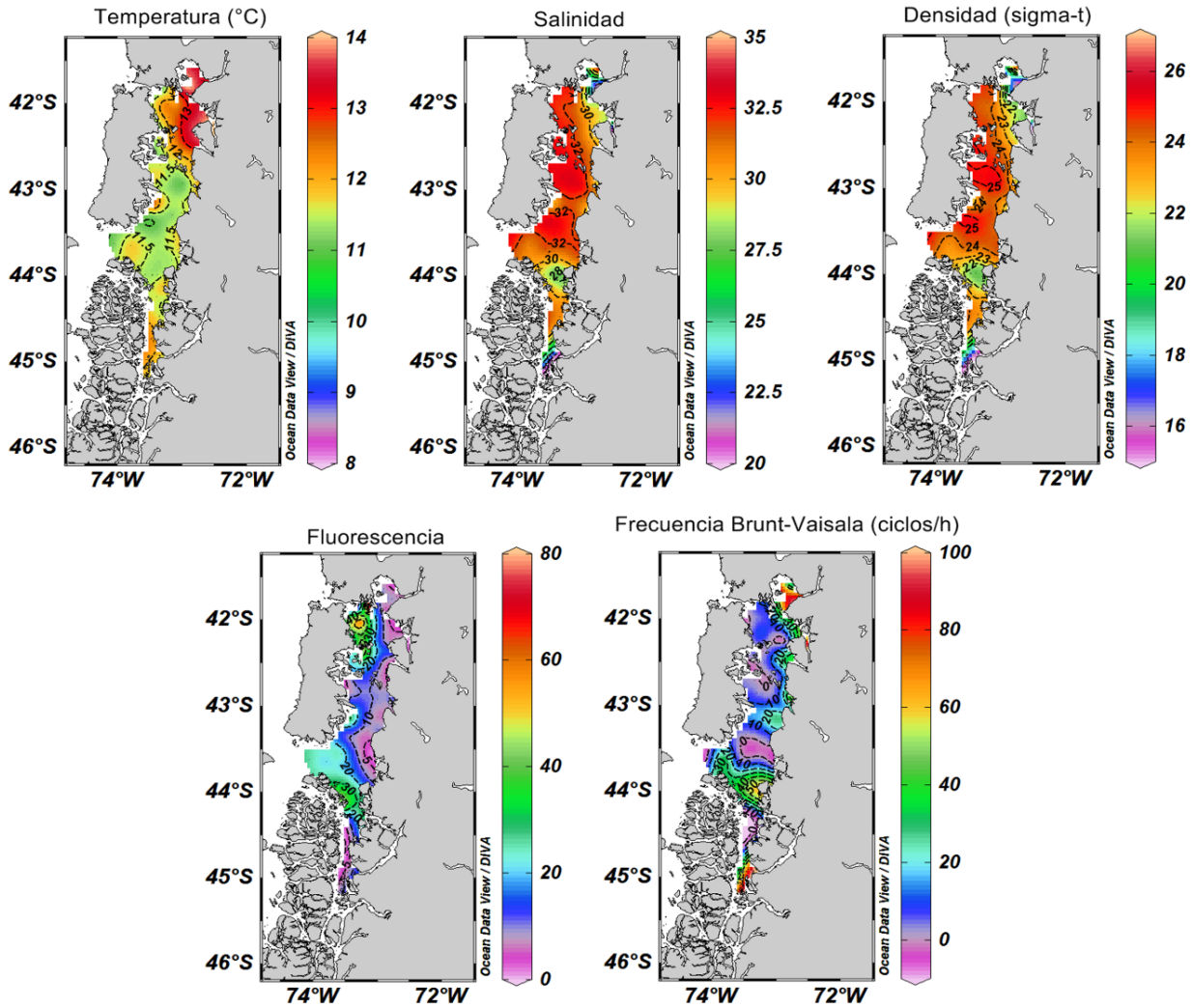


Figura 38. Mapa horizontal de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) en superficie (1 m).

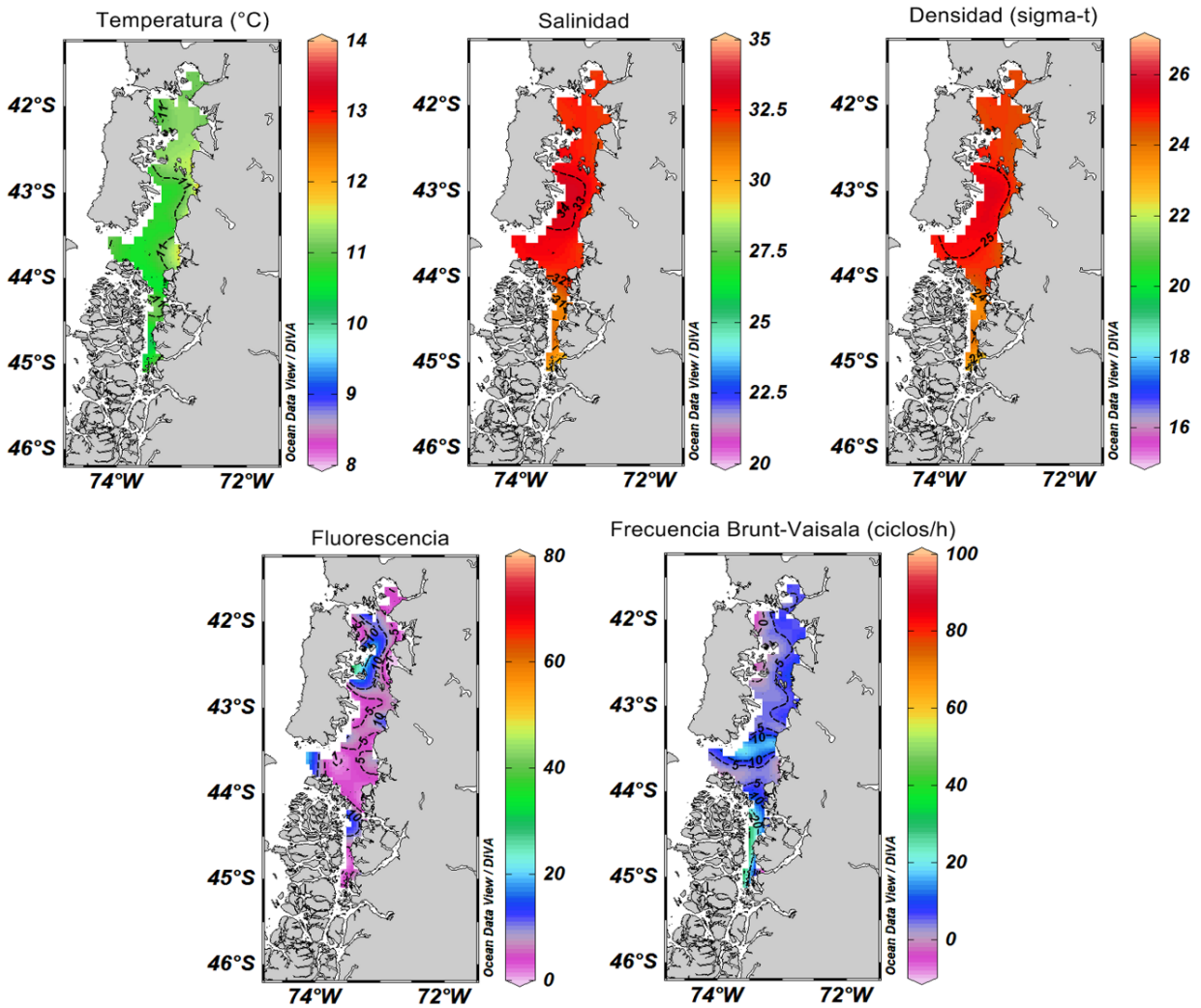


Figura 39. Mapa horizontal de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) a la profundidad de 25 m.

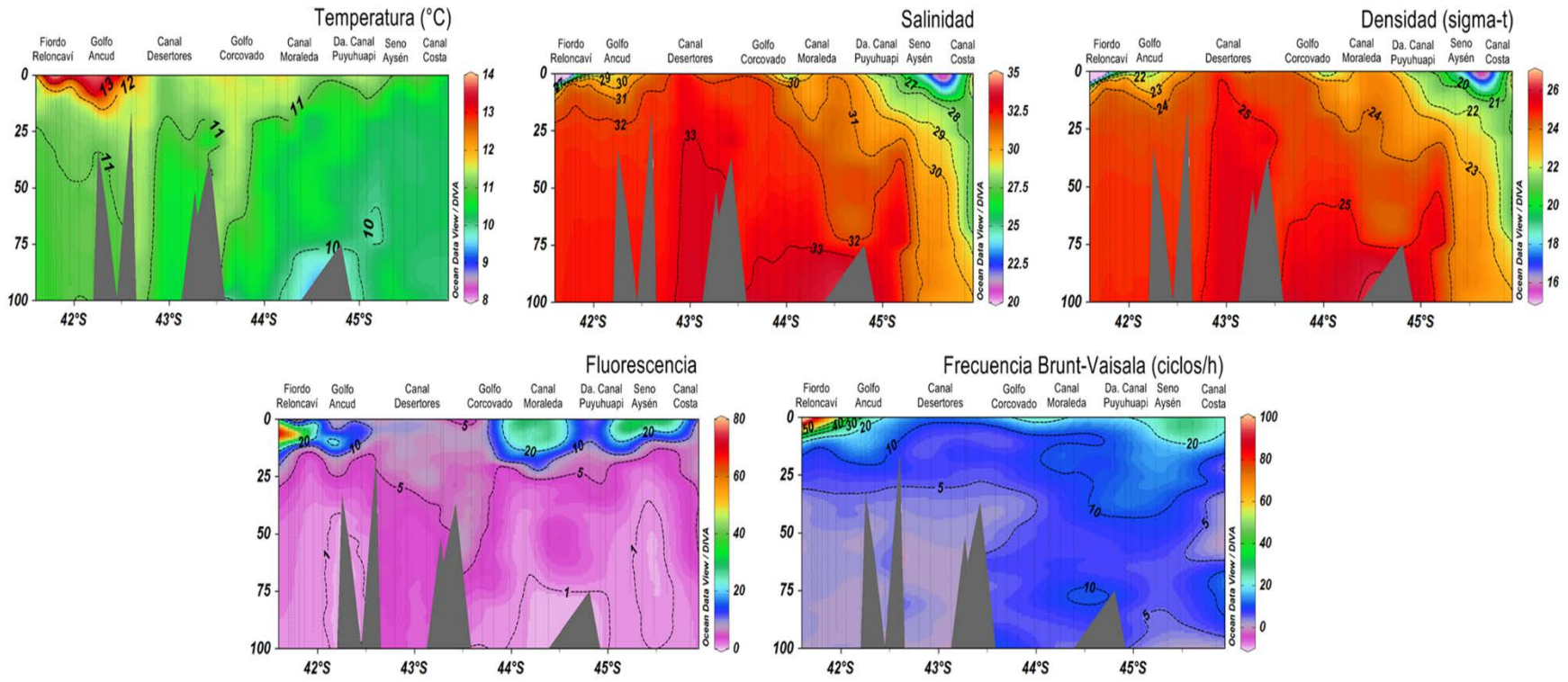


Figura 40. Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) correspondiente a la transecta que abarca desde el fiordo Reloncaví (X región) al canal Costa (XI región).

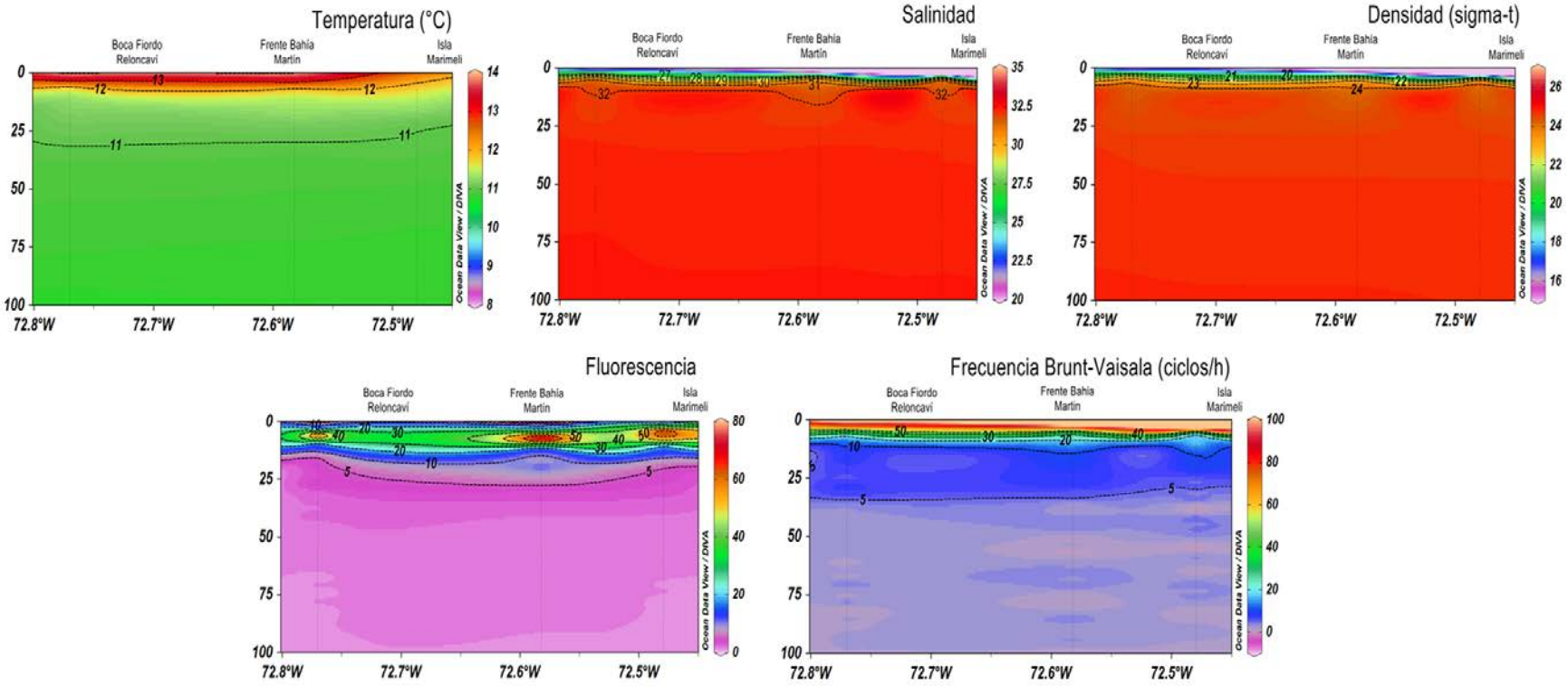


Figura 41. Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) correspondiente a la transecta del fiordo Reloncaví (X región).

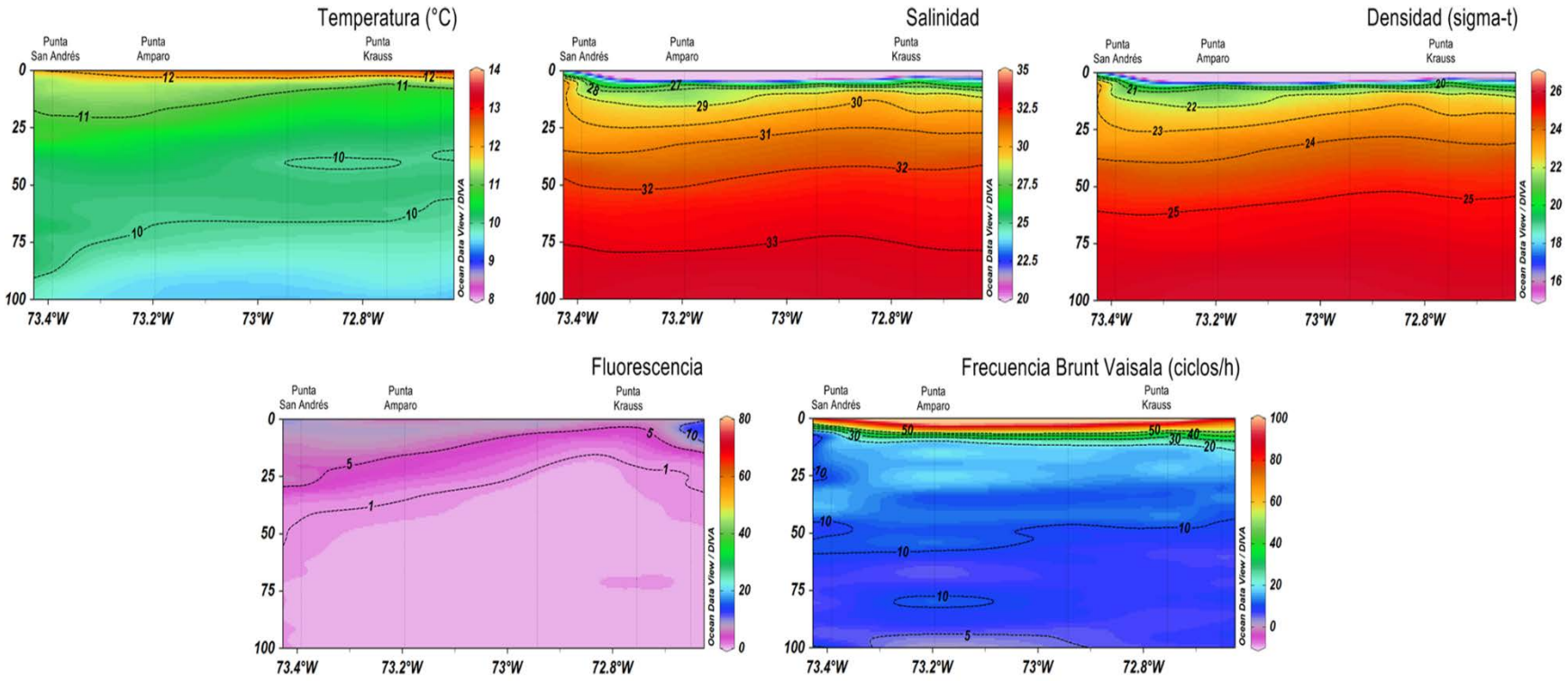


Figura 42. Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) correspondiente a la transecta del Canal Puyuhuapi (XI región).

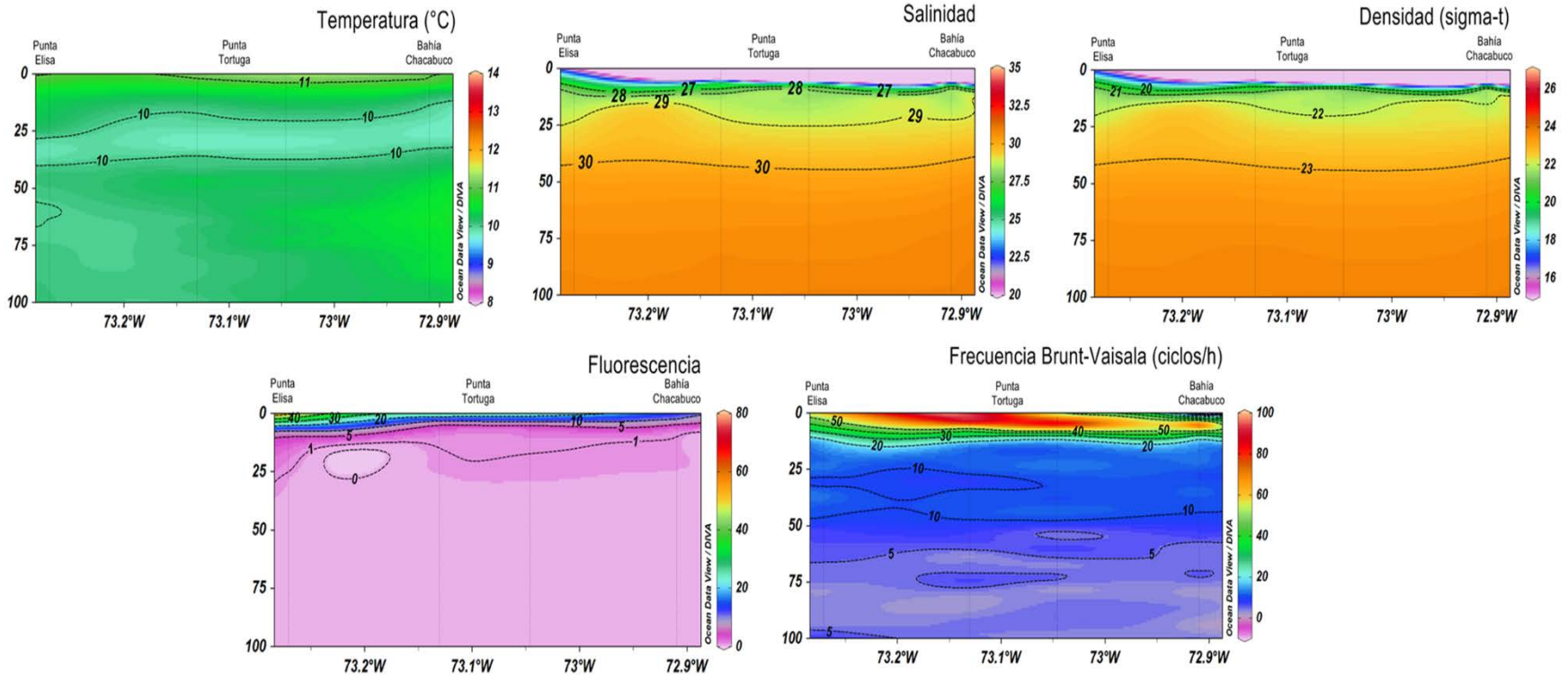


Figura 43. Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) correspondiente a la transecta del seno Aysén (XI región).

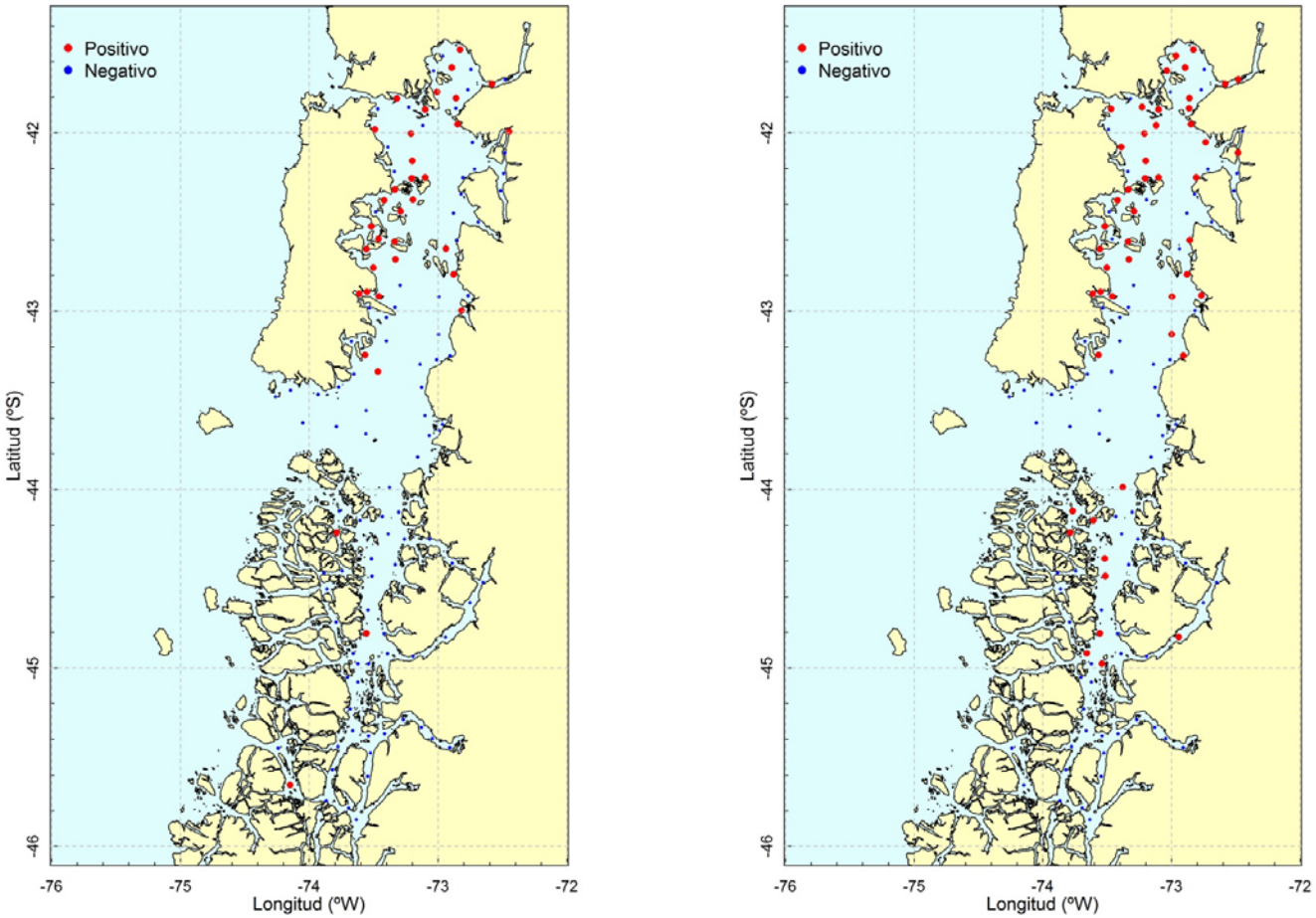


Figura 44. Distribución espacial de la presencia (puntos rojos) y ausencia (puntos azules) de huevos de sardina común (*Strangomera bentincki*) colectados con la red Calvet (izquierda) y WP2 (derecha) en el área de estudio.

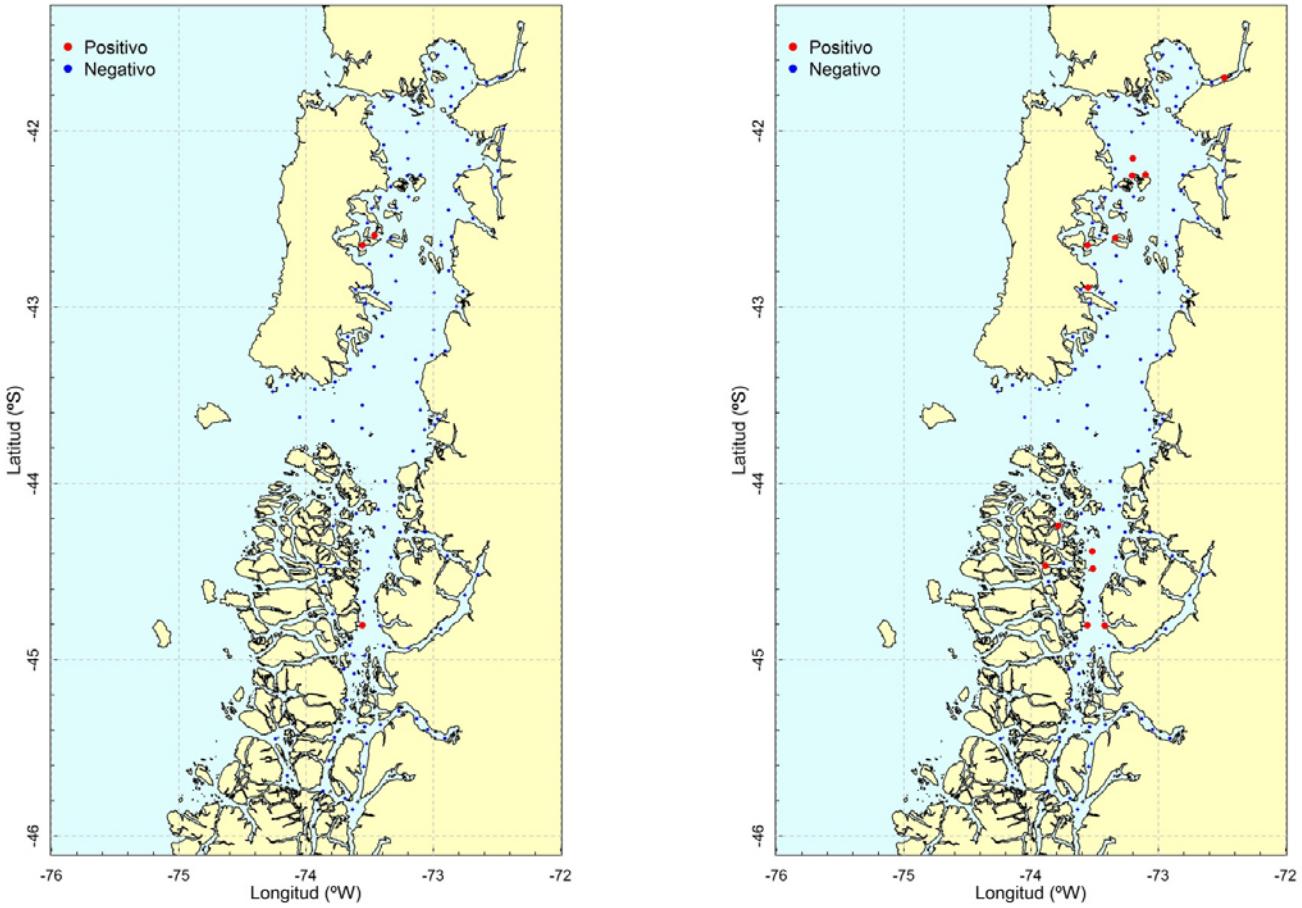


Figura 45. Distribución espacial de la presencia (puntos rojos) y ausencia (puntos azules) de huevos de sardina austral (*Sprattus fuegensis*) colectados con la red Calvet (izquierda) y WP2 (derecha) en el área de estudio.

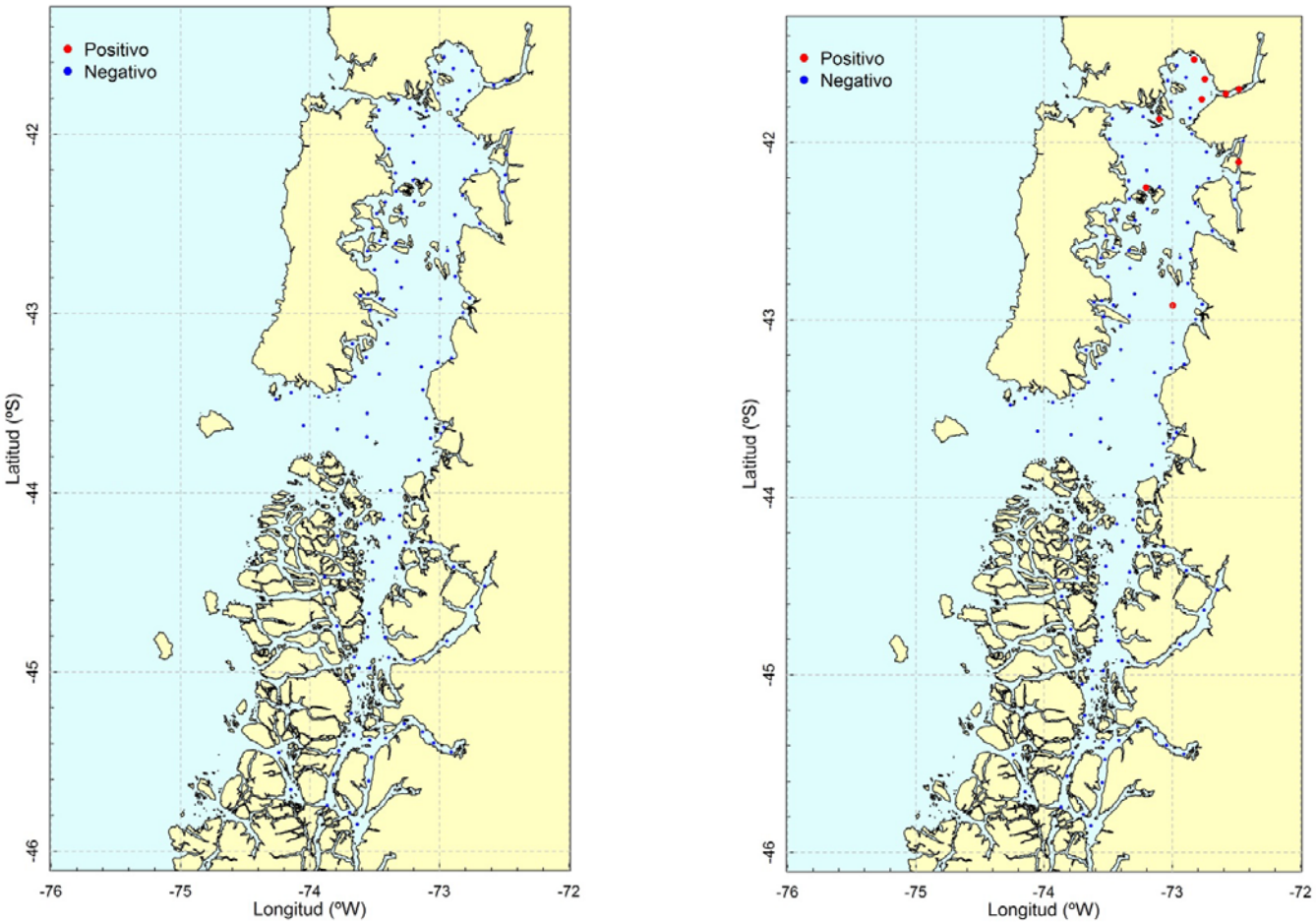


Figura 46. Distribución espacial de la presencia (puntos rojos) y ausencia (puntos azules) de huevos de anchoveta (*Engraulis ringens*) colectados con la red Calvet (izquierda) y WP2 (derecha) en el área de estudio.

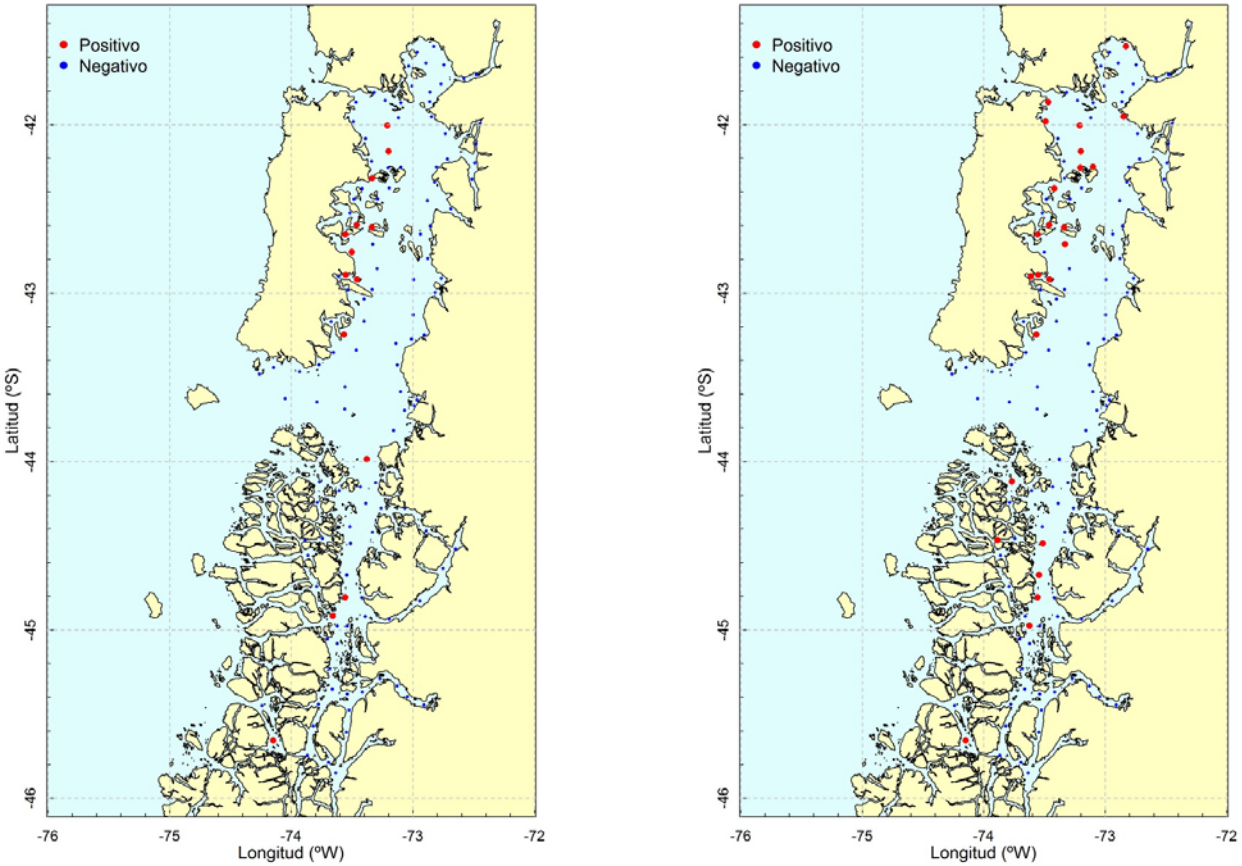


Figura 47. Distribución espacial de la presencia (puntos rojos) y ausencia (puntos azules) de huevos de sardinas indeterminadas colectados con la red Calvet (izquierda) y WP2 (derecha) en el área de estudio.

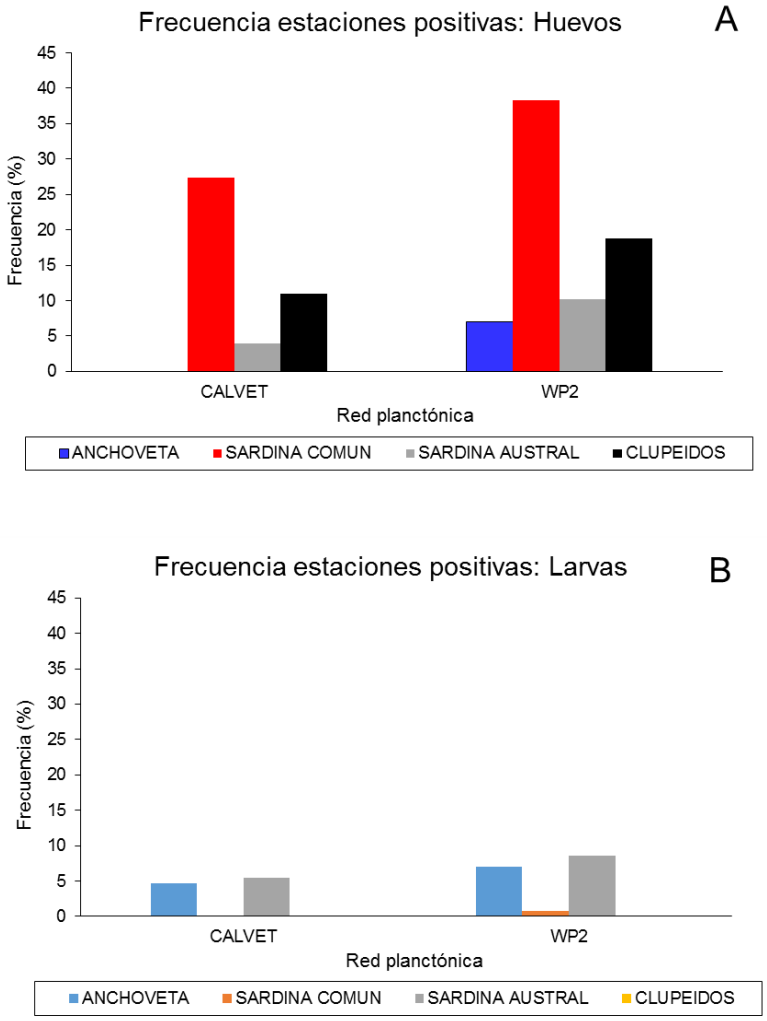


Figura 48. Frecuencia de estaciones positivas (%) con huevos (A) y larvas (B) de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidas en el crucero de noviembre 2014.

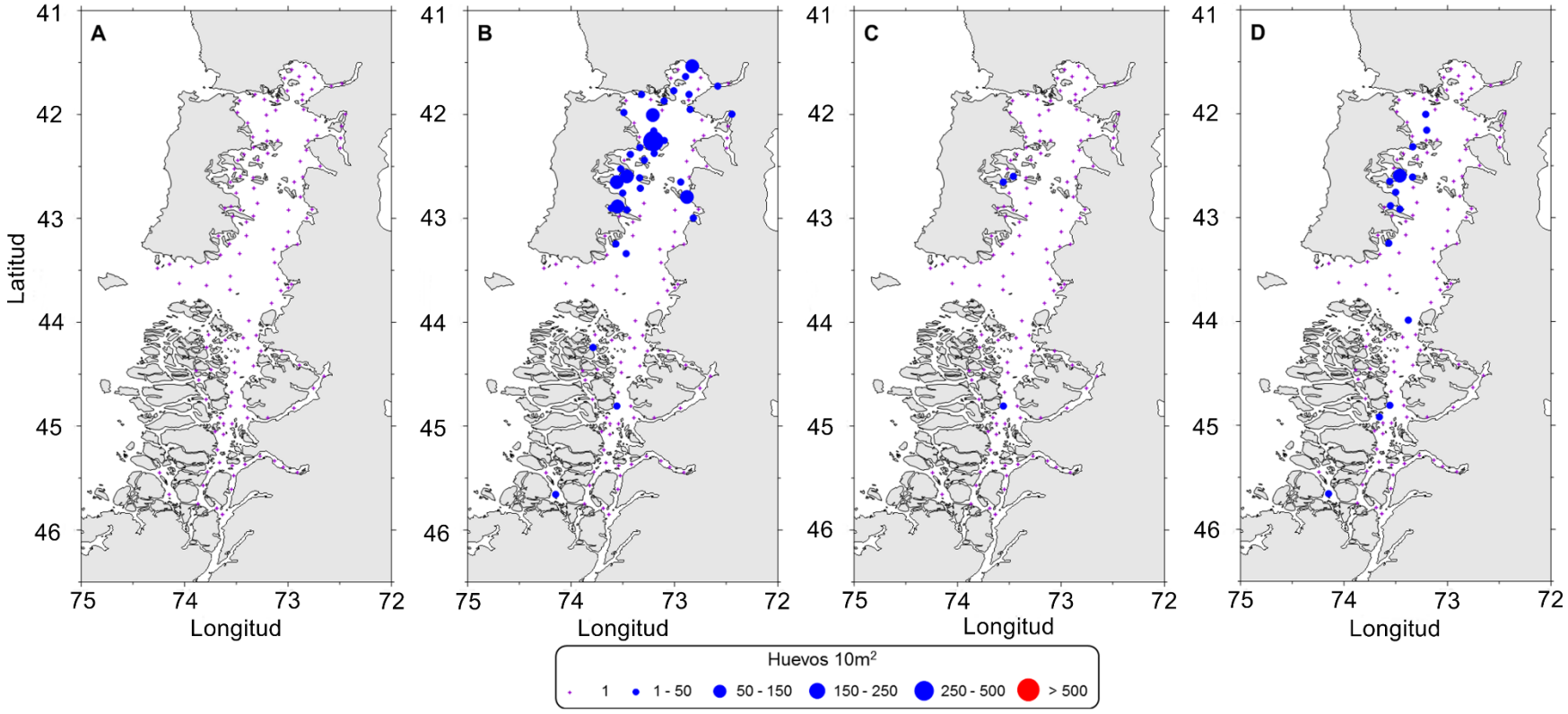


Figura 49. Abundancia de huevos de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) durante el crucero de noviembre 2014 (Red Calvet).

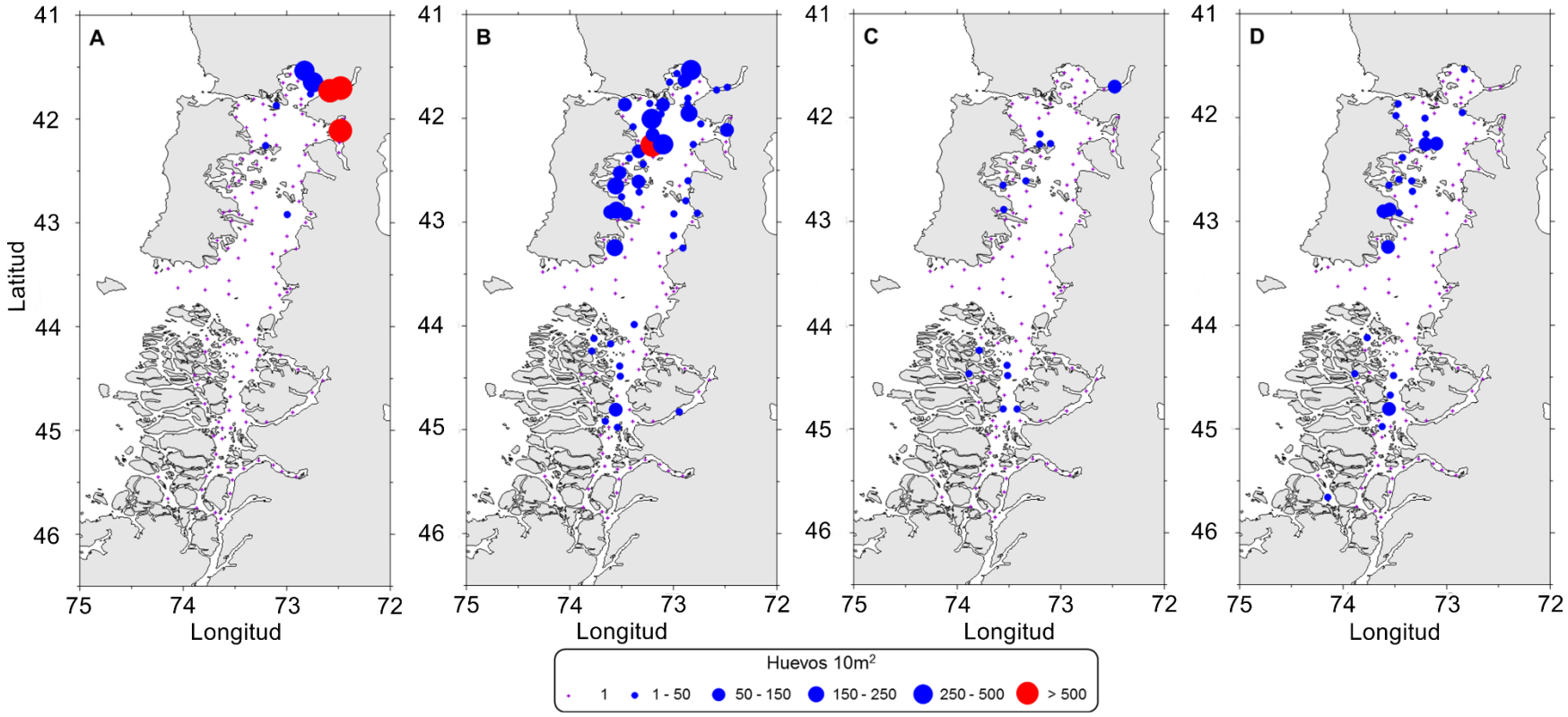


Figura 50. Abundancia de huevos de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) durante el crucero de noviembre 2014 (Red WP2).

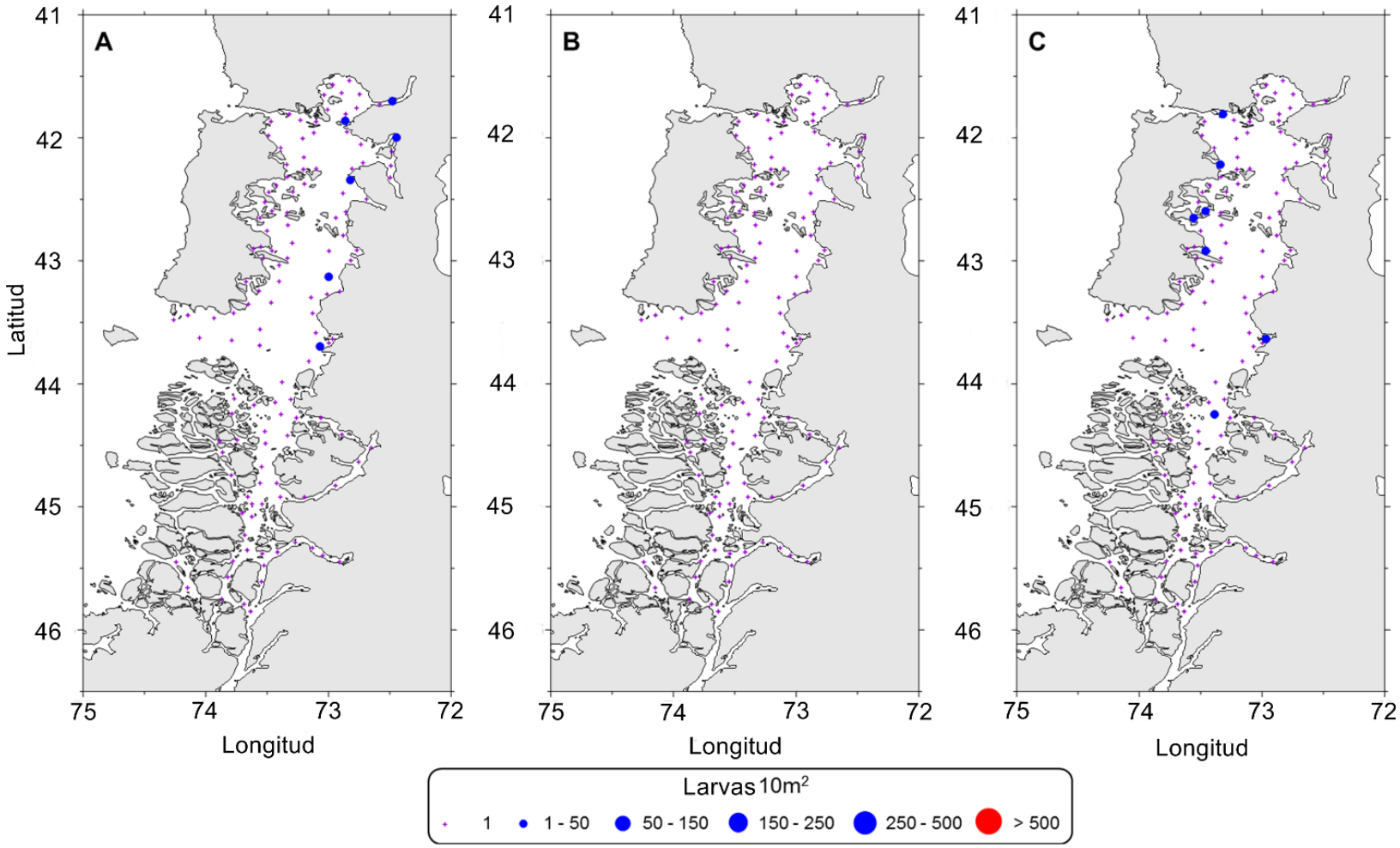


Figura 51. Abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B) y sardina austral (C) durante el crucero de noviembre 2014 (Red Calvet).

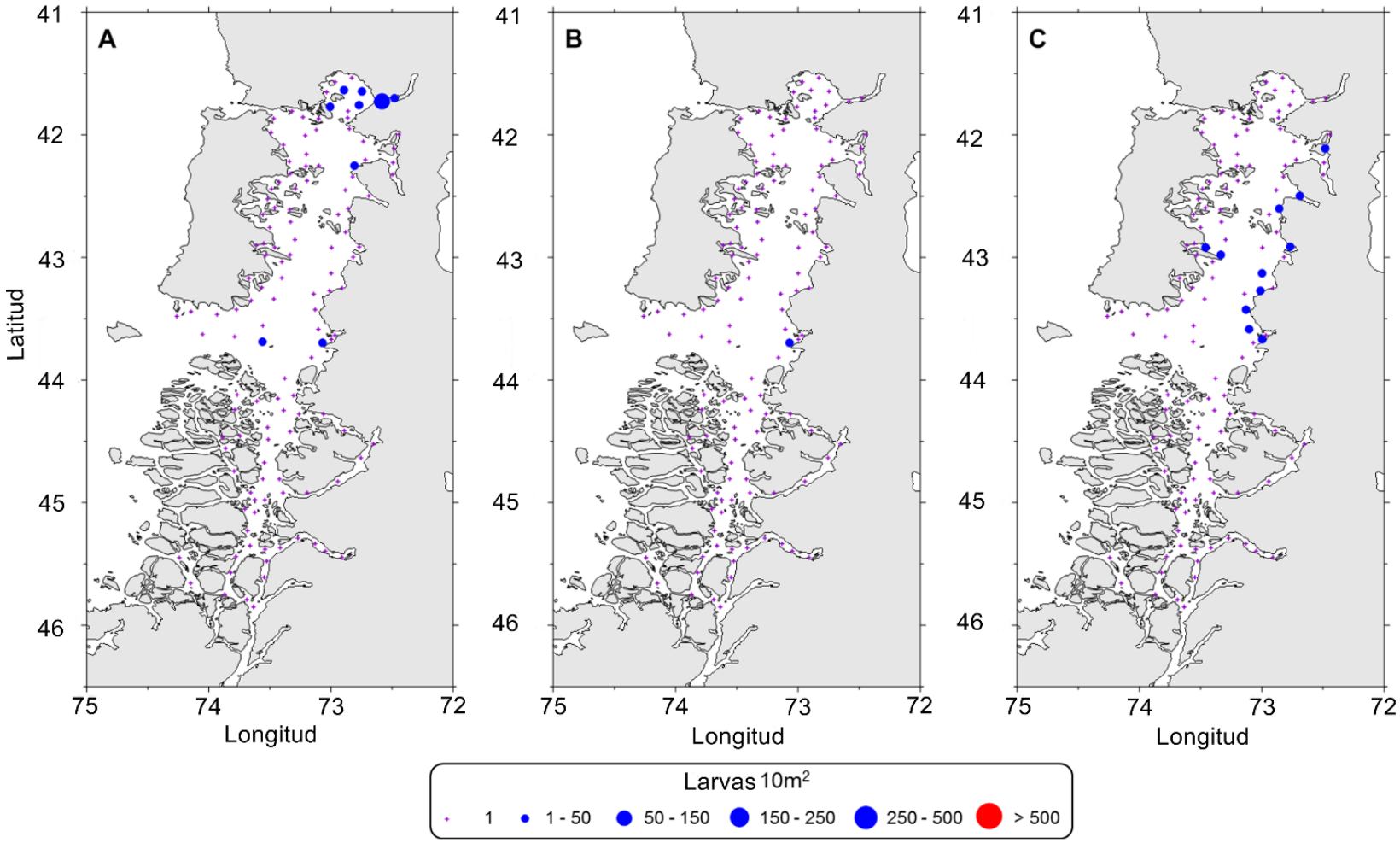


Figura 52. Abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B) y sardina austral (C) durante el crucero de noviembre 2014 (Red WP2).

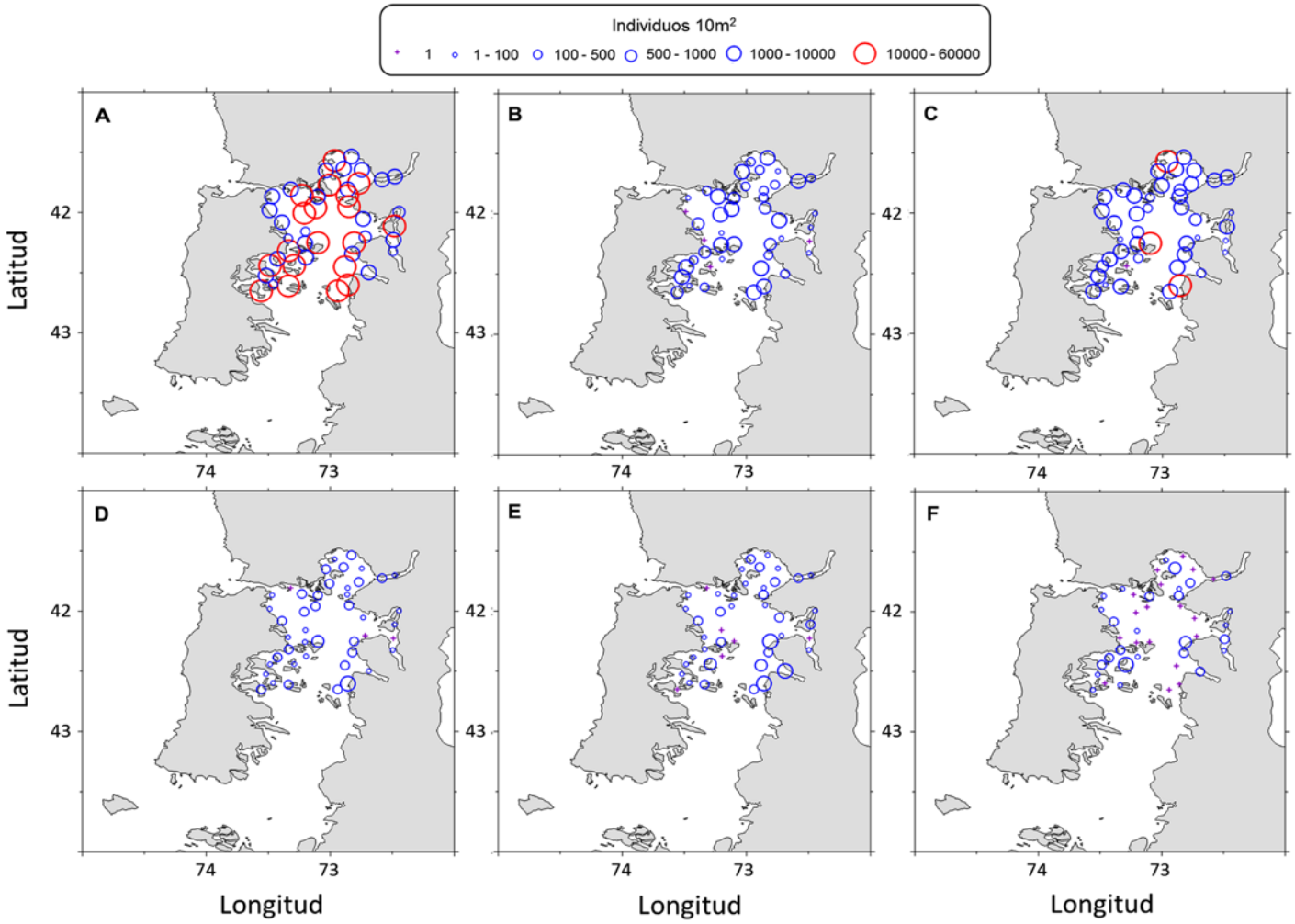


Figura 53. Abundancia de Copépodos (A), Apendicularias (B), Sifonóforos (C), Medusas (D), Quetognatos (E) y Eufáusidos (F) durante el crucero de noviembre 2014 (Red WP2).

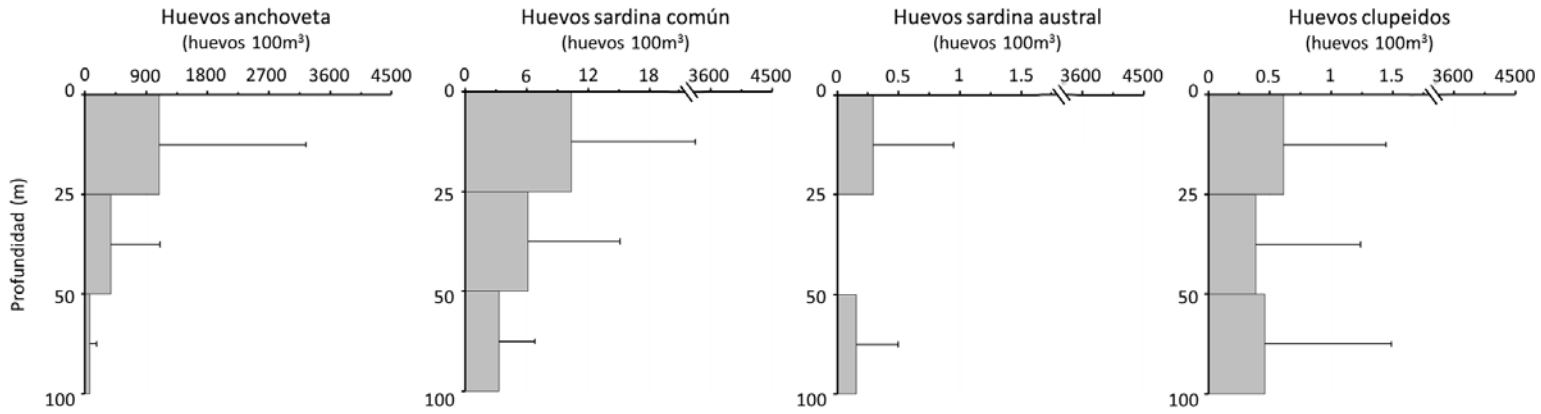


Figura 54. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en la X región, crucero FIP 2013-17 (primavera 2014).

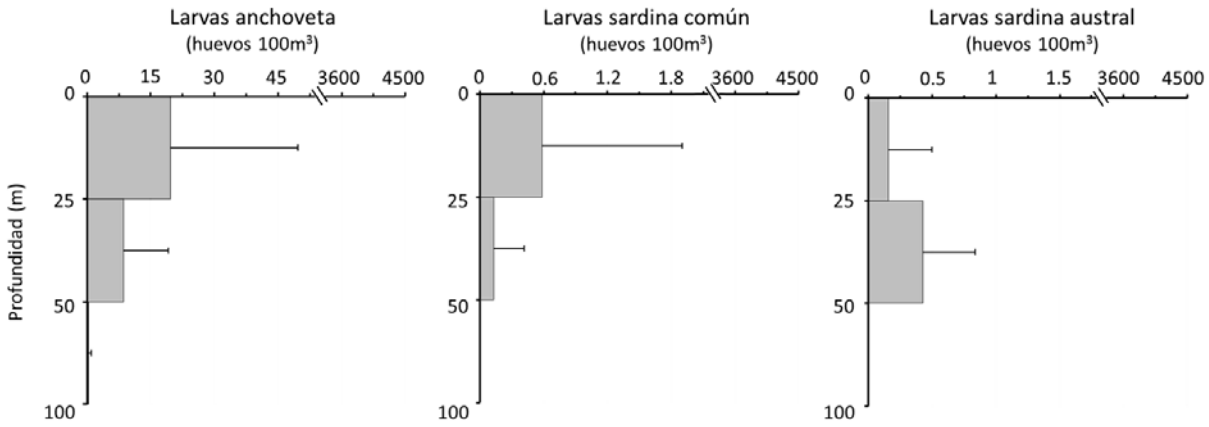


Figura 55. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común y sardina austral en la X región, crucero FIP 2013-17 (primavera 2014).

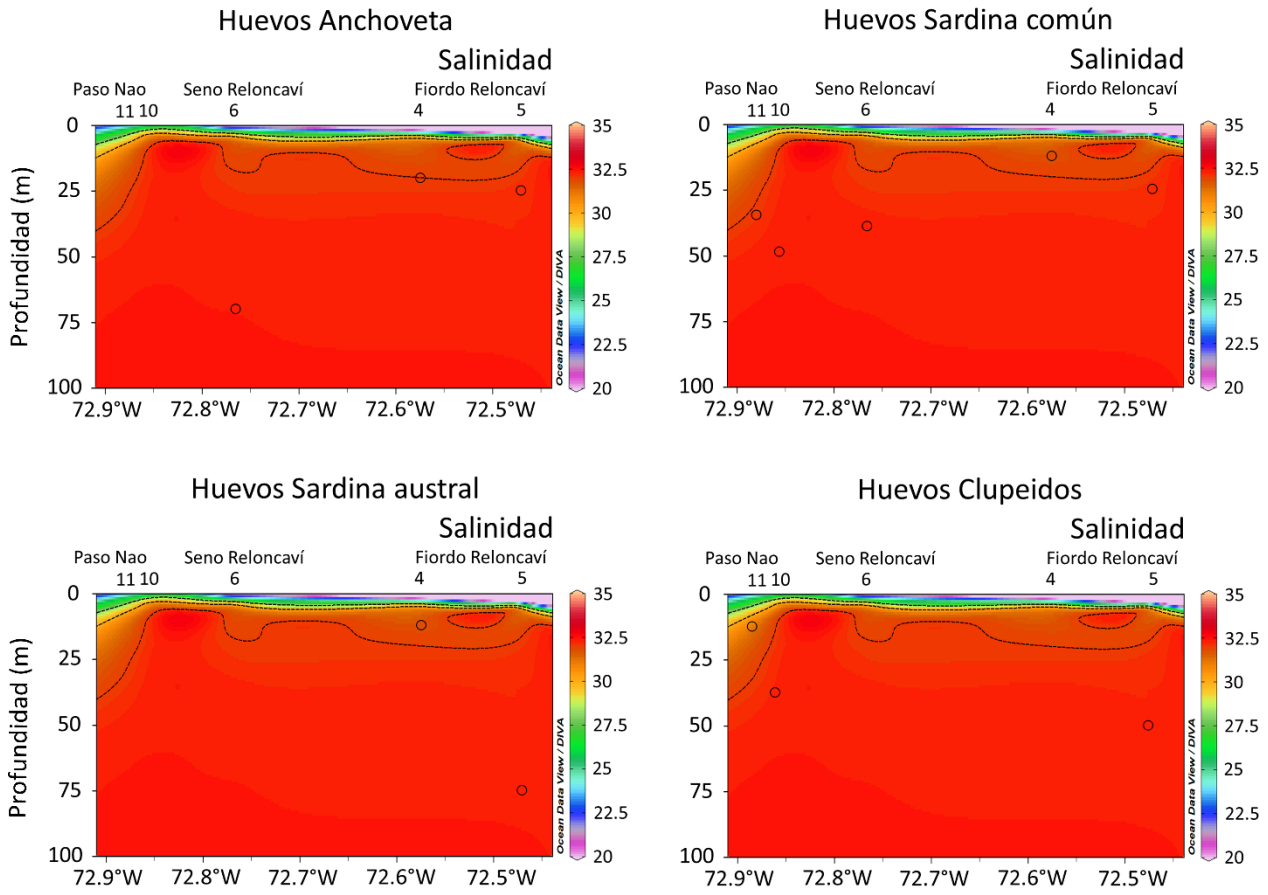


Figura 56. Sobreposición de la profundidad de los centroides (círculos pequeños) de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos sobre la sección de salinidad en la transecta fiordo Reloncaví a Seno Reloncaví (Paso Nao) (Red Tucker). Los centroides mostrados correponden a los perfiles en que hubo presencia de huevos (e.g. sardina común presento huevos en 5 perfiles en los que se calculó la profundidad del centroide).

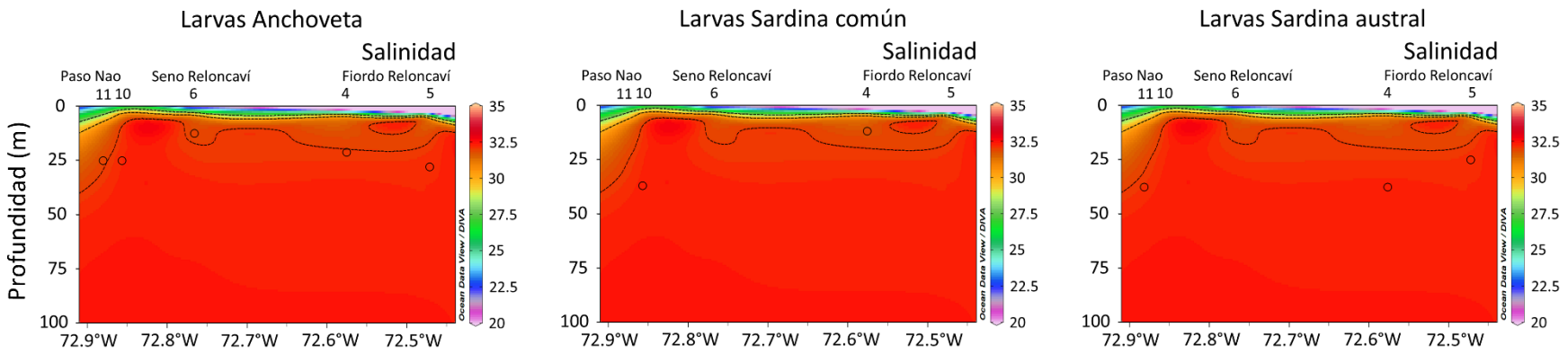


Figura 57. Sobreposición de la profundidad de los centroides de larvas de anchoveta, sardina común y sardina austral sobre la sección de salinidad en la transecta fiordo Reloncaví a Seno Reloncaví (Paso Nao) (Red Tucker).

OBJETIVO ESPECIFICO 2

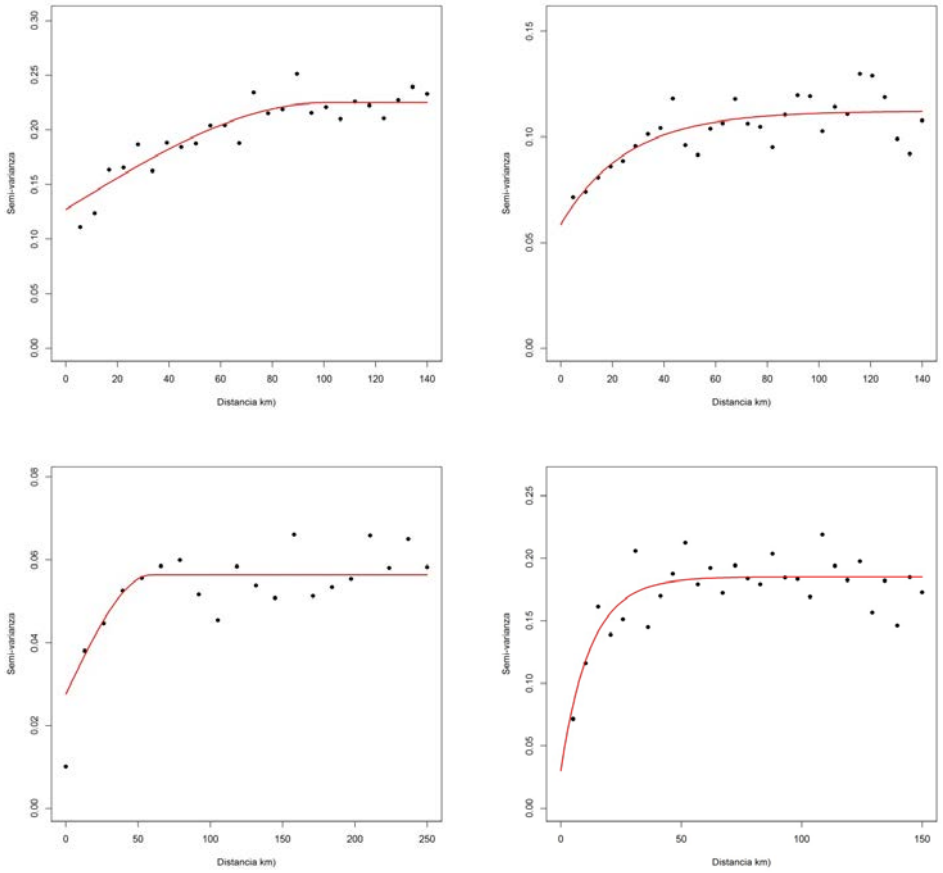


Figura 58. Variograma experimental (puntos) y variograma teórico (línea continua) ajustado a la distribución espacial de la presencia/ausencia de huevos de sardina común (arriba izquierda), sardina austral (arriba derecha), anchoveta (abajo izquierda) y sardinas indeterminadas (abajo derecha).

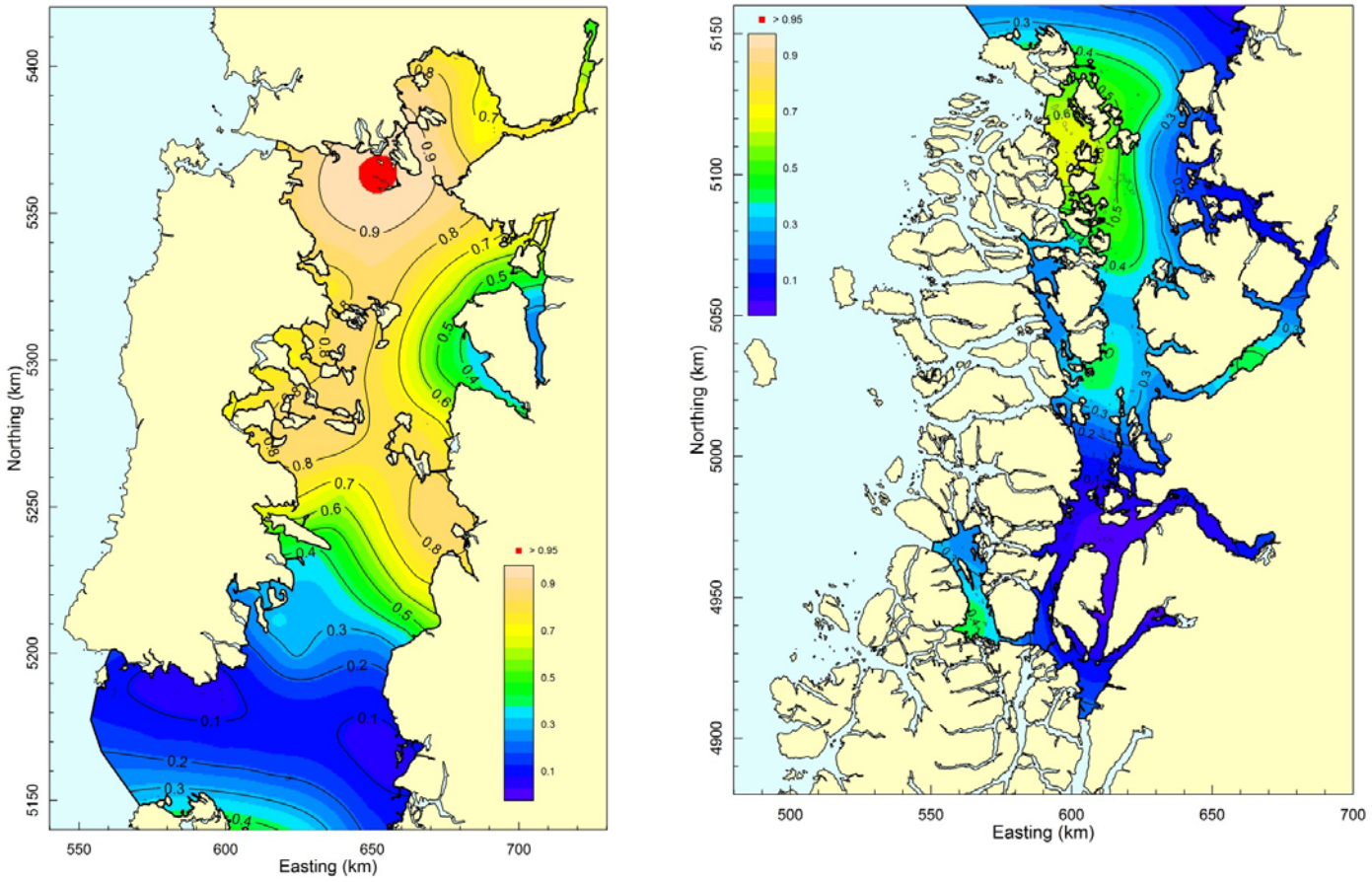


Figura 59. Distribución espacial de la probabilidad de presencia de huevos de sardina común en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha).

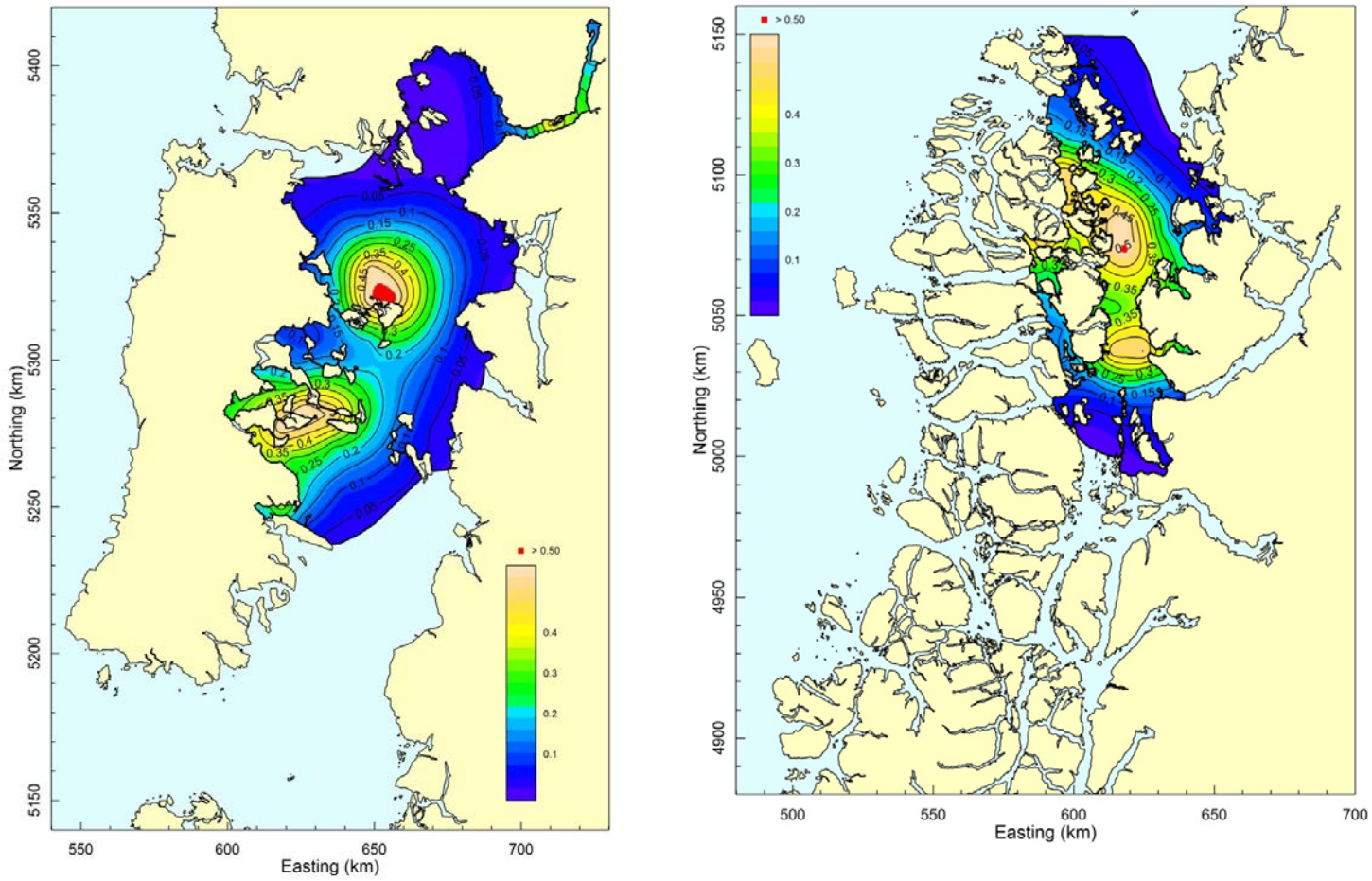


Figura 60. Distribución espacial de la probabilidad de presencia de huevos de sardinas austral en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha).

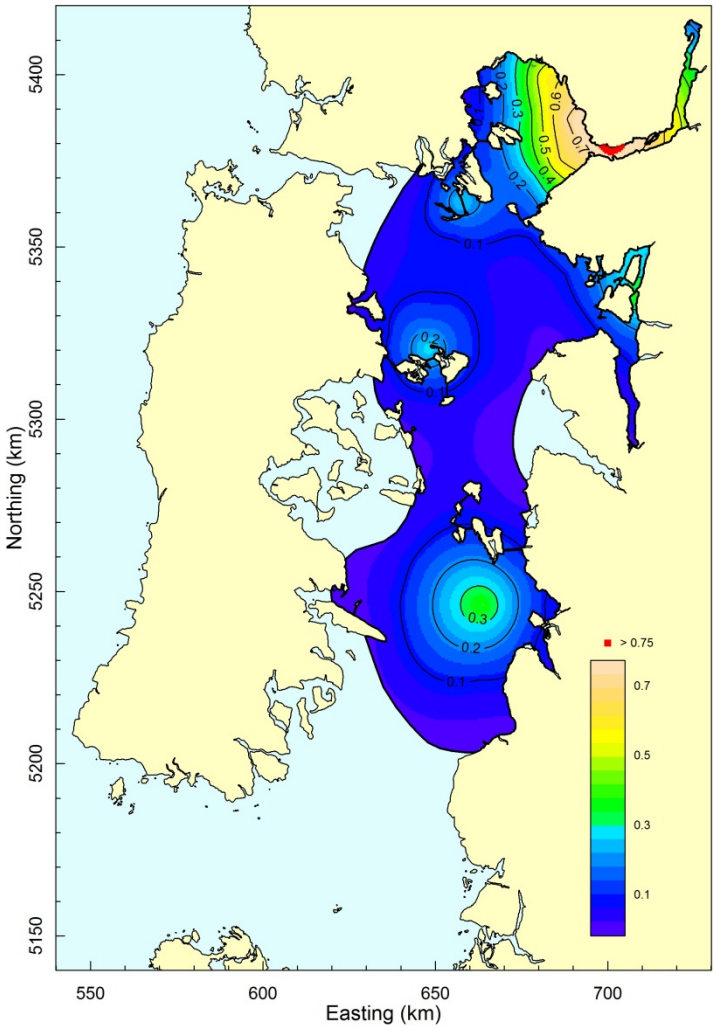


Figura 61. Distribución espacial de la probabilidad de presencia de huevos de anchoveta en la X Región.

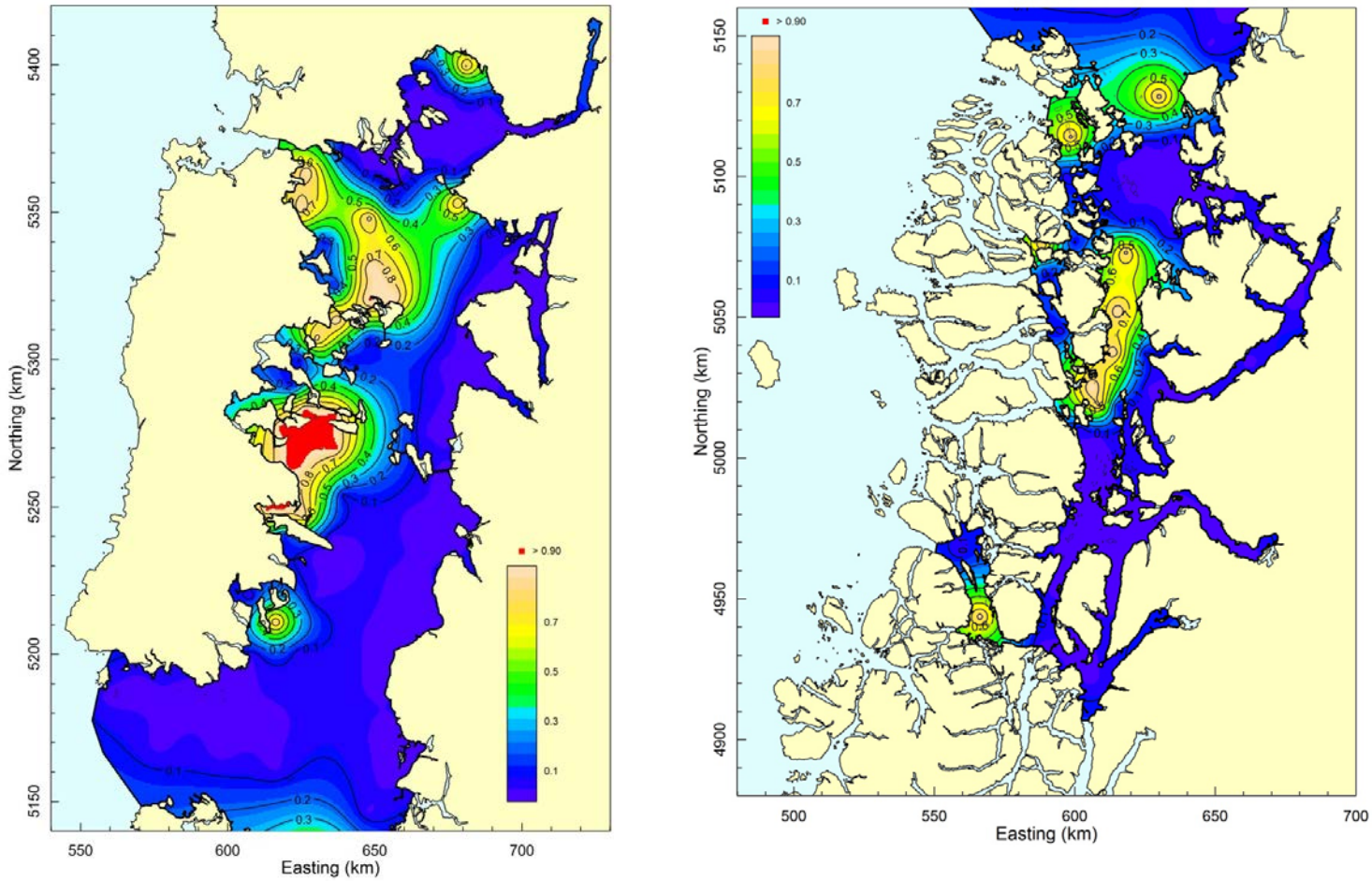


Figura 62. Distribución espacial de la probabilidad de presencia de huevos de sardinas indeterminadas en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha).

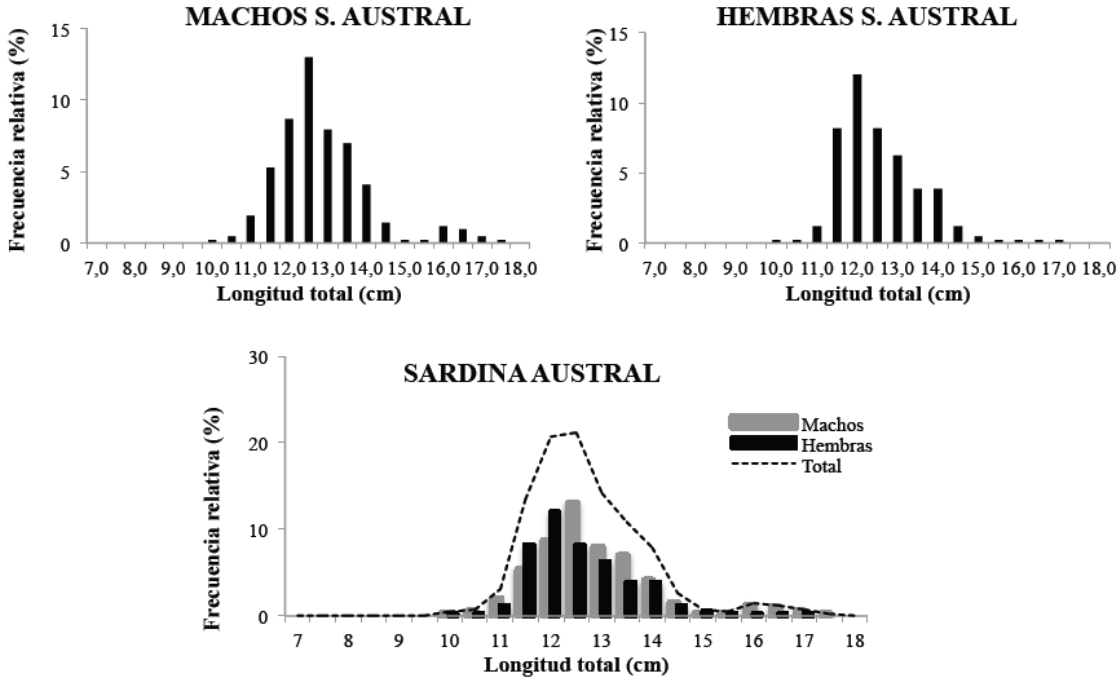


Figura 63. Estructura de talla de sardina austral colectadas para experimentación durante el período de estudio, X región.

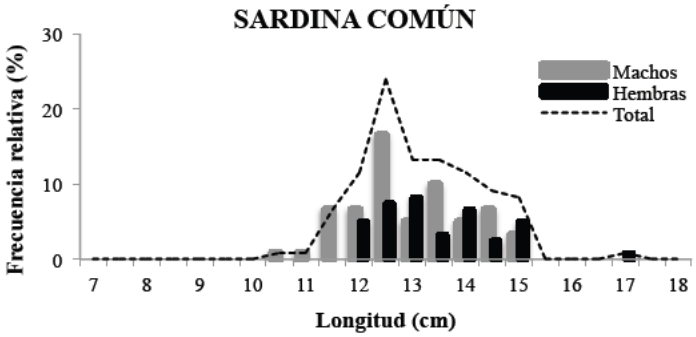


Figura 64. Estructura de talla de sardina común colectadas para experimentación durante el período de estudio, X región.

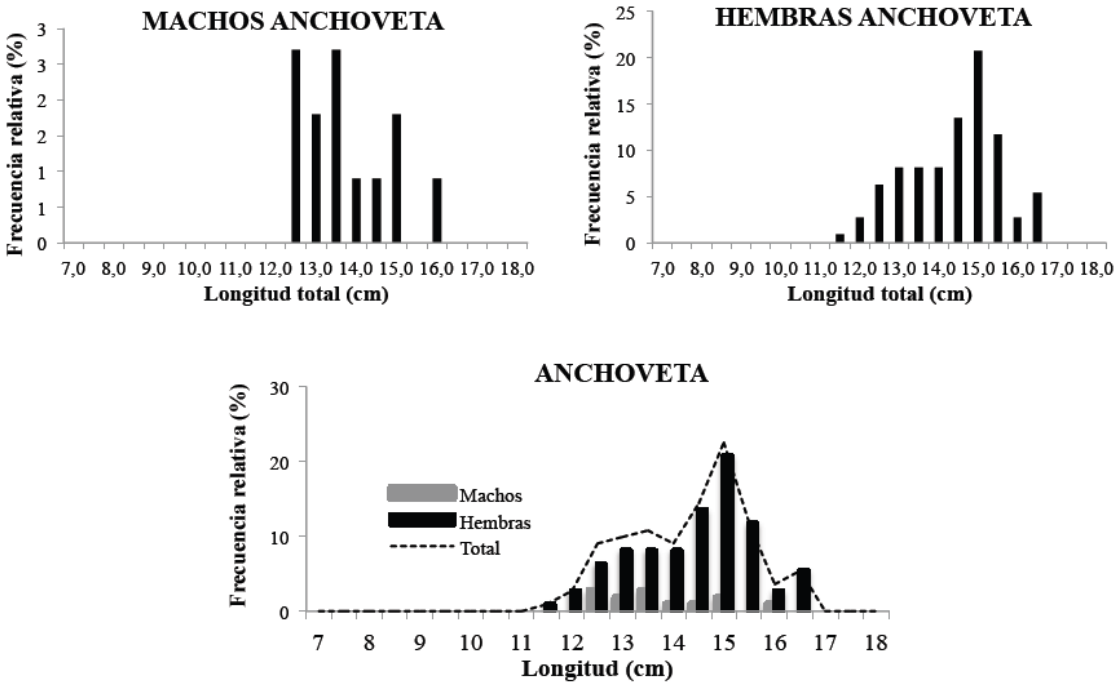


Figura 65. Estructura de talla de anchoveta colectadas para experimentación durante el período de estudio, X región.

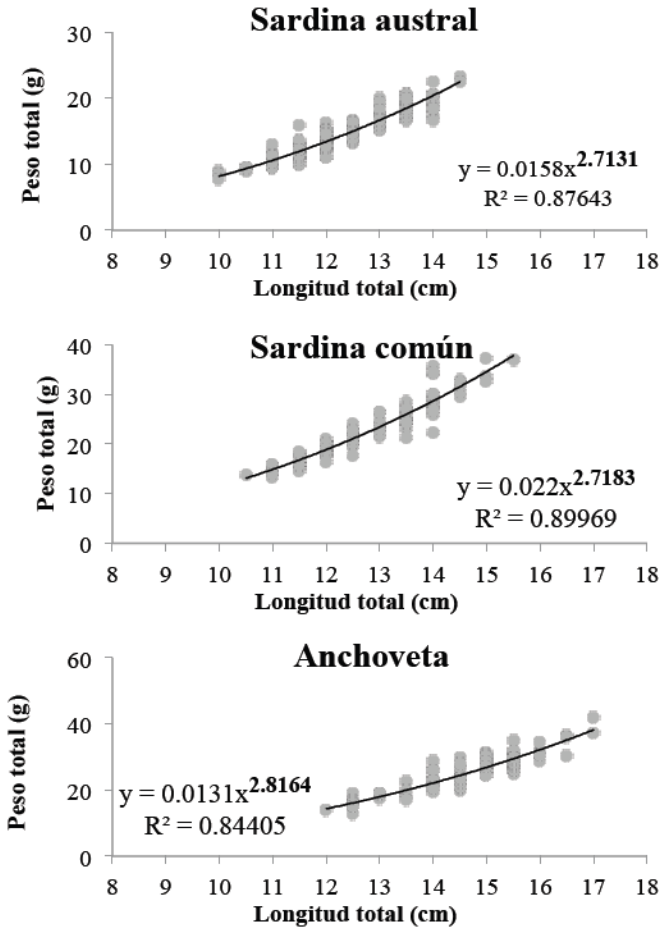


Figura 66. Relación longitud-peso para los recursos sardina austral, sardina común y anchoveta, respectivamente, colectadas para experimentación durante el período de estudio, X región.

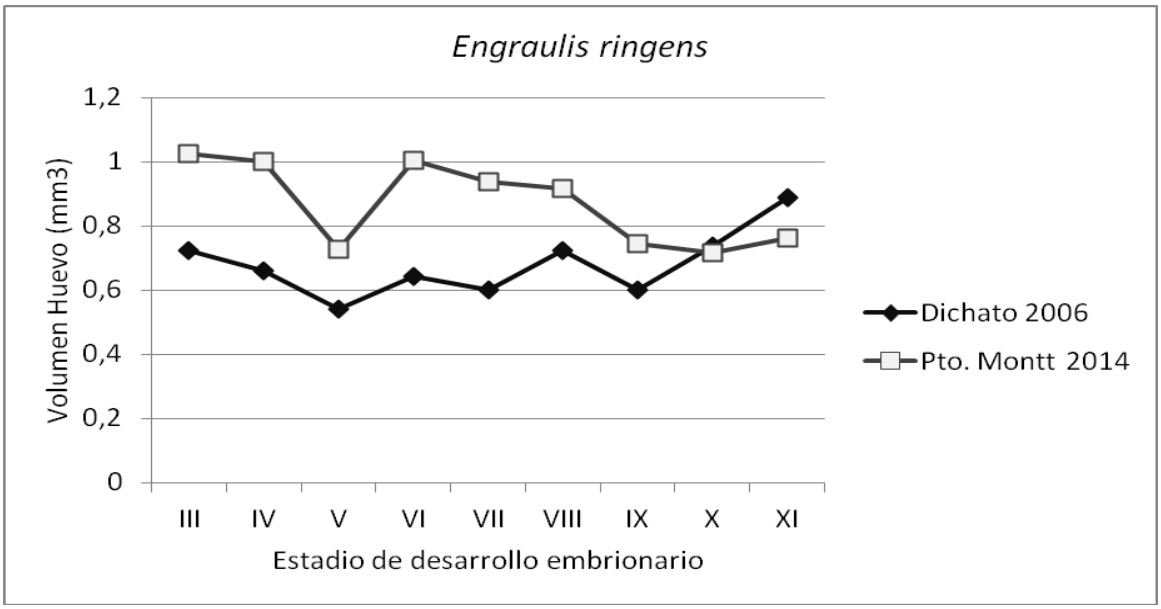


Figura 67. Volumen de huevos de anchoveta *Engraulis ringens* en mm^3 a lo largo de los distintos estadios de desarrollo embrionario. Las mediciones se realizaron con individuos obtenidos en Dichato (2006) y en Puerto Montt (2014).

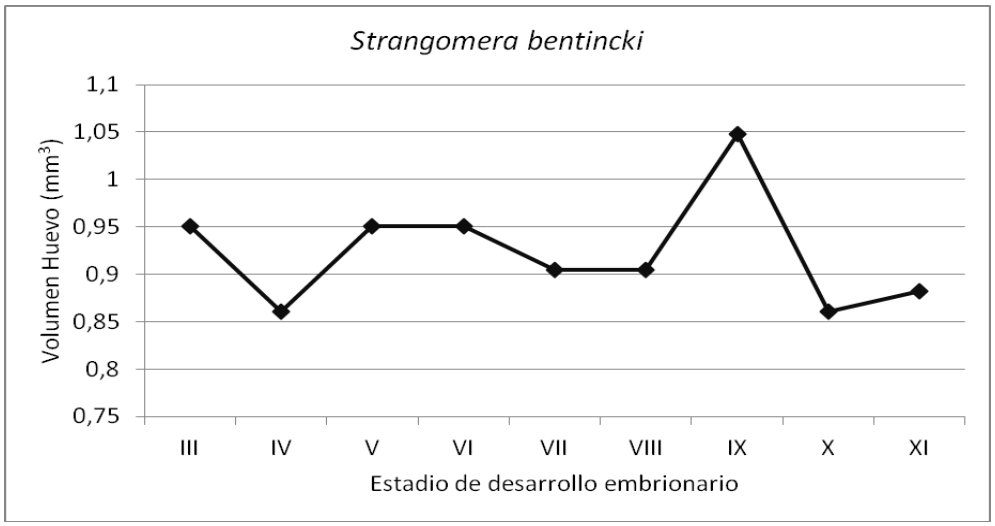


Figura 68 Volumen de huevos de sardina común *Strangomera bentincki* en mm^3 a lo largo de los distintos estadios de desarrollo embrionario. Las mediciones se realizaron con individuos obtenidos en Puerto Montt (2014).

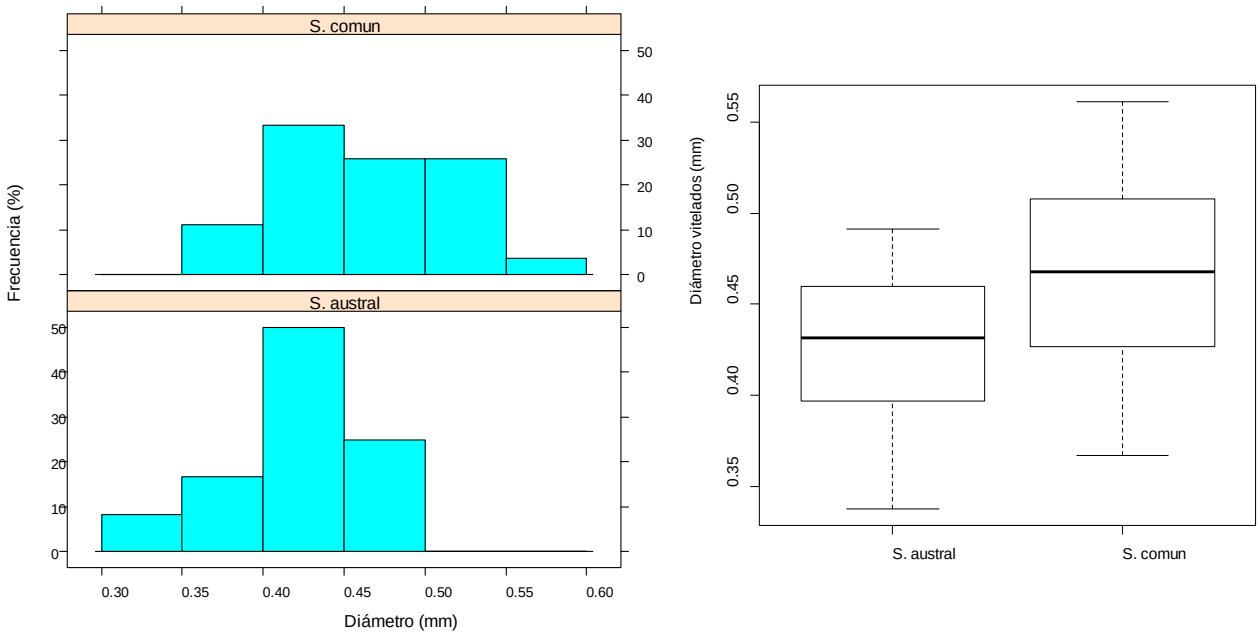


Figura 69: Distribución de frecuencia (izquierda) y boxplot (derecha) de diámetros de ovocitos vitelados (Mediciones en placas histológicas).

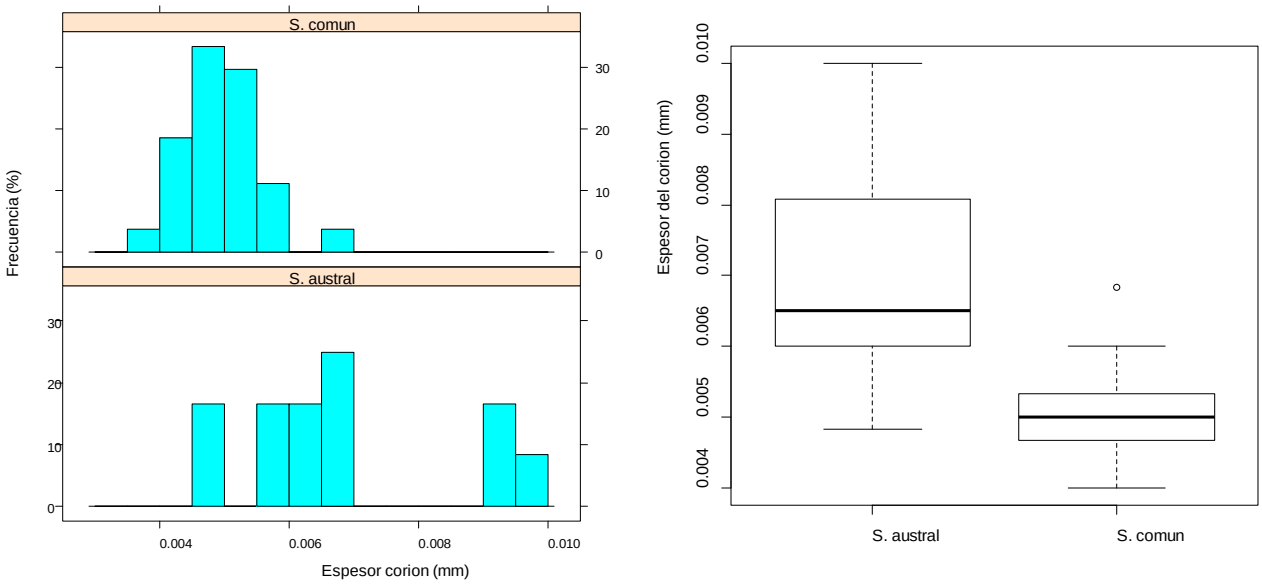


Figura 70: Distribución de frecuencia (izquierda) y boxplot (derecha) del espesor del corión en ovocitos vitelados (Mediciones en placas histológicas).

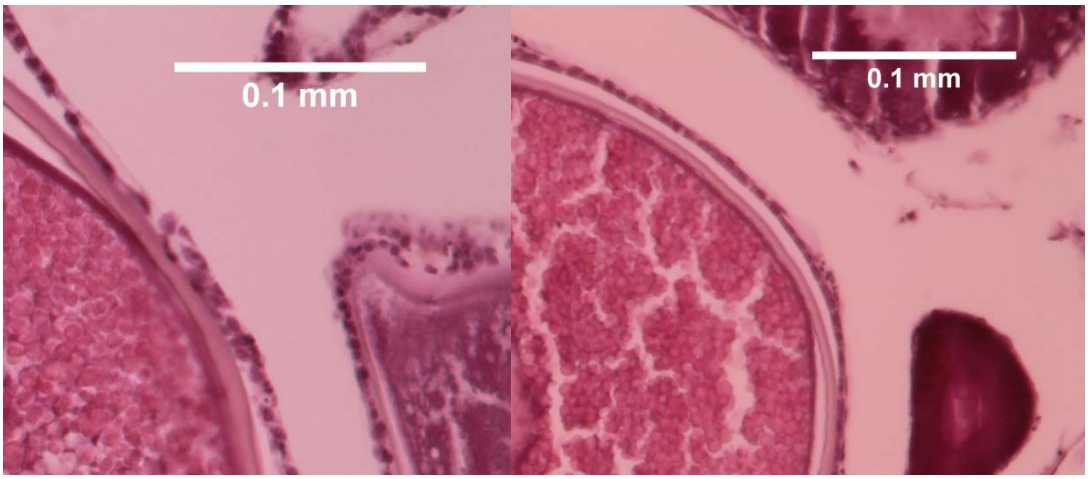


Figura 71: Detalle de la zona coriónica en Sardina austral (izquierda) y Sardina común (derecha)

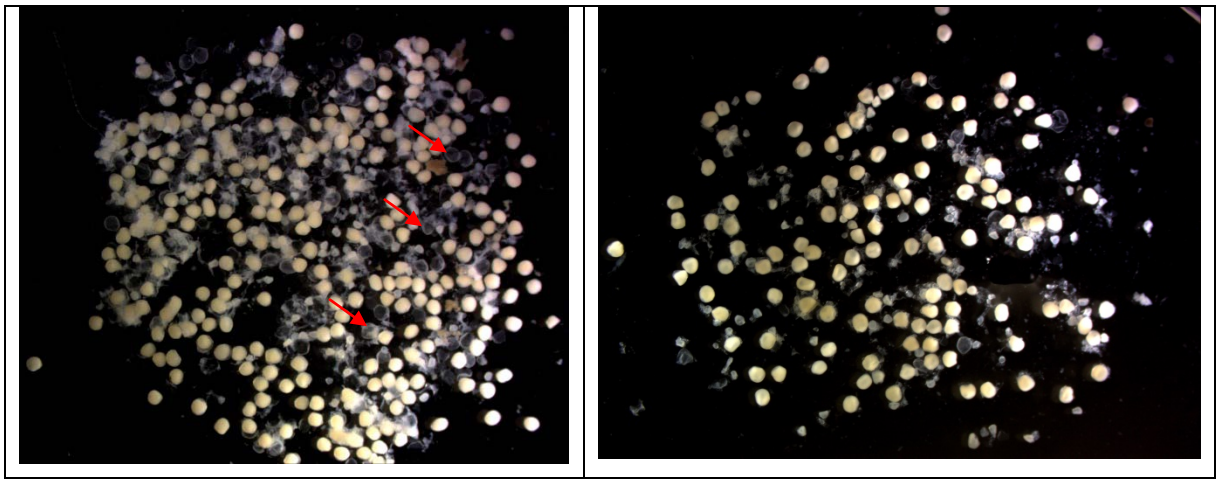


Figura 72: Fotografía de ovocitos disgregados, estadio de Núcleo Migrante en sardina común (izquierda) y sardina austral (derecha). Flechas son ejemplos de corion rotos (vacíos).

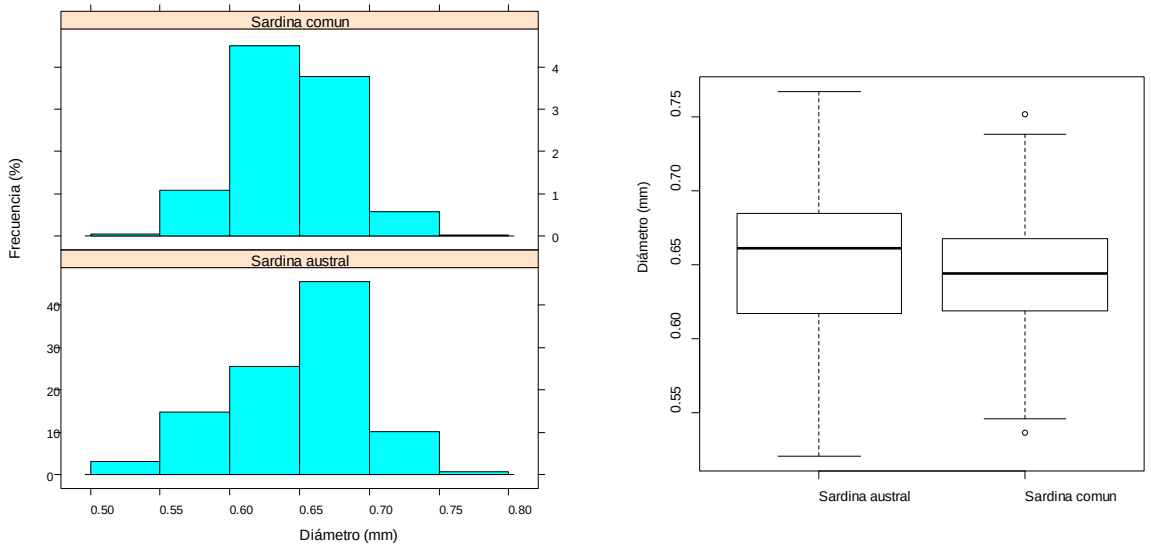


Figura 73: Distribución de frecuencia (izquierda) y boxplot (derecha) del diámetro de ovocitos enteros en estadio núcleo migrante (Mediciones en ovocitos enteros).

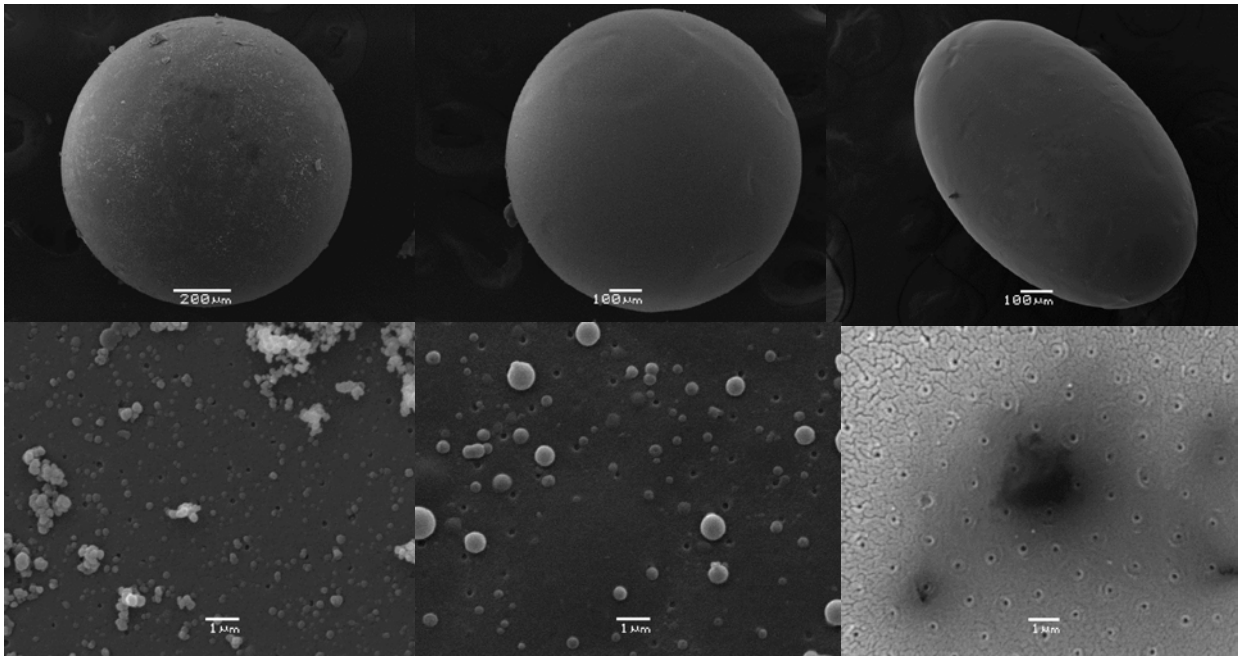


Figura 74.- Imágenes obtenidas con microscopía de barrido de huevos de sardina austral, sardina común y anchoveta. Corrida superior: aspecto exterior; corrida inferior: superficie externa del corion.

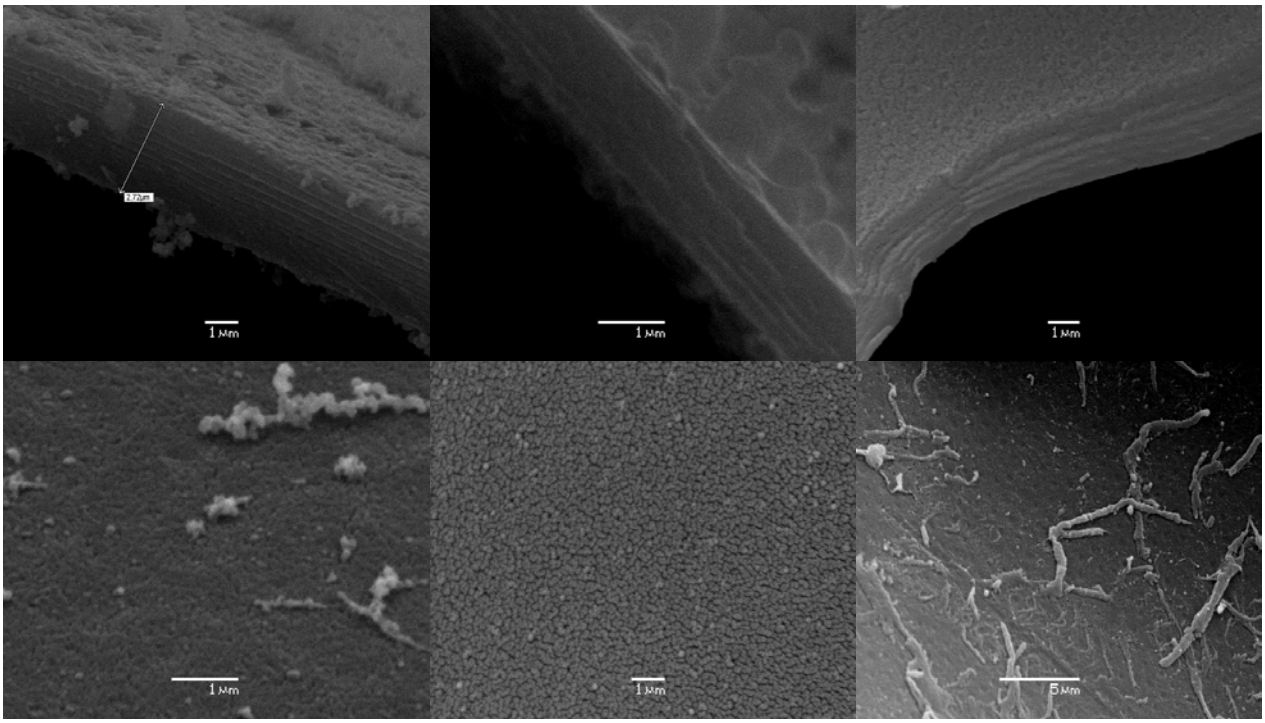


Figura 75.- Imágenes obtenidas con microscopía de barrido de huevos de sardina austral, sardina común y anchoveta. Corrida superior: corte transversal del corion; corrida inferior: superficie interna del corion.

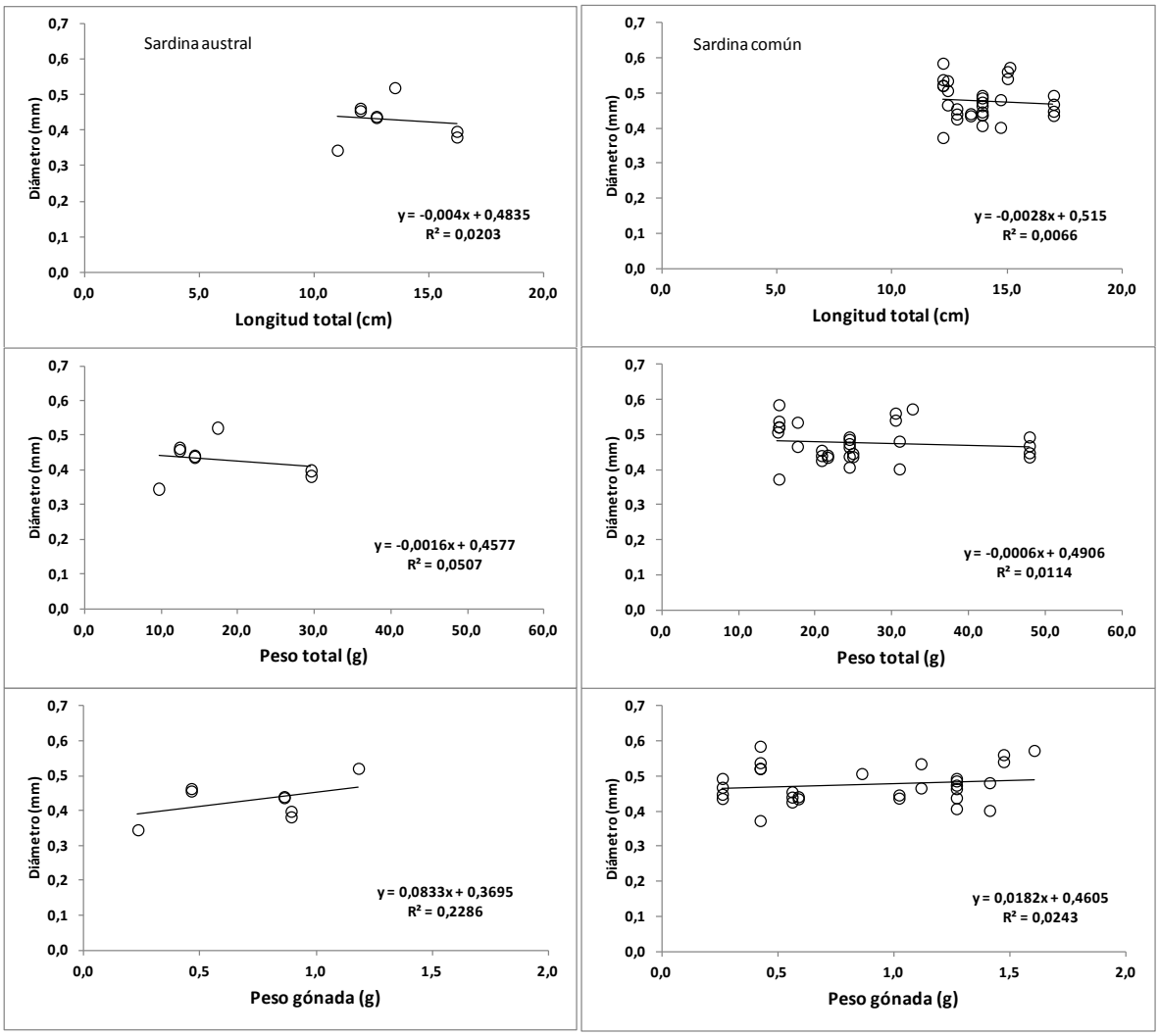


Figura 76. Relación entre diámetro de ovocito y longitud total, peso total y peso de gónada en sardina austral (izquerda) y sardina común (derecha).

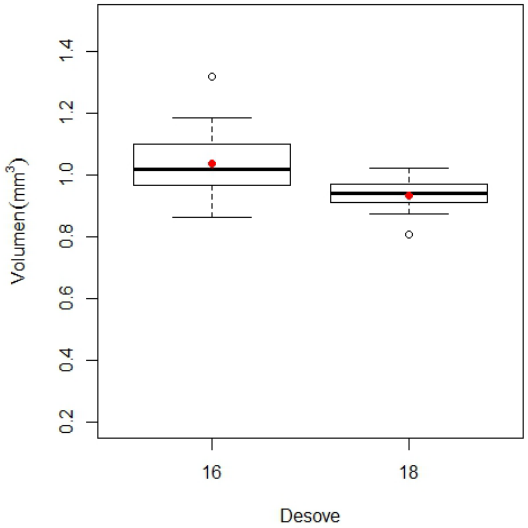


Figura 77: Volumen de huevos de sardina común pertenecientes en estadio II del desove del 16 y 18 de noviembre. Mediana (línea transversal) y Promedio (punto).

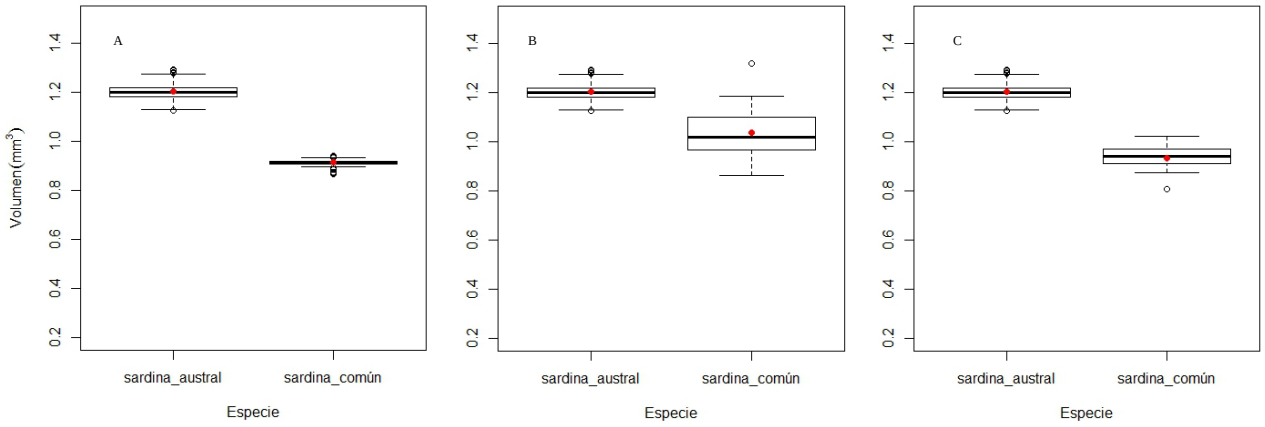


Figura 78**:** Volumen de huevos no fecundados de sardina austral promedios comparados con (A) ovocitos de sardina común, (B) huevos de sardina común (estadio II) del desove del 16.11.14 y (C) huevos de sardina común (estadio II) del desove del 18.11.14. La línea horizontal corresponde a la mediana y el punto al volumen promedio.

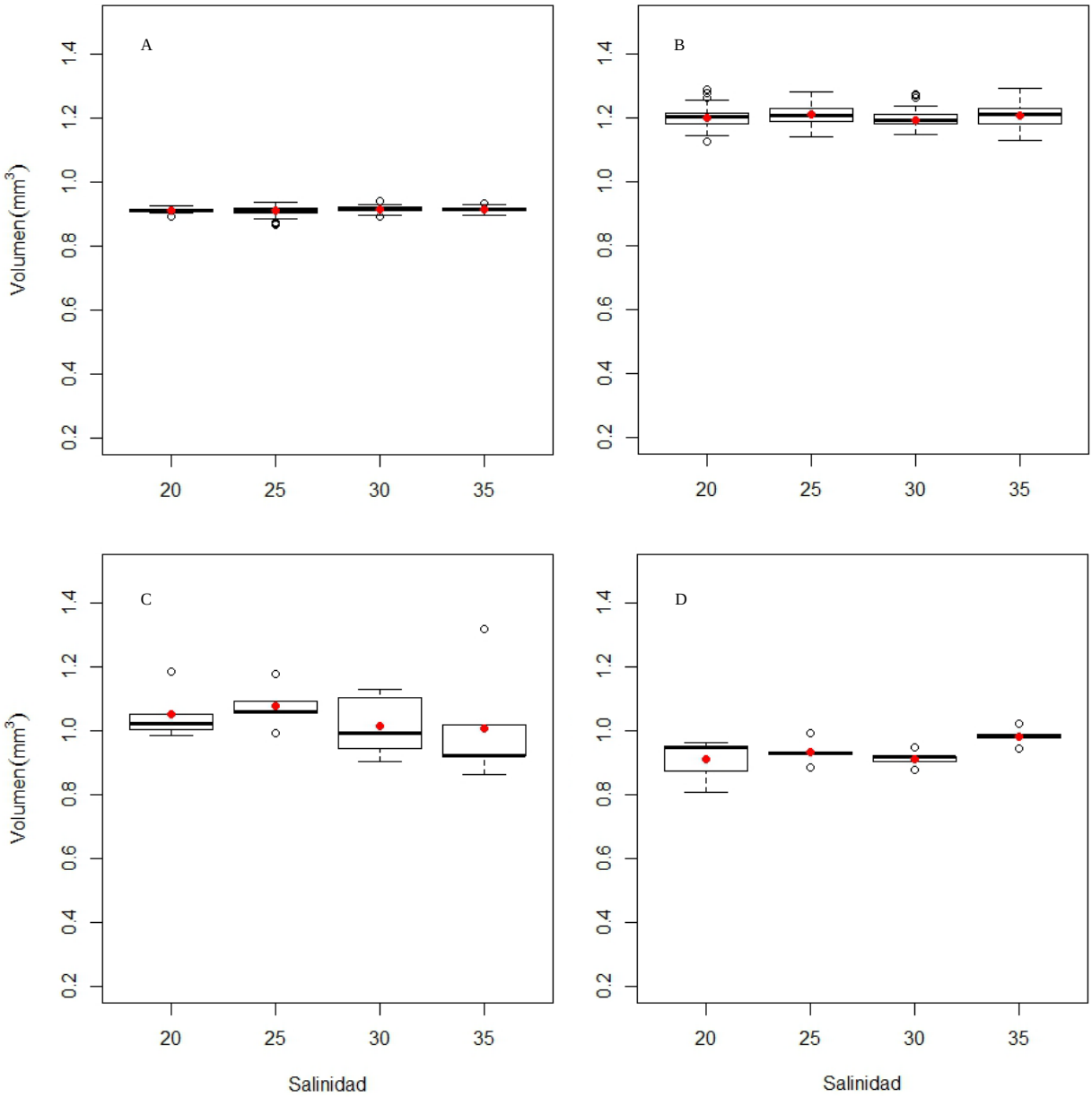


Figura 79: Efecto de la salinidad en el volumen de (A) ovocitos de sardina común, (B) huevos no fecundados de sardina austral, (C) huevos de sardina común (estadio II) del desove del 16.11.2014 y (D) huevos de sardina común (estadio II) del desove del 18.11.2014 . Línea horizontal = Mediana y punto = promedio.

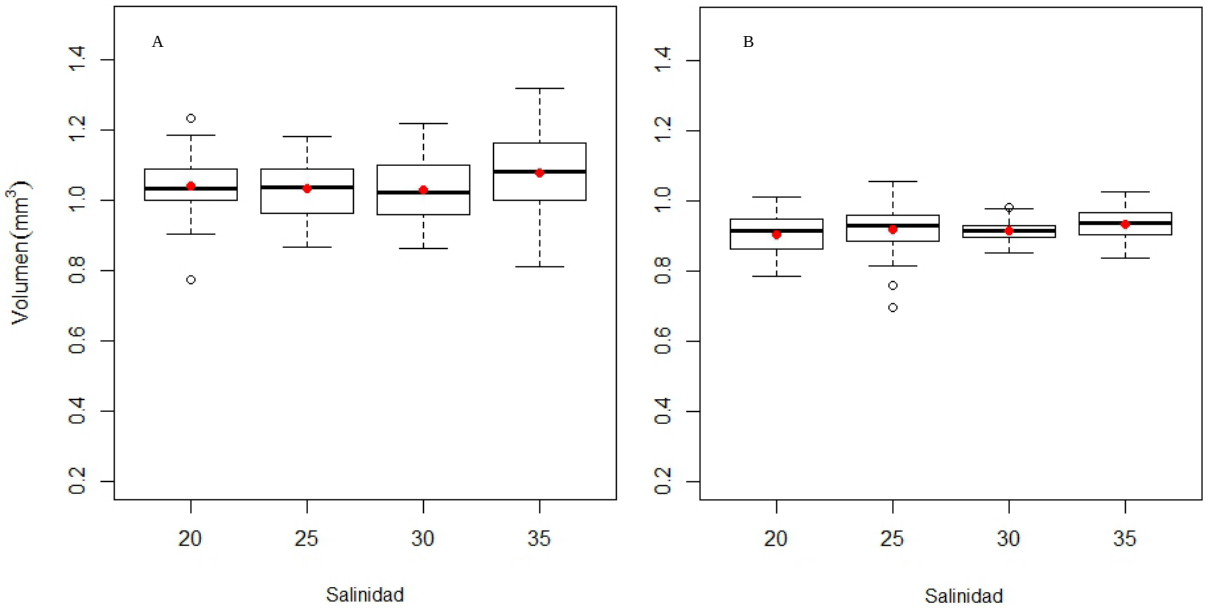


Figura 80: Efecto de la salinidad en los volúmenes de huevos de estadios tempranos de sardina común (estadio II-IV) desovados los días (A) 16.11.2014 y (B) 18. 11.2014 La línea horizontal corresponde a la mediana y el punto al volumen promedio.

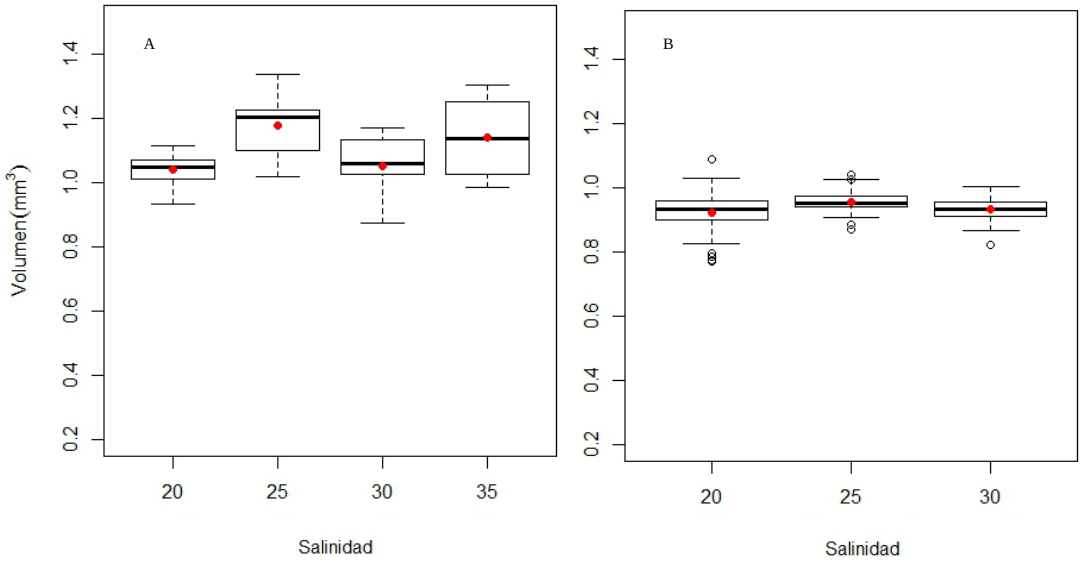


Figura 81: Efecto de la salinidad en los volúmenes de huevos de estadios tardíos de sardina común (estadio V-XI) desovados los días (A) 16.11.2014 y (B) 18.11.2014. La línea horizontal corresponde a la mediana y el punto al volumen promedio.

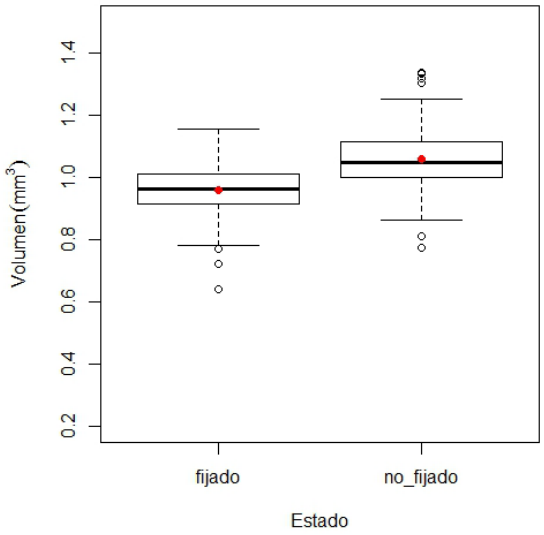


Figura 82: Volumen de los huevos de sardina común desovados el 16.11.2014 (A) Estimación en huevos vivos (B) estimación en huevos fijados en formalina la 5%. Línea horizontal corresponde a mediana y punto a volumen promedio.

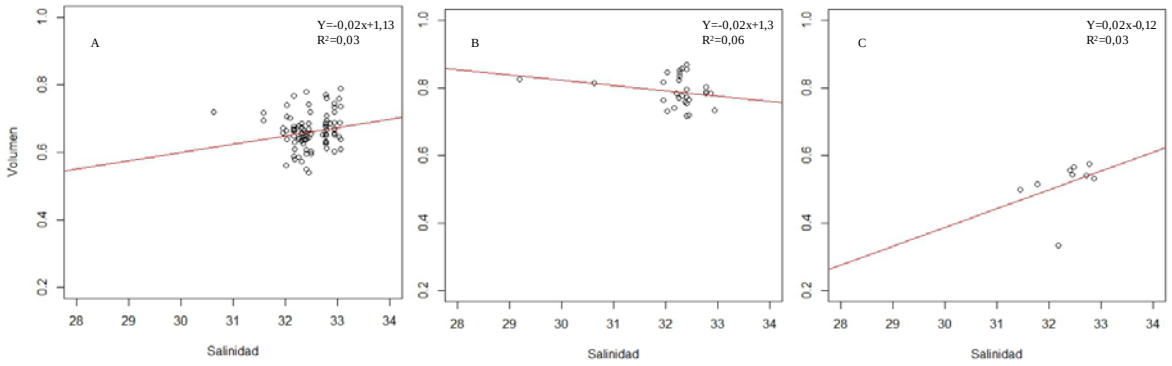


Figura 83: Regresión de los volúmenes de huevos de clupeidos (A), sardiana austral (B) y sardina común (C) con la salinidad a la que se encuentran los huevos muestreado con red Calvet.

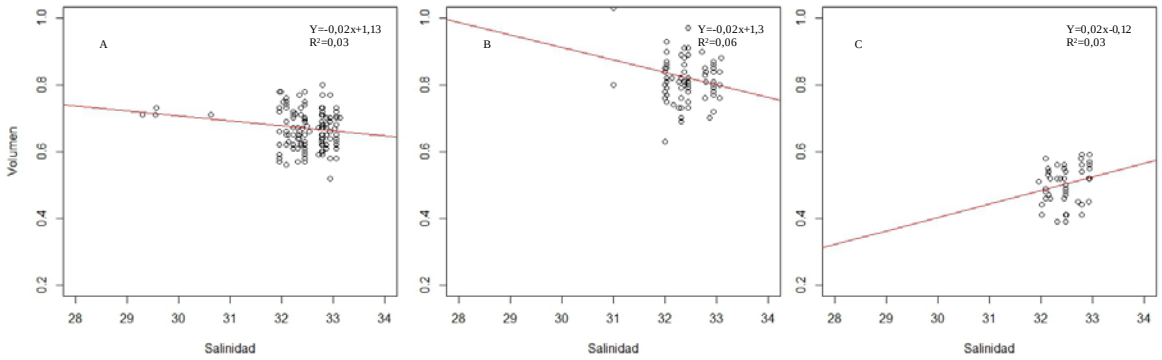


Figura 84: Regresión de los volúmenes de huevos de clupeidos (A), sardiana austral (B) y de sardina común (C) con la salinidad a la que se encuentran los huevos muestreados con una red wp2.

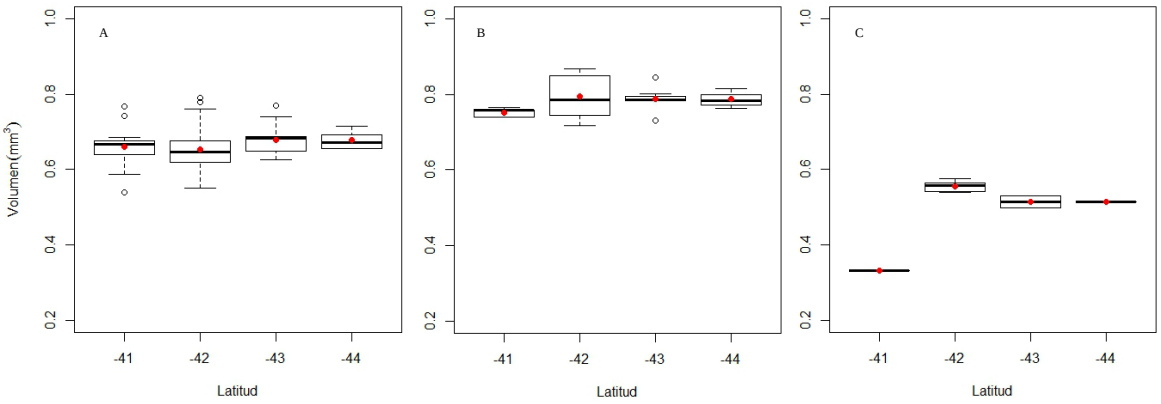


Figura 85: Mediana de volúmenes de huevos (línea negra) y volúmenes promedio de huevos (punto rojo) a distintas latitudes de clupeidos. (A), sardina austral (B) y de sardina común (C) muestreados por medio de red Calvet en área de desove del 2014.

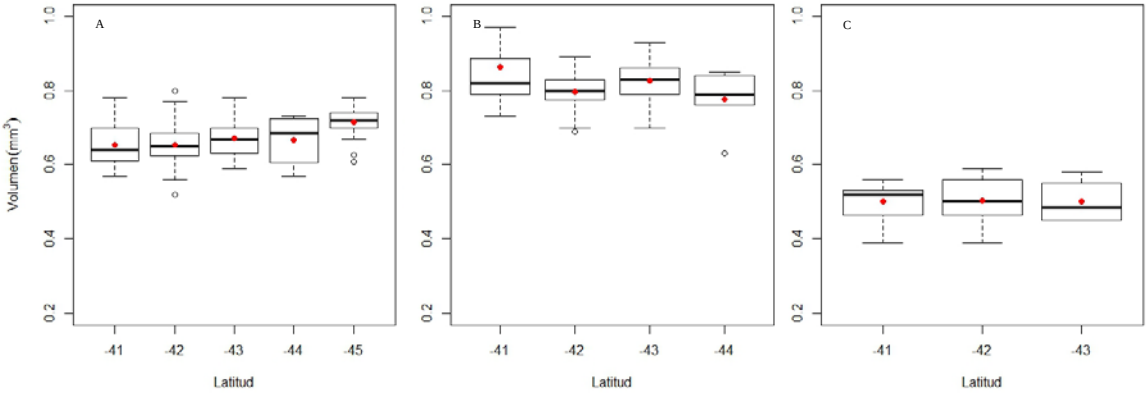


Figura 86: Mediana de volúmenes de huevos (línea negra) y volúmenes promedio de huevos (punto rojo) a distintas latitudes de clupeidos (A), sardina austral (B) y de sardina común (C) muestreados por medio de red Wp2 en área de desove del 2014.

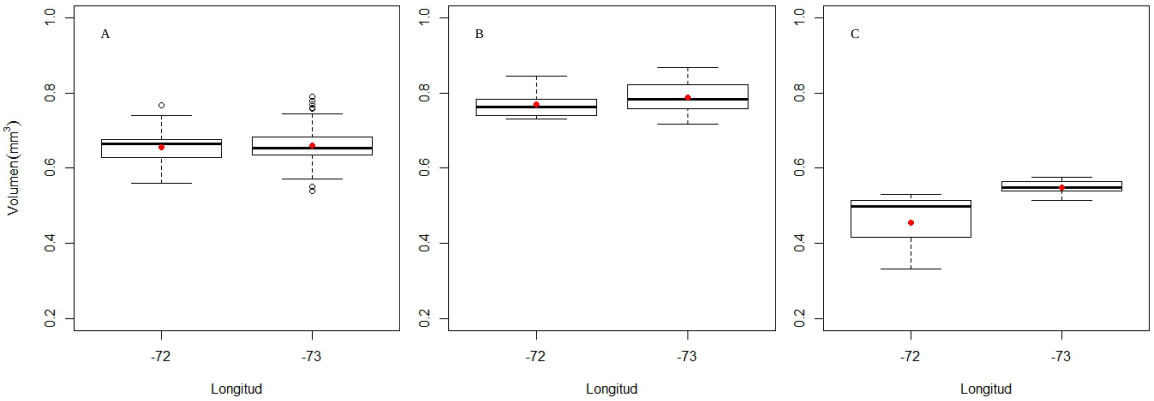


Figura 87: Mediana de volúmenes de huevos (línea negra) y volúmenes promedio de huevos (punto rojo) a distintas longitudes de sardina sp. (A), sardina austral (B) y de sardina común (C) muestreados por medio de red Calvet en área de desove del 2014.

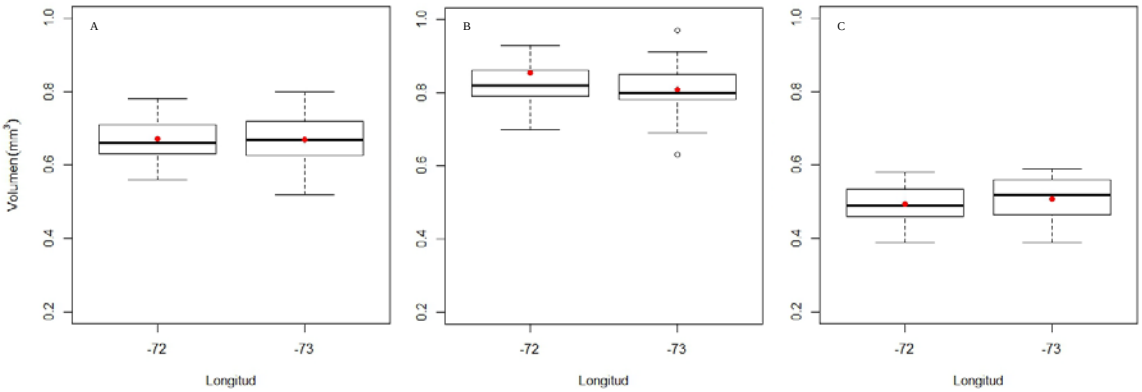


Figura 88: Mediana de volúmenes de huevos (línea negra) y volúmenes promedio de huevos (punto rojo) a distintas longitudes de sardina sp. (A), sardina austral (B) y de sardina común (C) muestreados por medio de red Wp2 en área de desove del 2014.

OBJETIVO ESPECIFICO 3

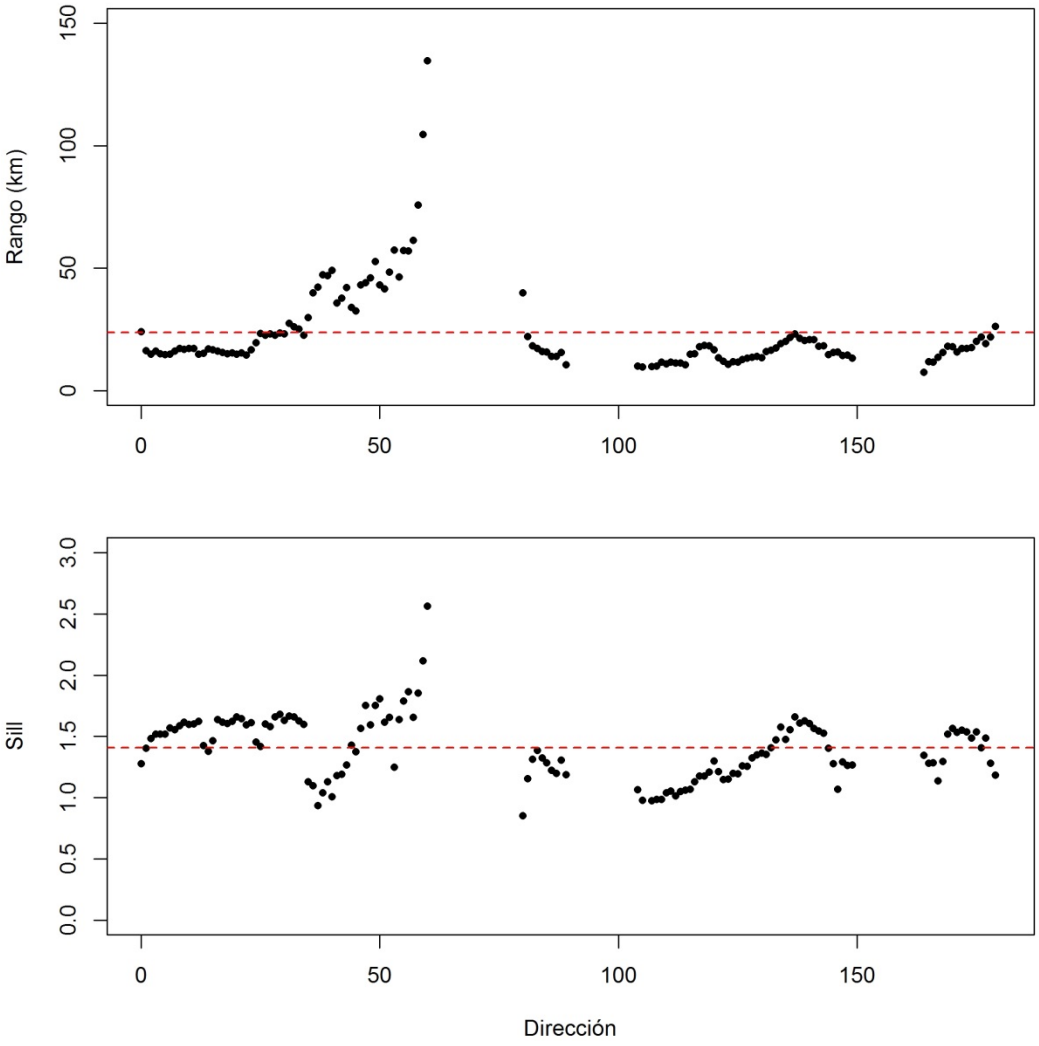


Figura 89. Rango (km, arriba) y sill (umbral, abajo) del variograma direccional (0-179º) evaluado para la distribución espacial de huevos de sardina común. La línea roja corresponde al promedio.

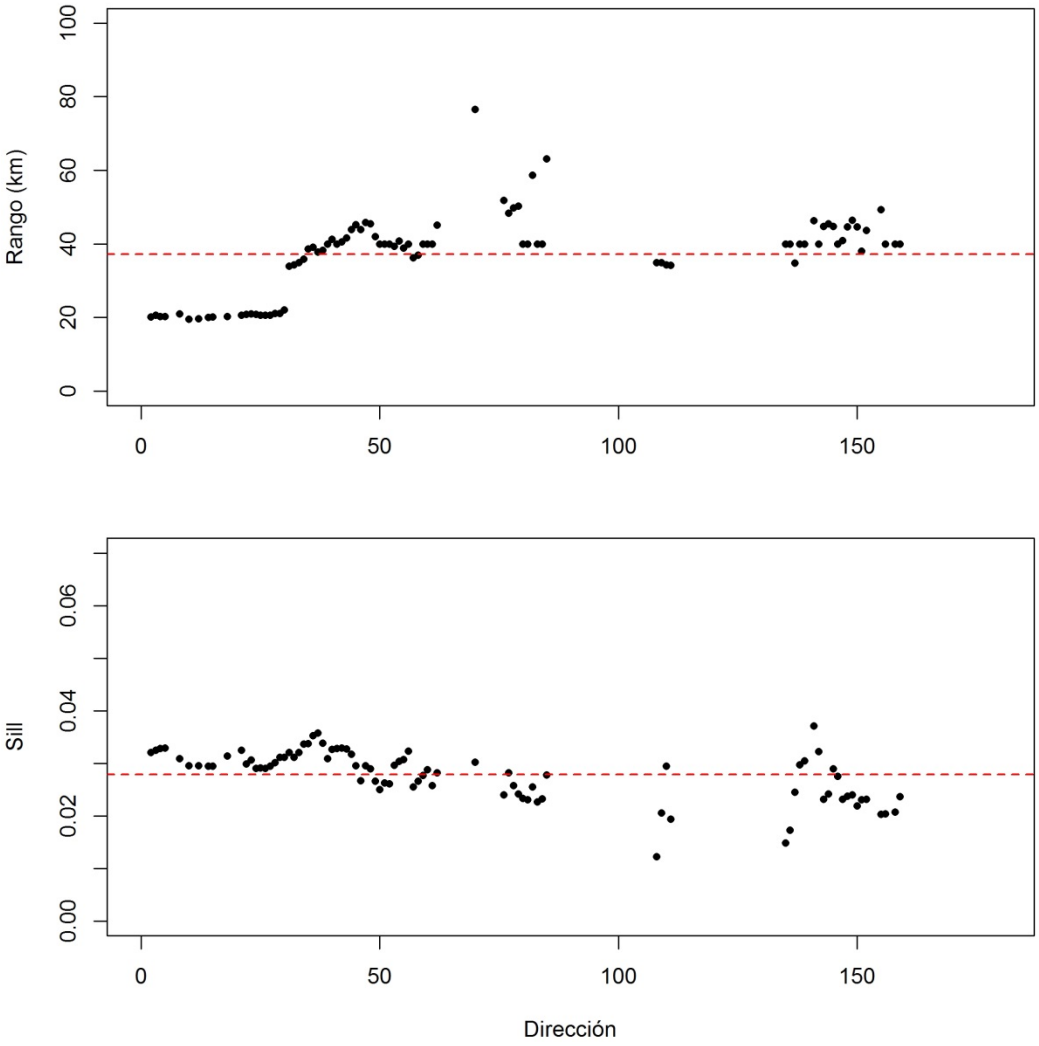


Figura 90. Rango (km, arriba) y sill (umbral, abajo) del variograma direccional (0-179º) evaluado para la distribución espacial de huevos de sardina austral. La línea roja corresponde al promedio.

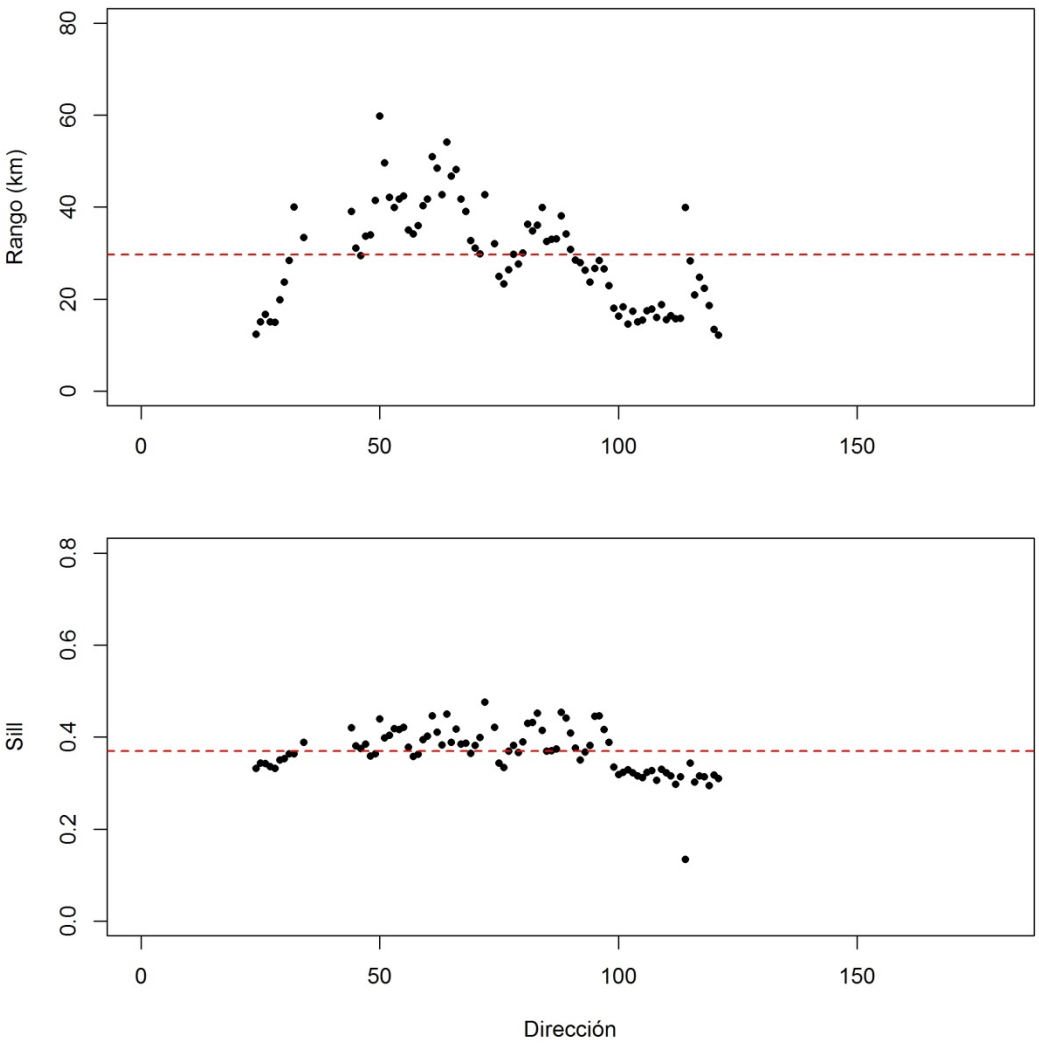


Figura 91. Rango (km, arriba) y sill (umbral, abajo) del variograma direccional (0-179º) evaluado para la distribución espacial de huevos de sardina indeterminada. La línea roja corresponde al promedio.

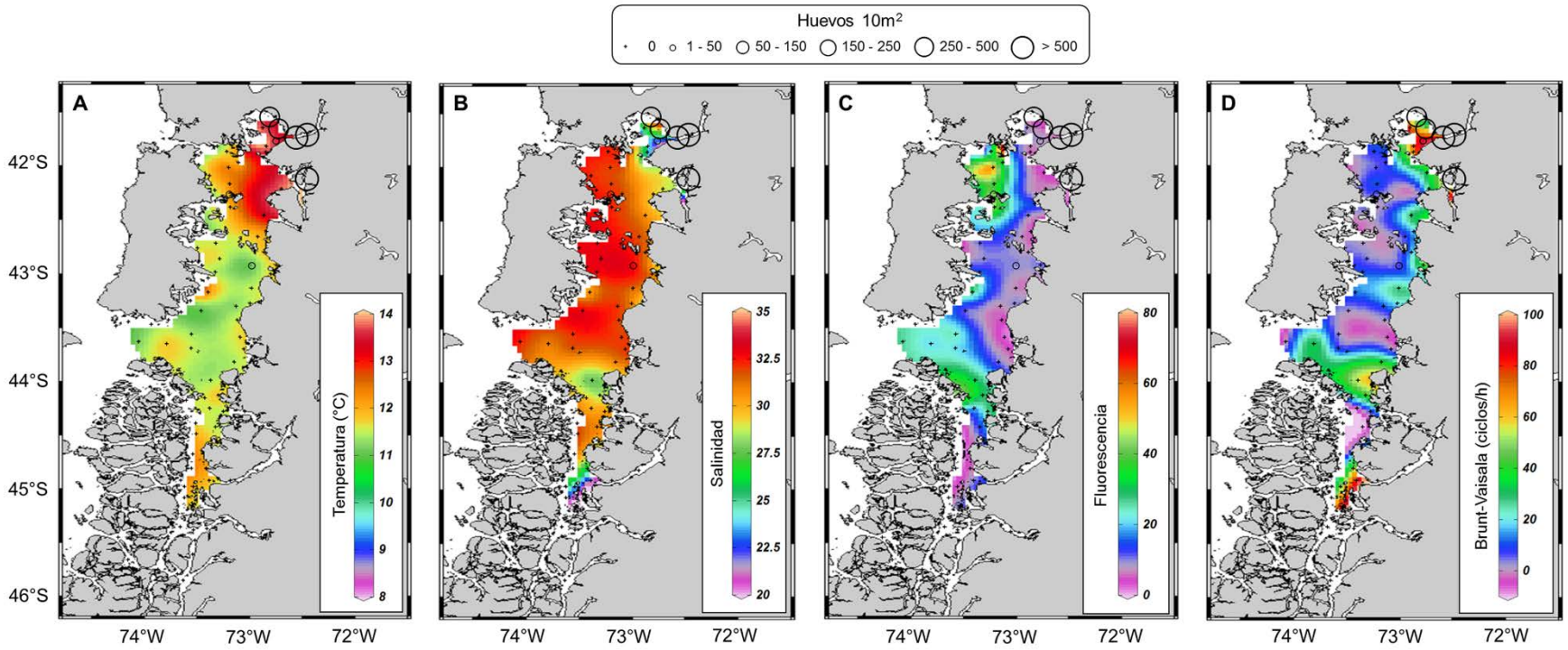


Figura 92. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 1 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2).

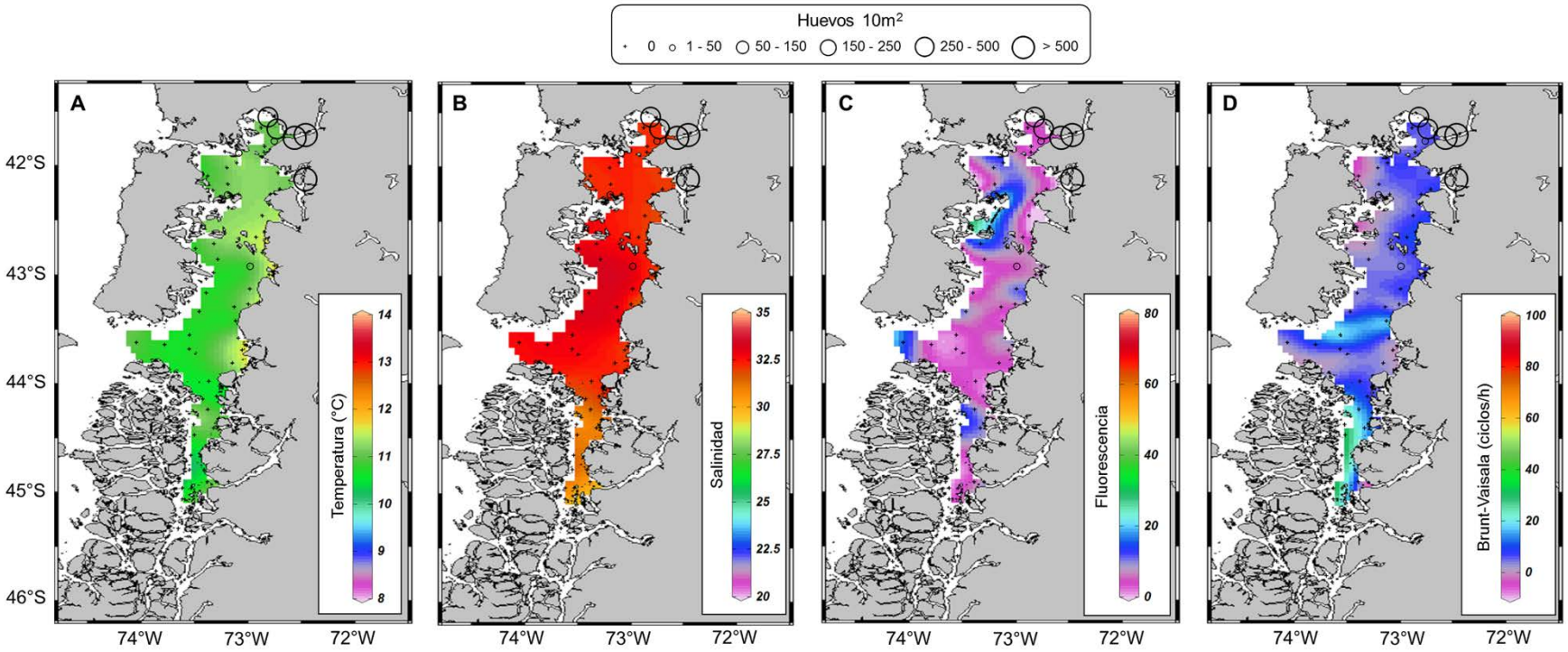


Figura 93. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 25 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2).

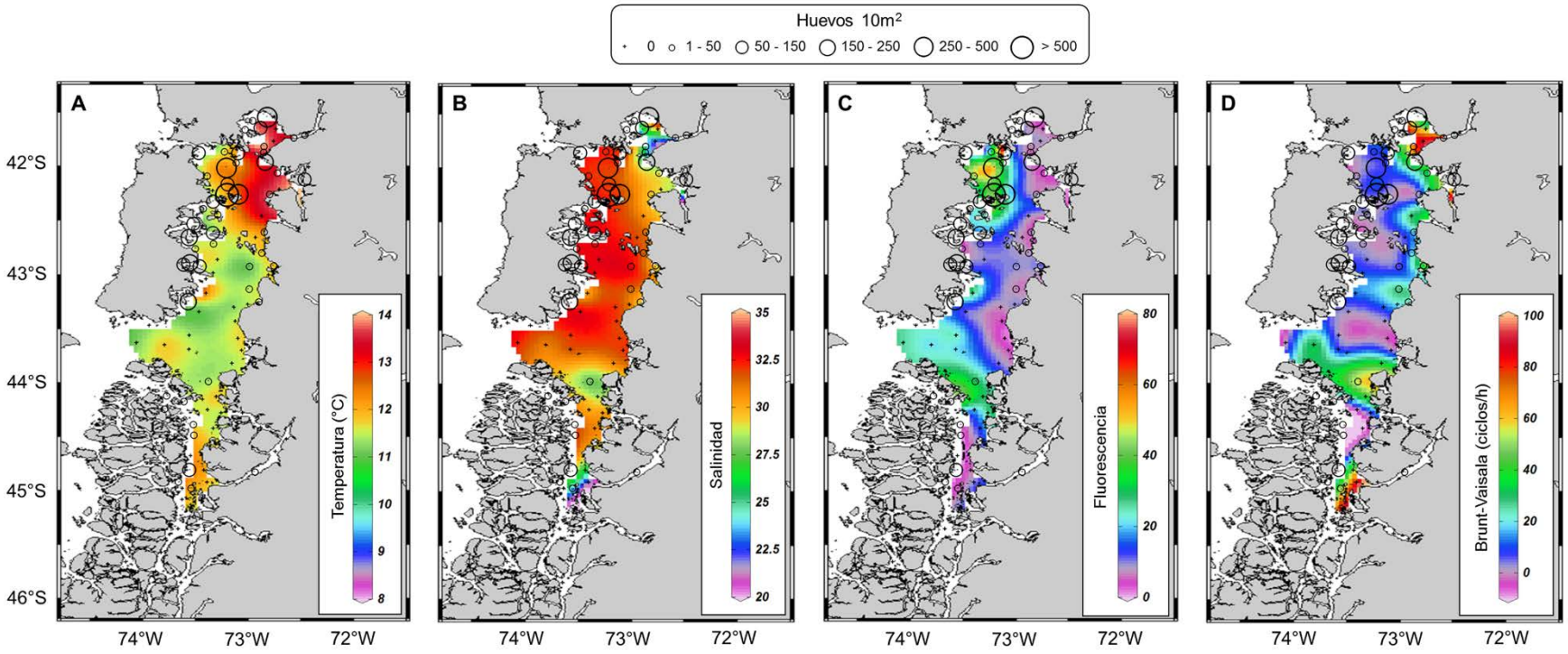


Figura 94. Sobreposición de abundancia de huevos de sardina común sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 1 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2).

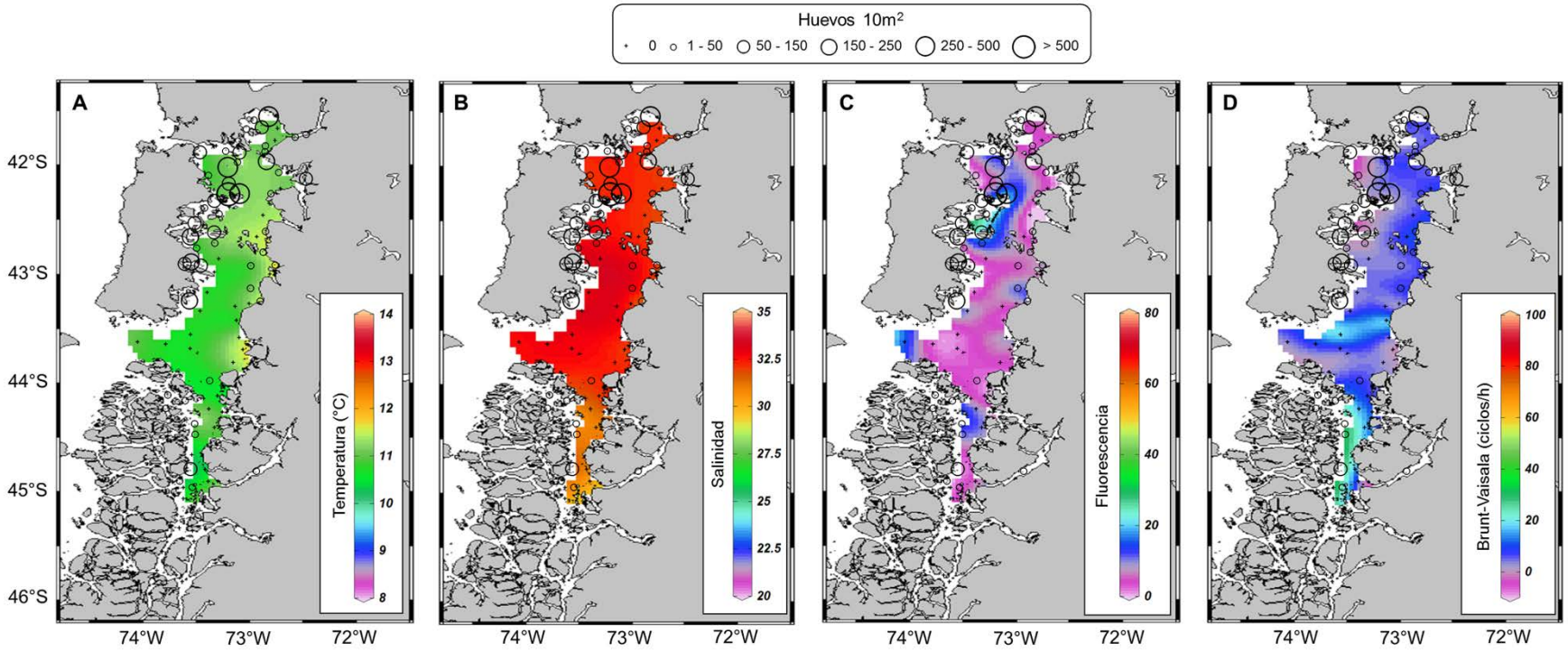


Figura 95. Sobreposición de abundancia de huevos de sardina común sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 25 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2).

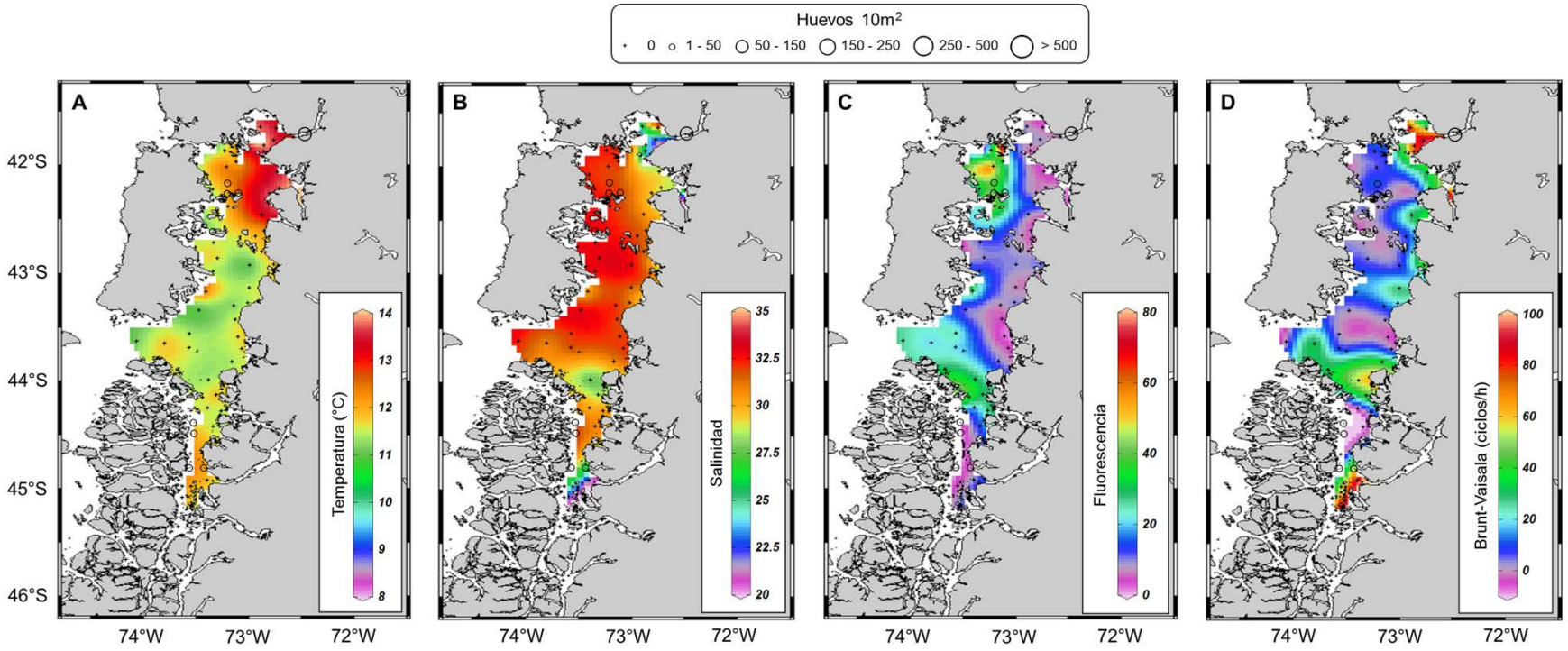


Figura 96. Sobreposición de abundancia de huevos de sardina austral sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 1 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2).

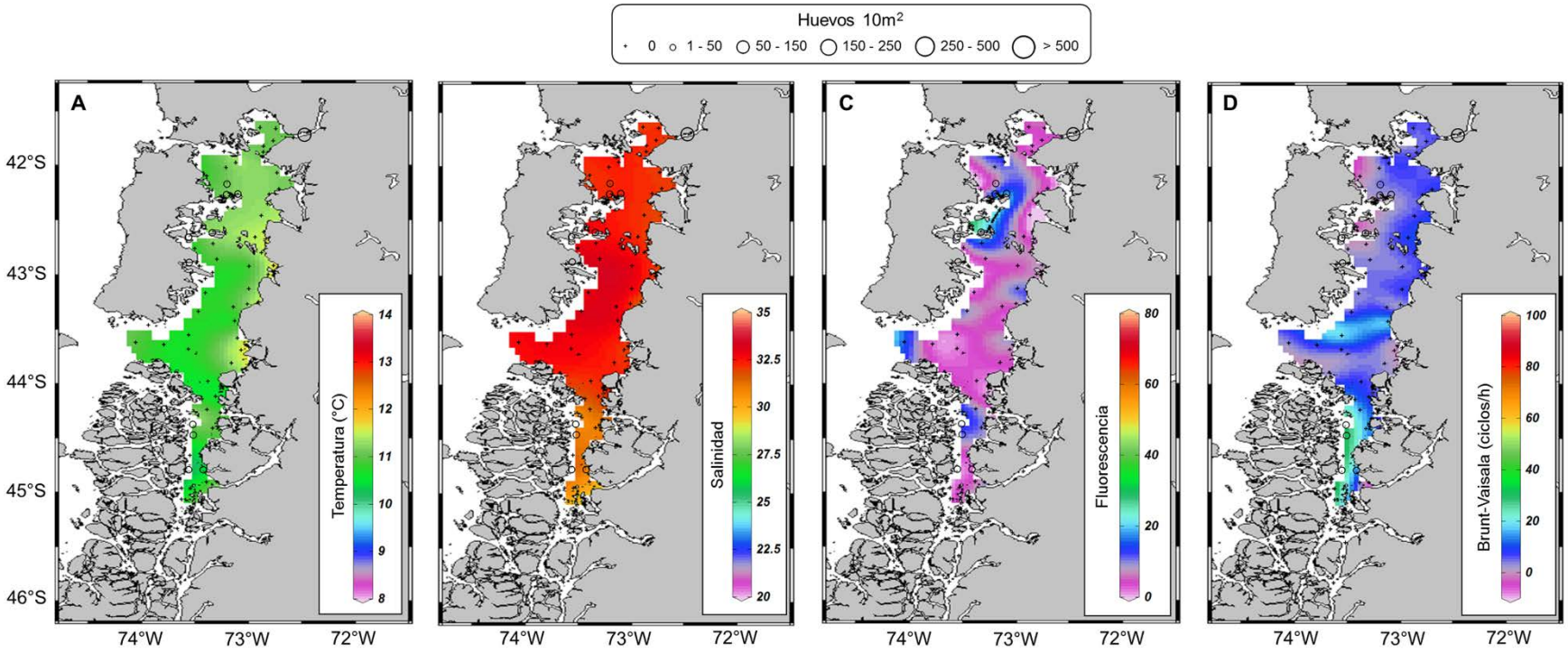


Figura 97. Sobreposición de abundancia de huevos de sardina austral sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 25 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2).

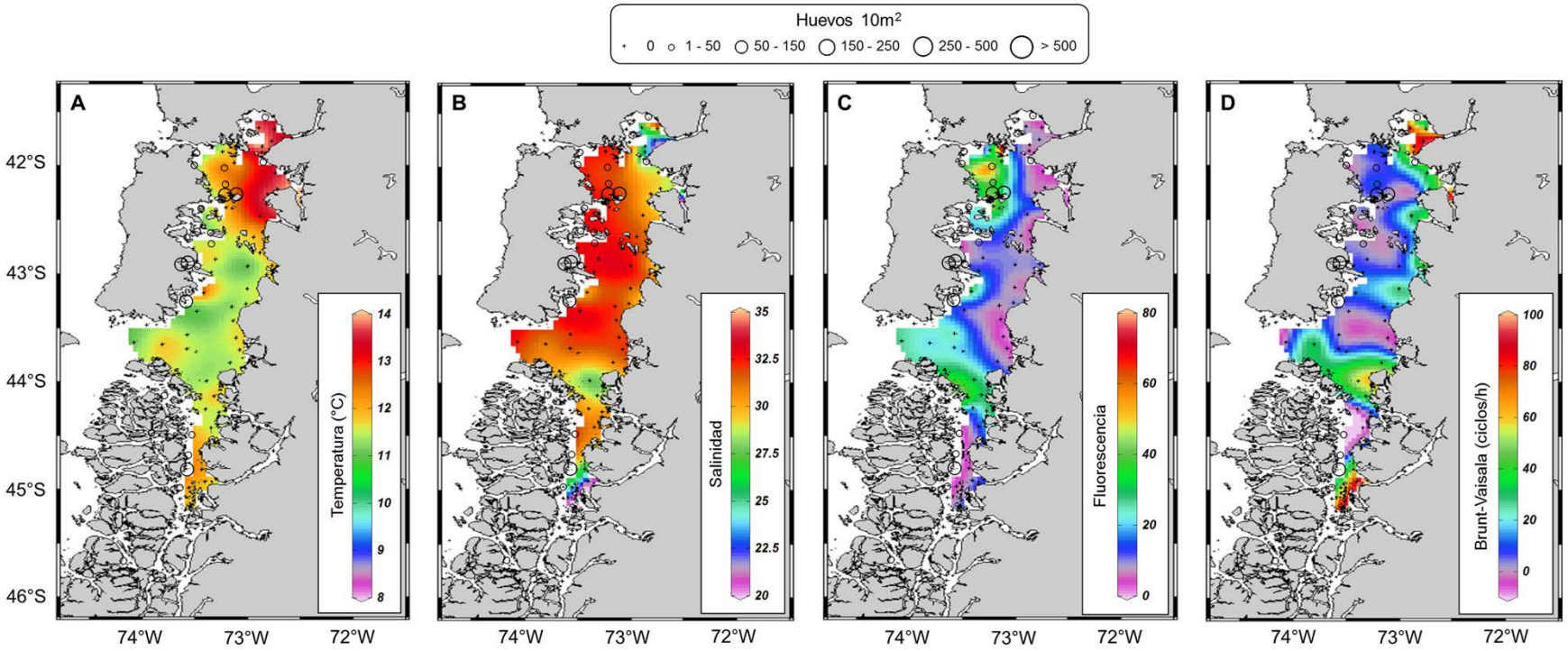


Figura 98. Sobreposición de abundancia de huevos de clupeidos sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 1 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2).

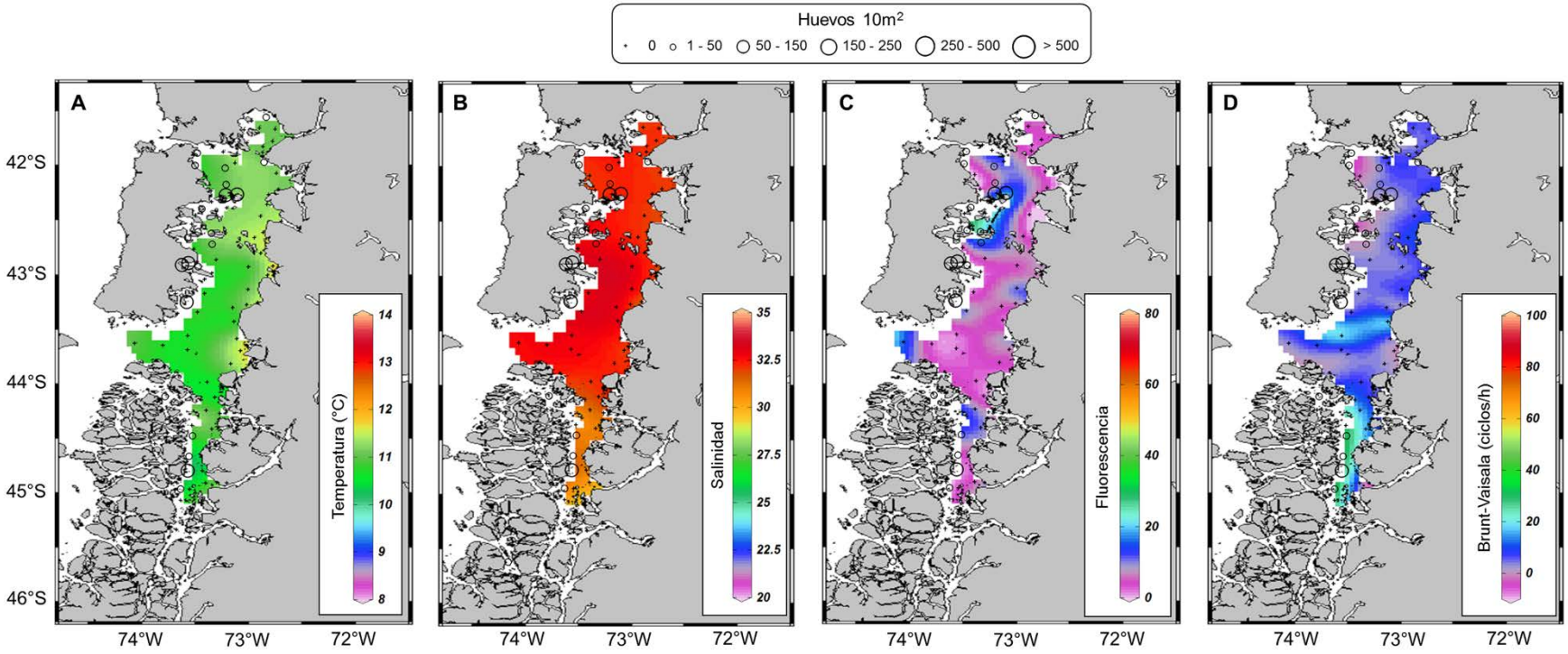


Figura 99. Sobreposición de abundancia de huevos de clupeidos sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 25 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2).

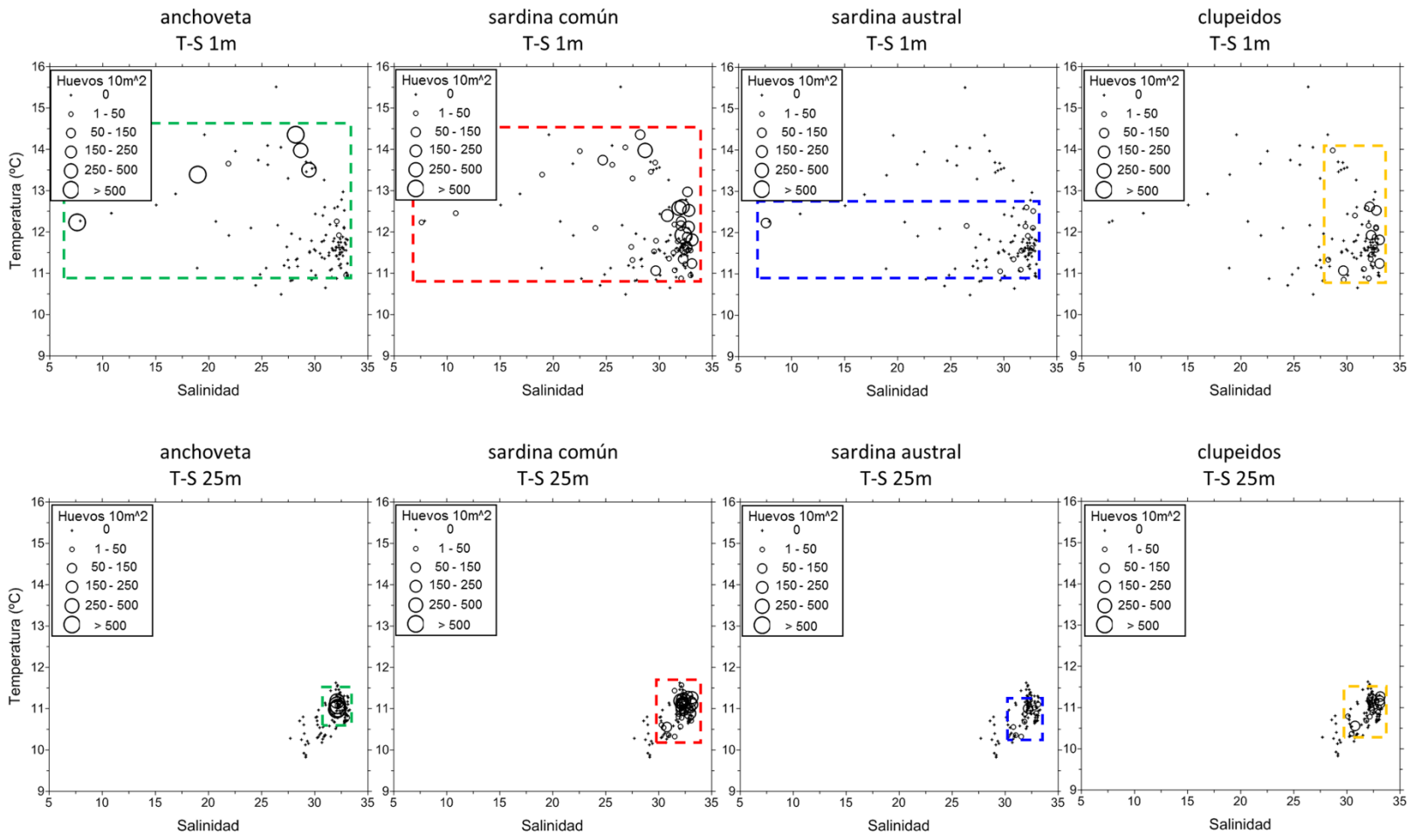


Figura 100. Diagramas en que la data del 2014 de temperatura y salinidad a 1 m y 25 m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos.

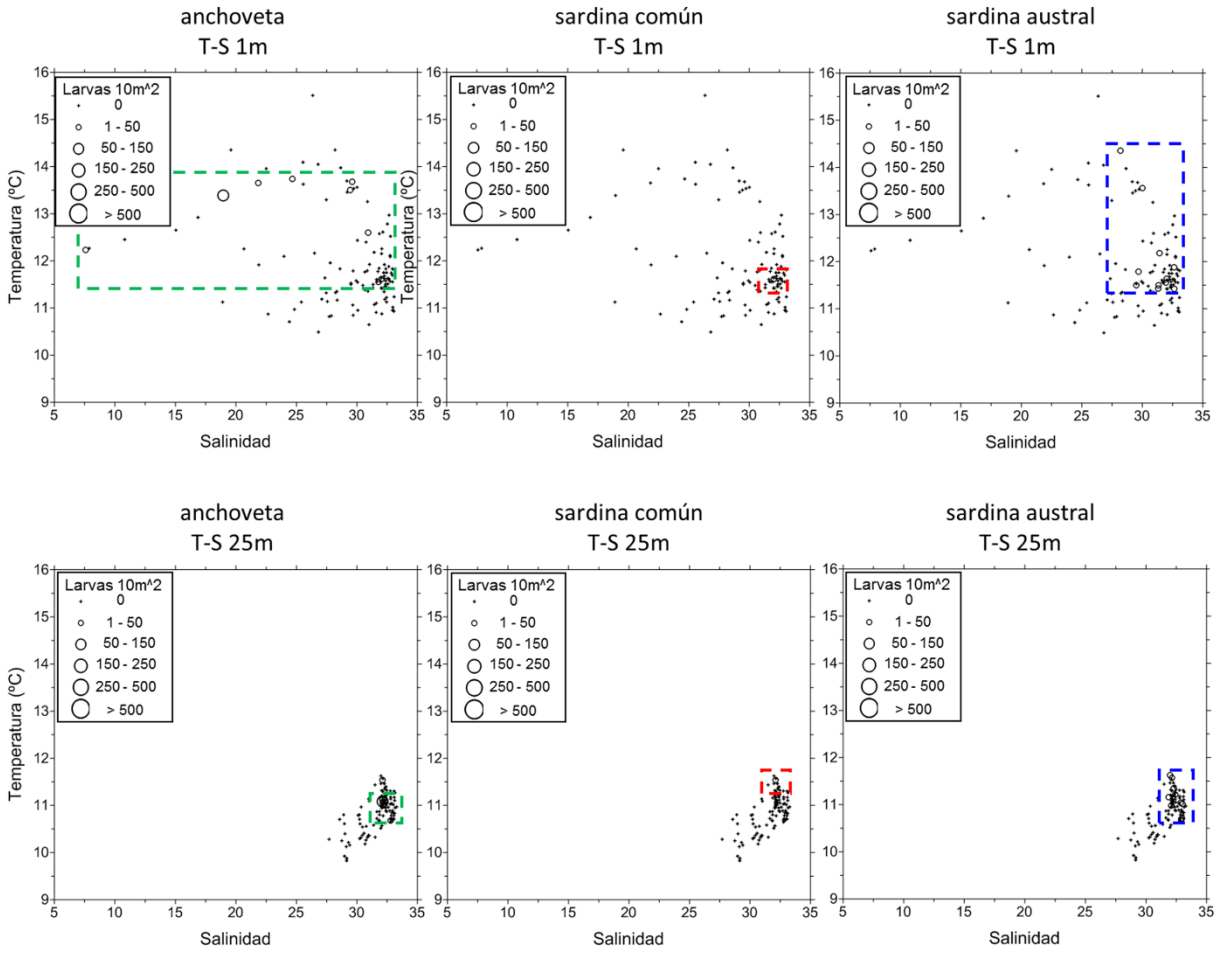


Figura 101. Diagramas en que la data del 2014 de temperatura y salinidad a 1m y 25m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de larvas de anchoveta, sardina común y sardina austral.

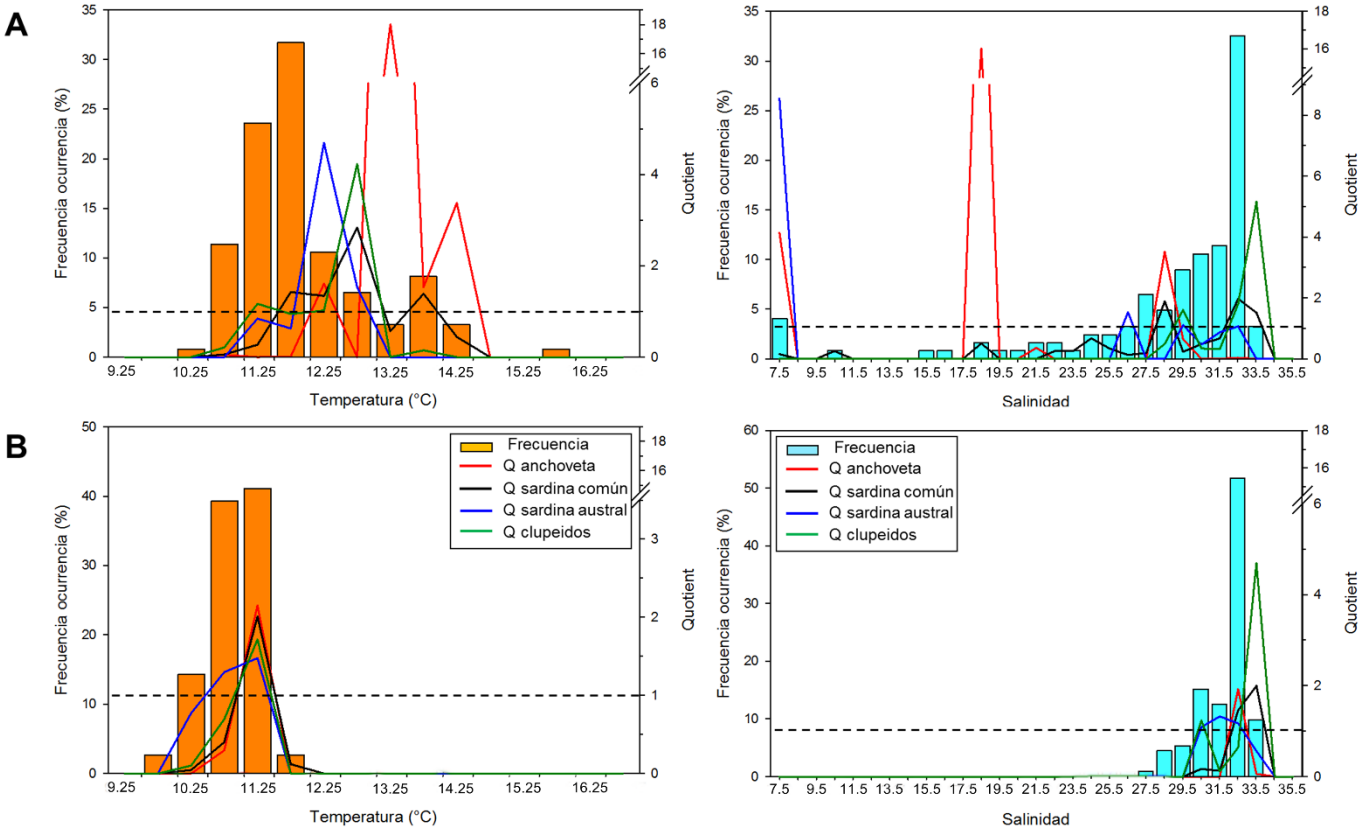


Figura 102. Análisis de Quotient, donde muestra la distribución de frecuencia de ocurrencia de las variables ambientales y quotient para huevos de anchoveta (línea roja), sardina común (línea negra), sardina austral (línea azul) y clupeidos (línea verde). Variables ambientales son temperatura y salinidad a 1m (A) y 25m de profundidad (B).

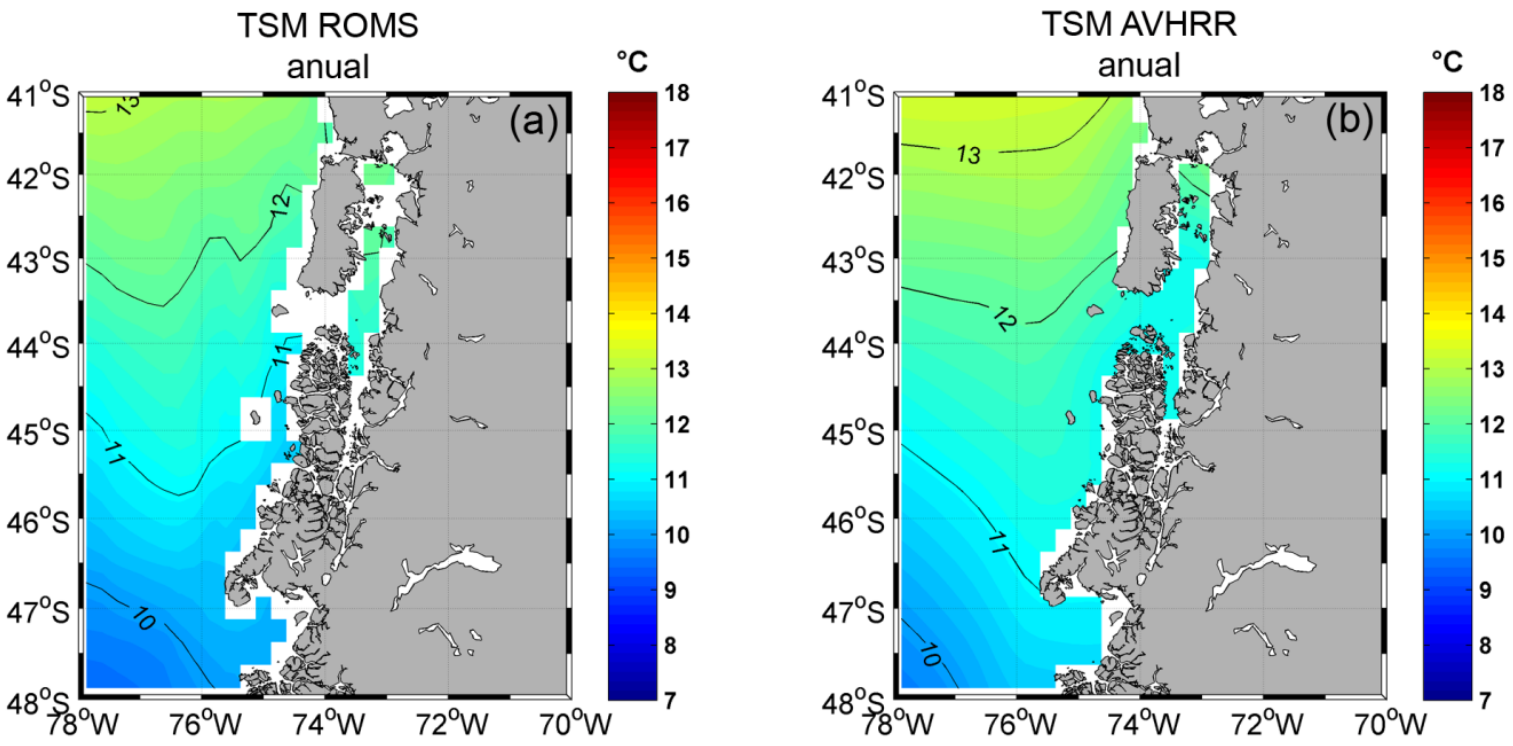


Figura 103. Comportamiento promedio anual de la temperatura superficial del mar (TSM) de (a) modelo ROMS y (b) derivada de satélites AVHRR.

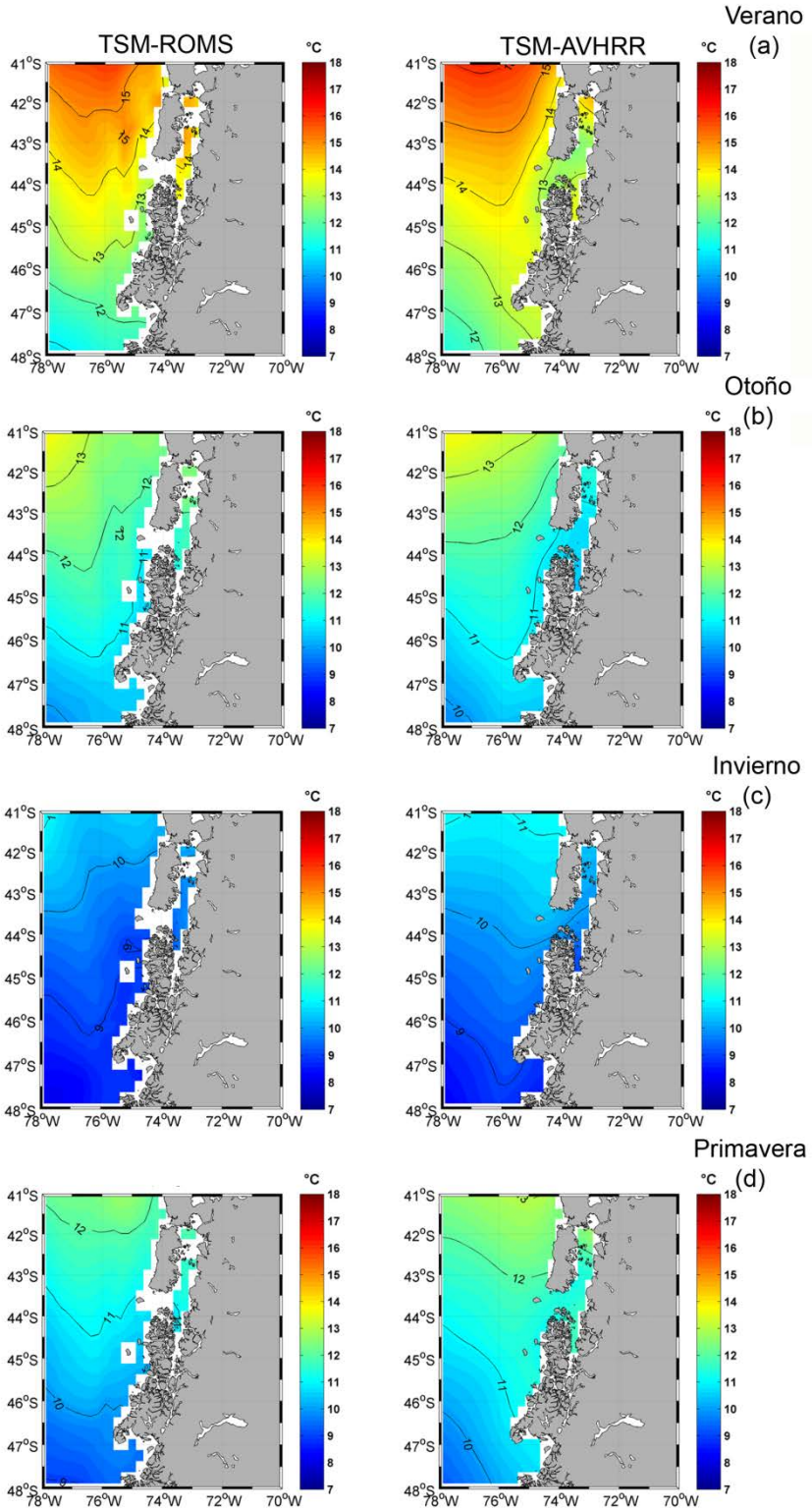


Figura 104. Climatología estacional de la TSM del modelo ROMS (columna izquierda) y del producto satelital AVHRR (columna central). (a) Verano, (b) otoño, (c) Invierno y (d) primavera.

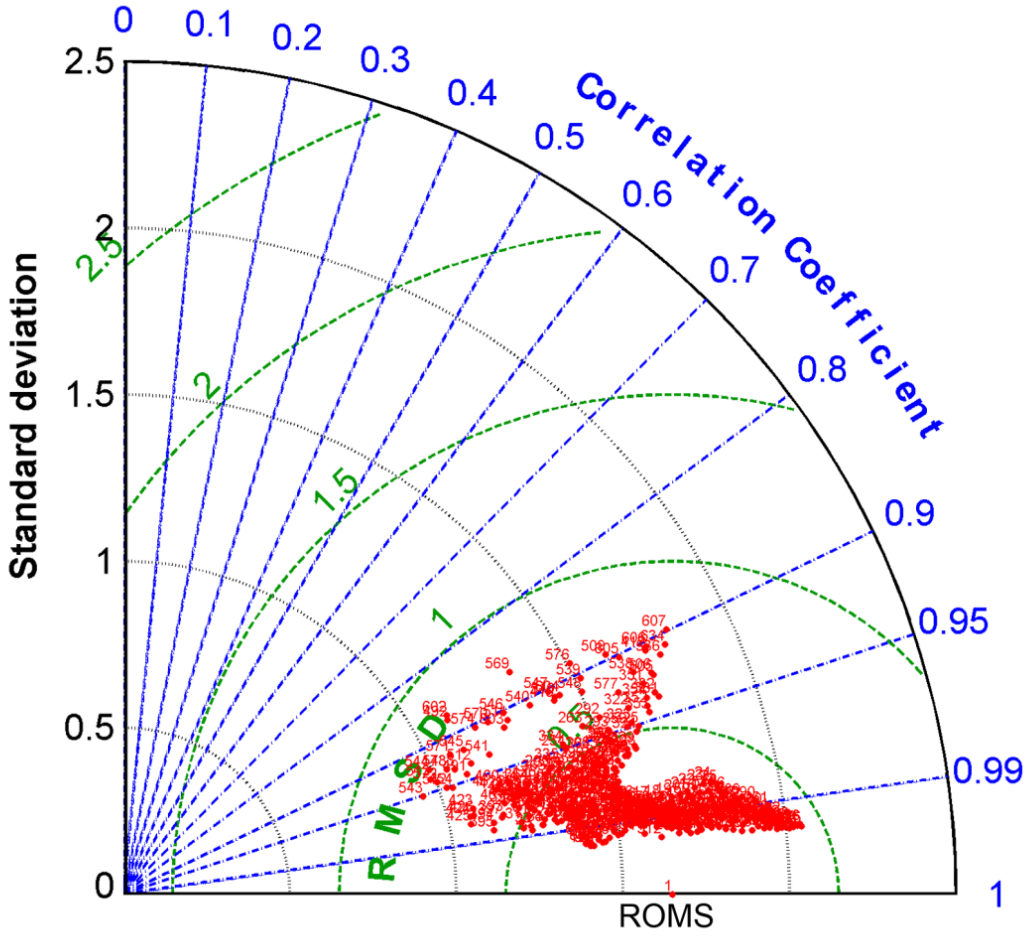


Figura 105. Diagrama de Taylor realizado entre la TSM de ROMS y el producto TSM satelital. Los puntos rojos son los datos in-situ y el modelo esta representado por el número 1 en el eje x. En el eje y aparece la desviación estándar y en color azul los valores del coeficiente de correlación entre los datos del modelo y los datos satelitales.

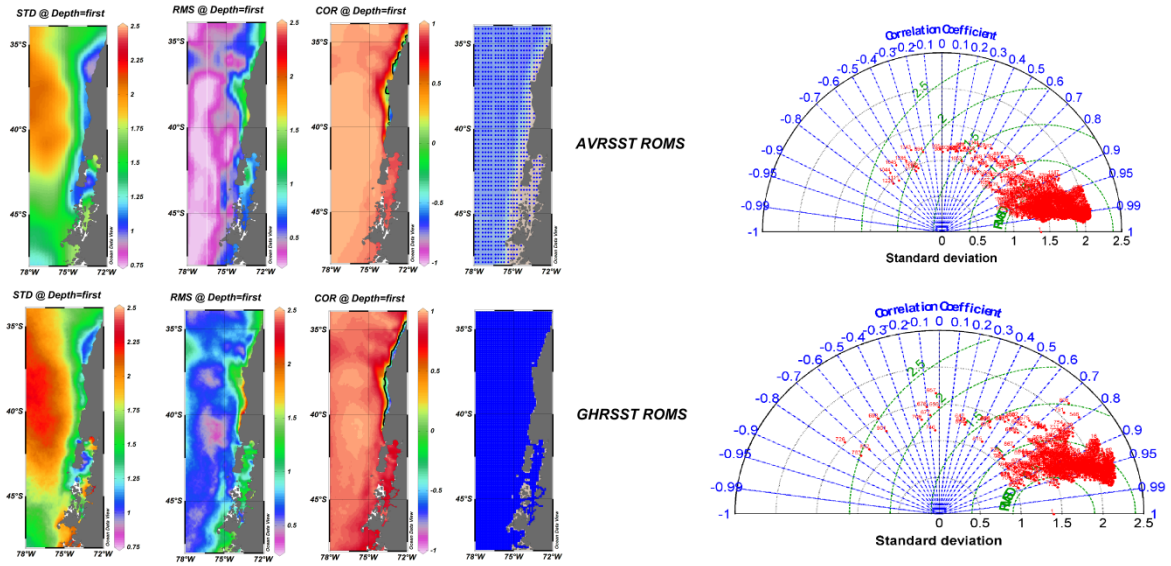


Figura 106. Comparación de dos productos de temperatura superficial del mar para la validación de las salidas de ROMS. La figura muestra nuevamente la alta correlación entre los datos in-situ y el modelo. En la figura STD (desviación estándar), RMS (Error medio cuadrático) y COR (Correlación cruzada). AVRSST y GHRSST son los productos de temperatura superficial del mar.

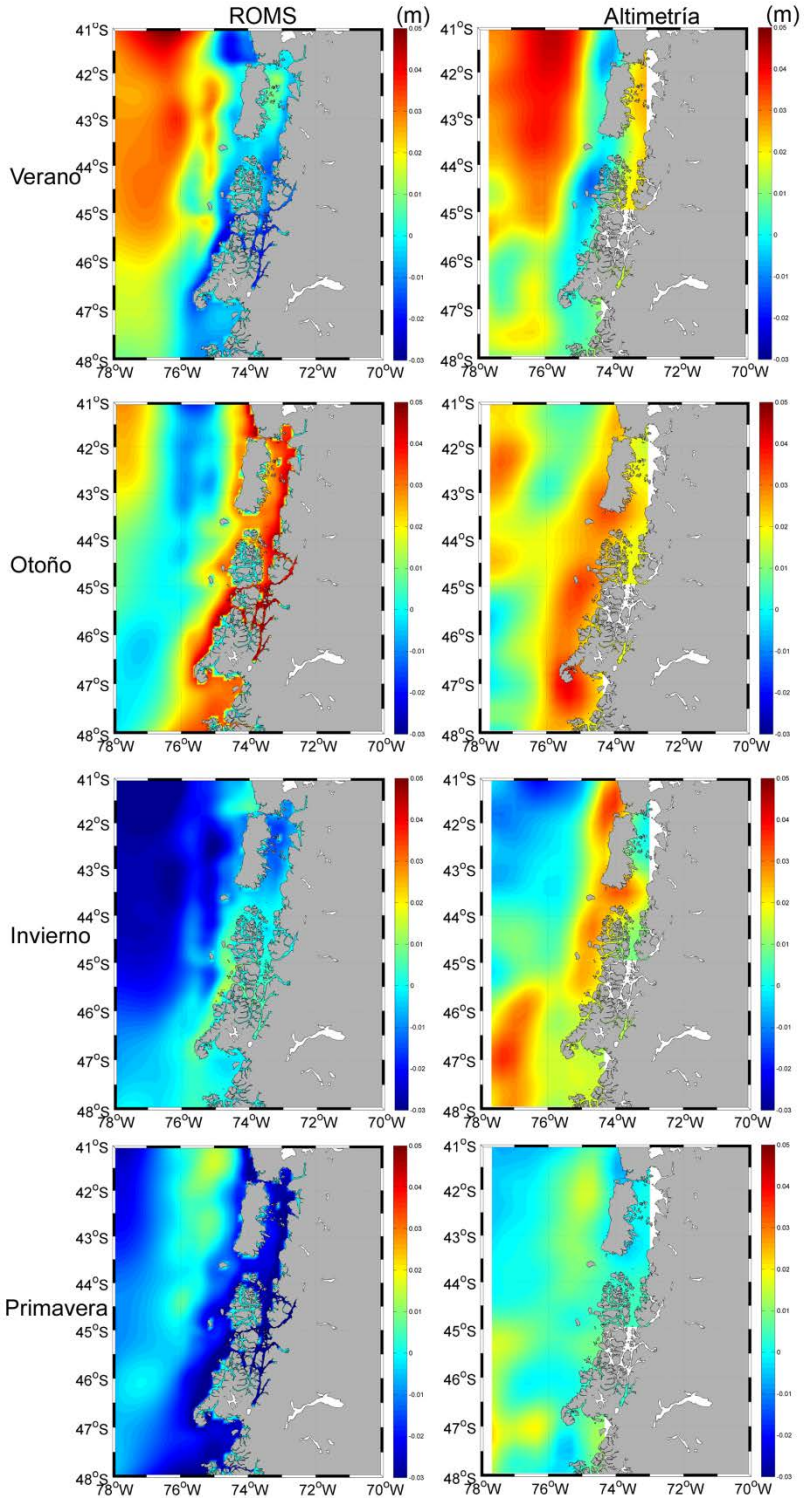


Figura 107. Climatología estacional de las anomalías del nivel el mar obtenidas del modelo ROMS (columna izquierda) y de la altimetría satelital (columna derecha). De arriba hacia abajo aparecen los promedios para el verano, otoño, invierno y la primavera.

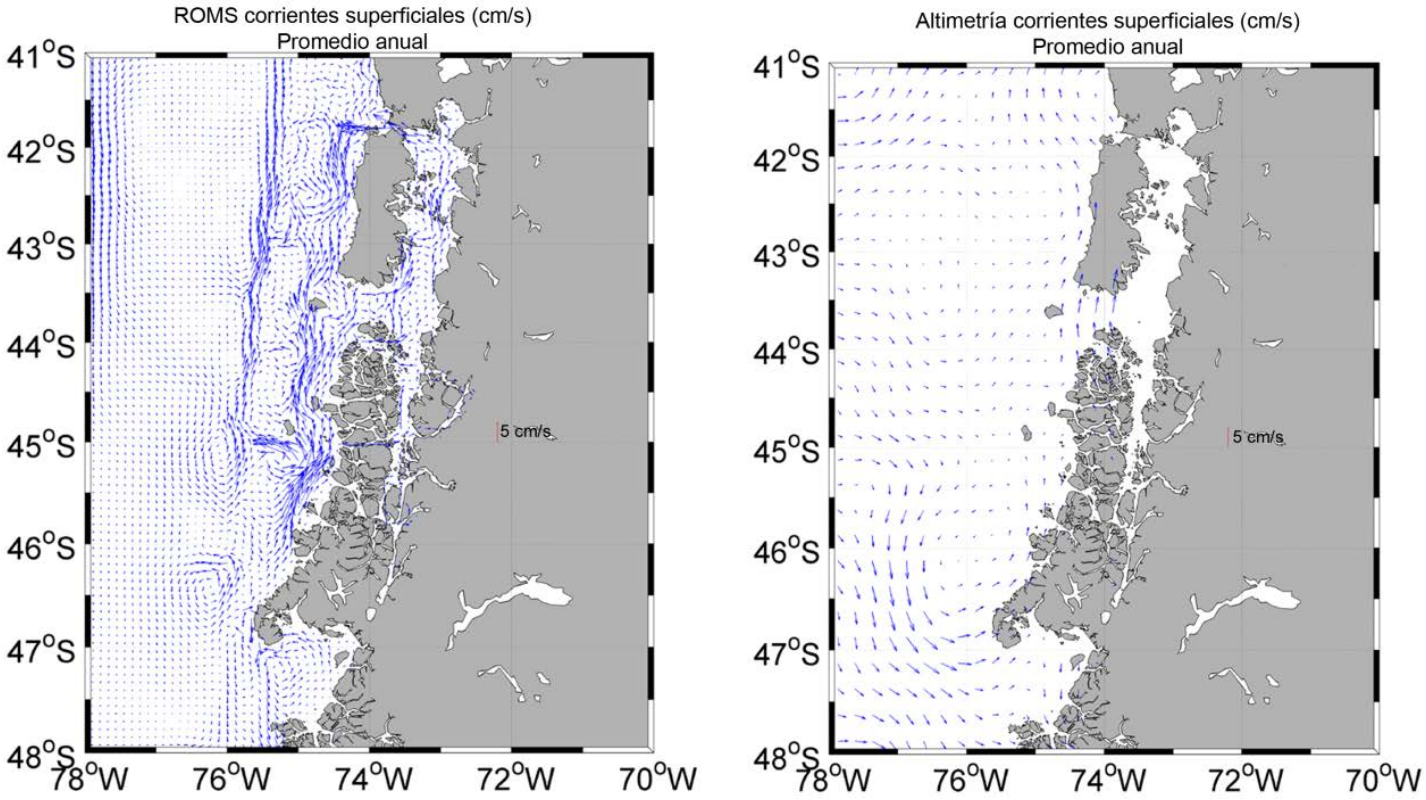


Figura 108. Corrientes superficiales promedios obtenidas del modelo ROMS (izquierda) y de altimetría satelital (derecha).

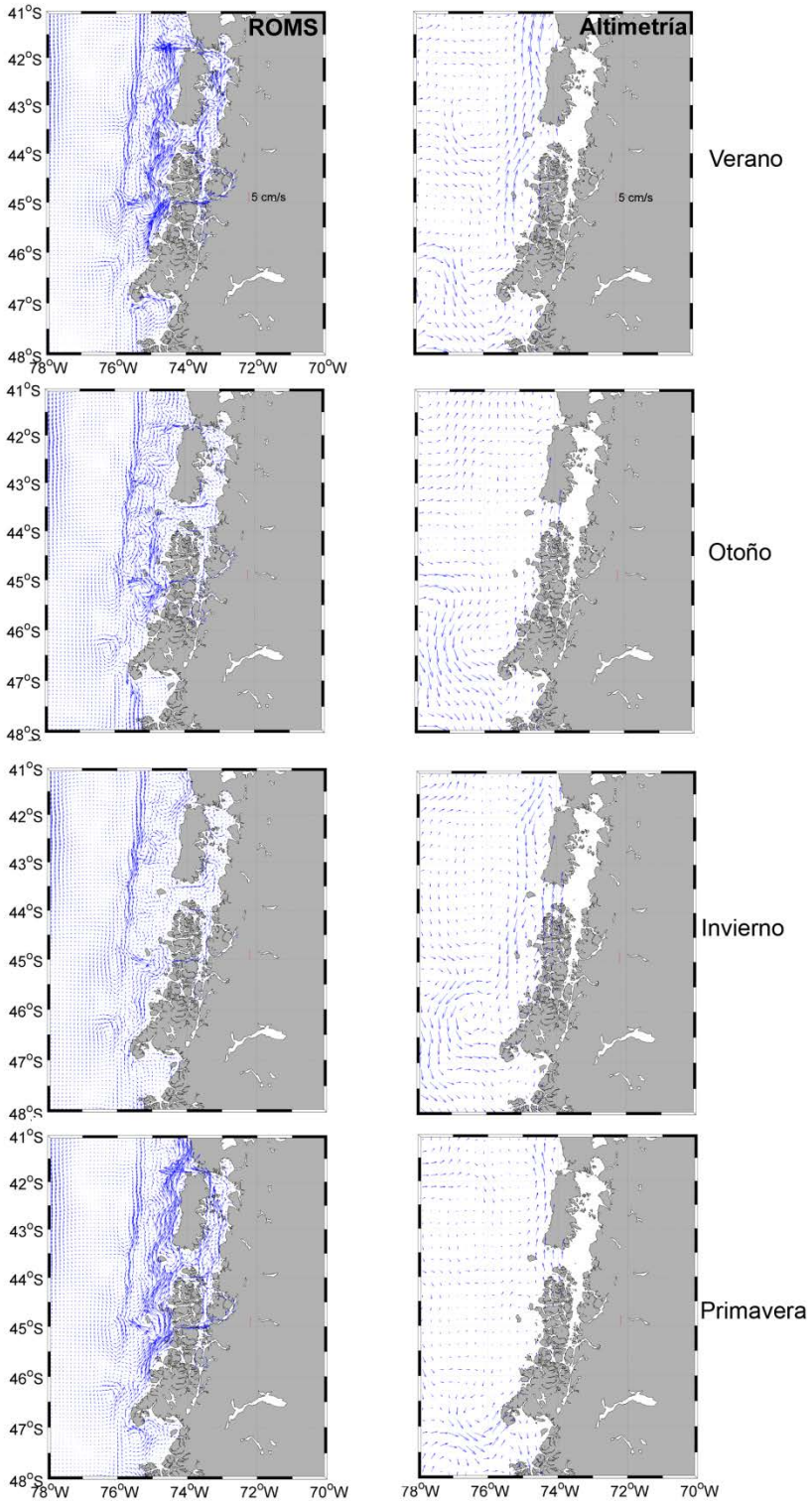


Figura 109a. Climatología estacional de las corrientes marinas superficiales obtenidas del modelo ROMS (columna izquierda) y de la altimetría satelital (columna derecha). De arriba hacia abajo aparecen los promedios para el verano, otoño, invierno y la primavera.

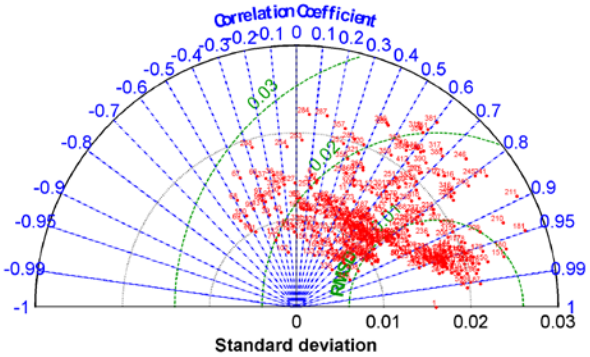


Figura 109b. Diagrama de Taylor realizado entre los datos superficiales del modelo ROMS y los datos de corrientes superficiales obtenidos de altimetría satelital (AVISO).

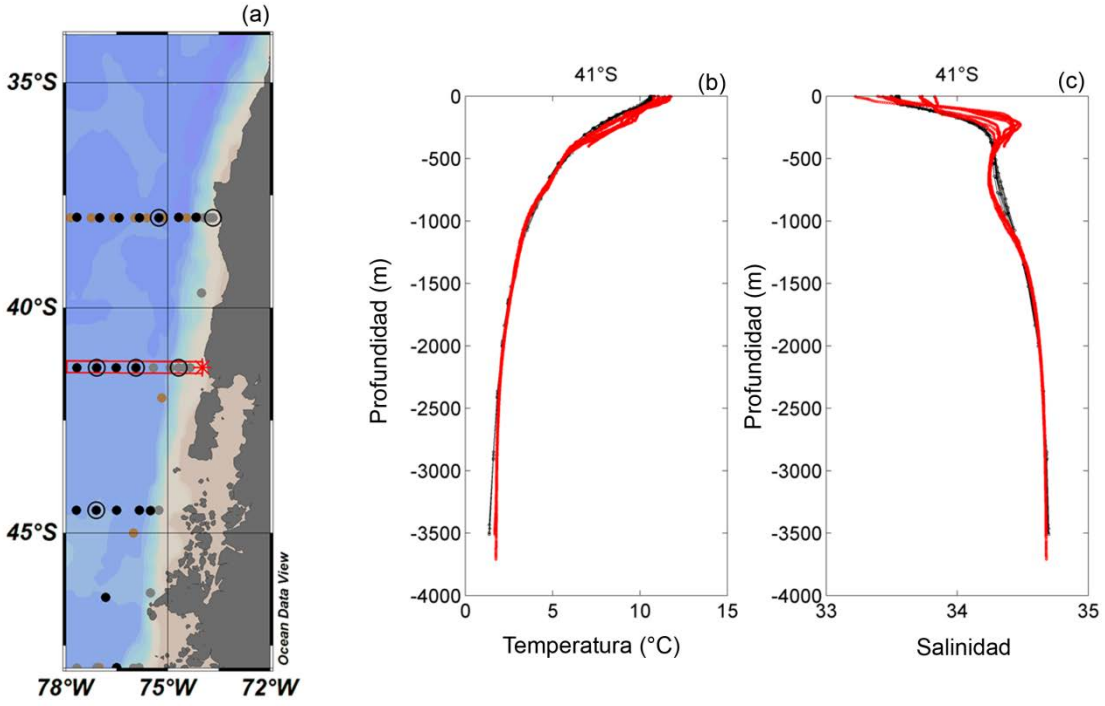


Figura 110. (a) Estaciones de muestreo ejecutadas durante el experimento WOCE. (b) Perfiles de temperatura y (c) salinidad de WOCE (rojo) correspondiente al transepto PR14 y del modelo ROMS (negro).

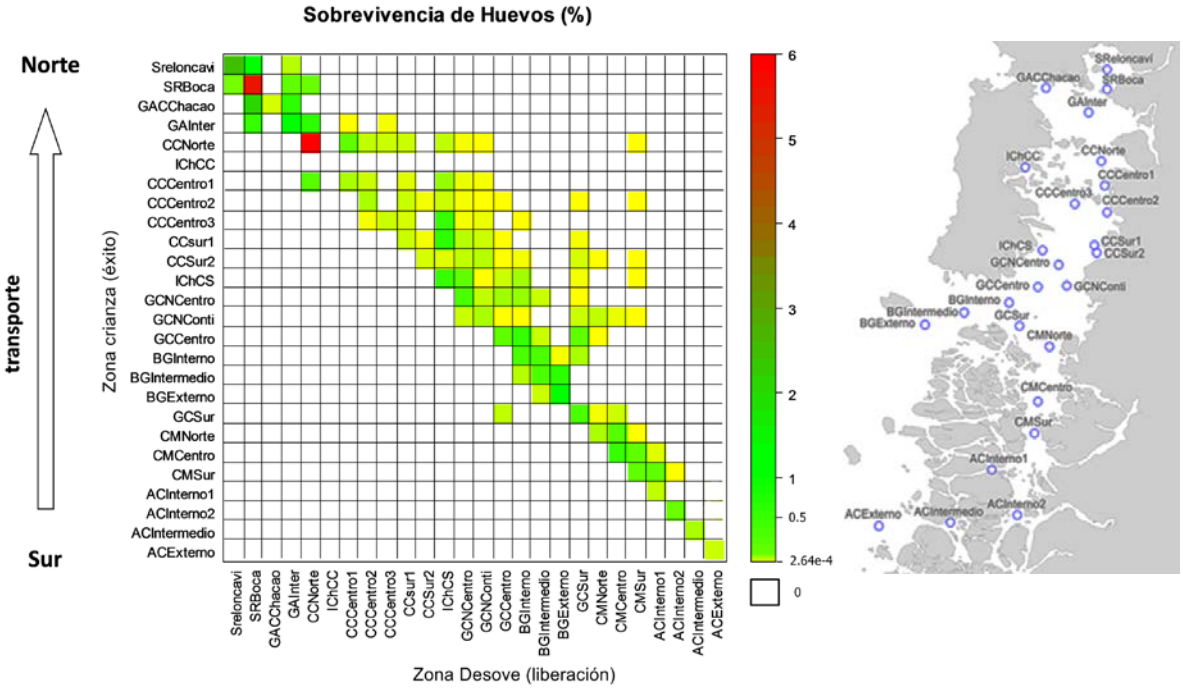


Figura 111. Dinámica del transporte (sobrevivencia) y retención de huevos de anchoveta durante el periodo reproductivo.

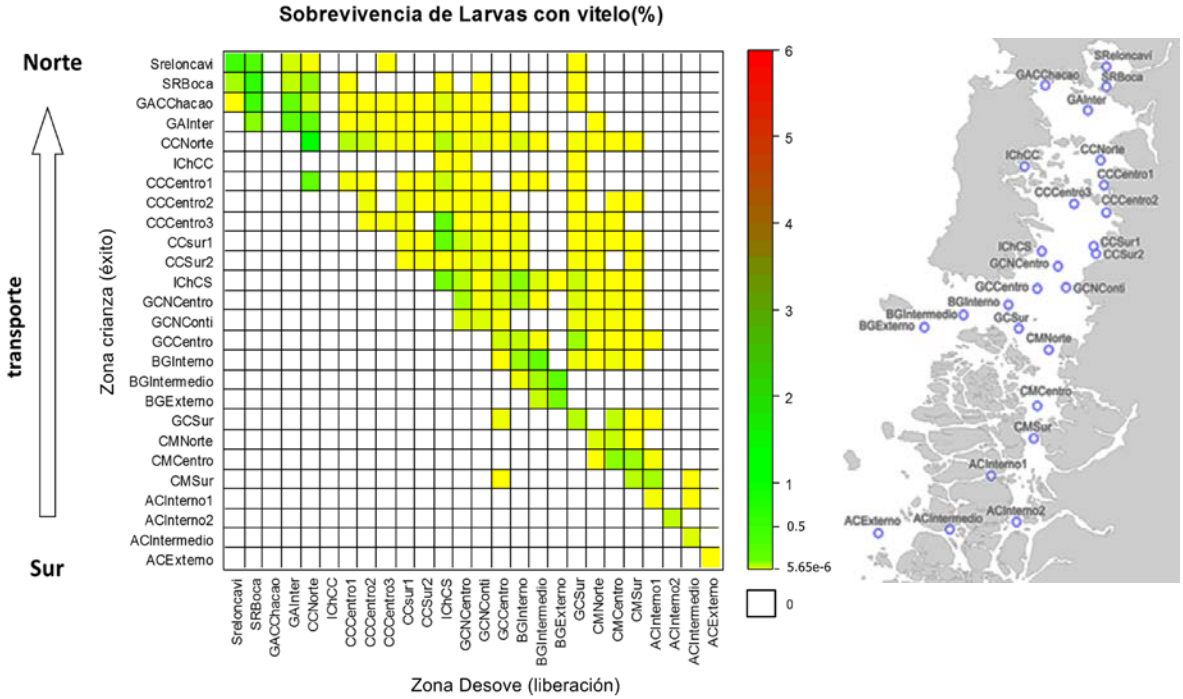


Figura 112. Dinámica del transporte (sobrevivencia) y retención de larvas con vítelo de anchoveta durante el periodo reproductivo.

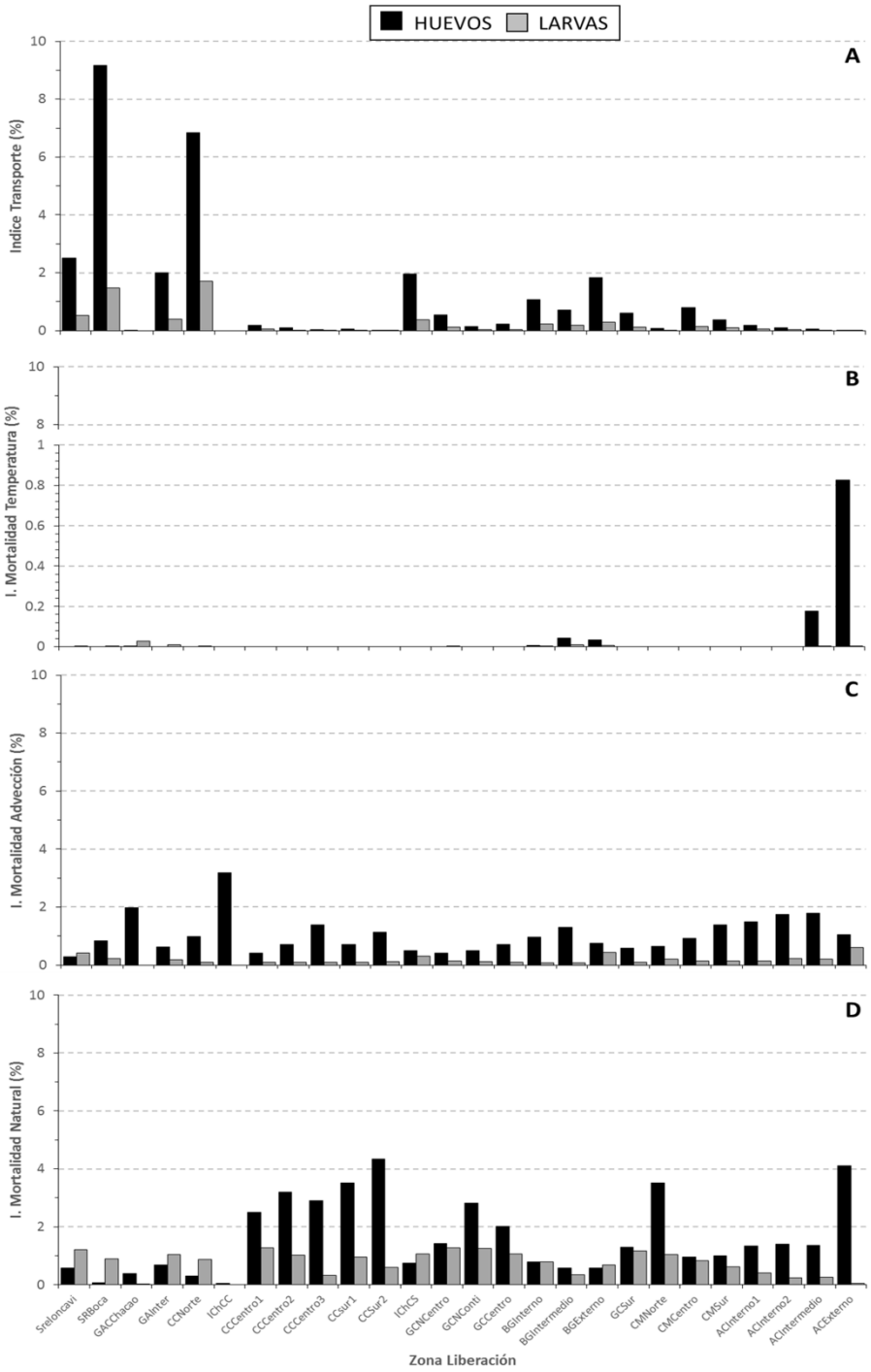


Figura 113. Transporte (A) y mortalidades (temperatura (B), advección (C) y natural (D)) de huevos y larvas por zona de desove (liberación) durante el periodo reproductivo (I. Sobrevivencia: Los valores en porcentaje (%) fueron obtenidos de la relación entre el total de partículas vivas (huevos/larvas) y el número vivos por zona por 100; I. Mortalidades: Es la relación entre el total de partículas muertas (huevos/larvas) y el número que mueren por efecto de los procesos de temperatura o advección o natural en las distintas zona de desove).

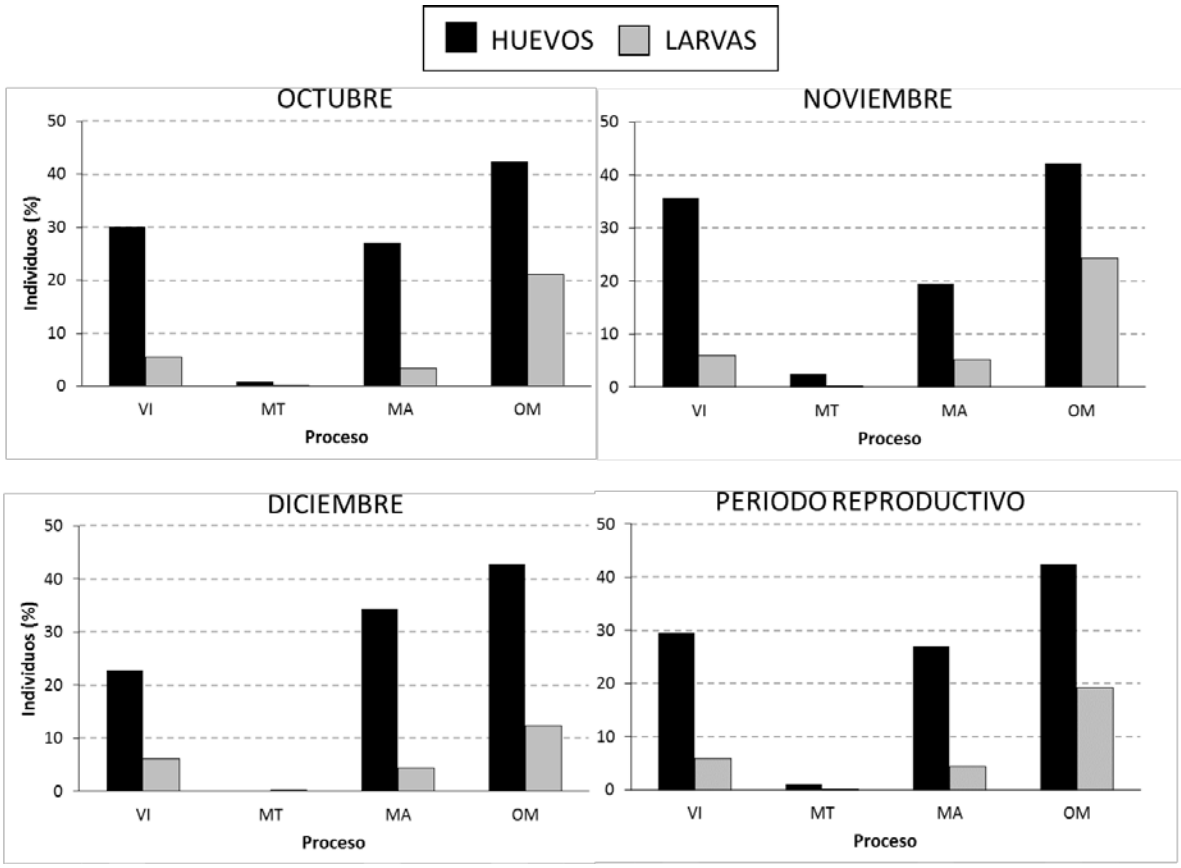


Figura 114. Porcentaje de transporte exitoso (VI) y mortalidades por temperatura (MT), advección (MA) y natural (MO) durante el periodo reproductivo (Mortalidad Natural no considera los muertos por temperatura y advección).

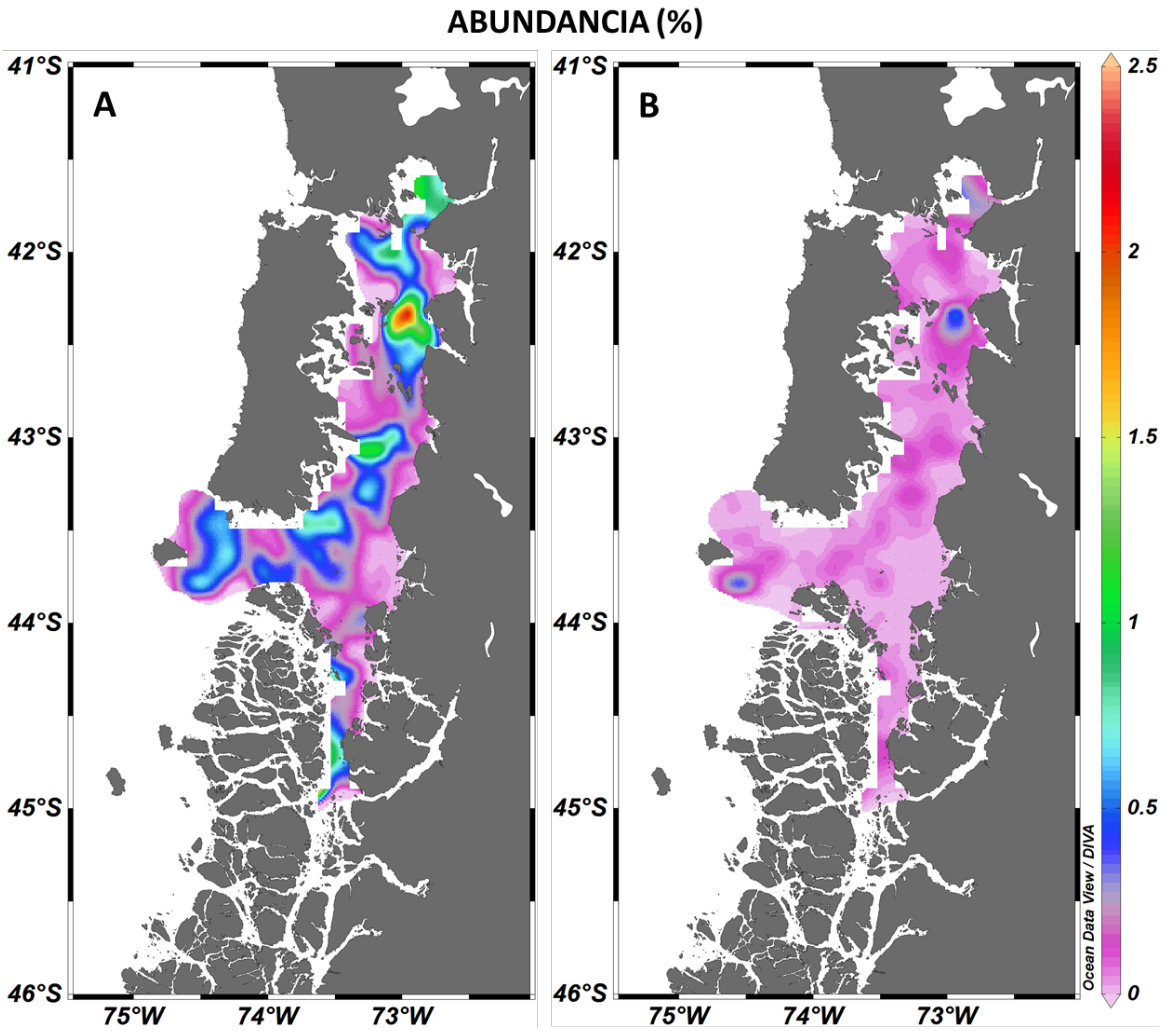


Figura 115. Distribución de huevos (A) y larvas (B) de anchoveta obtenidas de las salidas del modelo adaptado para el mar interior de Chiloé y Canal Moraleda. (Valores de porcentaje (%) se obtuvieron de la relación entre el total de partículas vivas (huevos+larvas) más las que están en tránsito y el número de partículas vivas (huevos/larvas) agrupadas cada 9 km (ver sección 2.3.3.5.2).

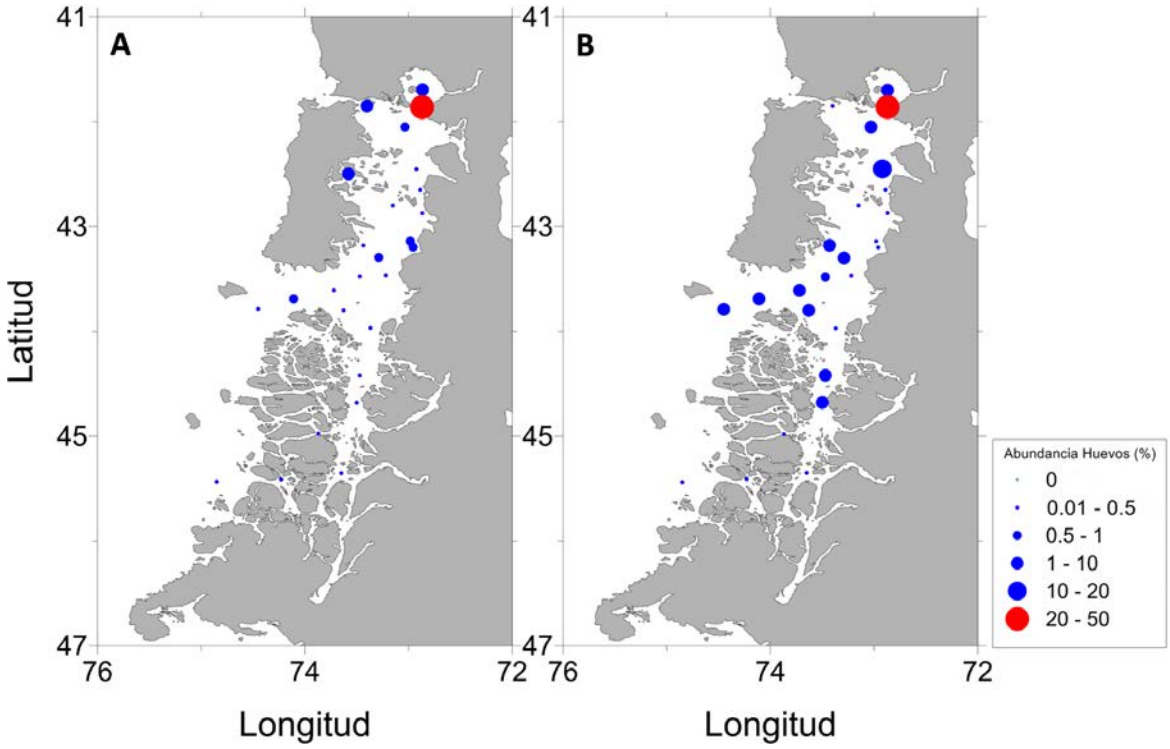


Figura 116. Distribución de huevos de anchoveta a partir de los datos (A, 2002-2011) y modelo (B) durante el periodo reproductivo (los valores de abundancia en porcentaje (%) se obtuvieron de la relación entre la suma de partículas vivas (huevos + larvas) y el número de huevos vivos por zona).

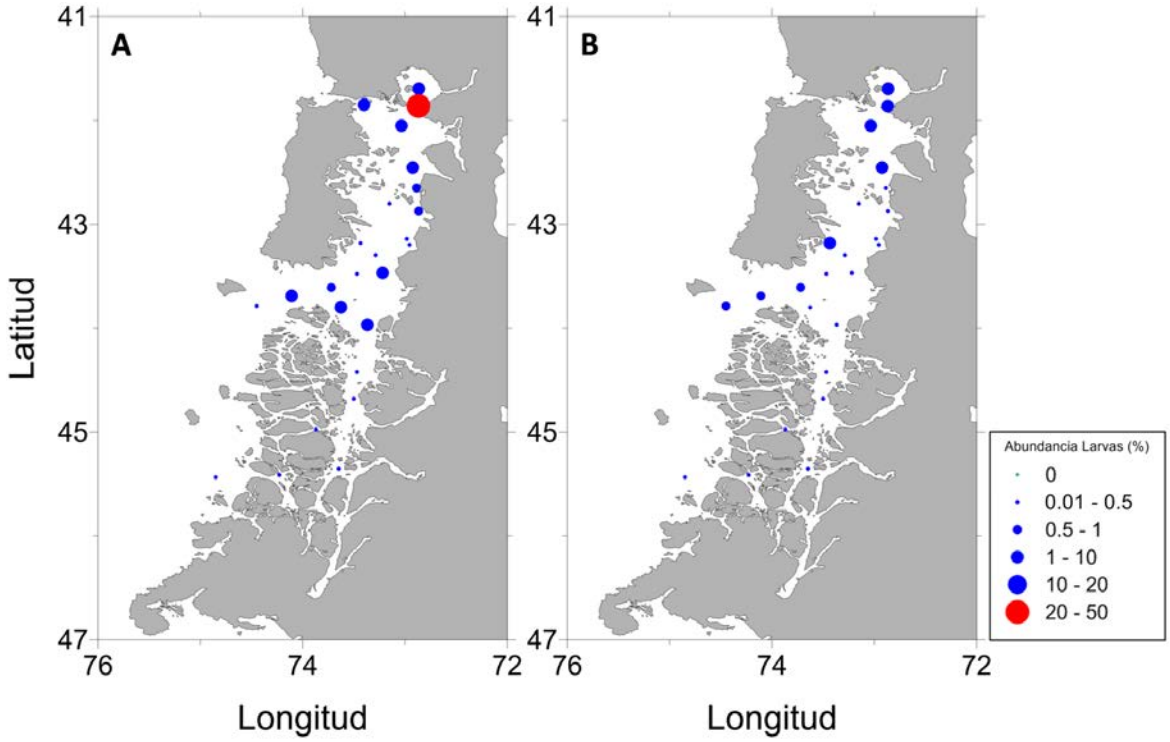


Figura 117. Distribución de larvas de anchoveta a partir de los datos (A, 2002-2011) y modelo (B) durante el periodo reproductivo (Los valores de abundancia en porcentaje (%) se obtuvieron de la relación entre la suma de partículas vivas (huevos + larvas) y el número de larvas vivas por zona).

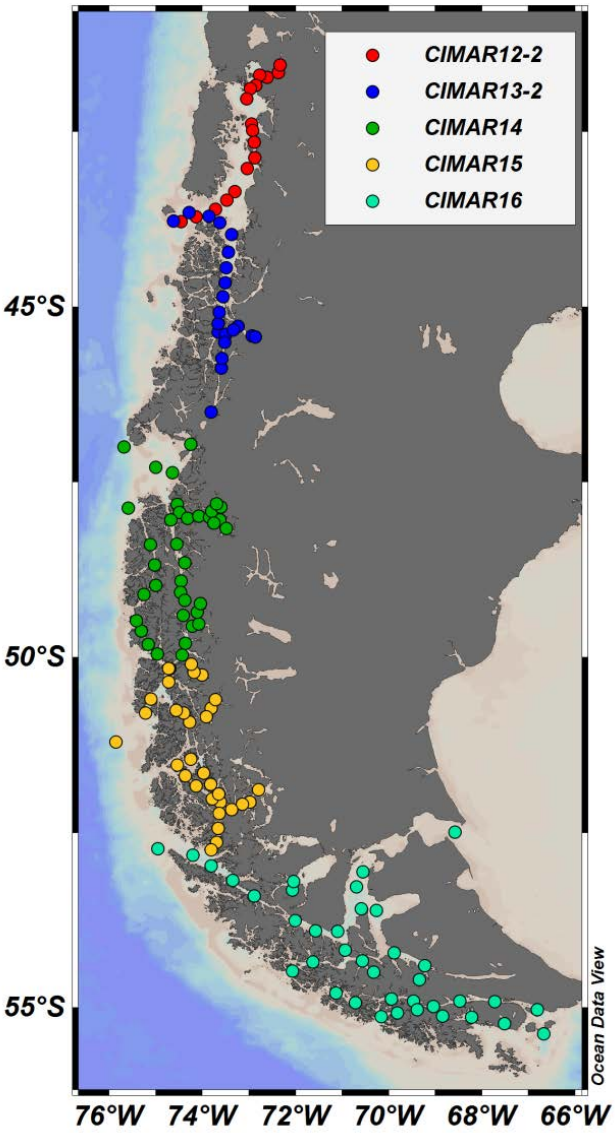


Figura 118. Mapa con estaciones llevadas a cabo durante primaveras de los cruceros CIMAR Fiordos 12 al 16, señalando de distinto color cada año de muestreo.

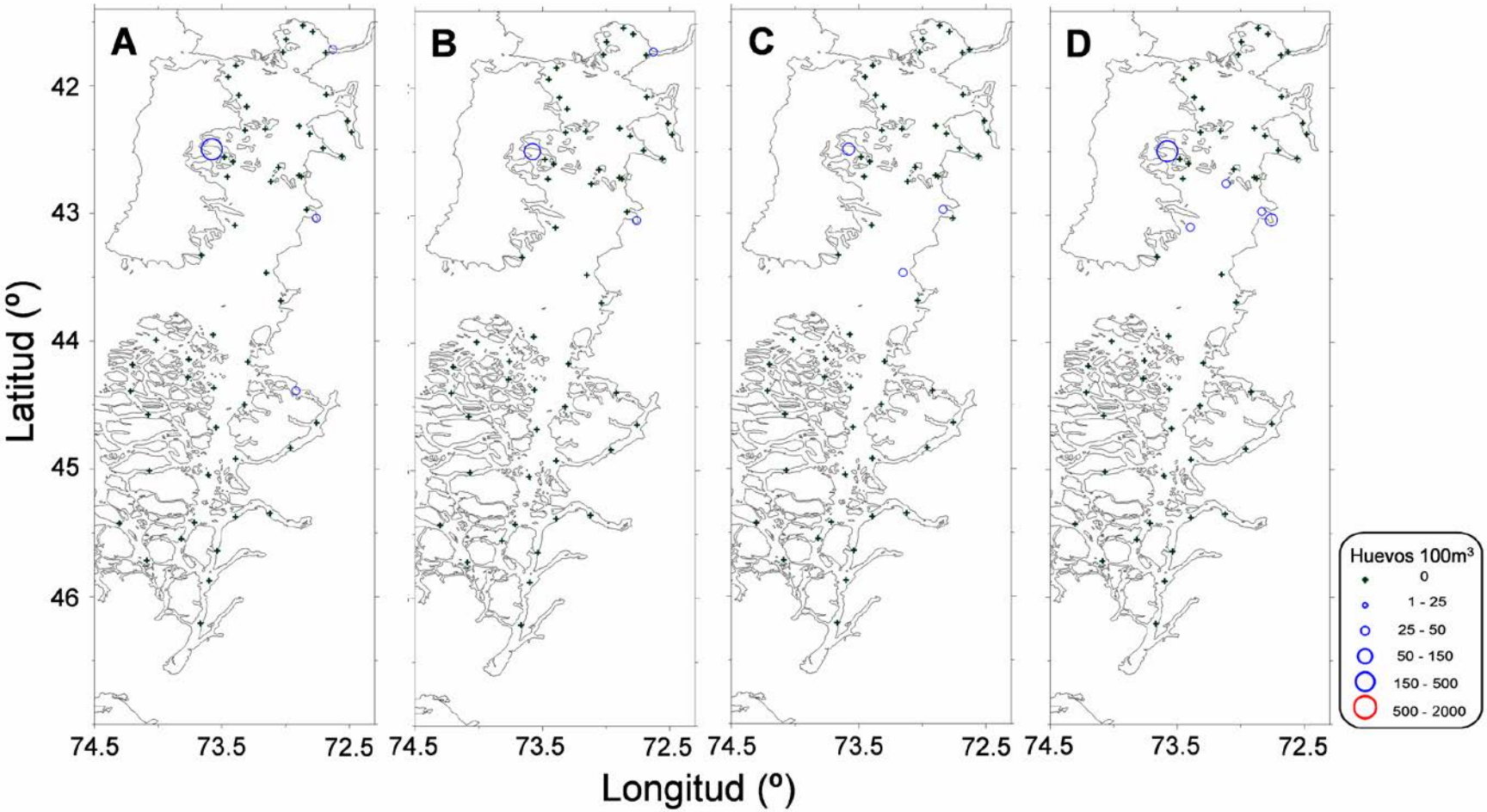


Figura 119. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XI regiones (Hidroacústico 2010).

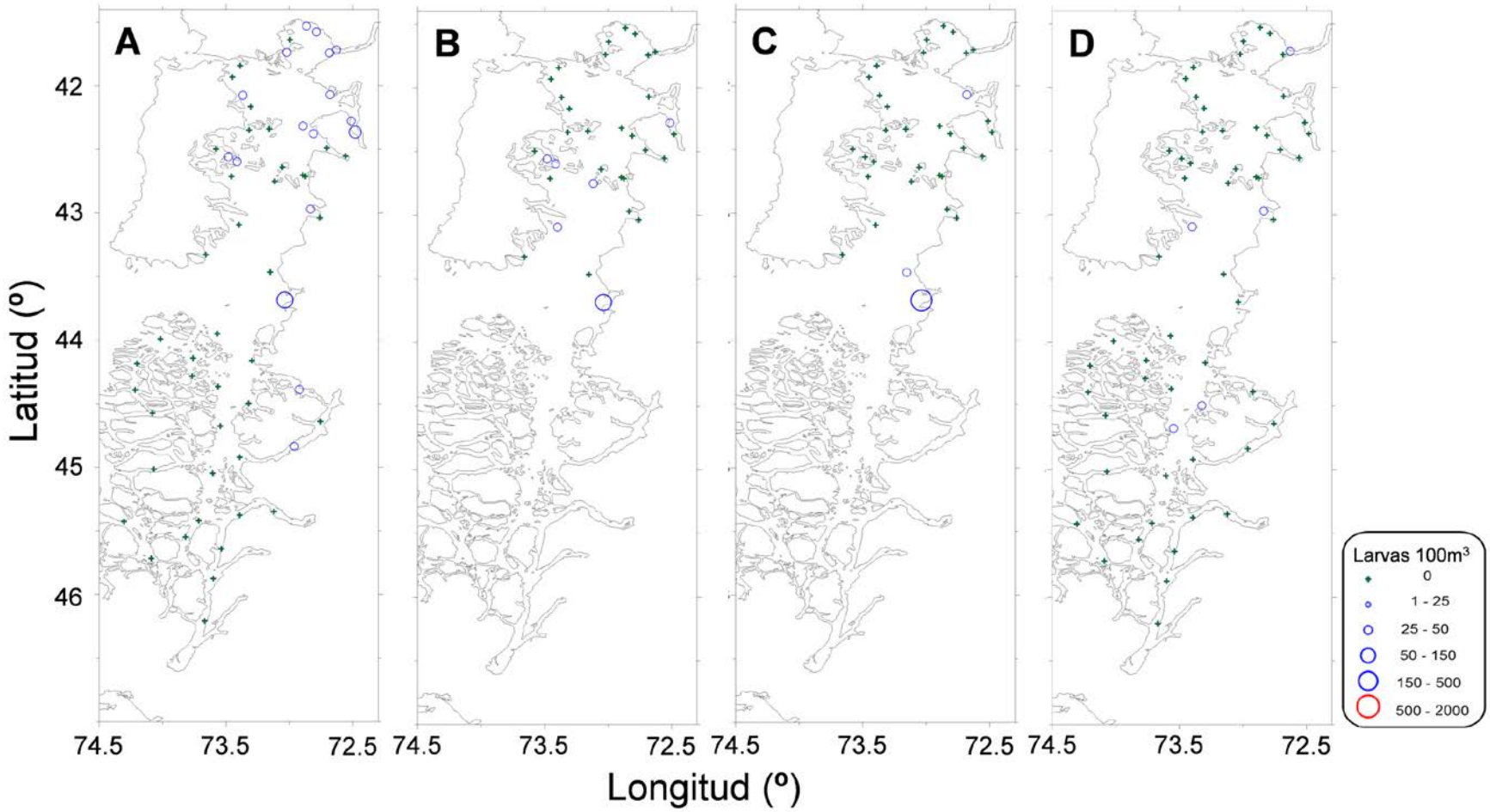


Figura 120. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XI regiones (Hidroacústico 2010).

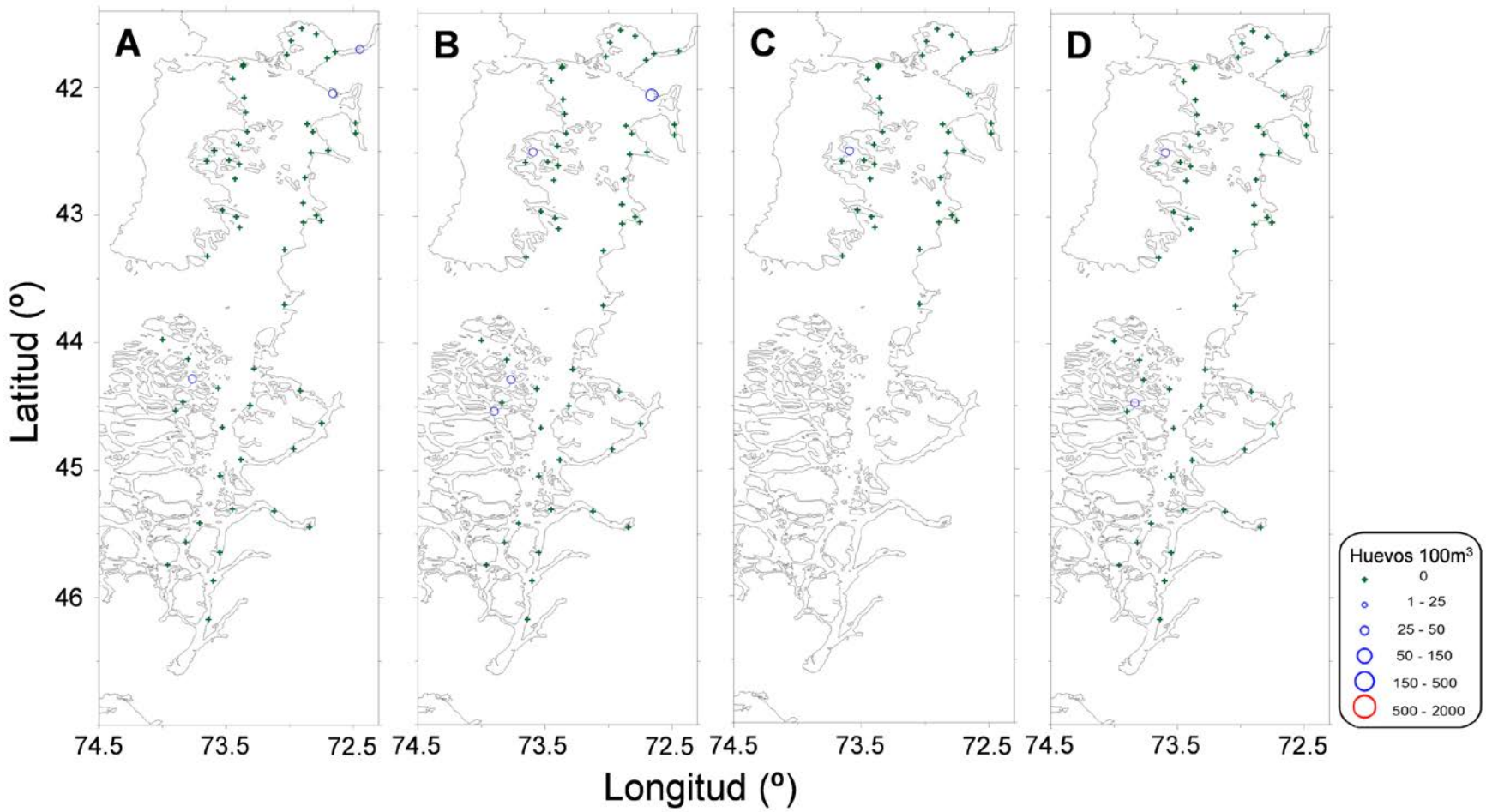


Figura 121. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XI regiones (Hidroacústico 2013).

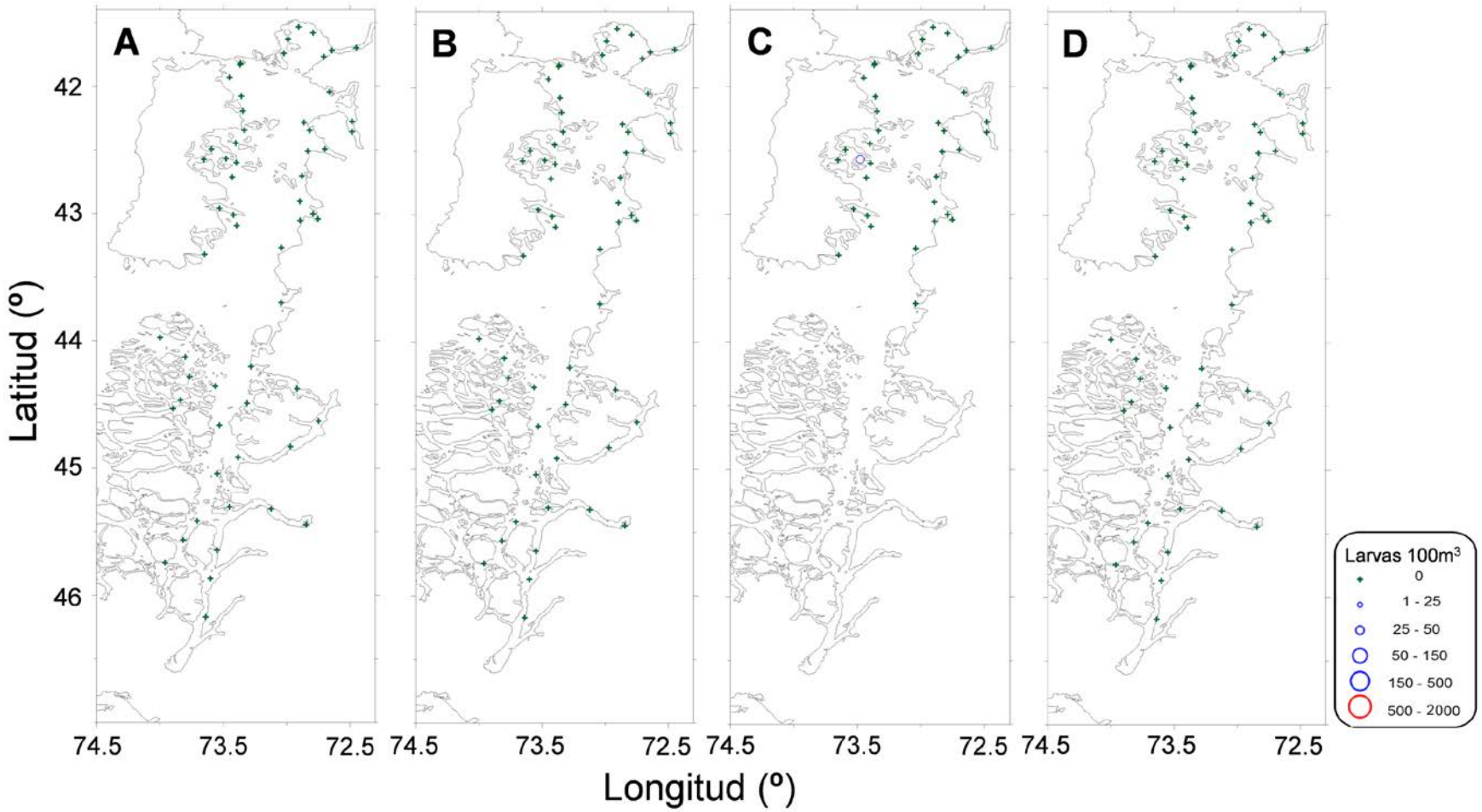


Figura 122. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XI regiones (Hidroacústico 2013).

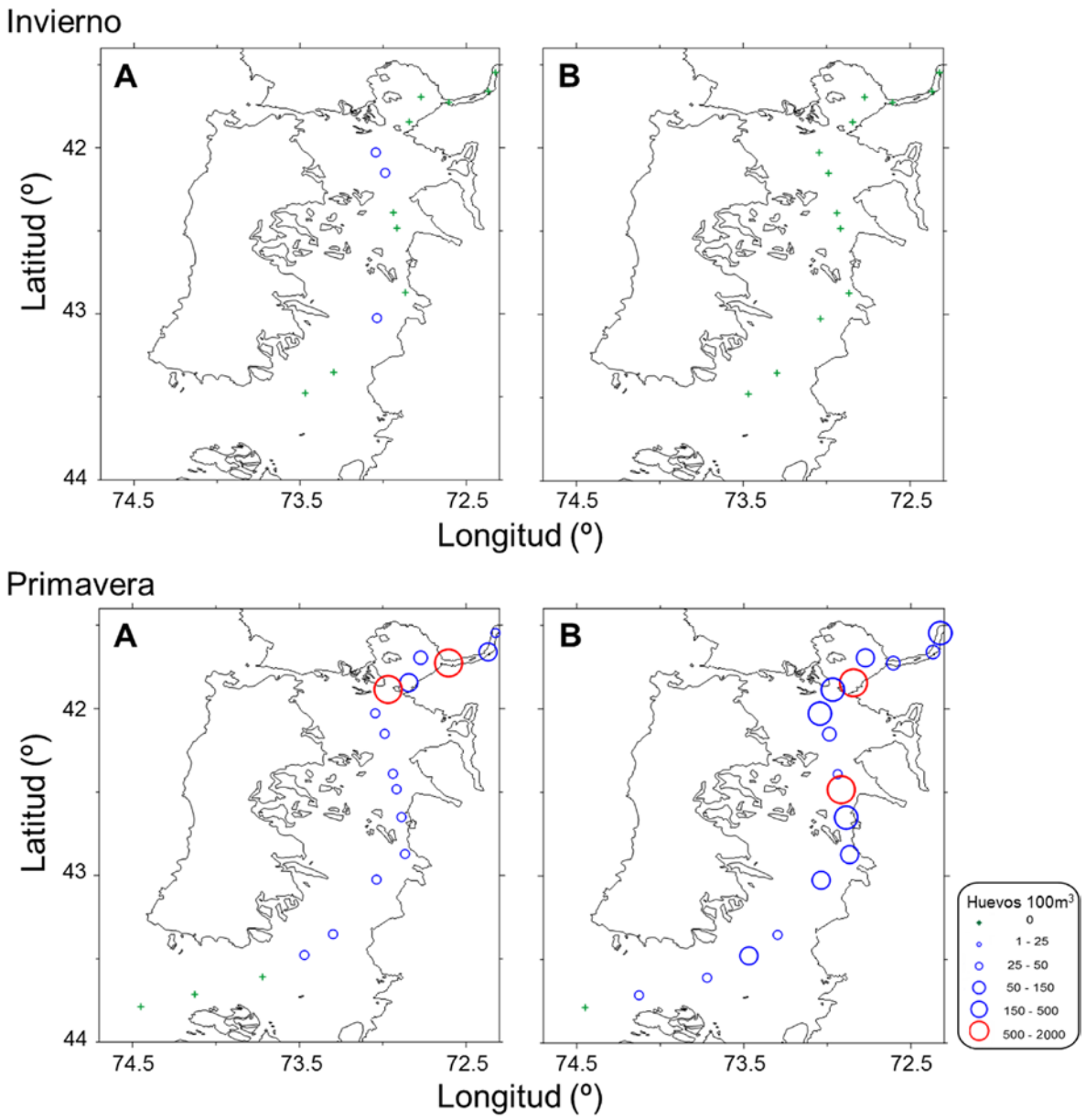


Figura 123. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A) y clupeidos (B) en la X región durante invierno y primavera del 2006 (CIMAR 12-1 y 12-2).

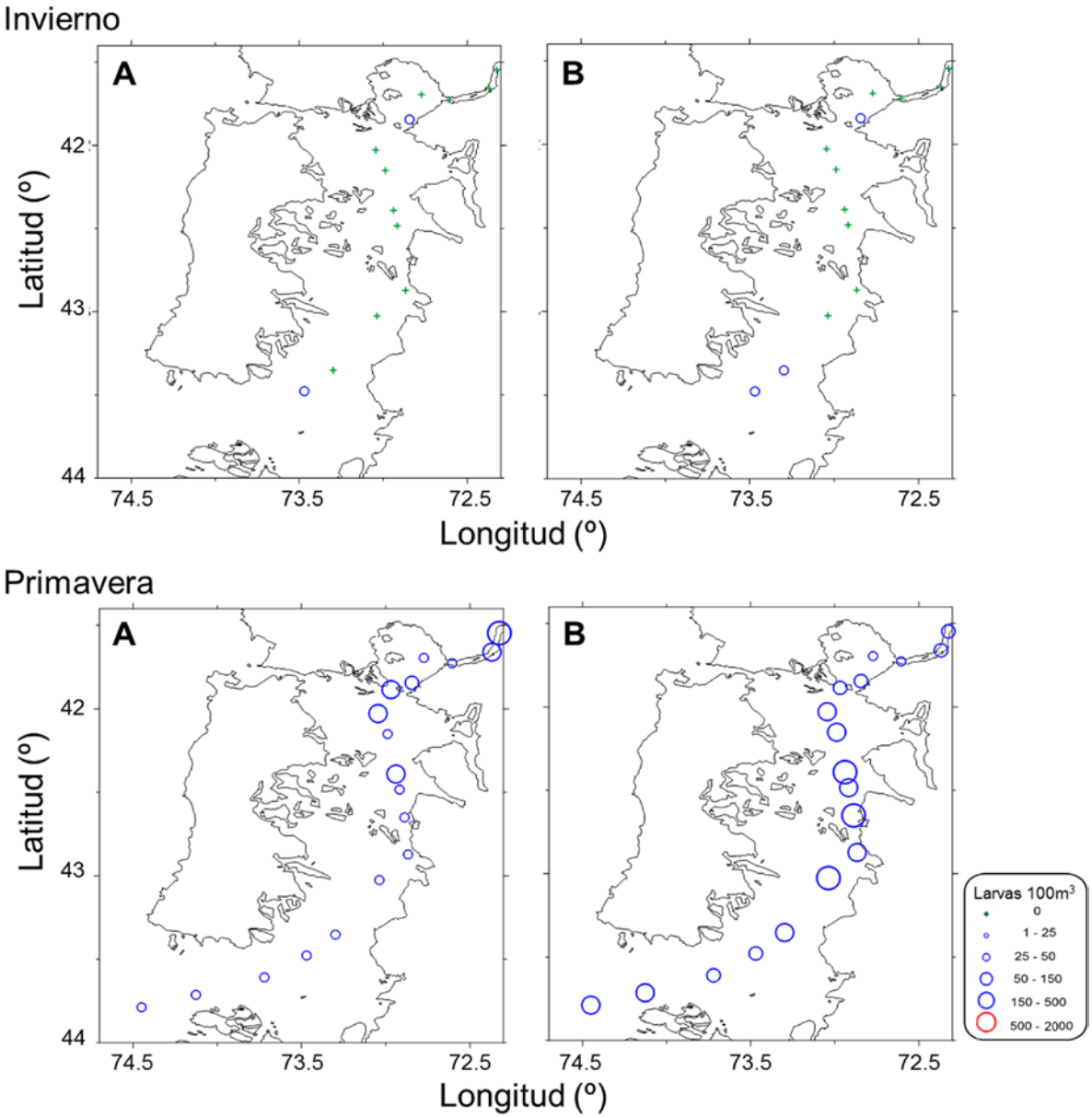


Figura 124. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A) y clupeidos (B) en la X región durante invierno y primavera del 2006 (CIMAR 12-1 y 12-2).

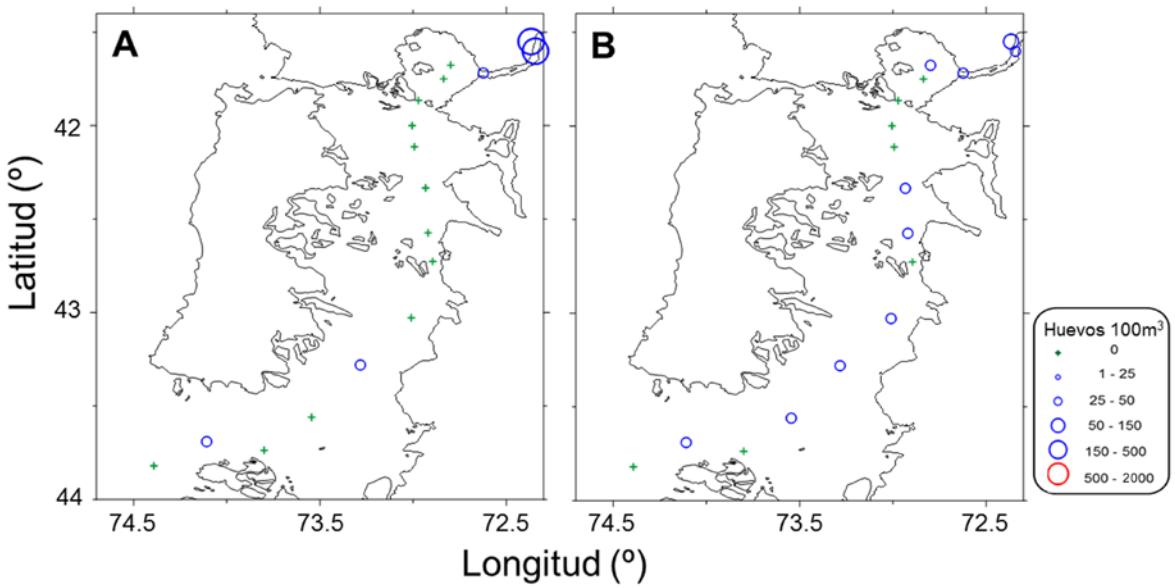


Figura 125. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A) y clupeidos (B) en la primavera del 2011, X región (CIMAR 17).

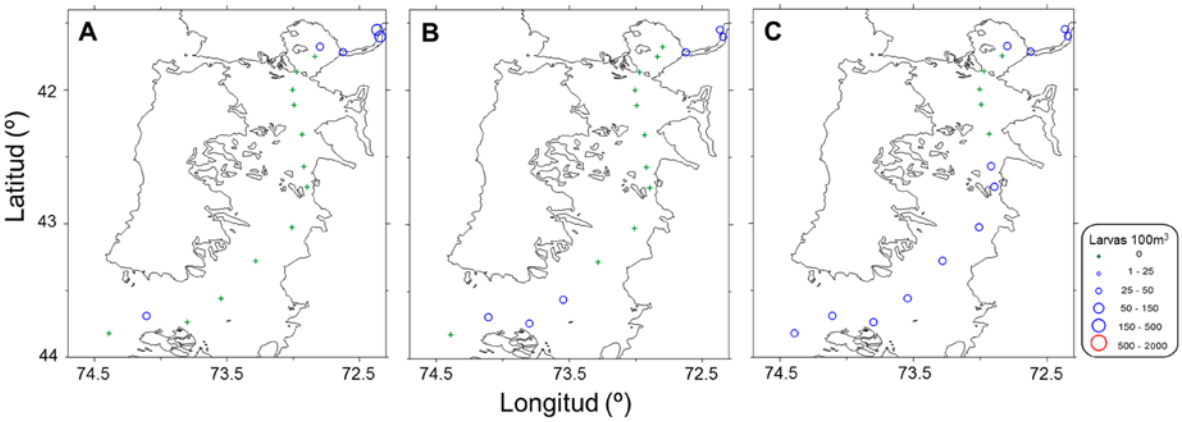


Figura 126. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B) y clupeidos (C) durante la primavera del 211 en la X región (CIMAR 17).

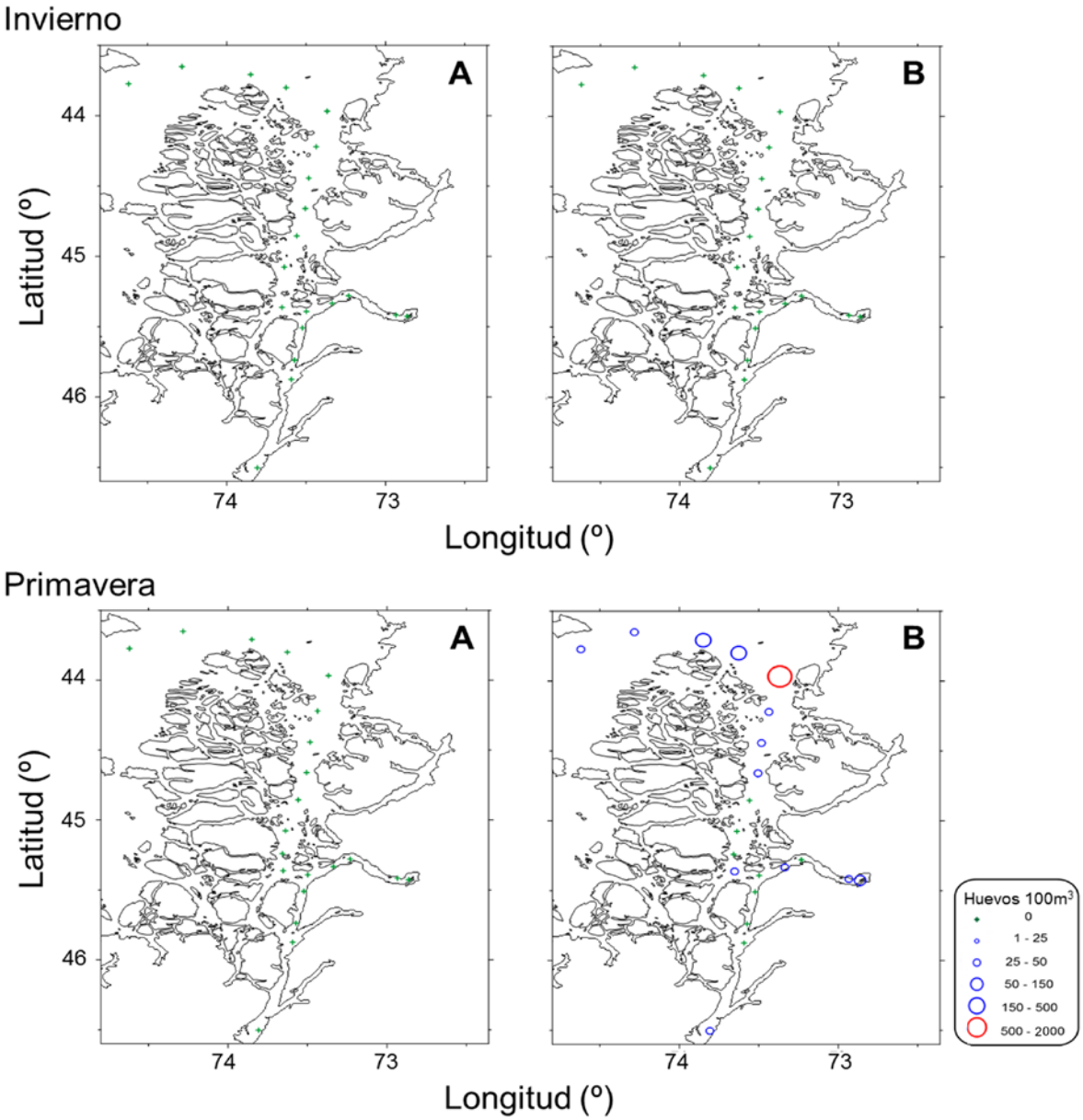


Figura 127. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A) y clupeidos (B) en la XI región durante invierno y primavera del 2007 (CIMAR 13-1 y 13-2).

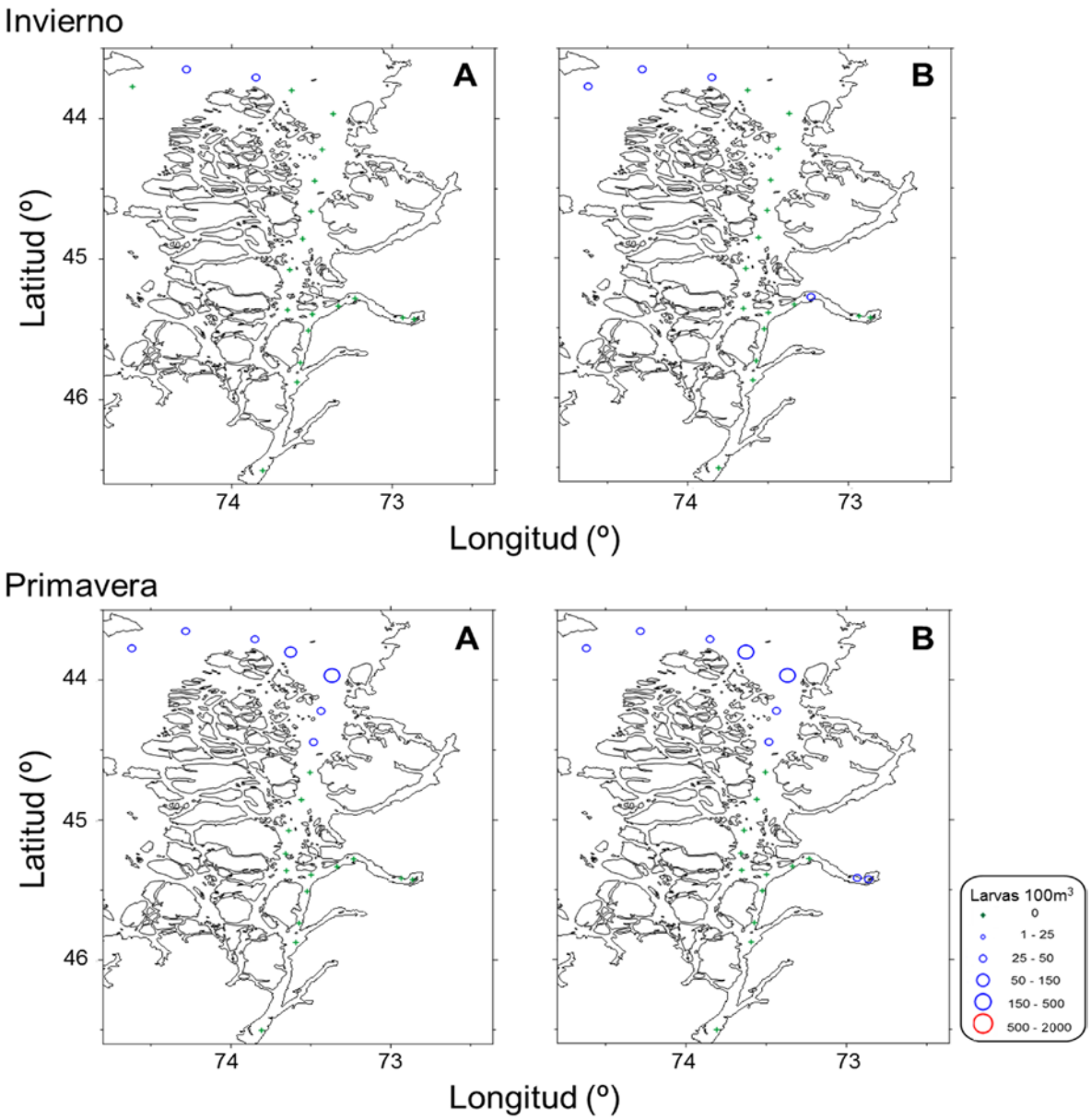


Figura 128. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A) y clupeidos (B) en la XI región durante invierno y primavera del 2007 (CIMAR 13-1 y 13-2).

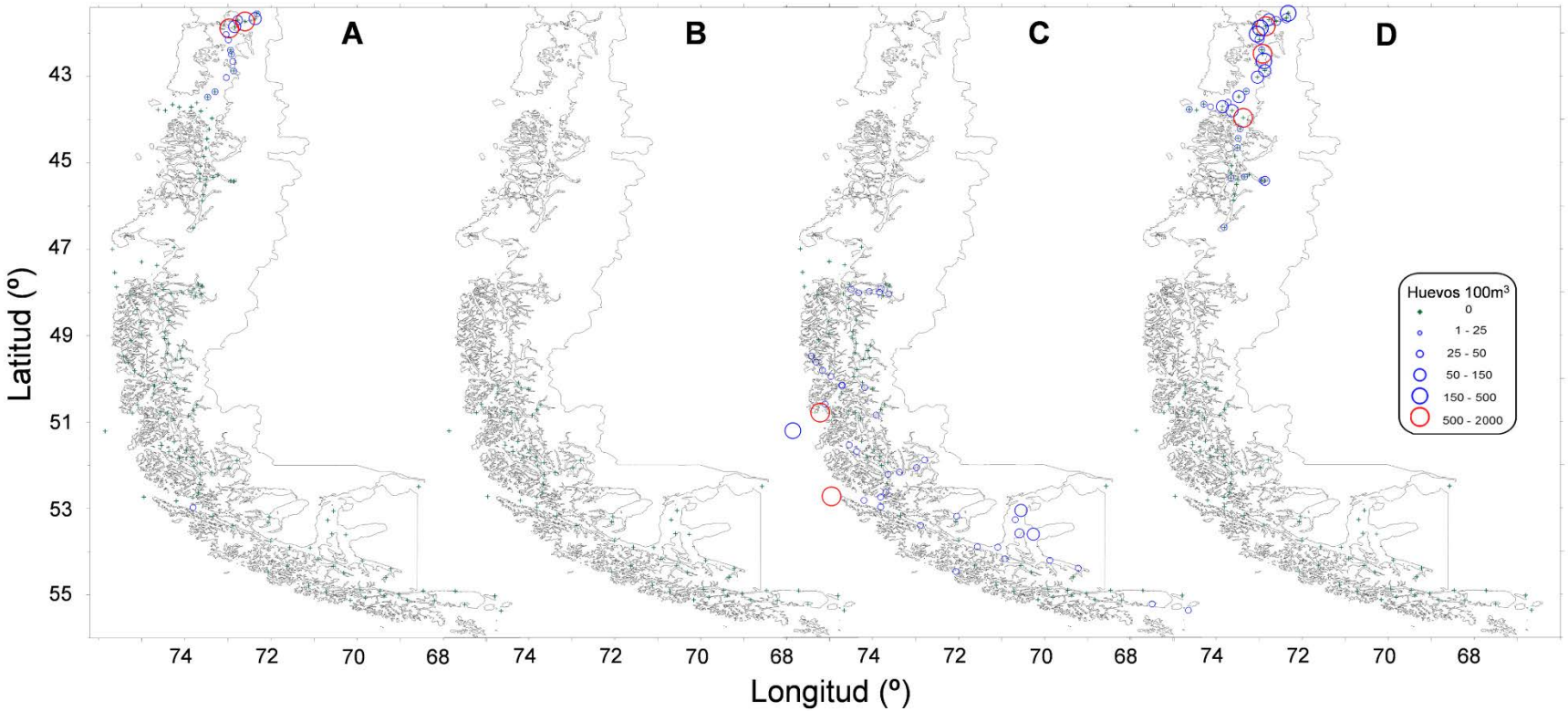


Figura 129. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XII regiones (CIMAR 12-2, 13-2, 14, 15, 16).

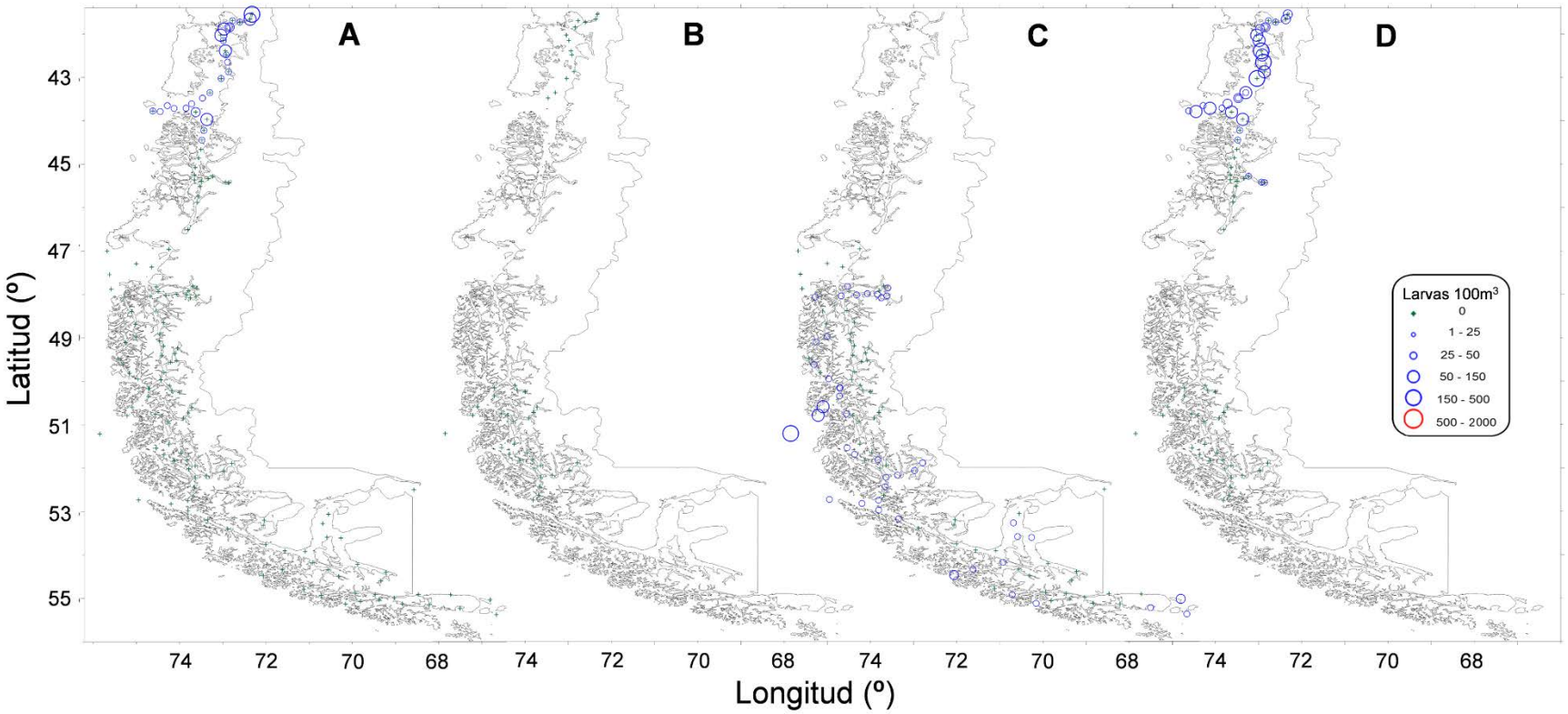


Figura 130. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta (A), sardina común (B), sardina austral (C) y clupeidos (D) entre la X y XII regiones (CIMAR 12-2, 13-2, 14, 15, 16).

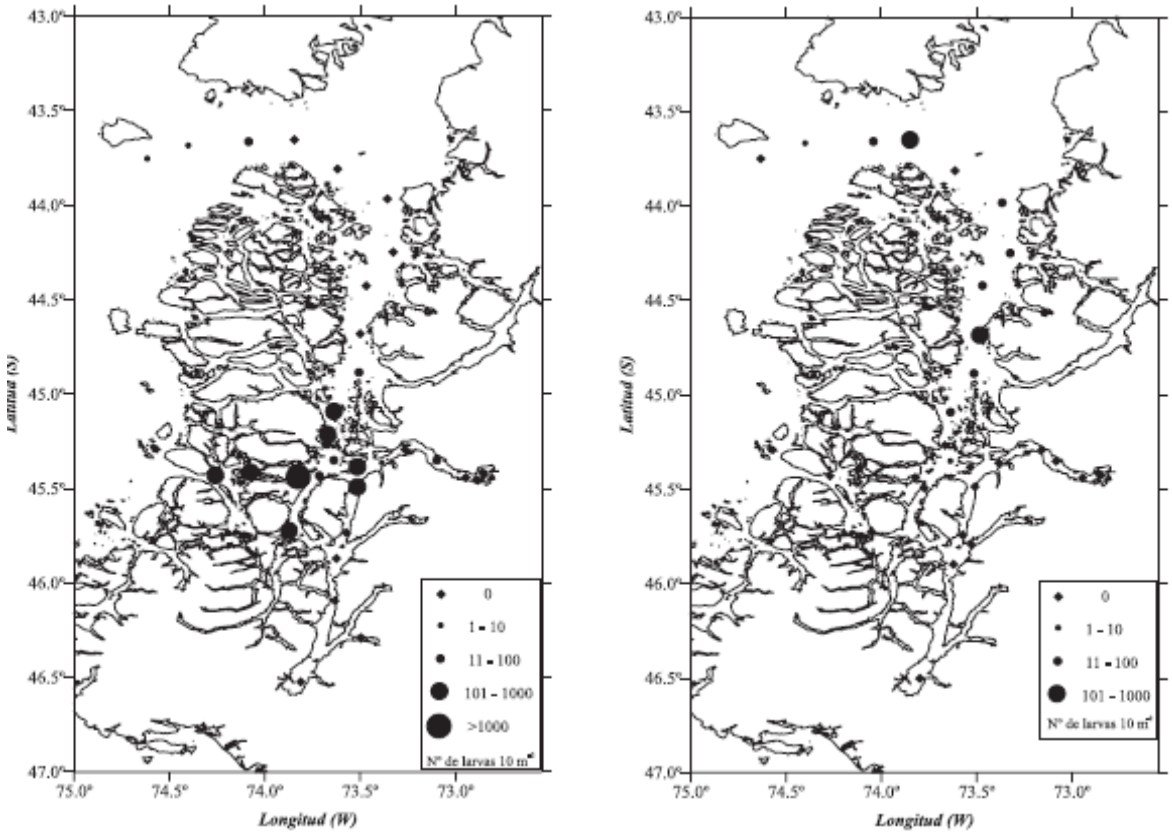


Figura 131. Distribución de larvas de sardina común durante primavera de 1998 y de larvas de anchoveta en verano del 1999, en aguas interiores de la XI región (Balbontin & Bernal 2005).

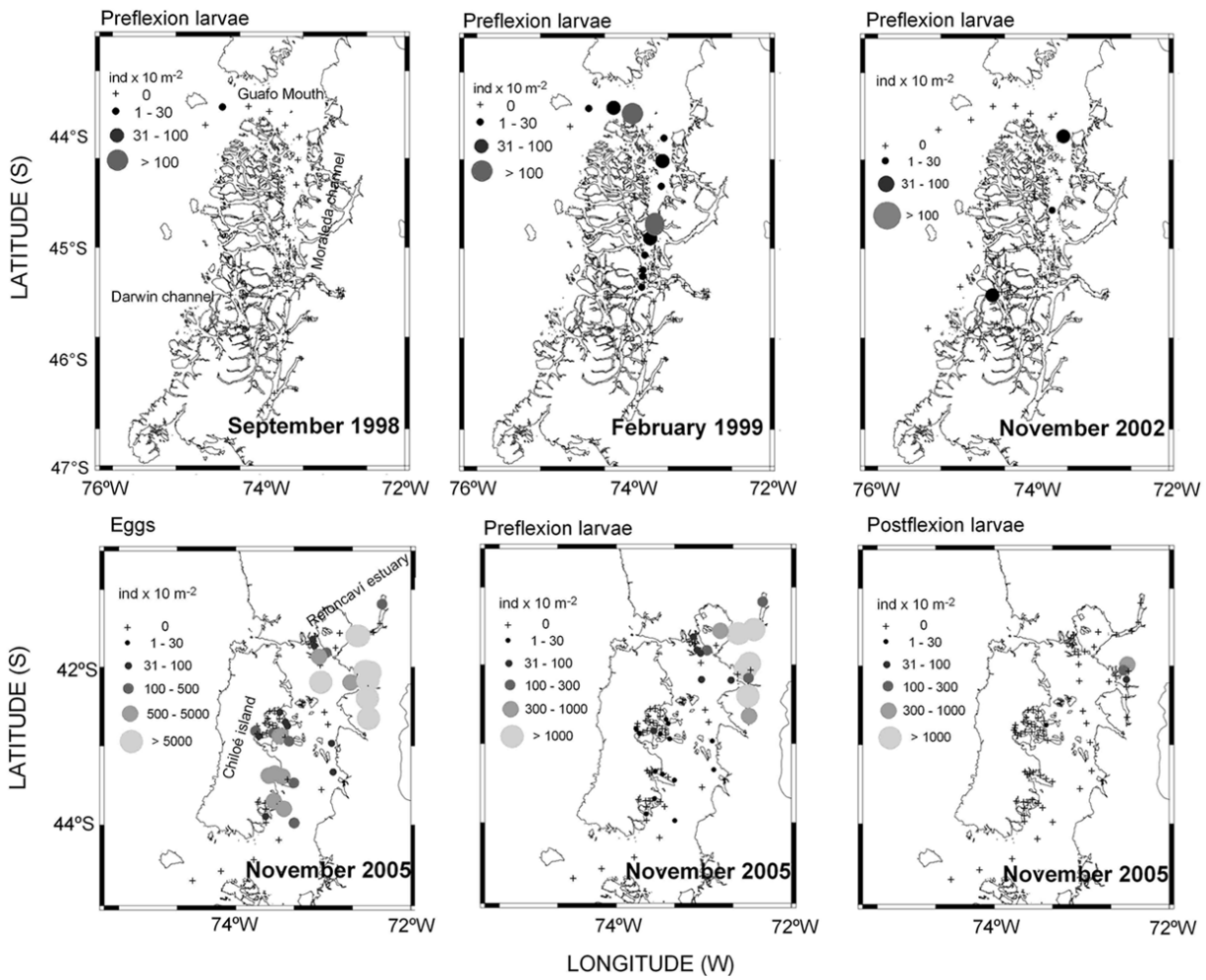


Figura 132. Distribución de larvas de anchoveta en estados preflexión notocordal en septiembre de 1998, febrero de 1999 y noviembre del 2002 (paneles superior) y de huevos, larvas preflexión y postflexión en noviembre del 2005 (Bustos et al. 2008a)

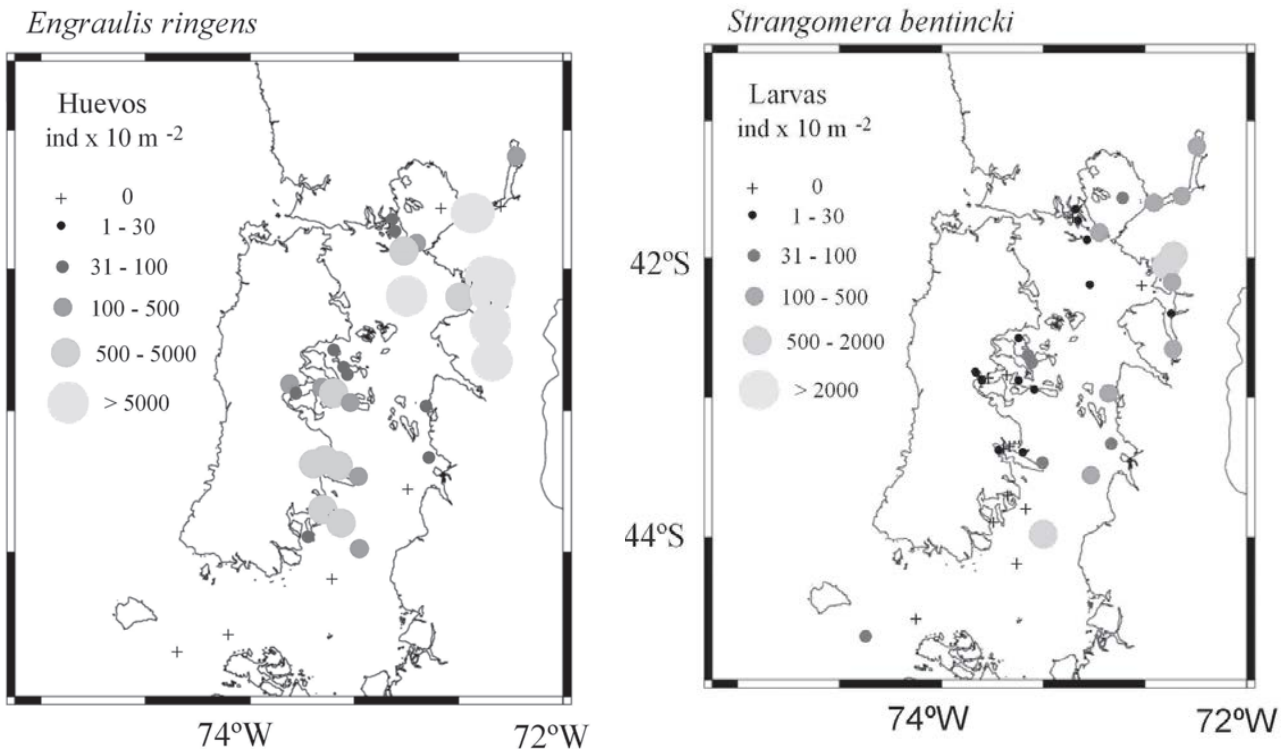


Figura 133. Distribución de huevos de anchoveta y larvas de sardina común en aguas interiores de la X región en noviembre del 2005 (Bustos et al. 2008b).

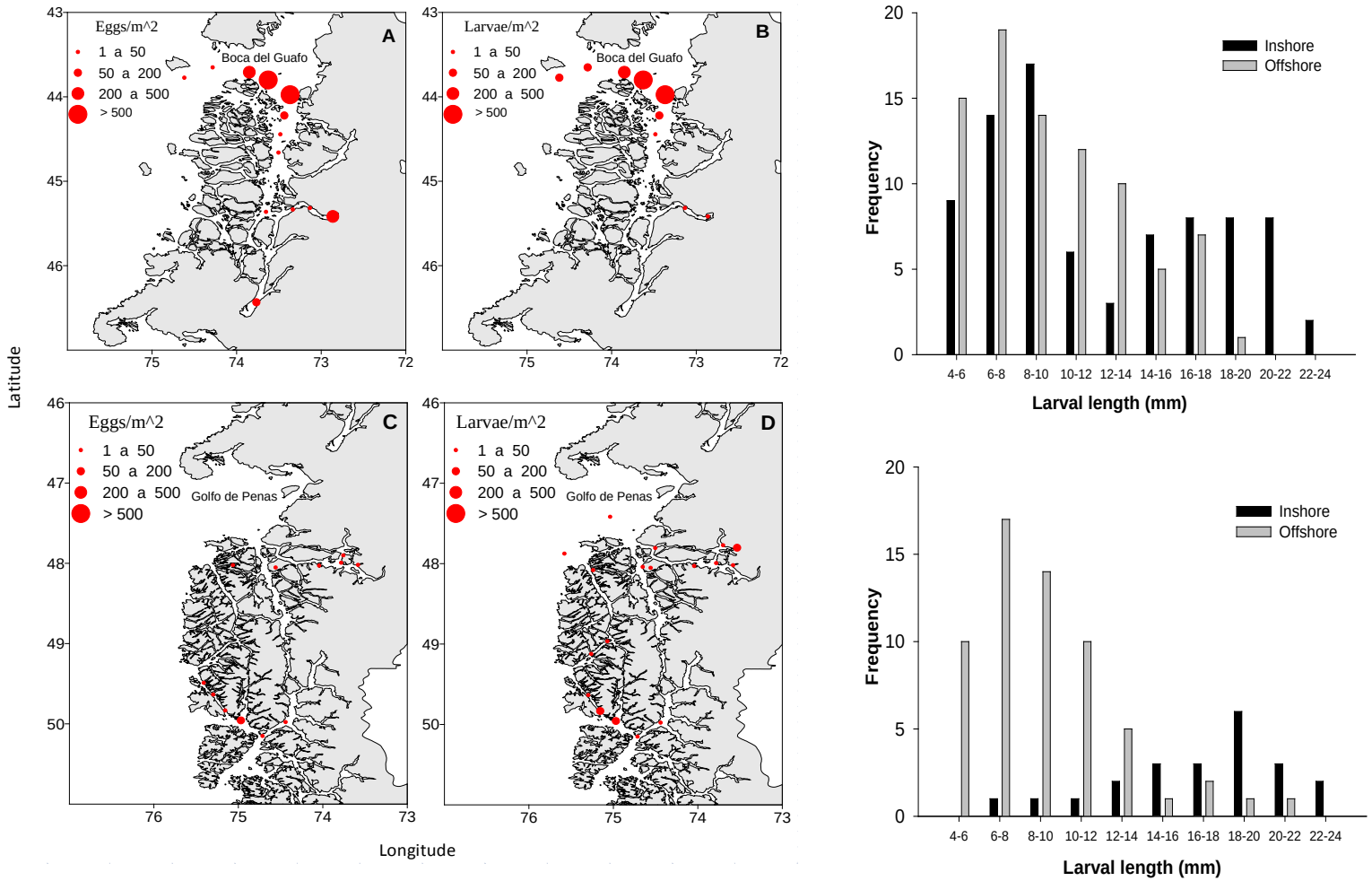


Figura 134. Distribución de huevos y larvas de sardina común en la XI región norte en noviembre del 2006 y de huevos y larvas de sardina austral en la XI región sur en noviembre del 2007, y sus distribuciones de tallas larvales entre aguas interiores y exteriores (Contreras et al., submitted).

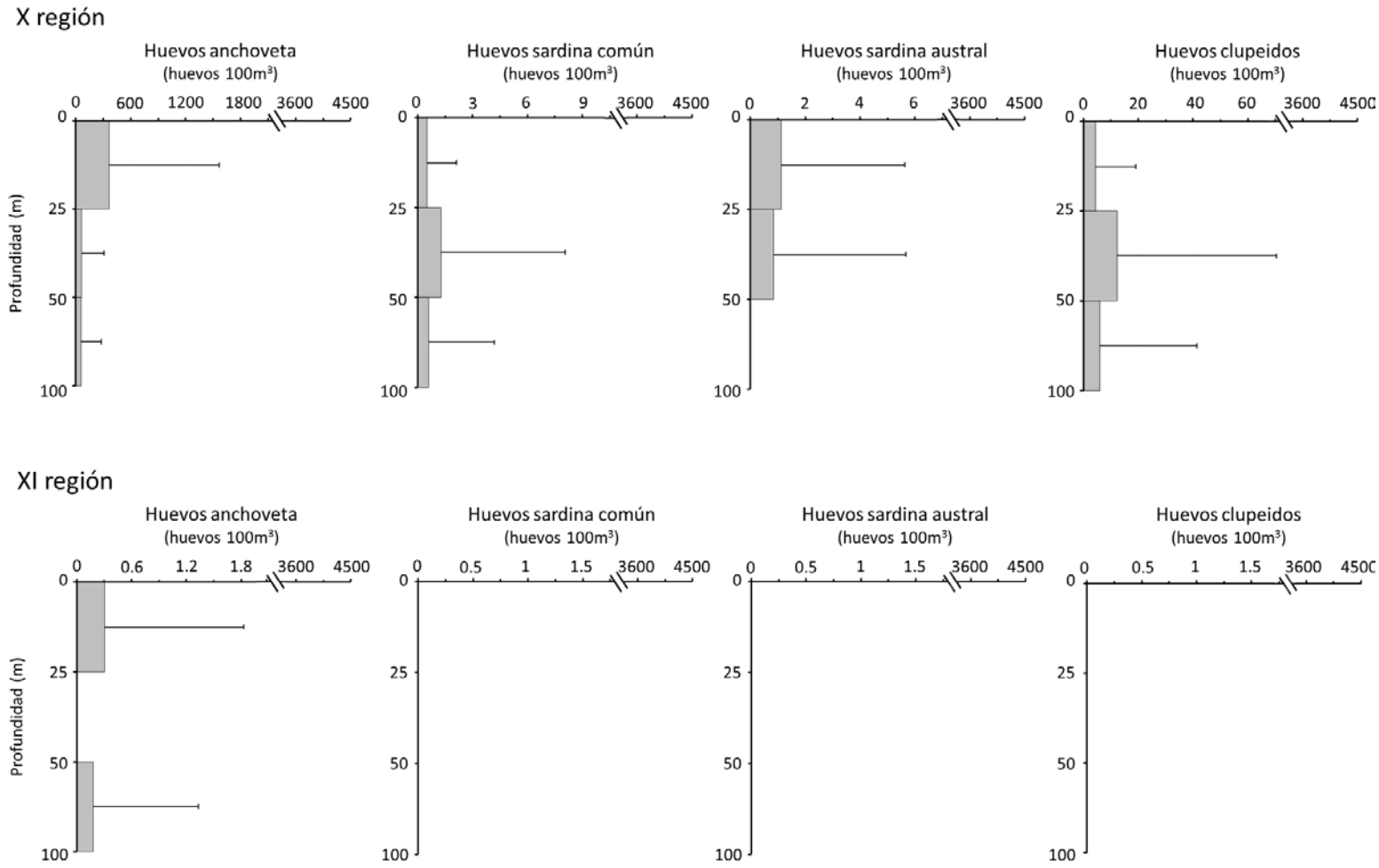


Figura 135. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en la X y XI región, crucero hidroacústico 2010 (diciembre 2010-enero 2011).

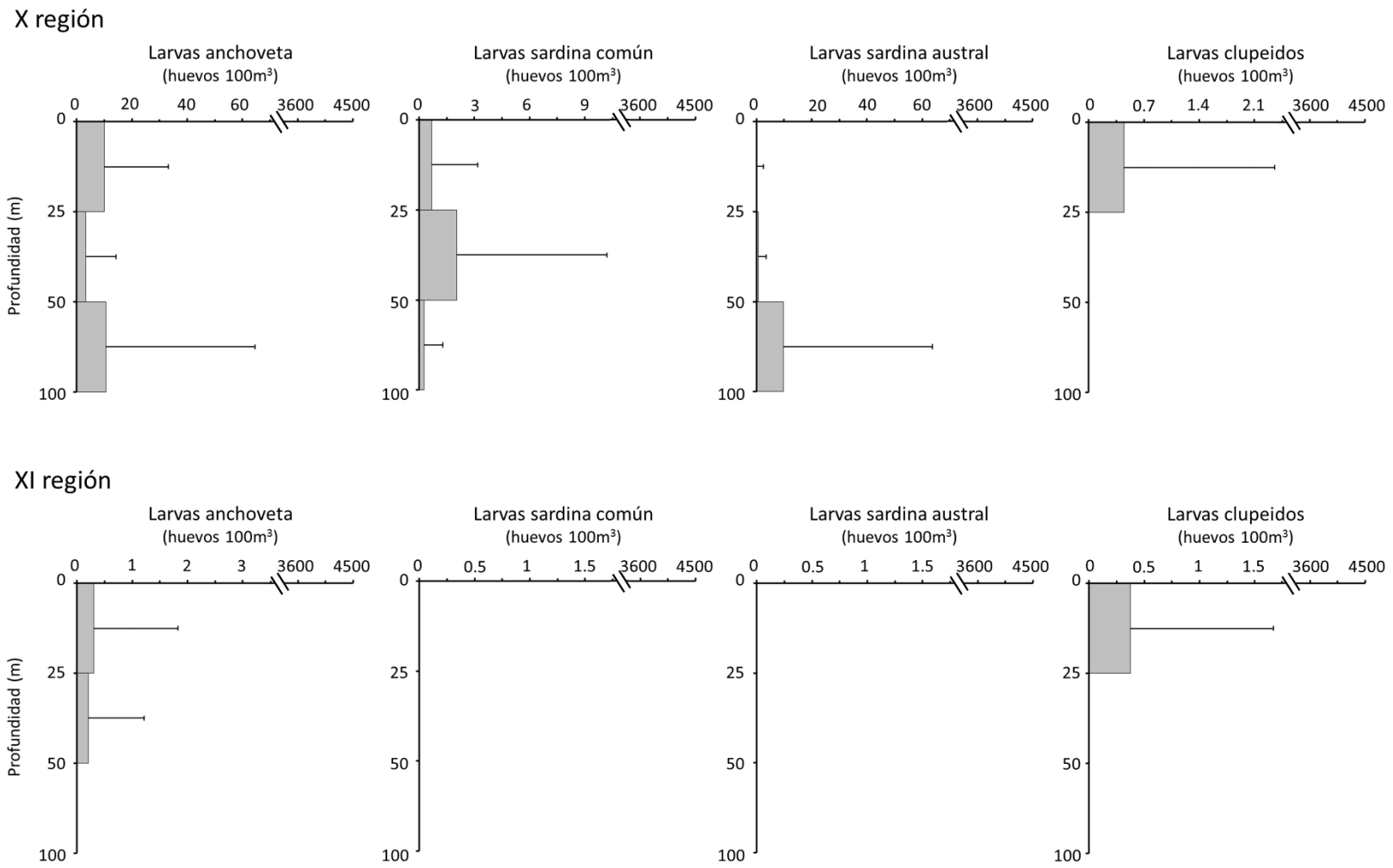


Figura 136. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en la X y XI región, crucero hidroacústico 2010 (diciembre 2010 - enero 2011).

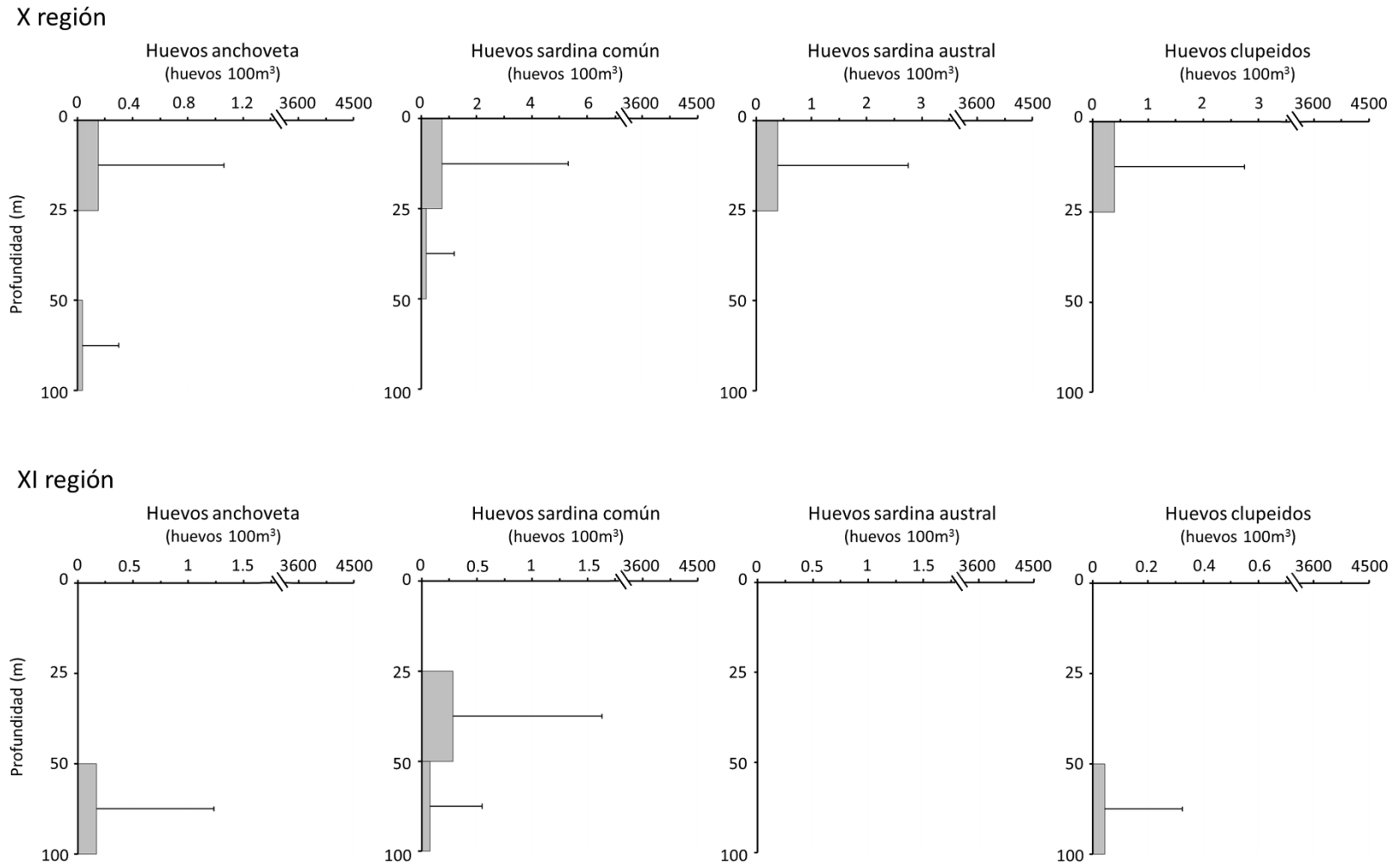


Figura 137. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en la X y XI región, crucero hidroacústico 2013 (abril-mayo 2013).

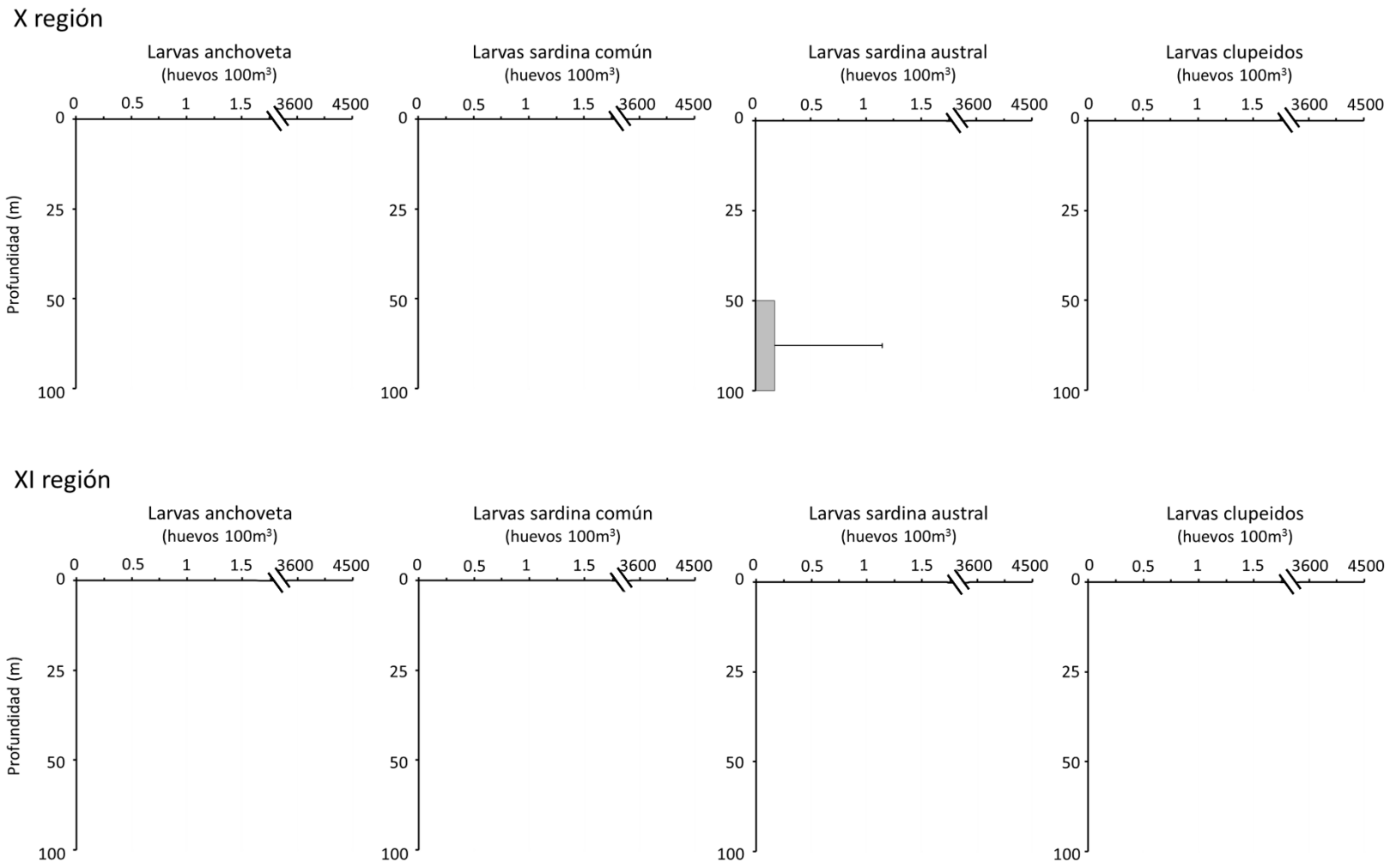


Figura 138. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en la X y XI región, crucero hidroacústico 2013 (abril – mayo 2013).

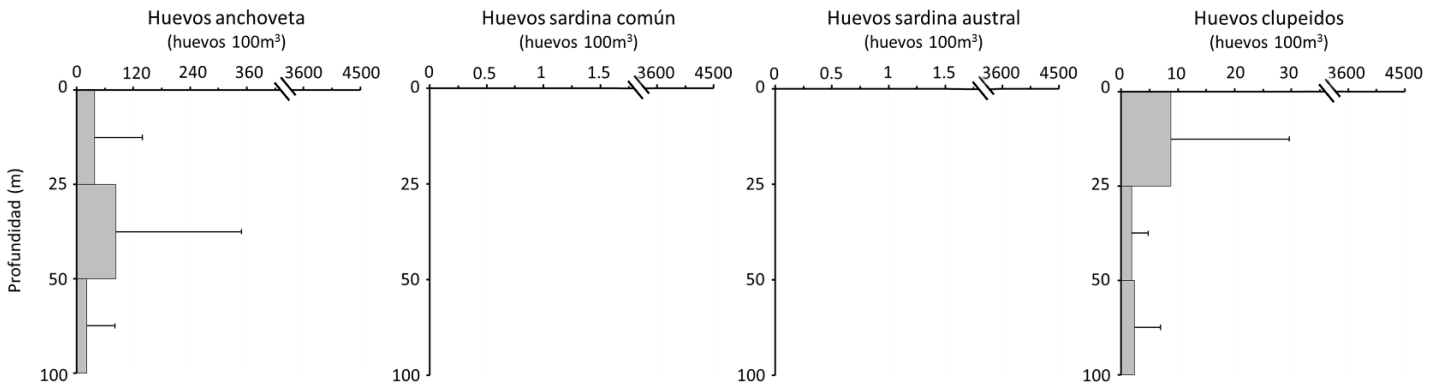


Figura 139. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en invierno 2011 (crucero CIMAR 17).

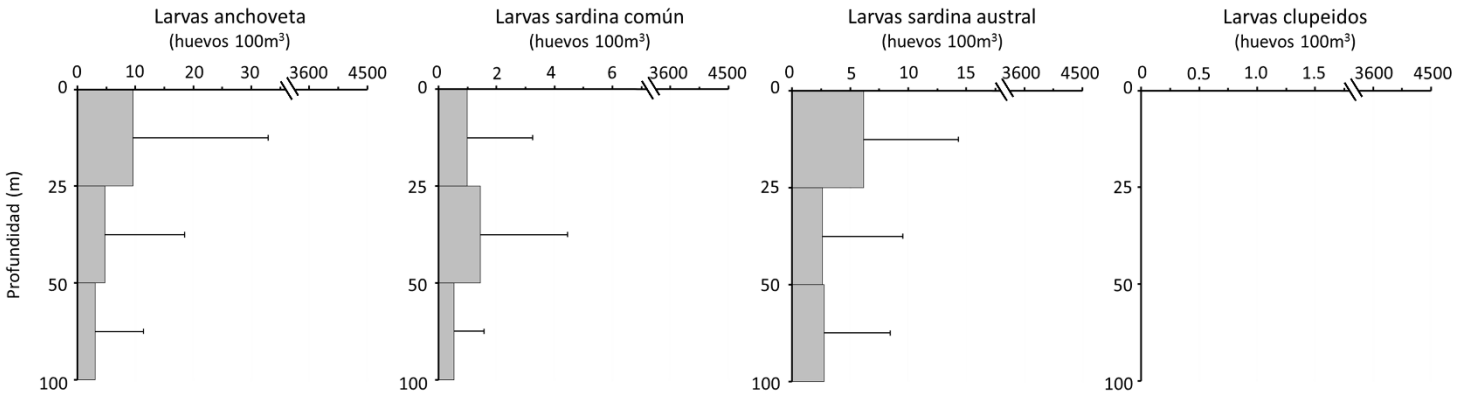


Figura 140. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en invierno 2011 (CIMAR 17).

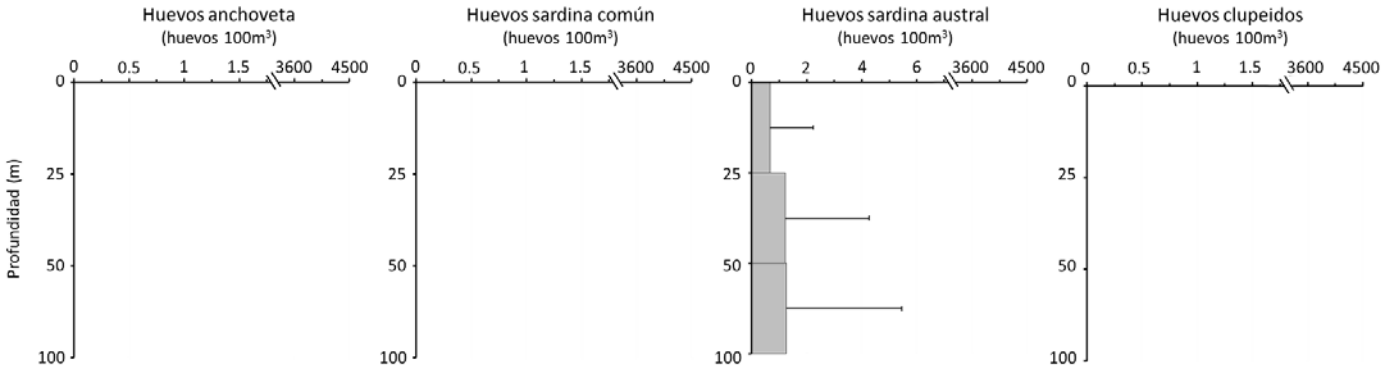


Figura 141. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en primavera del 2008 (CIMAR 14, sector Canal Baker).

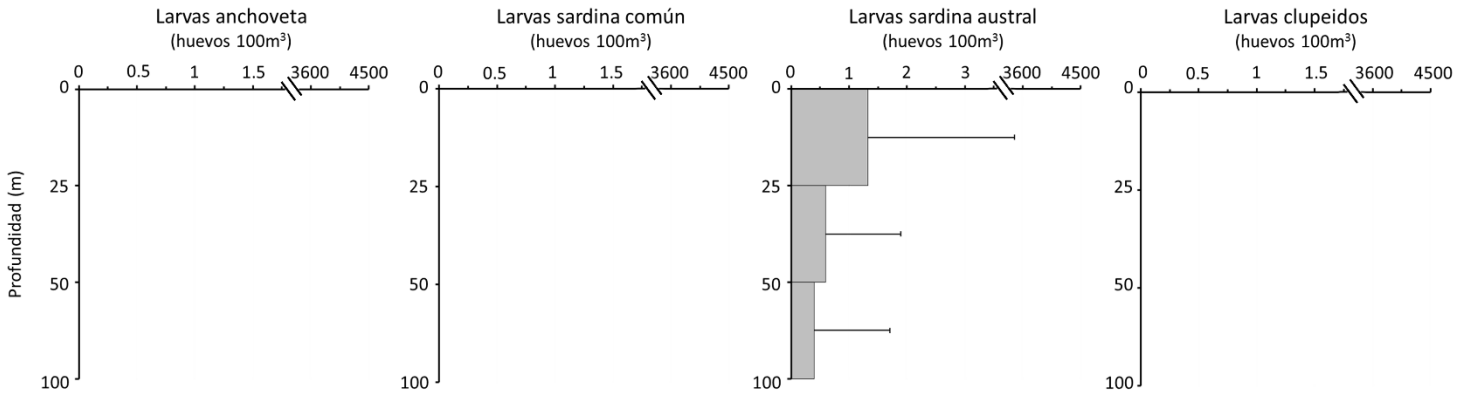


Figura 142. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en primavera del 2008 (CIMAR 14, sector Canal Baker).

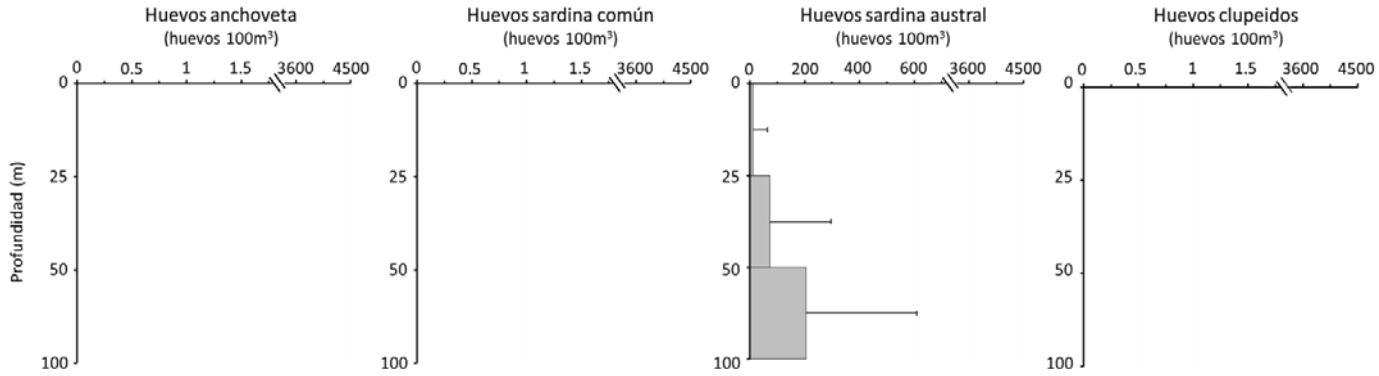


Figura 143. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en primavera el 2009 (CIMAR 15, XII región norte).

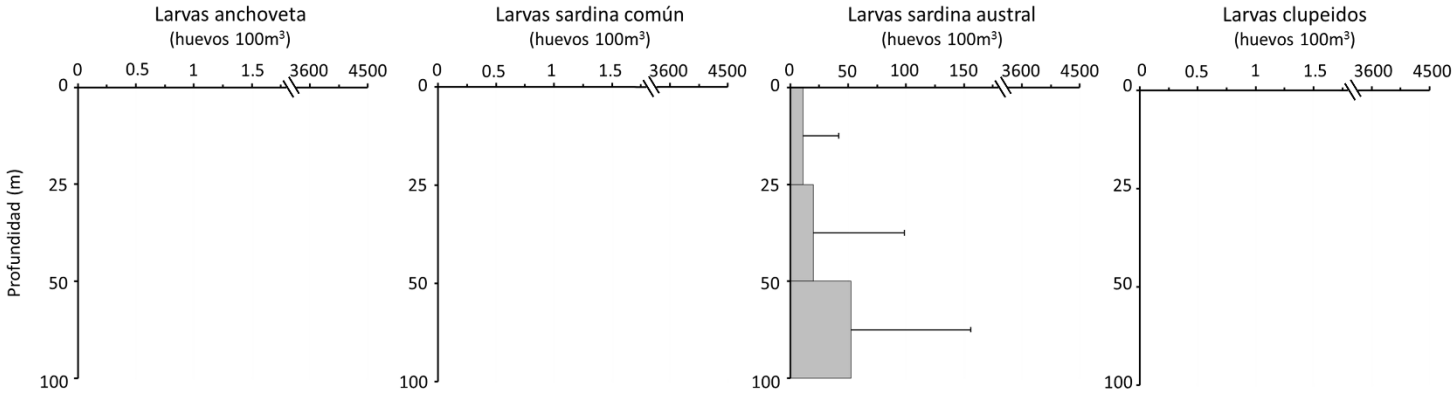


Figura 144. Distribución vertical promedio de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos obtenidos en primvera del 2009 (CIMAR 15, XII región norte).

Modelos temp-depend

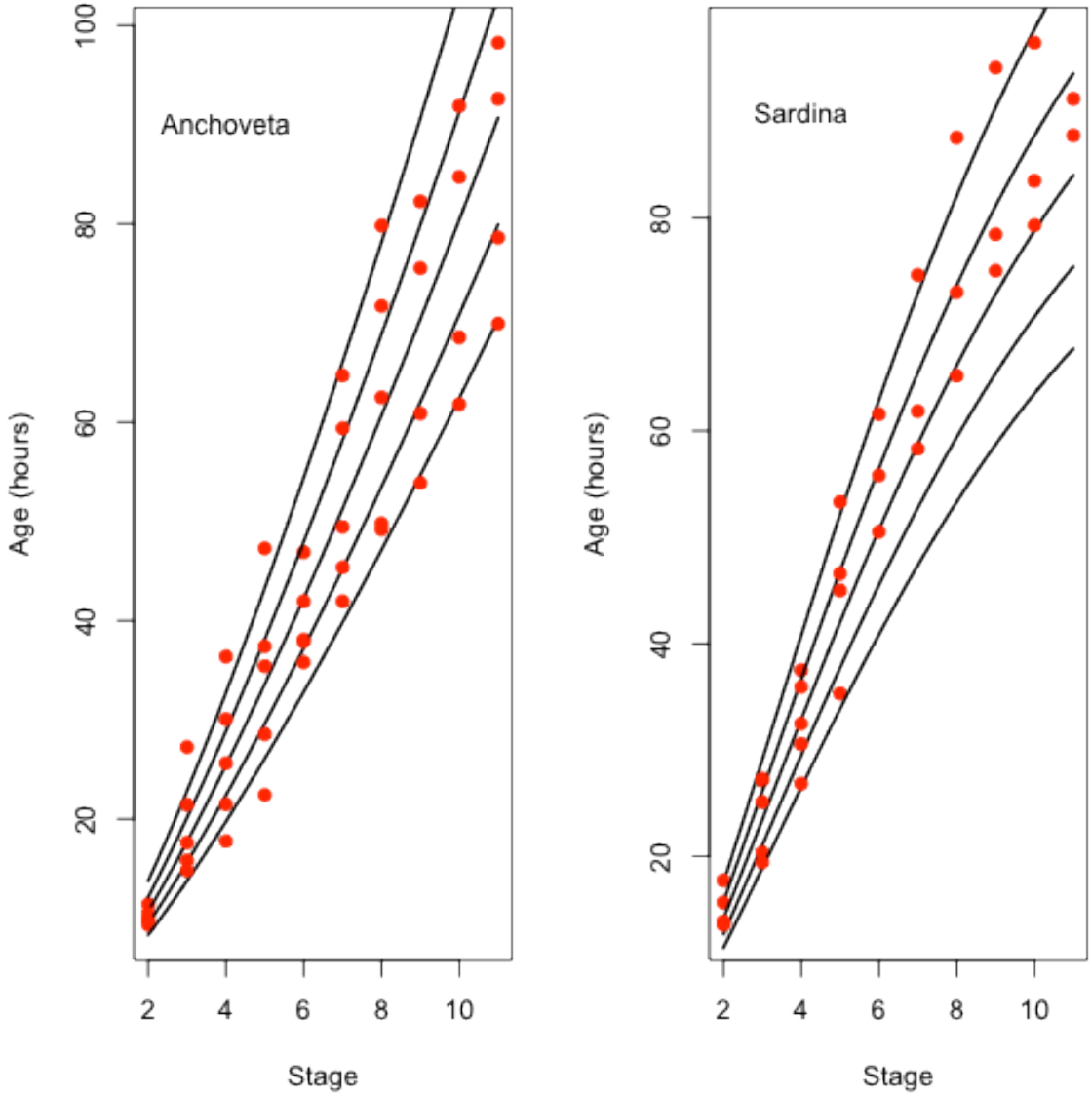


Figura 145. Ajuste del modelo de Lo a los datos experimentales de incubación de anchoveta y sardina común.

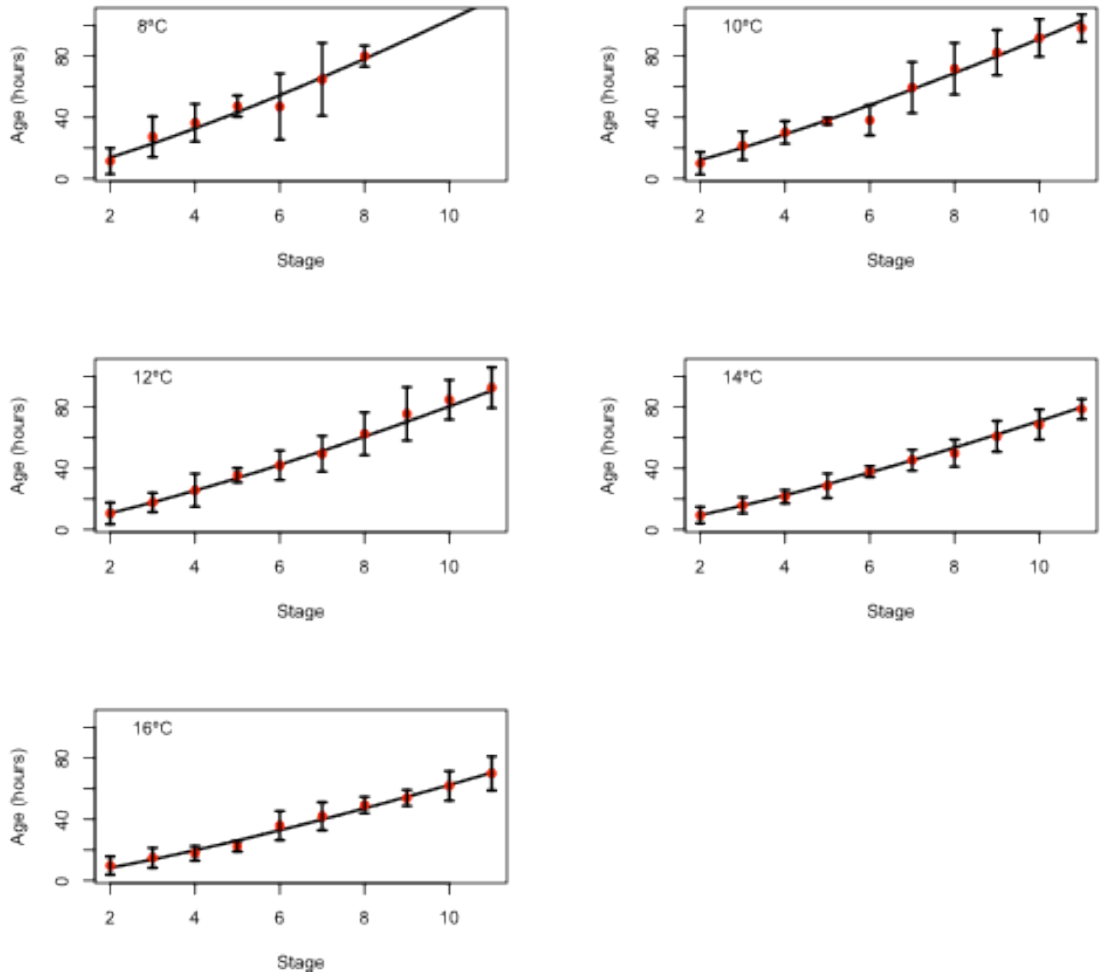


Figura 146. Ajuste del modelo de Lo a los datos de edad media de huevos de anchoveta en función del estadio y la temperatura.

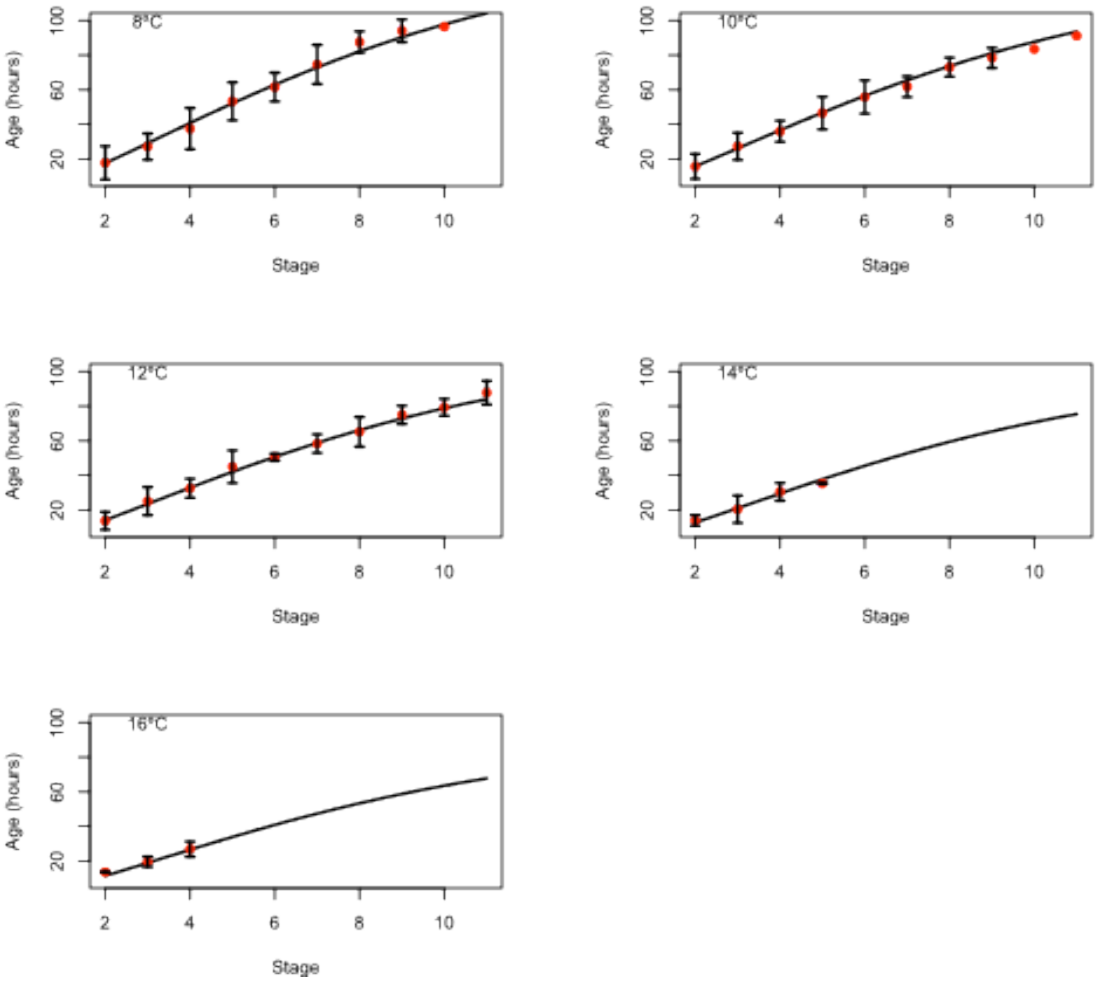


Figura 147. Ajuste del modelo de Lo a los datos de edad media de huevos de sardina común en función del estadio y la temperatura.

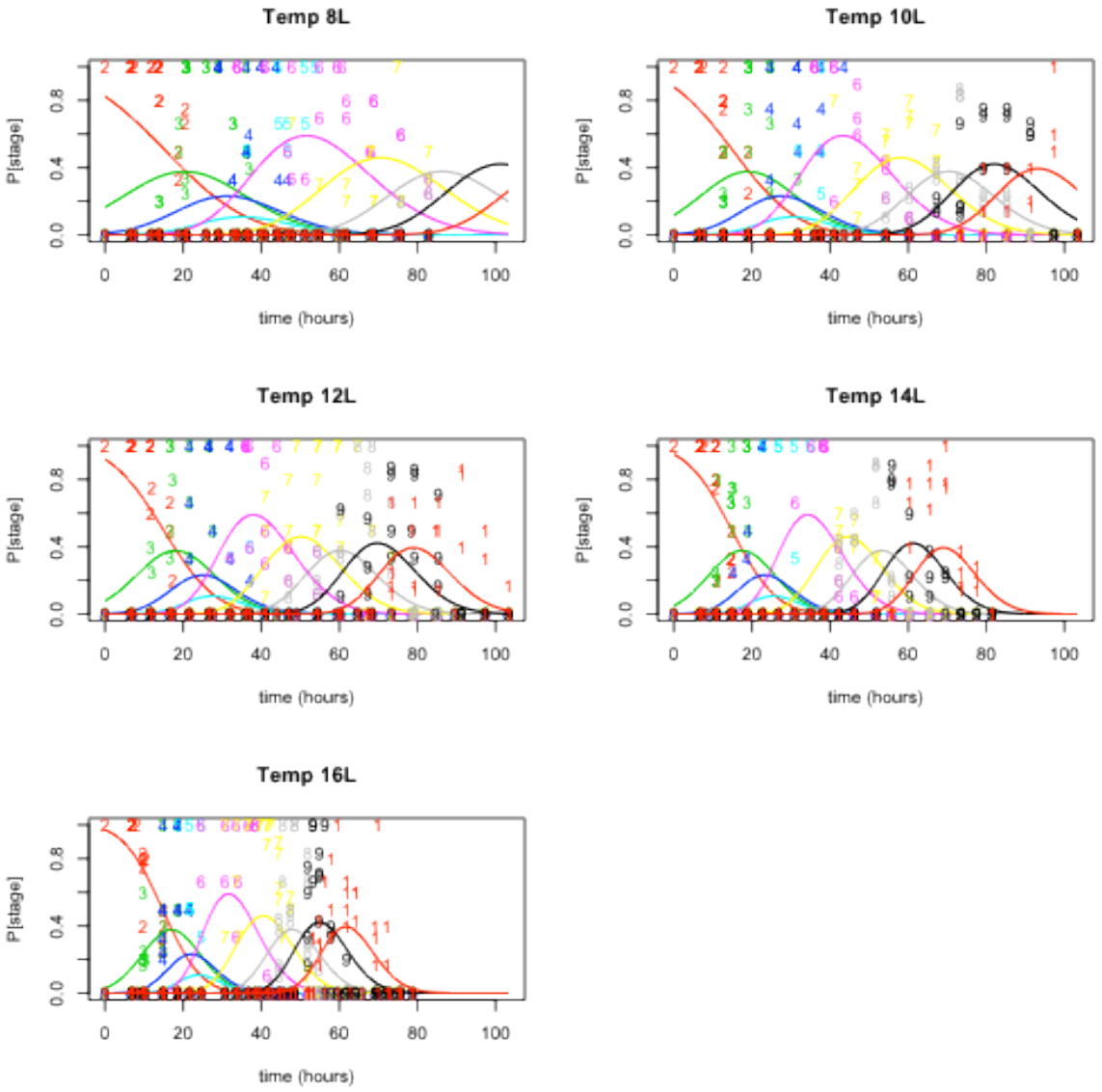


Figura 148. Probabilidad de observar los estadios de desarrollo de anchoveta (líneas etiquetadas con números: 2 a 11), en función del tiempo de desarrollo y la temperatura.

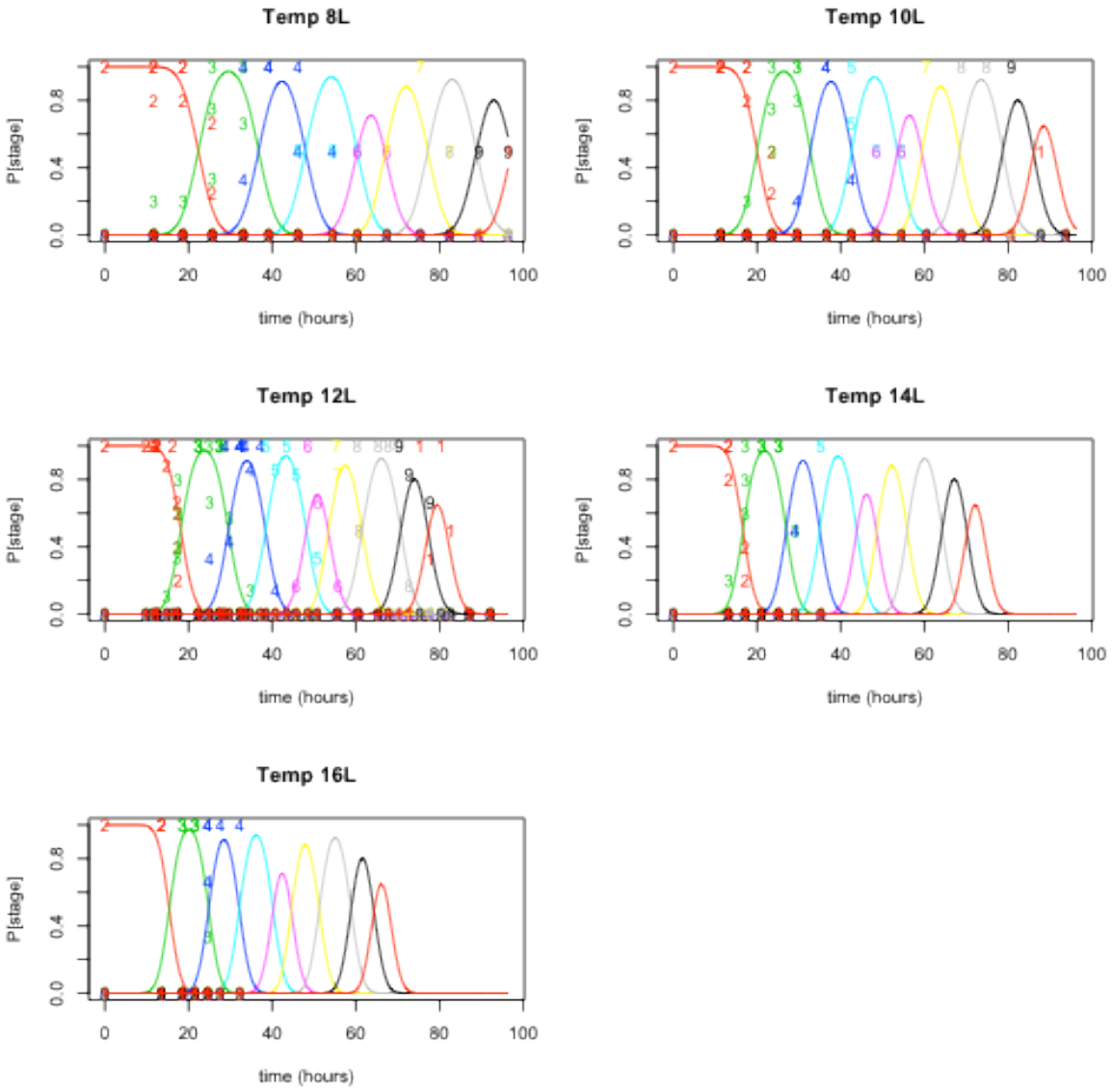


Figura 149. Probabilidad de observar los estadios de desarrollo de sardina común (líneas etiquetadas con números: 2 a 11), en función del tiempo de desarrollo y la temperatura.

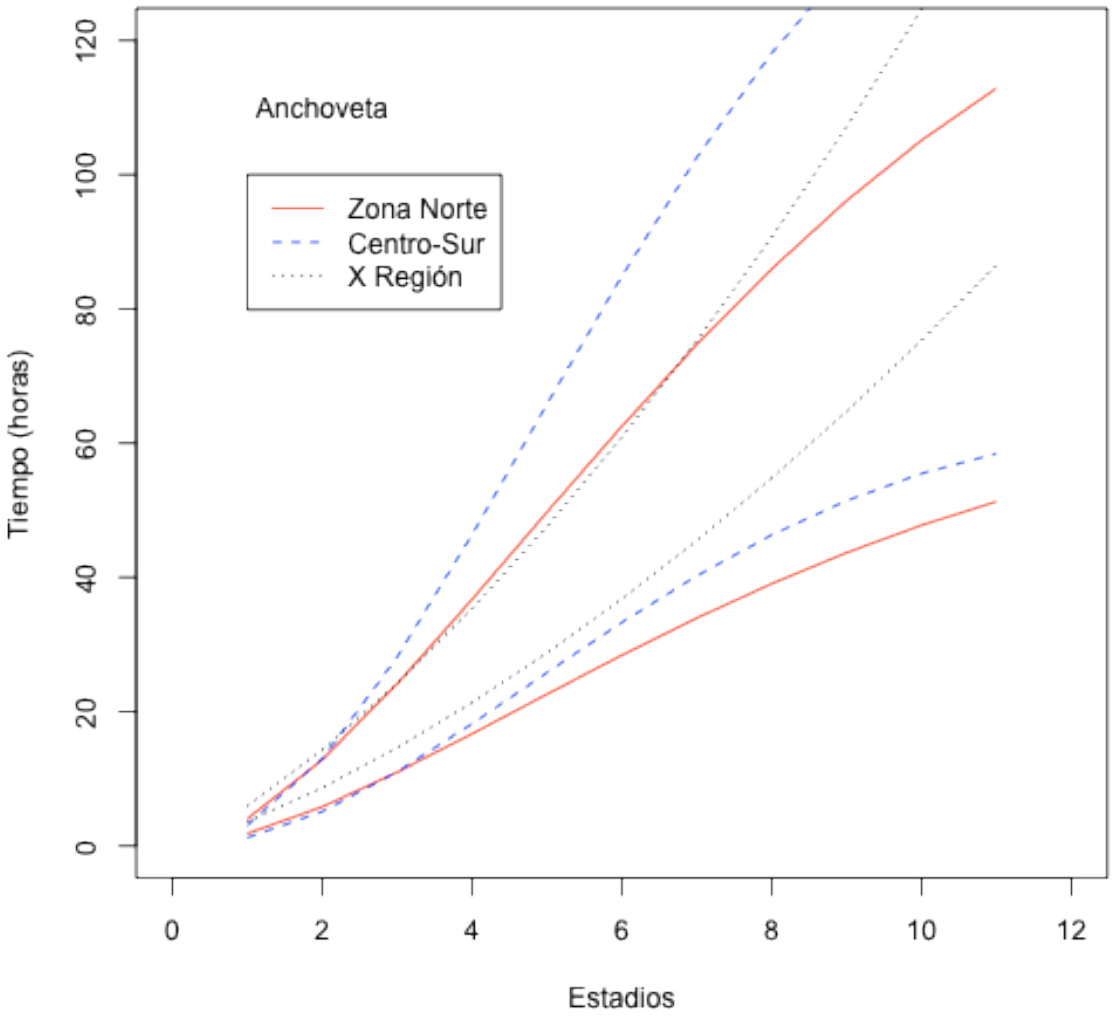


Figura 150. Comparación del tiempo de desarrollo de huevos de anchoveta en función de los estadios de desarrollo, y temperatura de 8 y 16 ºC, según los parámetros del modelo de Lo disponibles.

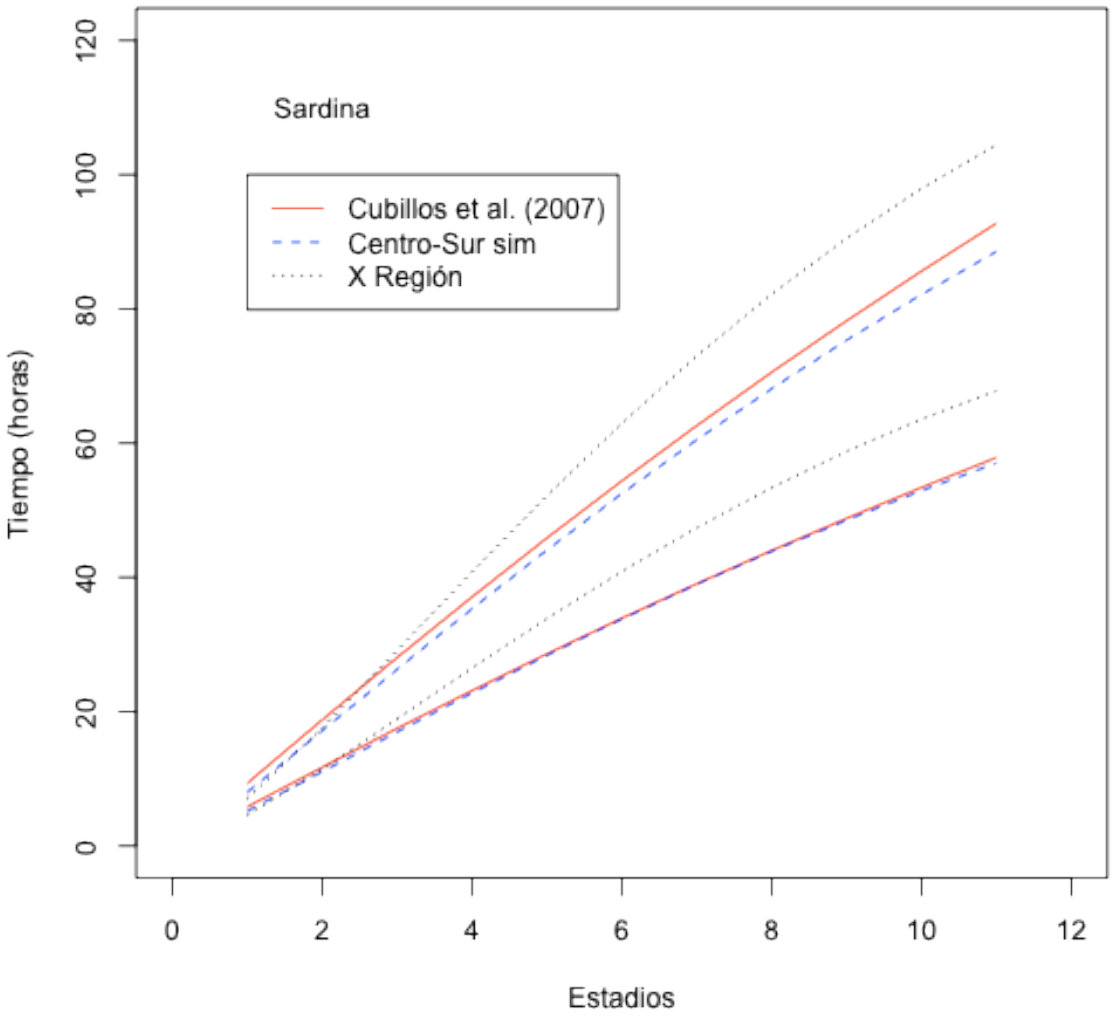


Figura 151. Comparación del tiempo de desarrollo de huevos de sardina común en función de los estadios de desarrollo, y temperatura de 8 y 16 ºC, según los parámetros del modelo de Lo disponibles.

Po

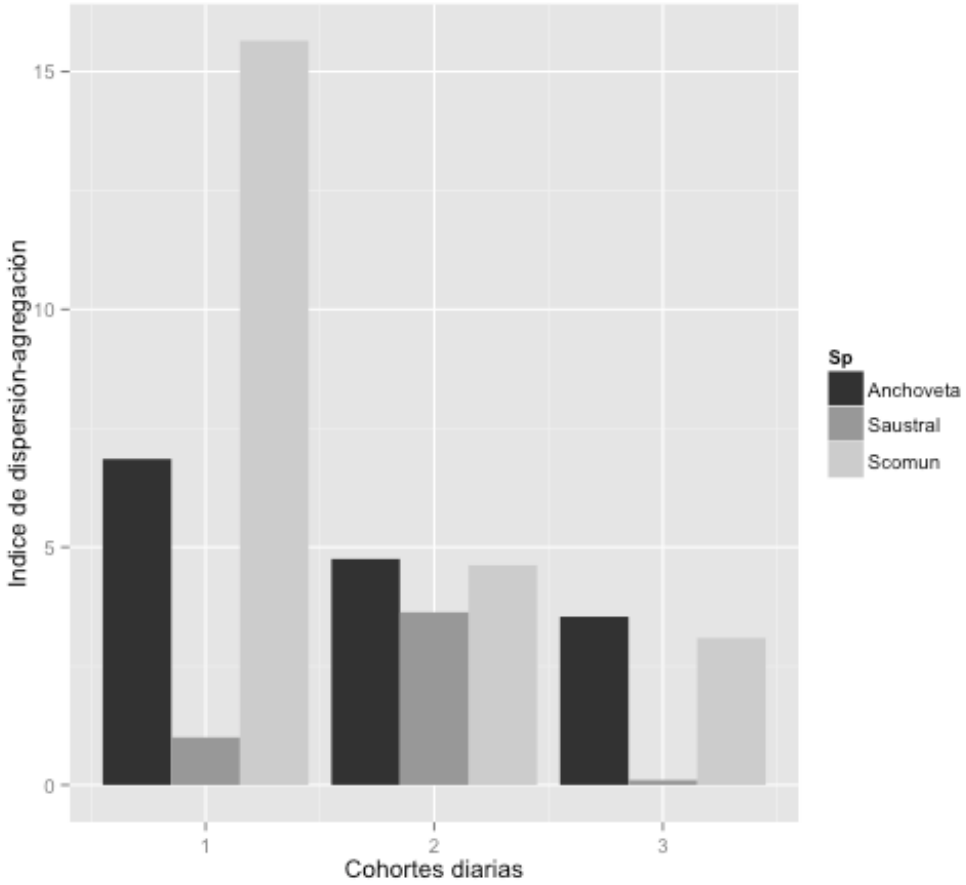


Figura 152. Índice de dispersión-agregación de Lloyd por especie y cohorte diaria, Noviembre de 2014.

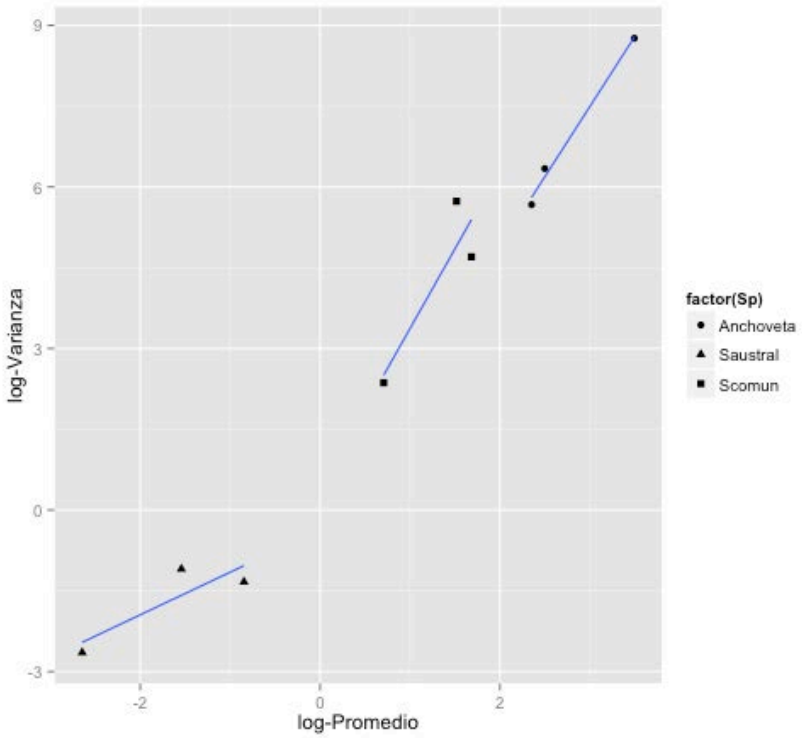


Figura 153. Relación entre el logaritmo de la varianza y el logaritmo del promedio de la densidad de huevos por especie y cohorte diaria, Noviembre de 2014.

10.- TABLAS

Tabla 1. Embarcación utilizada en el crucero de ictioplancton, coordenadas de las Regiones, periodo de muestreo y número de estaciones.

Embarcación	Región	Sector	Coordenadas	Período	Nº Estaciones
Huracán I	X	Seno Reloncaví	41º32'7.2" S – 41º51'44" S	12/11/2014 - 15/11/2014	11
		Costero Continental	41º57'6.29" S – 43º49'1.33" S	13/11/2014 - 15/11/2014 24/11/2014 - 26/11/2014	27
		Costero Isla Chiloé	41º48'27" S – 43º27'56.8" S	13/11/2014 - 19/11/2014	38
		Boca Guafo	43º28'50" S – 43º41'16.4" S	19/11/2014 - 20/11/2014	5
	XI	Interno	44º17'37.5" S – 45º26'46" S	22/11/2014 - 24/11/2014	12
		Intermedio	43º59'12" S – 45º51'0.80" S	20/11/2014 - 24/11/2014	26
		Externo	44º07'13" S – 45º39'26.6" S	20/11/2014 - 22/11/2014	9

Tabla 2. Posiciones de las estaciones bio-geográficas (plancton-CTD) realizadas por el crucero de ictioplancton en la X región.

Sector	Estación	Latitud	Longitud	Fecha	Tipo muestreo	Estrato (m)			TSM (°C)	Sector	Estación	Latitud	Longitud	Fecha	Tipo muestreo	Estrato(m)		TSM (°C)
						Calvet/WP2	Tucker	CTD								Calvet/WP2	CTD	
Seno Reloncaví	1	41°34‘7.00‘‘	72°57’55.0‘‘	12-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-95	13	C. Continental	20	42°20‘34.2‘‘	72°49‘20‘‘	25-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-50	0-100	13
Seno Reloncaví	2	41°32‘7.20‘‘	72°49’46.0‘‘	12-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-95	14	C. Continental	21	42°27‘3.22‘‘	72°52‘54.8‘‘	25-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	13.5
Seno Reloncaví	3	41°38‘44.2‘‘	72°44‘46.4‘‘	14-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-100	11	C. Continental	22	42°29‘53.2‘‘	72°41‘20.7‘‘	25-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	14
Seno Reloncaví	4	41°43‘37.8‘‘	72°34‘50.4‘‘	14-11-2014	Calvet/WP2/Tucker/CTD	0-70	25-0;50-25;100-50	0-100	11	C. Continental	23	42°36‘6.75‘‘	72°51‘28.6‘‘	25-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-15	0-100	13
Seno Reloncaví	5	41°42‘5.19‘‘	72°28’46.0‘‘	14-11-2014	Calvet/WP2/Tucker/CTD	0-70	25-0;50-25;100-50	0-100	11	C. Continental	24	42°39‘2.26‘‘	72°56‘23.4‘‘	25-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
Seno Reloncaví	6	41°45‘28.6‘‘	72°46‘13.1‘‘	14-11-2014	Calvet/WP2/Tucker/CTD	0-70	25-0;50-25;100-50	0-100	11	C. Continental	25	42°47‘39.7‘‘	72°52‘48.1‘‘	25-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
Seno Reloncaví	7	41°38‘6.48‘‘	72°53‘34.5‘‘	12-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-100	13.5	C. Continental	26	42°55‘12.8‘‘	72°59‘43.1‘‘	25-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
Seno Reloncaví	8	41°39‘5.00‘‘	73°02‘7.90‘‘	12-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-70	12	C. Continental	27	42°54’49.0‘‘	72°46‘5.4‘‘	25-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Seno Reloncaví	9	41°46‘1.80‘‘	73°00’26.0‘‘	12-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-100	12	C. Continental	28	42°59‘48.9‘‘	72°49‘4.78‘‘	25-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11.5
Seno Reloncaví	10	41°48‘25.7‘‘	72°51‘35.2‘‘	15-11-2014	Calvet/WP2/Tucker/CTD	0-70	25-0;50-25;100-50	0-100	11	C. Continental	29	43°07’46.0‘‘	72°59‘52.8‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10
Seno Reloncaví	11	41°51’44.0‘‘	72°51‘47.4‘‘	15-11-2014	Calvet/WP2/Tucker/CTD	0-70	25-0;50-25;100-50	0-100	13	C. Continental	30	43°14‘58.7‘‘	72°54‘29.4‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
C. Continental	12	41°57‘6.29‘‘	72°50‘56.7‘‘	13-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-100	12.5	C. Continental	31	43°16‘18.2‘‘	73°00’41.0‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-40	0-100	11
C. Continental	13	42°03’14.0‘‘	72°44‘7.02‘‘	15-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-100	12	C. Continental	32	43°17‘53.6‘‘	73°08‘29.2‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-55	0-100	11
C. Continental	14	41°59‘49.6‘‘	72°26‘42.9‘‘	26-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-100	-	0-100	15.5	C. Continental	33	43°25‘34.3‘‘	73°07‘46.2‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-30	0-100	11
C. Continental	15	42°06‘43.6‘‘	72°27‘55.7‘‘	26-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-100	16	C. Continental	34	43°35‘7.30‘‘	73°06‘12.2‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
C. Continental	16	42°13‘3.84‘‘	72°29‘28.7‘‘	26-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-100	14	C. Continental	35	43°41‘47.6‘‘	73°04‘8.29‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11.5
C. Continental	17	42°19‘25.3‘‘	72°29‘44.8‘‘	26-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-100	14	C. Continental	36	43°49‘1.33‘‘	73°09‘35.1‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
C. Continental	18	42°12‘4.23‘‘	72°43‘6.00‘‘	26-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	-	0-100	13	C. Continental	127	43°40‘5.36‘‘	72°59‘47.6‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
C. Continental	19	42°15‘6.10‘‘	72°48‘28.1‘‘	26-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-25	-	0-25	13.5	C. Continental	128	43°38‘5.87‘‘	72°58‘1.67‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10

Continuación

Sector	Estación	Latitud	Longitud	Fecha	Tipo muestreo	Estrato (m)		TSM (°C)	Sector	Estación	Latitud	Longitud	Fecha	Tipo muestreo	Estrato (m)		TSM (°C)
						Calvet/WP2	CTD								Calvet/WP2	CTD	
B. Guafo	37	43°41‘16.4‘‘	73°33‘38.8‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11	C. Isla Chiloé	56	42°51‘17.8‘‘	73°17‘42.5‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11.5
B. Guafo	38	43°38‘46.9‘‘	73°47‘19.4‘‘	19-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11	C. Isla Chiloé	57	42°42‘37.4‘‘	73°19‘50.6‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-115	11.7
B. Guafo	39	43°37’37.0‘‘	74°03‘4.66‘‘	19-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11	C. Isla Chiloé	58	42°45‘22.6‘‘	73°30‘3.61‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-40	13
B. Guafo	40	43°28’50.0‘‘	74°15‘43.2‘‘	19-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11	C. Isla Chiloé	59	42°39‘3.97‘‘	73°33’28.0‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
C. Isla Chiloé	41	43°26‘31.4‘‘	74°08‘46.7‘‘	19-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-35	0-35	11	C. Isla Chiloé	60	42°36‘35.8‘‘	73°20‘13.8‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11.5
C. Isla Chiloé	42	43°27‘56.8‘‘	73°55‘57.5‘‘	19-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-25	0-25	11	C. Isla Chiloé	61	42°35’45.0‘‘	73°27‘38.8‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
C. Isla Chiloé	43	43°25‘31.4‘‘	73°46‘24.8‘‘	19-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-30	0-30	10.5	C. Isla Chiloé	62	42°31’26.0‘‘	73°32‘9.70‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
B. Guafo	44	43°33’25.0‘‘	73°33‘28.5‘‘	19-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11	C. Isla Chiloé	63	42°26‘31.2‘‘	73°29‘9.87‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
C. Isla Chiloé	45	43°20‘22.6‘‘	73°28‘3.2‘‘	19-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10.5	C. Isla Chiloé	64	42°26‘24.1‘‘	73°17‘28.4‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-10	0-10	11
C. Isla Chiloé	46	43°21‘9.00‘‘	73°39‘11.5‘‘	19-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-80	10.5	C. Isla Chiloé	65	42°22‘28.2‘‘	73°11‘45.7‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11.5
C. Isla Chiloé	47	43°14‘45.2‘‘	73°34‘1.7‘‘	17-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-25	0-25	11.5	C. Isla Chiloé	66	42°23‘2.80‘‘	73°25‘34.7‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-30	0-30	11
C. Isla Chiloé	48	43°10‘9.35‘‘	73°40‘20.4‘‘	17-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-25	0-25	11	C. Isla Chiloé	67	42°19‘3.94‘‘	73°20‘6.41‘‘	15-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-80	11
C. Isla Chiloé	49	43°10‘1.90‘‘	73°24‘8.8‘‘	17-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-80	12	C. Isla Chiloé	68	42°13‘1.50‘‘	73°20‘23.8‘‘	15-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12.5
C. Isla Chiloé	50	43°02‘8.10‘‘	73°24‘8.2‘‘	17-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-40	0-40	11	C. Isla Chiloé	69	42°15‘23.5‘‘	73°12‘16.2‘‘	15-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-25	0-20	12
C. Isla Chiloé	51	42°58‘56.4‘‘	73°32‘4.46‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-15	0-15	11.5	C. Isla Chiloé	70	42°15‘2.40‘‘	73°05’58.0‘‘	15-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-35	0-35	12
C. Isla Chiloé	52	42°54‘9.00‘‘	73°36‘40.3‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-50	0-50	11	C. Isla Chiloé	71	42°09’30.0‘‘	73°12‘1.55‘‘	15-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
C. Isla Chiloé	53	42°53‘6.60‘‘	73°33‘4.41‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-25	0-25	12	C. Isla Chiloé	72	42°04’55.0‘‘	73°23‘23.5‘‘	13-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-20	0-20	12.5
C. Isla Chiloé	54	42°55‘6.42‘‘	73°27‘36.41‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12	C. Isla Chiloé	73	41°58‘53.7‘‘	73°29’22.0‘‘	13-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-70	11
C. Isla Chiloé	55	42°58‘43.7‘‘	73°20‘5.72‘‘	16-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11.5	C. Isla Chiloé	74	42°00’21.0‘‘	73°12’35.0‘‘	13-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12

Continuación

Sector	*Estación*	*Latitud*	*Longitud*	*Fecha*	*Tipo muestreo*	*Estrato (m)*		*TSM (°C)*
						Calvet/WP2	*CTD*	
C. Isla Chiloé	75	41°57‘34.0‘‘	73°07‘10.0‘‘	13-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
C. Isla Chiloé	76	41°52‘9.89‘‘	73°06‘3.08‘‘	13-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12.5
C. Isla Chiloé	77	41°51’23.0‘‘	73°13‘44.0‘‘	14-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-40	0-40	11
C. Isla Chiloé	78	41°48’27.0‘‘	73°19‘7.72‘‘	14-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-40	0-40	12
C. Isla Chiloé	79	41°52‘1.90‘‘	73°28‘8.0‘‘	14-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11

Tabla 3. Posiciones de las estaciones bio-geográficas (plancton-CTD) realizadas por el crucero de ictioplancton en la XI región.

Sector	*Estación*	*Latitud*	*Longitud*	*Fecha*	*Tipo muestreo*	*Estrato (m)*		*TSM (°C)*	*Sector*	*Estación*	*Latitud*	*Longitud*	*Fecha*	*Tipo muestreo*	*Estrato (m)*		*TSM (°C)*
						Calvet/WP2	*CTD*								*Calvet/WP2*	*CTD*	
Intermedio	80	43°59’12.0‘‘	73°22‘42.4‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10	Intermedio	99	45°22‘49.7‘‘	73°32‘22.1‘‘	22-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Intermedio	81	44°07‘35.7‘‘	73°18‘24.6‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11	Interno	100	45°22‘5.49‘‘	73°24‘55.6‘‘	22-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Intermedio	82	44°09‘3.10‘‘	73°26‘2.32‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11	Interno	101	45°17’23.0‘‘	73°16‘16.1‘‘	22-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11.5
Intermedio	83	44°14’53.0‘‘	73°23‘13.6‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10	Interno	102	45°20‘5.30‘‘	73°07‘49.5‘‘	23-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10
Intermedio	84	44°16‘36.6‘‘	73°15‘39.4‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10	Interno	103	45°23‘45.9‘‘	73°02‘46.2‘‘	23-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Interno	85	44°17‘37.5‘‘	73°03‘41.3‘‘	24-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10	Interno	104	45°26’46.0‘‘	72°54’34.0‘‘	23-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10
Interno	86	44°24‘47.3‘‘	72°53‘25.9‘‘	23-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10	Intermedio	105	45°28‘37.2‘‘	73°31‘30.1‘‘	22-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Interno	87	44°31‘9.70‘‘	72°39‘6.54‘‘	23-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	13	Intermedio	106	45°36‘29.4‘‘	73°32‘47.8‘‘	22-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Interno	88	44°38‘5.80‘‘	72°45‘14.8‘‘	23-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	13	Intermedio	107	45°51‘0.80‘‘	73°38‘4.06‘‘	22-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10
Interno	89	44°49‘36.3‘‘	72°56‘35.1‘‘	23-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12.5	Intermedio	108	45°47’29.0‘‘	73°41‘19.5‘‘	22-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-10	0-10	10
Interno	90	44°55‘10.69‘‘	73°11’44.0‘‘	23-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10.5	Intermedio	109	45°44‘52.9‘‘	73°52‘12.4‘‘	22-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-35	0-35	11
Interno	91	44°55‘12.3‘‘	73°23’32.0‘‘	23-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11.5	Intermedio	110	45°34‘15.6‘‘	73°49‘14.2‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Intermedio	92	44°58‘38.8‘‘	73°32’27.0‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-35	0-40	12	Intermedio	111	45°26‘26.3‘‘	73°46‘41.3‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Intermedio	93	44°58‘35.8‘‘	73°37‘23.9‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12	Intermedio	112	44°48’28.0‘‘	73°25’19.0‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
Intermedio	94	44°55‘6.52‘‘	73°39‘28.3‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12	Intermedio	113	44°48‘24.9‘‘	73°33‘26.4‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-55	11
Intermedio	95	45°3‘8.85‘‘	73°42‘16.3‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-45	0-50	11	Intermedio	114	44°40‘26.4‘‘	73°32‘42.4‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Intermedio	96	45°04‘47.8‘‘	73°37‘27.3‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11	Externo	115	44°44‘36.1‘‘	73°47‘32.2‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	10
Intermedio	97	45°13‘44.6‘‘	73°40‘59.5‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11	Externo	116	44°33‘24.1‘‘	73°51’47.0‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
Intermedio	98	45°21‘7.06‘‘	73°39‘45.7‘‘	21-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11	Externo	117	44°28‘2.16‘‘	73°55’17.0‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11

Continuación

Sector	*Estación*	*Latitud*	*Longitud*	*Fecha*	*Tipo muestreo*	*Estrato (m)*		*TSM (°C)*
						Calvet/WP2	*CTD*	
Externo	118	44°27’23.5‘‘	73°44‘40.6‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
Intermedio	119	44°29‘6.12‘‘	73°30‘47.7‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Intermedio	120	44°25‘14.7‘‘	73°20‘3.63‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Intermedio	121	44°22’11.6‘‘	73°33‘7.28‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Externo	122	44°14‘34.9‘‘	73°47‘14.3‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	12
Externo	123	44°07‘13.0‘‘	73°46‘4.38‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Externo	124	44°10‘21.8‘‘	73°36‘24.1‘‘	20-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11
Externo	125	44°39‘26.6‘‘	74°08‘57.4‘‘	22-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-70	10.5
Externo	126	44°26‘56.8‘‘	74°14‘31.2‘‘	22-11-2014	Calvet/WP2/CTD	0-70	0-100	11

Tabla 4. Periodo y zona donde se realizaron los lances de pesca.

N° Correlativo	L/M	Lance	Fecha	Hora	Latitud (°)	Longitud (°)	Especie Capturada	Observación
1	Pilfilcán III	1	12-11-2014	21:38	41°47,3’	73°17,8’	sardina austral	Mortalidad alta (falla bomba de agua)
2	Pilfilcán III	2	14-11-2014	-	-	-	-	Mal funcionamiento embarcación (sistema hidráulico falla)
3	Pilfilcán III	3	15-11-2014	1:00	41°30,4’	72°57,9’	sardina común anchoveta	Pescado en buenas condiciones
4	Pilfilcán III	4	16-11-2014	1:30	41°53,6’	73°14,8’	sardina austral	Mortalidad alta (zona pesca distante)
5	Pilfilcán III	5	17-11-2014	20:30	41°33,4’	73°01,1’	sardina austral	Pescado en buenas condiciones

Tabla 5. Bitácora de pesca crucero adultos X región.

Lance	Fecha	Hora	Lat	Log	Sardina austral (%)	Sardina común (%)	Anchoveta (%)	Captura (Kg)
1	12-11-14	21:38:00	4147,3	7317,8	100	0	0	300
2	13-11-14	20:30:00	4130,4	7257,9	-	-	-	-
3	15-11-14	1:00:00	4147,3	7317,5	16,6	66,6	16,6	600
4	16-11-14	1:30:00	4153,6	7304,8	100	0	0	100
5	16-11-14	20:30:00	4133,4	7301,1	100	0	0	300

Tabla 6.- Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de Holden & Raitt 1975).

FASE	ESTADO	ASPECTO GENERAL
I	Inmaduro translúcidos	Ovarios ocupan 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal, rosáceos, ovocitos invisibles a simple vista.
II	Virgen madurando y en recuperación	Ovarios ocupan casi la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Color rosado y ovocitos invisibles a simple vista.
III	Maduro	Los ovarios cubren cerca de 2/3de la cavidad abdominal. Color rosado a amarillento. Aspecto granular, ovocitos visibles. Los ovocitos son grandes e identificables a simple vista. Se observan vasos sanguíneos superficiales.
IV	Hidratado	Los ovarios ocupan toda la cavidad abdominal. Color naranja opaco a rosado, casi transparentes, con vasos sanguíneos superficiales poco visibles. Al presionar fluyen ovocitos hidratados, transparentes, del doble de tamaño que los ovocitos de una gónada madura.
V	En regeneración	Ovarios flácidos, distendidos, contraídos a la mitad de la cavidad abdominal. Las paredes son delgadas, flojas y lumen grande. Los ovarios pueden contener aún restos de ovocitos opacos, maduros y en desintegración, obscurecidos o translúcidos. Este ovario pasa a la etapa II de esta escala.

Tabla 7. Resumen de los experimentos desarrollados en el centro de cultivo, durante octubre 2014 (*: Primer experimento obtenido de los desove del 16/11/2014; **: Segundo experimento obtenido de los desoves del 18/11/2014).

Especie	Experimento	Numero huevos fecundados		N° ovocitos	N° huevos no fecundados
		Placa Cultivo	Frasco (1L)	Placa Cultivo	Placa Cultivo
Anchoveta	temperatura (°C)				
	8	5 (*) 10 (**)	100 (*)	-	-
	10	5 (*) 10 (**)	100 (*)	-	-
	12	5 (*) 10 (**)	100 (*)	-	-
	14	5 (*) 10 (**)	100 (*)	-	-
	16	5 (*) 10 (**)	100 (*)	-	-
Sardina común	temperatura (°C)				
	8	5 (*)	-	-	-
	10	5 (*)	-	-	-
	12	5 (*)	100 (*)	-	-
	14	5 (*)	-	-	-
	16	5 (*)	-	-	-
	Salinidad				

	20	10 (**)	100 (*)	10 (*)	-
	25	10 (**)	100 (*)	10 (*)	-
	30	10 (**)	100 (*)	10 (*)	-
	35	10 (**)	100 (*)	10 (*)	-
	Salinidad				
Sardina austral	20	-	-	-	10 (**)
	25	-	-	-	10 (**)
	30	-	-	-	10 (**)
	35	-	-	-	10 (**)

Tabla 8. Información biológica inicial de adultos, huevos y larvas con saco vitelino para la X y XI región.

	REGION			
Datos	**X**	**XI**	**Total**	**Fuente**
Adulto				
Fecundidad parcial (n° ovocitos por hembra)			2091 – 10175*	Cubillos et al 2011; Rojas et al, 2013
Frecuencia desove (día)			5 a 10*	Claramunt et al, 2012
Biomasa (ton)	22000-50079	28-18667		Niklitschek et al,2007; Niklitschek et al, 2009; Cubillos et al. 2011.
Abundancia (millones de individuos)	660-1637	17-764		Niklitschek et al,2007; Niklitschek et al, 2009; Cubillos et al. 2011
Distribución				
Costa-océano (mn)			35	Anaris et al, 2006; Niklitschek et al, 2009
vertical (m)			5 a 45	
Período reproductivo (IGS)			septiembre-diciembre	Anaris et al, 2006; Niklitschek et al, 2009 (máximo octubre a diciembre)
Zonas de Pesca				
	Seno Reloncaví			Anaris et al, 2006
	Golfo de Ancud			
	Isla Guar			
	La Arena			
	Raumil			
	Pichicolo			
Huevo – Larva				
Distribución	Fiordo Reloncaví	Canal Moraleda		Proyectos CIMAR Fiordos (2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2011); Bustos et al, (2008a); SUBPESCA (2010)
	Seno de Reloncaví	Fiordo Aysén		
	Golfo Ancud	Archipiélago los Chonos		
	Mar interior Chiloé			
	Golfo Corcovado			
Biología				
Tasa mortalidad (d^{-1})			0,312 (huevos)	Cubillos et al (2002-2011) (Tabla 2)
Tasa de desarrollo			Modelo por edad-temperatura (ec. 5)	Lo (1985); Claramunt et al (2007)
Crecimiento			Modelo Gompertz (ec. 6)	Llanos-Rivera (2005)

*Se utilizó el promedio de la fecundidad parcial (6133 ovocitos hidratados por hembras) y frecuencia de los desoves (~ 8 días).

Tabla 9. Valores de las áreas prospectadas (km2), densidad (ind* m^{-2}), abundancia (10^6 ind) y biomasa (ton) estimadas de anchoveta para la X y XI región (Fuente: Niklitschek et al. 2009).

Zona	Cobertura espacial	Área Prospectada (km^2)	Área efectiva distribución (α: km^2)	Densidad (ind* m^{-2})	Abundancia (10^6 ind)	Biomasa (ton)
1	Seno Reloncaví y Chiloé insular al norte de las Islas Desertores.	1614	5,7	192	1100	30130
2	Chiloé insular al sur de Islas Desertores	1312	-	-	-	-
3	Chiloé continental	2401	1.4	47	70	1810
4	Canal de Moraleda	3433	0	0	0	0
5	Canales Errazuriz, Costa y Estero Elefantes	707	0	0	0	0
6	Fiordos y canales orientales de Aysén al norte de la Isla Meninea	869	41,9	0,09	3,9	8,8
7	Fiordos y canales orientales de Aysén al sur de Isla Meninea	584	0	0	0	0
8	Canales occidentales de Aysén.	2587	314,8	0,02	12,8	19,6

Tabla 10. Valores de la fracción desovante (S) de anchoveta en la zona sur de Chile (Puerto Saavedra a Sur de Corral (41°20’S).

Año	S	Tasa Mortalidad diaria (Z d^{-1})	Proyecto
2002	0,07	0,494	Cubillos et al. 2003
2003	0,17	0,08	Bernal et al. 2004
2004	0,17	0,26	Cubillos et al. 2005
2005	0,09	0,53	Cubillos et al. 2006
2007	0,27	0,19	Cubillos et al. 2008
2008	0,06	0,062	Cubillos et al. 2009
2009	0,14	0,18	Cubillos et al. 2010
2010	0,14	0,7	Cubillos et al. 2011
$\bar{x}$	**0,139**	**0,312**	

Tabla 11. Resumen de los datos de ictioplancton disponibles para los diferentes años (d.c.: Data completa).

				Densidad			
Proyecto	Año	Mes	Región	Huevos	Larva pre-flexión	Larva post-flexión	Larva Total
CIMAR 8	2002	Noviembre	XI	d.c.	d.c.	d.c.	d.c.
CIMAR 9-2	2003	Noviembre	XI	d.c.	d.c.	d.c.	d.c.
CIMAR 10	2004	Noviembre	X	d.c.	d.c.	d.c.	d.c.
CIMAR 12-2	2006	Noviembre	X	d.c.	d.c.	d.c.	d.c.
CIMAR 13-2	2007	Noviembre	XI	d.c.	d.c.	d.c.	d.c.
CIMAR 17-2	2011	Octubre	X	d.c.	d.c.	d.c.	d.c.
SUBPESCA	2010	Diciembre-Enero	X-XI	d.c.	d.c.	d.c.	d.c.

Tabla 12. Resultado del análisis armónico de marea a los puestos de marea de Puerto Montt, Melinka y Chacubuco. El asterisco (*) significa que los armónicos representan el 95% del intervalo de confianza.

Puerto Montt				**Melinka**		**Chacabuco**	
Armónicos de marea	**Frecuencia (horas)**	**Amplitud (metros)**	**Fase (grados)**	**Amplitud (metros)**	**Fase (grados)**	**Amplitud (metros)**	**Fase (grados)**
*MSF	354.10	0.3169	79.09	0.0835	352.2	0.0988	7.33
*Q1	26.88	0.1574	310.57	0.0257	209.39	0.0251	182.38
*O1	25.82	0.2137	297.74	0.1025	335.96	0.0903	336.27
*K1	23.93	0.16	167.44	0.1864	142.47	0.179	145.24
*N2	12.66	0.502	96.84	0.1736	67.16	0.2157	55.16
*M2	12.42	1.8615	191.09	0.8279	174.51	0.7688	183.84
*S2	12.00	0.6888	218.19	0.2519	176.41	0.3294	193.38
*M4	6.21	0.0658	296.91	0.0161	347.43	0.0133	155.16
*MS4	6.10	0.065	205.15	0.0136	71.39	0.0136	128.73
*S4	6.00	0.0573	104.79	0.0098	300.45	0.0016	276.27
*M6	4.14	0.0879	129.84	0.0106	354.88	0.0034	135.69

Tabla 13. Parámetros de la relación longitud-peso extraída en aguas interiores de la X y XI región FIP 2013-11 (ESR: Error estándar residual). Los n analizados corresponden a 3 lances en la X región y 2 lances en la XI región.

Región	a	b	r^2	ESR	N
X	0,006	3,019	0,76	2,226	106
XI	0,018	2,664	0,58	1,958	120

Tabla 14. Proporción sexual estimada para anchoveta en aguas de la X y XI región. Proporción estimada a partir de los muestreos biológicos (FIP 2013-11; FIP 2007-05). Aumento en número de ejemplares analizados no varía los resultados.

Región	Total	hembras		Machos		x^2	Relación	P <0.05
X	180	92	0,51	88	0,49	0,09	1 : 1*	se acepta
XI	282	149	0,53	133	0,47	0,91	1 : 1*	se acepta
Total	462	241	0,52	221	0,48	0,87	1 : 1*	se acepta

Tabla 15. Resultados de la abundancia de huevos de anchoveta liberados por hembra, en función a la fecundidad parcial y fracción diaria desovante, por zona y región.

Región	Abundancia (número individuos)			
	Total	machos	hembras	Huevos
X	1.811.626.488	905.813.244	905.813.244	772.194.015.003
XI	605.504.925	302.752.463	302.752.463	258.092.538.619

Tabla 16. Zonas de liberación (desove) de partículas obtenidas de los cruceros realizados entre la base de datos histórica.

Numeración	Sector	Zona	Abreviación	Latitud (°S)	Longitud (°W)
1	Seno Reloncaví	Seno Reloncaví	SReloncaví	41,695	72,865
2		Boca S. Reloncaví	SRBoca	41,860	72,869
3	Golfo de Ancud	Canal Chacao – G. Ancud	GACChacao	41,849	73,401
4		G. Ancud Intermedio	GAInter	42,051	73,035
5		G. Ancud Norte - Fiordo Reñihue	CCNorte	42,453	72,924
6	Mar interior Chiloé	Isla Chiloé Centro	IChCC	42,498	73,579
7		Canal Desertores Norte	CCCentro1	42,650	72,888
8		Canal Desertores Sur	CCCentro2	42,872	72,867
9		Canal Apiao	CCCentro3	42,800	73,152
10		Sur Punta Auchemó	CCSur1	43,140	72,983
11		Norte Punta Pucaihuén	CCSur2	43,197	72,956
12		Isla Chiloé Sur	IChCS	43,181	73,435
13	Golfo Corcovado	Golfo Corcovado – Norte Centro	GCNCentro	43,295	73,287
14		Golfo Corcovado – Norte Continente	GCNConti	43,467	73,219
15		Golfo Corcovado Centro	GCCentro	43,478	73,470
19		Golfo Corcovado Sur	GCSur	43,800	73,627
16	Boca del Guafo	Boca del Guafo Interno	BGInterno	43,609	73,720
17		Boca del Guafo Intermedio	BGIntermedio	43,690	74,108
18		Boca del Guafo externo	BGExterno	43,788	74,450
20	Canal Moraleda	Canal Moraleda Norte	CMNorte	43,968	73,368
21		Canal Moraleda Centro	CMCentro	44,422	73,470
22		Canal Moraleda Sur	CMSur	44,680	73,500
23	Archipiélago Chonos	Archipiélago Chonos interno	ACInterno1	44,975	73,870
24		Archipiélago Chonos interno	ACInterno2	45,353	73,648
25		Archipiélago Chonos intermedio	ACIntermedio	45,414	74,228
26		Archipiélago Chonos externo	ACExterno	45,435	74,851

Tabla 17. Definición de los parámetros control que son contenidos en los diferentes IBMs.

Parámetros control	Definición
Fecha de liberación	Cada 8 días de cada mes simulado
Año simulación	Se utilizara el año 10 proveniente del modelo hidrodinámico
Duración simulación	Corre por tres meses modelo
Número de partícula	El número de partículas por simulación seria lo reportado en la tabla 15.
Crecimiento larva	Estarían dados por las constante de la ecuación Gompertz (ec. 6) en función a la temperatura (Tabla 8)
Tasa desarrollo huevo	Estarían dados por las constantes de la ecuación por estado de desarrollo (ec. 5) en función de la temperatura (Tabla 8)

Tabla 18. Definición de las constantes presentes en el IBM.

Constantes	Definición
Duración desove	Es un proceso constante dentro del período de simulación de tres meses (octubre a diciembre)
Duración trayectoria	Se seguirá la trayectoria de las partículas por 14 días.
Área de desove	Las partículas son liberadas en forma simultánea en diferentes zonas (Tablas 8 y 17)
Densidad partícula	La densidad que se van utilizar para cada partícula es de 1,025 g cm^{-3} (Soto, 2009).
Profundidad de liberación huevos	La liberación de las partículas va homogénea en el estrato de 0 a 100 m de profundidad.

Tabla 19. Densidad promedio de huevos (huevos/10m^2) de sardina común (*Strangomera bentincki*, Straben), sardina austral (*Sprattus fuegensis*, Sprafue), anchoveta (*Engraulis ringens*, Engrrin) y sardinas indeterminadas (Sspp), el total de estaciones y estaciones positivas para cada especie y tipo de red.

Estaciones	Red	Estimador	Prom.	D.E.	Mín.	Max.	n
Totales	Calvet	Straben	11,562	45,945	0,0	480,0	128
		Sprafue	0,234	1,519	0,0	10,0	
		Engrrin	0,000	0,000	0,0	0,0	
		Sspp	2,110	7,280	0,0	50,0	
	WP2	Straben	37,969	150,372	0,0	1.570,0	128
		Sprafue	1,719	7,221	0,0	70,0	
		Engrrin	53,360	374,936	0,0	4.000.0	
		Sspp	6,719	22,487	0,0	150,0	
Positivas	Calvet	Straben	42,286	80,917	10,0	480,0	35
		Sprafue	10,000	0,000	10,0	10,0	3
		Engrrin	---	---	---	---	---
		Sspp	19,286	12,688	10,0	50,0	14
	WP2	Straben	99,184	231,578	10,0	1.570,0	49
		Sprafue	16,923	16,525	10,0	70,0	13
		Engrrin	758,889	1.276,445	10,0	4.000,0	9
		Sspp	35,833	41,275	10,0	150,0	24

Tabla 20.- Número total de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por sector (individuos $10m^2$), X región (Red Calvet).

ANCHOVETA							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	0	0	0	0	0	0	0
Costero Isla Chiloé	0	0	0	0	0	0	0
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA COMUN							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	190	17,3	35,3	38	46,5	120	10
Costero Continental	120	4,44	13,9	24	26,0	70	10
Costero Isla Chiloé	1130	29,7	78,7	51,4	98,8	480	10
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA AUSTRAL							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	0	0	0	0	0	0	0
Costero Isla Chiloé	20	0,5	2,2	10	0	10	-
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0
CLUPEIDOS							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	0	0	0	0	0	0	0
Costero Isla Chiloé	220	5,8	12,0	22,0	13,9	50	10
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 21- Número total de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por sector (individuos $10m^2$), XI región (Red Calvet).

ANCHOVETA							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	0	0	0	0	0	0	0
Externo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA COMUN							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	20	0,8	3,9	20	0	20	-
Externo	20	2,2	4,4	10	0	10	-
SARDINA AUSTRAL							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	10	0,4	1,9	20	0	20	-
Externo	0	0	0	0	0	0	0
CLUPEIDOS							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	40	1,5	4,6	13,3	5,7	20	10
Externo	10	1,1	3,3	10	0	10	-

Tabla 22.- Número total de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por sector (individuos $10m^2$), X región (Red WP2).

ANCHOVETA							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	6000	545,5	1199,1	1200	1616,5	4000	40
Costero Continental	790	29,3	144,2	395	502,0	750	40
Costero Isla Chiloé	40	1,1	5,09	20	14,1	30	10
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA COMUN							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	670	60,9	114,9	83,8	129,1	400	20
Costero Continental	410	15,2	46,4	41	71,0	240	10
Costero Isla Chiloé	3630	95,5	258,4	172,9	330,8	1570	10
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA AUSTRAL							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	70	6,4	21,1	70	0	70	-
Costero Continental	0	0	0	0	0	0	0
Costero Isla Chiloé	70	1,8	4,5	11,7	4,0	20	10
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0
CLUPEIDOS							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	10	0,9	3,02	10	0	10	-
Costero Continental	30	1,1	5,77	30	0	30	-
Costero Isla Chiloé	640	16,8	34,9	42,7	45,2	150	10
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 23.- Número total de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por sector (individuos $10m^2$), XI región (Red WP2).

ANCHOVETA							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	0	0	0	0	0	0	0
Externo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA COMUN							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	10	0,8	2,8	10	0	10	-
Intermedio	110	4,2	10,6	18,3	16,0	50	10
Externo	30	3,3	5,0	10	0	10	-
SARDINA AUSTRAL							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	60	2,3	5,8	16,7	5,7	20	10
Externo	20	2,2	4,4	10	0	10	-
CLUPEIDOS							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	150	5,8	21,7	37,5	48,5	110	10
Externo	30	3,3	5,0	10	0	10	-

Tabla 24.- Número total de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de larvas considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de larvas por sector (individuos $10m^2$), X región (Red Calvet).

ANCHOVETA							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	40	3,6	9,2	20,0	14,1	30	10
Costero Continental	40	1,5	3,6	10	0	10	-
Costero Isla Chiloé	0	0	0	0	0	0	0
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA COMUN							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	0	0	0	0	0	0	0
Costero Isla Chiloé	0	0	0	0	0	0	0
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA AUSTRAL							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	10	0,4	1,9	10	0	10	-
Costero Isla Chiloé	50	1,3	3,4	10	0	10	-
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0
CLUPEIDOS							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	0	0	0	0	0	0	0
Costero Isla Chiloé	0	0	0	0	0	0	0
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 25.- Número total de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de larvas considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de larvas por sector (individuos $10m^2$), XI región (Red Calvet).

ANCHOVETA							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	0	0	0	0	0	0	0
Externo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA COMUN							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	0	0	0	0	0	0	0
Externo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA AUSTRAL							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	10	0,4	1,9	10	0	10	-
Externo	0	0	0	0	0	0	0
CLUPEIDOS							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	0	0	0	0	0	0	0
Externo	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 26.- Número total de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de larvas considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de larvas por sector (individuos $10m^2$), X región (Red WP2).

ANCHOVETA							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	270	24,5	38,5	45,0	43,2	130	10
Costero Continental	20	0,7	2,6	10	0	10	-
Costero Isla Chiloé	0	0	0	0	0	0	0
Boca Guafo	10	2,0	4,4	10	0	10	-
SARDINA COMUN							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	10	0,4	1,9	10	0	10	-
Costero Isla Chiloé	0	0	0	0	0	0	0
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA AUSTRAL							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	160	5,9	10,4	17,8	10,9	40	10
Costero Isla Chiloé	20	0,5	2,2	10	0	10	-
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0
CLUPEIDOS							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Seno Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	0	0	0	0	0	0	0
Costero Isla Chiloé	0	0	0	0	0	0	0
Boca Guafo	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 27.- Número total de larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos por sector, promedio (y desviación estándar) de larvas considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de larvas por sector (individuos $10m^2$), XI región (Red WP2).

ANCHOVETA							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	0	0	0	0	0	0	0
Externo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA COMUN							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	0	0	0	0	0	0	0
Externo	0	0	0	0	0	0	0
SARDINA AUSTRAL							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	0	0	0	0	0	0	0
Externo	0	0	0	0	0	0	0
CLUPEIDOS							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Interno	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	0	0	0	0	0	0	0
Externo	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 28. Porcentaje de anomalías por estadio de desarrollo embrional, en las tres especies objetivo. Total corresponde a número total de huevos con anomalías en el total de huevos colectados por especie.

	% ANOMALIAS POR ESTADIO										
Especies	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**Total**
Anchoveta	12,5	0,53	12,5	6	0	1,23	3,57	1,14	0	0	1,4
Sardina común	3,73	2,88	0	8,82	8,16	0	14,3	0	0	14,3	2,6
Sardina austral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 29. Promedio total ($\bar{X}$), desviación estándar (DS) y máxima abundancia de zooplancton (individuos 10m-^{2}) encontrado durante crucero de noviembre 2014.

	Abundancia (indiv. *10m^{-2})		
Grupo	$\bar{X}$	DS	máximo
Copépodos	14742	12225	58640
Apendicularias	1219	1530	5900
Larvas briozoos	3192	7531	47200
Sifonóforos	4337	5160	21440
Quetognatos	385	708	3820
Medusas	215	193	680
Ctenóforos	26	84	540
Eufáusidos	168	248	1080
Anfípodos	12	21	90
Isópodos	5	14	90
Stomatópodos	2	6	30
Megalopas	7	36	240
Poliquetos	62	93	420
Cefalópodos	0.4	2	10
Larvas zoea	272	307	1300
Salpas	1	6	40
Ostrácodos	1	6	40

Tabla 30. Parámetros del variograma teórico ajustado a la distribución espacial de la presencia/ausencia de huevos de sardina común (*Strangomera bentincki*, Straben), sardina austral (*Sprattus fuegensis*, Sprafue), anchoveta (*Engraulis ringens*, Engrrin) y sardinas indeterminadas (Sspp). VNE: Varianza no explicada.

Parámetro	Straben	Sprafue	Engrrin	Sspp
Modelo	Esférico	Exponencial	Esférico	Exponencial
Rango (Km)	100,188	25,699	59,166	12,261
Sill	9,759 x 10^{-2}	5,376 x 10^{-2}	2,882 x 10^{-2}	0,154
Nugget	0,127	5,844 x 10^{-2}	2,753 x 10^{-2}	3,025 x 10^{-2}
VNE (%)	54,55	52,09	48,86	16,42

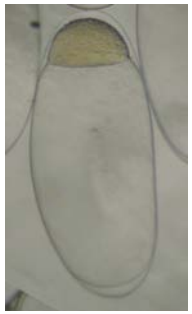
Tabla 31**.** Estado de madurez sexual macroscópico (EMS) de hembras de sardina austral, sardina común y anchoveta durante el período de estudio, X región.

Especie	II	III	IV
Sardina austral	94.9	5.1	0.00
Sardina común	12.7	70.9	16.4
Anchoveta	0.00	95.1	4.9

Tabla 32**.** Índice Gonadosomático (IGS) de hembras de sardina austral, sardina común y anchoveta durante el período de estudio, X región. En () números individuos analizados.

LT (cm)	Sardina austral	Sardina común	Anchoveta
10	0.83 (3)		
10.5	0.35 (3)		
11	0.53 (20)	1.92 (7)	
11.5	0.72 (26)	2.60 (9)	
12	0.62 (42)	1.98 (13)	6.47 (1)
12.5	0.79 (40)	3.18 (23)	6.84 (9)
13	0.68 (33)	4.89 (10)	8.66 (3)
13.5	1.09 (21)	2.34 (14)	7.13 (4)
14	1.82 (10)	4.93 (13)	5.02 (11)
14.5	1.78 (2)	2.75 (6)	6.76 (16)
15		5.90 (3)	7.80 (23)
15.5		0.00 (1)	8.46 (19)
16			7.01 (5)
16.5			5.16 (3)
17			3.34 (2)
Promedio	0.79 (200)	3.16 (100)	7.03 (96)

Tabla 33. Desarrollo embrionario de *Engraulis ringens*, desde huevos obtenidos en Puerto Montt en Noviembre de 2014, en el marco del proyecto FIP 2013-17. En la tabla se incluye además el tiempo de desarrollo (en horas) y la descripción de los diferentes estadios de desarrollo.

Estadio		Tiempo de desarrollo a 12°C, en horas	Descripción del desarrollo embrionario según el criterio de Moser & Ahlstrom (1985)
Estadio III		12,1	El blastodermo tiene ya la apariencia de tejido. El margen del blastodisco denominado anillo germinal se hace más grueso para formar la capa embrionaria, la cual define el futuro eje del embrión. A partir de esta etapa comienza la gastrulación, en la cual acontece una proliferación y un movimiento descendente de células en la región del anillo germinal en un proceso conocido como epibolía. Simultáneamente una proliferación y una migración hacia dentro (embolía) de células desde el margen de la capa embrionaria produce las capas de células que forman los órganos del embrión primordial. Al final del estadio III el anillo germinal está un tercio debajo de la masa de vitelo y la naturaleza bilateral del embrión ya se puede percibir.
Estadio IV		24,1	El anillo germinal ha envuelto un tercio de la masa de vitelo y el embrión está comenzando a formarse en la región media del escudo embrionario. Al final de este estadio el anillo germinal envuelve dos tercios del vitelo y la región cefálica del embrión se comienza a hacer aparente.
Estadio V		34,6	Comienza con el anillo germinal envolviendo bajo los dos tercios de la masa de vitelo y termina con el cierre del blastoporo y la masa de vitelo encerrada completamente por la capa celular del embrión. El estadio es caracterizado por el desarrollo de la notocorda producto de una diferenciación rápida que resulta en la formación de varios somitos en la región media del eje embrionario. También se diferencian las vesículas ópticas del cerebro.

Estadio VI		39,6	Comienza con el cierre del blastoporo y termina cuando la cola empieza a separarse de la masa de vitelo. La capa embrionaria de células es extremadamente delgada. La posición del término caudal del eje embrionario va hacia el polo vegetal junto con el margen de la capa celular. Inicialmente la región caudal se tiende plana contra la región polar del vitelo, después gradualmente se engrosa y se va poniendo más redonda en la punta hasta que está claramente separada del vitelo. Durante este estadio los somitos son aparentes a lo largo de todo el eje embrionario (excepto en la región caudal), los lentes primordiales aparecen en los ojos. La región del cerebro se comienza a diferenciar.
Estadio VII		52,5	Al principio de este estadio la punta libre de la cola es ampliamente redonda, después se empieza a estrechar mientras se alarga. La notocorda se extiende casi hasta el extremo de la cola, la aleta primordial está recién haciéndose visible. Al final de este estadio la longitud de la cola libre es un medio de la longitud de la cabeza, la longitud de la cabeza es considerada la distancia desde la punta del hocico hasta atrás del cerebelo.
Estadio VIII		64,5	Este estadio empieza cuando la longitud del extremo libre de la cola es mayor que la mitad de la longitud de la cabeza y termina cuando la longitud de la cola es igual a la longitud de la cabeza. La cola se hace puntuda durante este estadio y se empieza a curvar fuera del eje del cuerpo, hacia el lado izquierdo o derecho. La curvatura de la cola generalmente incrementa con el desarrollo, pero es sujeto de variabilidad individual.
Estadio IX		69,6	Este estadio comienza cuando la cola se extiende un cuarto de la longitud del saco vitelino y termina cuando este alcanza la mitad de la longitud del saco vitelino. El intestino es aparente a lo largo de la superficie ventral de la cola, y su sección terminal pasa a través de la aleta primordial, la que ahora es considerablemente más ancha que en el estadio previo. Los primordios de las aletas pectorales aparecen como engrosamientos laterales al igual que las vesículas óticas.

Estadio X		74,5	Este estadio comienza cuando la longitud de la cola libre representa la mitad de la longitud del saco vitelino y finaliza cuando ésta alcanza tres cuartos de la longitud del saco vitelino.
Estadio XI		90,5	Este corresponde al estadio final previo a la eclosión y se define porque la longitud de la cola libre es mayor a tres cuartos de la longitud del saco vitelino.

Tabla 34. Desarrollo embrionario de *Strangomera bentincki*, desde huevos obtenidos en Puerto Montt en Noviembre de 2014, en el marco del proyecto FIP 2013-17. En la tabla se incluye además el tiempo de desarrollo (en horas) y la descripción de los diferentes estadios de desarrollo.

Estadio		Tiempo de desarrollo a 12°C, en horas	Descripción del desarrollo embrionario según el criterio de Sepúlveda *et al.* (2000)
Estadio III		20,5	Se observa el blastodisco, con un grado de desarrollo que corresponde aproximadamente a un tercio del corión. También caracteriza a este estadio la formación de la cavidad de segmentación.
Estadio IV		30,5	Se observa que el polo germinal ha alcanzado más de un tercio del corión, y la cavidad de segmentación es de mayor tamaño y se ubica en un costado del huevo. En algunos casos es posible diferenciar el anillo germinal.
Estadio V		36,5	En estos huevos se observa claramente el embrión ya formado, la cabeza ha comenzado su desarrollo. Tanto la cola como la cabeza se presentan con forma de lengua. El largo del embrión alcanza dos tercios del corión y la notocorda se hace levemente visible.
Estadio VI		46,5	Esta etapa se caracteriza porque el embrión alcanza un largo mayor a la mitad del corión, el blastoporo se ha cerrado, sin embargo aún no comienza a separarse de la masa de vitelo. Los somitos comienzan a observarse a lo largo del cuerpo excepto la región caudal. En la cabeza se diferencian los ojos y comienza la aparición de melánoforos en la región posterior de la cabeza y a lo largo del cuerpo.

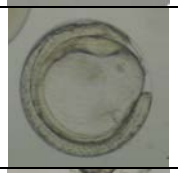
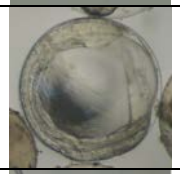
Estadio VII		51,5	Está caracterizado claramente por el desprendimiento inicial de la cola y el comienzo de la elongación de la misma, en algunos casos la aleta embrional puede observarse muy tenuemente. El ojo ha alcanzado mayor desarrollo. La presencia de melanóforos se intensifica principalmente en la cabeza en la región ventral y caudal del embrión.
Estadio VIII		63,5	Se observa cuando el desprendimiento de la cola se hace claramente evidente, siendo el largo de la cola libre aproximadamente la mitad del largo de la cabeza. También, es posible diferenciar la aleta embrional aunque presenta un desarrollo muy incipiente.
Estadio IX		68,5	Se observa cuando el desprendimiento de la cola libre representa entre un cuarto y la mitad del corión, la aleta embrional presenta mayor desarrollo y es posible observar en la punta de la cola en algunos casos, una leve “estrangulación” como si marcara el comienzo de una fuerte elongación y adelgazamiento de ésta.
Estadio X		78,5	Está definido por el largo de la cola, la cual sobrepasa la mitad del corión aun cuando apenas ha alcanzado la cabeza del embrión. El ancho de la aleta embrional es levemente menor al ancho de la cola.
Estadio XI		82,72	Se observa claramente porque el largo de la cola alcanza la cabeza y la traspasa. El embrión ocupa todo el perímetro del corión. La aleta embrional alcanza su tamaño máximo siendo del mismo ancho de la cola. Los melanóforos se ubican con mayor intensidad en algunas regiones del embrión como la cola y la cabeza, formando dos bandas a cada lado de la región dorsal del embrión.

Tabla 35. Clasificación por estadio de madurez ovárica de los ejemplares muestreados.

	Frecuencia (N°)		Frecuencia (%)	
	S. austral	S. común	S. austral	S. común
Inmaduro	56	1	39.4	2.2
Reposo	40	3	28.2	6.5
Parcialmente vitelado	7	4	4.9	8.7
Vitelado	28	23	19.7	50.0
Núcleo migrante	3	6	2.1	13.0
Hidratado	2	7	1.4	15.2
En desove	0	1	0.0	2.2
Desovado	6	1	4.2	2.2
Total	142	46	100	100

Tabla 36. Listado de taxas de peces colectados en estado huevos, abundancia promedio y desviación estándar en estaciones positivas, durante el crucero de ictioplancton, noviembre 2014 (red Tucker Trawl).

Abundancia Huevos en 100 m^2		**Promedio**	**Desviación Estándar**
Epipelágico	*Engraulis ringens*	670.8	945.5
	Normanichthys crockeri	2.7	3.1
	Scomberesox saurus	0.2	0.1
	Sprattus fuegensis	0.3	0.1
	Strangomera bentincki	5.8	6.6
Oceánico	*Lampanyctodes hectoris*	0.4	0.0
	Macrouridae indeterminado	0.3	0.1
	Maurolicus parvipinnis	84.5	89.2
Demersal	*Hippoglossina* sp.	0.2	0.0
	Macruronus magellanicus	1.1	0.4
	Merluccius australis	13.8	11.5
	Merluccius gayi	1.2	1.4

Tabla 37. Listado de taxas de peces colectados en estado larval, abundancia promedio y desviación estándar en estaciones positivas, durante el crucero de ictioplancton, noviembre 2014 (red Tucker Trawl).

Abundancia Larvas en 100 m^2		**Promedio**	**Desviación Estándar**
Epipelágico	*Engraulis ringens*	7.2	10.0
	Normanichthys crockeri	11.8	13.3
	Nototheniidae indeterminado	0.4	0.0
	Sprattus fuegensis	0.2	0.1
	Strangomera bentincki	0.4	0.4
	Stromateus stellatus	0.3	0.1
Oceánico	*Bathilagichthys parini*	0.2	0.1
	Maurolicus parvipinnis	11.6	16.5
Demersal	*Hippoglossina* sp.	0.4	0.2
	Leptonotus blainvillianus	2.5	3.5
	Merluccius gayi	1.9	2.1
	Merluccius australis	0.2	0.0
	Paralicthys sp.	0.1	0.0
Costeros	*Congiopodus peruvianus*	0.3	0.0
	Hypsoblennius sordidus	0.2	0.0
	Prolatilus jugularis	0.9	1.1
	Sebastes oculatus	5.6	6.0

Tabla 38. Listado taxas de peces colectados en estado huevos, abundancia promedio y desviación estándar en estaciones positivas, durante el crucero de ictioplancton, noviembre 2014 (red WP-2).

		REGIÓN			
		X		XI	
Abundancia Huevos en 10 m^2		**Promedio**	**Desviación Estándar**	**Promedio**	**Desviación Estándar**
Epipelágico					
	Engraulis ringens	758,9	1276,44	0	0
	Strangomera bentincki	120,8	255,66	15,0	12,69
	Sprattus fuegensis	20,0	22,36	13,3	5,16
	Clupeidos	40,0	43,16	25,7	37,35
	Normanichthys crockeri	31,3	31,59	0	0
	Scomberesox saurus	0	0	10,0	0,00
	Stromateus stellatus	42,0	48,49	25,0	21,21
Oceánico					
	Macrouridae	10,0	0,00	10,0	0,00
	Maurolicus sp.	195,0	238,04	40,9	30,48
Demersal					
	Hippoglossina sp.	11,7	4,08	10,0	0,00
	Merluccius australis	14,3	10,89	10,0	0,00
	Merluccius gayi	12,0	4,47	10,0	0,00
	Merluccius sp.	20,0	0,00	0,0	0,00
	Indeterminados	90,0	106,19	26,3	21,87

Tabla 39. Rango de preferencia de temperatura y salinidad superficial (~1m), obtenidos del análisis de Quotient para los huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos.

	Rango preferencia (Q > 1)	
Especie	Temperatura (°C)	Salinidad
anchoveta	12 – 12,5 13 – 14,5	7 – 8 18 – 19 28 – 29
sardina común	11,5 – 13 13,5 - 14	28 – 29 32 – 34
sardina austral	12 – 13	7 – 8 26 – 27 29 – 30 32 – 33
Clupeidos	12 –13	7 – 8 29 – 30 32 – 33 33 – 34

Tabla 40. Rango de preferencia de temperatura y salinidad a 25 m de profundidad, obtenidos del análisis de Quotient para los huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos.

	Rango preferencia (Q > 1)	
Especie	Temperatura (°C)	Salinidad
anchoveta	11 – 11,5	32 – 33
sardina común	11 – 11,5	32 – 34
sardina austral	10,5 – 11 11 – 11,5	30 – 33
clupeidos	11 – 11,5	30 – 31 33 – 34

Tabla 41. Resultados de los análisis de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para comprobar la hipótesis nula de que la distribución de huevos y larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos son al azar con respecto a una variable ambiental particular a nivel superficial (~1m) (Significancia de K-S: *: p<0,05; $^{+}$: p>0,05).

	Variable ambiental			
	Temperatura (ºC)		Salinidad	
Especies	K-S	N	K-S	N
Anchoveta	0,219^{+}	16	0,459*	29
Sardina común	0,073^{+}	16	0,361*	29
Sardina fueguina	0,110^{+}	16	0,698*	29
Clupeidos	0,081^{+}	16	0,484*	29

Tabla 42. Resultados de los análisis de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para comprobar la hipótesis nula de que la distribución de huevos y larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos son al azar con respecto a una variable ambiental particular, a una profundidad de 25m (Significancia de K-S: *: p<0,05; $^{+}$: p>0,05).

	Variable ambiental			
	Temperatura (ºC)		Salinidad	
Especies	K-S	N	K-S	N
Anchoveta	0,094^{+}	16	0,121^{+}	29
Sardina común	0,068^{+}	16	0,114^{+}	29
Sardina fueguina	0,0312^{+}	16	0,061^{+}	29
Clupeidos	0,062^{+}	16	0,061^{+}	29

Tabla 43. Resultados de los modelos aditivos generalizados (GAMs) para la densidad de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en función a la profundidad del ecosonda (E), temperatura (T), salinidad (S), fluorescencia (F) y Brunt-Vaisala (BV) en superficie y 25 m de profundidad (**n**: número de datos, **R^2**: Coeficiente de determinación, **VE**: Varianza explicada en porcentaje, **GVC**: Validación cruzada general).

		profundidad de 1 m			
Especie	Modelo	n	R^2	VE	GVC
anchoveta	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	122	0,89	80,4	9,27
sardina común	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	122	0,87	77,4	5,66
sardina austral	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	122	0,79	61,0	4,20
clupeidos	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	122	0,81	76,8	11,16
		profundidad de 25 m			
anchoveta	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	112	0,91	95,8	22,28
sardina común	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	112	0,76	76,9	39,79
sardina austral	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	112	0,76	67,0	3,95
clupeidos	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	112	0,96	91,4	4,56

Tabla 44. Resultados de los modelos GAM por especie y profundidad (E: profundidad del ecosonda, T: temperatura, S: salinidad, F: fluorescencia, BV: Brunt-Vaisala).

Especie	Parámetros	Estimado	Valor F	Error standard	Valor t	p-valor
			Profundidad de 1m			
anchoveta	Intercepto	-0,18	-	0,90	-0,199	0,0843
	s(E)	1,96	10,56	-	-	6,27e-5
	s(T)	3,00	8,82	-	-	2,55e-5
	s(S)	1,66	3,49	-	-	0,0375
	s(F)	1,39	2,89	-	-	0,0599
	s(BV)	1,61	-5,22	-	-	0,0090
sardina común	Intercepto	1,75	-	0,43	4,07	9,62e-5
	s(E)	3,84	8,87	-	-	9,05e-7
	s(T)	8,39	5,36	-	-	4,24e-6
	s(S)	1,48	9,48	-	-	0,00033
	s(F)	2,00	10,64	-	-	2,47e-5
	s(BV)	8,71	2,94	-	-	0,00364
sardina austral	Intercepto	-9,14	-	15,70	-0,58	0,0562
	s(E)	1,34	0,46	-	-	0,498
	s(T)	4,05	5,59	-	-	0,0003
	s(S)	1,55	6,69	-	-	0,012
	s(F)	3,80	4,04	-	-	0,004
	s(BV)	2,04	6,48	-	-	0,001
clupeidos	Intercepto	-12,93	-	10,39	-1,22	0,0216
	s(E)	6,789	2,944	-	-	0,0076
	s(T)	7,851	8,217	-	-	8,48e-9
	s(S)	2,824	0,502	-	-	0,0697
	s(F)	6,112	3,949	-	-	0,0007
	s(BV)	1,36	1,091	-	-	0,0299
			Profundidad de 25m			
anchoveta	Intercepto	-28,72	-	76,78	-3,74	0,0003
	s(E)	1,23	5,15	-	-	0,0254
	s(T)	1,98	15,22	-	-	1,27e-6
	s(S)	2,97	25,41	-	-	3,99e-13
	s(F)	2,85	44,21	-	-	< 2e-16
	s(BV)	2,95	24,15	-	-	1,56e-12
sardina común	Intercepto	0,17	-	4,63	0,04	0,009
	s(E)	7,97	1,92	-	-	0,060
	s(T)	3,37	3,08	-	-	0,0192
	s(S)	6,66	3,55	-	-	0,0021
	s(F)	7,86	3,23	-	-	0,0022
	s(BV)	5,18	2,30	-	-	0,0418
sardina austral	Intercepto	-16,55	-	6,14	-2,69	0,0083
	s(E)	3,89	8,63	-	-	4,97e-6
	s(T)	3,85	2,94	-	-	0,0246
	s(S)	3,72	1,49	-	-	0,0211
	s(F)	3,82	7,66	-	-	2,13e-5
	s(BV)	1,45	7,17	-	-	0,0087
clupeidos	Intercepto	-49,97	-	13,12	-3,81	0,0002
	s(E)	5,96	5,61	-	-	5,87e-5
	s(T)	7,00	8,65	-	-	3,01e-8
	s(S)	6,96	6,57	-	-	2,77e-6
	s(F)	7,00	4,76	-	-	0,00015
	s(BV)	4,04	3,90	-	-	0,0046

Tabla 45. Rango óptimo de las variables predictoras a 1m y 25 m de profundidad asociados a la densidad de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos.

Especie	Profundidad (m)	Temperatura (ºC)	Salinidad	Fluorescencia	Frecuencia Brunt-Vaisala (ciclos/h)
profundidad de 1m					
anchoveta	50 – 100 320 - 350	10,9 –11,1 13 – 13,6	29,43 – 31,05	16,25 – 25,36	31,95 – 51,68
sardina común	15 - 121	11,1 – 11,2 11,8 – 14,4	29,17 – 33,08	17,06 – 30,40	27,92 – 49,84
sardina austral	15 - 152	10,5 – 12,9	28,6 – 30,01	7,74 – 16,37 30,40 – 41,43	27,92 – 41,80
clupeidos	15 - 205	10,9 – 13,0	26,35 – 33,08	6,15 – 18,29 37,48 – 52,31	0,34 – 22,33
profundidad de 25m					
anchoveta	167 – 200	10,6 – 11,3	30,67 – 31,02	4,41 – 9,65	-1,22 – 12,66
sardina común	88 – 180 270 – 366	10,9 – 11,3	30,26 – 31,51 31,82 – 33,28	5,98 – 8,71	-1,22 – 8,31
sardina austral	30 – 134	10,2 – 11,2	30,09 – 30,58	2,65 – 8,06	5,07 – 6,82
clupeidos	30 – 185	10,3 – 11,3	30,32 – 33,28	2,65 – 3,03 5,86 – 8,74	0,00 – 10,74

Tabla 46. Transporte (sobrevivencia) de huevos en las diferentes zonas de liberación durante el periodo reproductivo.

		Zona de crianza (éxito)																							
		S. Reloncaví		Golfo Ancud			Mar interior de Chiloé							Golfo Corcovado			Boca Guafo			Canal Moraleda				Archipielago los Chonos			
Sector	Zona Liberación	Sreloncavi	SRBoca	GACChacao	GAInter	CCNorte	IChCC	CCCentro1	CCCentro2	CCCentro3	CCsur1	CCSur2	IChCS	GCNCentro	GCNConti	GCCentro	BGInterno	BGIntermedio	BGExterno	GCSur	CMNorte	CMCentro	CMSur	ACInterno1	ACInterno2	ACIntermedio	ACExterno
S. Reloncaví	Sreloncavi	2.428	0.0847																								
	SRBoca	1.068	5.5262	2.0593	0.5085																						
Golfo Ancud	GACChacao			0.0099																							
	GAInter	0.035	0.1318	0.6872	1.1495																						
	CCNorte		0.0944		0.6156	5.8703		0.2667																			
Mar interior de Chiloé	IChCC						0.0000																				
	CCCentro1				0.0013	0.1248		0.0487																			
	CCCentro2					0.0233		0.0169	0.0442	0.0035																	
	CCCentro3				0.0022	0.0173				0.0184																	
	CCsur1					0.0117		0.0072	0.0122	0.0090	0.0198																
	CCSur2								0.0023		0.0023	0.0094															
	IChCS					0.0234		0.0618	0.0149	0.5710	0.6881	0.0064	0.5826														
G. Corcovado	GCNCentro					0.0022		0.0056	0.0022	0.0033	0.0379	0.0268	0.1204	0.3301	0.0123												
	GCNConti					0.0011		0.0022	0.0006	0.0050	0.0189	0.0389	0.0011	0.0206	0.0473												
	GCCentro								0.0016		0.0016	0.0016	0.0165	0.0565	0.0008	0.1191				0.0267							
Boca Guafo	BGInterno									0.0020		0.0039	0.0586	0.0664	0.0020	0.5400	0.3663	0.0332									
	BGIntermedio													0.0159		0.0159	0.3037	0.3672	0.0136								
	BGExterno																0.0023	0.6922	1.1394								
Canal Moraleda	GCSur								0.0012		0.0024	0.0085	0.0024	0.0012	0.0170	0.1696	0.0460			0.3523							
	CMNorte											0.0004			0.0236	0.0013				0.0027	0.0486						
	CMCentro														0.0049					0.0181	0.2441	0.5360					
	CMSur					0.0012			0.0012			0.0012	0.0012		0.0012						0.0012	0.1867	0.1768				
Archipielago los Chonos	ACInterno1																					0.0066	0.1445	0.0219			
	ACInterno2																						0.0008		0.0937		
	ACIntermedio																									0.0451	
	ACExterno																							0.0003	0.0008		0.0109

Procesos

Retención | Conectividad (Dirección norte) | Conectividad (Dirección sur)

Tabla 47. Transporte (sobrevivencia) de larvas en las diferentes zonas de liberación durante el periodo reproductivo.

		Zona de crianza (éxito)																					
		S. Reloncaví		Golfo Ancud			Mar interior de Chiloé						Golfo Corcovado			Boca Guafo			Canal Moraleda				Archipielago los Chonos			
Sector	Zona Liberación	Sreloncaví	SRBoca	GACChacao	GAInter	CCNorte	IChCC	CCCentro1	CCCentro2	CCCentro3	CCsur1	CCSur2	IChCS	GCNCentro	GCNConti	GCCentro	BGInterno	BGIntermedio	BGExterno	GCSur	CMNorte	CMCentro	CMSur	ACInterno1	ACInterno2	ACIntermedio	ACExterno
S. Reloncaví	Sreloncaví	0.47985	0.04742	0.00048																							
	SRBoca	0.30752	0.65618	0.42673	0.07270																						
Golfo Ancud	GACChacao																										
	GAInter	0.00921	0.02393	0.15203	0.20180																						
	CCNorte	0.00213	0.06104	0.01271	0.16889	1.34315		0.12290																			
Mar interior de Chiloé	IChCC																										
	CCCentro1		0.00019	0.00046	0.00196	0.03922		0.00340																			
	CCCentro2			0.00019	0.00235	0.01079		0.00110	0.00519	0.00004																	
	CCCentro3	0.00003		0.00030	0.00027	0.00224				0.00307																	
	CCsur1			0.00024	0.00090	0.00387		0.00081	0.00419	0.00252	0.00221	0.00013															
	CCSur2			0.00004	0.00005	0.00014		0.00010	0.00065		0.00031	0.00262															
	IChCS		0.00024	0.00672	0.00033	0.03265	0.00019	0.01002	0.00362	0.10819	0.12313	0.00048	0.08491														
G. Corcovado	GCNCentro			0.00025	0.00073	0.00346	0.00102	0.00061	0.00026	0.00147	0.01958	0.00362	0.03806	0.04240	0.00660												
	GCNConti		0.00017	0.00005	0.00015	0.00432		0.00012	0.00248	0.00173	0.00586	0.00509	0.00067	0.00252	0.00601												
	GCCentro				0.00005	0.00071			0.00031	0.00045	0.00145	0.00072	0.01263	0.00706	0.00385	0.00981	0.00012			0.00414			0.00099				
Boca Guafo	BGInterno		0.00009	0.00013		0.00743		0.00123		0.00209	0.00474	0.00288	0.07168	0.03802		0.02532	0.05481	0.00525									
	BGIntermedio					0.00089		0.00178					0.00678	0.00146		0.00241	0.10285	0.04333	0.01805								
	BGExterno												0.00026					0.21034	0.08185								
Canal Moraleda	GCSur	0.00005	0.00014	0.00002		0.00243	0.00015	0.00005	0.00029	0.00017	0.00030	0.00238	0.01160	0.00658	0.00568	0.05365	0.00588			0.03426							
	CMNorte				0.00005	0.00006			0.00001	0.00048	0.00013	0.00041	0.00068	0.00097	0.00320	0.00051	0.00005				0.00792	0.00010					
	CMCentro					0.00046			0.00042	0.00025	0.00099		0.00140	0.00205	0.00358	0.00081	0.00505			0.02636	0.01313	0.07478					
	CMSur					0.00009			0.00019		0.00037	0.00076	0.00004	0.00002	0.00120	0.00046	0.00025			0.00093	0.00047	0.05302	0.03444				
Archipielago los Chonos	ACInterno1															0.00013				0.00020		0.00281	0.04024	0.00301			
	ACInterno2																								0.02751		
	ACIntermedio																						0.00005	0.00042		0.00658	
	ACExterno																						0.00008			0.00001	0.00002

Procesos

Retención | Conectividad (Dirección norte) | Conectividad (Dirección sur)

Tabla 48. Modelo Lineal General (GLM) aplicado a la salida del modelo para las variables dependientes transporte y mortalidad (advección y temperatura) de huevos, durante el periodo reproductivo (octubre a noviembre) (gl: Grado de libertad, SC: Suma Cuadrado, CM: Cuadrado medio, S: Significancia, VE: Varianza explicada, AIC: Método akaike).

TRANSPORTE (Sobrevivencia)								
Parámetros control	**GL**	**SC**	**CM**	**Valor F**	**Pr(>F)**	**S**	**VE (%)**	**AIC**
Mes	2	240874	120437	216,99	2,20E-16	***	5.084	116378
Zona de desove	25	1795520	71821	129,4	2,20E-16	***	37,899	
Profundidad	2	255108	127554	229,81	2,20E-16	***	5,385	
Mes * Zona de desove	50	792033	15841	28,54	2,20E-16	***	16,718	
Mes * Profundidad	4	15941	3985	7,18	8,99E-06	***	0,336	
Zona de desove * Profundidad	50	502230	10045	18,1	2,20E-16	***	10,601	
Residuos	18262	1135949	555				23,977	
MORTALIDAD TEMPERATURA								
Mes	2	43348	21674	213,48	2,20E-16	***	2,456	85129
Zona de desove	25	237745	9510	93,67	2,20E-16	***	13,470	
Profundidad	2	72671	36336	357,89	2,20E-16	***	4,117	
Mes * Zona de desove	50	180081	3602	35,47	2,20E-16	***	10,203	
Mes * Profundidad	4	64460	16115	158,73	2,20E-16	***	3,652	
Zona de desove * Profundidad	50	312584	6252	61,58	2,20E-16	***	17,710	
Residuos	18262	854102	102				48,39	
MORTALIDAD AD ADVECCIÓN								
Mes	2	426916	213458	285,24	2,20E-16	***	4,742	121875
Zona de desove	25	3072183	122887	164,22	2,20E-16	***	34,124	
Profundidad	2	434803	217402	290,51	1,00E+00	***	4,829	
Mes * Zona de desove	50	625127	12503	16,71	2,20E-16	***	6,943	
Mes * Profundidad	4	49766	12442	16,63	1,31E-13	***	0,553	
Zona de desove * Profundidad	50	728237	14565	19,46	2,20E-16	***	8,089	
Residuos	18262	3666068	748				40,720	

Tabla 49. Modelo Lineal General (GLM) aplicado a la salida del modelo para las variables dependientes transporte y mortalidad (advección y temperatura) de larvas, durante el periodo reproductivo (octubre a noviembre) (gl: Grado de libertad, SC: Suma Cuadrado, CM: Cuadrado medio, S: Significancia, VE: Varianza explicada, AIC: Método akaike).

TRANSPORTE (Sobrevivencia)								
Parámetros control	**GL**	**SC**	**CM**	**Valor F**	**Pr(>F)**	**S**	**VE (%)**	**AIC**
Mes	2	4362	2181	27,77	9,08E-13	***	0,735	80408
Zona de desove	25	91870	3675	46,786	2,20E-16	***	15,490	
Profundidad	2	5198	2599	33,09	4,52E-15	***	0,876	
Mes * Zona de desove	50	31286	626	7,966	2,20E-16	***	5,275	
Mes * Profundidad	4	1316	329	4,188	2,17E-03	***	0,222	
Zona de desove * Profundidad	50	24665	493	6,28	2,20E-16	***	4,159	
Residuos	18262	434391	79				73,242	
MORTALIDAD TEMPERATURA								
Mes	2	79	39,58	37,774	2,20E-16	***	0,777	991
Zona de desove	25	151	6,04	5,769	2,20E-16	***	1,486	
Profundidad	2	56	27,76	26,493	2,20E-16	***	0,551	
Mes * Zona de desove	50	309	6,19	5,905	2,20E-16	***	3,041	
Mes * Profundidad	4	107	26,87	25,646	2,20E-16	***	1,053	
Zona de desove * Profundidad	50	326	6,51	6,218	2,20E-16	***	3,208	
Residuos	18262	9133	1,05				89,883	
MORTALIDAD AD ADVECCIÓN								
Mes	2	4428	2214	16,7	5,70E-08	***	0,448	90041
Zona de desove	25	152463	6099	45,99	2,20E-16	***	15,410	
Profundidad	2	5467	2734	20,61	1,14E-09	***	0,553	
Mes * Zona de desove	50	266406	5328	40,18	2,20E-16	***	26,927	
Mes * Profundidad	4	17978	4494	33,89	2,20E-16	***	1,817	
Zona de desove * Profundidad	50	121023	2420	18,25	2,20E-16	***	12,233	
Residuos	18262	421581	133				42,612	

Tabla 50. Modelos temperatura dependientes**.** Resumen del número de huevos (N), edad media (horas), desviación estándar, mínimo y máximo de la edad de huevos de anchoveta (NaN= no disponible).

Estadio	Temperatura (ºC)	N	Edad media (horas)	DE (Edad, hr)	Mínimo (hr)	Máximo (hr)
2	8	114	11.4	4.3	2.8	20.0
3	8	100	27.3	6.6	14.0	40.5
4	8	43	36.4	6.2	24.0	48.7
5	8	15	47.3	3.5	40.4	54.2
6	8	141	46.9	10.8	25.3	68.5
7	8	44	64.7	11.9	40.9	88.6
8	8	8	79.8	3.5	72.9	86.7
9	8	0	NaN	NA	NaN	NaN
10	8	0	NaN	NA	NaN	NaN
11	8	0	NaN	NA	NaN	NaN
2	10	61	9.9	3.7	2.5	17.3
3	10	44	21.4	4.7	12.0	30.9
4	10	18	30.1	3.7	22.7	37.5
5	10	4	37.4	1.2	35.0	39.8
6	10	146	38.1	5.0	28.1	48.0
7	10	137	59.4	8.3	42.7	76.0
8	10	90	71.7	8.4	54.8	88.6
9	10	73	82.3	7.4	67.5	97.0
10	10	31	91.9	6.1	79.6	104.1
11	10	17	98.2	4.5	89.3	107.2
2	12	65	10.5	3.5	3.4	17.6
3	12	36	17.6	3.1	11.3	23.9
4	12	19	25.6	5.4	14.8	36.5
5	12	4	35.4	2.4	30.7	40.2
6	12	137	41.9	4.8	32.4	51.5
7	12	120	49.5	5.9	37.7	61.2
8	12	73	62.5	7.0	48.4	76.6
9	12	88	75.5	8.7	58.0	93.0
10	12	68	84.7	6.5	71.7	97.7
11	12	54	92.6	6.7	79.3	105.9
2	14	67	9.3	2.7	3.9	14.8
3	14	34	15.8	2.7	10.5	21.2
4	14	8	21.5	2.2	17.1	25.9
5	14	8	28.5	4.0	20.5	36.6
6	14	72	37.9	1.8	34.3	41.5
7	14	66	45.4	3.4	38.5	52.2

8	14	114	49.8	4.5	40.9	58.7
9	14	87	60.9	5.0	50.8	70.9
10	14	123	68.5	4.9	58.7	78.4
11	14	106	78.6	3.3	72.1	85.1
2	16	69	9.7	3.0	3.8	15.7
3	16	21	14.8	3.3	8.3	21.4
4	16	21	17.8	2.4	13.0	22.6
5	16	8	22.4	1.8	18.9	26.0
6	16	74	35.8	4.7	26.4	45.2
7	16	131	41.9	4.6	32.8	51.1
8	16	67	49.2	2.7	43.8	54.6
9	16	73	53.9	2.6	48.6	59.2
10	16	84	61.8	4.8	52.2	71.4
11	16	124	69.9	5.6	58.8	81.1

Tabla 51. Modelos temperatura dependientes**.** Resumen del número de huevos (N), edad media (horas), desviación estándar, mínimo y máximo de la edad de huevos de sardina común (NaN: no disponible).

Estadio	Temperatura (ºC)	N	Edad media (horas)	DE (Edad, hr)	Mínimo (hr)	Máximo (hr)
2	8	58	17.8	4.9	8.0	27.5
3	8	29	27.1	3.8	19.6	34.7
4	8	16	37.5	6.0	25.5	49.5
5	8	5	53.3	5.5	42.3	64.3
6	8	4	61.6	4.2	53.3	69.9
7	8	7	74.6	5.7	63.3	86.0
8	8	3	87.6	3.1	81.3	93.8
9	8	3	94.1	3.3	87.5	100.7
10	8	1	96.5	NA	NA	NA
11	8	0	NaN	NA	NaN	NaN
2	10	63	15.7	3.6	8.4	22.9
3	10	44	27.3	3.9	19.5	35.1
4	10	12	35.9	3.1	29.8	42.1
5	10	11	46.6	4.7	37.1	56.0
6	10	5	55.8	4.8	46.2	65.5
7	10	3	61.8	3.0	55.8	67.9
8	10	4	73.0	2.8	67.5	78.6
9	10	3	78.5	2.9	72.6	84.3
10	10	2	83.5	NA	NA	NA
11	10	2	91.2	NA	NA	NA
2	12	81	13.7	2.6	8.6	18.9
3	12	84	25.1	4.1	17.0	33.2
4	12	29	32.5	2.8	26.9	38.0
5	12	15	45.0	4.7	35.6	54.4
6	12	7	50.5	1.0	48.4	52.6
7	12	10	58.3	2.7	52.9	63.7
8	12	12	65.2	4.3	56.5	73.8
9	12	10	75.0	2.7	69.7	80.4
10	12	7	79.3	2.5	74.3	84.3
11	12	14	87.8	3.4	80.9	94.6
2	14	33	13.9	1.5	10.8	17.0
3	14	66	20.4	4.0	12.5	28.3
4	14	3	30.6	2.6	25.4	35.8
5	14	4	35.3	0.0	35.3	35.3
6	14	0	NaN	NA	NaN	NaN
7	14	0	NaN	NA	NaN	NaN

8	14	0	NaN	NA	NaN	NaN
9	14	0	NaN	NA	NaN	NaN
10	14	0	NaN	NA	NaN	NaN
11	14	0	NaN	NA	NaN	NaN
2	16	30	13.6	0.0	13.6	13.6
3	16	39	19.5	1.5	16.5	22.5
4	16	16	26.8	2.2	22.4	31.2
5	16	0	NaN	NA	NaN	NaN
6	16	0	NaN	NA	NaN	NaN
7	16	0	NaN	NA	NaN	NaN
8	16	0	NaN	NA	NaN	NaN
9	16	0	NaN	NA	NaN	NaN
10	16	0	NaN	NA	NaN	NaN
11	16	0	NaN	NA	NaN	NaN

Tabla 52. Parámetros del modelo de Lo (1985) a la tasa de desarrollo embrionaria de huevos de anchoveta y sardina común, obtenida a partir de experimentos de incubación de huevos a cuatro temperaturas (8, 10, 12, y 14 ºC).

Especie	Parámetro	Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr(>|t|)
Anchoveta	a	9.585	1.333	7.188	6.87E-09
	b	0.063	0.003	18.490	<0.001
	c	-0.002	0.020	-0.088	9.30E-01
	d	1.246	0.138	9.003	1.89E-11
Sardina Común	a	11.636	1.161	10.024	2.14E-11
	b	0.054	0.004	14.444	1.43E-15
	c	0.071	0.014	4.949	2.30E-05
	d	1.421	0.095	14.888	6.14E-16

Tabla 53. Parámetros del modelo multinomial de Bernal et al. (2001) a la tasa de desarrollo embrionaria de huevos de anchoveta y sardina común, obtenida a partir de experimentos de incubación de huevos a cuatro temperaturas (8, 10, 12, y 14 ºC).

Especie	Variable/Factor	Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr(>|z|)
Anchoveta	Age	-0.008	0.005	-1.706	0.09
	Temp	-0.118	0.018	-6.633	0.00
	Stage2	6.684	48.782	0.137	0.89
	Stage3	0.016	0.215	0.072	0.94
	Stage4	-0.565	0.222	-2.544	0.01
	Stage5	-0.766	0.232	-3.297	0.00
	Stage6	-0.511	0.240	-2.130	0.03
	Stage7	-2.762	0.242	-11.399	<0.001
	Stage8	-3.709	0.254	-14.604	<0.001
	Stage9	-4.438	0.263	-16.881	<0.001
	Stage10	-5.408	0.271	-19.974	<0.001
	Stage11	-6.217	0.279	-22.294	<0.001
	Stage12	-7.571	0.296	-25.565	<0.001
	Age:Temp	0.008	0.000	20.387	<0.001
Sardina Común	Age	0.143	0.022	6.517	0.00
	Temp	-0.045	0.061	-0.731	0.47
	Stage2	6.153	180.569	0.034	0.97
	Stage3	-6.421	0.858	-7.483	0.00
	Stage4	-10.799	1.029	-10.499	<0.001
	Stage5	-14.199	1.203	-11.801	<0.001
	Stage6	-17.946	1.436	-12.500	<0.001
	Stage7	-19.969	1.570	-12.721	<0.001
	Stage8	-23.075	1.737	-13.287	<0.001
	Stage9	-26.617	1.954	-13.625	<0.001
	Stage10	-29.129	2.106	-13.831	<0.001
	Stage11	-30.848	2.218	-13.907	<0.001
	Stage12	-34.110	2.374	-14.365	<0.001
	Age:Temp	0.020	0.002	9.427	<0.001

Tabla 54. Comparación de los parámetros del modelo de Lo con estimaciones disponibles para anchoveta y sardina común (Claramunt *et al*., 2007).

Especie	Parámetro	Este estudio	Zona Norte	Centro-sur	Simulación
Anchoveta	a	9.585	9.800	9.214	8.364
	b	0.063	0.099	0.117	0.116
	c	-0.002	0.102	0.170	0.176
	d	1.246	1.815	2.331	2.389
	Parámetro	Este estudio	Cubillos et al. (2007)	Simulación	
Sardina	a	11.636	15.207	12.861	
Común	b	0.054	0.039	0.055	
	c	0.071	0.019	0.034	
	d	1.421	1.038	1.144	

Tabla 55. Coeficientes del modelo lineal generalizado, familia binomial negativa y enlance log. El intercepto representa el logaritmo de la producción diaria de huevos (huevos/m^2) y la pendiente a la tasa de mortalidad por hora (h^{-1}).

Método	Recurso	Parámetro	Estimado	Error Std.	Valor z	Pr(>|z|)
GLM 1	Anchoveta	$Log(P_0)$	4.879	0.859	5.678	<0.01
Bin. Neg.		Z	-0.017	0.019	-0.917	0.359
	S. común	$Log(P_0)$	3.459	0.422	8.204	<0.01
		Z	-0.022	0.009	-2.409	0.016
	S. austral	$Log(P_0)$	-1.379	1.006	-1.370	0.171
		Z	0.025	0.018	1.379	0.168
GLM 2	Anchoveta	$Log(P_0)$	4.928	0.845	5.828	<0.01
Quasipoisson		Z	-0.018	0.021	-0.871	0.390
	S. común	$Log(P_0)$	3.226	0.545	5.917	<0.01
		Z	-0.016	0.013	-1.219	0.226
	S. austral	$Log(P_0)$	-1.379	0.938	-1.470	0.149
		Z	0.025	0.017	1.479	0.147
GLM 3	Anchoveta	$Log(P_0)$	4.967	0.362	13.704	<0.01
Bin. Neg.		Z	-0.018	0.009	-2.114	0.035
Ponderada	S. común	$Log(P_0)$	2.830	0.164	17.271	<0.01
		Z	-0.004	0.005	-0.864	0.388
	S. austral	$Log(P_0)$	-1.596	0.799	-1.999	0.045
		Z	0.029	0.015	1.888	0.059
GLM 4	Anchoveta	$Log(P_0)$	5.180	0.810	6.394	<0.01
Bin. Neg.		Z	-0.026	0.018	-1.398	0.173
Datación	S. común	$Log(P_0)$	3.989	0.528	7.556	<0.01
Multinomial		Z	-0.037	0.011	-3.241	0.002
	S. austral	$Log(P_0)$	0.096	0.837	0.115	0.909
		Z	-0.007	0.018	-0.374	0.710

Tabla 56. Estimaciones de la producción diaria de huevos (P_0) y tasa de mortalidad diaria (Z) para la anchoveta, sardina común y sardina austral utilizando GLM con familia binomial negativa, enlace log y ponderación con el índice de dispersión-agregación en el área de desove (A_1). El coeficiente de variación se muestra entre paréntesis, así como la estimación estratificada de la producción diaria de huevo en el área de estudio.

	Anchoveta	Sardina común	Sardina austral
Área de estudio (A, km^2)	29155	29155	29155
Área de desove, A_1 (km^2)	2033	4741	2098
P_0 (huevos/m^2/día)	143,6 (0,362)	16,9 (0,164)	1,1 (0,837)
Z (día^{-1})	-0.441 (0.473)	-0,100 (1,157)	-0,160 (2,672)
P_0(10^6 huevos/día)	291950 (0,097)	80326 (0,066)	2310 (0,225)

Tabla 57. Coeficientes del modelo utilizado para describir la relación entre la varianza y el promedio (logaritmo) de la densidad de huevos por cohortes de anchoveta, sardina común y sardina austral.

Parámetro	Estimado	Error Estd.	Est. T	Valor p
Intercepto	-0.101	0.625	-0.162	0.878
Cohorte*Anchoveta	2.528	0.248	10.198	0.000
Cohorte*Saustral	0.922	0.362	2.547	0.051
Cohorte*Scomún	3.315	0.498	6.654	0.001

11. Taller de Difusión y Discusión de Resultados

Informe del Taller de difusión de resultados

Junio 4 de 2015

Proyecto FIP 2013-17

Identificación de zonas de desove y estadios tempranos de pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI regiones.

Introducción

El Taller de Difusión de resultados del proyecto FIP 2013-17 se llevo a cabo en dependencias de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la Universidad de Concepción el día 4 de junio del 2015. Al taller asistieron 18 personas, encontrándose entre ellas investigadores del Instituto Fomento Pesquero (IFOP), Instituto de Investigaciones Pesqueras de Talcahuano (INPESCA), investigadores del Centro COPAS Sur Austral de la Universidad de Concepción, docentes del Departamento de Oceanografía y Docentes de la Unidad de Biotecnología Marina de la Universidad de Concepción, alumnos del magíster en Ciencias mención Pesquerías, y del Doctorado en Oceanografía.

El programa del taller (más abajo) incluyo 6 presentaciones en las que se dio cuenta de los resultados de las investigaciones llevadas a cabo durante la ejecución del proyecto. Primero se realizó una presentación del proyecto (Dr. L. Castro). Luego, la Dra. Alejandra Llanos presentó la sección sobre "Identificación de huevos de peces pelágicos pequeños en aguas interiores de las X y XI regiones". Posteriormente, el Dr. L. Castro mostró los resultados más relevantes sobre los objetivos relacionados con "Áreas de desove de peces pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI regiones y su relación con condiciones oceanográficas". A continuación el Dr. Iván Pérez y Sr. Samuel Soto presentaron la sección correspondiente a "Modelación de transporte/retención de huevos y larvas" y finalmente, el Dr. Luis Cubillos se refirió a "Modelos de desarrollo embrionario y producción diaria de huevos". Terminada cada una de estas presentaciones hubo tiempo para preguntas y comentarios del público asistente. Al final el taller también se realizó una ronda de preguntas y comentarios finales, las que estuvieron dirigidas a los distintos expositores e investigadores del proyecto que estaban presentes en la sala. También se conversó con investigadores del Instituto Fomento Pesquero para ver la posibilidad de contar con muestras para el objetivo pendiente de Folículos Post Ovulatorios de *Sprattus*, a lo que se respondió que monitoreo no había sido llevado a cabo durante la estación reproductiva debido a la veda. Finalmente, después de varias intervenciones, se elaboró una serie de recomendaciones que se transcriben más bajo. Para efectos de presente informe, se entrega también un set fotográfico de los expositores de algunas de las presentaciones y público asistente, se adjunta el programa y una fotocopia de la lista de asistentes al evento.

Recomendaciones generales:

Se recomienda hacer seguimiento reproductivo de las tres especies objetivo durante todo el año tanto en la X como XI regiones (aguas ineteriores), incluido periodos de veda (mediante pescas de investigación u otra herramienta). Este tipo de información es relevante para determinar si las tres especies desovan sincrónicamente o levemente desfasadas en el tiempo tal como se observa entre la sardina común y anchoveta en la VIII región y, para determinar si hubiera diferencias en la extensión temporal del desove (por ejemplo,anchoveta desovando por más meses que las otras dos especies).

Se recomienda desarrollar cruceros de estimación de áreas de desove en forma repetida (anualmente) para explorar variaciones interanuales en zonas de desove, ojalá acompañados de muestreos paralelos de pesca de adultos. Esta recomendación se basa en parte en la experiencia de los ejecutores en pelágicos pequeños de la zona central (sardina común y anchoveta) donde se ha observado que la zonas de desove son recurrentes todos los años pero la extensión del desove y número de huevos en el plancton varian inter-anualmente.

Se recomienda explorar (a futuro) el desarrollo de técnicas de identificación bioquímica o genéticas entre especies, tanto en ictioplancton como adultos, que se puedan realizar en forma rápida, tal vez con material fresco (en terreno), a modo de *kits de identificación* como los utilizados para detección de mareas rojas. Esta recomendación apunta a solucionar las dificultades que aun persisten de discriminar en forma rápida entre los huevos de sardina común y sardina austral sin tener que recurrir a mediciones apoyadas con microscopía, incluidos análisis de microfotografías de grosor de corion.

PROGRAMA

TALLER DE DIFUSION DE RESULTADOS

PROYECTO FIP 2013-17

"Identificación de zonas de desove y estadios tempranos de pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI regiones "

Sala Minera La Escondida. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas (ballena).

Edificio Biólogo Marino. Segundo Piso.

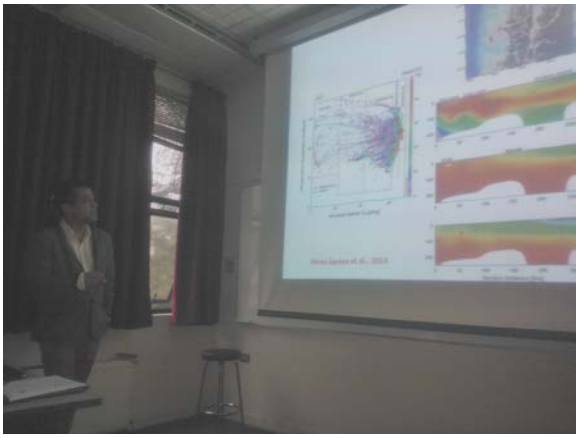
Junio 4 de 2015

15.00 – 15.20	Dr. Leonardo Castro Bienvenida. Presentación del Proyecto
15.30 – 15.50	Dra. Alejandra Llanos Identificación de huevos. Histología. Microscopía electrónica. Efectos de salinidad. Desarrollo embrionario.
16.00 - 16.30	Dr. Leonardo Castro. Condiciones oceanográficas durante crucero de ictioplancton. Areas de desove. Distribución vertical. Asociación áreas de desove y condiciones oceanográficas.
16.40 – 17.00	Intermedio, Café
17.00 – 17.30	Dr. Iván Pérez & Msc. Samuel Soto Modelo Hidrodinámico y Modelo de dispersión
17.40 – 18.00	Dr. Luis Cubillos Modelos desarrollo temperatura dependiente y cálculo de Po
18.10 – 18.30	Dr. Leonardo Castro Discusión y Clausura

Taller de Difusión "Identificación de áreas de Desove"
FIP 2013-17
4 de junio de 2015

Nombre	Institución	Correo electrónico
Alejandra Llanos R	UdeC	allanos@udec.cl
Sandra Calvinis	UdeC	acalvinis@udec.cl
Nicolás Alegría L.	INPESCA	nicoalegria1@gmail.com
Marcos Arteaga V.	INPESCA	marteaga@inpesca.cl
Luis Cubillos	UDEC	lcubillos@udec.cl
Elson Leal F.	IFOP	elson.leal@ifop.cl
Benjamín Suárez	UDEC	bsuarez@udec.cl
Elsa Fernández Herrera	UDEC	efernandez@udec.cl
Sergio Núñez Elías	Inst. Invest. Pesquera	snunez@inpesca.cl
MIGUEL RUANO	UDEC	MLOPES@UDEC.CL
Eduardo Flores B.	UdeC	efloresb@udec.cl
EDUARDO ESCALONA C.	UdeC.	edescalona@udec.cl.
Samuel Sobe [illegible]	UdeC	[illegible]udec.cl
Ivan Perez Santos	Udec	ivanperez@udec.cl
Cristián A. Parra T.	Udec (GEATI)	cparraarages@gmail.com
CLAUDIO CARRASCO	UDEC.	CCARRASCO@UDEC.CL
Pamela Barrientos C.	UdeC	pambarrientos@udec.cl
Leonardo Castro	UdeC	

Galería de fotos



12. Bases de Datos

La base de datos que contiene toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del Proyecto FIP 2013-17 “Identificación de zonas de desove y estadios tempranos de pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI Regiones”, se encuentra almacenada en:

FIP2013-17 CD-1: Disco compacto que contiene;
Informe Final (Personal Participante, Taller de Trabajo, Imágenes), resumen ejecutivo en español e ingles y la base de datos.
La base de datos, presenta el formato según lo solicitado en las bases administrativas y especiales, con la siguiente estructura y descripción de los archivos:

Ruta	ARCH	DESCRIPCIO
FIP2013-17 CD-1	Indice.dbf	Contiene los nombres de los archivos con una descripción general de cada uno de ellos.
	Leyenda.dbf	Contiene los nombre de cada columna de los distintos archivos (Bcalvet, BWP2, BTucker, BCTD)
	Bcalvet.dbf	Contiene la abundancia de huevos y larvas de las tres especies objetivo obtenidos con la red Calvet, además de la información de cada estación como latitud, longitud, fecha, hora, profundidad de fondo.
	BWP2.dbf	Contiene la abundancia de huevos y larvas de las tres especies objetivo obtenidos con la red WP2, además de la información de cada estación como latitud, longitud, fecha, hora, profundidad de fondo.
	BTucker.dbf	Contiene la abundancia de huevos y larvas de las tres especies objetivo obtenidos con la red Tucker, ademas de la información de cada estación como latitud, longitud, fecha, hora, profundidad de fondo.
	BCTD.dbf	Contiene los perfiles de temperatura, salinidad, densidad y fluorescencia cada un metro, además de la información de cada estación como latitud, longitud, fecha, hora.

13.- ANEXO 1

AUTORIZACION PARA PESCA DE INVESTIGACION

MINISTERIO DE ECONOMIA
FOMENTO Y TURISMO
SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA
PINV 209-2014 IDENTIFICACION DE ZONAS DE DESOVE
Y ESTADIOS TEMPRANOS DE PELÁGICOS PEQUEÑOS

MINISTERIO DE ECONOMIA SUBS. DE PESCA Y ACUICULTURA
DIVISION JURIDICA

AUTORIZA A LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACION QUE INDICA.

VALPARAISO, 28 OCT. 2014

R. EX. Nº 2866

VISTO: Lo solicitado por la Universidad de Concepción mediante carta, C.I. SUBPESCA Nº 11192, de fecha 03 de octubre de 2014; lo informado por el Departamento de Pesquerías de esta Subsecretaría en Informe Técnico (P.INV.) Nº 209/2014, contenido en el Memorándum Técnico (P.INV.) Nº 209/2014, de fecha 07 de octubre de 2014; los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto FIP Nº 2013-17 denominado **"Identificación de zonas de desove y estadios tempranos de pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI Regiones"**, elaborados por la peticionaria y aprobados por esta Subsecretaría; la Ley Nº 19.880; la Ley General de Pesca y Acuicultura Nº 18.892 y sus modificaciones cuyo texto refundido fue fijado por el D.S. Nº 430 de 1991, el D.F.L. Nº 5 de 1983, el D.S. Nº 461 de 1995 y el Decreto Exento Nº 1302 de 2013, todos del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; la Resolución Exenta Nº 1137 de 2014, de esta Subsecretaría.

CONSIDERANDO:

Que la Universidad de Concepción ingresó mediante carta citada en Visto, una solicitud para desarrollar una pesca de investigación conforme los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto FIP Nº 2013-17, denominado **"Identificación de zonas de desove y estadios tempranos de pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI Regiones"**, adjudicado mediante Decreto Exento Nº 1302 de 2013, citado en visto.

Que mediante Memorándum Técnico (P.INV.) Nº 209/2014, citado en Visto, la Jefa del Departamento de Pesquerías, informa que las actividades planteadas en la solicitud califican como pesca de investigación de tipo exploratoria, de acuerdo a lo definido en el artículo 2º de la Ley General de Pesca y Acuicultura, por cuanto no tiene fines comerciales.

Que dicha solicitud cumple con las exigencias dispuestas en el D.S. Nº 461 de 1995, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, que *establece los requisitos que deben cumplir las solicitudes de pesca de investigación.*

Que, en efecto la investigación consiste en identificar y categorizar zonas y/o áreas efectivas de desove y de estadios tempranos de pelágicos pequeños, lo cual contribuye al conocimiento de la historia de la vida de los recursos, y a mejorar la gestión de estos, en el ámbito de establecer mejores medidas de administración para proteger estas áreas, siendo el estudio necesario para dar cumplimiento a los objetivos del Proyecto FIP 2013-17, antes individualizado.

Que asimismo, las actividades autorizadas por la presente resolución consideran la participación de embarcaciones artesanales autorizadas mediante Resolución Exenta Nº 1137 de 2014, para realizar actividades insertas dentro del programa de investigación al descarte de conformidad al artículo 7º A de la Ley General de Pesca y Acuicultura.

Que de acuerdo a lo anterior y de conformidad a lo dispuesto en los artículos 98 a 102 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, y en el D.S. Nº 461 de 1995 ya individualizado, corresponde autorizar la pesca de investigación solicitada.

RESUELVO:

1.- Autorízase a la Universidad de Concepción, R.U.T. Nº 81.494.400-K, con domicilio en calle Victoria Nº 495, Concepción, VIII Región, para efectuar una pesca de investigación, de conformidad con los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto denominado FIP Nº 2013-17 **"Identificación de zonas de desove y estadios tempranos de pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI Regiones"**, elaborados por la peticionaria y aprobados por el Fondo de Investigación Pesquera y por esta Subsecretaría, y el Informe Técnico citado en Visto, los que se consideran parte integrante de la presente resolución.

2.- El objetivo de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza consiste en identificar y categorizar zonas y/o áreas efectivas de desove y de estadios tempranos de pelágicos pequeños de ***Sprattus fuegensis*** Sardina austral, ***Strangomera bentincki*** Sardina común y ***Engraulis ringens*** Anchoveta, en aguas interiores de la X y XI Región de Chile.

3.- La pesca de investigación se efectuará en las aguas interiores de la X Región y podrá realizar actividad extractiva sobre los recursos ***Sprattus fuegensis*** Sardina austral, ***Strangomera bentincki*** Sardina común y ***Engraulis ringens*** Anchoveta, y para la X y XI Regiones, con el fin de obtención de zooplancton, entre la fecha de publicación de la presente Resolución en el Diario Oficial y el 15 de diciembre de 2014, ambas fechas inclusive.

4.- En la pesca de investigación que se autoriza, participarán las embarcaciones artesanales que se indica, las que se encuentran inscritas en el Registro Pesquero Artesanal de la X Región de Puerto Montt:

Nombre	RPA	Arte	Matrícula
Huracán I	956912	Cerco	PMO 5575; CB 70-14
Pifilcán III	952747	Cerco	PMO 6806

En el evento que ambas embarcaciones individualizadas precedentemente devuelvan parte de sus capturas al mar, se excepcionarán de las sanciones a que alude el artículo 113 C de la Ley General de Pesca y Acuicultura, por encontrarse incluidas dentro de aquellas a participar dentro del programa de investigación al descarte autorizado por esta Subsecretaría mediante Resolución Exenta Nº 1137 de 2014, citado en Visto.

Sin perjuicio de lo anterior, los eventuales descartes sobre las especies autorizadas en la presente resolución deberán ser cuantificados, reportados y evaluados de acuerdo a los objetivos presentes en la Resolución Nº 1137 de 2014, ya individualizada.

5.- En cumplimiento del objetivo de la presente pesca de investigación, las embarcaciones artesanales autorizadas a participar en la presente pesca de investigación podrán extraer en la X Región, con espinel horizontal, una tonelada de ***Sprattus fuegensis*** Sardina austral, ***Strangomera bentincki*** Sardina común y ***Engraulis ringens*** Anchoveta.

Nombre científico	Nombre común	Cuota
Engraulis ringens	**Anchoveta**	**1 tonelada**
Strangomera bentincki	**Sardina común**	**1 tonelada**
Sprattus fuegensis	**Sardina austral.**	**1 tonelada**

La cuota podrá ser capturada en la etapa de muestreo biológico, y será imputada a las respectivas reservas de cada recurso para investigación.

6.- Los titulares de las embarcaciones artesanales participantes en la presente pesca de investigación, podrán disponer de las capturas, incluyendo el desembarque y procesamiento de las mismas, una vez recopilada la información necesaria para el cumplimiento de los objetivos del estudio.

7.- Las embarcaciones artesanales participantes en la presente pesca de investigación deberán cumplir con las siguientes obligaciones:

a) Comunicar al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, la fecha y hora de zarpe y recalada de la nave y dar cumplimiento a los procedimientos de control que establezca el

mencionado organismo para estos efectos.

b) Realizar las labores de pesca de investigación con sujeción a los diseños operativos determinados por la Universidad de Concepción.

c) Informar y documentar las capturas efectivas y su destino conforme lo dispuesto en el artículo 63 de la Ley General de Pesca y Acuicultura y sus normas reglamentarias.

d) En general dar cumplimiento a las obligaciones legales y reglamentarias establecidas para la realización de actividades pesqueras extractivas y medidas de administración establecidas para las especies en estudio.

8.- La Universidad de Concepción deberá entregar un informe con los resultados de las operaciones de pesca efectuadas en el marco de la presente investigación, dentro del plazo de 15 días contados desde el término de las actividades de prospección, sin perjuicio de la entrega de los informes comprometidos en el marco del proyecto FIP 2013-17.

9.- Designase a la Jefa de la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, como funcionaria encargada de velar por el oportuno y debido cumplimiento de la obligación establecida en el numeral anterior, y de las demás establecidas en la presente resolución y que sean de competencia de esta Subsecretaría.

10.- Esta autorización es intransferible y no podrá ser objeto o instrumento de negociación alguna.

11.- La solicitante deberá dar cumplimiento a las obligaciones que se establecen en la presente Resolución, y a las establecidas en la Ley General de Pesca y Acuicultura y en el D.S. Nº 461 de 1995, citado en Visto. El incumplimiento hará incurrir a la titular en el término inmediato de la pesca de investigación sin que sea necesario formalizarlo, y sin perjuicio de las sanciones que correspondan de acuerdo a lo dispuesto en la Ley General de Pesca y Acuicultura, ya citada.

12.- La presente resolución es sin perjuicio de las que correspondan conferir a otras autoridades, de acuerdo a las disposiciones legales y reglamentarias vigentes o que se establezcan.

13.- El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura deberá adoptar las medidas y efectuar los controles que sean necesarios para lograr un efectivo cumplimiento de las disposiciones de la presente resolución.

15.- La presente resolución podrá ser impugnada por la interposición del recurso de reposición contemplado en el artículo 59 de la Ley Nº 19.880, ante esta misma Subsecretaría y dentro del plazo de 5 días hábiles contados desde la respectiva notificación, sin perjuicio de la aclaración del acto dispuesta en el artículo 62 del citado cuerpo legal y de las demás acciones y recursos que procedan de conformidad con la normativa vigente.

16.- Transcríbase copia de esta resolución a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y a la División Jurídica de esta Subsecretaría.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE POR CARTA CERTIFICADA, PUBLÍQUESE EN EXTRACTO EN EL DIARIO OFICIAL POR CUENTA DE LA INTERESADA Y A TEXTO INTEGRO EN EL SITIO DE DOMINIO ELECTRÓNICO DE LA SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA

PAOLO TREJO CARMONA
Subsecretario de Pesca y Acuicultura (S)

PTC/ACG

14.- ANEXO 2

MANUSCRITO

Manuscrito

DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES PELAGICOS PEQUEÑOS EN CANALES Y FIORDOS DE LA ZONA NOR PATAGONICA CHILENA

Castro L.[1,2], S. Soto[1,2], R. Alarcón[3], Iván Pérez[2], L. Cubillos[2,4], E. Escalona[1, 2] y P. Barrientos[1].

[1] Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL). Departamento de Oceanografía. Universidad de Concepción

[2] Programa COPAS Sur-Austral. Departamento de Oceanografía. Universidad de Concepción.

[3] Programa de Doctorado en Manejo y Administración de Recursos Acuáticos (MARAE). Departamento de Oceanografía. Universidad de Concepción.

[4] Laboratorio de Evaluación de Poblaciones Marinas (EPOMAR). Departamento de Oceanografía. Universidad de Concepción.

Resumen

El presente trabajo describe la distribución de huevos y larvas de tres especies de peces pelágicos pequeños, anchoveta *Engraulis ringens*, sardina común *Strangomera bentincki* y sardina austral *Sprattus fuegensis*, y su relación con variables ambientales en aguas interiores de la X y XI regiones. La información fue obtenida a partir de un crucero bioceanográfico llevado a cabo en noviembre 2014 y que incluyó muestreos mas intensivos de hidrografía y mesozooplancton particularmente en las zonas más costeras, donde los adultos de estas especies ocurren más abundantemente. Los resultados muestran que huevos y larvas de las tres especies objetivo ocurrieron en ambas regiones. Las abundancias de huevos fueron mayores a las de larvas en las tres especies estudiadas. Las mayores abundancias de huevos y larvas de las tres especies ocurrieron en la X región, siendo las mayores abundancias promedio (estaciones positivas) de huevos las de anchoveta, seguido de sardina común y luego sardina austral. En la XI región, no se encontró huevos de anchoveta y las abundancias promedio (estaciones positivas) de huevos de ambas especies de sardina fueron similares entre sí. En términos de distribución por sectores, mientras que los huevos de anchoveta fueron más abundantes en el Seno y Fiordo del Reloncaví y sector costero continental de la X región, los huevos de sardina común y sardina austral se presentaron con mayores abundancias en los sectores Seno Reloncaví y sector Costero de Chiloé. La mayor abundancia de larvas de anchoveta se presentó en el sector del Seno y Fiordo Reloncaví. Larvas de sardina común solo ocurrieron en el sector Costero Continental. Larvas de sardina austral, en cambio, se presentaron tanto en el sector Costero Continental como en la Costa de Chiloé. Los análisis geoestadísticos mostraron que la sardina común, en la X Región, la distribución de probabilidad de la presencia de huevos se concentró en el sector norte del área. Probabilidades cercanas a 1 se encontraron en el sector de Isla Tablón, frente a Calbuco. La sardina austral en la X Región se concentró al norte de Islas Chauques y entre Isla Quinchao e Isla Lemuy. Finalmente, en la anchoveta la presencia de huevos se detectó sólo en la X Región, con un foco relevante en el Seno y Estuario de Reloncaví. La sobreposición de mapas de distribución de huevos sobre secciones horizontales de características ambientales en superficie (1 m) señalan que los huevos de anchoveta habrían ocurrido en áreas de aguas más cálidas (>12,5°C), de alta estratificación, con valores de salinidad y fluorescencia relativamente bajas; los núcleos de mayor abundancia de huevos de sardina común se asociaron a temperaturas medias-altas (11,5-13°C), altas salinidades, alta fluorescencia, y baja estabilidad y, los huevos de sardina austral se asociaron a temperaturas medianas (12° - 12,5°C), salinidades relativamente altas, altos valores de fluorescencia y bajos de estabilidad.

Introducción

En los canales y fiordos de la zona nor patagónica Chilena se reproducen especies tanto de origen costero así como de la plataforma continental o áreas más profundas, que ingresan a los fiordos y canales en busca de ambientes más propicios para el desarrollo de sus huevos y larvas. Igualmente, se sabe que algunas especies de peces pequeños pelágicos cuyos centros de desove más importantes se ubican en zonas de surgencia costera a menor latitud (sardina común y anchoveta) o en el extremo más austral de Chile y Patagonia argentina (sardina fueguina), se encuentran reproduciéndose también en canales y fiordos de la patagonia norte de Chile. La información disponible sobre zonas de desove de especies pelágicas pequeñas en la Patagonia Chilena es, sin embargo, aún limitada.

La anchoveta, *Engraulis ringens*, presenta una amplia distribución latitudinal (4 – 42°S) a lo largo de la Corriente de Humboldt en la cual se reconocen tres stocks de mayores dimensiones: el stock norte de Perú, el stock compartido del sur de Perú - norte de Chile, y el stock en Chile centro-sur. Durante la última década, sin embargo, nuevas investigaciones han descrito la presencia de huevos y larvas de esta especie en muestras de plancton colectadas en la Patagonia chilena durante los cruceros del programa CIMAR Fiordos. Al respecto, en un análisis de la distribución de huevos y larvas de anchoveta en aguas de la X y XI regiones desde el año 1995 hasta el 2005, se señala que sus abundancias han variado en el tiempo y que sus mayores valores el año 2005 habrían ocurrido en la zona oriental de la X región (fiordos Reloncaví y Cumau) donde la influencia de aguas dulces sería mayor (Bustos *et al*., 2008b). Estudios más recientes hasta el 2012 confirman la presencia de huevos y larvas de anchoveta en el fiordo y seno del Reloncaví (Giraud, 2010, Giraud & Castro 2011, Castro *et al*., 2007, 2012). Posteriormente, otros estudios llevados a cabo a fines del 2010 y enero del 2011, muestran la presencia de huevos de esta especie en el Seno y Fiordo del Reloncaví así como en las zonas tanto oriental de Chiloé como en la zona de fiordos de la X región, e incluso XI región (Canal Puyuhuapi, Canal Jacaf) (Cubillos *et al*., 2012).

La mayor parte de la información sobre sardina común, *Strangomera bentincki*, en la Patagonia chilena proviene de cruceros oceanográficos desarrollados también en el marco del Programa CIMAR Fiordos, y más recientemente, de proyectos FIP o de la Subsecretaría

de Pesca sobre hidroacústica que han agregado información de ictioplancton. Las mayores abundancias de ictioplancton de esta especie normalmente se localizan en la zona central de Chile en las costas de la VIII y IX regiones, particularmente desde Lebu hasta el Puerto de Corral (Cubillos *et al*., 2007). En la zona norte de la Patagonia Chilena, huevos y larvas de esta especie han sido reportados desde mediados de invierno a mediados de primavera (agosto y noviembre en los cruceros CIMAR 9, septiembre y octubre en CIMAR 4-1, octubre y noviembre en CIMAR 1, y noviembre en los CIMAR 8 y CIMAR 11) (Córdoba & Balbontín, 2006; Landaeta & Castro, 2006; Bustos *et al*., 2008). En las X y XI regiones, estados tempranos de desarrollo de sardina común han sido reportados desde el fiordo del Reloncaví hasta el canal Costa y estero Elefantes en primavera (Castro *et al*., 2008). Los rangos de salinidades y temperaturas experimentadas por los huevos de sardina común serían muy amplios e irían cambiando en la medida que las larvas van desarrollándose mientras van moviéndose desde las zonas de aguas interiores hacia las zonas con mayor influencia de aguas oceánicas (mayor salinidad y mayor temperatura) (Contreras *et al*., 2014). Paralelamente, se detectó un cambio en la profundidad de los huevos conforme se van desplazando hacia aguas externas más saladas (Montecinos *et al*., 2012). Estudios más recientes a fines de primavera 2010 y comienzos de verano, alternativamente, muestran la presencia de huevos y larvas de *S. bentincki* tanto en el sector oriental (continental) como occidental (Chiloé) de la X región pero como muy bajas abundancias, probablemente debido a lo tardío dentro de la estación reproductiva de la especie (Cubillos *et al*., 2012).

La sardina austral, *Sprattus fuegensis,* finalmente, es una especie pelágica costera reportada en Chile desde los 40°S hasta Tierra del Fuego (Ciechomski, 1971; Aranis *et al.*, 2005, 2007, 2012). La información sobre biología y ecología de sardina fueguina se ha obtenido principalmente desde el Océano Atlántico sur oeste, donde se distribuye en aguas costeras e intermedias de la plataforma continental Argentina, Tierra del Fuego y Patagonia (40°–55° S) e islas Malvinas. Según Shirokova (1978), *S. fuegensis* es un desovante parcial cuya época de desove está concentrada entre septiembre y diciembre alrededor de las Islas Malvinas, y entre octubre y enero sobre la plataforma continental (Sánchez *et al.*, 1995). Las mayores concentraciones de larvas de sardina fueguina se han reportado en aguas costeras e intermedias a la altura del Tierra de Fuego y entre las Islas Malvinas y la costa (Ciechomski 1974). En Chile, no se conocen muchos antecedentes antiguos de *Sprattus*

fuegensis ya que habitualmente no era diferenciada de *Strangomera bentincki*, pues se superponen parcialmente en su distribución. Solo a partir del 2005 comienzan a ser reportados en estadísticas pesqueras. La sardina fueguina tiene su período de desove principal en septiembre y octubre, coincidiendo parcialmente con lo reportado para aguas argentinas (Leal *et al*., 2011; Ciechomski, 1974). Información de de huevos y larvas de *S. fuegensis* en aguas chilenas comenzaron a ser reportadas inicialmente desde los 90´s desde la zona Patagónica central (Golfo de Penas) al extremo sur del país (Cabo de Hornos; Bernal & Balbontín, 2003, Bustos *et al*., 2011; Landaeta *et al*., 2011) y, en la zona nor-patagónica (al norte de los 47°S) solo más recientemente (Castro *et al*, 2011; Cubillos *et al.* 2011). Actualmente, huevos y larvas de esta especie se reportan frecuentemente en cruceros llevados a cabo en la zona sur de la XI región (sur del Golfo de Penas; Canal Baker, Concepción Ladrilleros, etc.) (Castro *et al*., 2011, Bustos *et al*., 2011, Contreras *et al*., 2014) y ya se han documentado en la X región tanto en las costa de Chiloé como en la zona continental (Cubillos *et al.*, 2012, Barrientos & Castro, 2012). Recientemente se ha reportado nueva información de aspectos como cambios ontogenéticos en distribución horizontal (costa-océano) y alimentación larval (Contreras *et al*., 2012, Contreras *et al*., 2014), y sobre la posible influencia de aguas dulces en las características de los huevos (Bustos *et al*., 2011).

En resumen, la información disponible sobre la distribución de las zonas principales de desove de las tres especies de peces pelágicos es aun limitada para la X y XI regiones de Chile. Gran parte de la información de ictioplancton proviene de los Cruceros CIMAR que desarrollan sus estaciones de muestreo en el sector medio de algunas de las cuencas de la X región (como el Golfo de Ancud y Golfo Corcovado) y no en las zonas costeras más someras (ej. costa interior de Chiloé) donde muestras de ictioplancton colectadas en los cruceros FIP de hidroacústica señalan que los huevos de estas especies podrían ser abundantes. Por otro lado, no se conoce con exactitud si las zonas de desove y crecimiento observadas en aguas de la X y XI regiones son frecuentes o si corresponden a zonas que van variando (ampliando en número de localidades, fiordos, canales, por ejemplo) en los últimos años. Tampoco se conoce si la utilización de estas zonas es simultánea para las tres especies. La información sobre distribución vertical de huevos y larvas para las tres especies es también escasa y en el caso de *S. fuegensis* está basada principalmente en los

estudios llevados a cabo en la zona austral, principalmente en la zona del Canal Baker y más al sur de la XI región. Acorde a lo anterior, el presente trabajo describe la distribución de huevos y larvas de las tres especies de peces pelágicos pequeños arriba mencionados y su relación con variables ambientales, a partir de un crucero bioceanográfico llevado a cabo en aguas interiores de la X y XI regiones en noviembre de 2014. El crucero bioceanográfico estuvo diseñado para obtener información detallada especialmente de las zona costeras limitadamente cubiertas con anterioridad durante la época de mayor abundancia de ictioplancton de las tres especies objetivo.

Métodos

Durante el mes de noviembre de 2014 se llevó a cabo un crucero bio-oceanográfico que incluyó una red de estaciones en la zona de aguas interiores de la X y XI regiones (Figura 1). La embarcación utilizada fue la lancha Huracán I, zarpando desde Calbuco durante la segunda semana de noviembre (12 de noviembre) y recalando finalmente en el mismo puerto el 28 de noviembre.

Colección de data hidrográfica y satelital. En cada una de las estaciones del track del crucero se llevó a cabo mediciones de temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y fluorescencia de la columna de agua, empleando un CTD Seabird 19 plus V2 hasta 100m de profundidad.

Paralelamente, se obtuvo temperatura superficial del mar (TSM) del producto de alta resolución de los satélites infrarrojos (AVHRR, Advanced Very High Resolution Radiometer) disponible con resolución temporal diaria y espacial de 1/4°, en

http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/sst/griddata.php.

Imágenes de la clorofila-a (chl-a) derivadas de satélites se obtuvieron del sensor MODIS a bordo del satélite Aqua. MODIS-Aqua que ofrece una imagen diaria de la zona de estudio (cuando la cobertura de nubes lo permitió) con una resolución espacial de 4 km^2 por píxel en el nadir.

Para estimaciones de viento superficial desde satélite se utilizó el producto de viento superficial del sensor Seawinds a bordo del satélite QuikSCAT, producido por el Jet Propulsion Laboratory y distribuido por CERSAT (Centre ERS d'Archivage et de Traitement - French ERS Processing and Archiving Facility). Estos datos tienen una resolución temporal diaria y espacial de 0,5° × 0,5° y están disponibles en http://www.ifremer.fr.

Colección de muestras de plancton y análisis en laboratorio. En el área de estudio, en cada estación de muestreo, muestras de mesozooplancton fueron colectadas verticalmente con una red cónica (WP2) con diámetro de boca de 60 cm. Se siguió la metodología estándar utilizada en el Método de Producción Diaria de Huevos, empleada en Chile para anchoveta y sardina común (Cubillos *et al*., 2007, 2011, 2012), siendo los muestreos se realizados desde la superficie hasta 70 m de profundidad (o hasta 5 m desde fondo en zonas someras).

En la X región, los muestreos de ictioplancton se realizaron en ambientes costeros más someros correspondientes a las zonas de prospección acústica con mayor abundancia de los recursos pelágicos en cruceros anteriores. El área estudiada abarcó desde el Fiordo y Seno de Reloncaví (41°52’S) hasta el sector más oriental frente a la Boca del Guafo (43°51’S), subdividiéndose la zona completa en 4 sectores (Seno (incluye Fiordo) de Reloncaví, Costa Continental, Costa de Isla de Chiloé, y frente a la Boca del Guafo). En esta región se realizaron 81 estaciones Además de estos muestreos, en 5 de estas estaciones (Fiordo y Seno Reloncaví) se efectuó un tercer muestreo pero con redes tipo Tucker Trawl (estratificado: 0-25 m, 25-50 m y 50-100 m) con el objetivo de obtener una visión de la distribución vertical del ictioplancton en zonas en que se esperaba mayor abundancia de ictioplancton de las especies objetivo (Figura 1).

En la XI región, el área de estudio abarcó desde los 43°59’S (norte del Canal Moraleda) hasta 45°51’S (Canal Costa) y se subdividió el área en 3 sectores: sector interno (fiordos), sector intermedio (Canal Moraleda) y sector externo (canales al oeste del Moraleda). El número de estaciones fue 47 y el muestreo fue integrado de la columna de agua desde 0 a 70m de profundidad con red WP2. Todas las muestras de zooplancton fueron preservadas en formalina al 5% tamponada con Tetraborato de sodio (Bórax).

En el laboratorio, el ictioplancton presente en todas las muestras fue separado e identificado. Para la separación de los huevos entre especies de sardina en las muestras del crucero de plancton se utilizó combinadamente los criterios de Orellana y Balbontín (1983) para sardina común (0,89–1,1 mm diámetro) y Ciechomski (1971) para sardina austral (1,035-1,170 mm diámetro). En este caso, para separar los huevos de ambas especies, se utilizó los valores extremos de sus distribuciones de talla: tamaños menores a 1 mm fueron clasificados como sardina común y mayores a 1,1 mm a sardina austral. Los valores de diámetro intermedio (1,01 a 1,10 mm diámetro) fueron considerados huevos de Clupeidos. Las larvas de las especies objetivo fueron clasificadas de acuerdo a su estado de desarrollo notocordal (pre-flexión, post-flexión) y luego fotografiadas bajo lupa estereoscópica equipada con una cámara Canon Power Shot, modelo A640, conectada a un computador, y medidas (longitud notocordal en preflexión; longitud total en postflexión) utilizando el programa Image J.

Los análisis de distribución horizontal incluyen secciones horizontales (mapas) de distribución de huevos y larvas de las 3 especies anchoveta y sardina común y austral utilizando círculos de tamaño escalado de acuerdo a las abundancias en cada estación (Surfer 8.0). Para la representación de distribuciones verticales se diagramaron perfiles con las abundancias promedio por estrato de huevos y larvas de las 3 especies objetivo.

Para identificar zonas de desove y precisar los límites de los focos de desove al interior del área de estudio, la variable densidad de huevos (huevos/10 m^2), fue convertida en una variable indicadora de presencia/ausencia de huevos para cada una de las especies de interés. La variable indicadora fue modelada mediante un enfoque geoestadístico, resolviéndose el variograma experimental que caracteriza la distribución espacial de dicha variable. Finalmente, se confeccionaron mapas de probabilidad utilizando kriging de indicadores. Al respecto, el modelo de variograma teórico que mostró el mejor ajuste, mediante el procedimiento de mínimos cuadrados ponderados (Cressie, 1993) fue el modelo esférico en el caso de sardina común y anchoveta, y el modelo exponencial en el caso de sardina austral y sardinas indeterminadas. Los parámetros del variograma teórico seleccionado y del *kriging* (modelo de covariograma, y geometría de la grilla de interpolación) fueron utilizados para calcular las ponderaciones óptimas asignadas a cada

estimación local de la presencia/ausencia de huevos y construir así los mapas de probabilidad.

Relación distribución de ictioplancton y condiciones ambientales.

Primero, se realizó un método gráfico consistente en la sobreposición de las abundancias de huevos y larvas (círculos escalados de abundancia) sobre diagramas T-S (Checkley, 2000) se identificaron los rangos de temperatura y salinidad en que mayores abundancias de huevos y larvas ocurrió.

Luego, para la evaluación de las potenciales relaciones entre las abundancias de huevos y larvas de anchoveta, sardina común y sardina fueguina, con las características ambientales físicas y biológicas se utilizaron modelos aditivos generalizados (GAMs). Las variables ambientales a incorporar en los modelos son salinidad, temperatura, abundancia de fitoplancton (estimado como clorofila a) como proxi- de potencial alimento larval.

Resultados

Oceanografía durante el crucero de ictioplancton.

Las imágenes de temperatura superficial del mar (TSM) obtenidas de satélite mostraron que durante el crucero la presencia de un gradiente meridional con valores más altos al norte de la zona de estudio (13-15°C) entre los 41-43°S y valores mínimos en el sur (8-9°C) entre los 46-47°S (Figura 2). En general, este patrón se mantuvo durante todo el tiempo que duraron los trabajos, aunque en los días 16 y 17 de Noviembre se observó un desplazamiento hacia el norte de la isoterma de 10°C en forma de lengua que llego hasta los 44°S. Hacia el final de los registros (días 20-26 Noviembre) la TSM aumento en la zona norte y la isoterma de 14°C se desplazo hacia el sur, aumentando también la TSM en el mar interior de Chiloé.

Las imágenes de la *clorofila-a* (chl-a) obtenida de satélite (MODIS) estuvieron muy afectadas por la cobertura de nubes debido a las malas condiciones del tiempo durante el muestreo. Sin embargo, la imagen del 21 de Noviembre 2014 mostró altos valores de clorofila-a en la cercanía del Canal Chacao, indicando el intercambio que se produce entre

la zona oceánica y el mar interior de Chiloé (Figura 2). En la zona oceánica predominaron, en general valores bajos (menores a 1 mg m^{-3}) destacándose solo a la imagen del 12 de Noviembre con valores de clorofila-a cercano a 2 mg m^{-3}.

En aguas interiores, la temperatura superficial del mar obtenida de los muestreos hidrográficos *in situ* mostró los más altos valores (> 14°C) en el sector costero continental de la X región, zona de fiordos Reñihue y Cumau, y en el sector norte del Seno del Reloncaví (Figura 3). La zona del Fiordo de Ancud presentó temperaturas intermedias (12-13°C), comparativamente superiores a la zona adyacente a la Boca del Guafo, Golfo Corcovado e inicio de Canal Moraleda. En el sector de la costa de la Isla de Chiloé y Golfo Corcovado-Boca de Guafo se presentaron salinidades mayores a 32. En el Canal Moraleda la salinidad tendió a disminuir al aproximarse el Canal Costa por el sur. La densidad presentó una distribución similar a la salinidad. Dada esta distribución de densidad, la zona presentó una marcada estratificación (Brunt-Vaisala) en los sectores del Seno y Fiordo Reloncaví en el norte y en el Canal Costa al sur. La fluorescencia presentó dos núcleos superficiales, cercanos al canal Chacao en el norte y a la Boca Guafo – Canal Moraleda más al sur.

La sección horizontal (mapa) a 25 m de profundidad muestra que la temperatura sufrió leves variaciones (11°C) a esta profundidad en toda el área de estudio (Figura 3). La salinidad fue alta (>33) al norte del área de estudio. En la entrada del Canal Moraleda la salinidad fue de 32 y disminuyó a valores menores a 30 (desembocadura del Canal Puyuhuapi) hacia el sur (Figura 3). La densidad presentó una distribución similar a la salinidad. Siguiendo esta distribución de densidad, la zona presentó una mayor estratificación (Brunt-Vaisala) en el sector del Canal Moraleda. La fluorescencia presentó un núcleo subsuperficial, cercano al sector norte de la Isla de Chiloé

Los perfiles hidrográficos muestran en el Fiordo Reloncaví y Seno Reloncaví una termoclina y unas muy fuertes haloclina y picnoclina desde superficie a 10m aproximadamente (Figura 4). Coincidente con estas características, muy altos valores de estabilidad ocurrieron también en el estrato más somero. Los máximos de fluorescencia ocurrieron en el estrato superior, entre 5 y 10 m de profundidad. En este sector, la mayor parte de las estaciones presentaron huevos de anchoveta y de sardina común y solo unas

pocas presentaron huevos de sardina austral y clupeidos. *En el Golfo Ancud* los perfiles de características hidrográficas muestran una termoclina más profunda (hasta 20 m) y muy débiles haloclinas y picnoclinas hasta los 20 m aproximadamente. Los valores máximos de fluorescencia fueron similares a los del Fiordo del Reloncaví pero ocurrieron menos uniformemente y hasta profundidades mayores a 20 m. En esta zona, los valores de estabilidad fueron bajos a lo largo de prácticamente toda la columna de agua. En esta zona, mientras un alto número de estaciones presentaron huevos de sardina común y sardinas indeterminadas (Clupeidae), un número bajo de estaciones presentaron huevos de anchoveta y sardina austral. En el *Golfo Corcovado - Norte Canal Moraleda* los cambios en temperatura, salinidad, densidad y estabilidad fueron muy poco notorios a lo largo de toda la columna de agua. Los valores de fluorescencia, en general, fueron bajos, mostrándose una leve disminución con la profundidad. En este sector sólo se encontró algunas estaciones con huevos de sardina común y un muy bajo número con huevos de clupeidos. Finalmente, en el Canal Moraleda hubo solo algunas estaciones con una leve termoclina, haloclina y picnoclina someras; valores relativamente bajos de estabilidad a lo largo de la columna y valores máximos de fluorescencia desde superficie hasta 10 m de profundidad, aproximadamente. En el Canal de Moraleda ocurrieron huevos de sardina común, sardina austral y sardinas indeterminadas pero no de anchoveta.

El *viento superficial durante el periodo de muestreo* fue del oeste, noroeste y suroeste en la *zona de aguas interiores.* Su magnitud fue variable desde 2 hasta 12 m/s, destacándose los días 13, 18 y 23 de Noviembre por presentar los mayores valores. (Figura 5)

Distribución de ictioplancton

La composición y abundancia de la *comunidad ictioplanctónica* en las zonas de mayor abundancia de huevos de las especies objetivo, 12 taxas fueron identificados en estado huevo (5 epipelágicas, 3 oceánicas y 4 demersales) y 17 taxas en estado larval (6 epipelágicas, 2 oceánicas, 5 demersales, 4 costeras) (Tabla 1). *Engraulis ringens* fue la especie con mayor abundancia de huevos, seguido de *Maurolicus parvpinnis* y luego *Merluccius australis*. Entre las larvas, fueron más abundantes *Normanichthys crockeri*, *Maurolicus parvipinnis* y *Engraulis ringens*.

Distribución horizontal de huevos y larvas. Huevos y larvas de las tres especies objetivo fueron colectadas en ambas regiones (X y XI) (Figura 6). Las abundancias de huevos fueron mayores a las de larvas en las tres especies estudiadas. Las mayores abundancias de huevos y larvas de las tres especies ocurrieron en la X región, siendo las mayores abundancias promedio (estaciones positivas) de huevos las de anchoveta, seguido de sardina común y luego sardina austral. En la XI región, no se encontró huevos de anchoveta y las abundancias promedio (estaciones positivas) de huevos de ambas especies de sardina fueron similares entre sí. En términos de distribución por sectores, mientras que los huevos de anchoveta fueron más abundantes en el Seno y Fiordo del Reloncaví y sector costero continental de la X región, los huevos de sardina común y sardina austral se presentaron con mayores abundancias en los sectores Seno Reloncaví y sector Costero de Chiloé. La mayor abundancia de larvas de anchoveta se presentó en el sector del Seno y Fiordo Reloncaví. Larvas de sardina común solo ocurrieron en el sector Costero Continental. Larvas de sardina austral, en cambio, se presentaron tanto en el sector Costero Continental como en la Costa de Chiloé. En resumen, los huevos de anchoveta fueron más abundantes en la zona del Seno del Reloncaví, los de sardina común fueron abundantes en las proximidades del Seno del Reloncaví y Chiloé (pero sus larvas solo en Reloncaví) y, finalmente, los huevos de sardina austral ocurrieron en mayor abundancia próximos a la costa de Chiloé y costa continental. En la XI región, los huevos de ambas especies de sardina, pero en muy baja abundancia, se ubicaron preferentemente el sector intermedio (Canal Moraleda) y secundariamente en los canales más externos.

Los *análisis geoestadísticos* mostraron que la sardina común, en la X Región, la distribución de probabilidad de la presencia de huevos se concentró en el sector norte del área. Probabilidades cercanas a 1 se encontraron en el sector de Isla Tablón, frente a Calbuco (Figura 7). La sardina austral en la X Región se concentró al norte de Islas Chauques y entre Isla Quinchao e Isla Lemuy. Finalmente, en la anchoveta la presencia de huevos se detectó sólo en la X Región, con un foco relevante en el Seno y Estuario de Reloncaví.

En cuanto a *distribución vertical del ictioplancton* durante el crucero, las tres especies presentaron huevos desde superficie hasta el estrato más profundo (50-100 m) y en las tres

especies las mayores densidades ocurrieron en el estrato más superficial (0-25 m)(Figura 8). La distribución de larvas fue, sin embargo, diferente entre las 3 especies: mientras que larvas de anchoveta estuvieron presentes en los tres estratos, las larvas de sardina común y sardina austral ocurrieron solo en los primeros 50 m de profundidad.

Asociación entre distribuciones de huevos y larvas y condiciones oceanográficas

La *sobreposición de mapas de distribución* de huevos sobre secciones horizontales de características ambientales en superficie (1 m) señalan que los huevos de anchoveta habrían ocurrido en áreas de aguas más cálidas (>12,5°C), de alta estratificación, con valores de salinidad y fluorescencia relativamente bajas; los núcleos de mayor abundancia de huevos de sardina común se asociaron a temperaturas medias-altas (11,5-13°C), altas salinidades, alta fluorescencia, y baja estabilidad y, los huevos de sardina austral se asociaron a temperaturas medianas (12° - 12,5°C), salinidades relativamente altas, altos valores de fluorescencia y bajos de estabilidad (Figura 9).

A 25m de profundidad no se observó grandes diferencias en temperatura y salinidad del agua de mar en toda la zona de estudio (excepto en XI región) (Figura 10). Las principales agrupaciones de huevos de anchoveta habrían ocurrido en esta profundidad, en agua con valores bajos de temperatura (~11°C), salinidad relativamente alta (32,5), muy bajas fluorescencia (< 10) y frecuencia Brunt-Vaisala (< 10 ciclos/hora). En 25 m, las mayores agrupaciones de huevos de sardina común se asociaron a las más altas fluorescencias y baja estabilidad. En sardina austral, los principales núcleos de huevos se presentaron en los sectores oeste del golfo de Ancud (costa de Chiloé) y secundariamente en el Canal Moraleda, distribución relativamente semejante a la de sardina común.

Los abundancias de huevo de las especies objetivo sobrepuestas sobre los diagramas de TS muestran que a 1 m de profundidad los huevos de anchoveta y sardina común presentaron rangos de temperatura (11° a 14,5°C) y salinidad (7 a 33) similares, sin embargo los máximos de abundancia presentaron rangos distintos entre especies. En sardina austral, los huevos abarcaron temperaturas entre 11° a 12,5°C aproximadamente y con salinidad s entre 7 a 33. En clupeidos, los huevos se asociaron a rangos mayores de temperatura (11° a 14°)

y salinidad (27 a 33). A 25 m de profundidad los rangos de temperatura (> 10°C) y salinidad (> 30) fueron similares entre especies (Figura 11).

En larvas de anchoveta a 1 m de profundidad, la abundancia se asocia a temperatura entre 11,5° a 14°C, y salinidades entre 7-33. En cambio, en sardina común, los rangos de temperatura (11° a 12°C) y salinidad (30 a 33) son más acotados. Finalmente, la abundancia de larvas de sardina austral se relacionó con temperaturas entre 11° y 14,5°C, y salinidad entre 27 y 33. A 25 m de profundidad, las larvas de las distintas especies se asociaron a salinidades similares (30 a 33), pero con distintos rangos de temperatura (Figura 12).

Los resultados de los GAMs muestran que para las especies objetivo, se encontró que los diferentes modelos que incluyen profundidad, temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala y en forma conjunta entregan los mejores resultados en el coeficiente de determinación (> 76), desvianza explicada (> 61%); así como el puntaje de la validación cruzada general (GCV) (Tabla 2). Para la densidad de huevos de anchoveta y clupeidos, se observó que los mejores modelos explicativos fueron los que utilizaron los valores de las variables predictoras a 25m profundidad. En cambio en sardina común y sardina austral, los modelos evaluados que utilizaron los valores de las variables predictores a 1m de profundidad, explicaron de manera satisfactoria la densidad de huevos.

Los valores otorgados por los GAMs para la densidad de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos con las variables predictoras, se muestran en la Tabla 3. Para cada especie se observaron relaciones no lineales entre la variable respuesta (densidad de huevos) y cada predictor. En general, se encontró que las relaciones de los distintos modelos entre la variable respuesta y la predictora, son significativas ($p<0.05$, Tabla 3).

Los rangos óptimos (positivo) de las variables evaluadas en relación a las mayores densidades de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos se muestran en la Tabla 4. En general, *los resultados de los GAMs* utilizando información ambiental estuvieron en concordancia con los análisis anteriores. Las mayores densidades de huevos de sardina austral se asocian a aguas con baja temperatura y menor salinidad, y con una relativamente baja estratificación (estabilidad). En cambio los huevos de anchoveta y sardina común se relacionan a temperaturas más cálidas y aguas más salinas, con

estratificación relativamente alta. Los huevos de las tres especies presentaron una asociación positiva con la abundancia de fitoplancton (clorofila a).

Discusión

Condiciones oceanográficas durante el crucero.

El patrón regional de temperaturas superficiales, observables en las imágenes satelitales que incluyen la sección oceánica externa adyacente a la zona de estudio, muestra un marcado gradiente térmico con mayores temperaturas en el sector norte próximo a la plataforma continental (41°N, 75°O) y una disminución de los valores hacia el sur, incluida la zona de aguas interiores de canales y fiordos. En el sector de aguas interiores, por otro lado, la distribución de temperatura superficial en la zona de estudio durante el crucero de ictioplancton, con mayores valores en la zona norte y menores en la zona sur, es concordante con la información previa existente para aguas interiores de la X y XI regiones en primavera. En esta zona de aguas interiores, la presencia de aguas más frías en la zona interna adyacente a la boca del Guafo, Golfo de Corcovado y Canal Moraleda (detectado más claramente en las muestras superficiales de temperatura de balde) responde a la influencia de aguas presentes sobre la plataforma continental que se mezclarían con las aguas más temperadas provenientes de los canales y fiordos. En alguna zona de aguas interiores, sin embargo, se observan temperaturas menores que responderían a procesos locales como desembocaduras de ríos (fiordo de Relocaví) que reducirían las temperaturas locales. Más al sur, en la zona interna del Canal Moraleda-Canal Costa, las menores temperaturas coincidirían con los aportes de agua dulce fría de deshielos, lo cual es concordante con la disminución en salinidades evidenciada en las secciones verticales, por ejemplo, en la transecta desde Fiordo Reloncaví a Canal Costa.

La variación en la distribución de temperatura superficial descrito desde el comienzo al fin del periodo de muestreo corresponde a uno observable normalmente en condiciones de primavera, y contrasta con el descrito en otras investigaciones de la misma zona durante otros periodos de otoño (ver últimos reportes FIP de los últimos cruceros de proyectos hidroacústicos de pequeños pelágicos en la zona llevados a cabo en otoño). En el crucero

otoñal del año 2014, por ejemplo, se observó una disminución progresiva de la temperatura de sur a norte evidenciado por el desplazamiento de la isoterma de 14°C desde los 46°S hasta los 41°S desde fines de marzo a mayo (Lillo com. pers.). Este desplazamiento latitudinal es contrario al aumento latitudinal de temperaturas en la medida que avanza la primavera observado en el presente estudio en la zona costera y que puede visualizarse como el avance de la isoterma de 12°C desde los 42°S hasta los 44°S desde el 12 al 26 de noviembre).

Distribución de huevos de las especies objetivo

Huevos y larvas de las tres especies objetivo fueron colectadas en ambas regiones muestreadas. Las abundancias de huevos fueron mayores a las de larvas en las tres especies estudiadas, lo que sugiere desove reciente. Las mayores abundancias de huevos y larvas de las tres especies ocurrieron en la X región. Comparativamente entre especies, las mayores abundancias promedio (estaciones positivas) de huevos en esta región, fueron de anchoveta, seguido de sardina común y luego sardina austral. En la XI región, no se encontró huevos de anchoveta y las abundancias promedio (estaciones positivas) de huevos de sardina de ambas especies fueron similares entre sí. En términos de distribución por sectores, mientras que los huevos de anchoveta fueron más abundantes en el Seno (incluye Fiordo) del Reloncaví y sector costero continental de la X región (red WP2), los huevos de sardina común y sardina austral se presentaron con mayores abundancias en los sectores Seno Reloncaví y Costero de Chiloé. En la XI región, los huevos de ambas especies de sardina se ubicaron preferentemente el sector intermedio (Canal Moraleda) y secundariamente en los canales más externos. Los análisis de geoestadística concuerdan con la descripción de las zonas de mayor abundancia de huevos, enfatizando aquella con mayor probabilidad de encuentro con las especies objetivo: Anchoveta = zona del Fiordo y Seno del Reloncaví, sardina común = zona norte, mas particularmente frente a Calbuco y, sardina austral: Costa interna de Chiloé. Estos resultados de distribución de los estadios tempranos de las especies objetivo concuerdan en gran medida con las descripciones logradas de la data histórica recopilada de distintos cruceros en la zona realizados para proyectos de la Subsecretaria de Pesca (proyectos de evaluación hidroacústica de pequeños pelágicos) y de cruceros CIMAR Fiordos tanto en la zona de estudio como a lo largo de la Patagonia chilena completa. Los

resultados del análisis conjunto de la información sugiere, en términos gruesos, que la zona más importante de desove de anchoveta en los últimos años incluiría los sectores de los fiordos y seno del Reloncaví y sectores norte de la costa continental de la X región. La información de sardina común concuerda a grandes rasgos con la de anchoveta pero la data disponible es menos completa debido a las dificultades de identificación y separación de estas sardinas con las sardinas australes. El desove de estas especies aparentemente más frecuentemente en aguas costeras continentales podría estar asociado a las condiciones de mayor estabilidad de la columna de agua en esa zona. Tanto las larvas de anchoveta como las de sardina común se encuentran frecuentemente también en aguas de la XI región, pero en menores abundancias que en la X. Las zonas principales de desove de sardina austral no pudieron claramente identificarse debido a las limitaciones de data disponible. Los escasos reportes de ictioplancton de esta especie en aguas interiores de la X y XI región-norte indican la presencia de huevos principalmente en la zona costera de Chiloé tanto al final del periodo de desove (Diciembre 2010 - Enero 2011) como en otoño (pero muy pocos en Junio del 2013), y de larvas en la zona costera continental (Diciembre 2010 - Enero 2011) y también en la zona costera de Chiloé (otoño 2013).

La información de *distribución vertical histórica* analizada en este estudio nos señala que los huevos de las 3 especies objetivo tienden a ubicarse a lo largo de toda la columna de agua (0-100 m) pero en mayor abundancia en los estratos someros (0-25 m). Las larvas de anchoveta y sardina común se presentarían en un rango de profundidades un poco más amplio (0-50 m) que sus huevos mientras que las larva de sardina austral se ubicarían hasta el estrato más profundo (50-100 m), lo cual se ha evidenciado especialmente en los cruceros más al sur (XI y XII regiones). Este último patrón de distribución vertical contrasta con lo observado durante el crucero de Noviembre 2014 (presente estudio).

Asociación entre distribuciones de huevos y larvas y las características oceanográficas

Los distintos métodos para determinar posibles asociaciones entre las distribuciones de huevos y larvas y las características oceanográficas concordaron entre sí al identificar estas características. La *sobreposición de mapas de distribución* de huevos sobre secciones horizontales de características ambientales señalan que los huevos de anchoveta habrían ocurrido en áreas de aguas más cálidas (>12,5°C), de alta estratificación, con valores de

salinidad y fluorescencia relativamente bajas; los núcleos de mayor abundancia de huevos de sardina común se asociaron a temperaturas medias-altas (11.5-13°C), altas salinidades, alta fluorescencia, y baja estabilidad y, los huevos de sardina austral se asociaron a temperaturas medianas (12°-12,5°C), salinidades relativamente altas, altos valores de fluorescencia y bajos de estabilidad. Los resultados de los *GAMs* estuvieron en concordancia con los análisis anteriores. Las mayores densidades de huevos de sardina austral se asocian a aguas con menor temperatura y menor salinidad, y con una relativamente baja estratificación (estabilidad). En cambio los huevos de anchoveta y sardina común se relacionan a temperaturas más cálidas y aguas más salinas (sardina común), con estratificación relativamente alta.

Agradecimientos

Estudio financiado por el proyecto FIP 2013-17 “Areas de desove de peces pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI regiones”. Autores agradecen la colaboración del personal a bordo de la embarcación Huracán II.

Referencias

Aranis, A., L. Caballero, F. Cerna, A. Gómez, A. López, C. Bernal. 2005. Informe Pre-Final FIP 2004-39 "Monitoreo de la Pesquería de Pequeños Pelágicos en Aguas Interiores de la X Región, Año 2004". Fondo de Investigación Pesquera, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile, Chile. 78 pp. Anexos.

Aranis, A., R Meléndez, G. Pequeño, F. Cerna. 2007. *Sprattus fuegensis* en aguas interiores de Chiloé, Chile (Osteichthyes: Clupeiformes. Clupeidae). Gayana 71(1): 102-113.

Aranis A., A Gómez, G Muñoz, L Ossa, L Caballero, F Cerna, A López, C Machuca, C Vera, G Eisele. 2012. Monitoreo de anchoveta y sardinas en aguas interiores de la X Región de Los Lagos, 2011. Informe Final Pesca de Investigación. IFOP. 161 pp.

Barrientos, P., L. Castro. 2012. Distribución de estadios tempranos de *Sprattus fuegensis* (Jenyns, 1842) en la Patagonia Chilena. XXIII Congreso de Ciencias del Mar. Libro de Resúmenes.

Bernal R., F. Balbontín. 2003. Distribución y abundancia de las larvas de peces desde el Estrecho de Magallanes al Cabo de Hornos, Chile. Cien. Tecnol. Mar 26: 85-92.

Bustos C.A., M.F. Landaeta, F. Balbontín. 2008. Spawning and early nursery areas of anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 in fjords of southern Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 43(2): 381-389.

Bustos, C., M. Landaeta, F. Balbontín. 2008a. Zonas de desove y crianza larval temprana de la anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 en fiordos del sur de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 43(2): 381-389.

Bustos, C., M. Landaeta, F. Balbontín. 2008b. Efectos ambientales sobre la variabilidad espacial del ictioplancton de Chile austral durante noviembre de 2005. Revista Chilena de Historia Natural. 81: 205-219.

Bustos C.A., M.F. Landaeta, F. Balbontín. 2011. Icthyoplankton spatial distribution and its relation with water column stratification in fjords of southern Chile (46°48' – 50°09'S) in austral spring 1996 and 2008. Continental Shelf Research 31: 293-303.

Castro L., M. Landaeta, M.I. Muñoz, S. Palma. 2007. Patrones de distribución vertical y migraciones diurno-nocturnas del ictioplancton en el fiordo del Reloncaví. Taller CIMAR-Fiordos 12. Octubre. Valparaíso.

Castro L., M.I. Muñoz, S. Palma. 2008. Cambios en la distribución de ictioplancton a lo largo de la Boca del Guafo, Canal Moraleda y Fiordo Aysén, sur de Chile. Taller de Exposición Resultados Preliminares Crucero CIMAR 13 Fiordos. Valparaíso, Octubre 9-10 2008.

Castro, L.R., Cáceres, M.A., Silva, N., Muñoz, M.I., León, R., Landaeta, M.F, S. Soto-Mendoza. 2011. Short-term variations in mesozooplankton, ichthyoplankton, and nutrients associated with semi-diurnal tides in a Patagonian Gulf. Continental Shelf Research 31(3-4), 282-292

Castro L., M.I. Muñoz, L. Cisternas, M.J. Cuevas. 2012. Distribución vertical del ictioplancton y mesozooplancton quitinoso dominante en ambientes de estabilidad contrastantes de la zona de aguas interiores de la X región. Taller de Exposición de Resultados preliminares Crucero CIMAR 17. Valparaíso. Noviembre 2012.

Checkley, D.M., Jr., R.C. Dotson, D.A. Griffith. 2000. Continuous, underway sampling sardine (*Sardinops sagax*) and northern anchovy (*Engraulis mordax*) in spring off southern and central California. Deep-Sea Research II 47, 1139-1155.

Ciechomsky de J.D. 1971. Estudios sobre los huevos y larvas de la sardina fueguina, *Sprattus fueguensis*, y de *Maurolicus muelleri*, hallados en aguas adyacentes al sector patagónico argentino. Physis 81: 560-560.

Ciechomski J. 1974 Consideraciones sobre la reproducción y distribución cuantitativa de huevos y larvas de la sardina fueguina *Sprattus fuegensis*, en el sector patagónico del

Atlántico. Comisión Asesora Regional de Pesca para el Atlántico Sudoccidental (CARPAS).Sexta Reunión. Montevideo. Uruguay. 12 pp.

Contreras T., L. Castro, S. Montecinos, H. González, S. Soto, S. Palma, M.I. Muñoz. 2012. Contrastante distribución y alimentación larval de *Sprattus fuegensis y Strangomera bentincki* en fiordos y canales de la patagonia chilena. XXXII Congreso de Ciencias del Mar. Punta Arenas. 22-25 Octubre 2012.

Contreras T., L.R. Castro, S. Montecinos, H. González, S. Soto, S. Palma. 2014. Environmental conditions, early life stages distributions and larval feeding of Patagonian sprat *Sprattus fuegensis* and common sardine *Strangomera bentincki* in fjords and channels of the northern Chilean Patagonia. Progress in Oceanography 129:136-148.

Córdoba G. & F. Balbontín. 2006. Distribución espacial de la abundancia y de la talla de ocho tipos de larvas de peces entre la Boca del Guafo y Bahía Anna Pink, zona austral de Chile. Cienc. Tecnol. Mar, 29 (1): 153-161.

Cressie, N.A.C., 1993. Statistics for spatial data. John Wiley and Sons. New York.

Cubillos, L.A., P. Ruiz, G. Claramunt, S. Gacitúa, S. Núñez., L. Castro, K. Riquelme, C. Alarcón, C. Oyarzún, A. Sepúlveda. 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

Cubillos, L., L. Castro, G. Claramunt. 2011. Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2010. Informe Final FIP2010-02.

Cubillos L., J. Páramo, L. Castro, M. Sobarzo, H. Peña, S. Soto, A. Rodríguez, M. Pedraza-Garcia, H. Rebolledo, C. Castillo-Jordán. 2012. Estimación de abundancia, biomasa y distribución espacial de pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI regiones, y su relación con algunas variables ambientales, año 2010. Subsecretaría de Pesca. 329 pp.

Giraud N. 2010. Distribución vertical de huevos de *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) en el fiordo de Reloncaví, X Región, Chile. Seminario de Título Biología Marina. Universidad de Concepción.

Giraud, N., L. Castro. 2011. Distribución vertical de huevos de Engraulis ringens (Jenyns, 1842) en el fiordo de Reloncaví, X región, Chile. XXXI Congreso de CIENCIAS del Mar, 16 A 19 de Agosto 2011. Viña del Mar, Chile.

Landaeta, MF., LR. Castro. 2006. Larval distribution and growth of the rockfish, *Sebastes capensis* (Sebastidae, Pises), in the fjords of southern Chile. ICES Journal of Marine Sciences 63: 714-724

Landaeta MF., CA. Bustos, P. Palacios-Fuentes, P. Rojas, F. Balbontín. 2011. Distribución del ictioplancton en la Patagonia austral de Chile: potenciales efectos del deshielo de Campos de Hielo Sur. Lat. Am. J. Aquat. Res., 39(2): 236-249, 2011 236

Leal E., M. Canales, A. Aranis, M. González. 2011. Actividad reproductiva y longitud de madurez de sardina austral *Sprattus fuegensis* en el mar interior de Chiloé, Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 46, Nº1: 43-51

Montecinos S., L. Castro, M.I. Muñoz. 2012. Distribución de huevos y larvas de sardina común (S*trangomera bentincki*) en los fiordos y canales del sur de Chile. Ciencia Tecnologia Marina, 35, 71-90, 2012.

Piolle, J.F., A. Bentamy. 2002. Mean Wind Fields (MWF product), User Manual, QuikSCAT, CERSAT, Plouzané, 42pp.

Sánchez RP., A. Remeslo, A. Madirolas, J. Ciechomski. 1995. Distribution and abundance of post-larvae and juveniles of the Patagonian sprat, *Sprattus fuegensis*, and related oceanographic conditions. Fisheries Research 23: 47-81.

Shirokova, E.N., 1978. Contribution to the biology of Tierra del Fuego Sprat, *Sprattus fuegensis* (Jenyns, 1842). Biology ofthe sea, 3: 78-84

Figuras

Figura 1. Estaciones bio-oceanográficas (plancton-CTD) efectuadas en la X y XI región durante el crucero de noviembre del 2014.

Figura 2. TSM zonal; hacer promedios semanales. + TSM MENSUAL + CLOR MENSUAL

Figura 3. Mapa horizontal de temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) a 1 (paneles superiores) y a 25 m de profundidad (paneles inferiores) obtenidos de data *in situ*.

Figura 4. Perfiles de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala (ciclos/hora) de las estaciones con presencia (línea roja) y ausencia (línea negra) de huevos de anchoveta agrupadas por sector (**A**: Fiordo Reloncaví - Seno Reloncaví; **B**: Golfo Ancud; **C**: Golfo Corcovado-Norte Canal Moraleda; **D**: Canal Moraleda).

Figura 5. Comportamiento del viento satelital superficial obtenido de ASCAT durante el periodo de muestreo (12-26 Noviembre 2014) para el mar interior de Chiloé.

Figura 6. Abundancia de huevos (paneles superiores) y larvas (paneles inferiores) de anchoveta (A), sardina común (B) y sardina austral (C) y Clupeidos (D) durante el crucero de noviembre 2014 (Red WP2).

Figura 7. Distribución espacial de la probabilidad de presencia de huevos de anchoveta, sardina común y sardina austral en la X (paneles superiores) y XI (paneles inferiores) regiones.

Figura 8. Distribución vertical promedio de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en la X región, crucero FIP 2013-17 (primavera 2014).

Figura 9. Sobreposición de abundancia de huevos de anchoveta, sardina común y sardina austral sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 1 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2).

Figura 10. Sobreposición de abundancia de huevos (círculos) de anchoveta, sardina común y sardina austral sobre secciones horizontales de temperatura, salinidad, fluorescencia y Brunt-Vaisala a 25 m de profundidad en la X y XI región, 2014 (red WP2).

Figura 11. Diagramas en que la data del 2014 de temperatura y salinidad a 1 m y 25 m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos.

Figura 12. Diagramas en que la data del 2014 de temperatura y salinidad a 1m y 25m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de larvas de anchoveta, sardina común y sardina austral.

Tablas

Tabla 1. Listado de taxa de peces colectados en estado huevo y larva, su abundancia promedio y desviación estándar en estaciones positivas, durante noviembre 2014.

Tabla 2. Resultados de los modelos aditivos generalizados (GAMs) para la densidad de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en función a la profundidad del ecosonda (E), temperatura (T), salinidad (S), fluorescencia (F) y Brunt-Vaisala (BV) en superficie y 25 m de profundidad (**n**: número de datos, $\mathbf{R^2}$: Coeficiente de determinación, **VE**: Varianza explicada en porcentaje, **GVC**: Validación cruzada general).

Tabla 3. Resultados de los modelos GAM por especie y profundidad (E: profundidad del ecosonda, T: temperatura, S: salinidad, F: fluorescencia, BV: Brunt-Vaisala).

Tabla 4. Rango óptimo de las variables predictoras a 1m y 25 m de profundidad asociados a la densidad de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos.

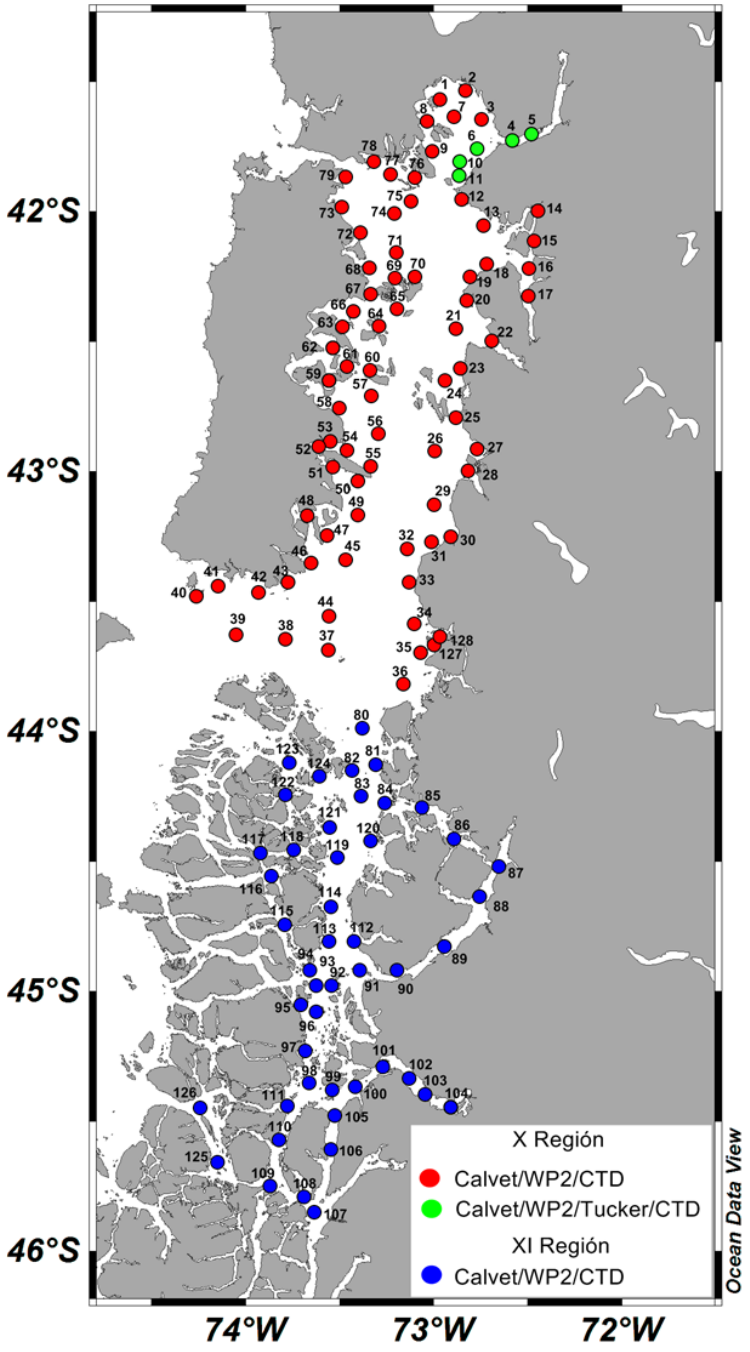

42°S
43°S
44°S
45°S
46°S
74°W
73°W
72°W
X Región
Calvet/WP2/CTD
Calvet/WP2/Tucker/CTD
XI Región
Calvet/WP2/CTD
Ocean Data View

Figura 1.

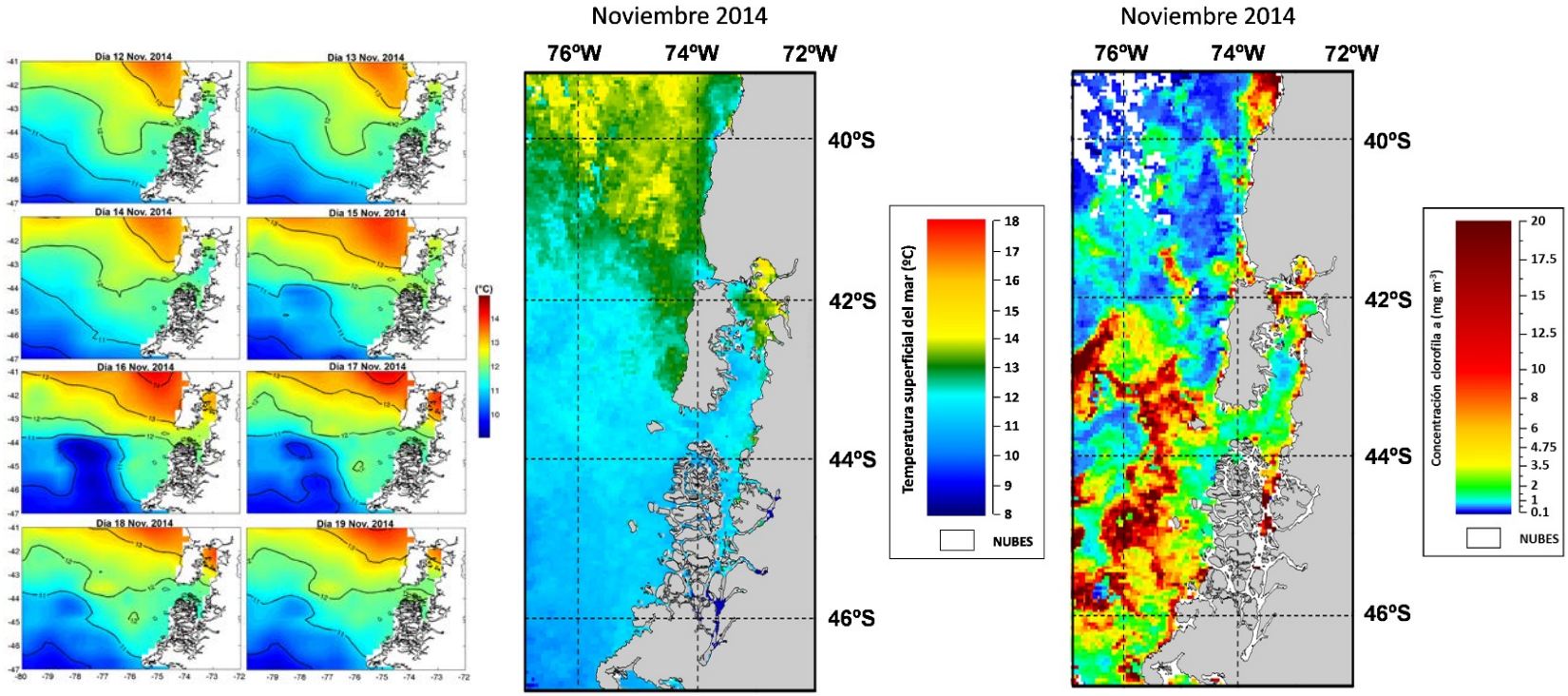
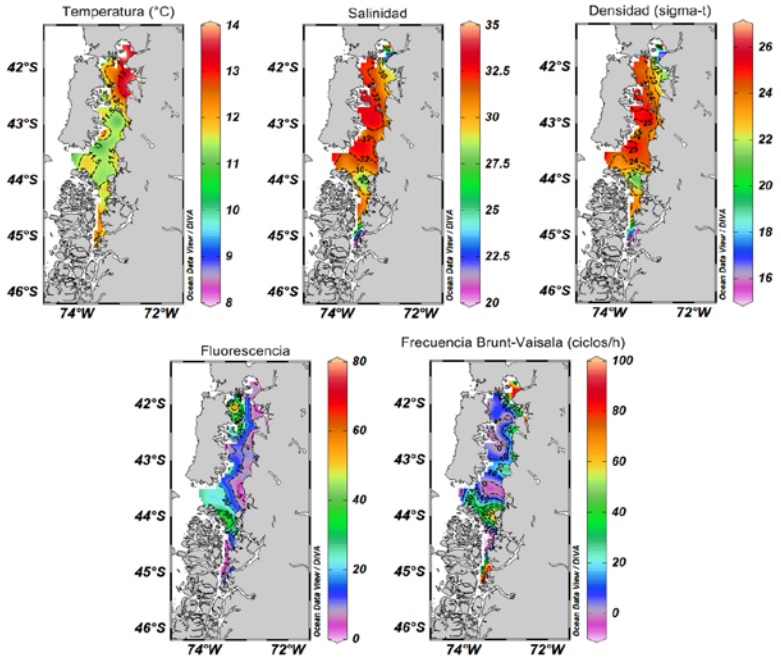

Dia 12 Nov. 2014
Dia 13 Nov. 2014
Dia 14 Nov. 2014
Dia 15 Nov. 2014
Dia 16 Nov. 2014
Dia 17 Nov. 2014
Dia 18 Nov. 2014
Dia 19 Nov. 2014
(°C)
Noviembre 2014
76ºW
74ºW
72ºW
40ºS
42ºS
44ºS
46ºS
Temperatura superficial del mar (ºC)
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
NUBES
Noviembre 2014
76ºW
74ºW
72ºW
40ºS
42ºS
44ºS
46ºS
Concentración clorofila a (mg m-3)
20
17.5
15
12.5
10
8
6
4.75
3.5
2
1
0.1
NUBES

Figura 2.

1 m profundidad



25 m profundidad

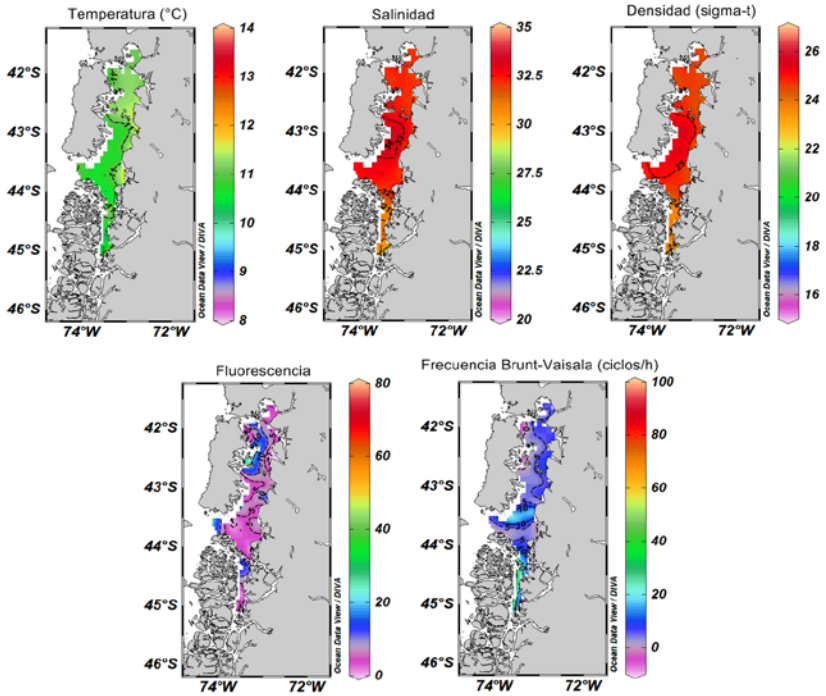


Figura 3.

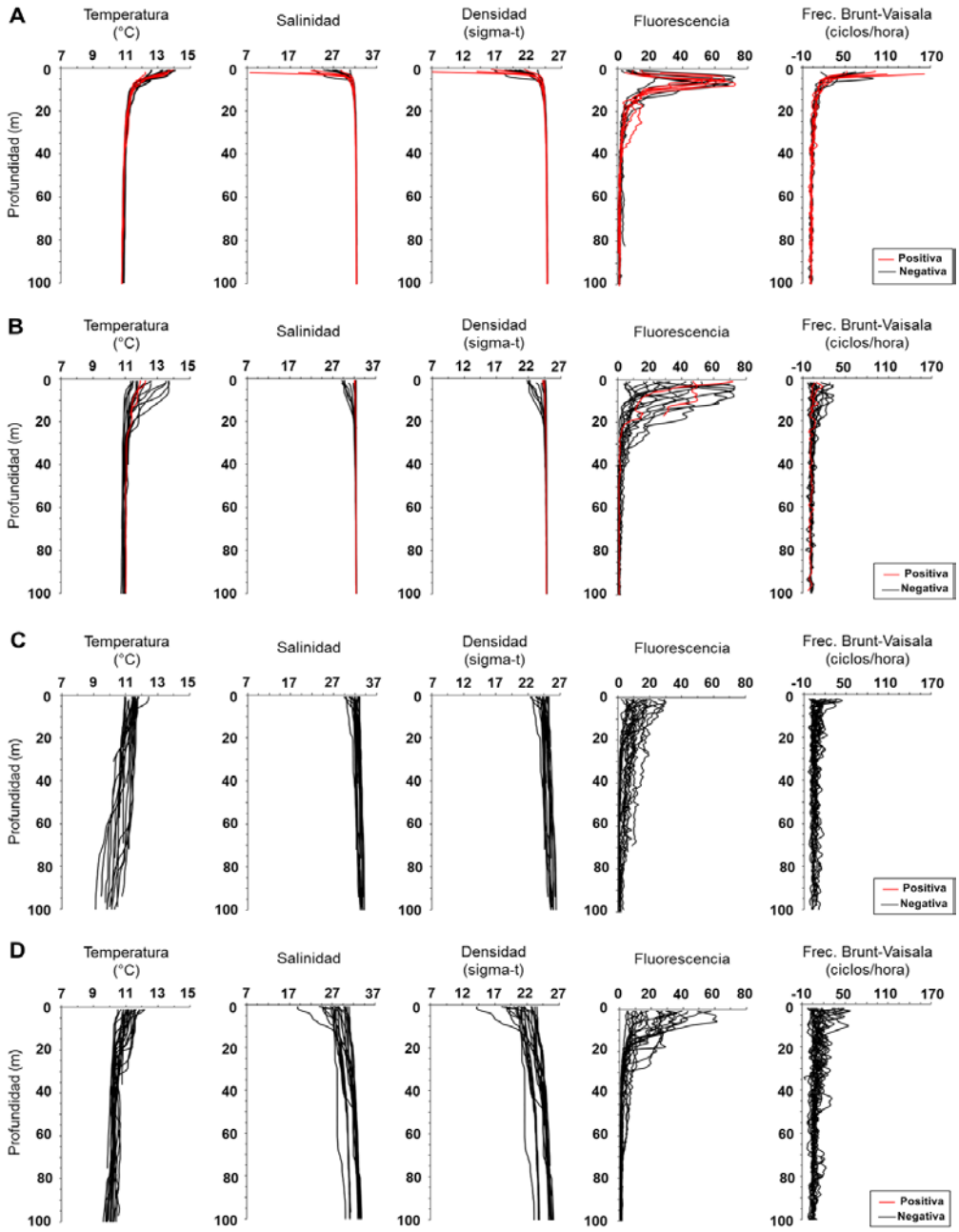

A
B
C
D
Temperatura (°C)
Salinidad
Densidad (sigma-t)
Fluorescencia
Frec. Brunt-Vaisala (ciclos/hora)
Profundidad (m)
Positiva
Negativa

Figura 4.

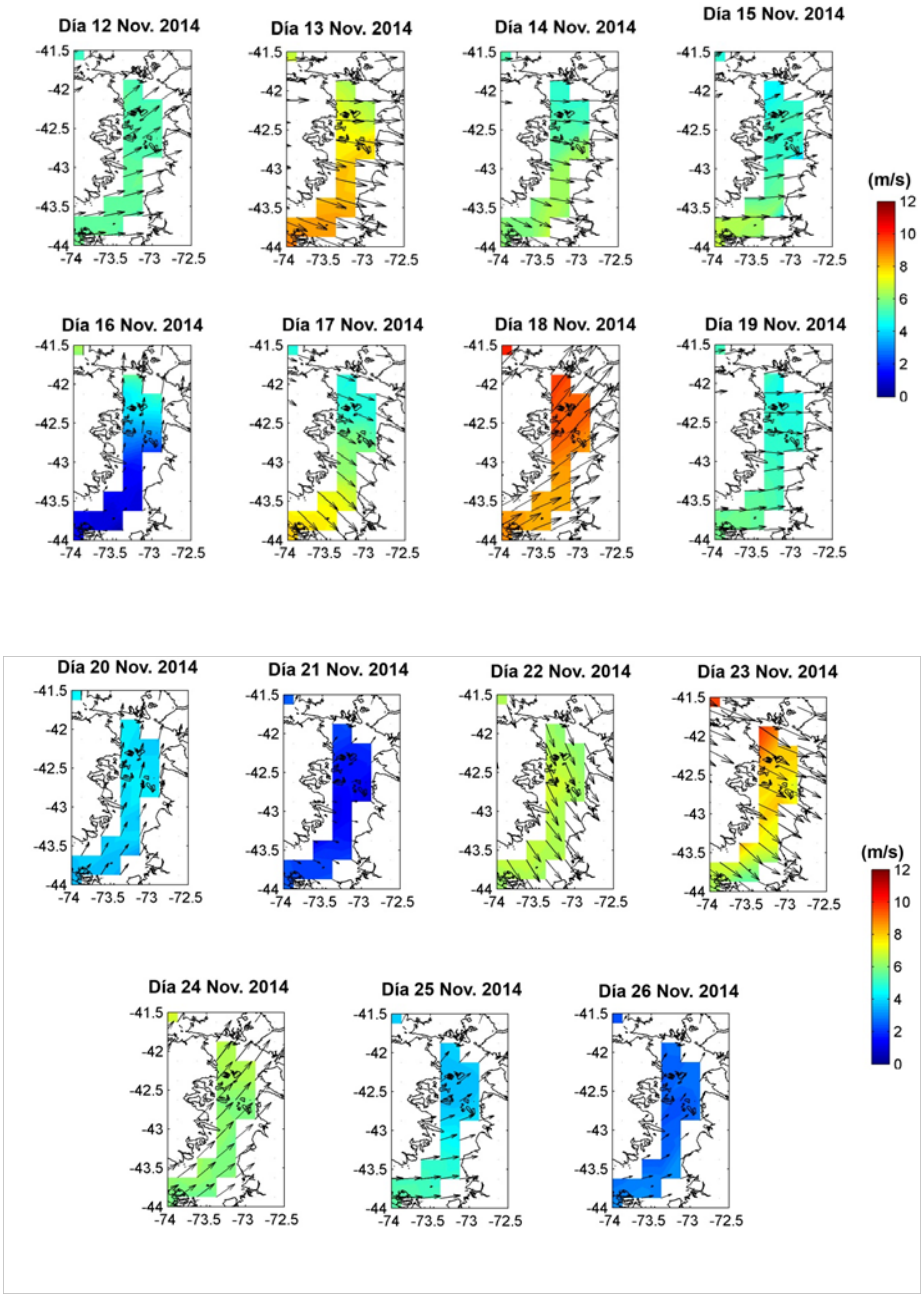

Día 12 Nov. 2014
Día 13 Nov. 2014
Día 14 Nov. 2014
Día 15 Nov. 2014
Día 16 Nov. 2014
Día 17 Nov. 2014
Día 18 Nov. 2014
Día 19 Nov. 2014
Día 20 Nov. 2014
Día 21 Nov. 2014
Día 22 Nov. 2014
Día 23 Nov. 2014
Día 24 Nov. 2014
Día 25 Nov. 2014
Día 26 Nov. 2014
(m/s)
12
10
8
6
4
2
0
-41.5
-42
-42.5
-43
-43.5
-44
-74
-73.5
-73
-72.5

Figura 5.

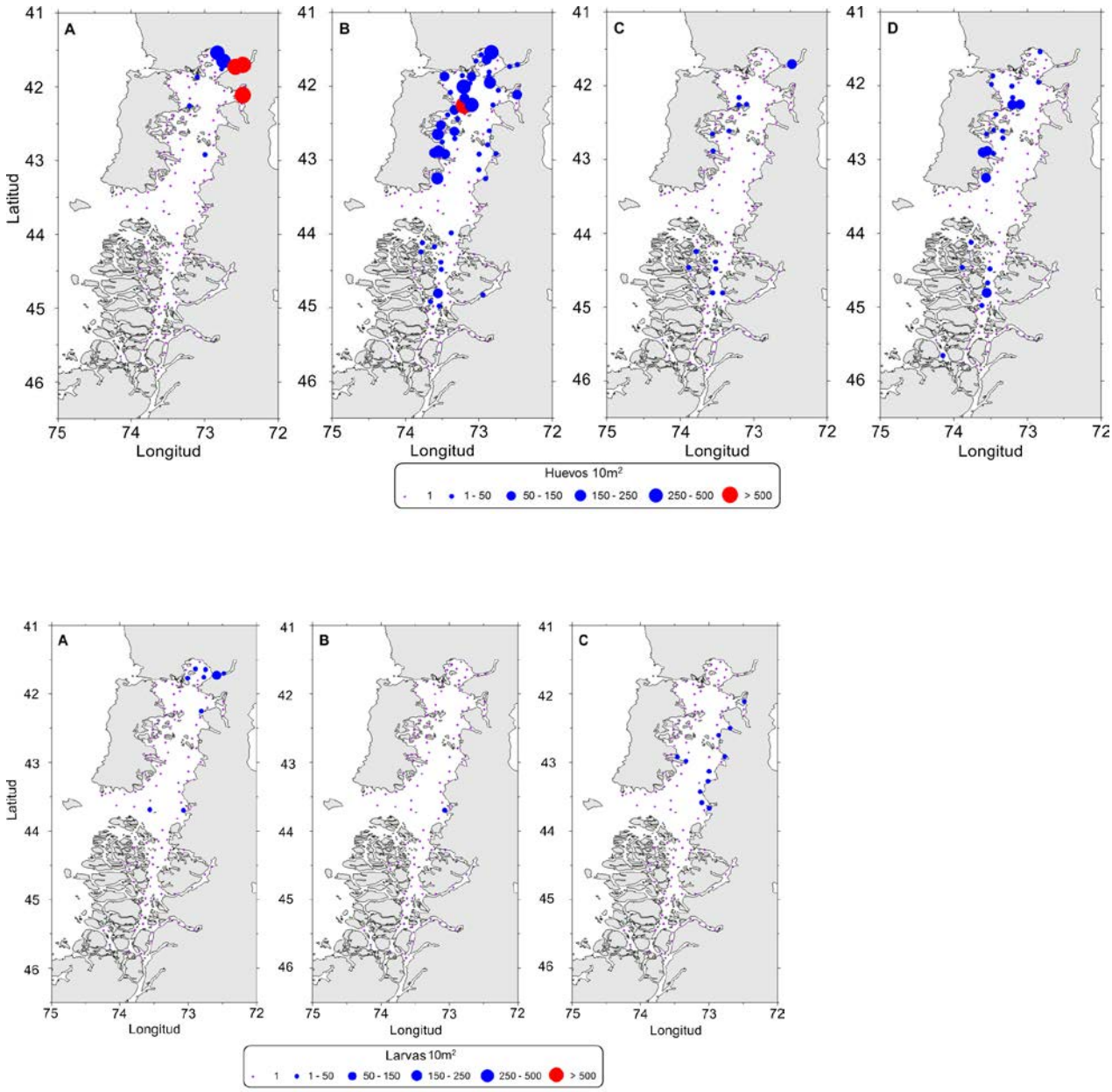

A
B
C
D
Latitud
Longitud
Huevos 10m²
1
1 - 50
50 - 150
150 - 250
250 - 500
> 500
Larvas 10m²

Figura 6.

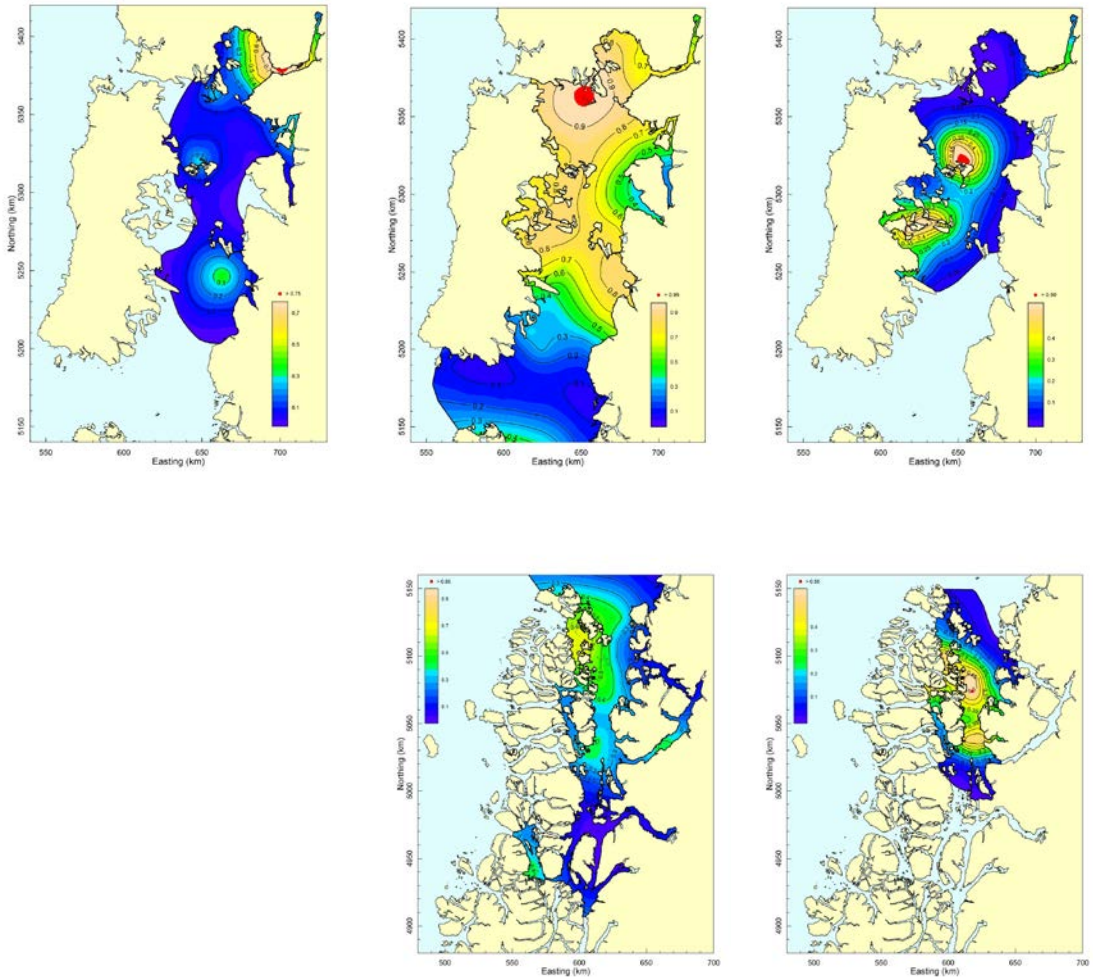


Figura 7.

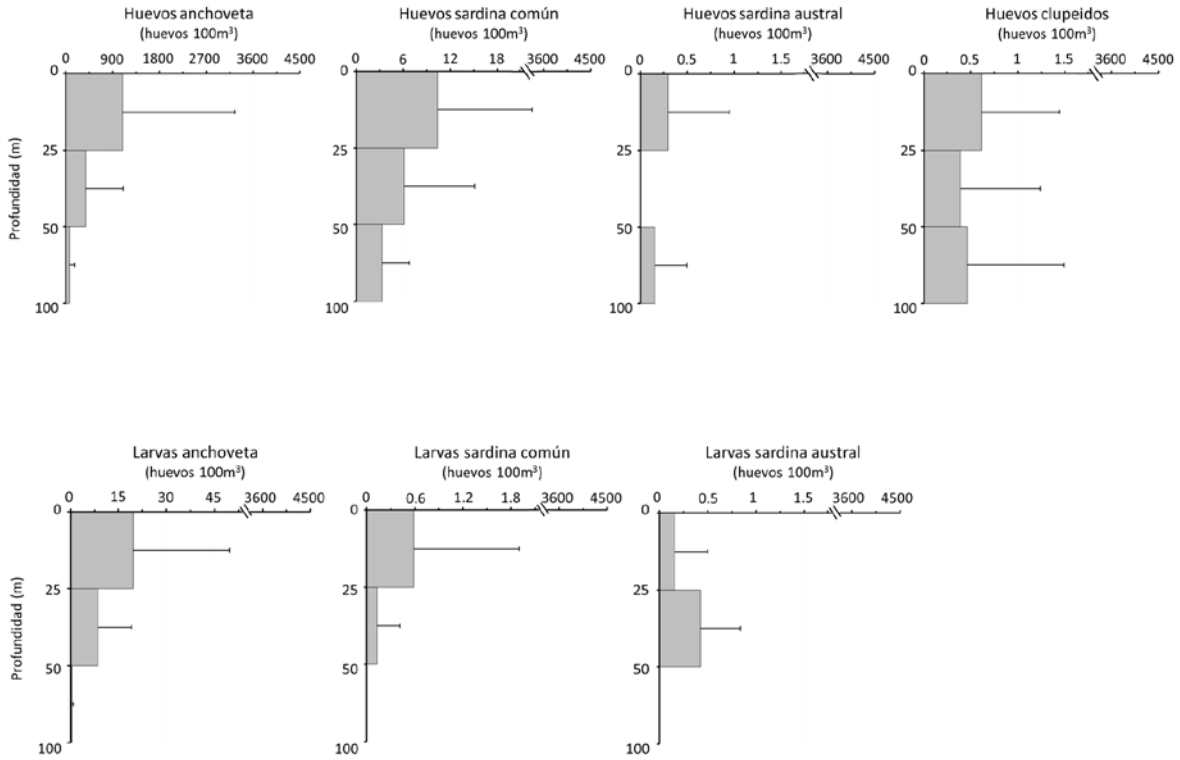

Huevos anchoveta
(huevos 100m³)
0 900 1800 2700 3600 4500
Huevos sardina común
(huevos 100m³)
0 6 12 18 3600 4500
Huevos sardina austral
(huevos 100m³)
0 0.5 1 1.5 3600 4500
Huevos clupeidos
(huevos 100m³)
0 0.5 1 1.5 3600 4500
Profundidad (m)
0 25 50 100
Larvas anchoveta
(huevos 100m³)
0 15 30 45 3600 4500
Larvas sardina común
(huevos 100m³)
0 0.6 1.2 1.8 3600 4500
Larvas sardina austral
(huevos 100m³)
0 0.5 1 1.5 3600 4500
Profundidad (m)
0 25 50 100

Figura 8.

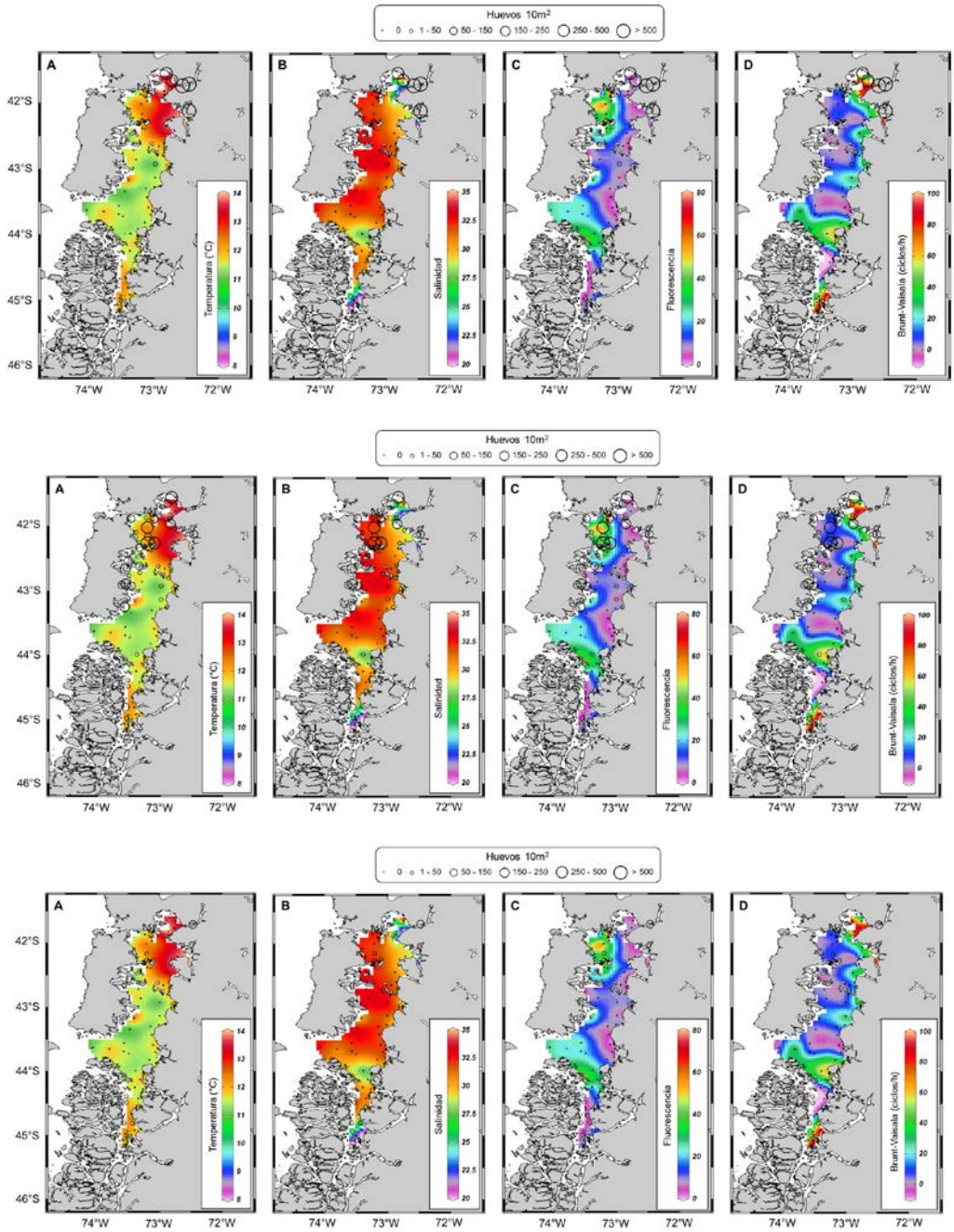

Huevos 10m²
0
1 - 50
50 - 150
150 - 250
250 - 500
> 500
A
B
C
D
42°S
43°S
44°S
45°S
46°S
74°W
73°W
72°W
Temperatura (°C)
Salinidad
Fluorescencia
Brunt-Vaisala (ciclos/h)

Figura 9.

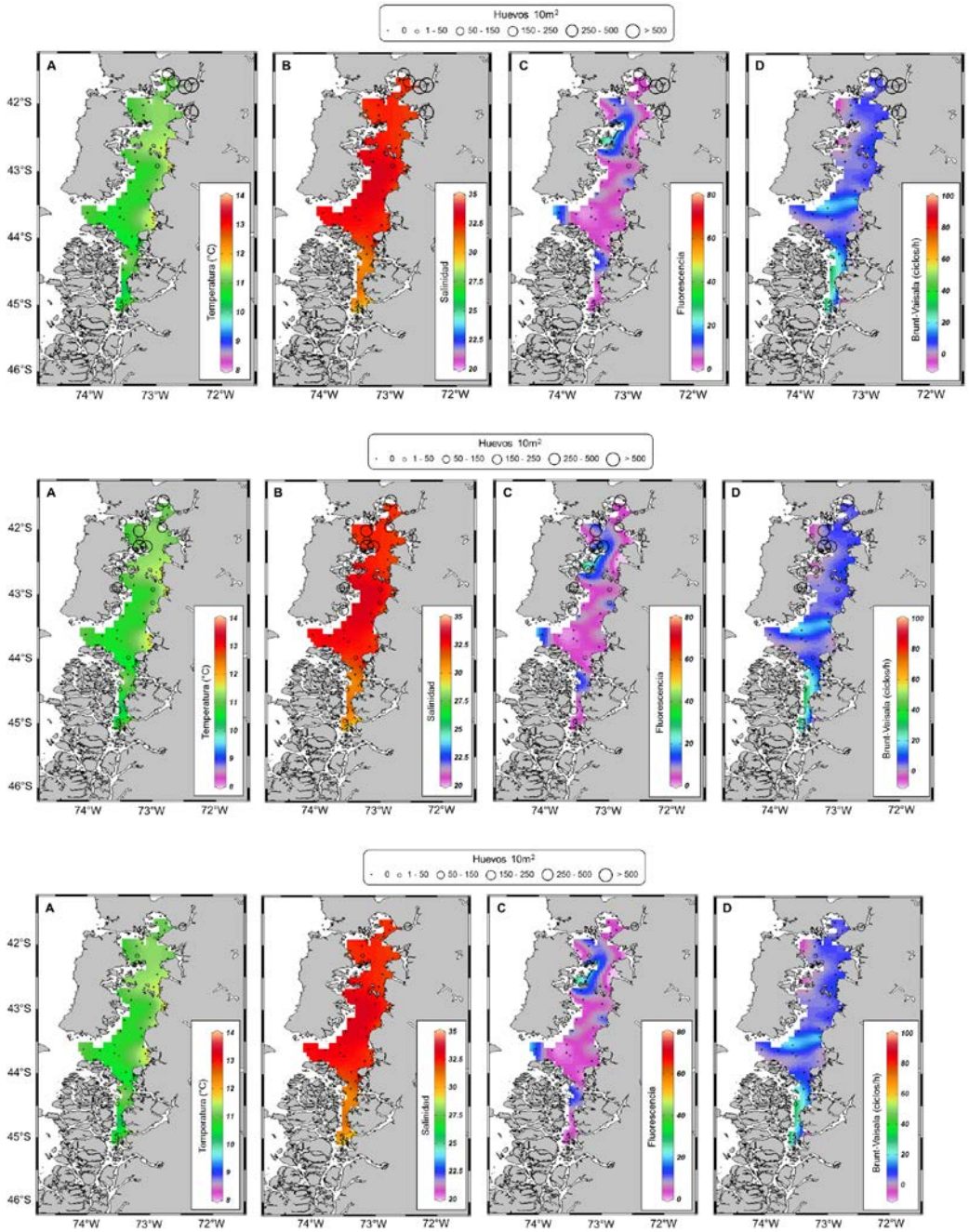

Huevos 10m²
0
1 - 50
50 - 150
150 - 250
250 - 500
> 500
A
B
C
D
42°S
43°S
44°S
45°S
46°S
74°W
73°W
72°W
Temperatura (°C)
Salinidad
Fluorescencia
Brunt-Vaisala (ciclos/h)

Figura 10.

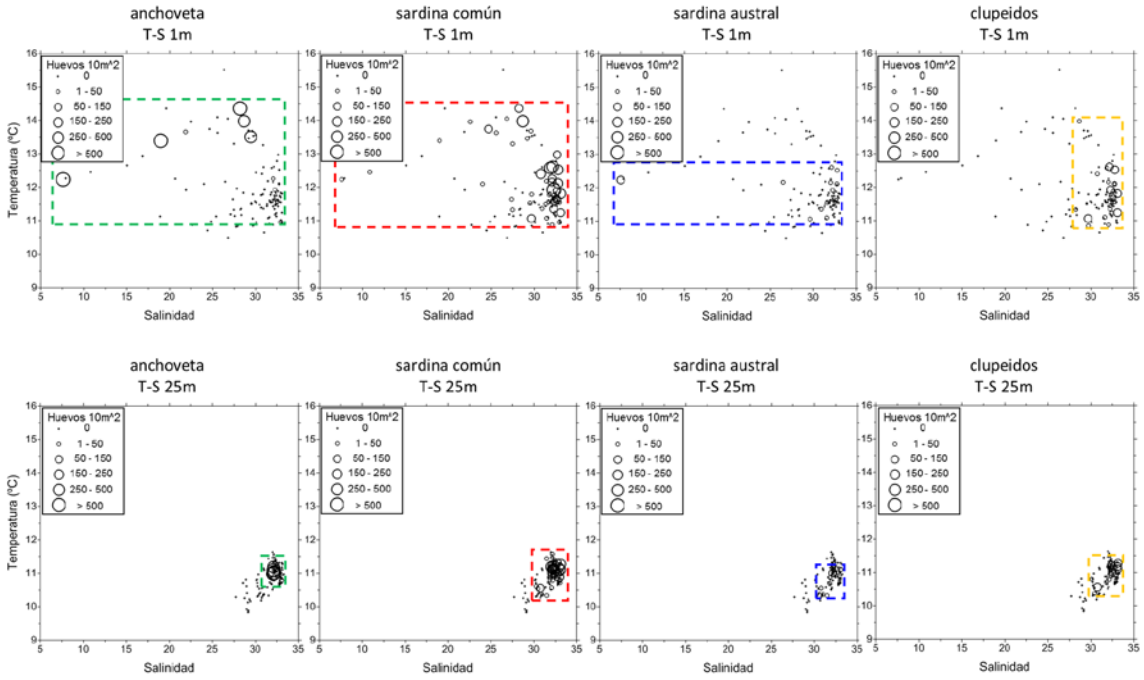

anchoveta
T-S 1m
sardina común
T-S 1m
sardina austral
T-S 1m
clupeidos
T-S 1m
anchoveta
T-S 25m
sardina común
T-S 25m
sardina austral
T-S 25m
clupeidos
T-S 25m
Huevos 10m^2
0
1 - 50
50 - 150
150 - 250
250 - 500
> 500
Temperatura (°C)
Salinidad

Figura 11.

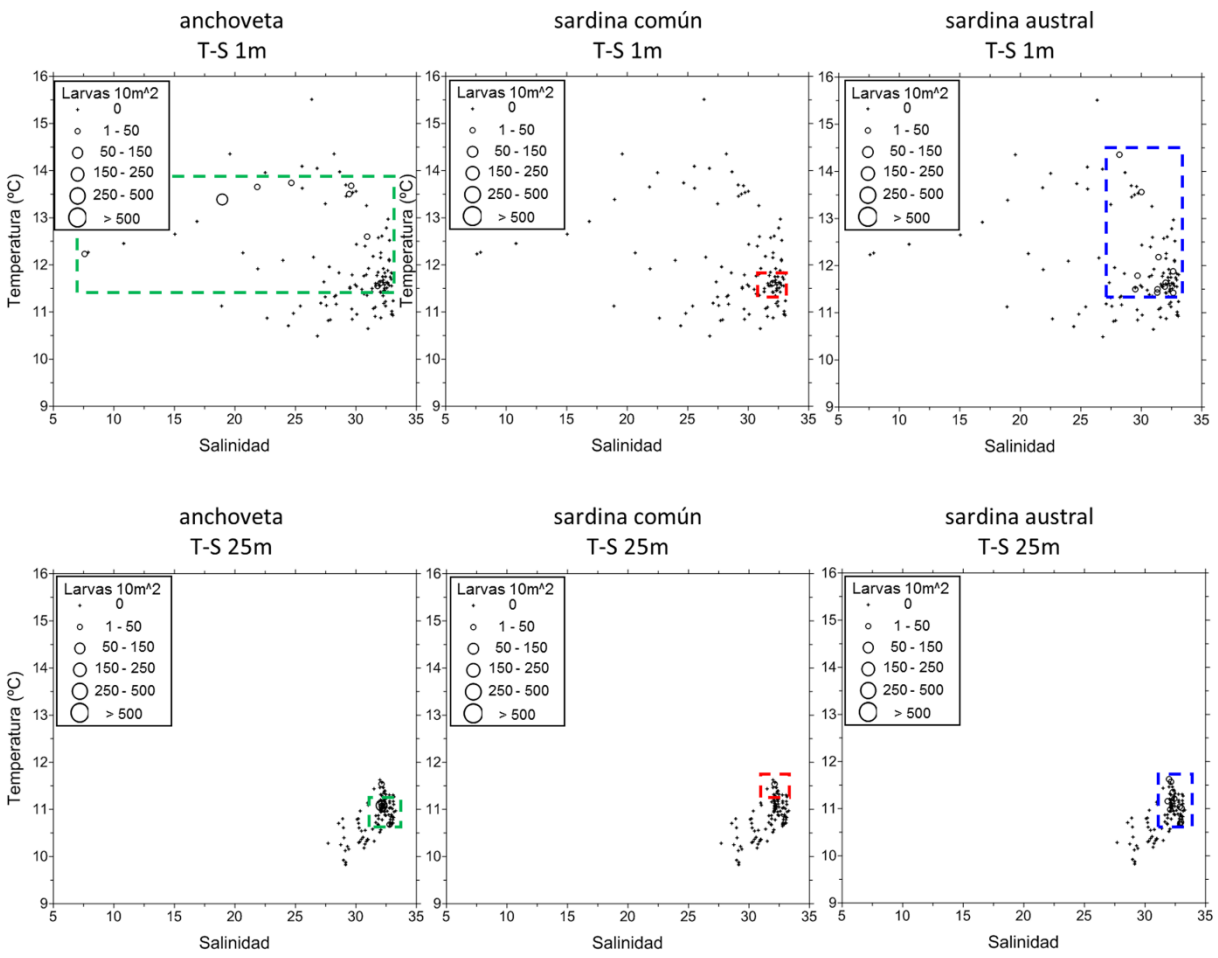

anchoveta
T-S 1m
sardina común
T-S 1m
sardina austral
T-S 1m
anchoveta
T-S 25m
sardina común
T-S 25m
sardina austral
T-S 25m
Larvas 10m^2
0
1 - 50
50 - 150
150 - 250
250 - 500
> 500
Temperatura (ºC)
Salinidad

Figura 12.

Tabla 1. Listado de taxas de peces colectados en estado huevo y larva, su abundancia promedio y desviación estándar en estaciones positivas, durante noviembre 2014.

Abundancia Huevos en 100 m^2		**Promedio**	**Desviación Estándar**
Epipelágico	*Engraulis ringens*	670.8	945.5
	Normanichthys crockeri	2.7	3.1
	Scomberesox saurus	0.2	0.1
	Sprattus fuegensis	0.3	0.1
	Strangomera bentincki	5.8	6.6
Oceánico	*Lampanyctodes hectoris*	0.4	0.0
	Macrouridae indeterminado	0.3	0.1
	Maurolicus parvipinnis	84.5	89.2
Demersal	*Hippoglossina* sp.	0.2	0.0
	Macruronus magellanicus	1.1	0.4
	Merluccius australis	13.8	11.5
	Merluccius gayi	1.2	1.4
Abundancia Larvas en 100 m^2			
Epipelágico	*Engraulis ringens*	7.2	10.0
	Normanichthys crockeri	11.8	13.3
	Nototheniidae indeterminado	0.4	0.0
	Sprattus fuegensis	0.2	0.1
	Strangomera bentincki	0.4	0.4
	Stromateus stellatus	0.3	0.1
Oceánico	*Bathilagichthys parini*	0.2	0.1
	Maurolicus parvipinnis	11.6	16.5
Demersal	*Hippoglossina* sp.	0.4	0.2
	Leptonotus blainvillianus	2.5	3.5
	Merluccius gayi	1.9	2.1
	Merluccius australis	0.2	0.0
	Paralicthys sp.	0.1	0.0
Costeros	*Congiopodus peruvianus*	0.3	0.0
	Hypsoblennius sordidus	0.2	0.0
	Prolatilus jugularis	0.9	1.1
	Sebastes oculatus	5.6	6.0

Tabla 2. Resultados de los modelos aditivos generalizados (GAMs) para la densidad de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos en función a la profundidad del ecosonda (E), temperatura (T), salinidad (S), fluorescencia (F) y Brunt-Vaisala (BV) en superficie y 25 m de profundidad (**n**: número de datos, **R^2**: Coeficiente de determinación, **VE**: Varianza explicada en porcentaje, **GVC**: Validación cruzada general).

		profundidad de 1 m			
Especie	Modelo	n	R^2	VE	GVC
anchoveta	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	122	0,89	80,4	9,27
sardina común	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	122	0,87	77,4	5,66
sardina austral	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	122	0,79	61,0	4,20
clupeidos	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	122	0,81	76,8	11,16
		profundidad de 25 m			
anchoveta	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	112	0,91	95,8	22,28
sardina común	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	112	0,76	76,9	39,79
sardina austral	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	112	0,76	67,0	3,95
clupeidos	s(E)+s(T)+s(S)+s(F)+s(BV)	112	0,96	91,4	4,56

Tabla 3. Resultados de los modelos GAM por especie y profundidad (E: profundidad del ecosonda, T: temperatura, S: salinidad, F: fluorescencia, BV: Brunt-Vaisala).

Especie	Parámetros	Estimado	Valor F	Error standard	Valor t	p-valor
			Profundidad de 1m			
anchoveta	Intercepto	-0,18	-	0,90	-0,199	0,0843
	s(E)	1,96	10,56	-	-	6,27e-5
	s(T)	3,00	8,82	-	-	2,55e-5
	s(S)	1,66	3,49	-	-	0,0375
	s(F)	1,39	2,89	-	-	0,0599
	s(BV)	1,61	-5,22	-	-	0,0090
sardina común	Intercepto	1,75	-	0,43	4,07	9,62e-5
	s(E)	3,84	8,87	-	-	9,05e-7
	s(T)	8,39	5,36	-	-	4,24e-6
	s(S)	1,48	9,48	-	-	0,00033
	s(F)	2,00	10,64	-	-	2,47e-5
	s(BV)	8,71	2,94	-	-	0,00364
sardina austral	Intercepto	-9,14	-	15,70	-0,58	0,0562
	s(E)	1,34	0,46	-	-	0,498
	s(T)	4,05	5,59	-	-	0,0003
	s(S)	1,55	6,69	-	-	0,012
	s(F)	3,80	4,04	-	-	0,004
	s(BV)	2,04	6,48	-	-	0,001
clupeidos	Intercepto	-12,93	-	10,39	-1,22	0,0216
	s(E)	6,789	2,944	-	-	0,0076
	s(T)	7,851	8,217	-	-	8,48e-9
	s(S)	2,824	0,502	-	-	0,0697
	s(F)	6,112	3,949	-	-	0,0007
	s(BV)	1,36	1,091	-	-	0,0299
			Profundidad de 25m			
anchoveta	Intercepto	-28,72	-	76,78	-3,74	0,0003
	s(E)	1,23	5,15	-	-	0,0254
	s(T)	1,98	15,22	-	-	1,27e-6
	s(S)	2,97	25,41	-	-	3,99e-13
	s(F)	2,85	44,21	-	-	< 2e-16
	s(BV)	2,95	24,15	-	-	1,56e-12
sardina común	Intercepto	0,17	-	4,63	0,04	0,009
	s(E)	7,97	1,92	-	-	0,060
	s(T)	3,37	3,08	-	-	0,0192
	s(S)	6,66	3,55	-	-	0,0021
	s(F)	7,86	3,23	-	-	0,0022
	s(BV)	5,18	2,30	-	-	0,0418
sardina austral	Intercepto	-16,55	-	6,14	-2,69	0,0083
	s(E)	3,89	8,63	-	-	4,97e-6
	s(T)	3,85	2,94	-	-	0,0246
	s(S)	3,72	1,49	-	-	0,0211
	s(F)	3,82	7,66	-	-	2,13e-5
	s(BV)	1,45	7,17	-	-	0,0087
clupeidos	Intercepto	-49,97	-	13,12	-3,81	0,0002
	s(E)	5,96	5,61	-	-	5,87e-5
	s(T)	7,00	8,65	-	-	3,01e-8
	s(S)	6,96	6,57	-	-	2,77e-6
	s(F)	7,00	4,76	-	-	0,00015
	s(BV)	4,04	3,90	-	-	0,0046

Tabla 4. Rango óptimo de las variables predictoras a 1m y 25 m de profundidad asociados a la densidad de huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos.

Especie	Profundidad (m)	Temperatura (ºC)	Salinidad	Fluorescencia	Frecuencia Brunt-Vaisala (ciclos/h)
profundidad de 1m					
anchoveta	50 – 100 320 - 350	10,9 –11,1 13 – 13,6	29,43 – 31,05	16,25 – 25,36	31,95 – 51,68
sardina común	15 - 121	11,1 – 11,2 11,8 – 14,4	29,17 – 33,08	17,06 – 30,40	27,92 – 49,84
sardina austral	15 - 152	10,5 – 12,9	28,6 – 30,01	7,74 – 16,37 30,40 – 41,43	27,92 – 41,80
clupeidos	15 - 205	10,9 – 13,0	26,35 – 33,08	6,15 – 18,29 37,48 – 52,31	0,34 – 22,33
profundidad de 25m					
anchoveta	167 – 200	10,6 – 11,3	30,67 – 31,02	4,41 – 9,65	-1,22 – 12,66
sardina común	88 – 180 270 – 366	10,9 – 11,3	30,26 – 31,51 31,82 – 33,28	5,98 – 8,71	-1,22 – 8,31
sardina austral	30 – 134	10,2 – 11,2	30,09 – 30,58	2,65 – 8,06	5,07 – 6,82
clupeidos	30 – 185	10,3 – 11,3	30,32 – 33,28	2,65 – 3,03 5,86 – 8,74	0,00 – 10,74