



INFORME FINAL
Evaluación hidroacústica
Reclutamiento anchoveta y sardina
común entre la V y X Regiones, año 2011

FIP 2010-04 / Mayo 2012



INFORME FINAL
Evaluación hidroacústica
Reclutamiento anchoveta y sardina
común entre la V y X Regiones, año 2011

FIP 2010-04 / Mayo 2012

REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA
Presidente del Consejo
Pablo Galilea Carrillo

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera
Mauricio Braun Alegria

Director Ejecutivo
Jorge Antonio Toro Da'Ponte

JEFE DE PROYECTO

Jorge Castillo Pizarro



AUTORES

Evaluación hidroacústica

Jorge Castillo Pizarro
Alvaro Saavedra Godoy
Francisco Leiva Dietz

**Condiciones hidrográficas,
distribución y abundancia
de feopigmentos**

Hernán Reyes Rivas
E. Milena Pizarro Revello

**Relación entre el ambiente
Y la distribución**

Jorge Castillo Pizarro
Víctor Catasti Barraza
Carolina Lang Abarzúa

Biología pesquera

Esteban Molina Guerrero

Edad y Crecimiento

Francisco Cerna Troncoso
Amalia López Ahumada

Oferta ambiental de alimento

Sergio Núñez E.
Lesly Valenzuela G.
Sebastián Vásquez P.



PREÁMBULO

- 1.- El CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, representada por su Titular, don Pablo Galilea Carrillo, y el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, Rut N° 61.310.000-8, representada legalmente por su Director Ejecutivo don Jorge Antonio Toro Da'Ponte suscribieron, con fecha 10 de diciembre de 2010, el convenio para la ejecución del proyecto FIP N° 2010-04 denominado "EVALUACION HIDROACUSTICA DEL RECLUTAMIENTO DE ANCHOVETA Y SARDINA COMUN ENTRE LA V y X REGIONES, AÑO 2011". Y EL CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, mediante Decreto Supremo N° 277, del 21 de diciembre de 2010 aprobó el convenio indicado.
- 2.- En conformidad con lo establecido en el N° 5 de la cláusula quinta del citado convenio el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO se obligó a entregar al CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, los siguientes informes: Informe de Avance 1, Informe de Avance 2, Pre-Informe Final e Informe Final.
- 3.- Además, en conformidad con la cláusula décimo primera el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO se obligó a entregar al CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, los siguientes informes y bases de datos: a) Un informe de avance, 25 días después de finalizado el crucero de evaluación. b) Un pre-informe final, a entregar al término del 8° mes de iniciado el proyecto. c) Un informe final al término del 11° mes proyecto habida consideración de las observaciones al pre-informe final.
- 4.- Mediante Carta IFOP/DIP/N°013/2012/DIR N°037, el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO hizo entrega del Informe Final en los términos establecidos en el convenio, específicamente en la letra b) de la cláusula décimo primera.
- 5.- El CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, a través de la Carta FIP N°117, del 03 de mayo de 2012, realizó observaciones al Informe Final, según la facultad contenida en la cláusula quinta del convenio.
- 6.- En presente documento contiene el Informe Final corregido con el propósito de que sea evaluado por la SUBSECRETARÍA DE PESCA en el plazo a que se refiere la cláusula quinta del convenio. Las correcciones realizadas se encuentran incorporadas en las páginas que se resumen en la siguiente tabla:

Pág.	Modificación
	Aspectos Formales
2	Se corrige nomenclatura 106 por 10 ⁶
3	Se corriere redacción tercer párrafo.
5	Se corrige redacción segundo párrafo.



75	Se corrige primer párrafo
76	Se corrige cuadro de estados de madurez.
134-135	Se corrige nomenclatura de \pm
186	Se corrige redacción primer párrafo, antepenúltima línea..
Aspectos de contenido	
82	Se redacta nuevamente segundo y cuarto párrafo.
102	Se actualizan fórmulas de CG y se incorpora la fórmula de Inercia.
138	Se corrige tabla 7 en el Anexo Tablas (que se cita en la pág. 138)
195-196	Se agrega párrafo sobre desplazamiento del CG en años posteriores al 2006
182-184	Se agrega bondad de ajuste en tablas 109 y 111 (anexo Tablas). Además se incluyen los modelos propuestos por el evaluador. Se agrega figura de variograma empírico en la figura 87 (anexo Figuras). Se justifica la elección de los modelos.
AnexoTaller	Se agrega comentario sobre la pregunta de Cristian Canales.

- 7.- En presente documento contiene el Informe Final corregido con el propósito de que sea evaluado por el CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA en el plazo a que se refiere el inciso primero de la cláusula décimo tercera proceda a efectuar la calificación pertinente.



I. RESUMEN EJECUTIVO

Se entregan los resultados de las estimaciones acústicas de la biomasa (en peso y número) de anchoveta y sardina común por talla y edad y su distribución espacial en la zona centro-sur, en relación a las condiciones hidrográficas y la oferta ambiental de alimento durante el periodo de reclutamiento de verano del 2011 y en el otoño siguiente.

Los datos se recolectaron en dos cruceros de investigación realizados a bordo del B/C "Abate Molina" entre el 3 de enero y 3 de febrero y entre el 27 de abril y 22 de mayo del 2011. En el verano, la zona de estudio se localizó entre los paralelos 33°50'S (sur de punta Toro) y desembocadura del canal Chacao (42°40'S) y en otoño se ubicó entre los paralelos 33°50'S y 40°00'S. Longitudinalmente, los límites de la zona de estudio variaron entre la mayor aproximación a la costa posible (app 0,8 mn) y el veril de los 500 m. Las transectas acústicas diurnas estuvieron separadas por 10 mn. En ambos casos, se estudió el sesgo de orilla en la evaluación acústica entre los paralelos 38°30'S (punta Manuel) y 39°55'S (sur morro Gonzalo) (parte de la IX y XIV Regiones), utilizando naves cerqueras artesanales con matrícula de Niebla. Este estudio se llevó a cabo entre el 21 y el 23 de enero, con las L/M "Claudio I" y L/M "Eben Ezer" y entre el 1 y 4 de mayo del 2011 con las L/M "Samaritano" y L/M "Doña Carmela".

La abundancia total de ambas especies alcanzó 1.101.133,23 10⁶ ejemplares en el verano y 245.552,36 10⁶ en el otoño, en los dos periodos, la sardina común fue la especie más abundante con el 99,8% en verano y 92,6% en otoño, estando en ambos casos dentro de los valores más altos de las series estacionales correspondientes, por aumentos en la sardina común, que ratifica el incremento de su dominio en el ecosistema pelágico de la zona centro sur de Chile y la paulatina reducción de la anchoveta, tendencia que se hizo notable desde el verano del 2006.



La abundancia de sardina común varió entre $1.088.053,3 \cdot 10^6$ ($\pm 17,7\%$) (conglomerados) y $1.216.426,92 \cdot 10^6$ ejemplares ($\pm 8,8\%$) (geoestadístico) en verano y entre $218.279 \cdot 10^6$ ($\pm 34,9\%$) (conglomerados) y $227.640 \cdot 10^6$ ejemplares ($\pm 51,0\%$) (Geoestadístico) en otoño. La biomasa varió entre $3.216.857 \text{ t}$ ($\pm 15,3\%$) (conglomerados) y $3.594.644 \text{ t}$ ($\pm 7,7\%$) (geoestadístico) en verano y entre $1.357.884 \text{ t}$ ($\pm 32,3\%$) (Conglomerados) y $1.416.034 \text{ t}$, ($\pm 47,2\%$) (geoestadístico) en otoño. Los reclutas ($< 11,5 \text{ cm}$) alcanzaron a $99,7\%$ (número) y $98,7\%$ (peso) en verano y $97,4\%$ (número) y $94,3\%$ (peso) en otoño. En verano el $69,5\%$ de la biomasa se concentró al norte de la isla Mocha (Regiones V a VIII), mientras que en otoño, cómo ha sido típico para esta época, estuvo fuertemente concentrada hacia el sur, con $84,3\%$ al sur de isla Mocha. En verano se evaluó 10.404 t , en la X Región que representa $0,9\%$ del total y que se circunscribió a las cercanías de Maullín. En la franja costera entre punta Manuel y punta Galera en verano se evaluó el $9,7\%$ de la biomasa estimada total, equivalente al 14% de lo evaluado entre la IX y XIV Regiones, mientras que en otoño fue el $16,2\%$ correspondiente al $13,7\%$ del total.

La abundancia de anchoveta en verano varió entre $1.954,1 \cdot 10^6$ ($\pm 41,1\%$) (geoestadístico) y $2.749,83 \cdot 10^6$ ejemplares ($\pm 49,9\%$) (conglomerados) y entre $17.788,3 \cdot 10^6$ ($\pm 26,5\%$) (conglomerados) y $18.144,4 \cdot 10^6$ de ejemplares ($\pm 19,8\%$) (bootstrap) en otoño. Los reclutas ($< 12 \text{ cm}$) en número, correspondieron al $73,1\%$ en verano y $38,3\%$ en otoño. En el verano y al igual que la sardina y coincidiendo con otros años en la misma época, el $86,7\%$ de la abundancia total y el $87,7\%$ de los reclutas se concentraron hacia el norte de isla Mocha (Regiones V-VIII). En el otoño se mantiene la estratificación espacial de los juveniles hacia el norte de isla Mocha con el $92,2\%$ del total y el $96,6\%$ de los reclutas, situación que tiende a parecerse a lo observado en años anteriores. La biomasa de anchoveta en verano varió entre 18.216 t ($\pm 38,1\%$) (Geoestadístico) y 25.864 t ($\pm 45,9\%$) (Conglomerados) y entre 244.977 t ($\pm 27,9\%$) (Conglomerados) y 248.664 t ($\pm 20,8\%$) (bootstrap) en otoño. Se destaca la escasa presencia de anchoveta en la franja costera entre puntas Manuel y Galera, correspondiente al sesgo de orilla en los dos cruceros del 2011, hecho que se viene verificando desde el 2010.



En los dos periodos de 2011 la sardina presentó una estructura de tallas unimodal centrada en 6,5 cm en verano y 9 cm en otoño. La anchoveta en los dos periodos tuvo una estructura multimodal, centrada en 8,5 y 16,5 cm en verano y 11,5-14,5 cm en otoño. Se verifica un crecimiento somático de las dos especies entre los dos periodos considerados.

En verano del 2011 la estructura de edad de anchoveta se concentró en GE I (77,7%), con aportes menores de GE II (18,8%) y GE III (3,3%). La abundancia del GE I decreció aproximadamente en un tercio respecto al 2010. En otoño, el GE I de esta especie aumentó su importancia relativa (85,2 %); mientras que los GE II (13,6 %) y GE III (0,40 %) redujeron sus aportes en relación al verano anterior. En este periodo la abundancia fue similar al mismo periodo del 2010, registrándose un aumento respecto a enero del 2011. La sardina común, en ambos periodos se concentró en el GE 0 con 98,9% en verano y 98,73% en otoño. El importante aporte del GE 0 de sardina común en los dos cruceros, sugieren un buen reclutamiento para el 2011 con una extensión temporal hacia el otoño.

En el verano del 2011 la sardina común se detectó dentro de las 36 mn entre San Antonio a punta Galera y en las cercanías de Maullín distinguiéndose dos focos principales: al norte de golfo de Arauco, donde se registraron las mayores densidades en las cercanías de punta Topocalma (34°08'S) y en las primeras 5 mn entre isla Mocha y punta Galera (39°59'S). En el otoño la distribución se restringió a las primeras 10 mn de la costa desplazándose las mayores densidades hacia el sur de isla Mocha; otros focos menores estuvieron entre punta Arenas (35°16'S) y punta Coi coi (36°23'S) y entre San Antonio (33°35'S) y Topocalma (34°08'S).

La anchoveta en el verano del 2011 se encontró escasamente distribuída en las primeras 28 mn de la costa, con pequeños focos costeros. En el otoño esta especie aumentó su presencia y densidad hacia el norte de Talcahuano y un foco principal en las primeras 10



mn de la costa entre Constitución (35°20'S) y punta Nugurne (35°58'S) que concentró el 77% de la energía acústica.

La composición taxonómica del fitoplancton reportó un total de 55 taxa, correspondiendo 41 a Bacylarophyceae (diatomeas), 11 a Dinophyceae (dinoflagelados) y una especie de Chlorophyceae y Cyanobacteria. Las diatomeas dominaron en el fitoplancton con 4 taxa sobre el 1% de la abundancia relativa. Se mantiene el dominio numérico histórico para la misma área y período de estudio de las especies del género *Chaetoceros* (60,4%); *Skeletonema* (16,5%), *Thalassiosira* (14,6%) y *Nitzschia* (4,6%). El género *Chaetoceros* mostró las mayores densidades, especialmente asociadas a la terraza del Itata y el golfo de Arauco (entre los 36° y los 37°10'S). En tanto, *Skeletonema* evidenció una distribución antagónica a *Chaetoceros*, con densidades más altas al norte de la zona de estudio (34° a 35°50'S) y al sur de la isla Mocha (38°20' a 39° 0'S) y muy bajas en la terraza del Itata y golfo de Arauco. *Thalassiosira* mostró ausencia de estaciones positivas al norte de los 35°S y una distribución costera y casi continua de densidades bajas hacia el sur.

Respecto del zooplancton, se reveló la presencia de 38 taxa o formas distintas, con 19 grupos del holoplancton y 19 del meroplancton. Hubieron sólo 5 grupos con una abundancia relativa superior al 1%, dominando los copépodos con 86,2%, seguido por sifonóforos (2,7%), huevos de invertebrados (1,6%), larvas de poliquetos (1,2%) y anfípodos (1,1%). La distribución espacial de las taxa considerados como ítemes alimentarios de ambas especies objetivo (copépodos, zoeas, huevos de invertebrados, nauplius y larvas ciprés), revelaron para los copépodos una presencia continua en toda el área, concentrándose ($> 1000 \text{ ind m}^{-3}$) en la terraza del Itata (36°40'S) y entre Lebu e isla Mocha (37°40'S-38°20'S). También se observaron grad ientes meridionales negativos de densidad planctónica al norte (sifonóforos y larvas de poliquetos) y positivos hacia el sur (larvas caliptopis de eufáusidos). Los huevos de invertebrados, zoeas y larvas cipris, se concentraron en el sector central del área de estudio, especialmente en el golfo de Arauco y Constitución. En el verano 2011, hubo un incremento significativo del grupo de los



copépodos respecto a Enero 2010, manteniéndose en el rango de densidad promedio reportado para el período 2005-2009. Todos los otros grupos contrastados (zoeas, nauplius, huevos de invertebrados y cipris) mostraron densidades promedio bajas y similares los últimos 4-5 años.

En el periodo del crucero de verano en la zona de estudio se registró una reducción en la intensidad de la surgencia respecto a iguales estaciones anteriores, debido a vientos de menor intensidad y a condiciones menos favorables. Dado lo anterior, la capa superficial registró un menor aporte de agua Ecuatorial Subsuperficial, aguas más oxigenadas de menor salinidad y mayor TSM, menor concentración de clorofila superficial y una baja variabilidad en la dinámica geostrofica superficial, permitiendo la entrada de agua más oceánica en el borde norte de la zona. El análisis histórico de las condiciones hidrográficas de la zona en el periodo 2002 – 2011 muestra que los años 2004 y 2008 fueron más cálidos y 2007, 2009 y 2010 los más fríos. En este mismo periodo, la clorofila presenta sus máximos en primavera-verano y mínimos en invierno. Sin embargo en la primavera-verano 2010-2011 se altera esta estacionalidad registrándose las concentraciones de clorofila más bajas de la serie.

En el verano del 2011, la sardina común presentó altas y significativas asociaciones con las variables ambientales, siendo la temperatura (índice $V(Cramer)$ 0,36); salinidad (0,35) y cloa (0,38) las más significativas. La anchoveta presentó asociaciones débiles y poco significativas (índices $V(Cramer)$ < 0,20). El análisis ambiente-recurso presenta para sardina común una relación funcional entre el Índice de Surgencia y el área ocupada.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA



EXECUTIVE SUMMARY

Acoustic biomass estimations (weight and number) of anchoveta and common sardine per size and age class for the central-southern zone to summer and autumn 2011 are presented. Also the spatial distribution, in relation to hydrographic conditions and environmental food supply during the recruitment period is analyzed.

Data were collected during two research cruises carried out onboard the B/C "Abate Molina" between the 3th of January and 3th of February and the 25th of April and 22th of May of 2011. In the summer, the study area was located between latitudes 33° 50'S (southern pta. Toro) and Chacao channel (42° 40'S) and autumn was located between latitudes 33° 50'S and 40° 00'S. Longitudinally, the limits of the study area ranged from the closest possible to the coast (app 0.8 nmi) and the contour of 500 m. The daytime acoustic transects were separated by 10 nmi. In both cases, we studied the shoreline bias on the acoustic evaluation between latitudes 38° 30'S (pta. Manuel) and 39° 55'S (south of Gonzalo hill) (part of Regions IX and XIV), using artisan purse seine vessels out of the port of Niebla. This study was conducted between 21th and 23th January, with the L/M "Claudio I" and L/M "Ebenezer II" and between 1th and 4th May, 2011 with the L/M "Samaritano" and L/M "Doña Carmela".

The total abundance of both species reached 1.101.133,23 10^6 individuals in summer and 245.552,36 10^6 in autumn. During both periods, the common sardine was the most abundant species with 99.8 % in summer and 92.6% in autumn, both being within the highest values of the seasonal series by increases in common sardine, ratifying the increasing dominance of this species in the pelagic ecosystem of the south-central Chile and the gradual reduction of the anchovy, a trend which became notable since summer 2006.



The common sardine abundance varied between 1 088 053.3 106 (+17.7%) (cluster) and 1 216 426.92 106 (+8,8%) individuals (geostatistic) in summer and between 218.279 106 (+ 34,9%) (cluster) and 227.640 106 individuals (+ 51,0%) (geostatistic) in Autumn. The biomass estimated varied between 3 216 857 t (+15.3%) (cluster) and 3 594 644 t (+7,7%) (geostatistic) in summer and between 1 357 884 t (+32,3%) (Cluster) and 1 416 034 t (+47,2%) (geostatistic) in autumn. Recruits (<11.5 cm) reached to 99.7% (number) and 98.7% (weight) in summer and 97.4% (number) and 94.3% (weight) in autumn. In summer, 69.5% of the biomass is concentrated north of the Mocha Island (Regions V to VIII), while in autumn, as has been typical for this time, and was heavily concentrated toward the south, with 84.3% southern of Mocha Island. In summer, 10 404 t was evaluated in the X Region represents 0.9% of the total and was confined to the vicinity of Maullín. The 9.7% of the biomass estimated in summer was into the coastal fringe between Punta Manuel and Punta Galera, equivalent to 14% of the total assessed between Regions IX and XIV. In autumn the 16.2% of the biomass evaluated was into that area, equivalent 13.7% of the total.

The abundance of anchoveta varied between 1.954,1 10⁶ (\pm 41,1%) (geostatistic) and 2.749,83 10⁶ individuals (\pm 49,9%) (Cluster) in summer, and between 17.788,3 10⁶ (\pm 26,5%) (cluster) and 18.144,4 10⁶ individuals (\pm 19,8%) (bootstrap) in autumn. The 73.1% of the abundance in summer and 38.3% in autumn corresponded to recruits (<12 cm). In the summer and like sardines and coinciding with other years at the same time, 86.7% of the total abundance and 87.7% of the recruits were concentrated north of Mocha Island (Regions V-VIII). In the autumn remains the spatial stratification of juveniles to the north of Mocha Island with 92.2% of the total abundance and 96.6% of the recruits, a situation that tends to resemble that observed in previous years. The biomass of anchoveta in summer ranged from 18 216 t (\pm 38.1%) (geostatistical) and 25 864 t (\pm 45,9%) (Cluster) and between 244,977 t



($\pm 27.9\%$) (Cluster) and 248 664 t ($\pm 20.8\%$) (Bootstrap) in autumn. It highlights the scarcity of anchoveta in the two surveys in 2011 into the coastal fringe between Punta Manuel and Punta Galera, corresponding to shoreline bias a fact that has been verified since 2010.

In both periods of 2011 sardine presented a homogenous size structure centered at 6.5 cm in summer and 9 cm in autumn. The anchoveta had a multimodal structure in the two periods, centered at 8.5 and 16.5 cm in summer and from 11.5 to 14.5 cm in autumn. A somatic growth of the two species between the two periods considered is verified.

In the summer of 2011 the age structure of anchoveta was concentrated on AG I (77.7%) with minor contributions from AG II (18.8%) and AG III (3.3%). The abundance of AG I decreased by approximately one third compared to 2010. In autumn, the AG I increased their relative importance (85.2%), while the AG II (13.6%) and AG III (0.40%) reduced their contributions in relation to the previous summer. In this period the abundance was similar to the same period of 2010, registering an increase over January 2011. In both periods the sardine was focused on AG 0 with 98.9% in summer and 98.73% in autumn. The important contribution of AG 0 in the two cruises, suggest a good recruitment in 2011 for this species and a temporary extension of the recruitment process towards autumn.

In the summer of 2011, the sardine was distributed within 36 nm from San Antonio to Punta Galera and in the neighborhood of Maullín distinguished two main foci: the northern Gulf of Arauco, where the highest densities were located near Topocalma ($34^{\circ} 08'S$) in the first 5 n.mi from Mocha Island and Punta Galera ($39^{\circ} 59'S$). In autumn the distribution was restricted to the first 10 n.mi offshore moving higher densities to the south of Mocha Island, other minors



focus were between Punta Arenas (35° 16'S) and Punta Coicoi (36° 23'S) and between San Antonio (33° 35'S) and Topocalma (34 ° 08'S).

Anchoveta during summer of 2011 was found sparsely distributed in the first 28 n.mi offshore, with small coastal focus. In autumn this species increased its presence and density to the north of Talcahuano and a main focus in the first 10 n.mi the coast between Constitución (35° 20'S) and Punta Nugurne (35° 58'S) that concentrated 77% of the acoustic energy.

In the summer of 2011, 55 phytoplankton taxa were reported, divided into 41 Bacylarophyceae (diatoms), 11 Dinophyceae (dinoflagellates), as well as Chlorophyceae and Cyanobacteria. Diatoms dominated the phytoplankton with 4 taxa with more of 1% of the relative abundances. Numerical historical dominance is maintained of the genus *Chaetoceros* (60.4%) for the same area of study and period, *Skeletonema* (16.5%), *Thalassiosira* (14.6%) and *Nitzschia* (4.6%). The genus *Chaetoceros* showed the highest densities especially associated with Terraza of Itata and the Gulf of Arauco (between 36° and 37° 10'S). Meanwhile, *Skeletonema* showed a distribution antagonistic to *Chaetoceros*, with higher densities to north of the study area (34° to 35 ° 50'S) and south of the Mocha Island (3 8° 20 ' to 39° 40'S) and very low on the Terraza of Itata and the Gulf of Arauco. *Thalassiosira* presented a coastal distribution at low densities to south of 35 ° S and was not registered to the north.

The zooplankton was composed of 38 taxa, with 19 groups of holoplankton and 19 of meroplankton. There were only 5 groups with a relative abundance above 1%, copepods dominate with 86.2%, followed by sifonoforos (2.7%), eggs of invertebrates (1.6%), larvae of polyquetos (1.2%) and amphipods (1.1%). The spatial distribution of the taxa considered as food items for both target species (copepods, zoeae, eggs of invertebrate, nauplius and Cypress larvae), copepods showed a continuous presence



throughout the total area, concentrating ($> 1000 \text{ ind m}^{-3}$) on the Terraza of Itata river ($36^{\circ} 40'S$) and between Lebu to Mocha Island ($37^{\circ} 4' 0'S$ - $38^{\circ} 20'S$). Negative density plankton (siphonophores and larvae of polychaetes) gradients to north and positive to the south (larvae caliptopis of euphausiids) were observed. Eggs of invertebrate, zoeas, and larvae cyprid were concentrated in the central sector of the area, studied, especially in the Gulf of Arauco and Constitución. In the summer 2011 there was a significant increase of the copepods group regards to January 2010, remaining at an average density range reported for the period 2005-2009. All other groups (zoeae, nauplius, eggs of invertebrates and cyprid) showed low average densities similar to the last 4-5 years.

In the summer the intensity of upwelling in the zone of study was reduced compared to the same previous seasons, due less intensity of the winds. Due the above, the surface layer showed a lower presence of Equatorial Subsurface water; waters oxygenated of lower salinity and higher SST; lower surface chlorophyll and low variability of surface Geostrophic flow dynamics, allowing the entry of oceanic water in northern of the area. The historical hydrographic conditions analysis of the area in the period 2002 - 2011 shows that the years 2004 and 2008 were warmer and 2007, 2009 and 2010 were coldest. In this same period, chlorophyll has its maximum in spring-summer period and minimum in winter. However the spring-summer seasonality chlorophyll concentrations in 2010-2011 are altered, recorded lowest in the series.

In summer the sardine showed high and significant associations with environmental variables, the temperature (index $V(Cramer)$ 0.36), salinity (0.35) and cloa (0.38) were the most significant. The anchoveta showed weak associations. Environment-analysis for common sardine presents a functional relationship between the upwelling index and the area occupied.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA



II. 3NDICE GENERAL

	P3gina
I. RESUMEN EJECUTIVO / EXECUTIVE SUMMARY -----	1
II. 3NDICE GENERAL -----	13
III. 3NDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS -----	20
IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO -----	45
1. Objetivo general -----	45
2. Objetivos espec3ficos -----	45
V. ANTECEDENTES -----	46
VI. METODOLOG3A POR OBJETIVO -----	52
1. <i>Objetivo espec3fico 2.1: Estimar la abundancia (en n3mero) y la biomasa (en peso) de la fracci3n recluta de anchoveta y sardina com3n que se incorporan en el per3odo de m3ximo reclutamiento a la pesquer3a y en el oto3o inmediato. -----</i>	<i>52</i>
1.1 Zona y periodo de estudio -----	52
1.2 Plan de muestreo ac3stico -----	52
1.3 Calibraci3n del sistema ac3stico -----	54
1.3.1 Calibraci3n electroac3stica -----	54
1.3.2 Medici3n del TS in situ de anchoveta y sardina com3n -----	55
1.4 Identificaci3n de especies -----	57
1.4.1 M3todo ac3stico (Guzm3n et. al., 1983) -----	58
1.4.2 Pescas de identificaci3n -----	58
1.5 Procesamiento de la informaci3n ac3stica -----	59
1.6 Correcciones de la informaci3n ac3stica -----	61
1.6.1 Correcci3n por el sesgo de orilla -----	61
1.6.2 Zona muerta de superficie. -----	63
1.7 Estimaci3n de la abundancia y la biomasa -----	64
1.7.1 Estratificaci3n de la estructura de tallas -----	64
1.7.2 Estimaci3n de la abundancia (en n3mero) y la biomasa (en peso) -----	64
1.7.3 Estimaci3n de la varianza de la abundancia y biomasa -----	68
1.7.4 Estimaci3n del coeficiente de error (%) y Coeficiente variaci3n (CV) -----	72



2.	<i>Objetivo específico B2. Estimar la composición de talla, peso, edad, proporción sexual del stock recluta de anchoveta y sardina común en la zona de estudio</i> -----	73
2.1	<i>Determinación de la estructura de tallas y pesos de la anchoveta y sardina común en la zona de estudio</i> -----	73
2.1.1	<i>Muestreo de las capturas de lances de mediagua</i> -----	73
2.1.2	<i>Estructura de tallas</i> -----	75
2.1.3	<i>Estimador de la composición en talla</i> -----	75
2.1.4	<i>Pesos medios a la talla</i> -----	76
2.1.5	<i>Expansión al área total</i> -----	77
2.1.6	<i>Relación longitud/peso</i> -----	78
2.2	<i>Descripción de los estadios de madurez de anchoveta y sardina común</i> ----	80
2.3	<i>Índice gonadosomático</i> -----	83
2.4	<i>Proporción sexual</i> -----	83
2.5	<i>Determinación de la estructura de edad de anchoveta y sardina común</i> -----	83
2.5.1	<i>Lecturas de otolitos</i> -----	84
2.5.2	<i>Elaboración de la clave edad-talla</i> -----	84
2.5.3	<i>Composición en número por grupo de edad</i> -----	85
3.	<i>Objetivo específico 2.3. Determinar las áreas de reclutamiento principales de ambas especies y analizar su distribución y abundancia latitudinal y batimétrica, caracterizando y relacionando además, las condiciones oceanográficas y meteorológicas predominantes en los principales focos de abundancia durante el crucero de evaluación.</i> -----	86
3.1	<i>Distribución espacial de los recursos</i> -----	86
3.2	<i>Caracterización de las condiciones hidrográficas y meteorológicas en la zona de estudio durante el verano del 2011.</i> -----	90
3.2.1	<i>Recolecta de muestras y registro de datos</i> -----	90
3.2.2	<i>Procesamiento de la información oceanográfica</i> -----	92
3.2.3	<i>Información satelital del periodo del crucero</i> -----	97
3.2.4	<i>Condiciones oceanográficas en el periodo 2002-2011</i> -----	98
3.2.5	<i>Caracterización de la condición ambiental regional</i> -----	99
3.3	<i>Oferta ambiental de alimento en el verano 2011</i> -----	99
3.3.1	<i>Área de estudio y diseño de muestreo</i> -----	99
3.3.2	<i>Colecta de muestras y análisis de la información</i> -----	100



3.3.2.1	<i>Fitoplancton</i>	100
3.3.2.2	<i>Zooplancton</i>	102
3.4	<i>Relaciones entre la distribución de los recursos y las variables ambientales físicas y oferta de alimento</i>	103
3.4.1	<i>Análisis cartográfico entre la distribución de las variables oceanográficas y las especies</i>	103
3.4.1.1	<i>Relaciones entre la distribución espacial de las especies y las variables oceanográficas.</i>	106
3.4.1.2	<i>Estimación de los centros de gravedad (CG)</i>	108
3.4.2	<i>Modelamiento estadístico entre la densidad acústica de anchoveta, sardina común y las condiciones ambientales</i>	109
4.	<i>Objetivo específico 2.4. Caracterizar y analizar las agregaciones de los recursos anchoveta y sardina común en el área de estudio.</i>	111
4.1	<i>Descriptores de una agregación.</i>	112
4.1.1	<i>Descriptores de posición.</i>	113
4.1.2	<i>Descriptores de energía</i>	113
4.1.3	<i>Descriptores morfológicos.</i>	114
4.1.4	<i>Descriptores batimétricos.</i>	116
4.2	<i>Análisis de los datos.</i>	117
VII.	RESULTADOS POR OBJETIVOS	119
1.	<i>Objetivo específico 2.3. Determinar las áreas de reclutamiento principales de ambas especies y analizar su distribución y abundancia latitudinal y batimétrica, caracterizando y relacionando además, las condiciones oceanográficas y meteorológicas predominantes en los principales focos de abundancia durante el crucero de evaluación</i>	119
1.1	<i>Condiciones hidrográficas y meteorológicas de la zona de estudio durante el verano del 2011</i>	119
1.2	<i>Condiciones hidrográficas in situ en superficie y en la vertical</i>	120
1.2.1	<i>Condiciones hidrográficas horizontales en superficie</i>	120
1.2.2	<i>Condiciones hidrográficas horizontales a 25 m</i>	123
1.2.3	<i>Condiciones hidrográficas verticales</i>	124
1.2.4	<i>Masas de agua</i>	128
1.2.5	<i>Clorofila-a y feopigmentos</i>	125



1.2.6	Condiciones oceanogr3ficas satelitales durante el crucero-----	133
1.2.6.1	Temperatura superficial del mar -----	133
1.2.6.2	Anomalía de temperatura satelital del crucero. -----	133
1.2.6.3	Anomalía del nivel del mar y circulaci3n geostrofica -----	134
1.2.6.4	Clorofila satelital -----	135
1.2.7	Condiciones oceanogr3ficas per3odo 2002-2011 -----	135
1.2.7.1	Condici3n Regional en el per3odo 2002-2011-----	135
1.2.7.2	Serie de anomalía de temperatura superficial satelital. -----	136
1.2.7.3	Serie de Clorofila satelital -----	137
1.3	Determinaci3n de la oferta ambiental de alimento entre la V y X Regiones durante el verano 2011 -----	137
1.3.1	Fitoplancton -----	131
1.3.2	Zooplancton-----	141
2.	Objetivo 2.2. Estimar la composici3n de talla, peso, edad y proporci3n sexual del stock recluta de anchoveta y sardina com3n en el 3rea de estudio. -----	146
2.1	Selectividad red de arrastre a media agua Engel, utilizada por el B/C "Abate Molina"-----	146
2.2	Resultado de los lances de pesca.-----	152
2.3	Estructura de tamaños de las capturas realizadas en conjunto por el B/C Abate Molina y la flota cerquera artesanal participante, para los cruceros de Evaluaci3n realizados durante enero y mayo de 2011.-----	156
2.3.1	Sardina com3n -----	156
2.3.2	Anchoveta -----	157
2.4	Análisis estadístico de la estratificaci3n de tallas en las subzonas, mediante la Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG). -----	160
2.4.1	Sardina com3n -----	160
2.4.2	Anchoveta-----	161
2.5	Proporci3n sexual. -----	163
2.5.1	Sardina com3n -----	163
2.5.2	Anchoveta-----	164
2.6	Estados de madurez sexual e índice gonadosomático de sardina com3n y anchoveta en los cruceros de enero y mayo de 2011.-----	165
2.6.1	Sardina com3n -----	165



2.6.2	Anchoveta	167
2.7	Relaciones longitud – peso.	172
2.7.1	Sardina común	172
2.7.2	Anchoveta	172
3.	Objetivo específico 2.1. Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de la fracción recluta de anchoveta y sardina común que se incorporan en el período de máximo reclutamiento a la pesquería.	173
3.1	Calibración hidroacústica	173
3.2	Calibración de la intensidad de blanco TS in situ de anchoveta y sardina común	173
3.3	Determinación del factor de corrección por sesgo de orilla en la evaluación acústica en los cruceros de verano (RECLAS 1101) y primavera (RECLAS1105) del 2011	176
3.3.1	Determinación analítica del sesgo de orilla	176
3.3.2	Determinación del sesgo de orilla mediante prospección acústica entre punta Manuel (38°30'S) y punta Galera (40°0'0'S)	177
3.3.2.1	Distancia de Costa de la prospección acústica en la zona de sesgo de orilla	178
3.3.2.2	Comparación de la información acústica obtenida por el B/C Abate Molina y las L/M Claudio I (RECLAS1101) y L/M Samaritano (RECLAS 1105) en la zona común.	179
3.4	Estimaciones de Biomasa y Abundancia de anchoveta y sardina común	181
3.5	Precisión de los estimados de biomasa	186
3.5.1	Sardina Común	186
3.5.2	Anchoveta	187
3.6	Determinación de las estructuras de edad de anchoveta y sardina común	188
3.6.1	Estructuras de edades de la abundancia de sardina común y anchoveta	188
3.6.1.1	Clave edad-talla en enero 2011	188
3.6.1.2	Estructura de edad de la Captura en enero del 2011.	189
3.6.1.3	Clave edad-talla en Otoño 2011	191
3.6.1.4	Estructura de edad de la Captura en otoño del 2011	191



4.	<i>Determinar las 1reas de reclutamiento principales de ambas especies y analizar su distribuci3n y abundancia latitudinal y batim3trica, caracterizando y relacionando, adem1s, las condiciones oceanogr1ficas, meteorol3gicas, la oferta ambiental de alimentos predominantes en los principales focos de abundancia durante el crucero de evaluaci3n</i>	193
4.1	<i>Distribuci3n espacial de los recursos</i>	193
4.1.1	<i>Total de especies</i>	193
4.1.2	<i>Distribuci3n espacial de Sardina com1n</i>	195
4.1.3	<i>Distribuci3n espacial de Anchoveta</i>	198
4.1.4	<i>Indice de Ocupaci3n (IOC)</i>	199
4.2.	<i>Distribuci3n espacial de la anchoveta y sardina y su relaci3n con las variables bio-oceanogr1ficas, mediante Sistemas de Informaci3n Geogr1fico.</i>	201
4.2.1	<i>Sardina com1n</i>	202
4.2.2	<i>Anchoveta</i>	205
4.2.3	<i>Distribuci3n espacial de anchoveta y sardina com1n en los cruceros de primavera verano (per1odo 1999 – 2011) y la distribuci3n de sus centros de gravedad</i>	208
4.2.3.1	<i>Sardina com1n</i>	209
4.2.3.2	<i>Anchoveta</i>	211
4.3	<i>Modelamiento estad1stico de la densidad ac1stica de anchoveta y sardina com1n y las condiciones bio-oceanogr1ficas</i>	213
4.3.1	<i>Descripci3n latitudinal de la distribuci3n de las variables predictoras.</i>	213
4.3.2	<i>An1lisis Inferencial.</i>	216
5.	<i>Objetivo especifico 2.4 Caracterizar y analizar las agregaciones de los recurso anchoveta y sardina com1n en el 1rea de estudio</i>	221
5.1	<i>Resultados agregaciones diurnas y nocturnas</i>	222
5.1.1	<i>Descriptores morfol3gicos</i>	222
5.1.2	<i>Descriptores batim3tricos</i>	225
5.1.3	<i>Descriptores de energ1a</i>	225
5.1.4	<i>Distancia a la costa</i>	227
5.2	<i>Valores promedio descriptores por zona</i>	228
5.3	<i>Resultados an1lisis componentes principales</i>	229
5.3.1	<i>Agregaciones diurnas de anchoveta y sardina com1n</i>	229
5.3.2	<i>Agregaciones nocturnas de anchoveta y sardina com1n</i>	232



VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS	235
1. <i>Análisis de las condiciones oceanográficas y oferta ambiental de alimento</i>	235
1.1 <i>Análisis regional e histórico de las condiciones oceanográficas</i>	235
1.2 <i>Análisis de las condiciones oceanográficas medidas in situ durante el crucero de verano del 2011</i>	238
2. <i>Análisis de indicadores biológico- pesqueros de sardina y anchoveta</i>	241
3. <i>Análisis histórico de las estimaciones de biomasa y abundancias por especie</i>	244
3.1 <i>Sardina común</i>	244
3.2 <i>Anchoveta</i>	246
3.3 <i>Biomasa y Abundancia global de Sardina común y Anchoveta</i>	248
3.4 <i>Selectividad en las tallas y en la composición de especies capturadas en las pescas de investigación y sus efectos en las estimaciones de biomasa</i>	250
4. <i>Relaciones entre la distribución de anchoveta y sardina común y las variables bio-oceanográficas</i>	252
4.1 <i>Análisis mediante SIG</i>	252
4.2 <i>Modelamiento mediante GAM</i>	254
5. <i>Análisis interanual de los descriptores de las agregaciones de anchoveta y sardina común.</i>	256
IX. CONCLUSIONES	258
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	267
XI. TALLERES: DE PRESENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y DISCUSIÓN METODOLÓGICA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS	278



III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS

FIGURAS

- Figura 1.** a) Localización de las transectas acústicas diurnas y las prospecciones costeras, b) Localización de las transectas acústicas nocturnas y las estaciones bio-oceanográficas (129) y c) Localización de los lances de pesca (en azul) realizados por B/C Abate Molina (40) y en rojo los lances efectuados por la L/M Eben Ezerl (8).Crucero RECLAS 1101.
- Figura 2.** a) Localización de las transectas acústicas diurnas y prospecciones costeras efectuadas por el B/C Abate Molina (negro) y la prospección de la L/M Samaritano (rojo) , b) Localización de las transectas acústicas nocturnas y las estaciones bio-oceanográficas (101) y c) Localización de los lances de pesca (en azul) realizados por B/C Abate Molina (36) y en rojo los lances efectuados por la L/M Samaritano II (1) y L/M Carmela (5).Crucero RECLAS 1105.
- Figura 4.** Distribución superficial de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad del mar (sigma-t) y d) contenido de oxígeno disuelto (mL/L). Crucero enero 2011.
- Figura 5.** Cartas de distribución horizontal en el nivel de 25 m de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad del mar (sigma-t) y d) contenido de oxígeno disuelto (mL/L). Crucero enero 2011.
- Figura 6.** Cartas de a) profundidad de la isolínea de oxígeno correspondiente a la concentración de 1 mL/L (indicadora del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto, b) espesor de la termoclina (m) profundidad base de la termoclina (m), c) espesor de la capa de mezcla (m) y d). Crucero enero 2011.
- Figura 7.** Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.
- Figura 8.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.
- Figura 9.** Distribución vertical de densidad (sigma-t) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.
- Figura 10.** Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.
- Figura 11.** Diagramas T-S de las estaciones de transectas ubicadas en el sector a) norte hasta los 37°S, b) golfo de Arauco y c) desde los 37°10'S a los 40°S. Crucero enero 2011.



- Figura 12.** Distribución superficial de a) clorofila-a estimada ($\mu\text{g/L}$), b) feopigmento ($\mu\text{g/L}$), c) clorofila-a estimada integrada (mg/m^2) y d) feopigmentos integrados (mg/m^2). Crucero enero 2011.
- Figura 13.** Distribución vertical de clorofila-a estimada ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.
- Figura 14.** Distribución vertical de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.
- Figura 15.** Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales entre los días (a) 1 y 8, (b) 9 y 16, (c) 17 y 24 de enero y (d) 25 de enero a 1 de febrero de 2011.
- Figura 16.** Anomalía de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) de la imagen del satélite MODIS-A correspondiente al promedio del mes de enero de 2011.
- Figura 17.** Anomalía del nivel del mar (cm) y velocidad geostrófica (cm/s) provenientes de la combinación de los satélites ERS, Topex y Jason, correspondientes a los días 1, 11, 21 y 31 de enero del 2011.
- Figura 18.** Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales entre los días (a) 1 y 8, (b) 9 y 16, (c) 17 y 24 de enero y (d) 25 de enero a 1 de febrero de 2011. La línea negra marca la isolinea de $1 \mu\text{g/L}$.
- Figura 19.** a) Serie de tiempo del Índice Ecuatorial Multivariado (MEI) y b) serie de rangos de intensidad de los periodos cálidos y fríos asociados al valor MEI para el periodo Julio 2002 – abril 2010. Fuente: NOAA (<http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/>). Se incluyen los momentos de realización de los cruceros RECLAS desde el año 2002 (enero de cada año).
- Figura 20.** Series de tiempo para el período julio 2002- abril 2011 de a) Índice Multivariado Ecuatorial (MEI) que los cruceros RECLAS desde el año 2002; b) promedio de las anomalías de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) por fecha entre las latitudes 33° a 42°S en el sector costero y oceánico; Diagram a Hovmöller para el mismo período y área de la anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) superficial del mar (satelital) c) costera y d) oceánica.
- Figura 21.** Series de tiempo para el período julio 2002- abril 2011 de a) Índice Multivariado Ecuatorial (MEI) que incluye los cruceros RECLAS desde el año 2002; b) promedio de la concentración de clorofila satelital ($\mu\text{g/L}$) por fecha entre las latitudes 33° a 42°S en el sector costero; Diagram a Hovmöller para el mismo período y área de la concentración de clorofila-a satelital.



- Figura 22.** Distribución espacial de la densidad (10^3 cél ml^{-1}) de los géneros *Chaetoceros*, *Skeletonema* y *Thalassiosira* presentes en en cada submuestra analizada
- Figura 23.** Distribución espacial de la densidad (10^3 cél ml^{-1}) de los géneros *Nitzschia* y *Asterionella* presentes en cada submuestra analizada.
- Figura 24.** Variación meridional ($34^{\circ}41'40''\text{S}$) de la densidad promedio del fitoplancton dominante en el área de estudio. Géneros: *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Nitzschia* y *Asterionella*.
- Figura 25.** Comparación interanual de la densidad promedio de diatomeas presentes en el área de estudio para cada submuestra analizada. Géneros: *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Thalassiosira* y *Nitzschia*.
- Figura 26.** Distribución espacial de la densidad (ind m^{-3}) de copépodos, sifonóforos, huevos de invertebrados y larvas de poliquetos presentes en el área y período de estudio.
- Figura 27.** Distribución espacial de la densidad (ind m^{-3}) de anfípodos, zoeas, nauplius, caliptopis y cipris presentes en el área y período de estudio.
- Figura 28.** Variación meridional de la densidad promedio (ind m^{-3}) de copépodos, sifonóforos, huevos de invertebrados, larvas de poliquetos y anfípodos. Enero de 2011.
- Figura 29.** Comparación entre años de la densidad promedio de grupos zooplanctónicos considerados ítemes alimentarios principales de sardina común y anchoveta en el área de estudio (crucero Enero de 2002, ver Castillo *et al.*, 2003).
- Figura 30.** Estructura de tallas y ojivas de selectividad de sardina común obtenida en los lances de arrastre de media agua realizados por el B/C Abate Molina y los lances de cerco realizados por la L/M Ebenezer I entre la IX y X Regiones. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 31.** Estructura de tallas y ojivas de selectividad de anchoveta y sardina común obtenida en los lances de arrastre de media agua realizados por el B/C Abate Molina y los lances de cerco realizados por la L/M Doña Carmela entre la IX y X Regiones. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 32.** Estructura de tallas para sardina común, lances 2, 1, 3 y 5 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 33.** Estructura de talla para sardina común y anchoveta, zona total de estudio. Sardina común incluye información de lances de pesca realizados en la bahía de Maullín (X Región) por embarcaciones artesanales que operan exclusivamente en la zona. Crucero RECLAS 1101.



- Figura 34.** Distribución de tallas sardina común zona total. Lance 4 realizado por el B/C Abate Molina, lance 1 realizado por la L/M Samaritano II y lances 5 y 3 realizados por la L/M Doña Carmela. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 35.** Estructuras de talla para anchoveta por subzonas y para sardina común zona total de estudio. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 36.** Estructura de tallas para anchoveta, lances 7, 8 y 16 realizados por el BC Abate Molina y lance 1 realizado por la L/M Ebenezer I. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 37.** Distribución de tallas anchoveta subzona 1. Lances 6 y 7 realizados por el B/C Abate Molina y lances 1 y 4 realizados por la L/M Doña Carmela. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 38.** Distribución de tallas anchoveta subzona 2. Lances 22 y 23 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 39.** Distribución de tallas anchoveta subzona 3. Lances 28, 29, 30 y 31 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 40.** Proporción sexual de sardina común para la zona total de estudio. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 41.** Proporción sexual de sardina común para la zona total de estudio. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 42.** Proporción sexual de anchoveta para la zona total de estudio. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 43.** Proporción sexual de anchoveta, zona total de estudio y subzonas. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 44.** Proporción de estados de madurez sexual de sardina común para la zona total y por sexo. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 45.** Índice gonadosomático (**IGS**) para la zona total, por sexo y su relación con los estados de madurez sexual de sardina común. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 46.** Proporción de estados de madurez sexual de sardina común para la zona total y por sexo. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 47.** Índice gonadosomático (**IGS**) para la zona total, por sexo y su relación con los estados de madurez sexual de sardina común. Crucero RECLAS 1105.



- Figura 48.** Proporción de estados de madurez sexual de anchoveta para la zona total y por sexo. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 49.** Índice gonadosomático (**IGS**) para la zona total, por sexo y su relación con los estados de madurez sexual de anchoveta. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 50.** Proporción de estados de madurez sexual de anchoveta para la zona total y por sexo. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 51.** Índice gonadosomático (**IGS**) para la zona total y subzonas, por sexo y su relación con los estados de madurez sexual de anchoveta. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 52.** Proporción de estados de madurez sexual de anchoveta para la subzona 1 y por sexo. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 53.** Proporción de estados de madurez sexual de anchoveta para la subzona 2 y por sexo. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 54.** Proporción de estados de madurez sexual de anchoveta para la subzona 3 y por sexo. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 55.** Relación longitud – peso y parámetros de regresión para sardina común. Cruceros RECLAS 1101 y 1105.
- Figura 56.** Relación longitud – peso y parámetros de regresión para anchoveta. Cruceros RECLAS 1101 y 1105.
- Figura 57.** Histogramas de frecuencia de talla y de TS de los lances monoespecíficos de sardina común. Crucero RECLAS1101.
- Figura 58.** Histogramas de frecuencia de talla y de TS de los lances monoespecíficos de sardina común. Crucero RECLAS1105.
- Figura 59.** Relaciones de intensidad de blanco (TS) respecto a la talla (L) de sardina común ajustadas en el crucero RECLAS 1101. En crucero RECLAS 1105 no hubo datos entre el TS y la talla.
- Figura 60** Relaciones de intensidad de blanco (TS) respecto a la talla (L) de a) sardina común y b) anchoveta ajustadas en la zona centro sur entre el 2001 y 2011. Sardina común $TS=20 \log L-72.67$; Anchoveta $TS= 20 \log L- 73.35$.
- Figura 61.** Cobertura espacial de la prospección acústica realizada por el B/C Abate Molina durante el crucero RECLAS 1101
- Figura 62.** Cobertura espacial de la prospección acústica realizada por el B/C Abate Molina durante el crucero RECLAS 1105



- Figura 63.** Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica para sardina común y anchoveta de la prospección realizada por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 64.** Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica para sardina común y anchoveta de la prospección realizada por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 65.** Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica en sectores con presencia costera de sardina común. Crucero RECLAS 1101
- Figura 66.** Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica en sectores con presencia costera de sardina común y anchoveta. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 67.** Cobertura espacial de la prospección acústica realizada por el B/C Abate Molina y L/M Claudio I en la zona de sesgo de orilla. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 68.** Cobertura espacial de la prospección acústica realizada por el B/C Abate Molina y L/M Samaritano en la zona de sesgo de orilla. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 69.** Zona de estudio del sesgo de orilla, cruceros RECLAS 1101 y 1105. En blanco zona común al B/C Abate Molina y L/M Claudio I y Samaritano. En negro zona de orilla cubierta solo por L/M
- Figura 70.** Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica de sardina común en la zona de sesgo de orilla para B/C Abate Molina y L/M Claudio I. Crucero RECLAS 1101
- Figura 71.** Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica de sardina común en la zona de sesgo de orilla para B/C Abate Molina y L/M Samaritano. Crucero RECLAS 1105
- Figura 72.** Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica de anchovetas en la zona de sesgo de orilla para B/C Abate Molina y L/M Samaritano. Crucero RECLAS 1105
- Figura 73.** Resultados del ANDEVA aplicado a los NASC en la zona común para sardina común (RECLAS 1101 y 1105) y anchoveta (RECLAS 1105).
- Figura 74.** Intervalos de confianza para las medias ($\alpha = 0,01$) de los NASC de sardina común (RECLAS 1101 y 1105) y anchoveta (RECLAS 1105) provenientes del B/C Abate Molina y L/M Claudio I (RECLAS 1101) y L/M Samaritano (RECLAS 1105) en la zona común del sesgo de orilla.



- Figura 75.** Abundancia y biomasa de sardina común por subzona estimadas a la talla en la zona centro-sur en el verano del 2011. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 76.** Abundancia y Biomasa de sardina común a la talla por zona y total en el otoño del 2011. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 77.** Abundancia y biomasa de anchoveta por subzona estimadas a la talla en la zona centro-sur en el Verano del 2011. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 78.** Abundancia y biomasa de anchoveta por subzona estimadas a la talla en la zona centro-sur en el Otoño del 2011. Crucero RECLAS 1105
- Figura 79.** Abundancia por grupo de edad de anchoveta y sardina común registrada en los cruceros de evaluación hidroacustica del mes de enero para el período 2006-2011.
- Figura 80.** Composición de la captura en número por grupo de edad de anchoveta y sardina común registrada en los cruceros de evaluación hidroacústicos de verano (RECLAS) y de otoño (PELACES) para el 2011.
- Figura 81.** Distribución espacial de la densidad acústica (t/mn²) de a) mote, b) vinciguerría y c) jurel durante el crucero RECLAS 1101.
- Figura 82.** Distribución espacial de la densidad acústica (t/mn²) de a) mote y b) jurel durante el crucero RECLAS 1105.
- Figura 83.** Distribución espacial de la densidad acústica (t/mn²) de a) anchoveta y b) sardina común durante el crucero RECLAS 1101.
- Figura 84.** Distribución espacial de la densidad acústica (t/mn²) de a) anchoveta y b) sardina común (B) en la zona centro-sur durante el otoño del 2011. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 85.** Variogramas estandarizados de sardina común y anchoveta por zona. Crucero RECLAS 1101
- Figura 86.** Variogramas estandarizados de sardina común por zona. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 87.** Variogramas estandarizados de anchoveta por zona. En la zona 3-1 hubo distribución al azar, sin estructura espacial. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 88.** Distribución espacial de los adultos y reclutas de sardina común y de las variables variables bio-ceanográficas. Crucero RECLAS 1101.



- Figura 89.** Distribución espacial de los adultos y reclutas de anchoveta y de las variables bio-ceanográficas. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 90.** Distribución batimétrica de sardina común y anchoveta. Cruceros RECLAS 1101 y RECLAS 1105.
- Figura 91.** Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de a) adultos y b) reclutas de sardina en relación a las variables bio-ceanográficas. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 92.** Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de adultos de anchoveta en relación a las variables bio-ceanográficas. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 93.** Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de reclutas de anchoveta en relación a las variables bio-ceanográficas. Crucero RECLAS 1101.
- Figura 94.** Distribución espacial de los adultos y reclutas de sardina común y de las variables bio-oceanográficas. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 95.** Distribución espacial de los adultos y reclutas de anchoveta y de las variables bio-oceanográficas. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 96.** Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de a) adultos y b) reclutas de sardina en relación a las variables bio-ceanográficas. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 97.** Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de a) adultos y b) reclutas de anchoveta en relación a las variables bio-ceanográficas. Crucero RECLAS 1105.
- Figura 98.** Distribución espacial de las distribuciones de sardina y anchoveta en la zona centro-sur de Chile.
- Figura 99.** Rangos de distribución históricos respecto de la temperatura de a) adultos y b) reclutas de sardina.
- Figura 100.** Rangos de distribución históricos respecto de la salinidad de a) adultos y b) reclutas de sardina.
- Figura 101.** Localización de los centros de gravedad históricos de las distribuciones de a) sardina y b) anchoveta. Línea negra representa su radio estándar (varianza espacial).
- Figura 102.** Rangos de distribución históricos respecto de la temperatura de a) adultos y b) reclutas de anchoveta.
- Figura 103.** Rangos de distribución históricos respecto de la salinidad de a) adultos y b) reclutas de anchoveta.



- Figura 104.** Índices de Ocupación y su relación con a) temperatura y b) índice de surgencia.
- Figura 105.** IOC de a) sardina y b) anchoveta (2001-2009) en función del Índice de surgencia (-6 meses).
- Figura 106.** Distribución latitudinal de las variables: a) espaciales: distancia a la costa (mn) y prof. Media de la agregación (m) para la especie anchoveta.
- Figura 107.** Distribución latitudinal de las variables: a) espaciales: distancia a la costa (mn) y prof. Media de la agregación (m) para sardina común.
- Figura 108.** Efectos de los predictores profundidad media de las agregaciones (zmed), gradiente de salinidad (gsal), distancia de costa (dcost), gradiente térmico (gtem), temperatura (tem) y latitud (lat) sobre el logaritmo de la densidad de anchoveta, ajustado a un modelo GAM. Líneas segmentadas corresponden a bandas de confianza y lo(predictor) función suavizadora loess. RECLAS 1105.
- Figura 109.** Efectos de los predictores biomasa zooplánctonica (zoo), abundancia de fitoplancton (fito) y salinidad (sal) sobre el logaritmo de la densidad de sardina común, ajustado a un modelo GAM. Líneas segmentadas corresponden a bandas de confianza y lo(predictor) función suavizadora loess. RECLAS 1101.
- Figura 110.** Efectos de los predictores temperatura (tem), Gradiente salino (gsal), gradiente térmico (gtem), latitud (lat), Distancia de costa (dcost) y profundidad media de las agregaciones (zmed) sobre el logaritmo de la densidad de sardina común, ajustado a un modelo GAM. Líneas segmentadas corresponden a bandas de confianza y lo(predictor) función suavizadora loess. RECLAS 1101 y RECLAS 1105.
- Figura 111.** Valores promedio e Intervalo de confianza del largo de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.
- Figura 112.** Valores promedio e Intervalo de confianza del largo de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.
- Figura 113.** Valores promedio e Intervalo de confianza del alto de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.
- Figura 114.** Valores promedio e Intervalo de confianza del alto de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.
- Figura 115.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la elongación de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.



- Figura 116.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la elongación de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.
- Figura 117.** Valores promedio e Intervalo de confianza del perímetro de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.
- Figura 118.** Valores promedio e Intervalo de confianza del perímetro de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.
- Figura 119.** Valores promedio e Intervalo de confianza del área de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.
- Figura 120.** Valores promedio e Intervalo de confianza del área de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105
- Figura 121.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la dimensión fractal de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.
- Figura 122.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la dimensión fractal de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.
- Figura 123.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.
- Figura 124.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.
- Figura 125.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad del fondo para sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.
- Figura 126.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad del fondo para sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105
- Figura 127.** Valores promedio e Intervalo de confianza del índice de altura de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.
- Figura 128.** Valores promedio e Intervalo de confianza del índice de altura de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.
- Figura 129.** Valores promedio e Intervalo de confianza de los valores de s_A de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.
- Figura 130.** Valores promedio e Intervalo de confianza de los valores de s_A de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.



- Figura 131.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la densidad acústica de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.
- Figura 132.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la densidad acústica de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.
- Figura 133.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la distancia a la costa de las agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.
- Figura 134.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la distancia a la costa de las agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.
- Figura 135.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes, agregaciones diurnas de anchoveta, Reclas 1101
- Figura 136.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes, agregaciones diurnas de anchoveta, Reclas 1105
- Figura 137.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes, agregaciones diurnas de sardina, Reclas 1101
- Figura 138.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes, agregaciones diurnas de sardina, Reclas 1105.
- Figura 139.** Correlación de las variables originales con los componentes principales, agregaciones nocturnas de anchoveta, Reclas 1101.
- Figura 140.** Correlación de las variables originales con los componentes principales, agregaciones nocturnas de anchoveta, Reclas 1105.
- Figura 141.** Correlación de las variables originales con los componentes principales, agregaciones nocturnas de sardina, Reclas 1101.
- Figura 142.** Correlación de las variables originales con los componentes principales, agregaciones nocturnas de sardina, Reclas 1105.
- Figura 143.** Estimados de biomasa y abundancia total y reclutas de sardina común en la zona centro- sur, en los veranos (cruceos RECLAS (———) y en otoños (cruceos PELACES) (- - - -) en el periodo 1999-2011. Los estimados totales, de biomasa y abundancia, se indican con líneas gruesas y los reclutas con líneas delgadas.



- Figura 144.** Estimados de biomasa y abundancia total y reclutas de anchoveta en la zona centro- sur, en los veranos (cruceros RECLAS (—) y en otoños (cruceros PELACES) (-----) en el periodo 1999-2011. Los estimados totales, de biomasa y abundancia, se indican con líneas gruesas y los reclutas con líneas delgadas.
- Figura 145.** Aportes relativos a la Abundancia y Biomasa de anchoveta y sardina común en los cruceros de verano y otoño.
- Figura 146.** Aportes relativos de la sardina común a las capturas mensuales en los años 2009, 2010 y 2011.
- Figura 147.** Frecuencia de distribución del número de agregaciones según densidad y umbral de densidad asintótico. años 2002 al 2011.

TABLAS

- Tabla 1.** Categorías por densidad acústica.
- Tabla 2.** Listado de especies y géneros de componentes del fitoplancton identificado en el área y período de estudio. Crucero Enero de 2011.
- Tabla 3.** Cuadro de presencia-ausencia de las especies fitoplanctónicas identificadas por estación de muestreo, para el área y período de estudio. Crucero Enero de 2011.
- Tabla 4.** Densidad, frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa de los principales géneros de diatomeas y dinoflagelados presentes en las submuestras analizadas para el área y período de estudio. Crucero Enero 2011.
- Tabla 5.** Densidad (ind m^{-3}), Ocurrencia (%) y Abundancia relativa (%) de grupos pertenecientes del zooplancton para el área y período de estudio. Crucero Enero de 2011.
- Tabla 6.** Tallas modales (principal y secundaria) y talla de retención 25%, 50% y 75% de sardina común capturada con red de cerco por embarcaciones artesanales participantes en el sesgo de orilla y red de arrastre de media agua utilizada por el B/C Abate Molina. Cruceros RECLAS 0101 y 1105.



- Tabla 7.** Tallas modales (principal y secundaria) y talla de retención 25%, 50% y 75% de anchoveta capturada con red de cerco por embarcaciones artesanales participantes en el sesgo de orilla y red de arrastre de media agua utilizada por el B/C Abate Molina. Cruceros RECLAS 0101 al 1105.
- Tabla 8.** Tallas de retención $L_{25\%}$, $L_{50\%}$ y $L_{75\%}$ de sardina común capturada con red de cerco por la L/M Ebenezer I, y red de arrastre de media agua por el B/C Abate Molina, durante el desarrollo del crucero RECLAS 1101.
- Tabla 9.** Tallas de retención $L_{25\%}$, $L_{50\%}$ y $L_{75\%}$ de sardina común anchoveta capturada con red de cerco por la L/M Doña Carmela, y red de arrastre de media agua por el B/C Abate Molina, durante el desarrollo del crucero RECLAS 1105.
- Tabla 10.** Comparación de las tallas de retención $L_{25\%}$, $L_{50\%}$ y $L_{75\%}$ de sardina común y anchoveta capturadas con red de cerco por embarcaciones artesanal participantes y arrastre de media por el B/C Abate Molina. Cruceros RECLAS 0101 al 1105.
- Tabla 11.** Resumen operacional y capturas realizadas por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 12.** Resumen operacional y captura por lance de pesca realizado por la L/M Ebenezer I. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 13.** Captura (kg) por especie y total realizada por el B/C Abate Molina con red de arrastre de media agua. Crucero RECLAS 1101
- Tabla 14.** Resumen operacional y capturas realizadas por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 15.** Resumen operacional y captura por lance de pesca realizado por la L/M Samaritano II y L/M Doña Carmela. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 16.** Captura (kg) por especie y total realizada por el B/C Abate Molina con red de arrastre de media agua. Crucero RECLAS 1105
- Tabla 17.** Límites de la zona establecida para sardina común y lances de pesca asignados. Crucero RECLAS 1101.



- Tabla 18.** Resumen de los lances de pesca, pesos y tallas promedio de sardina común. La información considera los lances realizados por el B/C Abate Molina, la L/M Ebenezer I (RECLAS 1101) y las L/M Samaritano II y Doña Carmela (RECLAS 1105).
- Tabla 19.** Límites de la zona establecida para sardina común y lances de pesca asignados. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 20.** Límites de la zona establecida para anchoveta y lances de pesca asignados. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 21.** Límites de la zona establecida para anchoveta y lances de pesca asignados. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 22.** Resumen de los lances de pesca, pesos y tallas promedio de anchoveta. La información considera los lances realizados por el B/C Abate Molina, la L/M Ebenezer I (RECLAS 1101) y las L/M Samaritano II y Doña Carmela (RECLAS 1105).
- Tabla 23.** Comparación de la estructura de tallas entre lances para sardina común, mediante la dócima de heterogeneidad generalizada (*DHG*; $\alpha=0,05$), zona total. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 24.** Comparación de la estructura de tallas entre lances para sardina común, mediante la dócima de heterogeneidad generalizada (*DHG*; $\alpha=0,05$), zona total. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 25.** Comparación de la estructura de tallas entre lances para anchoveta, mediante la dócima de heterogeneidad generalizada (*DHG*; $\alpha=0,05$), zona total. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 26.** Comparación de la estructura de tallas entre suzonas para anchoveta, mediante la dócima de heterogeneidad generalizada (*DHG*; $\alpha=0,05$). Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 27.** Comparación de la estructura de tallas entre lances para anchoveta, subzona 1, mediante la dócima de heterogeneidad generalizada (*DHG*; $\alpha=0,05$). Crucero RECLAS 1105.



- Tabla 28.** Comparación de la estructura de tallas entre lances para anchoveta, subzona 2, mediante la dócima de heterogeneidad generalizada (*DHG*; $\alpha=0,05$). Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 29.** Comparación de la estructura de tallas entre lances para anchoveta, subzona 3, mediante la dócima de heterogeneidad generalizada (*DHG*; $\alpha=0,05$). Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 30.** Estimación de los parámetros de regresión para sardina común y anchoveta. Cruceros RECLAS 1101 y 1105
- Tabla 31.** Resultado del análisis de varianza para sardina común y anchoveta. Cruceros RECLAS 1101 y 1105.
- Tabla 32.** Calibración de los ecosondas (EK-60) a diferentes frecuencias y tamaño de pulso (μs) del B/C Abate Molina desde el 2008 y portátiles instalados en las lanchas L/M Claudio I (RECLAS 1101) y L/M Samaritano (RECLAS 1105). Se indica N° de la General Purpose Transceiver (GPT).
- Tabla 33.** Lances seleccionados para estudio de TS in situ en el Crucero RECLAS 1101, se indica proporción de especies de la captura.
- Tabla 34.** Lances seleccionados para estudio de TS in situ en el Crucero RECLAS 1105, se indica proporción de especies de la captura.
- Tabla 35.** Información recolectada en las estaciones de TS cercanas a los lances monoespecíficos de sardina común del B/I Abate Molina y de la L/M Ebenezer (EB) en la frecuencia 38 Khz para los pulsos 256, 512 y 1024 (ms). Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 36.** Análisis de varianza de la regresión ajustada ($TS= 19,417 \text{ Log } L - 73,0511$) para sardina común en el crucero RECLAS 1101.
- Tabla 37.** Análisis de varianza de la regresión ajustada ($TS= 18,955 \text{ Log } L - 71,705$) para sardina común desde el crucero RECLAS 0101.
- Tabla 38.** Estadística descriptiva (a) y resultados de significancia del ANOVA (b) para sardina en la zona común para B/C Abate Molina y L/M Claudio I. RECLAS 1101



- Tabla 39.** Estadística descriptiva (a) y resultados de significancia del ANOVA (b) para sardina en la zona común para B/C Abate Molina y L/M Samaritano RECLAS 1105
- Tabla 40.** Resultado test Kolmogorov-Smirnov para sardina común en la zona común para B/C Abate Molina y L/M Claudio I. RECLAS 1101.
- Tabla 41.** Resultado test Kolmogorov-Smirnov para sardina común en la zona común para B/C Abate Molina y L/M Samaritano RECLAS 1105.
- Tabla 42.** Estadística descriptiva (a) y resultados de significancia del ANOVA (b) para anchoveta en la zona común para B/C Abate Molina y L/M Samaritano RECLAS 1105.
- Tabla 43.** Resultado test Kolmogorov-Smirnov para anchoveta en la zona común para B/C Abate Molina y L/M Samaritano RECLAS 1105.
- Tabla 44.** Abundancia de sardina común a la talla por subzona y total. Método de los conglomerados. Crucero RECLAS 1101
- Tabla 45.** Abundancia de sardina común a la talla por subzona y total. Método Bootstrap. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 46.** Abundancia de sardina común a la talla por subzona y total. Método Geoestadístico. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 47.** Biomasa (t) de sardina común a la talla por subzona y total. Método de los conglomerados. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 48.** Biomasa (t) de sardina común a la talla por subzona y total. Método Bootstrap. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 49.** Biomasa (t) de sardina común a la talla por subzona y total. Método geoestadístico. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 50.** Abundancia (millones) de sardina común a la talla por subzona y total. Método de los Conglomerados. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 51.** Abundancia (millones) de sardina común a la talla por subzona y total. Método Bootstrap. Crucero RECLAS 1105.



- Tabla 52.** Abundancia (millones) de sardina común a la talla por subzona y total. Método Geoestadístico. Crucero RECLAS 1105
- Tabla 53.** Biomasa (t) de sardina común a la talla por subzona y total. Método de los Conglomerados. Crucero RECLAS 1105
- Tabla 54.** Biomasa (t) de sardina común a la talla por subzona y total. Método Bootstrap. Crucero RECLAS 1105
- Tabla 55.** Biomasa (t) de sardina común a la talla por subzona y total. Método Geoestadístico. La estimación en la zona orilla se incluye en Zona 1-1. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 56.** Abundancia de anchoveta a la talla por subzona y total. Método de los conglomerados. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 57.** Abundancia de anchoveta a la talla por subzona y total. Método Bootstrap. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 58.** Abundancia (millones) de anchoveta a la talla por subzona y total. Método Geoestadístico. Crucero RECLAS 1101. Debido a la distribución azarosa solo en la zona 1-1 se aplicó método geoestadístico.
- Tabla 59.** Biomasa (t) de anchoveta a la talla por subzona y total. Método de los conglomerados. Crucero RECLAS 1101
- Tabla 60.** Biomasa (t) de anchoveta a la talla por subzona y total. Método bootstrap. Crucero RECLAS 1101
- Tabla 61.** Biomasa (t) de anchoveta a la talla por subzona y total. Método geoestadístico. Crucero RECLAS 1101. Debido a la distribución azarosa solo en la zona 1-1 se aplicó método geoestadístico.
- Tabla 62.** Abundancia (millones) de anchoveta a la talla por subzona y total. Método de los Conglomerados. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 63.** Abundancia (millones) de anchoveta a la talla por subzona y total. Método Bootstrap. Crucero RECLAS 110.



- Tabla 64.** Abundancia (millones) de anchoveta a la talla por subzona y total. Método Geoestadístico. Crucero RECLAS 1105. La escasa presencia de anchoveta en la zona orilla impidió ajustar método geoestadístico.
- Tabla 65.** Biomasa (t) de anchoveta a la talla por subzona y total. Método de los Conglomerados. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 66.** Biomasa (t) de anchoveta a la talla por subzona y total. Método Bootstrap. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 67.** Biomasa (t) de anchoveta a la talla por subzona y total. Método Geoestadístico. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 68.** Varianza de la abundancia de sardina común a la talla por subzona y total. Método de los conglomerados y estratos agrupados. Crucero RECLAS 1101
- Tabla 69.** Varianza de la abundancia de sardina común a la talla por subzona y total. Método bootstrap y geoestadístico. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 70.** Varianza de la biomasa de sardina común a la talla por subzona y total. Método de los conglomerados y estratos agrupados. Crucero RECLAS 1101
- Tabla 71.** Varianza de la biomasa de sardina común a la talla por subzona y total. Método bootstrap y geoestadístico. Crucero RECLAS 1101
- Tabla 72.** Varianza de la abundancia de sardina común a la talla por subzona y total. Método conglomerados y estratos agrupados. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 73.** Varianza de la abundancia de sardina común a la talla por subzona y total. Método bootstrap y geoestadístico. La estimación con método geoestadístico de la zona orilla se incluyó en la zona 1-1. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 74.** Varianza de la biomasa de sardina común a la talla por subzona y total. Método conglomerados y estratos agrupados. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 75.** Varianza de la biomasa de sardina común a la talla por subzona y total. Método bootstrap y geoestadístico. La estimación con método geoestadístico de la zona orilla se incluyó en la zona 1-1. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 76.** Varianza de la abundancia de anchoveta a la talla por subzona y total. Métodos conglomerados y estratos agrupados. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 77.** Varianza de la abundancia de anchoveta a la talla por subzona y total. Métodos Bootstrap y Geoestadístico. Crucero RECLAS 1101. Debido a la distribución azarosa solo en la zona 1-1 se aplicó método geoestadístico.



- Tabla 78.** Varianza de la biomasa de anchoveta a la talla por subzona y total. Métodos conglomerados y estratos agrupados. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 79.** Varianza de la biomasa de anchoveta a la talla por subzona y total. Métodos Bootstrap y Geoestadístico. Crucero RECLAS 1101. Debido a la distribución azarosa solo en la zona 1-1 se aplicó método geoestadístico.
- Tabla 80.** Varianza de la abundancia de anchoveta a la talla por subzona y total. Método de los conglomerados y estratos agrupados. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 81.** Varianza de la abundancia de anchoveta a la talla por subzona y total. Método Bootstrap y Geoestadístico. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 82.** Varianza de la biomasa de anchoveta a la talla por subzona y total. Método de los Conglomerados y Estratos agrupados. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 83.** Varianza de la biomasa de anchoveta a la talla por subzona y total. Método Bootstrap y Geoesatdístico. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 84.** Clave edad-talla de anchoveta para la zona centro-sur. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 85.** Varianzas de la clave edad-talla de la clave edad-talla de anchoveta para la zona centro-sur. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 86.** Clave edad-talla de sardina común para la zona centro-sur. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 87.** Varianzas de la clave edad-talla de la clave edad-talla de sardina común para la zona centro-sur. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 88.** Abundancia por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona total centro-sur, método Bootstrap. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 89.** Abundancia por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona total centro-sur, método Variables regionales. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 90.** Abundancia por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona total centro-sur, método Hansen. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 91.** Abundancia por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona total centro-sur, método Kish. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 92.** Abundancia por grupo de edad en la captura de sardina común en la zona total centro-sur, método Bootstrap. Crucero RECLAS 1101.



- Tabla 93.** Abundancia por grupo de edad en la captura de sardina común en la zona total centro-sur, método Variables regionales. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 94.** Abundancia por grupo de edad en la captura de sardina común en la zona total centro-sur, método Hansen. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 95.** Abundancia por grupo de edad en la captura de sardina común en la zona total centro-sur, método Kish. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 96.** Clave edad-talla de anchoveta para la zona centro-sur. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 97.** Varianzas de la clave edad-talla de la clave edad-talla de anchoveta para la zona centro-sur. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 98.** Clave edad-talla de sardina común para la zona centro-sur. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 99.** Varianzas de la clave edad-talla de la clave edad-talla de sardina común para la zona centro-sur. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 100.** Abundancia por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona total centro-sur, método Bootstrap. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 101.** Abundancia por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona total centro-sur, método Variables regionales. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 102.** Abundancia por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona total centro-sur, método Hansen. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 103.** Abundancia por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona total centro-sur, método Kish. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 104.** Abundancia por grupo de edad en la captura de sardina común en la zona total centro-sur, método Bootstrap. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 105.** Abundancia por grupo de edad en la captura de sardina común en la zona total centro-sur, método Variables regionales. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 106.** Abundancia por grupo de edad en la captura de sardina común en la zona total centro-sur, método Hansen. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 107.** Abundancia por grupo de edad en la captura de sardina común en la zona total centro-sur, método Kish. Crucero RECLAS 1105.



- Tabla 108.** Estadígrafos geoestadísticos de anchoveta y sardina común por zona. Crucero RECLAS 1101. s^2 varianza muestral; $\bar{x}_{krigging}$ media krigging; $V(\bar{x}_{krigging})$ varianza krigging.
- Tabla 109.** Parámetros de los modelos de variograma ajustados a anchoveta y sardina común por zona. Crucero RECLAS 1101. Zona 1-1 incluye golfo de Arauco; Zona 1-2 incluye zona orilla.
- Tabla 110.** Estadígrafos geoestadísticos de anchoveta por zona. Crucero RECLAS 1105. s^2 varianza muestral; $\bar{x}_{krigging}$ media krigging; $V(\bar{x}_{krigging})$ varianza krigging.
- Tabla 111.** Parámetros de los modelos de variograma ajustados a anchoveta y sardina común por zona. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 112.** Índices de ocupación totales (N° pixeles por categorías/N° pixeles totales) e Índices de ocupación positivos (N° pixeles por categorías/N° pixeles positivos), para sardina. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 113.** Índices de ocupación totales (N° pixeles por categorías/N° pixeles totales) e Índices de ocupación positivos (N° pixeles por categorías/N° pixeles positivos), para anchoveta. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 114.** Coeficientes de Cramer de las cartografías de distribución de sardina común, respecto de las variables ambientales en la CMFC. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 115.** Coeficientes de Cramer de las cartografías de distribución de anchoveta, respecto de las variables ambientales en la CMFC. Crucero RECLAS 1101.
- Tabla 116.** Índices de ocupación totales (N° pixeles por categorías/N° pixeles totales) e índices de ocupación positivos (N° pixeles por categorías/N° pixeles positivos), para sardina. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 117.** Índices de ocupación totales (N° pixeles por categorías/N° pixeles totales) e índices de ocupación positivos (N° pixeles por categorías/N° pixeles positivos), para anchoveta. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 118.** Coeficientes de Cramer de las cartografías de distribución de sardina común, respecto de las variables ambientales en la CMFC. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 119.** Coeficientes de Cramer de las cartografías de distribución de anchoveta, respecto de las variables ambientales en la CMFC. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 120.** Coeficiente de correlación de Pearson entre la densidad acústica y las variables ambientales.



- Tabla 121.** Análisis de Varianza de las covariables ajustadas al modelo gaussiano GAM con la densidad de anchoveta. Crucero RECLAS 1105.
- Tabla 122.** Análisis de Varianza de las covariables ajustadas al modelo gaussiano GAM con la densidad de sardina común.
- Tabla 123.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada (s_A) de las agregaciones diurnas de anchoveta. Crucero Reclas 1101.
- Tabla 124.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada (s_A) de las agregaciones diurnas de sardina común. Crucero Reclas 1101.
- Tabla 125.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada (s_A) de las agregaciones diurnas de anchoveta. Crucero Reclas 1105.
- Tabla 126.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada (s_A) de las agregaciones diurnas de sardina común. Crucero Reclas 1105.
- Tabla 127.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada (s_A) de las agregaciones nocturnas de anchoveta. Crucero Reclas 1101.
- Tabla 128.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada (s_A) de las agregaciones nocturnas de sardina común. Crucero Reclas 1101.
- Tabla 129.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada (s_A) de las agregaciones nocturnas de anchoveta. Crucero Reclas 1105.
- Tabla 130.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada (s_A) de las agregaciones nocturnas de sardina común. Crucero Reclas 1105.
- Tabla 131.** Valores promedio, desviación estandar (D.S) y coeficiente de variación (C.V.) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada (s_A) de las agregaciones diurnas y nocturnas de anchoveta según zona, crucero Reclas 1105.
- Tabla 132.** Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones diurnas de anchoveta. Reclas 1101.



- Tabla 133.** Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones diurnas de anchoveta. Reclas 1105.
- Tabla 134.** Valores propios y proporción de la variabilidad explicada por los componentes, agregaciones diurnas de anchoveta. Reclas 1101.
- Tabla 135.** Valores propios y proporción de la variabilidad explicada por los componentes, agregaciones diurnas de anchoveta. Reclas 1105.
- Tabla 136.** Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, agregaciones diurnas de anchoveta. Reclas 1101.
- Tabla 137.** Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, agregaciones diurnas de anchoveta. Reclas 1105.
- Tabla 138.** Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones diurnas de sardina común. Reclas 1101.
- Tabla 139.** Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones diurnas de sardina común. Reclas 1105.
- Tabla 140.** Valores propios y proporción de la variabilidad explicada por los componentes, agregaciones diurnas de sardina común. Reclas 1101.
- Tabla 141.** Valores propios y proporción de la variabilidad explicada por los componentes, agregaciones diurnas de sardina común. Reclas 1105.
- Tabla 142.** Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, agregaciones diurnas de sardina común. Reclas 1101.
- Tabla 143.** Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, agregaciones diurnas de sardina común. Reclas 1105.
- Tabla 144.** Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones nocturnas de anchoveta. Reclas 1101.
- Tabla 145.** Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones nocturnas de anchoveta. Reclas 1105.
- Tabla 146.** Valores propios y proporción de la variabilidad explicada por los componentes, agregaciones nocturnas de anchoveta. Reclas 1101.
- Tabla 147.** Valores propios y proporción de la variabilidad explicada por los componentes, agregaciones nocturnas de anchoveta. Reclas 1105.



- Tabla 148.** Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, agregaciones nocturnas de anchoveta. Reclas 1101.
- Tabla 149.** Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, agregaciones nocturnas de anchoveta. Reclas 1105.
- Tabla 150.** Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones nocturnas de sardina común. Reclas 1101.
- Tabla 151.** Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones nocturnas de sardina común. Reclas 1105.
- Tabla 152.** Valores propios y proporción de la variabilidad explicada por los componentes, agregaciones nocturnas de sardina común. Reclas 1101.
- Tabla 153.** Valores propios y proporción de la variabilidad explicada por los componentes, agregaciones nocturnas de sardina común. Reclas 1105.
- Tabla 154.** Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, agregaciones nocturnas de sardina común. Reclas 1101.
- Tabla 155.** Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, agregaciones nocturnas de sardina común. Reclas 1105.
- Tabla 156.** Valores promedios de los descriptores por año, caso diurno y nocturno, serie 2002-2011.
- Tabla 157.** Número de agregaciones y porcentaje de éstas con niveles de densidad sobre 45 S.

ANEXOS

- Anexo I.** Personal participante por actividad y objetivo específico.
- Anexo II.** Talleres: (1) Presentación de la Metodología y (2) Discusión Metodológica y Difusión de los Resultados.





IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1. Objetivo general

Evaluar y caracterizar el stock de los recursos anchoveta y sardina común presentes entre la V y X Regiones, a través del método hidroacústico, durante el periodo de máximo reclutamiento y en el otoño inmediato.

2. Objetivos específicos

- 2.1. Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de la fracción recluta de anchoveta y sardina común que se incorporan en el período de máximo reclutamiento a la pesquería, y en el otoño inmediato.
- 2.2. Estimar la composición de talla, peso, edad y proporción sexual del stock recluta de anchoveta y sardina común en el área y periodos de estudio.
- 2.3. Determinar las áreas de reclutamiento principales de ambas especies y analizar su distribución y abundancia latitudinal y batimétrica, caracterizando y relacionando, además, las condiciones oceanográficas y meteorológicas predominantes en los principales focos de abundancia durante los cruceros de evaluación.
- 2.4. Caracterizar y analizar las agregaciones de los recursos anchoveta y sardina común en el área de estudio.



V. ANTECEDENTES

La pesquería de anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina común (*Strangomera bentincki*) en la zona centro-sur de Chile constituye actualmente la más importante del país, con capturas cercanas a 1,3 millones de toneladas anuales incluyendo industrial y artesanal.

Esta pesquería depende en forma importante de los pulsos de reclutamiento, especialmente en sardina común, en que sus capturas presentan altos porcentajes de juveniles durante todo el año, motivo por el cual uno de los objetivos de la administración pesquera se ha enfocado en los últimos años a asegurar la viabilidad de nuevos contingentes de adultos jóvenes al stock mediante vedas en el periodo de reclutamiento principal.

Los factores que influyen en el reclutamiento de las especies pelágicas pequeñas son de tipo biológicos y ambientales, con interrelaciones que son un permanente motivo de investigación para entender los mecanismos que influyen en el éxito del proceso.

El desove constituye un factor biológico relevante y que afecta en el reclutamiento. Desde este punto de vista, ambas especies se clasifican como desovantes parciales durante todo el año, con una mayor actividad reproductiva entre julio y agosto, extendiéndose hasta enero. El reclutamiento se presenta en forma masiva entre octubre hasta marzo, siendo máximo a la mitad del verano, registrándose pulsos menores durante el invierno, especialmente en anchoveta, provocados probablemente por el desove secundario de verano ó por la amplia extensión temporal del desove de invierno. Esta amplia extensión temporal del desove, sugiere que el periodo del reclutamiento se extienda



después del verano, pudiendo registrarse un nuevo pulso ó la extensión del periodo estival principal, todo lo cual indica que para incrementar la certeza de la estimación ó para hacer un seguimiento de la evolución del proceso, se realicen dos cruceros uno en el verano, enfocado al periodo de reclutamiento principal y un segundo crucero en el otoño.

La distribución de ambas especies no supera las 40 millas náuticas desde la costa, siendo más abundantes en las primeras millas, asociadas con los focos de surgencia y en el caso de sardina común con la desembocadura de ríos y con fondos del mar correspondientes a la plataforma continental (Serra, 1978; Aguayo y Soto, 1978; Arrizaga y Veloso, 1982; Yáñez *et al.*, 1990; Cubillos y Arancibia, 1993; Cubillos *et al.*, 1994, Castillo *et al.*, 2003). Latitudinalmente, en esta zona, la anchoveta se presenta desde el límite sur de la IV Región hasta la X Región, mientras que la sardina común restringe su localización a las Regiones V a X.

Las condiciones ambientales que afectan a este proceso se vinculan con ciertas masas de agua, anomalías de las variables (Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, gradientes, etc.); intensidad de los vientos y el nivel de los procesos vinculados (índice de surgencia, índice de turbulencia, transporte de Ekman, etc.).

La hidroacústica constituye una poderosa herramienta para evaluar la biomasa y abundancia de los peces en forma directa e independiente de la actividad extractiva, pudiendo medirse simultáneamente las condiciones ambientales que limitan la distribución. Esta técnica se debe aplicar de acuerdo al hito biológico a medir, cubriendo toda el área de distribución de la especie en estudio, la que queda restringida según los límites en el sentido latitudinal entre las Regiones V a X y longitudinal dentro de las primeras 40 mn de la costa, señalados



anteriormente . En el caso del reclutamiento de la anchoveta y sardina común, la campaña principal se debe realizar centrada al periodo que se maximiza la presencia de juveniles, esto es en el verano y repetir la prospección en otoño para incrementar la certeza de la estimación ó para hacer un seguimiento de la evolución del proceso.

En este sentido las evaluaciones acústicas de estos recursos en la zona centro-sur en el periodo estival, se iniciaron en la primavera de 1995 y desde 1999 se han mantenido ininterrumpidamente, lográndose establecer la intensidad y distribución espacial del reclutamiento de los recursos objetivo, estudiándose además las asociaciones con las condiciones hidrográficas predominantes.

Los estimados acústicos históricos de la biomasa total de anchoveta, muestra un crecimiento en el periodo 2001-2002, hasta alcanzar el máximo cercano a 1,5 millones de t el 2002; una brusca caída el 2003; un segundo valor histórico el 2004 (1,3 millones de t) y a partir de allí una leve tendencia negativa hasta el 2006, con una relativa estabilización entre el 2007 y 2008 fluctuando entre 0,7 y 1,0 millones de t. En el otoño del periodo 2006-2011 se hace evidente una estacionalidad en la biomasa, las que fueron aumentando desde el otoño del 2003 hasta el máximo histórico de 2,0 millones de t en el 2006, manteniéndose entre 1,5 millones de t el 2007 y 1,9 millones de t el 2009 y de allí una tendencia negativa hasta la actualidad.

Por su parte la serie histórica de la biomasa total de sardina común muestra tres periodos: entre el 2000 y 2005, con valores que variaron entre 264 mil y 844 mil toneladas. El segundo periodo se registró a partir del otoño del 2005, con un importante aumento en la biomasa, variando entre 2,1 y un máximo histórico de 4,8 millones de toneladas el 2006; una brusca caída el 2009 y un nuevo periodo de crecimiento el 2010 y verano del 2011, que alcanzó a 3,2



millones de t (Castillo *et al.*, 2010). En este caso, hay también una clara estacionalidad pero centrada hacia el verano, donde son máximas las evaluaciones del total y de los reclutas. Sin embargo, a partir del verano del 2010 se ha registrado un aumento de los aportes de juveniles en el otoño, provocado probablemente por una extensión temporal del reclutamiento del invierno.

El enfoque integral del sistema pelágico de la zona centro-sur exige estudiar la trama alimentaria de estas especies, la que en este caso se compone de fitoplancton y zooplancton, aunque para situar las relaciones entre estos componentes es necesario actualizar los estudios referidos al espectro trófico que han establecido que se compone de dinoflagelados, restos de crustáceos, eufáusidos, huevos de peces y de crustáceos.

Por otro lado, las prospecciones acústicas realizadas hasta la fecha en la zona en la época del reclutamiento (Castillo *et al.*, 2010), indican que en verano la anchoveta ha presentado una estratificación espacial por tallas, con los juveniles ubicados hacia el norte de la zona de estudio. La sardina en cambio ha registrado una mayor homogeneidad en la estructura espacial de las tallas con valores centrados en torno a los 5 cm en las primaveras y una leve estratificación espacial en los veranos, similar a lo señalado para la anchoveta, con valores modales entre 5 y 9 cm. Este elemento es vital para establecer el sentido general de las evaluaciones a fin de capturar integralmente la señal del reclutamiento.

Esta notable diferenciación sugiere que la zona de reclutamiento y crecimiento de las dos especies se presenta entre las Regiones VI y IX, mientras que el desove y alimentación de los adultos se presenta preferentemente en las regiones XIV y X, coincidente con los resultados alcanzados en el proyecto FIP



96-11 (Castro *et al.*, 1997) en que se estudiaron las áreas de desove de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur. A lo anterior se agrega el hecho que en la XIV Región se ha producido una virtual área de refugio de ambas especies debido a la reducción de la actividad de pesca de la flota industrial, por prohibición para operar en sectores costeros (<5 mn) y por inaccesibilidad de la flota artesanal de la VIII y XIV Regiones.

La anchoveta y la sardina común tienen comportamientos gregarios similares en un ciclo diario, conformando cardúmenes relativamente densos durante las horas de luz diurna y dispersándose en la noche, para formar estratos superficiales de densidad variable (Castillo *et al.*, 2003). Los cambios en el comportamiento, determinan que las densidades acústicas promedio diurnas son mayores que los registrados en la noche, particularmente en las agregaciones tipo cardumen que son más frecuentes en el día. Las agregaciones tipo estratos, más comunes en la noche, tienen densidades acústicas inferiores a las diurnas.

Administrativamente, estas pesquerías se encuentran sometidas al Régimen de Plena Explotación a partir de agosto del 2000 y a la medida denominada límite máximo de captura por armador y desde febrero del 2001 a cuotas de captura. Estas medidas administrativas se deben sustentar en información confiable para la determinación del tamaño y de las fuentes de variación del stock explotable.

En este contexto, el presente proyecto dá cuenta de esta necesidad de información requerida para la administración centrándose en establecer la fuerza del reclutamiento de la anchoveta y sardina común en la zona centro-sur en la temporada 2011 y de su correspondiente entorno ambiental y en su análisis histórico.



En base a los antecedentes disponibles y en consideración a que el máximo reclutamiento de las dos especies se presenta a mediados del verano y que de acuerdo a los Términos Técnicos de Referencia del proyecto, se requiere vigilar la evolución de este evento y verificar la ocurrencia de un segundo pulso, la propuesta Técnica del proyecto planteó la ejecución de dos cruceros. El primero a realizarse en enero del 2011, cubriendo la mayor intensidad del proceso de ambos recursos objetivo del estudio y un segundo crucero a realizar en el otoño inmediato, tendiente a vigilar la evolución del evento de enero y cuantificar el ingreso de nuevos contingentes a la pesquería, particularmente en anchoveta. El presente Informe entrega los resultados alcanzados en los cruceros de investigación de verano y otoño del 2011, donde el ejecutor responsable es el IFOP subcontratando al Instituto de Investigaciones Pesqueras de la VIII Región (INPESCA) para la ejecución de la oferta ambiental de alimento en el verano.



VI. METODOLOGÍA POR OBJETIVO

1. **Objetivo específico 2.1.** *Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de la fracción recluta de anchoveta y sardina común que se incorporan en el período de máximo reclutamiento a la pesquería, y en el otoño inmediato.*

1.1 Zona y período de estudio

El estudio plantea la ejecución de dos cruceros de evaluación de la biomasa de anchoveta y sardina común a realizarse en verano y otoño del 2011.

La zona de estudio para el crucero de verano se ubicó entre punta Toro (33°50'S) y desembocadura del canal Chacao (42°40'S), mientras que en otoño la prospección cubrió entre punta Toro (33°50'S) y punta Galera (4 0'00'S), entre la costa y el veril del fondo del mar de 500 metros (**Figs. 1 y 2**).

Las prospecciones hidroacústicas se realizaron a bordo del B/C "Abate Molina", entre el 03 de enero y 3 de febrero (verano) y entre el 27 de abril y 22 de mayo del 2011 (otoño) (**Figs. 1 y 2**).

1.2 Plan de muestreo acústico

Se aplicó un diseño de muestreo sistemático considerando que la distribución de los recursos es de carácter contagiosa y aleatoria con respecto a la posición de las transectas (Shotton y Bazigos, 1984; Francis, 1984; Simmonds *et. al.*, 1991 y 1984). Este tipo de muestreo es recomendado para obtener una adecuada información sobre la distribución de los recursos (Mac Lennan y Simmonds, 1992) y se reduce la varianza del estimador cuando la información presenta un gradiente de densidad en el sentido de las transectas.



La evaluaci3n acústica se realiz3 con el sistema de ecointegraci3n SIMRAD EK-60, utilizando la frecuencia de 38 KHz, con transductor de haz dividido, programándose los 10 canales digitales cada 25 m y el canal anal3gico entre los 3 y 150 m, entregando informaci3n relativa a la densidad de peces detectada y referida a 1 mn². El rango dinámico mayor a 150 dB y el nivel m3nimo de detecci3n de -65 dB, permitieron la incorporaci3n de un amplio espectro de seÑales provenientes de blancos de tamaÑo pequeÑo (plancton) hasta peces de gran tamaÑo, distribuidos en forma dispersa o en densos cardúmenes sin perder seÑal o saturarse.

La informaci3n acústica relativa a las densidades de los peces se registr3 de manera continua durante la navegaci3n, discretizándose en intervalos de muestreo (ESDU) de 0,5 mn, controlados por la interfase del sistema de ecointegraci3n con el navegador satelital GPS.

La zona de estudio se prospect3 con transectas en el sentido Este-Oeste separadas por 10 mn con una extensi3n limitada por la mayor aproximaci3n a la costa posible (app 0,8 mn) y el veril de los 500 m. En verano se realizaron 48 transectas y en otoÑo 38 transectas. En la noche se replicaron algunas transectas acústicas (21 en verano y 22 en otoÑo) con el fin de estudiar posibles cambios en el comportamiento y patrones de distribuci3n espacial en los recursos. En ambos cruceros se intensific3 el muestreo en el golfo de Arauco mediante 4 transectas en el sentido este-oeste, separadas por 5 mn.

En ambos cruceros se prioriz3 el muestreo acústico en la franja costera, con navegaciones paralelas a la costa a la menor distancia posible (**Figs. 1 y 2**). En el verano las condiciones hidrográficas se midieron mediante 129 estaciones oceanográficas. En otoÑo se midi3 la hidrografía de la zona con un CTDO s3lo para relacionarla con los recursos objeto del estudio. El reconocimiento de especies y las



muestras biológicas se recolectaron mediante 48 lances de pesca de reconocimiento en verano (40 a media agua y 8 de cerco) y 42 lances de pesca (36 a media agua y 6 de cerco en la XIV Región) en otoño (**Figs. 1 y 2**).

Los datos utilizados en las evaluaciones acústicas fueron filtrados, teniendo como premisas el patrón de muestreo sistemático, eliminando los remuestreos y evitando la redundancia y que con ellos se pudiera construir de mejor manera los mapas de distribución de los recursos, especialmente en el caso del método de las variables regionalizadas.

1.3 Calibración del sistema acústico

1.3.1 Calibración electroacústica

La calibración del sistema acústico, se realizó previamente a la prospección, utilizando blancos estándar de cobre especialmente diseñados (Foote **et al.**, 1987).

El procedimiento de calibración electroacústica del sistema de ecointegración SIMRAD EK 60 consiste en un proceso iterativo, en que se mide las señales de la intensidad de blanco (TS) y ecointegración (s_A) provenientes de un blanco estándar de cobre diseñado para la frecuencia de trabajo y de intensidad medida en laboratorio, ubicado en el centro del haz acústico, los que deben converger hacia el valor teórico del blanco de referencia (Foote **et al.**, 1987; Foote, 1983). De acuerdo a este método es posible alcanzar un nivel de precisión de $\pm 0,1$ dB. El cálculo se realiza en forma automática por el sistema para lo cual se debe variar la posición del blanco dentro del haz acústico.



Con el objeto de permitir el movimiento controlado de la esfera en el proceso de calibración, dentro del haz acústico, se utilizan tres líneas de nailon monofilamento, en pequeños winches.

1.3.2 Medición del TS *in situ* de anchoveta y sardina común

En el presente caso, la información necesaria para determinar el TS *in situ* de anchoveta y sardina común fue recopilada durante los lances de pesca y en estaciones en los que se estableció previamente la presencia de las especies objetivo mediante los lances de pesca. En el caso de los lances de pesca, los datos de TS fueron recolectados durante todo el transcurso del arrastre. En los lances en que se registró captura sobre el 90% de una de las dos especies objetivo, se realizaron estaciones para recolectar mediciones específicas del TS con el barco detenido o navegando a velocidades inferiores a 2 nudos sobre el sector previamente rastreado en el lance, cuidando de mantenerse sobre la(s) agregación de peces.

En la mayoría de las mediciones realizadas en los lances de pesca, se utilizó pulso de 1.024 ms. En las estaciones de medición del TS, los datos fueron recolectados ping a ping con la frecuencia de 38 Khz en pulsos de 512, 1.024 y 256, a una resolución de 0,1 dB y con una tasa de sondeo automáticamente ajustada a la escala del ecosonda, en este caso se utilizó típicamente una escala de 25 m, almacenándose en medios magnéticos. A fin de aumentar el filtraje de blancos resueltos del algoritmo de detección del sistema acústico, durante los experimentos y en el proceso posterior de la información se ajustó el ángulo del haz del transductor usado en el proceso, utilizando la talla promedio de los peces y a la profundidad de distribución de los ecos.



Las estructuras de tallas de los peces insonificados fueron obtenidas de las muestras realizadas en los lances de pesca realizados durante, antes o después de cada medición.

La información recolectada fue almacenada y procesada mediante el programa SONAR DATA, para seleccionar los TS correspondientes a las tallas modales de los peces, cuidando que el estrato de profundidad coincida con el sector que operó la red.

Los datos de TS en cada medición (lance o estación) se presentaron en hojas de cálculo e histogramas, calculándose las frecuencias a intervalos de clase de 0,1 dB.

El principio general en las mediciones de TS *in situ* es que las modas en los histogramas de TS se parean con las modas en las distribuciones de tallas de los peces muestreados en las pescas.

Considerando que las eco-amplitudes se distribuyen aleatoriamente según Rayleigh, es posible considerar que el área dispersante de sonido del pez se distribuye exponencialmente pudiendo ajustarse a una función de probabilidades de densidades (PDF) (MacLennan and Simmonds, 1992) según:

$$PDF(\sigma) = (1/\bar{\sigma}) \exp(-\sigma/\bar{\sigma})$$

El TS corresponde a la ecuación:

$$TS = 10 \log \left(\frac{\sigma}{4 \pi} \right)$$

donde:

$$\begin{aligned} TS &= \text{intensidad de blanco (dB)} \\ \sigma &= \text{área dispersante (m}^2\text{)} \end{aligned}$$



La relación TS-Longitud del pez se ajusta a una ecuación logarítmica según:

$$TS = a + b\text{Log}(L)$$

En esta ecuación la pendiente “b” tiende a variar en torno a 20, valor que frecuentemente se adopta por convención, permitiendo de este modo comparar fácilmente las diferentes ecuaciones ajustadas a través de la comparación del intercepto, que para estos efectos se denomina “b20”.

Finalmente, el coeficiente de ecointegración en número (\hat{C}_n) se calculó según:

$$\hat{C}_n = (4\pi 10^{0,1TS_k})^{-1}$$

Finalmente se ajustó una ecuación mediante el método de los mínimos cuadrados entre la talla de los peces y el TS, aplicándose una ANDEVA para establecer la significancia del ajuste.

En el caso en que las tallas están acotadas a un rango específico, como es el caso cuando hay homogeneidad en las estructuras ó cuando hay insuficiente información para ajustar una ecuación de regresión significativa, la información recolectada se agrega a las ecuaciones históricas ajustadas previamente para cada una de las especies analizadas.

1.4 Identificación de especies

La identificación de especies fue realizada mediante dos procedimientos, que en general se aplicaron consecutivamente. Se realizó una identificación preliminar examinando los ecogramas, luego se aplicó el método acústico, el que también se utilizó en los sectores en que no fue posible efectuar lances de pesca ó para



discriminar otras especies como jurel, bacaladillo o merluza de cola y luego se corroboró en base a las capturas obtenidas con lances de arrastre a media agua. En este procedimiento se utilizaron los descriptores identificados por Robotham *et al.*, 2008 y 2010 para la separación de especies.

Se debe señalar que en atención al grado de mezcla de los recursos en estudio, se privilegió la identificación con lances de pesca.

1.4.1 Método acústico (Guzmán *et al.*, 1983)

Este método utiliza los valores de los coeficientes volumétricos de dispersión (MVBS) entregados por el ecosonda, de esta forma es posible separar el jurel y sardina española. Los valores de S_V para el jurel varían entre -37 dB y -47 dB, con un valor central de -42,1 dB, mientras que en sardina española el rango varió entre -25 y -37 dB, con un valor central en -31,9 dB.

Para anchoveta, el S_V es mayor que el de jurel e inferior que la sardina española debiendo usarse además, información auxiliar, como la distribución vertical, distancia a la costa, relación con el fondo del mar y forma de las agregaciones identificados por Robotham *et al.*, 2008 y 2010 como descriptores más relevantes para separar anchoveta, sardina común y jurel en la zona centro sur de Chile.

1.4.2 Pescas de identificación

Con el objeto de validar la identificación efectuada mediante el exámen de los ecogramas y del método acústico y establecer el grado de mezcla interespecífico, en los sectores que las condiciones lo permitieron, se realizaron



lances de pesca con una red de arrastre a media agua de 4 paneles de diseño ENGEL. Esta red es de 97 m de largo (largo sin incluir copo), con 168 mallas de circunferencia en la boca, tamaño de malla estirada en las alas y cielo de 1.800 mm, disminuyendo paulatinamente hasta 12 mm en el túnel y copo, con portalones tipo Suberkrub de 4,5 m² de área y 750 kg de peso seco (300 kg peso sumergido), amantillada con 60 flotadores de 8" de diámetro, en paquetes de 10 dentro de bolsas de malla que se instalan en la relinga y 4 flotadores tipo hidrofoil de 40 litros cada uno, que se ubican dos en las puntas de las alas y dos en el centro de la boca, permitiéndose de este modo realizar pesca en superficie. El copo tiene aproximadamente 21 m con 122 mallas (4) de 24 mm de tamaño (210/39 nylon) y un cubrecopo de 11,6 mm. En el caso de lances con profundidad superior a los 10 m, se utilizó un net-sounder FURUNO para la verificación de la profundidad y comportamiento de la red.

De las capturas obtenidas se determinaron los aportes porcentuales de cada especie y la estructura de tallas y pesos a la talla de las especies dominantes en las capturas, con especial énfasis en anchoveta y sardina común, aplicándose a las lecturas acústicas en las ESDU cercanas a los lugares en que se realizaron las pescas (MacLennan and Simmonds, 1992). De igual modo esta información fue comparada con la identificación de las especies realizada mediante el método acústico.

1.5 Procesamiento de la información acústica

El procesamiento de los datos fue realizado en gran parte a bordo mediante los software SONAR DATA y SIMBAD (Espejo y Castillo, 1997). Los datos a ingresar a la base de datos son las lecturas acústicas por cada ESDU, las profundidades máximas



y mínimas de la agregación, la posición geográfica de cada ESDU, fecha, número y rumbo de la transecta. Además, se ingresó la información sobre temperatura y salinidades para cada estación oceanográfica.

La lectura acústica del ecointegrador por ESDU (s_A) corresponde a la expresión:

$$s_A = 4\pi (1852)^2 \int_{z_1}^{z_2} s_v dz$$

donde :

- s_A = Coeficiente de dispersión por área ($m^2 mn^{-2}$)
- s_v = coeficiente volumétrico de dispersión (m^{-1}).
- z_2, z_1 = límites superior e inferior de la ecointegración ó de los estratos programados (m).
- 1.852 = factor de transformación de m a mn.

A fin de incluir en la evaluación las agregaciones localizadas en áreas costeras, los sectores orientales entre transectas fueron prospectados extensamente, con varios recorridos que generalmente tuvieron un retardo temporal entre ellos inferior a 4 horas. A fin de evitar que una misma agregación considerada en la evaluación de biomasa y en el mapeo de la distribución proviniera de diferentes prospecciones, se eliminaron los remuestreos y la redundancia espacial en la información, aceptándose el recorrido que presentara los mayores valores de densidad acústica por ESDU, eliminándose el riesgo de sobreestimación y disponiéndose de la información necesaria para construir los mapas de distribución de los recursos detectados; los estimados de biomasa total y de la fracción reclutas y sus respectivas varianzas.



1.6. Correcciones de la información acústica

1.6.1. Corrección por el sesgo de orilla

Los diseños de muestreo acústico ejecutados en los dos cruceros tienden a minimizar el sesgo de orilla, cubriendo extensamente los sectores costeros con prospecciones paralelas a la costa. Sin embargo, es posible que en los sectores con amplia plataforma continental, una fracción del recurso se ubique en sectores costeros de fondos someros inaccesibles al buque de prospección acústica. En consecuencia, este estudio se realizó para establecer la fracción del recurso que se encuentra en áreas costeras no cubierta por el buque de prospección y corregir el estimado de la biomasa.

Para medir el sesgo de orilla en la prospección acústica entre los paralelos 38°30'S (punta Manuel) y 39°55'S (sur morro Gonzalo) (parte de la IX y XIV Regiones), se utilizaron naves cerqueras artesanales con matrícula de Niebla. En el crucero de verano (RECLAS 1101) se realizó entre el 21 y el 23 de enero y en otoño entre 1 y 4 de mayo del año 2011. Las naves fueron las L/M "Claudio I" y L/M "Eben Ezer" (verano) y L/M "Samaritano" y L/M "Doña Carmela" (otoño). En las L/M "Claudio I" y L/M "Samaritano" se instalaron equipos acústicos científicos similares a los del B/C "Abate Molina" y en las restantes se efectuaron las pescas de reconocimiento.

En ambos casos las embarcaciones cerqueras operaron mediante una autorización de Pesca de Investigación.



a. Dise1o de muestreo ac3stico para estimar el sesgo de orilla

El plan de muestreo del sesgo de orilla consisti3 en ampliar el recorrido ac3stico del B/C "Abate Molina" hacia sectores costeros no cubiertos, determinando de este modo la fracci3n del recurso ubicado en 1reas costeras y que no se incluy3 en la evaluaci3n de la biomasa.

Dado lo anterior el muestreo ac3stico de las L/M cerqueras consisti3 en una red de transectas diurnas perpendiculares a la costa de 10 mn de extensi3n, separadas por 5 mn, con la mayor aproximaci3n a la costa posible, factor que es variable por cuanto depende de la batimetría del fondo del mar y de las condiciones de viento presentes durante la navegaci3n. El l3mite occidental de la prospecci3n con la embarcaci3n artesanal asegur3 una sobreposici3n con una fracci3n del muestreo ac3stico realizado por el B/C "Abate Molina" en las mismas latitudes (**Figs. 1 y 2**).

b. Procesamiento de la informaci3n ac3stica

El primer paso consiste en determinar el l3mite oriental de la prospecci3n del B/C "Abate Molina" coincidente con la lancha pesquera, con esta informaci3n se divide la prospecci3n de la lancha en dos franjas, la costera y la oce1nica.

Los datos provenientes de las prospecciones realizadas por ambas embarcaciones, en cada subzona fueron tratados independientemente, extrapol1ndose en cada una de ellas las lecturas ac3sticas promedio al 1rea de prospecci3n.

De este modo el sesgo de orilla se determina desde la informaci3n recolectada con la lancha pesquera, seg3n:

$$Sesgo = \frac{[\bar{s}_A A_T - \bar{s}_A A_c (*)]}{\bar{s}_A A_T}$$



siendo:

\bar{s}_{AA_T} = Lectura acústica promedio extrapolada al área total de la lancha pesquera.

$\bar{s}_{AA_c(*)}$ = Lectura acústica promedio de la lancha pesquera correspondiente a la fracción del área sobrepuesta a la prospección del B/C “Abate Molina”.

Las semejanzas entre las lecturas acústicas de las fracciones sobrepuestas de las transectas realizadas por el B/C “Abate Molina” y la lancha pesquera se analizan mediante el método no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov y un ANOVA paramétrico, considerando una normalización de los datos mediante una transformación logarítmica.

Finalmente, se estimó la biomasa de la fracción costera con los datos provenientes de la lancha artesanal, según el procedimiento descrito anteriormente.

1.6.2. Zona muerta de superficie

En los casos en que sea evidente la detección de agregaciones en profundidades inferiores a 3 m, correspondiente al límite de ecointegración inferior se aplica un factor de corrección según:

$$s_{Ac} = s_A(H/h)$$

Donde:

s_{Ac} = lectura acústica de la agregación corregida por sesgo de superficie

s_A = lectura acústica de la agregación sin corregir

h = altura de la agregación detectada por el ecosonda y ecointegrada (m)



H = altura de la agregaci3n incluyendo el sector no detectado por el ecoinTEGRADOR (m).

1.7 Estimaci3n de la abundancia y la biomasa

1.7.1. Estratificaci3n de la estructura de tallas

Se definieron subzonas en que las tallas de anchoveta y sardina com3n, determinadas desde los lances de pesca, se estratificaron, registrando estructuras similares.

En cada subzona se agruparon los lances de pesca, determin3ndose una estructura de tallas com3n, con la que se obtuvo el aporte por cada talla y el correspondiente peso, deriv3ndose el TS y el coeficiente de ecoinTEGRACI3N.

Se probaron las estratificaciones de las tallas por subzonas, mediante el m3todo D3cima de Hip3tesis Generalizada (DHG), el que compara mediante el χ^2 , la homogeneidad en distribuciones de tallas.

1.7.2. Estimaci3n de la abundancia (en n3mero) y la biomasa (en peso)

La abundancia y biomasa de anchoveta y sardina com3n por subzona se estim3 seg3n:

$$\hat{A}_k = a \hat{C}_{nk} \hat{R}_k$$

$$\hat{A}_T = \sum_k \hat{A}_k$$

$$\hat{B}_k = \hat{A}_k w_k$$

$$\hat{B}_T = \sum_k \hat{B}_k$$



donde :

- \hat{A}_k = abundancia a la talla k (en n3mero).
- a = 3rea de distribuci3n del recurso (mn^2), en cada subzona.
- \hat{C}_{nk} = coeficiente de ecointegraci3n a la talla k ($n/mn^2/sA$)
- \hat{w}_{kj} = peso promedio a la talla k, expresado en (t).
- $\hat{A}_T; \hat{B}_T$ = abundancia y biomasa total.
- P_k = frecuencia de la talla k en base num3rica obtenida desde la estructura de tallas de los lances de pesca agrupados por subzona.
- \hat{R}_k = estimador de raz3n a la talla k.

Siendo:

$$\hat{R}_k = \hat{R} P_k$$

El estimador de raz3n (\hat{R}) en cada subzona, se obtuvo mediante los m3todos Hansen, Wolter, Bootstrap y Variables Regionalizadas.

El 3rea de distribuci3n de los recursos se determin3 delimitando los contornos de la distribuci3n, resultando en una figura geom3trica georeferenciada, realiz3ndose el c3lculo seg3n:

$$a = \int_{L_0}^{L_1} \int_{g_0}^{g_1} \phi(L, g) dL dg$$

donde:

L_0 y L_1 = l3mites en latitud, referidas a millas n3uticas.

g_0 y g_1 = l3mites en longitud, referida a millas n3uticas, corregidas por la loxodr3mica.

$\Phi(L, g)$ = funci3n geom3trica del 3rea que encierra a la distribuci3n del recurso.



Las áreas se determinaron mediante los programas SURFER 8, utilizando el módulo Volumen y EVA2. Para este fin, en cada zona, se digitalizaron los puntos que delimitaron la distribución de la especie. Luego los puntos digitalizados, inicialmente expresados en grados y minutos de longitud y latitud, se corrigieron según la proyección loxodrómica a fin de hacerlas equivalentes. En el caso de SURFER 8, posteriormente se construyó una grilla equivalente al área rectangular mínima que contuviera el polígono de la zona en estudio. En el caso del software EVA2, el área de cada polígono de distribución de la anchoveta (V) se calcula en unidades de grados cuadrados, los cuales fueron transformados a millas náuticas cuadradas según:

$$v \text{ (mn}^2\text{)} = \text{Área}_{\text{grados}} * 3.600$$

Este método de estimación del área se aplica teniendo presente que la longitud de las transectas corresponden con las loxodrómicas lo que permite aplicar la corrección del coseno de la latitud en la escala de la longitud, haciendo equivalente ambas escalas y pudiendo usar la geometría y trigonometría plana.

- **Hansen y Wolter**

El estimador de razón (\hat{R}) de las lecturas acústicas del econtegrador (\hat{S}_a) por ESDU correspondiente a los métodos de Hansen *et. al.*, (1953) y Wolter (1985) se calcula según:

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n Y_i}$$

donde:

- n = número de transectas de la muestra
- xi = densidad de la transecta i-ésima.
- yi = número de ESDU. en la transecta i-ésima.



- **Bootstrap**

donde:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^G \frac{\hat{R}_i}{G}$$

siendo \hat{R} un estimador de razón obtenido de la i-ésima muestra de tamaño n seleccionado con reposición de la muestra original y donde G representa la cantidad total de iteraciones Bootstrap. En el presente caso, se aplicaron un máximo de 2000 iteraciones y 2000 procesos bootstrap.

El intervalo de confianza $(1 - \alpha)$ para la abundancia \hat{A} o la biomasa \hat{B} se encuentra dado por el método Percentil Corregido (BC).

$$(\hat{F}^{-1} \{ \phi(2Z_0) \})$$

donde \hat{F}^{-1} es la función inversa de la distribución acumulada de $\hat{F}(\hat{R})$, definida por:

$$\hat{F}(\hat{R}) = Prob(\hat{R}_x - \hat{R})$$

y donde,

$$Z_0 = \phi^{-1}(\hat{F}(\hat{R}))$$

siendo F^{-1} la función inversa de la distribución normal estándar y Z_α es el percentil superior de una normal estándar.

- **Variables regionalizadas**

Otro estimador de biomasa utilizado, corresponde al propuesto por Petitgas (1991) el cual considera que la biomasa depende de la geometría del área de distribución del recurso y estima su densidad (Z), que es equivalente a la razón \hat{R} , sólo en dicha área (V) mediante la expresión:



$$Z_v = \frac{1}{V} \int Z(x) dx$$

Z_v es un estimador de la media ponderada de las muestras de las lecturas acústicas, sin embargo, en aquellos casos donde las muestras provienen de una grilla regular, y donde cada una de ellas tiene igual área de influencia, el estimador de Z_v se calcula como la media aritmética de los datos de s_A por intervalo básico de muestreo.

1.7.3 Estimación de la varianza de la abundancia y biomasa

La varianza de la abundancia se determina según:

$$\hat{V}(\hat{A}_k) = a^2 [\hat{V}(\hat{C}_{nk})\hat{R}_k^2 + \hat{V}(\hat{R}_k)\hat{C}_{nk}^2 - \hat{V}(\hat{R}_k)\hat{V}(\hat{C}_{nk})]$$

$$\hat{V}(\hat{R}_k) = \hat{V}(P_k)\hat{R}_k^2 + \hat{V}(\hat{R}_k)P_k^2 - \hat{V}(\hat{R}_k)\hat{V}(\hat{R}_k)$$

La varianza de la biomasa se calcula según:

$$\hat{V}(\hat{B}_k) = \hat{V}(\hat{A}_k)\hat{w}_k^2 + \hat{V}(\hat{w}_k)\hat{A}_k^2 - \hat{V}(\hat{A}_k)\hat{V}(\hat{w}_k)$$

La varianza del coeficiente de eointegración en número (\hat{C}_{nk}) se determinó según:

$$\hat{V}(\hat{C}_{nk}) = (4\pi)^{-2} (10)^{-2(0,17\bar{S}+1)} \ln^2(10) \hat{V}(\bar{TS}_k)$$

Donde:

$$\hat{V}(\bar{TS}_k) = \hat{V}(\hat{\alpha}) + \log^2(L_k)\hat{V}(\hat{\beta}) + 2 \log L_k \text{cov}(\hat{\alpha}, \hat{\beta})$$



Siendo:

α y β = coeficientes de la regresi3n TS-L.

L_k = longitud a la talla k.

Para dise1os sistem3ticos como el propuesto en esta evaluaci3n, donde se considera un 3nico punto de arranque para la muestra, no es posible obtener un estimador de varianza que sea insesgado ni consistente. Sin embargo, hay un amplio conjunto de estimadores aproximados que pueden ser usados con resultados razonablemente buenos, particularmente cuando la poblaci3n en estudio no presenta periodicidad en relaci3n a la selecci3n de la muestra sistem3tica. En este contexto, se obtienen al menos tres estimadores alternativos de varianza de la raz3n.

- **Conglomerado de tama1o desiguales (Hansen *et. al.*,1953)**

$$\hat{V}_1(\hat{R}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{ny} (s_x^2 + \hat{R}^2 s_y^2 - 2\hat{R} s_{xy})$$

donde, N es el n3mero total de transectas en el 3rea, y

$$s_{xy} = \sum_i^n \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1}$$

$$s_x^2 = s_{xx} \quad ; \quad s_y^2 = s_{yy}$$

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad ; \quad \bar{y} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{n}$$

donde, el intervalo de confianza $1 - \alpha$ para la abundancia \hat{A} o la biomasa \hat{B} est3 dado por la expresi3n:

$$\left(\hat{B} - t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{\hat{V}_1(\hat{R})} \quad ; \quad \hat{B} + t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{\hat{V}_1(\hat{R})}\right)$$



- **Estratos agrupados (Wolter, 1985)**

$$\hat{V}_2(\hat{R}) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{n} \frac{\hat{R}^2}{(n-1)} (s_x^2 + s_y^2 - 2s_{xy})$$

donde:

$$s_{xy} = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(x_i - x_{i+1})(y_i - y_{i+1})}{x y}$$
$$s_x^2 = s_{xx} \quad ; \quad s_y^2 = s_{yy}$$

donde, el intervalo de confianza $(1 - \alpha)$ para la abundancia \hat{A} o la biomasa \hat{B} está dado por la expresión:

$$(\hat{B} - t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{\hat{V}_2(\hat{R})} \quad ; \quad \hat{B} + t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{\hat{V}_2(\hat{R})})$$

- **Método Bootstrap (Robotham y Castillo, 1990)**

$$\hat{V}_3(\hat{R}) = \frac{1}{(G-1)} = \sum_{i=1}^G (\hat{R}_i - \bar{\hat{R}})^2$$

donde:

$$\bar{\hat{R}} = \sum_{i=1}^G \frac{\hat{R}_i}{G}$$

siendo \hat{R} un estimador de razón obtenido de la i -ésima muestra de tamaño n seleccionado con reposición de la muestra original y donde G representa la cantidad total de iteraciones Bootstrap.

El intervalo de confianza $(1 - \alpha)$ para la abundancia \hat{A} o la biomasa \hat{B} se encuentra dado por el método Percentil Corregido (BC).

$$(\hat{F}^{-1} \{ \phi(2Z_0) \})$$



donde \hat{F}^{-1} es la función inversa de la distribución acumulada de $\hat{F}(\hat{R})$, definida por:

$$\hat{F}(\hat{R}) = Prob(\hat{R}_x - \hat{R})$$

y donde,

$$Z_0 = \phi^{-1}(\hat{F}(\hat{R}))$$

siendo Z_α es el percentil superior de una normal estándar.

- **Método de las variables regionalizadas**

Un cuarto estimador de varianza utilizado corresponde al propuesto por Matheron (1971), para datos geográficamente correlacionados mediante la ecuación:

$$\sigma^2_E = 2 \bar{\gamma}(S,V) - \bar{\gamma}(V,V) - \bar{\gamma}(S,S)$$

donde los términos de la ecuación se pueden representar mediante sus respectivos variogramas ($\gamma(h)$) según:

$$\gamma(S,S) = \frac{1}{n^2} \sum_{\alpha} \sum_{\beta} \gamma(x_{\alpha} - x_{\beta})$$

$$\bar{\gamma}(S,V) = \frac{1}{n^2} \sum_{\alpha} \int_V \gamma(x_{\alpha} - y) dy$$

$$\bar{\gamma}(V,V) = \frac{1}{V^2} \int_V dx \int_V \gamma(x - y) dy$$

donde V es el área de distribución del recurso, (α, β) los índices de los intervalos básicos de muestreos y n el número de muestras en V .



La varianza σ_e es entonces la diferencia entre la integral doble de la función de estructura ($\bar{\gamma}(S,V)$) y sus dos aproximaciones discretas sobre la grilla de muestreo ($\bar{\gamma}(S,V)$ y $\bar{\gamma}(S,S)$), de los cuales estos últimos no pueden ser calculados sin recurrir a un modelo de variograma.

La varianza σ_e depende de la estructura espacial a través de tres factores geométricos; de la geometría del campo para $\bar{\gamma}(V,V)$; de la disposición entre los intervalos básicos de muestreo para $\bar{\gamma}(S,S)$ y de la posición de la red de muestreo en el campo para $\bar{\gamma}(S,V)$.

1.7.4 Estimación del coeficiente de error (%) y Coeficiente de variación (CV)

Con el objeto de disponer de una medida de la precisión alcanzada en el estimado de biomasa, se utiliza el porcentaje de error y coeficiente de variación.

Porcentaje de error:

$$E(\%) = \frac{t(1 - \frac{\alpha}{2}) \sqrt{\hat{V}(\hat{B})}}{\hat{B}} 100$$

donde:

- $\hat{V}(\hat{B})$ = varianza de la abundancia ó biomasa
- \hat{B} = Abundancia o biomasa
- T = test de Student
- α = nivel de significación.

Coeficiente de variación:

$$CV = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{B})}}{\hat{B}}$$



2. Objetivo 2.2. *Estimar la composición de talla, peso, edad y proporción sexual del stock recluta de anchoveta y sardina común en el área y periodo de estudio.*

2.1 Determinación de la estructura de tallas y pesos de la anchoveta y sardina común en la zona de estudio.

2.1.1 Muestreo de las capturas de lances de mediagua

La totalidad de los lances de pesca del B/C “Abate Molina” fueron muestreados a fin de determinar la captura total del lance y la composición específica, realizándose un muestreo aleatorio simple de las anchovetas y/o sardina común, tendiente a obtener la composición de tallas por clase y su peso medio a la talla, así como un análisis biológico de las muestra, recolectándose estructura de peso, tallas, sexo, estado de madurez y extrayéndose otolitos. También se recolectaron muestras desde los lances realizados por las lanchas cerqueras L/M Eben Ezer I, Doña Carmela y Samaritano II, participantes en el estudio del sesgo de orilla.

En el caso que la sub estratificación sea positiva, permitiendo crear estratos, los datos se tratan como un diseño de muestreo bi-etápico, tomando como unidades de muestra primaria a los lances y unidades secundarias a una sub-muestra de ejemplares del lance.

- **Muestreo de proporción**

En cada lance se sacaron tres cajas de 25 kg c/u aproximadamente, clasificándose y pesándose por especie, de este modo se determina la proporción de especies presente en el lance.



- **Muestreo de longitud**

El muestreo de longitud consiste en seleccionar en cada lance 150 ejemplares al azar, aproximadamente 4 kilos, de anchoveta o sardina común o de cada una, si fuera captura mezclada y si el volumen de la muestra lo permite. Cada uno de los ejemplares se mide y clasifica por categoría de tamaños cada medio centímetro con ictiómetro con escala desplazada en 0,25 cm, lo que entrega clases de tamaño de 0,5 cm.

Posteriormente, en cada categoría de tamaño, los ejemplares se clasifican por sexo (hembras, machos e indeterminados), se cuentan y pesan.

- **Muestreo biológico y de otolitos**

Esta actividad es independiente del muestreo de longitud y consiste en seleccionar de cada lance al azar N=150 ejemplares (aproximadamente 4 kilos). En cada ejemplar se realizan las siguientes mediciones: longitud total, peso total, peso eviscerado, peso gónada, sexo y estado de madurez. Además se extraen los otolitos. Todas las medidas se registran en los formularios de muestreo biológico y de otolitos.

- **Fijación de las muestras**

El material biológico que se considere importante preservar para su análisis en laboratorio en tierra, fue fijado en una solución diluida de 3 lt de formalina (formaldehído 37%) en 22 lt de agua de mar y 2,5 g de bórax en polvo.



2.1.2 Estructura de tallas

Se post- analizaron las posibles estratificaciones de las tallas o pesos medios a la talla de zonas o 3reas de caracter3sticas similares mediante pruebas estad3sticas chi- cuadrado (Conover, 1980). Para probar la hip3tesis de homogeneidad en las distribuciones de tallas se utilizaron las estructuras de tallas y pesos medios espec3ficos provenientes de los lances de pesca de mediagua, agrupados en sub- zonas, determin3ndose de este modo, las caracter3sticas de las estructuras de longitudes y pesos medios espec3ficos.

2.1.3 Estimador de la composici3n en talla

Los estimadores son expresados por estrato, en la eventualidad que el post- an3lisis de los datos indique la existencia de ellos.

Notaci3n

- h : 3ndice de estrato (1,, L)
- k : 3ndice de clase de talla (1,..... K)
- l : 3ndice de lance (1, 2,.....)
- t : n3mero de lances en la muestra
- T : n3mero total de lances en el 3rea
- n : muestra de ejemplares en el lance (j= 1,.....n)
- x : captura en n3mero de ejemplares en el lance.
- y : captura en peso en el lance.

$$p_{hk} = \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}}{\sum_{l=1}^{t_h} X_{hl}} p_{hkl}$$



donde:

$$p_k = \frac{n_k}{n}$$

a. Estimador de la varianza de P_{hk}

$$\hat{V}(p_{hk}) = \left(\frac{1}{t_h} - \frac{1}{T_h}\right) \frac{1}{t_h - 1} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{X_h^2} (p_{hlk} - p_{hk})^2 + \frac{1}{t_h T_h} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{X_h^2} \left(\frac{1}{n_{hl}} - \frac{1}{N_{hl}}\right) S_{hl}^2$$

donde:

$$\bar{x}_h = \frac{1}{t_h} \sum_{l=1}^{t_h} X_{hl}$$

$$S_{hl}^2 = \frac{1}{n_{hl} - 1} p_{hlk} (1 - p_{hlk})$$

donde la captura en número por lance es:

$$X_{hl} = \frac{Y_{hl}}{w_{hl}}$$

$$\bar{w}_{hl} = \sum_{j=1}^{n_{hl}} \frac{w_{hlj}}{n_{hl}}$$

2.1.4 Pesos medios a la talla

Notación

La notación es la misma que la presentada en el punto anterior y donde w_j representa el peso de cada ejemplar.



a. Estimador del peso medio a la talla por estrato

$$\bar{w}_{hk} = \frac{\sum_{l=1}^{t_h} X_{hl} \bar{w}_{hkl}}{\sum_{l=1}^{t_h} X_{hl}}$$

donde:

$$\bar{w}_{hkl} = \frac{1}{n_{hkl}} \sum_{j=1}^{n_{hkl}} w_{hkjl}$$

b. Estimador para la Varianza de \bar{w}_{hk}

$$\hat{V}(\bar{w}_{hk}) = \left(\frac{1}{t_h} - \frac{1}{T_h}\right) \frac{1}{t_h - 1} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{X_h^2} (\bar{w}_{hkl} - \bar{w}_{hk})^2 + \frac{1}{t_h T_h} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{X_h^2} \left(\frac{1}{n_{hl}} - \frac{1}{N_{hl}}\right) S_{hkl}^2$$

donde:

$$S_{hkl}^2 = \frac{1}{n_{hl} - 1} \sum_{j=1}^{n_{hl}} (w_{hkjl} - \bar{w}_{hk})^2$$

2.1.5 Expansión al área total

a. Composición por talla

a1. Estimador de la composición por talla

$$p_k = \sum_{h=1}^L \frac{X_h}{\sum_{h=1}^L X_h} p_{hk}$$



b. Estimador de la varianza P_k

$$\hat{V}(p_k) = \sum_{h=1}^L \left(\frac{X_h}{\sum_{h=1}^L X_h} \right)^2 \hat{V}(p_{hk})$$

donde X_h representa la captura total en n3mero para el estrato h .

c. Estimaci3n del peso medio por talla para el 3rea de estudio

c.1. Estimador del peso medio por talla

$$\bar{w}_k = \frac{\sum_{h=1}^L X_h}{\sum_{h=1}^L X_h} \bar{w}_{hk}$$

c.2. Estimador de la varianza w_k

$$\hat{V}(\bar{w}_k) = \sum_{h=1}^L \left(\frac{X_h}{\sum_{h=1}^L X_h} \right)^2 \hat{V}(\bar{w}_{hk})$$

2.1.6 Relaci3n longitud/peso

La estructura de pesos se determin3 utilizando los pesos a la talla. Para analizar la relaci3n entre la longitud y el peso de la anchoveta y sardina com3n, se utiliz3 el an3lisis de regresi3n lineal simple linearizado. Este modelo estim3 los par3metros de las curvas v3a m3nimos cuadrados ordinarios. Puesto que la variable peso se relacion3 con la variable longitud a trav3s de una relaci3n potencial, para ajustar la regresi3n se utiliz3 una transformaci3n logar3tmica, seg3n el modelo:

$$y = \beta_0 x^{\beta_1}$$



$$\log (y) = \log \beta_0 + \beta_1 \log (x)$$

donde y es el peso de los ejemplares y x corresponde a la longitud de los individuos. β_0 y β_1 son los parámetros del modelo, siendo el primero el intercepto o la constante, y el segundo la pendiente o coeficiente de regresión, que en términos biológicos corresponde al índice o tasa de crecimiento relativo.

Se ajustaron los modelos por zona de pesca. Para conocer la significancia de las estimaciones se planteo las siguientes hipótesis, entre zonas de pesca, de la siguiente forma:

$$H_0 : \quad \beta_1 \text{ es igual a } \beta_2$$

$$H_1 : \quad \beta_1 \text{ distinto a } \beta_2$$

Para verificar si existen diferencias significativas entre los modelos ajustados, se realizó un análisis estadístico tendiente a verificar específicamente si existen diferencias entre los coeficientes de regresión estimados. Para esto se utilizó la siguiente expresión:

donde:

$$t = \frac{b_1 - b_2}{S_{b_1 - b_2}}$$

donde:

$$S_{b_1 - b_2} = \sqrt{\frac{(S_{xy}^2)_p}{(\sum x^2)_1} + \frac{(S_{xy}^2)_p}{(\sum x^2)_2}}$$

$$(S_{yx}^2)_p = \frac{RSS_1 + RSS_2}{RDF_1 + RDF_2}$$



donde RSS_1 y RSS_2 corresponden a la suma residual de cuadrados de la regresión 1 y 2 respectivamente; RDF_1 y RDF_2 corresponden a los grados de libertad residuales de la regresión 1 y 2, respectivamente. La ecuación tiene una distribución t de student con $n_1 + n_2 - 4$ grados de libertad (Zar, 1974).

2.2 Descripción de los estadios de madurez de anchoveta y sardina común

El exámen macroscópico de las gónadas de sardina común y anchoveta permite determinar sus estadios de madurez sexual, clasificándolas según la escala de Simpson y Gil (1967); mediante la que se pueden distinguir en machos y hembras, seis estados de desarrollo gonádico. Esta escala de maduración sexual, presenta VI estadios de desarrollo de la gónada a diferencia de (Holden y Raitt, 1975) que tiene V estadios y agrupa los estadios IV y V como IV.

Los juveniles de ambas especies presentan las gónadas en un estado de inmadurez virginal a partir del cual se sigue una evolución progresiva que se mantiene hasta que alcanzan la primera madurez sexual. Los adultos muestran ciclos periódicos con las gónadas en diferentes estados, durante el año, y son procesos reversibles que se repiten a través de la vida.

Las gónadas de los ejemplares de sardina común y anchoveta son clasificadas de acuerdo a la siguiente escala de madurez:



Estadios de los machos

I	Los testículos son muy pequeños cristalinos e incoloros, de forma foliácea-viscelada, se encuentran bien adheridos a la parte posterior de la cavidad visceral; medidos in situ tienen de 1 a 3 mm de ancho y de 6 a 8 mm de largo. Corresponden a los ejemplares juveniles cuya longitud total es entre 7,5 a 10,0 cm.
II	El desarrollo se incrementa, en ancho y largo. Posen un promedio de 5 mm de ancho y de 8 a 15 mm de largo. El color es blanco rosáceo y se pueden observar, a simple vista, las arterias en la parte anterior de la gónada. Corresponden a ejemplares cuya longitud total extrema es mayor a 10,0 cm.
III	Han aumentado considerablemente en ancho y largo; la coloración se ha tornado un blanco lechoso y se observa muy tenuemente una coloración rosada. Las arterias cubren toda la superficie de la gónada. Se observan también sobre la superficie pequeñas zonas turgentes.
IV	Ocupan ahora gran parte de la cavidad visceral, pues han avanzado tanto hacia adelante como hacia atrás. La coloración es completamente cremosa y a la menor presión que se haga sobre la gónada, es suficiente para la expulsión de esperma.
V	Han alcanzado un máximo desarrollo e incluso se encuentran cubriendo parcialmente al intestino, la liberación de esperma es casi espontánea. Se puede observar en la parte caudal de la gónada una coloración rojo vinoso ocasionada por la hemorragia interna por ruptura de las arterias que la irrigan. Los testículos se observan completamente flácidos similares a dos bolsas vacías y su coloración es rojo oscuro. Se han reducido tanto en largo como en ancho este es el estado de reversión testicular y reposo.



Estadios de las hembras

I Inmaduros. Los ovarios son tubulares. Muy delgados, de aspectos brillantes y la coloración es amarillenta pálida. No se observan óvulos. Se encuentran bien adheridos a la parte posterior de la cavidad visceral, inmediatamente detrás del intestino y sobre la vejiga natatoria. Corresponden a ejemplares de longitud entre 7,5 y 10,0 cm.
II Virginal en maduración o adultos en recuperación Se presentan más delgados y anchos, tubulares y más voluminosos y turgentes. La coloración se acentúa más a un tono amarillo anaranjado. Aumenta el desarrollo arterial y se ve, a simple vista, como una red. En el interior se puede observar una masa formada por septos ováricos que nacen de la membrana y se dirigen hacia el lumen. Los tabiques se hallan bien adheridos entre sí y contienen ovocitos de distintos tamaños y fases de desarrollo.
III Maduro. Aumenta de tamaño conservando una forma aproximadamente cilíndrica aunque son aplanados lateralmente y bastante túrgidos. Se incrementa el suministro arterial. Son de color naranja intenso. Se observan óvulos grandes, de formas ovalada y de color blanquecino opaco, separados en sus septos ováricos.
IV Hidratado. Han aumentado considerablemente de tamaño ya que ocupan gran parte de la cavidad visceral y son globosos. El diámetro sigue aumentando y se ensancha mucho más hacia delante, mientras que la extremidad posterior es más aguda, presentando en consecuencia un contorno piriforme alargado. El color es anaranjado más intenso; los óvulos son translúcidos, desprendiéndose fácilmente de los folículos, o bien, se encuentran sueltos en la cavidad interior del ovario. Con frecuencia es posible lograr que salgan al exterior ejerciendo una pequeña presión en las paredes de la gónada. Es difícil encontrar ejemplares en este estado, ya que se considera que el tiempo que separa este estado del siguiente es muy breve.
V Desovando. Han alcanzado su máximo desarrollo cubriendo en parte el intestino y están en pleno proceso de desove. La coloración varía del anaranjado intenso a un rojizo sanguinolento ocasionado por la rotura de los septos ováricos, luego de alcanzar los óvulos su maduración total. Ocurre a veces que las gónadas pueden ser catalogadas en el estado V se les observa como parcialmente desovados y con óvulos en pleno desarrollo.
VI Desovado. Corresponde al post-desove y los ovarios se tornan flácidos y aplanados, dando la apariencia de bolsas vacías. Su color es anaranjado violáceo. La longitud está visiblemente reducida. El interior de la pared ovárica presenta un aspecto hemorrágico y los septos ováricos contienen ovocitos y óvulos grandes y opacos en vías de deformación y reabsorción. A esta fase de recuperación sigue el estado de reposo, después del cual se reinicia un nuevo ciclo sexual, partiendo del estado II.



2.3 Índice gonadosomático

El índice gonadosomático (IGS) se determinó según la expresión:

$$IGS = \frac{PO}{PT - PO} 100$$

donde:

PO = peso de la gónada (g)

PT = peso total del ejemplar (g)

2.4 Proporción sexual

Para estimar la proporción sexual de las anchovetas y sardina común por lances se utilizó la expresión:

$$\hat{PS} = \frac{n_i}{n}$$

donde:

n_i : corresponde al número de ejemplares (anchovetas o sardinas) hembras y

n : corresponde al número total de ejemplares presentes en la muestra (anchovetas o sardinas).

2.5 Determinación de la estructura de edad de anchoveta y sardina común

Para la determinación de la estructura de edad de anchoveta y sardina común se utilizó el recuento de anillos de crecimiento que se manifiestan en los otolitos.

En el proceso intervienen los siguientes elementos:



2.5.1 Lecturas de otolitos

Corresponde al proceso de determinaci3n de edad de las muestras de otolitos, mediante el an3lisis de las marcas anuales presentes en estas estructuras y la asignaci3n del grupo de edad al cual pertenecen los ejemplares de acuerdo a la edad determinada, la 3poca de captura y la fecha de cumplea3os arbitrario adoptada (anchoveta: 1° de enero; sardina com3n 1° de julio) .

Los otolitos le3dos corresponden a una submuestra aleatoria obtenida del total de otolitos recibidos del crucero. El tama3o de la muestra a leer se estableci3 mediante un procedimiento estad3stico que considera entre otras, las zonas de estudio, las clases de tallas y los grupos de edad presentes Young *et al.*, (2006). Esto permite asegurar la representaci3n que debe tener la submuestra analizada de la estructura de la poblaci3n.

2.5.2 Elaboraci3n de la clave edad-talla

La clave edad-talla es la matriz que representa la distribuci3n por grupo de edad y por clase de talla de los ejemplares en las muestras analizadas del per3odo en estudio. La clave edad-talla es el elemento de mayor importancia ya que en ella est3 contenida la mayor informaci3n biol3gico-pesquera de la poblaci3n en explotaci3n, ya que indica c3mo es el reclutamiento, la fuerza de los diferentes grupos de edad, etc.

La ecuaci3n que representa la elaboraci3n de la clave edad-talla es:

$$P_{L(X)} = \sum n_{L(X)c} / n_{Lc}$$



donde:

- X : grupo de edad
- L : longitud total del pez
- $P_{L(X)}$: probabilidad de edad X de los individuos con longitud L.
- $n_{L(X)}$: número de individuos de edad X con longitud L en la clave edad-talla.
- n_{Lc} : número total de individuos de longitud L en la clave edad-talla.

2.5.3 Composición en número por grupo de edad

Denominada también como estructura de edad, corresponde a la expansión de la abundancia mediante la clave edad-talla determinada. Así esta composición corresponde a la matriz que representa la distribución de los ejemplares que están presentes en la captura, por grupo de edad y por estrato de tamaño. Además, se logra otra información como la longitud promedio por grupo de edad y sus varianzas.

Las ecuaciones que representan al proceso de elaboración de la composición en número son las siguientes:

$$N_{L(X)} = P_{L(X)} * N_L$$

$$N_{(X)} = \sum P_{L(X)} * N_L$$

donde:

- X ; L y $P_{L(X)}$: igual que en la ecuación de claves edad-talla.
- $N_{L(X)}$: número de individuos de una longitud L correspondiente a una determinada edad X
- $N_{(X)}$: número de individuos a la edad X.
- N_L : número de individuos a la longitud L.



- 3. Objetivo 2.3.** *Determinar las áreas de reclutamiento principales de ambas especies y analizar su distribución y abundancia latitudinal y batimétrica, caracterizando y relacionando, además, las condiciones oceanográficas y meteorológicas, la oferta ambiental de alimento predominantes en los principales focos de abundancia durante los cruceros de evaluación.*

3.1 Distribución espacial de los recursos

La información proveniente del crucero de prospección, procesada según los procedimientos descritos anteriormente se presenta en mapas de distribución geográfica, utilizando una escala de densidad (t/mn^2), determinada por la expresión (**Tabla 1**):

$$I = 75 (2^{(n-1)})$$

donde:

I = intervalo de densidad.

n = representa el nivel de la categoría, siendo $0 < n \leq 4$.

Lo anterior, permite visualizar claramente las áreas de mayor concentración de los recursos (Simmonds y MacLennan, 2005).

Los mapas de distribución espacial de anchoveta, se confeccionaron mediante el uso de los módulos de grillado y mapeo del software Surfer8. La interpolación se realizó mediante el método de la distancia inversa al cuadrado. La caracterización de las estructuras espaciales de anchoveta se realizó mediante el uso de variogramas, herramienta analítica que permite describir la estructura espacial de una variable (Maravelias *et al.*, 1996, Maynou *et al.*, 1998).



En el método geoestadístico, los datos son interpretados como una representación muestral de un proceso aleatorio dentro del área de estudio, a través de un variograma, el cual mide la variabilidad media entre dos mediciones experimentales $(Z(x_i) - Z(x_i + h))^2$ como función de su distancia h , definida mediante la ecuación:

$$2\gamma(x, h) = E[Z(x) - Z(x + h)]^2$$

El supuesto de estacionaridad de segundo orden del método intrínseco implica que la media y la varianza de los incrementos son constantes. Bajo este supuesto el variograma experimental $\gamma^*(h)$ se calcula como:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_i [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Siendo $Z(x_i)$ el valor experimental en el punto x_i y $N(h)$ el número de pares de datos en la distancia h .

Los modelos de variograma utilizados fueron los propuestos por Cressie (1993) según:

Modelo esférico:

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0, & |h| = 0 \\ c_0 + c_s \left\{ \frac{3}{2} \left(\frac{|h|}{a_s} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{|h|}{a_s} \right)^3 \right\} & 0 < |h| \leq a_s \\ c_0 + c_s & |h| > a_s \end{cases}$$



Modelo exponencial:

$$\gamma(h) = c_0 + c_s \left(1 - e^{-\frac{h}{a}} \right)$$

Donde, c_0 corresponde a la variabilidad de microescala, c_s representa la varianza estructural del modelo de variograma y a_s el rango o distancia hasta la cual los datos presentan correlación. La suma de ambas variabilidades ($c_0 + c_s$), representa el “sill” o nivel máximo de variabilidad de los datos.

El ajuste de los modelos a los datos del variograma experimental, se realizó mediante el método de mínimos cuadrados ponderados descrito por Cressie (1993) minimizando la función:

$$\sum_{i=1}^H |N(h_{(j)})| \left\{ \frac{\hat{\gamma}(h_{(j)})}{\gamma(h_{(j)})} - 1 \right\}^2$$

Cada residuo al cuadrado es ponderado de acuerdo a $N(h_j)$ y al inverso de $\gamma(h_j)^2$, lo que tiene la propiedad de aumentar la ponderación de los puntos cercanos al origen del variograma permitiendo obtener un buen ajuste en las cercanías de su origen y disminuir la ponderación de los puntos no representativos (Cressie, 1993; Rivoirard *et al.*, 2000).

La distribución batimétrica de los recursos detectados se presenta en histogramas de frecuencia del número de cardúmenes registrados a la profundidad. La profundidad corresponde al promedio de los valores máximos y mínimos en que se detectó el cardumen.

Los mapas de distribución espacial se confeccionaron realizando una interpolación según el método de la distancia inversa al cuadrado entre las ESDU y transectas



cercanas, trazando líneas de isodensidad según las categorías señaladas anteriormente.

La fracción de reclutas de cada especie fue obtenida desde las estructuras de tallas de los lances de pesca de reconocimiento, agrupadas según la estratificación señalada anteriormente. El procedimiento utilizado fue el siguiente:

- En cada ESDU con lectura acústica, se dividieron los s_A por la frecuencia de tallas agrupadas en las áreas separadas y testeadas según DHG, según:

$$s_{Ak} = s_A f_k$$

Siendo:

s_{Ak} = lectura acústica por ESDU asignada a anchoveta ó sardina

f_k = frecuencia de tallas de la especie sardina ó anchoveta agrupadas en la zona determinada en la estratificación.

s_A = lectura acústica por ESDU de la especie anchoveta ó sardina común.

- Se agruparon los s_{Ak} por cada especie y ESDU en reclutas para sardina común ($k < 11,5$) y para anchoveta ($k < 12$), adultos de sardina común ($k \geq 11,5$ cm.) y anchoveta ($k \geq 12$ cm) y total para cada especie.
- Se mapeo la distribución de reclutas, adultos y total, según procedimiento descrito en la metodología.



3.2 Caracterización de las condiciones hidrográficas y meteorológicas de la zona de estudio durante el verano del 2011

3.2.1 Recolecta de muestras y registro de datos

En el crucero se realizaron 26 transectas oceanográficas perpendiculares a la costa y separadas cada 20 mn (cada dos transectas de muestreo acústico), excepto entre las secciones 18 y 22 (Golfo de Arauco) en que la separación fue cada 10 mn. En las transectas oceanográficas se distribuyeron de 2 a 6 estaciones bio-oceanográficas entre 1 y 39 millas de la costa como máximo según la batimetría. Se realizaron además 22 estaciones costeras (intertransectas) ubicadas a 1 mn, lo que sumado a lo anterior definió un total de 129 estaciones para el crucero (**Fig. 1**).

En cada estación se obtuvo registros verticales de temperatura, salinidad, oxígeno y fluorescencia, hasta una profundidad máxima de 500 m, con un perfilador continuo CTD Sea Bird modelo 911 en tiempo real, que está equipado con doble sensor de temperatura y salinidad, un sensor de oxígeno y uno de fluorescencia. Este instrumento trabaja en conjunto con un sistema de muestreo vertical tipo Roseta marca Sea Bird equipado con 12 botellas tipo Niskin de 5 L de capacidad. En 48 estaciones debido a lo fuerte de los vientos se ocupó un CTD Sea Bird 19 plusV2 en modo utocontenido y se realizó botellero manual para los análisis discretos. No obstante lo anterior y producto del mal tiempo las estaciones 84, 85, 93 a 98, 115 a 118 y 121 a 125 se realizó sólo muestreo superficial de clorofila.

En las estaciones se obtuvo muestras para análisis discreto de clorofila-a en las profundidades estándar a 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, mientras que para el oxígeno disuelto, a las profundidades anteriores, se agregaron las profundidades de 150, 200, 300 y 500 m.



Con las muestras de agua recolectadas se realizaron a bordo los análisis conducentes a la obtención de la concentración de oxígeno disuelto (OD), mediante el método Winkler modificado por Carpenter (1965).

Para los análisis de clorofila-a, se colectó un total de 713 muestras, las que se filtraron *in situ* con un sistema de filtrado múltiple, utilizando filtros de fibra de vidrio (MFS GF-75, 0,7 μm , 25 cm de diámetro) (Jeffrey *et al.*, 1997), con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL.

La extracción de la muestra para el análisis de clorofila-a, se realizó en forma pasiva, con una solución acuosa de acetona al 90 % v/v, por un período de 12 horas y a casi 0°C. La lectura del sobrenadante se efectuó en ambiente de baja luminosidad con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación descrita en Parsons *et al.* (1984), utilizando para tales efectos un fluorómetro digital marca Turner Designs, modelo 10AU, calibrado con un estándar puro de clorofila-a marca Sigma Chemicals.

Durante la realización de las estaciones bio-oceanográficas se registró información meteorológica de carácter básico: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), presión atmosférica, intensidad y dirección del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y dirección de las olas. En el registro se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991). Los datos de viento fueron registrados con un anemómetro fijo marca Osaka Nunotani Seiki, y los datos corresponden al valor predominante observado durante la ejecución de la estación. Durante la navegación se recopiló también información del viento en forma horaria que corresponde al valor predominante observado.



3.2.2 Procesamiento de la información oceanográfica

La información del CTD del crucero se procesó de acuerdo a procedimientos estándar recomendados por el fabricante Sea Bird. El control de calidad de los datos de CTD SBE 9 se realizó comparando la información de temperatura y salinidad de ambos sensores. Para la revisión de datos del el CTD SBE 19 se utilizaron perfiles duplicados con el CTD SBE 9.

Los valores de salinidad se entregan en forma adimensional, siguiendo recomendaciones de UNESCO (1981a); por conveniencia se anotan omitiendo el factor 10^{-3} y la unidad psu. Para el ajuste de los datos del sensor de oxígeno del CTD se utilizaron los datos discretos de las estaciones del crucero.

Con los datos de crucero ya procesados se confeccionaron las cartas de distribución superficial y vertical de las variables: temperatura, salinidad, oxígeno y densidad (sigma-t).

Con los datos verticales se obtuvo información de la capa de mezcla (espesor), termoclina (espesor y profundidad de la base), el límite superior de la capa de mínimo OD (profundidad). Con esta información se realizaron las respectivas cartas.

Con respecto a la metodología de cálculo de estas estructuras verticales (ej. capa de mezcla, termoclina, y capa de mínimo OD) el criterio a utilizar fue el siguiente:

- Capa de mezcla: Se considera como espesor de la capa de mezcla, la profundidad de la capa de agua superficial que presente una diferencia menor a $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0,1\text{ psu}$ y $0,1\text{ Kg/m}^3$ con los datos correspondientes observados en el primer metro de la columna de agua. Los datos de observación de esta variable fueron los datos de CTD.



- Termoclina: Se define como termoclina la capa de agua que presentó una variación de temperatura mayor o igual a $0,1^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Los cálculos de gradiente para la definición de termoclina y el valor de gradiente máximo se obtuvo por diferencia de temperatura entre dos niveles consecutivos (cada un metro). El valor de gradiente promedio se obtuvo de los gradientes metro a metro que se registraron en la termoclina.

- Límite de la capa de mínimo oxígeno disuelto: Corresponde a la profundidad de ubicación de la concentración de 1 mL/L de oxígeno disuelto. Se utilizaron los datos del sensor de oxígeno corregido.

Para el cálculo de densidad del agua se utilizó la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 dada por Millero y Poisson (1981) y UNESCO (1981b y 1981c). Para señalar la densidad se utilizará la denominación sigma-t. Un valor sigma-t expresa para 1 cm^3 el número de miligramos que sobrepasa la unidad.

Para el análisis de las masas de agua se confeccionaron diagramas T-S utilizando las estaciones agrupadas por sector. El sector norte comprende las estaciones desde el límite norte hasta los 37°S , mientras que el sur lo hace con las estaciones con latitud mayor a 37°S hasta el límite sur. Un tercer grupo de estaciones corresponde a aquellas ubicadas dentro del golfo de Arauco.

Con los datos de viento horario obtenidos durante la ejecución del crucero se elaboró una carta de intensidad y dirección, las cuales se utilizaron principalmente en la interpretación de los datos oceanográficos superficiales. Lo anterior permite discutir la posible asociación de condiciones oceanográficas locales con el comportamiento



del viento durante el crucero. Para un mejor análisis se separaron en distintas cartas los vientos de intensidades menores a 5, 5 a 10 y mayor a 10 m/s, como también los vientos con dirección hacia el sur.

Los vientos horario medidos durante la navegación fueron corregidos en forma vectorial, restándose el efecto de navegación de la embarcación de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_r = V_m - V_b$$

Donde:

V_r = vector del viento real

V_m = vector del viento medido durante la navegación

V_b = vector del viento relativo producido por la navegación del buque.

Con la información de viento horario se calculó también el índice de surgencia (IS) instantáneo (Bakun 1973, 1975 y 1987) y a partir de estos se obtuvo el IS promedio de las observaciones realizadas cada 1° de latitud. El IS promedio fue representado por flechas en una carta de la zona, indicando en forma proporcional la magnitud del transporte y la dirección de éste.

El Índice de Surgencia instantáneo se expresa como transporte Ekman hacia el Oeste (M_x) por la siguiente ecuación:

$$M_x = t_y / f \quad (1)$$

donde:

M_x = transporte de masa hacia el oeste

t_y = coacción del viento sobre la superficie en la dirección norte-sur

f = parámetro de Coriolis



siendo:

$$f = 2 \omega \text{ Sen } (l) \quad (2)$$

donde en (2) :

ω = velocidad angular de la tierra

l = latitud del lugar

a su vez, de la ecuaci3n 1:

$$t_y = r_a C_d v |W| \quad (3)$$

donde en (3):

r_a = densidad del aire (1.25 Kg/m³)

C_d = coeficiente de arrastre (0,0013 sin dimensiones)

v = componente norte sur de la velocidad del viento

$|W|$ = magnitud de la velocidad del viento

El valor de C_d (coeficiente de arrastre) que se utiliz3 en los c3lculos fue igual a 0,0013 de acuerdo a Bakun y Parrish, (1982).

Con la informaci3n de viento horario registrado durante la navegaci3n se determin3 tambi3n el 3ndice de turbulencia (IT), el cual corresponde al cubo de la magnitud de la velocidad del viento (W^3) (Bakun y Parrish, 1982). Con la informaci3n de los datos individuales de IT se obtuvo un valor de IT promedio costero dentro de un grado de latitud. Los valores promedio fueron graficados como barras sobre una carta que muestra la zona de estudio.



La información meteorológica obtenida en cada una de las estaciones bio-oceanográficas será remitida al CENDOC a fin de mantener actualizada la base de datos meteorológica del país.

Respecto a la clorofila-a, una vez cuantificadas las concentraciones se parearon con los datos de fluorescencia *in vivo* y se procedió a realizar la estimación de clorofila a través de la fluorescencia por cada estación. En los casos donde no se contó con muestras de laboratorio se escogió la estación más cercana que tuviera un comportamiento similar. Sólo en tres estaciones no se encontró un buen ajuste, estaciones 52, 48 y 76, por lo que se consideró los valores discretos de laboratorio en el análisis de la variable.

Esta información permitió confeccionar cartas de distribución vertical para todas las transectas, además de las cartas superficiales. Los resultados de clorofila estimada y de los productos de degradación o feopigmentos se expresan en $\mu\text{g/L}$.

La concentración de los feopigmentos fue analizada solamente como un índice relativo de la degradación de la biomasa fitoplanctónica activa.

Para la adecuada representación de la estructura biológica de toda la columna, se calculó el valor de la clorofila a integrada (Lohrenz *et al.*, 1988), utilizando la siguiente ecuación:

$$\sum Cloa = \sum_0^{100} (C_{i+1} + C_i)(D_{i+1} - D_i) / 2$$

Donde:

$\sum Cloa$ es la clorofila integrada en la columna de agua entre 0 y 100 m como máximo



- i son las profundidades de muestreo discretas definidas en el punto 1.1 para el feopigmento y por metro en la clorofila estimada
- C_i y C_{i+1} son las concentraciones de clorofila ($\mu\text{g/L}$), en la profundidad i , desde superficie a la profundidad m3xima de 100 m.
- D_i y D_{i+1} son las profundidades respectivas (m).

Este c3lculo expresa la clorofila-a de toda la columna en unidades de 3rea (mg/m^2), lo que permite representar adecuadamente los m3ximos sub-superficiales de la biomasa fitoplanct3nica, los que pueden ser subestimados si se considera s3lo la clorofila-a superficial. Esta informaci3n se entrega en cartas de distribuci3n tanto para la clorofila integrada como para los feopigmentos integrados.

3.2.3 Informaci3n satelital del periodo del crucero

Las im3genes de TSM y clorofila fueron confeccionadas con datos semanales de promedio compuesto de 8 d3as que fueron obtenidos del programa "Ocean Color Web" que distribuye datos del sat3lite MODIS-Aqua (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>), con una resoluci3n espacial de 4 x 4 km y resoluci3n temporal variada. Promedio compuesto significa que cada pixel fue promediado de acuerdo a la cantidad de informaci3n disponible en el periodo de 8 d3as, quedando en blanco o como nube si al menos no hay un solo dato v3lido para el pixel. En ambas variables, las im3genes satelitales promedio semanales dan mejor cuenta de su distribuci3n espacial que una imagen de un solo d3a. Los promedios semanales corresponden a los siguientes periodos: 1 a 8, 9 a 16, 17 a 24 de enero y 25 de enero a 1 de febrero de 2010. Sensores AVHRR a bordo del sat3lite permiten obtener la TSM de la primera capa del oc3ano tanto de d3a como de noche. En el caso de la clorofila 3sta corresponde a la clorofila (cloas) integrada hasta el 20 % de penetraci3n de la luz.



Datos diarios del campo superficial de corrientes geostróficas fueron obtenidos del Centro de Datos de Oceanografía Satelital, Interpretación, Validación y Almacenamiento llamado AVISO (<http://www.jason.oceanobs.com>), con una resolución espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ y temporal de cada un día, y distribuidos con un mes de desfase. Estos datos satelitales son el resultado del procesamiento combinado de todos los satélites disponibles usando una interpolación óptima y tomando en cuenta los errores a lo largo de la longitud de onda (Ducet *et al.*, 2000). La combinación de diferentes satélites proporciona mapas más realistas mejorando la descripción de la variabilidad de meso-escala del océano. De esta información se obtuvo una imagen diaria de anomalías del nivel medio del mar en 4 días representativos durante el desarrollo del crucero y que son: 5, 12, 20 y 30 de enero de 2011. Las corrientes geostróficas superficiales se representan como flechas.

La anomalía de temperatura satelital del mes de enero de 2011 se calculó a partir de la elaboración de un promedio de enero de la serie julio 2003- 2011 y luego restando este promedio al dato mensual indicado, que corresponde al momento de realización del crucero.

3.2.4 Condiciones oceanográficas en el periodo 2002-2011

Para el análisis de las condiciones oceanográficas en el periodo julio 2002-abril 2011 en la zona norte, se confeccionaron diagramas de clorofila satelital y anomalía de temperatura en formato 2D (latitud vs tiempo) llamado Hovmüller para el área entre los 33° y 42° S. Estos diagramas se realizaron para el sector costero (primeras 20 mn) y el oceánico (40 a 60 mn). La información utilizada para estos diagramas son datos promedio compuesto mensuales de temperatura y clorofila que fueron obtenidos del programa "Ocean Color Web"



que distribuye datos del satélite MODIS-Aqua (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Las anomalías de temperaturas satelital se calcularon a partir de la elaboración de una señal anual promediando los datos mensuales de cada mes en la serie julio 2002- abril 2011 y luego restando este promedio a los datos mensuales de la serie. Se confeccionó también una serie de tiempo del promedio de las anomalía de temperatura y un promedio de concentración de clorofila, ambos para el sector costero y oceánico en el mismo periodo.

3.2.5 Caracterización de la condición ambiental regional

Para el análisis regional se analizó el Índice Ecuatorial multivariado (MEI), el cual permite estimar las condiciones Ecuatoriales respecto a periodos fríos o cálidos. Este índice combina la Presión a nivel del Mar, las Componentes Zonal y Meridional del viento, la TSM, la temperatura superficial del aire y la fracción total de nubosidad en la zona Ecuatorial y es obtenido de la página de Internet de la NOAA <http://www.cdc.noaa.gov> . Se utilizó la serie de tiempo de los rangos bimensuales del MEI y la categorización de los procesos ENOS ocurridos entre julio 2002 y abril 2011 que usa el percentil 30 y quintil (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/rank.html>). La serie de rangos del MEI utiliza la serie entre 1950 y 2011.

3.3 Oferta ambiental de alimento en el verano del 2011

3.3.1 Area de estudio y diseño de muestreo

El crucero de investigación fue realizado a bordo del B/C Abate Molina, entre el día 05 y el 31 de Enero de 2011, coincidiendo con el término de la época de



desove de anchoveta y el inicio de la época de reclutamiento de sardina común y anchoveta en la zona de estudio (Cubillos *et al.*, 1998; Cubillos y Arcos, 2002).

El área de estudio correspondió al litoral marítimo comprendido entre los 34°00'S y los 41°40'S. En esta zona, la evaluación de la oferta ambiental de alimento (cuantificación del fitoplancton y zooplancton) se efectuó sobre un muestreo sistemático en estaciones dispuestas sobre el "track" hidroacústico, vinculadas tanto a transectas perpendiculares a la costa, de distancia variable debido a que el límite longitudinal fue la posición del veril de 500 m, como a estaciones situadas en los trayectos costeros situados entre las transectas (llamados aquí estaciones inter-transectas).

Este diseño involucró la ejecución de 25 transectos perpendiculares a la costa distanciados latitudinalmente en 20 mn, y 3 transectos de 3 estaciones cada uno en el interior del golfo de Arauco. Asimismo, en el punto medio de cada inter-transecta fue evaluada una estación de muestreo (**Fig. 1**).

3.3.2 Colecta de muestras y análisis de la información

3.3.2.1 Fitoplancton

Las muestras fitoplanctónicas fueron obtenidas mediante lances verticales desde una profundidad de 100 m a la superficie (dependiendo de la profundidad de ecosonda en cada estación de muestreo), utilizando una red cónica de 0,33 m de diámetro con un tamaño de abertura de malla de 40 μ . La velocidad de calado y virado de la red fue de aproximadamente 0,5 m s⁻¹ (Sournia, 1978; BMEPC, 1983) y la profundidad de muestreo fue corregida mediante la medición del ángulo del cable con un clinómetro manual (e.g. Kramer *et al.*, 1972).



Las muestras recolectadas fueron fijadas con una solución de formalina en agua de mar a una concentración final de 5%, tamponada con borato de sodio. Este método de fijación, aunque no es el óptimo para algunos taxa, es preferible cuando se quiere preservar la muestra como conjunto (Steedman, 1976; Beers, 1978). Las muestras fueron almacenadas en frascos plásticos con un volumen estandarizado de 500 ml, debidamente etiquetados y mantenidas en un lugar oscuro y fresco (BMEPC, 1983) para su posterior análisis en laboratorio.

La identificación y cuantificación del fitoplancton se realizó bajo un microscopio fotónico estándar NIKON, según la metodología establecida en Guillard (1978), utilizando una placa de línea brillante (Neubauer) de razón 1/100 de profundidad, un grillado mínimo de nueve cuadrados de 1 mm², con un volumen de 0,0025 ml para el área grillada. Para la estimación de la densidad fitoplanctónica, se utilizó la expresión descrita por Semina (1978) donde N es el coeficiente de conversión de número de células por metro cúbico, V₁ es el volumen filtrado, corregido a la profundidad real antes descrita, V₂ es el volumen colectado de la muestra (500 ml) en cada lance y V₃ es la alícuota utilizada para el conteo e identificación del fitoplancton.

$$N = (1/V_1) (V_2/V_3)$$

Previo al conteo, la muestra fue homogenizada con un movimiento continuo, para posteriormente extraer una alícuota de 1 ml depositándola en la grilla de conteo. Este proceso fue realizado con réplicas bajo el microscopio con un objetivo de 40x.

La determinación de los diferentes taxa componentes del fitoplancton fue establecida en base a lo reseñado principalmente en los trabajos de Rivera (1968, 1973), Rivera y Arcos (1975), Avaria y Muñoz (1983), Muñoz (1985) y Palma y Kaiser (1993).



3.3.2.2 Zooplancton

Las pescas zooplanctónicas fueron realizadas a través de arrastres verticales con redes de 60 cm de diámetro de boca, equipadas con mallas de 330 μ de abertura de poro y flujómetros TSK calibrados, evaluando los primeros 100 metros de la columna de agua (dependiendo de la profundidad de ecosonda en cada estación de muestreo), estrato que coincide con la disposición vertical de los recursos sardina común y anchoveta en el área de estudio. El ángulo del cable arriado fue medido al menos en dos ocasiones durante el lance mediante un clinómetro manual. Inmediatamente después de la colecta, las muestras planctónicas fueron extraídas del copo colector de la red, fijadas con una solución de formalina en agua de mar al 5% tamponada con borato de sodio y almacenadas en frascos plásticos con contratapa de 500 ml de capacidad, debidamente etiquetados. El volumen filtrado por la red fue calculado mediante la metodología reseñada en Smith y Richardson (1979) y Boltovskoy (1981).

En el laboratorio se analizó, ya sea la muestra total para estaciones con poca densidad zooplanctónica, como una alícuota de ella, que varió entre 1/2 y 1/32 de la muestra total, para estaciones con gran abundancia de zooplancton. Las alícuotas fueron obtenidas mediante un submuestreador Folsom (Griffiths *et al.*, 1984; Harris *et al.*, 2000).

El exámen de las muestras para su identificación y cuantificación fue realizado sobre estereomicroscopios Zeiss y Leica. La identificación de los zooplancteres se realizó sobre la base de taxa o grupos mayores pertenecientes al holoplancton y al meroplancton. La abundancia del zooplancton cuantificado fue estandarizada a través del volumen de agua filtrada (m^3) por la red en cada estación de muestreo y expresada como individuos por metro cúbico (en adelante ind. m^{-3}).



La determinación de los diferentes taxa componentes del zooplancton fue establecida en base al ordenamiento sistemático reseñado en los trabajos de Rose (1933), Fagetti (1962), Vidal (1968), Bougies (1974), Arcos (1975), Bjonberg (1981), Boltovskoy (1981), Mauchline (1998), Harris *et al.* (2000) y Conway (2006).

Los resultados son expresados mediante tablas que resumen la densidad (ind m^{-3}), ocurrencia (%) y abundancia relativa (%) de cada uno de los taxa identificados para todas las estaciones evaluadas durante la prospección. Así mismo, se presentan cartas de distribución horizontal considerando toda el área de estudio, de la densidad de zooplancteres que presentaron una dominancia numérica superior al 1% y/o que fueron considerados como ítem presa de sardina común y anchoveta a través del análisis de los contenidos gástricos de ambas especies reportado para las muestras colectadas en el crucero de evaluación de Enero de 2003 (Castillo *et al.*, 2003).

3.4 Relaciones entre la distribución de los recursos y las variables ambientales físicas y oferta de alimento

El análisis de las relaciones ambiente-recurso se realizó mediante dos enfoques. El primero consistió en la aplicación de Sistemas Geográficos de Información (SIG) para relacionar los distintos planos de información y el segundo mediante una modelación con métodos Aditivos Generalizados (GAM).

3.4.1 Análisis cartográfico entre la distribución de las variables oceanográficas y las especies

Se efectuó un análisis espacial de la distribución y abundancia de los recursos con las variables bio-oceanográficas temperatura, salinidad, oxígeno, cloa, zooplancton

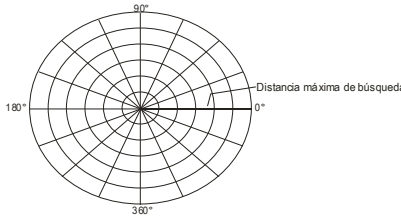


y fitoplancton las que se estimaron en base a la profundidad media de las agregaciones.

Las variables ambientales físicas (temperatura, salinidad, oxígeno), se estimaron mediante una interpolación lineal entre las estaciones bio-oceanográficas más próximas a las agregaciones de pesca, considerando la profundidad media de los cardúmenes. Para las variables biológicas (zooplancton y fitoplancton), los valores asociados a cada agregación se estimaron mediante una interpolación lineal de los valores entregados a la profundidad media entre las estaciones bio-oceanográficas más próximas. Luego, cada una de las variables fueron interpoladas mediante los módulos del programa Surfer 8.0, a través del método Kriging, que se utiliza para datos correlacionados entre sí, de esta manera se crearon grillas continuas de datos cuya correlación disminuye al aumentar la distancia entre ellos. La distribución espacial es presentada como una carta de contorno, en donde se representan curvas que unen puntos de igual valor.

La densidad acústica s_A (m^2/mn^2) integrada en la columna de agua muestreada fue interpolada con el programa SURFER 8.0, con el método de la distancia inversa al cuadrado entre las UBM y transectas cercanas, trazando líneas de isodensidad, permitiendo de esta manera destacar las áreas de mayor concentración de los recursos (Simmonds y MacLennan, 2005).

Con el fin de incluir la variabilidad espacial de las variables bio-oceanográficas e incorporar la varianza propia de las estructuras espaciales, se utilizaron variogramas experimentales para la interpolación de la cartografía. Se ocupó el módulo VARIOGRAM del programa Surfer 8.0, y se aplicó una grilla polar omnidireccional de la forma:



Esta grilla polar incorpora la distancia y 3ngulo de separaci3n de cada par de datos, de acuerdo a:

$$\text{Distancia: } h = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

$$\text{3ngulo: } \vartheta = \arctan \left[\frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)} \right]$$

donde:

X_{1y2} : Longitud en grados

Y_{1y2} : Latitud en grados

El variograma experimental resultante considera aquellos pares de datos ubicados a una distancia inferior al m3ximo de b3squeda (m3xima separaci3n a la cual se encuentran puntos suficientes para calcular el semivariograma) y con un 3ngulo de separaci3n entre 0° y 180°. Una vez generadas las grillas de distribuci3n con una resoluci3n espacial app. de 0,5 x 1 mn., 3stas fueron importadas por el programa IDRISI Kilimanjaro (Eastman, 2003).

El mapeo de cada variable implic3 la superposici3n de un vector de costa obtenido de las Cartas N3uticas Electr3nicas (CNE), del SHOA. Cada plano de informaci3n fue reclasificado para favorecer el estudio visual. A fin de estandarizar entre distintos a3os, la zona de estudio fue ajustada a una determinada escala espacial, de este modo las cartograf3as poseen una misma resoluci3n y cobertura



geográfica. Finalmente, a la cartografía de abundancia de las especies, se le determinó el Índice de Ocupación (IOC), por categorías de clases de acuerdo a:

$$IOC_i = \frac{NC_i}{NT}$$

$$IOCP_i = \frac{NC_i}{NP}$$

donde:

IOC_i = Índice de Ocupación de la categoría "i".

$IOCP_i$ = Índice de Ocupación Positivo de la categoría "i".

NC_i = N° de pixeles categoría "i".

NT = N° pixeles totales.

NP = N° pixeles positivos totales.

3.4.1.1. Relaciones entre la distribución espacial de las especies y las variables oceanográficas

Para determinar asociación entre la distribución de los recursos y las variables ambientales, se aplicó una tabulación cruzada o tabla de contingencia entre las variables analizadas, asimismo, la existencia de asociación entre la distribución de las especies y las variables ambientales se realizó por medio de la prueba χ^2 (Chi-cuadrado). Las hipótesis a probar:

H_0 : No hay asociación entre densidad (especie) y variable oceanográfica.

H_1 : Sí hay asociación entre densidad (especie) y variable oceanográfica.



La estadística de prueba está dada por:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \rightarrow \chi^2_{(c-1)(r-1)}$$

Donde:

O_{ij} : Número de píxeles observados de la categoría (i, j) .

E_{ij} : Número de píxeles esperados de la categoría (i, j) .

El número de píxeles esperado corresponde al valor que debería darse según lo establecido en la hipótesis nula, asumiendo que esta es verdadera. La estadística de prueba se distribuye como una Chi-cuadrado con $(c-1)(r-1)$ grados de libertad. El criterio de “aceptación o de rechazo” de la hipótesis Nula está dado por: Rechace la hipótesis nula si $\chi^2_{\text{calculado}} > \chi^2_{\text{tabla } (c-1, r-1)}$, al nivel de significación “ α ”(menor que 0,05 por ejemplo).

Una vez determinada la existencia de asociación entre las variables, se cuantifica el grado de asociación por medio del índice $V(\text{Cramer})$ (Aguilera, 2001), cuyo rango de variación se encuentra entre 0 y “+1”. Valores destacados del índice que corresponden a:

- “0” indica que no existe asociación entre las variables;
- “1” indica que las variables presentan una asociación perfecta.

Por cierto que la proximidad al valor “0” es un antecedente de no asociación entre las variables o que el recurso se localizó en un estrecho rango de las variables ambientales, además constituye un antecedente de concentración del recurso. Por el



contrario, una proximidad a “+1” es una presunción de alta asociación entre las variables y de que el recurso posee una alta cobertura espacial y se distribuyó en un amplio rango de la variable ambiental.

Adicionalmente, se realizó un análisis de las frecuencias acumuladas de la distribución de las especies respecto de las variables ambientales, de acuerdo a la metodología desarrollada por Perry and Smith (1994).

3.4.1.2. Estimación de los centros de gravedad (CG)

Una vez realizada la cartografía de los recursos se calculó el centro de gravedad (CG) y su medida de dispersión (Inercia), según lo propuesto por Woillez **et al.**, 2009:

$$CG = \frac{\sum_{i=1}^N x_i s_i z_i}{\sum_{i=1}^N s_i z_i}$$

Donde

- x_i : un punto en un espacio de dos dimensiones.
- $z(x)$: densidad de la agregación en el punto x
- S_i : area de influencia

Además, a cada cartografía se le estimó el coeficiente de dispersión relativa (CDR). Específicamente el CDR es una medida de dispersión de la distribución de los recursos y es equivalente al valor de Inercia, y se calculó según:

$$CDR = Inercia = Var(x) = \frac{\int (x - CG)^2 z(x) dx}{\int z(x) dx}$$



Y su estimador se calculó según:

$$CDR = Inercia = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - CG)^2 s_{izi}}{\sum_{i=1}^N s_{izi}}$$

Donde x_i es la ubicación de cada cardumen en un espacio en dos dimensiones y donde $z(x)$ es la densidad del cardumen en la posición x_i .

3.4.2 Modelamiento estadístico entre la densidad acústica de anchoveta y sardina común y las condiciones ambientales

Se estudió el efecto de las variables bio-oceanográficas (fitoplancton, zooplancton, temperatura, salinidad, oxígeno, densidad, clorofila y sus respectivos gradientes) y espaciales (latitud, distancia a la costa y profundidad media de las agregaciones) sobre la distribución de la densidad de anchoveta y sardina común mediante modelos aditivos generalizados (GAM). El GAM es un método estadístico, similar al de regresión clásica, pero con supuestos distribucionales más generales, además de no suponer linealidad en las covariables. Genéricamente el GAM tiene la siguiente estructura (Hastie y Tibshirani, 1990).

$$E(y) = g^{-1} \left(\beta_0 + \sum_k S_k(x_k) \right)$$

La función $g(\cdot)$ es la función de enlace, la cual define la relación entre la respuesta y el predictor lineal $\beta_0 + \sum_k S_k(x_k)$. La respuesta, y , se asume que se distribuye de acuerdo a una de una amplia familia de distribuciones estadísticas, la familia exponencial. El término x_k es el valor de la k-ésima covariable. El término β_0 es un



intercepto, y $S_k(\cdot)$ es una función de suavizamiento unidimensional para la k-ésima covariable.

Las variables predictoras fueron registradas durante los períodos en que se realizaron los cruceros RECLAS 1101 y RECLAS 1105. En este último no se modeló las variables de oferta ambiental ya que no fueron muestreadas. Las covariables fueron introducidas a los modelo a través de funciones de suavizamiento no-paramétricas, de la forma de los suavizadores localmente ponderados (loess) (Hastie y Tibshirani, 1990). Para dar cumplimiento a los supuestos asociados al modelamiento estadístico GAM, las densidades locales de anchoveta y sardina común provenientes de la prospección acústica (s_A) fueron transformados a una escala logarítmica, asumiendo una distribución de probabilidad log-normal, con distribución normal y función de enlace identidad (Bertrand *et al*, 2004).

La información bio-oceanográfica pareada con anchoveta y sardina, se determinó mediante una interpolación lineal de las variables oceanográficas en las estaciones cercanas respecto a la posición geográfica y profundidad promedio de anchoveta y sardina.

Las variables explicativas que aportaron significativamente al modelo fueron seleccionadas mediante la prueba F basada en la máxima verosimilitud con un nivel de significación del 5%. También se calculó el cociente pseudo- R^2 , obtenido a través de la devianza nula y la devianza residual, el que permitió evaluar el aporte de todos y cada término modelado en la variabilidad total.



4. Objetivo 2.4. *Caracterizar y analizar las agregaciones de los recursos anchoveta y sardina común en el área de estudio*

Se procesó y analizó las agregaciones mediante el programa SonarData Echoview[®], correspondientes a sardina común y anchoveta, información extraída de las transectas de prospección acústica y navegaciones orientadas a detecciones de anchoveta y sardina común de los cruceros Reclas 1101 (verano) y Reclas 1105 (otoño). En ambos casos la muestra fue separada por especie y en agregaciones diurnas y nocturnas, considerándose en el verano como diurnas a las detecciones comprendidas entre las 06:45 horas y las 21:00 horas, y en el otoño como diurnas a las detectadas entre las 08:00 y 19:00 horas. En ambos casos las agregaciones nocturnas se consideraron en el período restante para completar las 24 horas.

Se entregan los resultados de los valores de los descriptores morfológicos y batimétricos de estas especies analizándose las diferencias que presentan en ambiente diurno y nocturno, determinándose también la variación que presentan estos descriptores en sentido latitudinal (zonas).

La detección y asignación de ecotrazos de anchoveta y sardina común sigue el siguiente procedimiento:

- 1) Definición de líneas de superficie y línea de fondo en el ecograma, las cuales limitan las zonas de detección superior e inferior en el ecograma.
- 2) Revisión y edición de la línea de fondo, la cual debe ser corregida en las zonas en que haya pérdida de señal, o en las zonas en que eventualmente el fondo se confunda con señales de agregaciones muy cercanas a éste, corrigiendo la señal por zona muerta. Esta corrección de la señal de fondo genera un límite inferior para el área de integración y detección.



- 3) Revisión y edición de la línea de superficie, la cual debe ser generada a una profundidad tal que evite que la turbulencia o burbujas generadas por el casco del buque sean incorporadas como ruido a la integración, ésta línea se ubica generalmente 3 metros bajo el transductor.
- 4) Limpieza del ecograma, este proceso consiste en definir regiones del tipo “bad regions”, las cuales son excluidas de la detección e integración de los ecotrazos seleccionados y corresponden a zonas con ruido acústico y fuera del contorno de éstos, de tal forma de delinear el borde de la señal acústica.
- 5) Una vez limpio el ecograma se enmarca el ecotrazo seleccionado dentro de una región (rectangular) y se procederá a la detección automática de agregaciones mediante el modulo Shapes de echoview, delineándose de esta forma el contorno de ésta. Los parámetros de detección serán variables y dependerán de cada ecotrazo en particular, ya que en ocasiones un parámetro estándar provoca cortes en la agregación.
- 6) Asignación de s_A : A fin de asignar correctamente los s_A a los ecotrazos detectados y que sobrepasen el largo de la ESDU (0,5 mn), se procederá a exportar dos tipos de archivos. Uno con “regiones” y otro con “regiones y celdas (ESDU)”, debiendo efectuar un cruzamiento a fin de asignar a cada “región” la sumatoria de los s_A (PRC_NASC) que esta región genere en cada celda o ESDU.

4.1 Descriptores de una agregación

Se extraen descriptores referidos a su posición geográfica, energía, morfometría y batimetría.



4.1.1 Descriptores de posición

Están referidas a la posición geográfica de las agregaciones, utilizándose la posición media de la agregación referida a latitud (Lat_m) y longitud (Lon_m).

$$Lat_m = Lat(p_m)$$

$$Lon_m = Lon(p_m)$$

donde:

$$p_m = (p_s + p_e) / 2$$

p_m : Ping ubicado en el medio de la agregación

p_s : Ping ubicado al inicio de la agregación

p_e : último ping asociado a la agregación

4.1.2 Descriptores de energía

Están referidos a la energía retrodispersada de las agregaciones en unidades de s_A (m^2/mn^2) y a la densidad acústica (D_{acust}) de las agregaciones referidas en unidades de s_A por área (s_A/m^2), determinadas de acuerdo a:

$$s_A = 4\pi(1852)^2 10^{0,1\bar{S}v_{prom}} \text{ Altura media}$$

donde:

$$\bar{S}v_{prom} = 10 \log(E) \text{ (dB)}$$

$$E = \sum_{i=1}^N E_i$$

$$E_i = 10^{0,1Sv}$$

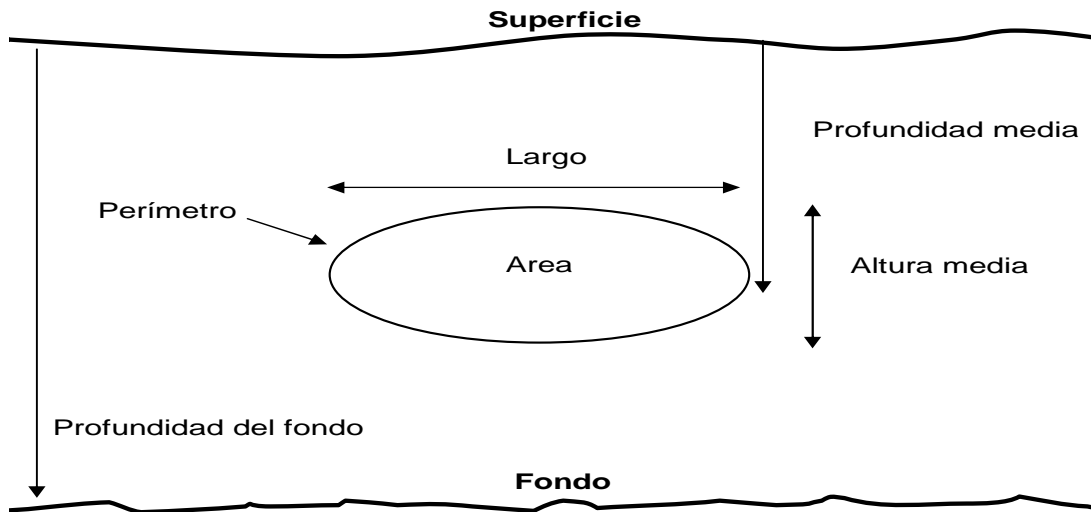


Altura media= Altura media (m) de la agregaci3n (definida a continuaci3n en descriptores morfol3gicos).

N: n3mero de muestras utilizadas para calcular $\bar{S}_{y_{prom}}$ en la agregaci3n, y

$$Densidad = s_A / Area$$

Donde *Área*: Área transversal (m²) de la agregaci3n (definida a continuaci3n en descriptores morfol3gicos).



4.1.3 Descriptores morfol3gicos

Dentro de los descriptores morfol3gicos extra3dos directamente desde el ecograma se encuentran: la altura media (m), el 3rea transversal (m²), el largo (m) y el per3metro (m), donde:

La altura media se define como la altura promedio de todos los pings que conforman la agregaci3n



$$\text{Altura media} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \text{ (m)}$$

donde

t_i = altura o espesor del ping_{*i*}

N = número total de pings en la agregación.

El área de una agregación se obtiene asociando un rectángulo a cada muestra S con un valor de amplitud sobre el umbral de eointegración. La superficie del rectángulo Se es calculada como el producto de la distancia horizontal cubierta desde el pulso precedente (d_j) y la distancia vertical cubierta desde la muestra anterior e por lo tanto:

$$Se = d_j e$$

El área transversal de la agregación (*Área*) es el resultado de la suma del área de todos los rectángulos elementales:

$$\text{Área} = \frac{1}{\eta} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n S_{ij}$$

Finalmente se extraerá el largo de la agregación (*Largo*) medida en metros junto al perímetro de éstas (*Perim*) en metros, completando las estimaciones básicas, a partir de las cuales se pueden derivar otros descriptores que permiten definir otras características de la agregación.

La dimensión fractal (*DFrac*) es un descriptor adimensional empleado para caracterizar la irregularidad del contorno de la agregación, éste corresponde a la relación entre la superficie de un cuadrado con un perímetro equivalente al de la



agregaci3n y la superficie de la agregaci3n, donde un valor 1 representa un contorno suave y un valor 2 un contorno desigual o complejo, lo que se asociar3a al grado de cohesi3n entre los peces que constituyen la agregaci3n, especialmente en la frontera o borde de la agregaci3n (Scalabrin, 1997).

$$DFrac = 2 \frac{\ln\left(\frac{Perim}{4}\right)}{\ln \acute{A}rea}$$

La elongaci3n (*Elon*) es un descriptor utilizado para caracterizar la forma general de la agregaci3n y es definido b3asicamente como la relaci3n entre el largo y el alto, donde valores elevados estar3n asociados a agregaciones de forma el3ptica, mientras que valores menores a agregaciones de tipo circular.

$$Elon = \frac{Largo}{Alto}$$

4.1.4 Descriptores batim3tricos

Los descriptores batim3tricos extra3dos directamente del ecograma ser3n la profundidad del fondo (m) y la profundidad media de agregaciones (m), mientras que indirectamente se calcular3 el 3ndice de altura (*IndAlt*). Este 3ndice es utilizado para medir la posici3n relativa del centro de la agregaci3n en la columna de agua con respecto al fondo y se expresa en forma porcentual como:

$$IndAlt = 100 \frac{(Pr\ of.\ fondo - Pr\ of.\ media)}{Pr\ of.\ fondo}$$



4.2 Análisis de los datos

Se aplica estadística descriptiva de las variables analizadas entregándose valores promedio con sus respectivas dispersiones. Posteriormente los datos son analizados mediante técnicas multivariadas mediante la aplicación del análisis de componentes principales (APC) utilizando el paquete estadístico (SPSS). Este método permite resumir la información contenida en la matriz de datos y permitir una representación visual o geométrica de la información (Rencher, 1995), preservando las características de la observación original. Esta se efectúa mediante la búsqueda de un grupo de vectores propios (eigenvectors) ortogonales de la matriz de correlación, y que corresponden a una nueva variable que es la combinación lineal de las variables iniciales. Cada eigenvector es asociado a un eigenvalue, que representa la proporción de la varianza total que es explicada por cada factor (Scalabrin, 1997).

Se obtuvieron nuevas variables expresadas como combinación lineal de las variables originales a fin de reducir la dimensionalidad del problema. Para este fin se utilizó la matriz de correlaciones como matriz de entrada, dándole de esta forma la misma relevancia a todas las variables, desestimando de esta forma las unidades en que son trabajadas las diferentes variables. Se aplica el criterio de selección de Kaiser, el cual califica a los componentes cuyo valor propio es mayor al valor propio promedio de todos los componentes (Vivanco, 1999), para determinar los componentes que serán seleccionados como principales para su posterior interpretación.

Las agregaciones con su energía, morfología y batimetría asociada se referencian considerando su distribución espacial, analizando mediante un análisis de varianza y determinándose la diferencia que pueda existir entre las características de las agregaciones en las diferentes zonas.



Debido a la condici3n de normalidad que se necesita para la comparaci3n, se aplica una logaritmicaci3n a los datos que no presenten una distribuci3n normal, Lo que se testea mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra, la cual compara la funci3n de distribuci3n acumulada observada de una variable con una distribuci3n te3rica determinada (la normal en este caso). La Z de Kolmogorov-Smirnov se calcula a partir de la diferencia mayor (en valor absoluto) entre las funciones de distribuci3n acumuladas te3rica y observada. Esta prueba de bondad de ajuste contrasta si las observaciones podr3an razonablemente proceder de la distribuci3n normal.



VII. RESULTADOS POR OBJETIVOS

Los resultados se entregan para cada crucero según los objetivos del proyecto, siguiendo una secuencia desde el ambiente a los recursos, por este motivo los resultados se entregan siguiendo la secuencia de los objetivos 2.3; 2.2; 2.1 y 2.4. Los resultados de distribución de los recursos y sus análisis con las condiciones oceanográficas y meteorológicas requeridos en el objetivo 2.3, se entregan asociados al objetivo 2.1 que corresponde a la evaluación acústica de los recursos.

1. **Objetivo 2.3.** *Determinar las áreas de reclutamiento principales de ambas especies y analizar su distribución y abundancia latitudinal y batimétrica, caracterizando y relacionando, además, las condiciones oceanográficas, y meteorológicas predominantes en los principales focos de abundancia durante los cruceros de evaluación.*

1.1 Condiciones hidrológicas y metereológicas de la zona de estudio en el verano 2011

Dinámica de los vientos

La información de datos de viento se muestra en la **Figura 3**. Durante el crucero se realizaron 544 mediciones de viento horario, de las cuales el 46% de los datos indicó una intensidad menor a 5 m/s (**Fig. 3a**), un 42% entre 5 y 10 m/s (**Fig. 3b**) y el restante 13% fue > 10 m/s (**Fig. 3c**). Las intensidades del viento menor a 5 m/s se encontraron distribuidas en toda la zona, sin embargo, en el área de Tirua a Corral (38°30'S a 40°S) el viento débil fue menos frecuente. El viento de 5 a 10 m/s se encontró también ampliamente distribuido, sin embargo aquellos con intensidad



mayor a 10 m/s estuvieron focalizados entre Constitución y punta Nugurne y frente a Corral. El máximo de intensidad fue de 18,5 m/s en el sector más oeste frente a Corral. La zona se caracterizó por registrar un predominio de viento hacia el Ecuador (76% de los registros), mientras que eventos de viento hacia el sur (24%) se registraron también distribuidos en la zona pero más focalizados (**Fig. 3d**), destacándose en frecuencia el área de Topocalma, y en las latitudes 38°, 39° y desde los 41° a 42°S.

El índice de surgencia promedio latitudinal (IS) (**Fig. 3e**) tuvo un rango total de -186 a 976 m³/s x 1000 m de costa (en adelante sólo m³/s y el signo negativo indica transporte hacia la costa) (**Fig. 3e**). El máximo positivo señalado se ubicó en el sector entre los 35 y 36°S y el mínimo (IS negativo) en el extremo sur de la zona, como promedio de los datos entre los 41° y 42°S. Otro IS promedio negativo se presentó entre los 37° y 38°S pero sólo fue de -95 m³/s. El índice de turbulencia (**Fig. 3f**) (IT) registró un rango total de 247 a 940 m³/s³. En general los IT mayores se midieron al sur de los 41°S, con el máximo entre los 40° y 41°S, mientras que el IT mínimo se midió entre los 34° a 35°S y otro en los 38° a 39°S.

1.2 Condiciones hidrográficas *in situ* en superficie y en la vertical

1.2.1 Condiciones hidrográficas horizontales en superficie

a) Temperatura Superficial

La temperatura superficial del mar (TSM) presentó valores en un amplio rango, el que va de 10,5 a 17°C (**Fig. 4a**). El mínimo valor se ubicó en la estación de 10 mn de la transectas en los 39°40'S, mientras que el máximo estuvo en la



estaci3n costera de la secci3n de los 36°10'S, al sur de punta Nugurne. La distribuci3n superficial de esta variable estuvo determinada por la ubicaci3n de los focos de surgencia que, con diversa intensidad, presentaron las m1s bajas TSM en algunas 1reas en la zona. Se destac3 el foco de punta Nugurne, golfo de Arauco, y desde los 39°30' hacia el sur. En este sentido, los focos de menor tama1o tubieron TSM menores a 14° o 13°C, pero el de mayor 1rea tubo TSM < 12°C. As1 como est1n focalizados los centros de surgencia con bajas TSM, se observaron tambi3n las mayores TSM formando focos pero que fueron en general de peque1a 1rea, como los de punta Centinela (34°20'S) y al sur de punta Nugurne (36°10'S), excepto en el 1rea entre 37°20' y 39°S, donde hubo agua oce1nica m1s c1lida, con TSM que super3 los 16°C.

b) Salinidad Superficial

La salinidad superficial (**Fig. 4b**) registr3 tambi3n un amplio rango de valores, 32,7 a 34,5 psu. El m1nimo superficial se midi3 en la estaci3n costera frente al puerto de Coronel y el m1ximo en la estaci3n de 1 mn de la costa en la secci3n de punta Topocalma (34°10'). La salinidad present3 valores > 34,0 psu desde el limite norte de la zona hasta los 37°10'S. En esta 1rea la salinidad en superficie tubo, en general, un rango de variaci3n de s3lo 0,5, excepto en los focos de baja salinidad que estuvieron muy pegados a la costa y de peque1o tama1o, como aquellos ubicados en los 37°20'S y en la bah1a de Coronel. Hacia el sur la salinidad tubo un rango de variaci3n mayor (cerca de 1), sin embargo los focos costeros de baja salinidad no presentaron m1nimos tan marcados como los ubicados al norte, aun cuando hubo descargas de agua dulce del r1o Valdivia en el 1rea de Corral. Entre los 39°30' y 40°30'S, se midieron salinidades mayores a 33,6, lo que representaron las mayores salinidades en la costa al sur de los 37°S de latitud.



c) Densidad (sigma-t) en superficie

El rango de variación para sigma-t (**Fig. 4d**) estuvo entre 23,8 y 26,2 kg/m³. Las menores densidades se midieron desde los 37°S hacia el sur, lo que en la figura de distribución de esta variable es marcado por un gradiente intenso en esa área, dejando en general densidades mayores a 25 kg/m³ hacia el norte y menores hacia el sur. Una excepción a lo anterior fue el área ubicada entre 39°30' y 41°S que es donde se registran también densidades > 25 kg/m³ que dan origen a gradientes importantes en toda el área. En general se puede indicar que esta variable estuvo determinada en superficie por la distribución de TSM, con los valores mayores de densidad asociados a menores temperaturas.

d) Oxígeno Disuelto en superficie

La concentración de oxígeno disuelto (OD) en superficie (**Fig. 4c**) registró un rango de 2,5 a 9,5 mL/L, ubicándose la mayoría entre 5 y 6 mL/L. Los focos de concentraciones mayores a 6 mL/L estuvieron repartidos a lo largo de todo el área de muestreo, destacando aquellos ubicados en los 36°20'S y entre 38° a 39°S que se asociaron a las áreas de mayor TSM, y en donde además el OD superó los 7 mL/L. Focos de concentraciones menores a 4 mL/L se registraron focalizados en cinco áreas: punta Nugurne y desde los 39°30' a 40°30'S, los que correspondieron a las áreas de mayor surgencia en la zona, abarcando hacia el oeste hasta un máximo 17 y 20 mn con mínimos de 2,7 y 3 mL/L respectivamente, más el sector costero de Matanzas con el valor mínimo del muestreo, el interior del golfo de Arauco y el extremo sur del área de muestreo coincidiendo todos estos con focos de temperaturas < 13 °C.



1.2.2. Condiciones hidrográficas horizontales a 25 m

a) Temperatura en el nivel de 25 m

En este nivel la temperatura (**Fig. 5a**) presentó un rango de 9,4° a 15,7°C. Las menores temperaturas de este nivel se ubicaron hacia el sector costero, siguiendo una distribución similar a la de superficie, mientras que las mayores (> 13°C) formaron focos en el área más oceánica, destacándose el foco ubicado frente al puerto de Lebu que es donde se registro el máximo señalado.

b) Salinidad en el nivel de 25 m

La salinidad (**Fig. 5b**) registró en este nivel dos áreas que dividieron la zona general en la latitud del golfo de Arauco. El área del norte tubo salinidades mayores que superan los 34,0, aumentando hacia la costa hasta > 34,4, lo cual originó en este nivel una franja de agua más salina a lo largo de toda la costa. Desde el golfo de Arauco hacia el sur, la salinidad en este nivel disminuyó notoriamente a un rango que va de 33 a 34,0, sin embargo en la franja costera desde Corral hasta los 40°40'S hubo un foco de valores que superaron los 34,2. Se destacó un foco de las menores salinidades, el cual registró valores entre 33 y 33,2, en el límite suroeste de la zona.

c) Densidad en el nivel de 25 m

Las mayores densidades (> 26 kg/m³) se ubicaron desde el golfo de Arauco al norte, asociado a las menores temperaturas de este nivel (**Fig. 5c**), ubicándose los máximos de esta variable en la franja costera y que superaron los 26,4 kg/m³. Desde el límite sur hasta los 37°S las densidades mostraron intensos



gradientes este –oeste hacia el borde más oceánico de la zona, mientras que en la costa se ubicaron también las mayores densidades, con un máximo de $26,4 \text{ kg/m}^3$ desde Corral hasta los 41°S .

d) Oxígeno Disuelto en el nivel de 25 m (Fig. 5d)

A 25 m de profundidad se observó un marcado gradiente costa océano, lo que indica el ascenso de las isolíneas de OD hacia la costa, principalmente desde Bucalemu a puerto Coronel y desde puerto Saavedra al sur. Focos de concentraciones $< 1 \text{ mL/L}$ se registraron el sector de punta Topocalma, desde Constitución a Coronel, más el sector de Corral. Hacia el sector oceánico de la parte norte sólo un pequeño foco de concentraciones $> 5 \text{ mL/L}$ se ubicó entre Constitución y punta Nugurne, mientras que en el sur estas concentraciones abarcaron desde Coronel hasta los $41^\circ 20'\text{S}$, con un máximo de 6 mL/L en los $37^\circ 20'\text{S}$. En general los menores valores de OD coincidieron con focos de temperatura $< 11^\circ\text{C}$ en el sector norte y $< 10^\circ\text{C}$ en el sur.

1.2.3 Condiciones hidrográficas verticales

a) Profundidad de la isolínea de 1 mL/L de oxígeno disuelto

La distribución de la isolínea de 1 mL/L , que representa el límite superior de la capa de mínimo OD (**Fig. 6a**), presentó en general un fuerte gradiente costa océano con profundidades en el sector costero entre 13 y 80 m, mientras que en el sector oceánico la variación fue entre 50 y 225. En el sector costero las profundidades menores a 20 m se registraron: en punta Topocalma, entre Constitución y punta Nugurne, Talcahuano, golfo de Arauco y Corral. Hacia el sector oceánico del área de muestreo, profundidades mayores a 100 m se registraron entre Constitución y punta Nugurne y luego desde Talcahuano al sur, con máximos superiores a 180 m al sur



de Corral. EL 3nico sector que no present3 un claro gradiente fue el de entre los 34°20' y 34°50'S, con profundidades cercanas a 60 m .

b) Estructuras t3rmicas verticales

b1. Caracter3sticas de termoclina

El espesor de la termoclina (ET) alcanz3 un valor m3ximo de 28 m en la estaci3n de 10 mn en la latitud 41°40'S (3ltima secci3n) (**Figura 6b**). Entre el l3mite norte y los 37°20'S hubo un predominio de ET de 5 a 10 m, excepto en el 3rea m3s oce3nica entre los 35°20' y 36°20'S. Al sur de los 37°20'S hubo un predominio de espesores mayores a 10 m con focos de ET > 15 en el 3rea de puerto de Lebu y puerto Saavedra. As3 tambi3n hubo un 3rea que va desde los 39°20'S hasta los 41°S con ET < 10 m.

El rango de la profundidad base de la termoclina (PBT) (**Figura 6c**) en la vertical fue de 5 a 44 m, con las menores profundidades ubicadas hacia la costa donde fue, en general, entre 10 y 20 m a excepci3n de algunas 3reas donde es menor a 10 m, como ocurre entre los 39° y 40°S y > 20 m en puerto Coronel, puerto Lebu, puerto Saavedra y en los 41°30'S. En el sector m3s oce3nico la PBT fue mayor a 20 m, con algunos focos de extensa 3rea donde supera los 30 m.

b2) Espesor de la capa de mezcla

El espesor de la capa de mezcla (ECM) (**Figura 6d**) tuvo un m3ximo de 21 m en el sector m3s oeste de la secci3n 46 (41°20'S). En la zona hay un predominio general de un espesor menor a 10 m, siendo 3stos inferiores a 5 m en la franja de las primeras 10 mn. Se destaca que desde el l3mite norte hasta los 35°S la CM es menor



a 5 m en toda el área. Las mayores CM (> 10 m) se ubicaron entre los 35° y $36^{\circ}20'S$, en el borde oeste en los $39^{\circ}S$ y por último entre los 41° y $41^{\circ}30'S$.

c) Distribución vertical de temperatura

La distribución de temperatura en la columna de agua se muestra en la **Figura 7**. Todas las transectas perpendiculares a la costa registraron una estratificación térmica dentro de la capa de los primeros 50 m, siendo esta capa variable en su espesor e intensidad. En general hubo una capa de mezcla o de escasa variación térmica en las secciones 12, 14, 24, 44 y 46 que superó los 20 m, mientras que en el resto de las secciones hubo una estratificación térmica que comenzó más cerca de la superficie (< 10 m). Esta termoclina también tubo un espesor variable, siendo comparativamente mayor en las secciones 10 a 14, la 26, 34 y 46, mientras que las secciones 2 a 8 tuvieron la más delgada termoclina de la zona. Las secciones 21 a 32, y la 48 registraron las mayores TSM en la costa, mientras que desde las secciones 34 a 46 se mostró un ascenso de las isotermas que señalan procesos de afloramiento. Las secciones 2 a 20 registraron algún grado de ascenso de las isotermas en la costa pero esto fue débil. La sección 19 fue la única que registró un notorio hundimiento de la isoterma de $10^{\circ}C$, desde los 100 a 200 m entre los 10 mn y la estación de 1 mn.

d) Distribución vertical de salinidad

La distribución de salinidad en la vertical se presenta en la **Figura 8**. En general, la columna de agua mostró la presencia de dos núcleos de salinidad. Uno es menos salino y se encontró ubicado en la capa superficial y otro de máxima salinidad relativa ubicado a nivel subsuperficial centrado en los 250 m de profundidad. Los valores máximos o mínimos de salinidad para cada núcleo fueron variables a lo largo de la



zona. En este sentido, el n3cleo subsuperficial se present3 m3s desarrollado entre el l3mite norte y la secci3n 8, con salinidades en su n3cleo que superan los 34,6, sin embargo, desde la secci3n 10 en adelante este valor decrece hasta 34,4 en el l3mite sur. En lo que respecta al n3cleo de m3nima, este tubo menores salinidades y ocup3 una capa de mayor espesor en la columna de agua desde la secci3n 20 (Golfo de Arauco) hacia el sur, donde super3 en algunas secciones los 100 m. Se destac3 en este aspecto, como en todas las secciones desde la 20 en adelante, que la capa superficial registr3 valores de salinidad menores a 34,0 con un m3nimo de 33 en las secciones 44 y 46.

e) Distribuci3n vertical de densidad

La densidad en la columna de agua se presenta en la **Figura 9**. Esta variable mostr3 una estratificaci3n en la columna de agua que tuvo un espesor variable, siendo la piconclina m3s intensa y de mayor espesor en las secciones ubicadas al sur del golfo de Arauco (secci3n 20). En las secciones desde el l3mite sur hasta la 20, la piconclina se present3 entre superficie y dentro de los primeros 50 m. Las isopicnas tienen un ascenso en las primeras millas de la costa, la cual fue de menor pendiente en las primeras secciones y se fue haciendo mayor hacia el sur, particularmente desde el golfo de Arauco al sur, exceptuando las secciones 26 a 32 y la 48, siendo la mayor en las secciones 36 a 46.

f) Distribuci3n vertical de ox3geno disuelto (OD)

Esta variable se presenta en la **Figura 10**. En general entre Bucalemu y Talcahuano todas las transectas presentaron un marcado gradiente vertical dentro de los primeros 50-75 m con una delgada capa superficial (< 25 m) de concentraciones > 5 mL/L y m3ximos > 6 mL/L en las secciones 4, 6, 10 y 14 a 18. Concentraciones < 5 mL/L se registraron a nivel superficial en las secciones 2, 12 y 14. En el sector de



golfo de Arauco, secciones 19 a 21, el gradiente se observó muy marcado dentro de los primeros 25 m con una disminución de las concentraciones superficiales hacia el lado oeste, en la sección 20 como en la 21 (interior de la isla y la punta respectivamente), los que alcanzaron valores de 3,6 y 4,6 mL/L. Al sur de punta Lavapié el gradiente se debilitó y se profundizó hasta superar los 150 m.

En la parte norte, el límite superior de la capa de mínimo OD (LSCMOD), aunque tubo una profundidad variable en la mayoría de las secciones, se ubicó cercano a los 50 m, registrándose en el núcleo de esta capa concentraciones $< 0,25$ mL/L en la parte norte, las que aumentaron a $> 0,5$ mL/L en la sección 24 y desde la 28 al sur. Esta capa no fue detectada en la sección 32 ni 46, teniendo una mínima expresión en la sección 34. El límite inferior de la capa de mínimo disminuyó su profundidad desde los 400 m en el sector norte hasta ubicarse cercana a los 250 m en el extremo sur del muestreo. En los niveles más profundos de las estaciones oceánicas del sector norte se registraron concentraciones entre 1 y 2 mL/L los que aumentaron a > 3 mL/L desde la sección 20 al sur.

1.2.4. Masas de agua

Los diagramas **T-S** de todas las estaciones realizadas en la zona se muestran en la **Figura 11**, separadas en los sectores que se indican. En la vertical de los primeros 500 m participaron tres masas de agua. Estas fueron: agua Subantártica (ASAA) en la capa superficial, Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en la capa intermedia e Intermedia Antártica (AIAA) en la capa más profunda.

El ASAA se encontró en los tres sectores pero lo hizo en forma más intensa en el sector sur. La participación de agua dulce de origen continental en superficie, que modifica las características de las masas de agua, se reflejó en los tres sectores a



través de las bajas salinidades y también en mayores temperaturas. Tanto en el sector sur como en el golfo de Arauco, el ASAA se encontró mezclado fuertemente con AESS. El núcleo de AESS se observó bien desarrollado en todos los sectores, sin embargo son los sectores norte y golfo de Arauco los que presentaron un núcleo más definido, mientras que en el sector sur se produjo una rápida mezcla con ASAA y AIAA. El AIAA se observó en los tres sectores, siempre ubicado en los niveles más profundos de la columna de agua muestreada y que alcanzó los 500 m. Esta masa de agua tubo mayor participación en el sector sur, mientras que el sector del golfo de Arauco, los niveles de profundidad muestreados fueron en general someros, y por ello se detectó en sólo una de las estaciones, que fue la más profunda. En el sector norte, esta masa de agua se encontró disminuida en la vertical muestreada por la presencia de AESS.

1.2.5. Clorofila-a y feopigmentos

a. Distribuci3n superficial de clorofila y feopigmentos

La distribuci3n de clorofila-a estimada (clo) (**Fig. 12a**) tuvo un rango de concentraciones entre 0,12 y 20,91 $\mu\text{g/L}$. En general, la zona presentó altas concentraciones de este pigmento distribuidas en parches de gran tamaño tanto en sentido norte-sur como este-oeste, observándose en prácticamente toda la zona concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$. Las concentraciones $> 3 \mu\text{g/L}$ se registraron prácticamente en forma continua entre punta Topocalma y los 39°20 'S, más dos pequeños focos en el extremo sur de la zona. Los focos de clo más importantes, $> 5 \mu\text{g/L}$, abarcaron casi toda la extensi3n del muestreo hacia el oeste y se ubicaron en el sector de Constituci3n entre los 35° y 35°40'S y entre el golfo de Arauco y los 36°20'S, presentando también una lengua de altas concentraciones que se extendió desde Talcahuano al norte con direcci3n noroeste, mientras que en el interior del golfo de



Arauco se registraron las concentraciones más altas del muestreo y un par de focos de menor tamaño entre Tirúa y el sur de puerto Saavedra.

Bajas concentraciones, $< 0,5 \mu\text{g/L}$, se registraron en el sector más oceánico de Lebu y de puerto Saavedra, los que se acercaron a la costa llegando en este último lugar sólo a valores $> 0,5 \mu\text{g/L}$. En el sector al sur de los 39°S , las concentraciones fueron menores que hacia el norte, registrándose un sector de pobreza pigmentaria entre los $39^{\circ}40'\text{S}$ (T36), única transecta con valores $< 1 \mu\text{g/L}$ y la parte costera hasta los $40^{\circ}40'\text{S}$ (T42), mientras que en las estaciones más oceánicas se observó un foco de valores $> 1 \mu\text{g/L}$ que se extendió hasta el límite sur del muestreo.

Los feopigmentos (feop) (**Fig. 12b**) presentaron un rango de concentraciones entre $0,14$ y $7,01 \mu\text{g/L}$, agrupándose los valores $> 1 \mu\text{g/L}$ en focos de gran extensión entre punta Topocalma y golfo de Arauco, más algunos focos de menor tamaño en los $37^{\circ}50'\text{S}$ (T25), en Tirúa, entre puerto Saavedra y los $39^{\circ}30'\text{S}$ (T35), más un foco en el extremo sur a la altura de la sección 48. Las mayores concentraciones se registraron entre los 35° y $37^{\circ}10'\text{S}$ con valores máximos $> 4 \mu\text{g/L}$ en Constitución, y $> 5 \mu\text{g/L}$ en Talcahuano (presentando al igual que la clo una lengua con dirección nor-oeste) y golfo de Arauco. Entre los $39^{\circ}40'\text{S}$ y los $41^{\circ}20'\text{S}$, los feop se mantuvieron entre $0,2$ y $0,5 \mu\text{g/L}$.

b. Distribución integrada de clorofila y feopigmentos

b1. Clorofila-a y feopigmentos integrada

La distribución de los pigmentos integrados mostró similitud a la distribución superficial. La clorofila integrada (cloint) (**Fig. 12c**) tuvo un rango entre 5 y 436 mg/m^2 . Los valores de cloint $> 100 \text{ mg/m}^2$ se encontraron en la parte norte de la



zona, entre punta Topocalma y Lebu, entre los 38°S y los 39°S y en un pequeño foco ubicado entre las 5 y 10 mm en los 40°40'S. Al norte del golfo de Arauco, los focos de valores > 100 mg/m² se extendieron hasta el límite oeste del muestreo, con máximos > 200 mg/m² en punta Centinela, en los 35°S (T8), 36°20'S (T16), y el interior del golfo de Arauco, donde se registró el valor más alto del muestreo, al norte de la isla Santa María. Hacia el sur sólo en la sección 29 se registró un pequeño foco > 200 mg/m². En el sector costero de Matanzas, punta Nugurne, puerto Saavedra y entre los 39°10'S (T33) y los 40°30'S (T41) se registraron los menores valores de l muestreo 20 a 40 mg/m².

Los feopigmentos integrados (feopint) (**Fig. 12d**) registraron un rango de valores entre 5 y 203 mg/m². Esta variable mostró dos áreas claramente diferenciadas, estas fueron una al norte y la otra al sur de los 37°S. En la parte sur los valores fluctuaron entre 20 y 40 mg/m², con un solo núcleo > 80 mg/m² en los 40°40'S (T42). En el sector norte hubo focos de > 100 mg/m² que se ubicaron en el sector costero entre Matanzas y punta Topocalma, entre 34°40'S (T6) y Constitución, con máximo > 150 mg/m², un foco con dirección nor-oeste entre 36°20'S (T16) y punta Nugurne-T14 y el de mayores valores ubicado entre Talcahuano y Coronel.

b2. Distribución vertical de clorofila

La clorofila estimada (clo) (**Fig. 13**) presentó núcleos de valores > 1 µg/L en todas las transectas, los que en general se extendieron desde superficie hasta los 40 m como máximo, la única excepción se dio en T42, donde alcanzó los 50 m. En la mayoría de las transectas, el núcleo productivo (> 1 µg/L) abarcó toda la transecta con máximos subsuperficiales que superaron los 5 µg/L. Las excepciones a lo anterior fueron las secciones 36 y 38, con un núcleo costero y



otro en el extremo oeste con máximos $> 2 \mu\text{g/L}$, además de las secciones 2 y 40 que tuvieron un sólo núcleo ubicado en el extremo oeste del muestreo con máximos > 3 y $> 1 \mu\text{g/L}$, respectivamente.

En particular en el sector norte los núcleos fueron en general de mayor tamaño y con mayores valores que en el sector sur. En el norte se registraron concentraciones máximas $> 10 \mu\text{g/L}$ en T8 y T18, $> 15 \mu\text{g/L}$ en T16, y $> 20 \mu\text{g/L}$ en T10. Luego en el sector del golfo de Arauco, las tres transectas que lo conforman presentaron concentraciones muy altas $> 15 \mu\text{g/L}$ en T20 y $> 20 \mu\text{g/L}$ en T19 y T21. En el sector sur en cambio se registraron sólo dos secciones con concentraciones máximas $> 15 \mu\text{g/L}$, T24 y T28.

b3. Distribución vertical de feopigmentos

La zona de estudio tuvo una importante participación de feopigmentos (feop) (**Fig. 14**), lo que se refleja en la presencia de núcleos de concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$ en la mayoría de las transectas, principalmente de la parte norte. En el sector sur los núcleos fueron más costeros y de menor espesor, lo que puede estar influenciado en algunas secciones por la falta de información de la variable, además en este sector se registró la única transecta sin el núcleo $> 1 \mu\text{g/L}$ lo que correspondió a T40, que presentó valores máximos $> 0,5 \mu\text{g/L}$.

En el sector norte hasta Constitución-T10 se registraron núcleos que se extendieron hasta los 100 m, al igual que en T19 en el interior del golfo. Las concentraciones más altas también se registraron en el sector norte más el golfo de Arauco: T12, T18 y T21 con un núcleo $> 5 \mu\text{g/L}$, siguiendo T10, T14, T16, T19 y T20 con $> 4 \mu\text{g/L}$ más T2 y T8 con $> 3 \mu\text{g/L}$. En el sector sur sólo T28 y T34 registraron concentraciones $> 3 \mu\text{g/L}$.



1.2.6. Condiciones oceanogr3ficas satelitales durante el crucero

1.2.6.1. Temperatura superficial del mar

Las im3genes semanales de TSM satelital (**Fig. 15**) registraron en la primera y segunda semana de enero una marcada banda de agua fr3a desde los 36°S al sur, mientras que al norte de esta latitud la banda costera de agua fr3a fue d3bil, incluso con TSM altas en la costa que se3alan la intrusi3n de agua oce3nica entre el l3mite norte y los 35°S. Lo anterior ocurre con mayor notoriedad en la segunda semana. En la tercera y cuarta semana del mes, la franja de agua fr3a al sur de los 36°S se debilit3 y mostr3 una intrusi3n de agua oce3nica en los 39°S, al sur de puerto Saavedra. En el 3rea norte, en tanto, se desarroll3 una franja de agua fr3a ($< 16^{\circ}\text{C}$) que no se present3 en las dos primeras semanas, exceptuando el l3mite m3s norte donde se mantubo un foco de agua m3s c3lida. En el sector oce3nico, las mayores TSM se ubicaron hacia el sector noroeste y aumentaron en este sector gradualmente en las siguientes semanas del mes en 1 a 1,5°C. Como se indic3 para el sector costero, agua oce3nica de mayor TSM se acerc3 a la costa en las dos primeras semanas entre el l3mite norte y los 35°S, mientras que en las dos 3ltimas lo hizo al sur del golfo de Arauco, principalmente frente a Puerto Saavedra y los 41°S, con TSM $> 15^{\circ}\text{C}$.

1.2.6.2. Anomal3a de temperatura satelital del crucero.

La anomal3a de la TSM promedio el mes (ATSM) de enero de 2011 (**Fig. 16**) mostraron valores en el rango de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ en torno al valor neutro. Las ATSM positivas se concentraron en focos de gran extensi3n principalmente desde el l3mite norte hasta los 37°S, abarcando una 3rea imp ortante del sector costero y



oceánico, excepto en el área costera norte hasta los 35°S. Al sur de los 37°S los focos de ATSM positivos fueron más pequeños, predominando entonces valores negativos en esta área, destacándose aquellos en el sector costero que va de Corral al sur.

1.2.6.3. Anomalía del nivel del mar y circulación geostrófica

Las imágenes de anomalía del nivel del mar (ANM) y circulación geostrófica (CG) superficial se muestran en la **Figura 17**. Las dos primeras semanas mostraron una condición similar, en donde predominaron anomalías positivas y la presencia de focos > 5 cm asociados a giros anticiclónicos localizados en el borde noroeste y central de la zona, donde estos últimos alcanzaron la costa en el sector de golfo de Arauco originando flujo geostrófico hacia el oeste. Anomalías ligeramente negativas se midieron en una franja costera al sur de puerto Saavedra y que se extendieron hacia el oeste centrados en los 40°S. Así también hubo anomalías negativas mayores a 5 cm (absoluto) en el sector oeste de la zona en los 33°y 36°S. En el borde costero que va desde el borde norte hasta los 34°S, los flujos fueron hacia la costa y hacia el sur en ambas semanas. En las dos últimas semanas hubo un cambio en las anomalías, ya que existió un predominio de valores negativos, aun cuando se mantubieron los núcleos principales de valores positivos de ANM estos estuvieron bastante disminuidos en área respecto de la semana anterior, principalmente en la tercera semana, pero con un repunte hacia la cuarta, lo que se manifestó también en el área oceánica desde los 38°S hacia el sur que registró ANM positivos pero menores a 5 cm. Los focos de ANM negativos asociados a giros ciclónicos descritos para las primeras dos semanas siguieron en la misma posición pero fueron incrementando el valor de anomalía negativa con lo que la velocidad de la CG también fue aumentado. El flujo hacia la costa en el sector de punta Lavapie (37°S) se mantuvo durante todo el mes, como así también hacia el oeste en el Golfo de Arauco.



1.2.6.4. Clorofila satelital

La distribución de clorofila satelital (**Fig. 18**) presentó en la primera semana una angosta e interrumpida franja productiva, $> 1 \mu\text{g/L}$, con sólo dos sectores con altas concentraciones : una en el golfo de Arauco con valores $> 7,5 \mu\text{g/L}$ y otra entre los 39 y 40°S con un máximo $> 25 \mu\text{g/L}$ en los 39°20'S, los que se mantuvieron en la segunda semana, observándose además un aumento general de las concentraciones de la banda costera con numerosos núcleos $> 5 \mu\text{g/L}$ y un aumento en su extensión hacia el oeste. En la tercera semana se vuelven a contraer los núcleos manteniéndose en magnitud sólo el del golfo de Arauco ya que el resto de la zona disminuye su concentración. En la cuarta semana disminuyó la concentración en el foco del golfo a $> 5 \mu\text{g/L}$, sin embargo, el resto del área se presentó similar a la segunda con numerosos focos $> 5 \mu\text{g/L}$ y una mayor extensión hacia el oeste. En el sector oceánico, filamentos en los 36°S, 38°S y 40° S empezaron a formarse en la primera semana, desarrollándose con posterioridad en la segunda y manteniéndose hasta la cuarta semana.

1.2.7. Condiciones oceanográficas periodo 2002-2011

1.2.7.1. Condición Regional en el periodo 2002-2011

La serie del MEI (Multivariate Equatorial Index) en el periodo julio 2002 a abril de 2011 muestra valores en general positivos desde principios de la serie hasta mediados de 2005, desde mediados de 2006 a mediados 2007 y un último periodo desde mediados 2009 a mediados de 2010 (**Fig. 19a**). Los valores MEI de estas fases positivas no superaron el valor de 1,5, midiéndose ese máximo en febrero de 2010. La primera fase negativa del MEI fue breve y se dio entre octubre de 2005 y abril de 2006 con valores máximos de -0,62. La segunda fase fue más prolongada y



abarc3 pr3cticamente desde junio de 2007 hasta abril de 2009, con solo un mes de MEI positivo (0,06) en junio de 2008. En esta larga fase fr3a, el MEI negativo m3s intenso fue de -1,5 en marzo de 2008. Finalmente, el periodo de los MEI m3s negativos en la serie parti3 en junio de 2010, con un m3ximo de -2,1 en el mes de septiembre, y finaliz3 el a3o con un MEI de -1,5. Esta fase negativa se extendi3 hasta al menos abril de 2011, 3ltimo dato en la serie.

Los rangos de los datos MEI para cada per3odo bimestral (**Fig. 19b**), muestran que en la serie 2002-2011 hubo una alternancia de periodos c3lidos El Ni3o y fr3os La Ni3a de intensidad y duraci3n variables. Desde el comienzo de la serie hasta mediados de 2003 hubo un proceso c3lido que alcanz3 una intensidad moderada, el cual fue seguido de otro proceso c3lido en el primer semestre de 2005. Un proceso fr3o, que escasamente alcanz3 una intensidad d3bil, se midi3 en los primeros meses de 2006, para pasar r3pidamente a un periodo c3lido que alcanz3 intensidad moderada a fuerte en noviembre del mismo a3o. Contin3an en la serie dos procesos fr3os, uno fuerte con un m3ximo en marzo de 2008 y otro d3bil con un pico en febrero de 2009. A continuaci3n hubo un proceso c3lido que alcanz3 un m3ximo en febrero de 2010 y r3pidamente paso a un proceso fr3o de intensidad fuerte con un m3ximo en septiembre de 2009, pero que se mantiene fuerte hasta el final de la serie en 2011.

Los cruceros RECLAS realizados en el periodo 2002-2011 se muestran con flechas en la **Figura 19** y todos fueron realizados en los meses de enero de cada a3o.

1.2.7.2. Serie de anomal3a de temperatura superficial satelital

En la **Figura 20** se entrega en forma combinada la serie de MEI, serie promedio de las ATSM en las bandas costeras y oce3nicas y la serie de ATSM como



diagrama latitud/tiempo para ambas áreas. En la serie de anomalías se destacan tres periodos de valores positivos cercanos a 1°C y que superan en algunos momentos los 2°C , Estos son otoño a primavera de 2004 y 2006, verano 2008 y desde invierno a primavera de 2008. Como periodos fríos se pueden indicar: enero-febrero 2003, otoño a primavera de 2007 y enero-febrero de 2009. En el caso de enero de 2011, ambas series muestran anomalías en el rango de $+1^{\circ}$ a -1°C con un mayor predominio de valores negativos pero menores a 1°C .

1.2.7.3. Serie de Clorofila satelital

En la **Figura 21** se entrega en forma combinada la serie de MEI, serie promedio de la concentración de clorofila en las banda costeras y la serie de clorofila satelital (cloas) como diagrama latitud/tiempo para el sector costero y oceánico. Tanto la serie promedio mensual de cloas del sector costero, como las figuras latitud v/s tiempo muestran un claro ciclo anual con mínimos en invierno y máximos en primavera-verano en la costa y primavera en el sector oceánico, donde las menores concentraciones de la serie correspondieron al actual periodo 2011, período que coincide con una fase fuerte de la Niña en el Pacífico Ecuatorial, mientras que las más altas correspondieron al año 2005-Niño débil.

1.3 Determinación de la oferta ambiental de alimento entre la V y X Regiones durante el verano 2011

El análisis de la composición, densidad y distribución espacial del plancton en el área y período de estudio, se estableció en función de la caracterización de la oferta ambiental de alimento de reclutas de sardina común y anchoveta. Es necesario



mencionar, sin embargo, que en este crucero, al igual que en el realizado en el mes de Enero de los años 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010 (Castillo *et al.*, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010) no se dispone de información sobre los contenidos gástricos de los reclutas de ambas especies, por lo que se ha utilizado los resultados del contenido estomacal informados para el crucero de Enero de 2003 (Castillo *et al.*, 2003).

1.3.1 Fitoplancton

El análisis cualitativo de la composición taxonómica del fitoplancton para el área de estudio reportó un total de 55 taxa, de los cuales 41 correspondieron a Bacylarophyceae (diatomeas), 11 a Dinophyceae (dinoflagelados), dos especies correspondientes al grupo de las Cyanobacteria y una al grupo de las Chlorophyceae (**Tabla 2**). La **Tabla 3** muestra la presencia-ausencia de los taxa fitoplanctónicos determinados para el área y período de estudio.

De los 14 géneros identificados de diatomeas en el análisis cuantitativo, cuatro taxa fueron importantes numéricamente (por sobre el 1% de la abundancia relativa). Las especies del género *Chaetoceros* evidenciaron claramente la mayor abundancia relativa con una contribución del 60,4% respecto del total de diatomeas contabilizadas. Con abundancias relativas menores destacaron las especies asociadas a los géneros *Skeletonema* (16,5%), *Thalassiosira* (14,6%) y *Nitzschia* (4,6%) (**Tabla 4**). Estas especies se han establecido como especies numéricamente importantes también en los cruceros anteriores para la misma área y período estival (Enero) de estudio.

La distribución espacial de las diatomeas dominantes, considerando toda el área prospectada, se presenta en las **Figuras 22 y 23**. Las especies correspondientes a



los géneros más abundantes, esto es: *Chaetoceros*, *Skeletonema* y *Thalassiosira*, mostraron en general una distribución espacial similar, con una mayor representación hacia el sector norte del área de estudio.

Las especies correspondientes al género *Chaetoceros* (que mostraron la mayor abundancia relativa= 60,4%), evidenciaron densidades muy altas ($>5000 \times 10^3 \text{cél mL}^{-1}$) en la región norte del área de estudio, especialmente asociadas a la Terraza del Itata y el golfo de Arauco (entre los 36°S y los 37°10'S) y frente a Constitución. Estas altas densidades de *Chaetoceros* informadas para el sector norte, contrasta con lo reportado para el sector sur del área prospectada que mostró el predominio de densidades bajas ($< 500 \times 10^3 \text{cél mL}^{-1}$) y un porcentaje significativo de estaciones negativas para el género, patrón de distribución muy similar al reportado para el año anterior (Castillo *et al.*, 2010). El género *Chaetoceros* fue detectado en el 48,4% de las estaciones planctónicas (59 estaciones positivas), evidenciando un promedio de $281 \pm 264 \times 10^3 \text{cél mL}^{-1}$.

Por su parte, las especies del género *Skeletonema*, el segundo en abundancia relativa (16,5%), evidenció una distribución similar, con mayor número de estaciones positivas en la región norte (al norte de Lebu) y densidades de hasta $500 \times 10^3 \text{cél mL}^{-1}$ especialmente en los sectores del golfo de Arauco, terraza del Itata y al norte de Constitución. Por el contrario, el sector situado entre Lebu y Corral reveló la presencia del género solo en las estaciones costeras, y al sur de los 40°S no hubo presencia de *Skeletonema* en las muestras analizadas (**Fig. 22**). El género *Skeletonema* presentó una densidad promedio de $103 \pm 95 \times 10^3 \text{cél mL}^{-1}$ para 44 estaciones positivas (ocurrencia del 36,1%). De igual forma, la distribución espacial del género *Thalassiosira* presentó mayores densidades y estaciones positivas en las estaciones situadas al norte de los 37°10'S, especialmente al



interior del golfo de Arauco y entre los 35° y 36°S reportando valores, en general, de hasta $500 \cdot 10^3$ cél mL⁻¹. Por el contrario, al sur de punta Lavapié (37°10' S) se verificó la virtual ausencia de estaciones positivas para *Thalassiosira*. El género *Thalassiosira* reveló un promedio de $125 \pm 143 \cdot 10^3$ cel mL⁻¹ considerando toda la región prospectada.

Por último, las especies asociadas a los géneros *Nitzschia* y *Asterionella*, con abundancias relativas de 4,6 y 0,9%, respectivamente, presentaron escasa representación espacial en el área evaluada como se demuestra en la **Figura 23**. Especies del género *Asterionella* mostraron una distribución costera asociada solo a localidades situadas frente a Constitución y en el golfo de Arauco, en tanto que especies del género *Nitzschia* estuvieron representadas especialmente al sur de los 40°30'S (**Fig. 23**).

La **Figura 24** se presenta la variación meridional de la densidad promedio del fitoplancton numéricamente dominante para cada una de las transectas evaluadas en el área de estudio. Los tres géneros numéricamente dominantes (>90% de la abundancia relativa) revelaron distribuciones meridionales similares, caracterizadas por la presencia de densidades promedio altas en el sector central del área estudiada (35-37°S), destacando además un núcleo secundario de abundancia ($>500 \cdot 10^3$ cel mL⁻¹) en el extremo norte del área prospectada, para el caso de *Skeletonema*. En este comportamiento latitudinal, destaca el caso de *Nitzschia* que evidencia una distribución antagónica, con un único núcleo de alta densidad situado en el extremo sur del área de estudio (40°40'-41°S).

Por otra parte, en la **Figura 25** se compara las densidades promedio de las especies de los géneros *Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros* y *Nitzschia*, para el mes de



Enero del período entre los años 2003 y 2011, contrastando asimismo los sectores situados al norte y al sur de los 37°S. Para el género de mayor importancia numérica (*Chaetoceros*) destaca la presencia de densidades promedio altas especialmente en la región norte ($> 2000 \cdot 10^3 \text{ cel mL}^{-1}$), siguiendo la tendencia de valores altos del año anterior. Por el contrario, para las especies del género *Skeletonema* se evidenció densidades promedio muy bajas en todo el sector, solo comparables con las reportadas para el año 2007, y que se establecen como las más bajas de la serie de tiempo analizada, especialmente si se comparan con las informadas para el período 2004-2006.

Por su parte, las especies del género *Thalassiosira* para el año 2011 revelaron densidades similares al período 2007-2010, y más bajas que las reportadas para el período 2003-2006, considerando toda el área prospectada; no obstante en el presente año se observó una mayor contribución de la densidad promedio hacia el sector situado al norte de los 37°S.

Por último, las especies del género *Nitzschia* evidenciaron densidades levemente mayores que las descritas para los años 2007, 2009 y 2010, pero inferiores a las densidades significativamente más altas reportadas para los años 2003, 2005 y 2006.

1.3.2 Zooplancton

El zooplancton del área de estudio evidenció la presencia de 38 taxa o formas distintas, comprendiendo 19 grupos pertenecientes al holoplancton y 19 grupos o formas discriminadas correspondientes al meroplancton. Al considerar todas las estaciones de muestreo evaluadas en el área de estudio, se evidenció un total de 5 grupos que mostraron una abundancia relativa superior al 1%. El grupo de los



copépodos dominó claramente sobre el resto de los taxa del zooplancton local, con una abundancia relativa del 86,2%, seguido muy secundariamente por sifonóforos (2,7%), huevos de invertebrados (1,6%), larvas de poliquetos (1,2%) y anfípodos (1,1%). El resto de los taxa identificados presentaron abundancias relativas menores al 1% de los zooplancteres contabilizados.

La **Tabla 5** presenta la densidad (ind. m⁻³), frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa porcentual para cada uno de los taxa o grupos zooplanctónicos reportados para el área y período de prospección.

A continuación, se detallan los resultados de la abundancia y distribución espacial de los grupos numéricamente dominantes (> 1% de la abundancia relativa) encontrados para el área y período de estudio, los que son presentados en las **Figura 26**. Se debe consignar que, además de detallar la distribución espacial de los taxa o formas discriminadas dominantes en el zooplancton local, también se ha incluido en este análisis a otros taxa que, evidenciando abundancias menores, fueron considerados como ítemes presa de sardina común y anchoveta en el crucero del año 2003 (nauplius, zoeas, larvas calyptopis de eufáusidos y larvas cipris de cirripedios, Castillo *et al.*, 2003), cuyas distribuciones espaciales se presentan en la **Figura 27**.

El grupo de los copépodos estuvo presente en el 100% de las estaciones de muestreo y contribuyó con el 86,2% al total de zooplancteres contabilizados. La densidad de copépodos fluctuó entre los 1,7 y los 4664,4 ind m⁻³ (promedio= 257,9 ±485,8 ind m⁻³), valor superior al informado para los años anteriores 2009 y 2010 (promedios de 219,4 ind m⁻³ y 47,5 ind m⁻³, respectivamente). Los copépodos mostraron una distribución continua a lo largo del área de estudio, con abundancias de hasta 100 ind m⁻³ en gran parte del área prospectada, destacando densidades



más altas ($> 1000 \text{ ind m}^{-3}$) en la terraza del Itata ($36^{\circ}40'S$) y entre Lebu e isla Mocha ($37^{\circ}40'S$ - $38^{\circ}20'S$) (**Fig. 26**).

Los sifonóforos, por el contrario, evidenciaron una clara segregación de densidades más altas hacia el sector norte (al norte de los $37^{\circ}10'S$), revelando una muy escasa contribución de estaciones positivas al sur de dicha latitud, situación muy similar a la informada para larvas de poliquetos (**Figura 26**). Para el caso de los sifonóforos, la densidad promedio fue de $18,1 \pm 48,5 \text{ ind m}^{-3}$ (rango= $0,04 - 286,7 \text{ ind m}^{-3}$), y las densidades más altas ($< 100 \text{ ind m}^{-3}$) fueron detectadas al interior del golfo de Arauco ($37^{\circ}10'S$) y frente a Constitución. En tanto, las larvas de poliquetos revelaron un rango de variación entre los $0,04$ y los $293,3 \text{ ind m}^{-3}$, con un valor promedio de $10,0 \pm 45,1 \text{ ind m}^{-3}$, y densidades mayores a 100 ind m^{-3} frente a Topocalma (**Fig. 26**).

Por su parte, los huevos de invertebrados mostraron un mayor número de estaciones positivas (ocurrencia= $81,2\%$) distribuidas a lo largo de toda el área prospectada, con mayores densidades asociadas al golfo de Arauco ($37^{\circ}10'S$) que sobrepasaron los 100 ind m^{-3} . Los huevos de invertebrados revelaron un rango de variación entre los $0,05$ y los $152,8 \text{ ind m}^{-3}$, con un valor promedio de $5,8 \pm 20,7 \text{ ind m}^{-3}$ (**Tabla 5, Fig. 26**).

Los anfípodos, el último taxa que evidenció una abundancia relativa por sobre el 1% , mostró un rango de variación entre los $0,04$ y los $77,6 \text{ ind m}^{-3}$, con un valor promedio de $3,7 \pm 9,0 \text{ ind m}^{-3}$. La distribución espacial de este taxa reveló un patrón continuo a lo largo del área prospectada (ocurrencia de estaciones positivas= $87,7\%$), con densidades comparativamente más altas (de hasta 100 ind m^{-3}) frente a Constitución, la terraza del Itata y el golfo de Arauco (**Fig. 27**).

Tal como se indicó en párrafos anteriores, este análisis del zooplancton incluye además de los grupos numéricamente dominantes, otros taxa que no superando



abundancias relativas del 1%, se han establecido como ítemes alimentarios de ambos recursos (Castillo *et al.*, 2003). Este es el caso de los grupos: larvas zoeas de crustáceos decápodos, estados naupliares, larvas calytopis de eufáusidos y larvas cigris de cirripedios.

Las larvas zoeas mostraron una distribución relativamente continua entre el extremo norte del área prospectada y aproximadamente los 40°S, revelando densidades mayores ($>100 \text{ ind m}^{-3}$) al interior del golfo de Arauco (37°10'S) y frente a Constitución, destacando la virtual ausencia de estaciones positivas al sur de los (40°10'S) (**Figura 27**). Las zoeas de crustáceos decápodos mostraron un rango de variación entre los 0,04 y los 126,4 ind m^{-3} , con un valor promedio de $4,0 \pm 14,5 \text{ ind m}^{-3}$ (abundancia relativa= 0,87%, ocurrencia= 65,6%).

Por su parte, los estados naupliares, con una abundancia relativa del 0,8% y una ocurrencia del 64,8%, revelaron una distribución espacial relativamente continua a lo largo de toda la región de estudio, quedando mejor representados en el sector norte, con densidades mayores (de hasta 100 ind m^{-3}) especialmente entre los 35°30'S y los 37°10'S. Los nauplius mostraron un rango de variación entre los 0,06 y los 78,4 ind m^{-3} , con un valor promedio de $3,8 \pm 10,3 \text{ ind m}^{-3}$. En tanto, las larvas calytopis de eufáusidos, tuvieron un rango de variación entre los 0,07 y los 30,0 ind m^{-3} (promedio= $3,0 \pm 6,5 \text{ ind m}^{-3}$). Si bien este grupo tuvo una frecuencia de ocurrencia menor (= 50%) que el anterior, presentó una distribución espacial a lo largo de toda el área prospectada, especialmente en las estaciones más oceánicas de los transectos, por ejemplo: frente a Constitución, Lebu y Puerto Saavedra, destacando las muy bajas densidades reportadas para el golfo de Arauco y la terraza del Itata (36°-37°S) (**Figura 27**). Por último, las larvas cigris de cirripedios tuvieron una muy escasa representación espacial, atendiendo a su bajo número de



estaciones positivas (<14%) y a su baja densidad (hasta 10 ind m⁻³), por lo que no es posible establecer un patrón de distribución claro para este grupo.

En la **Figura 28** se presenta la variación meridional de las densidades promedio (por transecta) para los diferentes grupos zooplanctónicos que constituyen ítemes presa o presentaron altas abundancias numéricas en este crucero. Algunos grupos mostraron una representación espacial importante y continua a lo largo de toda el área de estudio, como es el caso de los copépodos, zooplancteres numéricamente dominantes en el plancton local, los anfípodos con densidades promedio levemente superiores en la región centro-norte (35°20'-37°S), y los estados naupliares. En tanto, otros grupos revelaron gradientes meridionales en la densidad zooplanctónica promedio, destacando especialmente los grupos de los sifonóforos y las larvas de poliuetos, en los cuales se observó un claro gradiente meridional positivo hacia la región norte del área de estudio (**Fig. 28**). Por el contrario, las larvas calítopis de eufáusidos mostraron un gradiente meridional contrario de densidad planctónica (positivo hacia las estaciones del sector central y sur). Por último, los huevos de invertebrados, las larvas cipris de cirripedios, y las larvas zoeas de crustáceos decápodos revelaron mayores densidades zooplanctónicas vinculadas con el sector central del área prospectada (especialmente el golfo de Arauco y las cercanías de Constitución).

Por otra parte, la **Figura 29** compara las densidades promedio de copépodos, zoeas, nauplius, huevos de invertebrados y cipris, grupos que se verificaron como ítemes presa de sardina común y anchoveta para el crucero de Enero de 2003 (ver Castillo *et al.* 2003). La figura contrasta las regiones situadas al norte y al sur de los 37°S, para los años 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011, destacando para el presente crucero (Enero 2011), que el grupo dominante de los copépodos (abundancia relativa= 86,2%) mostró un significativo incremento de densidad



respecto del año anterior (Enero 2010) y se sigue manteniendo en el rango de lo reportado para el período 2005-2009; en tanto que todos los otros grupos contrastados (zoeas, nauplius, huevos de invertebrados y cipris) evidenciaron densidades promedio muy bajas respecto de lo informado para los años 2003-2005 en la mayoría de los casos, pero que sin embargo, se han mantenido en el rango de densidades bajas de los últimos 4-5 años, por lo que este resultado no parece ser una particularidad del presente crucero.

2. Objetivo 2.2. *Estimar la composición de talla, peso, edad y proporción sexual del stock recluta de anchoveta y sardina común en el área de estudio.*

2.1 Selectividad de la red de arrastre de media agua Engel, utilizada por el B/C Abate Molina

El arte de pesca utilizado para la identificación de ecotrazos y obtención de muestras biológicas, es una red de arrastre de media agua de cuatro paneles modelo ENGEL. El tamaño de malla en el copo es de 12 mm, y está diseñada para operar específicamente en el B/C Abate Molina, para la captura de peces de pequeño tamaño.

Debido a las dificultades que implica realizar estudios de selectividad con esta red, la efectividad en la captura de ejemplares pequeños de sardina común y anchoveta, se analiza mediante la comparación de la estructura de tallas obtenidas en los lances de identificación realizados por el B/C Abate Molina con los lances realizados con red de cerco por las embarcaciones artesanales participantes en el sesgo de orilla y que, además, coinciden tanto espacial como temporalmente.

Para el crucero realizado durante el enero de 2011 (RECLAS 1101), la comparación de estructuras de talla de sardina común se realizó a partir de los lances 3 a 6 de la



L/M Ebenezer I y que espacialmente se localizaron entre los 39°20,3'S y 39°40,1'S, y el lance 34 (39°19,7'S) y 35 (39°40,1'S) realizados por el B/C Abate Molina. En el caso de anchoveta (RECLAS 1101), no fue posible realizar esta comparación, ya que no hubo presencia de esta especie en las capturas realizadas por el B/C Abate Molina en el área comprendida por el sesgo de orilla. Para el crucero efectuado en mayo de 2011 (RECLAS 1105), la estructura de tallas de sardina común se compara a partir de los lances 3 (39°15,4'S), 4 (39°15,2'S) y 5 (39°17,5'S) realizados por la L/M Doña Carmela y el lance 4 (39°28,2'S) efectuado por el B/C Abate Molina, mientras que para anchoveta se comparan los lances 1 (39°04,3'S) y 4 (39°15,2'S) de la L/M Doña Carmela y el lance 6 efectuado por el B/C Abate Molina.

La comparación de estructuras de tallas se realizó a partir de los rangos de captura y la frecuencia acumulada de éstas, la cual se consideró como la ojiva de selectividad, estimándose la talla de retención ($L_{50\%}$) y el rango de selección que se calculó como la diferencia entre la talla de retención $L_{25\%}$ y $L_{75\%}$.

En las **Tablas 6 y 7** se entregan los valores de la moda principal, secundaria y tallas de retención ($L_{25\%}$, $L_{50\%}$ y $L_{75\%}$) de sardina común y anchoveta capturada durante los cruceros realizados desde enero de 2001 a la fecha, incluyendo los efectuados en mayo de 2009, 2010 y 2011. Es preciso señalar que en el caso particular de anchoveta, la comparación de selectividad se realizó sólo en el crucero de mayo de 2011, ya que durante el crucero de enero, no hubo registros de ésta en la zona del sesgo de orilla.

a. Estructura de tallas capturada con red de cerco

En sardina común (**Tabla 6**), la $L_{50\%}$ obtenida durante los cruceros de enero (11,9 cm) y mayo (9,6 cm) de 2011 (RECLAS 1101 y 1105), se observó que ésta se



mantubo dentro del rango de valores históricos. En lo que respecta a la moda principal, la situación fue similar, ya que los valores obtenidos durante enero (8,5 cm) y mayo (10,0 cm) de 2011 se mantubieron dentro de los valores históricos, sin embargo, estos son los menores valores registrados desde enero de 2003 (RECLAS 0301). En cuanto al rango de selección, se observó que el obtenido durante enero de 2011 (RECLAS 1101) es el segundo mayor en amplitud (4,3 cm) después del obtenido en enero de 2006 (RECLAS 0601), mientras que el rango registrado durante mayo de 2011 (RECLAS 1105) fue menor que los obtenidos durante mayo de 2009 (RECLAS 0905) y 2010 (RECLAS 1005).

La estructura de talla obtenida durante enero de 2011 fue bimodal (**Fig. 30**), con moda principal en 8,5 cm y secundaria en 12,5 cm, característica que sólo se presentó durante el crucero realizado en enero de 2003 (RECLAS 0301), mientras que la moda principal fue la menor obtenida desde enero de 2003 (**Tabla 6**). Para el crucero efectuado en mayo de 2011 (**Fig. 31**), la estructura fue unimodal centrada en 10 cm, característica que ha sido observada en otros cruceros, particularmente, durante los realizados en enero de 2004, 2008, 2009 y 2010 (**Tabla 6**). En términos generales, las tallas modales obtenidas durante los cruceros de enero y mayo de 2011, fueron menores a las registradas en igual período de 2010.

Para anchoveta (**Tabla 7**) la talla de retención $L_{50\%}$ (13,7 cm) obtenida durante mayo de 2011 (RECLAS 1105) fue menor a las registradas en igual período de 2009 (RECLAS 0905) y 2010 (RECLAS 1005), observándose la misma situación para la moda principal (14,0 cm), sin embargo, tanto la $L_{50\%}$ como la talla modal se mantubieron dentro del rango de valores históricos estimados desde el 2001 a la fecha. Por otro lado, el rango de selección obtenido durante el crucero de mayo de 2011 fue el menor registrado históricamente (**Tabla 7**).



La estructura de talla registrada durante el crucero RECLAS 1105 (mayo 2011), fue unimodal centrada en 14,0 cm (**Fig. 31**), la cual es inferior a la registrada en igual período de los cruceros RECLAS 0905 y 1005 (mayo 2009 y 2010) (**Tabla 7**), por otro lado, la estructura unimodal también se registró durante los cruceros de enero de 2005 y 2008 (RECLAS 0501 y 0801) y mayo de 2009 (RECLAS 0905).

b. Estructura de tallas capturadas con red de media agua

Para sardina común (**Tabla 6**), se tiene que la $L_{50\%}$ estimada para los cruceros de enero (8,5 cm) y mayo (8,3 cm) de 2011 (RECLAS 1101 y 1105) fue similar y que, además, estos valores estuvieron dentro del rango de valores históricos obtenidos para esta talla de retención, con excepción de los cruceros realizados en enero de 2007 y 2010 (RECLAS 0701 y 1001). El rango de selección obtenido en enero de 2011 fue superior al obtenido en igual período de 2010 y es el tercer rango más amplio después de los registrados en los meses de enero de 2007 y 2009 (RECLAS 0701 y 0901), mientras que en mayo de 2011 el rango de selección fue menor al obtenido en los cruceros precedentes, con la excepción del crucero efectuado en enero de 2003 (RECLAS 0301).

La estructura de talla para enero de 2011 (RECLAS 1101) fue bimodal, con moda principal centrada en 8,0 cm y secundaria en 11,0 cm (**Fig. 30**), característica que también se presentó en los cruceros efectuados en enero de 2002, 2006 y 2008. Mientras que para mayo de 2011 (RECLAS 1105) la estructura de talla fue unimodal centrada en 8,5 cm (**Fig. 31**), condición que sólo se presentó en enero de 2001 y 2004 (RECLAS 0101 y 0401), y mayo de 2010 (RECLAS 1005). En general, las tallas modales registradas durante enero y mayo de 2011, fueron similares a las obtenidas en cruceros anteriores (**Tabla 6**), con la excepción de la obtenida durante enero de 2010 (RECLAS 1001).



En anchoveta (**Tabla 7**), la longitud de retención $L_{50\%}$ (13,0 cm) estimada para mayo de 2011 (RECLAS 1105) fue similar a la obtenida en mayo de 2010 (RECLAS 1005), por otro lado, la moda principal (12,5 cm) presentó una disminución respecto de la registrada en igual período de 2010, no obstante, los valores de la moda principal y la $L_{50\%}$ se mantuvo dentro de los rangos de variabilidad históricos obtenidos desde 2001 (RECLAS 0101) a la fecha. El rango de selección estimado para mayo de 2011 (1,5 cm) fue el menor obtenido, respecto de los cruceros precedentes (**Tabla 7**).

La estructura de talla que se presentó durante mayo de 2011 fue unimodal centrada en 12,5 cm (**Fig. 31**), moda que fue inferior a la registrada durante los cruceros de enero y mayo de 2010 (RECLAS 1001 y 1005) (**Tabla 7**). La estructura unimodal presente durante mayo de 2011 difiere de las estructuras reportadas entre el 2002 y 2010, las cuales se caracterizaron por ser del tipo multimodal, sólo el crucero realizado en enero de 2001 (RECLAS 0101) reportó este tipo de estructura.

Comparación estructuras de tallas entre cerco y arrastre

Para los cruceros efectuados durante enero y mayo de 2011, las longitudes de retención $L_{25\%}$, $L_{50\%}$ y $L_{75\%}$ obtenidas con red de arrastre de media agua fueron inferiores a las registradas con red de cerco (**Tablas 8 y 9**). Durante enero las longitudes de retención de sardina común (**Tabla 8 y Fig. 30**), obtenidas con red de arrastre de media agua, fueron inferiores a las registradas con red de cerco y variaron entre un mínimo de 1,2 cm ($L_{25\%}$) y un máximo de 3,4 cm ($L_{50\%}$), mientras que para el mes de mayo estas diferencias variaron entre un mínimo de 1,1 cm ($L_{25\%}$) y un máximo de 1,5 cm ($L_{75\%}$). En el caso de anchoveta, la comparación sólo se realizó para el mes de mayo, donde las diferencias en las longitudes de retención fueron favorables a la red de cerco (**Tabla 9 y Fig. 31**), diferencias variaron entre un mínimo de 0,8 cm ($L_{75\%}$) un máximo de 1,3 cm ($L_{25\%}$).



Para la serie histórica de sardina común, las longitudes de retención obtenidas con red de arrastre de media agua han sido inferiores a las obtenidas con cerco, con la excepción de las registradas durante enero de 2010 (**Tabla 10**), en este sentido, las diferencias favorables a la red de cerco han presentado variaciones que van desde un mínimo de 0,1 cm ($L_{25\%}$; RECLAS 0101) y un máximo de 7,0 cm ($L_{25\%}$; RECLAS 0801). Para la longitud de retención $L_{50\%}$, los valores mínimos y máximos obtenidos con cerco son 8,2 cm (RECLAS 0101) y 14,3 cm (RECLAS 0801), respectivamente, mientras que para red de arrastre de media agua estos valores son 6,8 cm (RECLAS 0601) y 12,0 cm (RECLAS 1001) (**Tabla 10**).

La serie histórica de anchoveta, presenta una situación similar a la de sardina común, con predominio de las longitudes de retención favorables a la red de cerco, con excepción de los cruceros realizados en enero de 2001, 2002, 2003 y 2010 donde se presenta una situación contraria (**Tabla 10**). Las diferencias favorables a la red de cerco, han variado desde un mínimo de 0,2 cm ($L_{50\%}$; RECLAS 0701) hasta un máximo de 5,5 cm ($L_{25\%}$; RECLAS 0801), mientras que las diferencias favorables a la red de arrastre de media agua han variado desde un mínimo de 0,2 cm ($L_{75\%}$; RECLAS 0101 y 1001) y un máximo de 2,4 cm ($L_{75\%}$; RECLAS 0301). En cuanto a la longitud de retención $L_{50\%}$, los valores mínimos obtenidos con cerco y arrastre de media agua fueron 10,2 cm (RECLAS 0101) y 8,0 cm (RECLAS 0201), respectivamente, mientras que el valor máximo para cerco fue de 16,5 cm (RECLAS 0901) y para arrastre de media agua fue de 15,9 cm (RECLAS 0901) (**Tabla 10**).

Para sardina común, la estructura de talla capturada con cerco durante enero de 2011 fue bimodal, la moda principal se centró en 8,5 cm y secundaria en 12,5 cm, con un rango de tallas varió entre 7,0 cm y 16,5 cm. Para arrastre de media agua la estructura también fue bimodal, pero con desplazamiento de las modas y rango hacia tallas menores, centrándose la moda principal en 8,0 cm y la secundaria en



11,0 cm, con un rango que varió entre 6,5 cm y 12,5 cm (**Fig. 30**). Para el mes de mayo, ambas estructuras fueron del tipo unimodal, para cerco la moda se centró en 10,0 cm con un rango que varió entre 8,0 cm y 13,0 cm, mientras que para arrastre de media agua la moda fue de 8,5 cm con un rango de tallas que fluctuó entre 5,5 cm y 10,5 cm (**Fig. 31**). Para anchoveta, las estructuras obtenidas durante mayo de 2011, fueron en ambos casos unimodales. Para cerco la moda se centró en 14,0 cm con un rango de tallas que varió entre 9,5 cm y 16,5 cm, mientras que para arrastre de media agua la moda se centró en 12,5 cm con una amplitud en el rango de tallas que fluctuó entre 10,5 cm y 16,5 cm (**Fig. 31**).

En términos generales, y considerando los artes utilizados como los resultados obtenidos, es factible de establecer que la red de arrastre de media agua (modelo ENGEL) utilizado por el B/C Abate Molina es menos selectiva que la red de cerco utilizada por las embarcaciones artesanales, capturando ejemplares de menor tamaño, lo cual permite conocer de mejor manera la estructura de tallas de los individuos componentes del *stock*.

2.2 Resultado de los lances de pesca

Considerando la información en conjunto de los cruceros realizados durante enero y mayo de 2011, se tiene que, en total se efectuaron 90 lances de pesca de identificación. De estos, 76 (84%) fueron realizados por el B/C Abate Molina y 14 (16%) fueron efectuados por embarcaciones artesanales participantes. De la totalidad de lances de identificación, 54 (60%) reportaron captura positiva de sardina común, mientras que 22 (24%) presentaron captura positiva de anchoveta. Del total de lances realizados por el B/C Abate Molina, 40 (53%) presentaron captura positiva de sardina común y 19 (25%) captura de anchoveta, mientras que del total de lances



realizados por las embarcaciones artesanales 14 (100%) presentaron sardina común y 3 (21%) anchoveta.

- **Enero 2011 (RECLAS 1101):**

Se realizaron un total de 48 lances de pesca de identificación, de los cuales 40 (83%) los realizó el B/C Abate Molina y 8 (17%) la L/M Ebenezer I (**Tablas 11 y 12**). Del total de lances de identificación efectuados, 35 (73%) presentaron captura positiva de sardina común y 4 (8%) de anchoveta. De los lances realizados por el B/C Abate Molina, 3 (8%) registraron captura positiva de anchoveta, mientras que sardina común se presentó en 27 (68%) lances de pesca de identificación. Para la L/M Ebenezer I sardina común se presentó en el 100% de los lances realizados y sólo 1 (13%) lance registró anchoveta (**Tabla 12**).

La captura total efectuada por el B/C Abate Molina, alcanzó a 15.104 kg, de los cuales 8.224 kg (54,4%) correspondieron a sardina común y 43 kg (0,3%) a anchoveta, mientras que la captura de fauna acompañante alcanzó los 6.837 kg (45,3%) y estuvo constituida por 12 especies (**Tablas 11 y 13**). De estas, las más importantes fueron -de acuerdo al volumen de sus capturas- sierra y jibia (17,7% del total capturado, respectivamente), medusas (5,4% del total capturado) y pampanito (1,9% del total capturado) (**Tabla 13**). Respecto de las capturas realizados por la L/M Ebenezer I, el 93% de éstas correspondió a sardina común y un 6,9% a anchoveta, mientras que las restantes especies que constituyeron fauna acompañante representaron menos del 1% (**Tabla 12**).

En términos generales, los lances de pesca de identificación efectuados por el B/C Abate Molina presentaron variaciones respecto de la proporción de mezcla de las especies objetivo. Para anchoveta la proporción de mezcla varió entre un mínimo de



1,3% (lance 7) y un máximo de 47,1% (lance 16). Para sardina común esta proporción fluctuó entre un mínimo de 0,7% (lance 12) y un máximo de 100% (lances 1, 2, 19 y 35) (**Tabla 11**). Para la L/M Ebenezer I, la variabilidad en la proporción de mezcla de las especies objetivo, varió entre un mínimo de 30% y máximo de 100% para sardina común y sólo un 70% en el caso de anchoveta (**Tabla 12**).

En términos operacionales, los lances de pesca de identificación realizados con red de arrastre a media agua (B/C Abate Molina) presentaron una duración promedio de 24 minutos, con velocidad de arrastre y distancia recorrida promedio de 4,3 nudos y 1,5 millas náuticas, respectivamente (**Tabla 11**).

- **Mayo 2011 (RECLAS 1105):**

En total se realizaron 42 lances de pesca de identificación, de los cuales, 36 (86%) fueron realizados por el B/C Abate Molina y 6 (14%) por embarcaciones artesanales participantes, según detalle: 1 lance de pesca realizado por la L/M Samaritano II y 5 lances efectuados por la L/M Doña Carmela (**Tablas 14 y 15**). Del total de lances realizados en el crucero, 19 (45%) presentaron captura positiva de sardina común y 18 (43%) de anchoveta. De los lances efectuados por el B/C Abate Molina 16 (44%) registraron captura positiva de anchoveta, mientras que sardina común estuvo presente en 13 (36%). Para las embarcaciones artesanales participantes, sardina común estuvo presente en el total (100%) de lances efectuados, mientras que anchoveta sólo se presentó en 2 (33%) lances de pesca realizados por la L/M Doña Carmela (**Tabla 15**).

La captura total durante del crucero fue de 282.096 kg, de éstos, 7.374 kg (2,6%) correspondieron a captura de anchoveta, 263.395 kg (93,4%) a sardina común y 11.328 kg (4,0%) correspondieron a captura de fauna acompañante. La captura total del B/C Abate Molina fue de 22.096 kg, de los cuales 6.199 kg (28,1%)



correspondieron a anchoveta, 7.376 kg (33,4%) a sardina común y 8.522 kg (38,6%) a fauna acompañante (**Tabla 14 y 16**). La captura realizada por las embarcaciones artesanales participantes fue de 260.000 kg, de los cuales 1.175 kg (0,5%) correspondieron a anchoveta, 256.019 kg (98,5%) a sardina común y 2.806 kg (1,1%) a fauna acompañante (**Tabla 15**). La captura total de fauna acompañante fue de 11.328 kg, de los cuales, el 75% fue capturado por el B/C Abate Molina y 25% correspondió a las embarcaciones artesanales. Para el B/C Abate Molina, la captura de fauna estuvo compuesta principalmente por dos especies, las que representaron el 88% de la captura de fauna y 34% de la captura total del B/C Abate Molina, a saber, jibia y medusas (**Tabla 16**).

En términos generales, los lances de pesca de identificación realizados por el B/C Abate Molina presentan variaciones en cuanto a la proporción de mezcla de las especies objetivo del crucero. En este sentido, la proporción de mezcla para anchoveta varió entre un mínimo de 5,0% (lance 6) y un máximo de 93,0% (lance 35), mientras que para sardina común la proporción de mezcla varió entre un mínimo de 3,0% (lance 4) y un máximo de 100% (lance 34) (**Tabla 14**). Para los lances de pesca efectuados L/M Samaritano II y Doña Carmela, la variación en la proporción de mezcla de las especies objetivo estuvo dominada por la presencia de sardina común en todos los lances, con proporciones de mezcla superiores al 90% en todos los casos (**Tabla 15**).

Respecto de las características operacionales de los lances de pesca de identificación realizados con red de arrastre a media agua (B/C Abate Molina), se tiene que la duración promedio de éstos fue de 24 minutos, con velocidad de arrastre y distancia recorrida promedio de 4,2 nudos y 1,9 millas náuticas, respectivamente (**Tabla 14**).



2.3 Estructura de tamaños de las capturas realizadas en conjunto por el B/C Abate Molina y la flota cerquera artesanal participante, para los cruceros de evaluación realizados durante enero y mayo de 2011

Para cada crucero se considera la información de estructuras de talla obtenidas en los lances de pesca de identificación. Esta información permite determinar la existencia, o no, de zonas que se diferencien de acuerdo a sus estructuras de talla.

2.3.1. Sardina común

- **Enero 2011 (RECLAS 1101)**

Debido a la similitud que se observa entre las estructuras de talla obtenidas a partir de los lances de pesca de identificación, y a la ausencia de una clara estratificación de éstas, se estableció la presencia de una sola zona, equivalente a la zona total de estudio (**Fig. 32**, y **Tabla 17**). Por otro lado, y debido a la extensión del área de estudio hasta la zona de la bahía de Maullín (41°40'S) y a que esta especie no estuvo accesible a los lances de pesca de identificación realizados por el B/C Abate Molina en la zona, se decidió incorporar información proveniente de la flota artesanal que opera en el área de la bahía de Maullín. La incorporación de esta información mostró que los individuos capturados en esta zona se encuentran dentro del rango de tallas obtenidos durante el desarrollo del crucero (**Fig. 33**).

Para la zona total, se realizaron un total de 48 lances de pesca de identificación, de estos 35 (73%) presentaron captura positiva de sardina común (**Tabla 18**). La información conjunta de estructuras de talla, mostraron una estructura unimodal centrada en 6,5 cm, el rango de tallas varió entre 4,5 cm y 16,5 cm (**Fig. 33**), mientras que el peso y talla promedio de los individuos fue 5,4 g y 7,9 cm,



respectivamente. La fracción recluta representó el 92,3%, estimándose una talla y peso medio de 3,9 cm y 7,5 cm, respectivamente (**Tabla 18**).

- **Mayo 2011 (RECLAS 1105)**

De manera similar a lo ocurrido durante el crucero de enero, las estructuras de talla obtenidas a partir de los lances de pesca de identificación no muestran estratificación de éstas, lo cual permite establecer la presencia de una sola zona, la que coincide con el área total de estudio (**Fig. 34 y Tabla 19**). En total se efectuaron 42 lances de pesca de identificación, de los cuales 19 (45%) obtuvieron captura positiva de sardina común (**Tabla 18**). La estructura de talla global fue unimodal centrada en 9 cm con un rango que varió entre 5,5 cm y 15,5 cm (**Fig. 35**), con peso y talla media de 6,2 g y 9,3 cm, respectivamente. La fracción de individuos reclutas representó el 97% de los casos, estimándose un peso medio de 5,5 g y longitud promedio de 9,2 cm (**Tabla 18**).

2.3.2. Anchoqueta

- **Enero 2011 (RECLAS 1101)**

Durante el desarrollo del crucero se tuvo una escasa presencia de anchoqueta en la zona de estudio. Lo anterior implicó una dificultad para establecer subzonas según la estratificación de las estructuras de tallas, por lo que se optó en considerar una sola zona la cual es equivalente al área total de estudio (**Figs. 36 y 37 y Tablas 20 y 21**).

Del total de lances realizados en la zona (48), sólo 4 (8%) obtuvieron captura positiva de anchoqueta (**Tabla 22**). La estructura de talla global fue de tipo



multimodal con modas centradas en 8,5 cm, 9,0 cm y 15,5 cm, con un rango de tallas que varió entre los 6,5 cm y los 18,0 cm de longitud total (**Fig. 35**), estimándose un peso y talla promedio de 15,0 g y 12,1 cm, respectivamente. La fracción de reclutas representó el 46% de los casos, con peso promedio de 4,1 g y longitud media de 8,8 cm (**Tabla 22**).

- **Mayo 2011 (RECLAS 1105)**

Considerando la similitud que se observa en las estructuras de tallas obtenidas a partir de los lances de pesca de identificación, así como también las tallas modales de éstos, fue posible estructurar tres subzonas dentro del área total de estudio (**Figs. 35 a 39, Tabla 21**).

- **Subzona 1:** Presentó como límite sur los 40°05,0' sur y como límite norte los 36°16,3' sur y agrupó los lances 6, 7, 20 y 21 realizados por el B/C Abate Molina, y lances 1 y 4 efectuados por la L/M Doña Carmela (**Tabla 21**). En la subzona se realizaron un total 27 lances de identificación, de los cuales 6 (22%) obtuvieron captura positiva de anchoveta (**Tabla 22**). La estructura de talla fue bimodal, centrándose la moda principal en 13,5 cm y la moda secundaria en 16,0 cm, el rango de tallas se localizó entre 9,5 cm y 17,5 cm (**Fig. 35**), con peso promedio de 17,4 g y talla media de 13,6 cm, mientras que la fracción recluta (16%) presentó peso y talla promedio de 10,0 g y 11,6 cm, respectivamente (**Tabla 22**).
- **Subzona 2:** Espacialmente se localizó entre los 36°16,3 S y 35°47,8 S, agrupando los lances 22 a 27 realizados por el B/C Abate Molina (**Tabla 21**). Se realizaron un total de 6 lances de identificación, obteniéndose en todos (100%) captura positiva de anchoveta (**Tabla 22**). La estructura de



talla fue unimodal centrada en 11,0 cm, el rango de tallas varió entre 8,5 cm y 15,0 cm (**Fig. 35**), estimándose un peso medio de 8,9 g y longitud promedio de 11,5 cm. La fracción de reclutas representó el 75% de los casos, con peso y talla promedio de 7,3 g y 10,9 cm, respectivamente (**Tabla 22**).

- **Subzona 3:** Se localizó entre los 35°47,8' S y los 33°45,0' S, considerando los lances 28 a 36 efectuados por el B/C Abate Molina (**Tabla 21**). Se realizaron un total de 9 lances de identificación, obteniéndose en 6 (67%) de ellos captura positiva de anchoveta (**Tabla 22**). La estructura de talla fue unimodal centrada 14,5 cm, sugiriéndose dos modas secundarias en 11,5 cm y 12,5 cm, el rango de tallas fluctuó entre 9,0 cm y 17,5 cm (**Fig. 35**) con peso y longitud promedio de 15,7 g y 13,3 cm, respectivamente. La fracción de individuos reclutas alcanzó el 25%, estimándose el peso medio en 8,6 g y la talla media en 11,3 cm (**Tabla 22**).

En términos generales, para la zona total se realizaron un total de 42 lances de identificación, de los cuales 18 (43%) presentaron captura positiva de anchoveta (**Tabla 22**). La estructura de talla global fue multimodal, centrándose la moda principal en 13,5 cm y modas secundarias en 12,5 cm y 16 cm, el rango de tallas varió entre un mínimo de 8,5 cm y un máximo de 17,5 cm., con peso y longitud promedio de 13,6 g y 12,7 cm, respectivamente. La fracción de reclutas representó el 42% de los casos, estimándose un peso medio de 7,8 g y longitud media de 11,1 cm (**Tablas 22**).



2.4. Análisis estadístico de la estratificación de tallas en las subzonas , mediante la *Dócima de heterogeneidad generalizada (DHG)*

A partir de la informaci3n de estructuras de talla obtenida en los lances de identificaci3n realizados por el B/C Abate Molina y las embarcaciones artesanales participantes, se realiz3 la prueba estadística: *Dócima de heterogeneidad generalizada (DHG; $\alpha = 0,05$)*, como método para verificar la existencia, o no, de diferencias estadísticamente significativas (*Ho: La estructura de talla de los lances y/o subzonas es "similar" a la estructura de talla generada por el conjunto de lances y/o subzonas*) entre las estructuras de talla obtenidas, ya sea por zonas o lances de identificaci3n. Para el crucero de enero, la prueba estadística compara las estructuras obtenidas en los lances de identificaci3n, debido a la presencia de una zona en ambos recursos, mientras que para el crucero de mayo la comparaci3n se realiza entre lances de pesca para sardina comúN (zona total) y por subzonas y lances en anchoveta.

2.4.1. Sardina comúN

- **Enero 2011 (RECLAS 1101)**

La prueba estadística efectuada sobre las estructuras de talla obtenidas en los lances de identificaci3n, mostr3 que el 88,6% (**Tabla 23**) de éstos cumple el supuesto de homogeneidad por lo que no rechazan la hip3tesis nula (H_0), en este sentido, se tiene que la estructura de talla generada en cada lance de pesca fue estadísticamente similar a la estructura global obtenida a partir del conjunto de lances. En aquellos lances que rechazan H_0 , se observ3 diferencias en sus estructuras de tallas, debido principalmente, a la presencia de individuos adultos mayores de 11,5 cm, situaci3n que se evidenci3 con mayor claridad en los lances 1, 3 y 4 efectuados por la L/M Ebenezer I (**Fig. 32**).



- **Mayo 2011 (RECLAS 1105)**

De manera equivalente a lo ocurrido durante el crucero de enero (una zona total), la prueba estadística se aplicó sobre la totalidad de lances agrupados dentro de ésta. En este sentido, la prueba estadística aplicada sobre las estructuras de talla obtenida en los lances de identificación, indicó que el 89,47% (**Tabla 24**) de éstos no rechaza la hipótesis nula (H_0), cumpliendo con el supuesto de homogeneidad, ya que la estructura de talla obtenida en cada uno de ellos fue estadísticamente similar a la estructura global generada por el conjunto de lances dentro de la zona. Sólo los lances 4 y 7, realizados por el B/C Abate Molina, rechazan la hipótesis nula (H_0), ya que se observaron diferencias en sus estructuras de talla, respecto de la estructura global (**Fig. 34**).

2.4.2. Anchoqueta

- **Enero 2011 (RECLAS 1101)**

El análisis estadístico de la estructura de tallas por lances de identificación mostró que el 50% de éstos no rechaza la hipótesis nula (H_0), por lo que cumplen con el supuesto de homogeneidad, ya que la estructura de talla que generó cada uno de éstos fue estadísticamente similar a la estructura global generada por el conjunto de lances (**Tabla 25**). Respecto de los lances de pesca que rechazan H_0 , se observó que estos presentaron algunas diferencias en cuanto a sus estructuras de tallas, principalmente, en el lance 1 efectuado por la L/M Ebenezer I (**Fig. 36**).



- **Mayo 2011 (RECLAS 1105)**

Para las tres subzonas establecidas, la prueba estadística *DHG* muestra que las subzonas 1 y 2 rechazaron la hipótesis nula (H_0) de homogeneidad en sus estructuras de tallas, respecto de la estructura general obtenida a partir de las tres subzonas, en este sentido, ambas subzonas fueron estadísticamente distintas. Por otro lado, la subzona tres no rechazó la hipótesis nula (H_0), ya que su estructura fue estadísticamente similar a la estructura general formada por las tres subzonas, en este sentido, la estructura de tallas obtenida en la subzona tres presentó características similares a las observadas en las subzonas dos y uno y por ende a la estructura general de la zona de estudio (**Tabla 26**).

- **Subzona 1:** la prueba estadística pone evidencia que de la totalidad de lances realizados el 83,33% de éstos no rechazó la hipótesis nula (H_0), cumpliendo con el supuesto de homogeneidad en sus estructuras de talla, en otras palabras, sus estructuras de talla fueron estadísticamente similares a la estructura global generada a partir del conjunto de lances incluidos en la subzona. Sólo la estructura de talla obtenida del lance 7 (B/C Abate Molina) rechazó la hipótesis nula (H_0), ya que su estructura diferió de los demás lances (**Fig. 37 y Tabla 27**).
- **Subzonas 2 y 3:** La prueba estadística mostró que el 100% de los lances de identificación incluidos en ambas subzonas no rechazaron la hipótesis nula (H_0), es decir, cumplieron con el supuesto de homogeneidad en sus estructuras de talla, respecto de la estructura global generada en cada una de las subzonas. (**Figs. 38 y 39; Tablas 28 y 29**)



2.5 Proporción sexual

2.5.1. Sardina común

- **Enero 2011 (RECLAS 1101)**

Debido a la presencia de una sola zona, la proporción sexual se estimó para el área total de estudio. La proporción de individuos sexualmente indeterminados alcanzó al 78,7%, mientras que el 21,3% representó la fracción de individuos sexualmente determinados. De esta proporción, los machos representaron el 53% de los casos y las hembras el 47% restante. Según rangos de talla, los machos presentaron un predominio por sobre las hembras en casi todo el rango, con la excepción de las tallas 7,5 cm, 15 cm, 16 cm y 16,5 cm, donde las hembras presentaron una proporción mayor que los machos (**Fig. 40**).

- **Mayo 2011 (RECLAS 1105)**

De manera similar a lo acontecido en el mes de enero, la proporción sexual se estimó a partir de la información registrada en toda la zona de estudio. En este sentido, la proporción de individuos sexualmente indeterminados alcanzó al 28,6%. Del porcentaje restante, los machos representaron el 46,2%, mientras que la proporción de hembras alcanzó al 53,8%, observándose un aumento gradual en su participación a medida que aumenta la talla, con la excepción de las tallas 15 cm y 15,5 cm donde sólo estuvieron presentes machos (**Fig. 41**).



2.5.2. Anchoqueta

- **Enero 2011 (RECLAS 1101)**

Durante el crucero, el porcentaje de individuos indeterminados sexualmente alcanzó al 8,3%. Del porcentaje restante, los machos representaron el 49,6%, mientras que las hembras representaron el 50,4% de los casos. Desde el punto de vista de los rangos de talla, se observó que las hembras mostraron un aumento significativo en su participación a medida que aumenta la talla, superando el 50% de participación en tallas superiores a 14 cm (**Fig. 42**).

- **Mayo 2011 (RECLAS 1105)**

Para la zona total de estudio se tuvo ausencia de individuos sexualmente indeterminados. Machos y hembras representaron 49,2% y el 50,8% de los casos, respectivamente, observándose un aumento gradual en la participación de las hembras a medida que aumenta la talla (**Fig. 43**). La subzona 1 presentó un predominio de los machos por sobre las hembras alcanzando éstos una participación del 53,3%, mientras que las hembras representaron el 47,1% de los casos (**Fig. 43**). Las subzonas 2 y 3 presentaron una condición contraria a la subzona precedente con predominio de las hembras. En ambas subzonas, las hembras representaron el 54,3% y el 50,2%, respectivamente, mientras que los machos representaron 45,7% en la subzona 2 y el 49,8% en la subzona 3 (**Fig. 43**). En términos generales, las tres subzonas presentaron una condición similar a la zona total, esto es, aumento gradual en la participación de las hembras a medida que aumenta la talla.



2.6. Estados de madurez sexual e índice gonadosomático de sardina común y anchoveta en los cruceros de enero y mayo de 2011

2.6.1. Sardina común

- **Enero 2011 (RECLAS 1101)**

Para la zona total, el 99,4% de los individuos sexualmente determinados se presentó en estado 2 de madurez sexual, con predominio en todo el rango de tallas, mientras que los estados de madurez sexual 3 y 1 representaron sólo el 0,6% (presente en individuos mayores de 13 cm) y 0,1%, respectivamente (**Fig. 44**). En los machos, el 99,9% de éstos se presentó en estado 2 de madurez sexual. En las hembras el estado 2 de madurez representó el 98,8% de los casos, mientras que el estado 3 alcanzó una participación del 1,2% de los casos, sin presencia de hembras en estado 1 (**Fig. 44**).

Respecto del IGS, el valor promedio para la zona fue de 0,7%, observándose que los valores mínimos de éste se localizaron en los rangos de talla 12,5 cm y 13 cm. Tanto machos como hembras presentaron un comportamiento del índice similar al de la zona total, con valores mínimos en el rango 12,5 cm y 13 cm y valores promedio de 0,7% para machos y 0,8% para las hembras (**Fig. 45**). En términos generales, el comportamiento del índice mostró un fuerte descenso en sus valores en individuos localizados entre los 10 cm y 13 cm de longitud total, para luego aumentar gradualmente alcanzando valores máximos en individuos con rango de talla 16,5 cm (**Fig. 45**), lo cual indica un aumento en el peso gonadal de los individuos a partir de los 13 cm.

En cuanto a la relación entre los valores de IGS y los estados de madurez sexual, se observó que para el estado 2 de madurez, el valor promedio del índice fue de 0,7%,



mientras que para el estado 3 este valor fue de 1,2%, con valores superiores a los obtenidos para el estado 2 en individuos mayores de 14 cm (**Fig. 45**). El comportamiento del IGS fue similar a lo que se observa al estimar el índice por sexo, con disminución progresiva en sus valores entre los 10 cm y los 13 cm, para luego aumentar en individuos mayores de 13 cm, esto último implica el aumento del peso gonadal en individuos adultos, condición que se observó con mayor claridad en individuos que presentaron el estado 3 de madurez sexual (**Fig. 45**).

- **Mayo 2011 (RECLAS 1105)**

Para la zona total se presentaron estados de madurez sexual 1, 2, 3 y 4. Los estados 1 y 2 fueron predominantes en todo el rango de tallas representando el 35,4% y 63,6% de los casos, respectivamente. Los estados 3 y 4 representaron sólo el 0,7% y 0,3%, respectivamente, y estuvieron presentes en individuos mayores de 12 cm (**Fig. 46**). En los machos el estado 1 de madurez representó el 34,2% de los casos y estuvo presente en individuos menores de 11,5 cm, el estado 2 de madurez estuvo presente en el 65,7% de los individuos y predominó en todo el rango de tallas observado, mientras que el estado 3 sólo representó el 0,1% de los casos y estuvo presente en individuos localizados en los 15 cm de longitud (**Fig. 46**). En las hembras estuvieron presentes los cuatro estados de madurez sexual con dominancia del estado 2 (61,8%), el cual estuvo presente en todo el rango de tallas, el estado 1 (36,5%) presente en individuos menores de 11 cm, seguidos en importancia por el estado 3 (1,2%) y 4 (0,5%) presentes en individuos mayores de 12 cm (**Fig. 46**).

Los valores de IGS para la zona total, mostró un patrón de evolución positiva con aumento sostenido de sus valores a medida que aumenta la talla de los individuos, condición que también se refleja en la evolución del índice en machos y hembras (**Fig. 47**). El valor medio del índice en la zona fue de 1,9%, estimándose en machos



un valor medio de 1,9% y en las hembras de 2,0%. Respecto de la relaci3n que existe entre el IGS y los estados de madurez observados, se observ3 un comportamiento similar a las estimaciones por sexo del IGS, esto es, un aumento sostenido en los valores del 3ndice a medida que aumenta el desarrollo gonadal de los individuos (**Fig. 47**). En este sentido, los valores promedios del IGS para los estados 2, 3 y 4 fueron 1,6%, 5,9% y 10,4%, respectivamente, observ3ndose que los mayores valores de IGS se presentaron en g3nadas con estado 4 de madurez sexual (**Fig. 47**).

2.6.2. Anchoqueta

- **Enero 2011 (RECLAS 1101)**

Para la zona total los individuos presentaron estados de madurez sexual 2 y 3, los cuales representaron el 65,1% y el 34,9%. El estado 2 de madurez estuvo presente en todo el rango de tallas, mientras que el estado 3 de madurez se hizo presente a partir de individuos mayores de 11 cm (**Fig. 48**). En machos predomin3 el estado de madurez sexual 2, el cual represent3 el 95% de los casos y estuvo presente en todo el rango de tallas, el estado 3 estuvo presente en el 5% de los casos con presencia en individuos mayores de 12,5 cm (**Fig. 48**). En el caso de las hembras el estado de madurez sexual 2 represent3 el 35,7% de los casos y predomin3 en el rango de tallas 8,0 cm a 12,0 cm, mientras que el estado 3 de madurez represent3 el 64,3% de los casos y predomin3 en hembras mayores de 12,0 cm (**Fig. 48**).

Respecto del IGS, la zona total present3 un valor medio de 5,9% con fuerte aumento de los valores medios del 3ndice a medida que aumentan las tallas de los individuos (**Fig. 49**). Tanto machos como hembras presentaron una



situaci3n similar a lo observado para la zona total, esto es, un aumento sostenido en los valores medios del 3ndice a medida que aumenta la talla de los individuos, en este sentido, los machos presentaron un valor medio de 5,8%, mientras que para las hembras este valor fue de 5,9% (**Fig. 49**). En general, los valores estimados de IGS ponen en evidencia el aumento del tama1o gonadal, y por ende de los pesos de 3stas, a medida que aumenta la talla de los individuos, situaci3n que pone en evidencia la preparaci3n de un evento reproductivo pr3ximo.

En cuanto a la relaci3n IGS – estados de madurez sexual, la situaci3n que se presenta fue similar a la descrita anteriormente, ya que se tiene un aumento sostenido en los valores del 3ndice a medida que aumenta la talla de los individuos, como tambi3n a mayor estado de madurez sexual (**Fig. 49**). Respecto de los valores del 3ndice seg3n el estado de madurez, se tubo que para el estado 2 el valor medio de IGS fue de 5,0%, para el estado 3 fue de 6,5% y para la zona total este valor fue de 5,9%. Adem3s, se observ3 que los valores de IGS asociados al estado 3 de madurez, fueron superiores a los estimados para el estado 2, lo cual implica un mayor desarrollo gonadal, y por ende del peso de 3stas (**Fig. 49**).

- **Mayo 2011 (RECLAS 1105)**

Para la zona total, los individuos presentaron estados de madurez sexual 1, 2, 3 y 4, siendo el estado 2 (98%) predominante en todo el rango de tallas, el estado 1 (0,3%) estuvo escasamente representado en individuos menores de 12 cm, mientras que los estados 3 (0,9%) y 4 (0,8%) estuvieron presentes en individuos mayores de 13,5 cm (**Fig. 50**). Los machos presentaron estados de madurez 1 y 2, siendo el estado de madurez 2 (99,6%) predominante en todo el rango de talla, mientras que el estado 1 (0,4%) estuvo presente en algunos



individuos menores de 12,5 cm (**Fig. 50**). En el caso de las hembras, el 96,3% de éstas se presentó en estado 2 de madurez con predominio en todo el rango de tallas, los estados 3 y 4 representaron el 1,8% y el 1,7%, respectivamente, con presencia en individuos mayores de 13,5 cm (**Fig. 50**).

En la zona total el IGS promedio fue de 3,1%, mientras que para machos y hembras este valor fue de 2,9% y 3,3%, respectivamente, observándose un fuerte aumento de este índice en individuos localizados entre los 10,0 cm y 11,0 cm de longitud, para luego descender gradualmente encontrándose los valores mínimos en 17,5 cm (**Fig. 51**). Respecto de la relación IGS – estados de madurez, el valor medio para la zona fue de 3,1%, observándose un aumento del valor medio del índice a mayor estado de madurez sexual, en este sentido, el valor promedio de IGS para el estado 1 fue de 1,6%, para el estado 2 fue de 3,9%, para el estado 3 de 4,7% y para el estado 4 de 5,8%, situación que esta acorde con el grado de desarrollo gonadal que presentan los individuos (**Fig. 51**).

En la subzona 1, predomina el estado 2 de madurez sexual, representando el 98,4% de los casos con predominio en todo el rango de tallas, mientras que los estado 1 y 3 representaron el 0,8%, respectivamente, con presencia del estado 1 en individuos menores de 12,0 cm y del estado 3 en individuos mayores de 15,0 cm (**Fig. 52**). En los machos el 99% de estos se presentó en estado 2 de madurez, el cual predominó en todo el rango de tallas, mientras que el estado 1 representó sólo el 1% de los casos con presencia en individuos menores de 12,5 cm, los estados 3 y 4 no estuvieron presentes (**Fig. 52**). En el caso de las hembras, el 97,7% de éstas presentó el estado 2 de madurez con predominio en todo el rango de tallas, el estado 1 representó el 0,6% de los casos y se localizó en hembras menores de 11 cm, mientras que el estado 3 representó el 1,7% de los casos y estuvo presente en hembras mayores de 15 cm (**Fig. 52**).



El valor medio de IGS para la subzona 1 fue de 2,2% observándose un aumento en los valores medios del índice en individuos localizados en el rango 10 cm a 12 cm, para luego presentar un descenso gradual en los valores medios de IGS con valores mínimos en individuos localizados en 17,5 cm (**Fig. 51**). Este comportamiento también se observó en la evolución del índice para machos y hembras, estimándose valores medios de IGS de 2,0% y 2,5%, respectivamente (**Fig. 51**). En cuanto a la relación IGS – estados de madurez, se observó un aumento progresivo en los valores medios del índice a medida que aumentaba el grado de madurez sexual, condición lógica, ya que a mayor estado de madurez mayor es el peso de las gónadas. En este sentido, los valores promedios de IGS para los estados de madurez 1, 2 y 3 fueron 1,6%, 2,2% y 4,6%, respectivamente. Sin embargo, se observa la tendencia decreciente en los valores medios de IGS hacia las tallas mayores, a pesar del mayor desarrollo gonadal que presentan individuos en estado 2 o 3 (**Fig. 51**).

En la subzona 2, el 100% de los individuos se presentó en estado 2 de madurez sexual (**Fig. 53**). Para la subzona, los valores de IGS presentan un fuerte descenso hacia individuos de tallas mayores, estimándose un valor promedio de 4,1%. Machos y hembras presentaron similar condición con valores promedios de IGS de 3,8 % y 4,2%, respectivamente. Sin embargo, en hembras mayores de 13 cm se observó un aumento del IGS, con valores medios superiores a los machos y a la subzona total (**Fig. 51**). Esta condición también se observó al comparar los valores de IGS respecto del estado de madurez, es decir, un fuerte descenso de estos valores al incrementarse la talla de los individuos, estimándose un valor medio de IGS de 4,1% (**Fig. 51**). La condición que se observó en los individuos capturados en la subzona, indica un escaso desarrollo gonadal, a pesar del aumento en la talla de éstos.



Para la subzona 3, se tiene la presencia de estados de madurez 2, 3 y 4. El estado 2 representó el 94,3% de los casos y predominó en individuos menores de 15 cm de longitud, mientras que los estado 3 y 4 representaron el 2,5% y 3,2% de los casos, respectivamente, y estuvieron en individuos mayores de 13 cm (**Fig. 54**). El 100% de los machos se presentó en estado 2 de madurez sexual, mientras que para las hembras el estado 2 representó el 88,7% de los casos, con predominio en el rango 9 cm a 15,5 cm, seguido en importancia por el estado 4 (6,3%) y 3 (5,0%) los cuales estuvieron presentes en hembras mayores de 15 cm (**Fig. 54**). El IGS promedio para la subzona, machos y hembras fue de 3,7%. La evolución de estos valores mostraron una tendencia decreciente en individuos localizados en el rango de tallas 12 cm a 15 cm, a partir de los 15 cm se observó un fuerte aumento en los valores del índice para luego decaer en individuos mayores de 16,5 cm (**Fig. 51**).

Respecto de la relación entre la IGS y los estados de madurez presentes en la subzona 3, se tiene que para la subzona total el valor promedio de IGS fue de 3,7%, mientras que para los estados de madurez se observó un aumento gradual del valor medio del índice, estimándose valores medios para los estados 2, 3 y 4 de 3,5%, 4,7% y 5,8%, respectivamente (**Fig. 51**). La evolución del IGS mostró una condición similar a la descrita anteriormente, ya que se observó un descenso en los valores de éste entre los 12 cm y 15 cm con aumento del valor medio entre los 15 cm y 16 cm, para luego disminuir a partir de individuos mayores de 16,5 cm (**Fig. 51**). A pesar de las variaciones que se observaron en la evolución del IGS, se mantuvo la condición biológica de que al aumentar el estado de madurez aumentan los valores de IGS, debido al mayor desarrollo gonadal que se presenta en individuos con estados avanzados de madurez sexual.



2.7. Relaciones longitud – peso

Para ambas especies se ajustó una relación entre la longitud total de los individuos y el peso total de éstos. En ambos casos, el ajuste considera todos los pares de datos longitud y peso disponibles en el área total, incluyendo la información aportada por las embarcaciones artesanales participantes, de los cruceros RECLAS 1101 y 1105. Adicionalmente, el crucero RECLAS 1101 incluye información aportada por la flota artesanal que opera exclusivamente en la zona de la bahía de Maullín (41°40'S; X Región).

2.7.1. Sardina común

Durante enero de 2011 (RECLAS 1101) se obtuvo un buen grado de ajuste para todos los pares de datos disponible, estimándose un valor del coeficiente de determinación $R^2 = 0,907$ y valores para los coeficientes de regresión α y β de 0,006 y 3,123, respectivamente. Mientras que para el crucero de mayo de 2011 (RECLAS 1105), el valor estimado del coeficiente de determinación $R^2 = 0,891$, el cual fue levemente inferior al registrado durante enero de 2011, y valores estimados de los coeficientes de regresión $\alpha = 0,003$ y $\beta = 3,318$ (**Fig. 55 y Tabla 30**).

2.7.2. Anchoveta

Para el crucero de enero de 2011 (RECLAS 1101) el grado de ajuste, para todo los pares de datos disponibles, estimó en valor del coeficiente de determinación $R^2 = 0,980$, mientras que los valores de los coeficientes de regresión fueron $\alpha = 0,002$ y $\beta = 3,445$. Mientras que para el crucero de mayo de 2011 (RECLAS 1105), el grado de ajuste de los pares de datos estimó un valor de $R^2 = 0,967$, levemente inferior al



estimado durante enero de 2011, con valores estimados para los coeficientes de regresión α y β de 0,001 y 3,646, respectivamente (**Fig. 56** y **Tabla 30**).

En términos generales, para ambas especies se obtuvo un buen grado de ajuste para todos los pares de datos disponibles. En este sentido, el análisis de varianza muestra que la relación longitud – peso ajustada a cada especie y crucero, explica de manera satisfactoria el grado de ajuste de los datos utilizados en el modelo, ya que se puede establecer que la variable peso total de los individuos esta explicada con un 95% de confianza por la variable longitud total de éstos (**Tabla 31**).

- 3. Objetivo específico 3.1.** *Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de la fracción recluta de anchoveta y sardina común que se incorporan en el período de máximo reclutamiento a la pesquería.*

3.1 Calibración hidroacústica

Los resultados de las calibraciones acústicas del sistema EK-60 en 38 khz, del B/C “Abate Molina” y de las L/M “Claudio I (RECLAS 1101) y Samaritano (RECLAS 1105) se presentan en la **Tabla 32**. En general se aprecia que los equipos utilizados muestran estabilidad en sus características de funcionamiento durante el período.

3.2 Calibración de la intensidad de blanco TS *in situ* de anchoveta y sardina común

Durante los cruceros RECLAS 1101 y 1105 se recolectó información de TS en todos los lances de pesca y en estaciones de TS. En las **Figs. 57 y 58** se entregan los



histogramas de los TS y de las estructuras de tallas de anchoveta y sardina común recolectados en los lances y estaciones realizados, seleccionados según el criterio de que la especie objetivo superara el 90% en las capturas.

En el crucero de enero del 2011 (RECLAS 1101) hubieron 10 lances en que la sardina común superó al 90% de la captura (Lances 1, 2, 5, 11, 19, 20, 27, 34, 35 y 103) (**Tabla 33**) recolectándose información con pulso de 1.024 ms y 3 estaciones de TS asociados a los lances 5, 35 y 103, registrándose los ecos con longitud de pulso de 256, 512 y 1.024 ms. En el crucero de mayo del 2011 (RECLAS 1105), la sardina cumplió con la condición de monoespecífica en las capturas ($\geq 90\%$) sólo en dos ocasiones (lances 24 y 28) (**Tabla 34**), haciéndose sólo una estación de TS, correspondiente al lance 28.

La anchoveta cumplió con la condición de monoespecífica en las capturas sólo en los lances 21, 26 y 35 del crucero RECLAS 1105. En esa ocasión, se realizaron 2 estaciones de TS, correspondientes a los lances 21 y 26.

Los ecos resueltos de sardina para asociarlos con la talla, se consiguieron en los lances 11, 19, 34 y 35 y en las estaciones TS 005, en pulsos 256 y 512 ms y TS035 en pulsos 256, 512 y 1024 ms del crucero RECLAS 1101. En el RECLAS 1105 no fue posible obtener ecos resueltos de esta especie (**Tabla 35**).

En el caso de anchoveta sólo en el lance 26 del crucero RECLAS 1105, fue posible obtener ecos resueltos para vincularlos con la talla (**Tabla 35**).

Con la información de TS y talla de sardina obtenida en el crucero RECLAS 1101 se ajustó la ecuación $TS = 14,24563 \log(L) - 67,861$ ($R^2 = 0,8096$; $F = 19,371$; $n = 15$; $p < 0,01$) (**Fig. 59**) y se actualizó la ecuación histórica para esta especie con datos



desde el crucero RECLAS 0101, ajustándose la siguiente ecuación:

$$TS = 18.9553 \text{ Log (L)} - 71,705$$
$$R^2 = 0,898; n=95; F= 821,884; p<0,001$$

La ecuación estandarizada de esta especie fue:

$$TS = 20 \text{ Log (L)} - 72,67$$

(Fig. 60), (Tabla 35).

En el caso de anchoveta (**Fig. 60**), el TS extraído en el lance 26 del crucero RECLAS 1105 se encuentra dentro de la tendencia histórica, por lo cual se consideró la ecuación disponible y que incluye los datos recolectados desde el crucero RECLAS 0101, según:

$$TS = 18,969841 \text{ Log (L)} - 72,247278$$
$$r^2 = 0,93; n=149 ; F=1.845,32; p<0,05;$$

La ecuación estandarizada de esta especie fue:

$$TS = 20 \text{ Log (L)} - 73,35$$

Los análisis de varianza aplicados a cada uno de los ajustes indican que las ecuaciones de regresión obtenidas representan significativamente a los datos utilizados (**Tablas 36 y 37**).



3.3. Determinaci3n del factor de correcci3n por sesgo de orilla en la evaluaci3n acústica en los cruceros de verano (RECLAS 1101) y primavera (RECLAS1105) del 2011

3.3.1. Determinaci3n analítica del sesgo de orilla

En las **Figs. 61 y 62** se presentan las coberturas espaciales de la prospecci3n acústica realizadas por el B/C Abate Molina durante los cruceros RECLAS 1101 y RECLAS 1105. Los límites orientales de las prospecciones variaron entre 0,78 y 3,3 mn de la costa en el RECLAS 1101 y entre 0,5 y 0,31 mn en RECLAS 1105, llegando hasta 36,9 mn de la costa en RECLAS 1101 y 36,6 mn en el RECLAS 1105. En ambos casos se constata que la prospecci3n acústica intensific3 los recorridos en las cercanías de la costa cubriendo con mayor intensidad los recursos localizados en estos sectores.

En las **Fig. 63 y 64** se presentan las frecuencias acumuladas de observaciones (UBM) y densidades acústicas locales (s_A) de sardina común y anchoveta respecto a la distancia a la costa para toda la zona en estudio en los cruceros RECLAS 1101 y 1105. En la **figura 63** se verifica que el 25% del esfuerzo de muestreo acústico del crucero RECLAS 1101 se realizó en las primeras 3 mn de costa, con una pendiente de la línea continua de 0,11, disminuyendo a 19% entre las 3 y 6 mn (pendiente de 0,06) y el 56% restante se efectu3 entre las 6 y 42 mn de costa (pendiente promedio de 0,02). En RECLAS 1105 (**Fig. 64**) alrededor del 30% del esfuerzo de muestreo se realizó dentro de las primeras 3,5 mn, con una pendiente de 0,09 y el 70% restante se aplic3 entre las 3,5 y 35 mn (con pendientes en torno a 0,02).

Durante el crucero RECLAS 1101 la sardina común fue la especie más abundante en la zona de estudio (88,9% de la energía total) y estuvo asociada principalmente a la costa, con el 80% en las primeras 5 mn. La anchoveta, que solo represent3 el 0,34%



de la energía acústica, tendió a localizarse más oceánica, con el 30% de la densidad local dentro de las 3 primeras millas de costa y el 60% entre las 18 y 30 mn (**Fig. 63**). En el crucero RECLAS 1105 la sardina común también fue la especie más abundante, representando el 84,3% de la energía total, registrándose el 90% dentro de las primeras 3,5 mn de costa. La anchoveta representó el 15,1% de la energía acústica total encontrándose el 82% dentro de las primeras 3,5 mn (**Fig. 64**).

A fin de determinar el posible sesgo de orilla en la evaluación acústica, se analizaron los sectores donde hubo mayores registros de densidades acústicas en relación al esfuerzo de muestreo aplicado respecto a la distancia a la costa. Los resultados para cada crucero se muestran en la **Fig. 65** (RECLAS 1101) y **Fig. 66** (RECLAS 1105). En el crucero RECLAS 1101 este análisis se hizo sólo para sardina común debido a la escasa presencia de anchoveta. Se ratifica que en todos los sectores agrupados, el mayor esfuerzo de muestreo acústico se aplicó en las primeras millas de costa, lo que se refleja en la mayor pendiente de la frecuencia acumulada de UBM'S.

En el crucero RECLAS 1101 la diferencia entre las frecuencias acumuladas de s_A y UBM's en las primeras 6 mn del sector ubicado entre 35°20'S a 36°40'S (**Fig. 65**) sugieren que la distribución de sardina común se pudo extrapolar hacia la costa del límite oriental de la prospección, sugiriendo la conveniencia de corregir por sesgo de orilla. En el crucero RECLAS 1105 se registra una situación similar en los sectores entre 34°00'-34°20'S y 35°10'S-36°10'S (**Fig. 66**).

3.3.2. Determinación del sesgo de orilla mediante prospección acústica entre punta Manuel (38°30'S) y punta Galera (40°00'S)

Los análisis presentados en las secciones precedentes permiten confirmar que en ambos cruceros hubo una alta probabilidad de subestimar la biomasa debido a la



distribución costera no cubierta por el Abate Molina se registra entre los paralelos 38° y 40° S, siendo correcta la elección de este sector para realizar una prospección acústica con naves menores.

De este modo, entre el 22 y 23 de enero del 2011 (RECLAS 1101) se ejecutó el estudio de sesgo de orilla con la participación de las L/M Claudio I para la prospección y L/M Eben Ezer II para el muestreo y pescas de reconocimiento y entre el 02 y 04 de mayo (RECLAS 1105) con la L/M Samaritano en la prospección y L/M Doña Carmela en el muestreo. En ambos casos la zona en estudio estuvo comprendida entre punta Manuel (38°30'S) y punta Galera (40°00'S). En ambos cruceros la prospecciones acústicas de las naves artesanales y del B/C Abate Molina fueron contemporáneas y coterráneas. En las **figuras 67 y 68** se aprecia el track acústico realizado por las embarcaciones L/M Claudio I y Samaritano respectivamente.

3.3.2.1. Distancia de Costa de la prospección acústica en la zona de sesgo de orilla

En RECLAS 1101 el límite oriental de la prospección de la L/M Claudio I y B/C Abate Molina fue de 0,2 mn y 1,31 mn de la costa, respectivamente (**Fig. 67**) y en RECLAS 1105 la L/M Samaritano llegó hasta 0,13 mn de costa, mientras que el B/C Abate Molina cubrió hasta 1,75 mn de costa (**Fig. 68**). Las áreas costeras cubierta por las naves artesanales en cada crucero fueron 122,8 mn² (RECLAS 1101, L/M Claudio I) y 136,4 mn² (crucero RECLAS 1105, L/M Samaritano). El área común cubierta por ambas embarcaciones (B/C Abate Molina y L/M) fue de 605,8 mn² en RECLAS 1101 y 607,22 mn² en RECLAS 1105 (**Fig. 69**).

En las **figuras 70, 71 y 72** se presentan las frecuencias acumuladas de las observaciones y de las densidades acústicas para la sardina común y anchoveta realizadas por las lanchas y el Abate Molina en los dos cruceros. De este modo se



distingue que en los dos cruceros la mayor proximidad a la costa de la prospección con las lanchas, permitió incorporar las agregaciones localizadas en sectores costeros. Este hecho fue mas evidente en sardina común durante el crucero RECLAS 1101 puesto que el 50% de las densidades acústicas de sardina se registraron en distancias menores a 1 mn de costa (**Fig. 70**), mientras que el Abate Molina se aproximó hasta 1,2 mn de costa, habiendo por esta razón un importante sesgo de orilla en la evaluación con el B/C Abate Molina. Por otro lado, en el RECLAS 1105, la sardina se concentró entre 2 y 3 mn de costa, con el 70% de las densidades acústicas detectadas por la lancha, sector que fue accesible al Abate Molina que registró cerca del 80% de los s_A entre las 2,5 y 3 mn de costa. Esta distribución más oceánica determinó un menor sesgo de orilla en este crucero que en RECLAS 1101 (**Fig. 71**). En forma similar, la anchoveta detectada en el crucero RECLAS 1105 (**Fig. 72**) se localizó en sectores accesibles para el Abate Molina, con alrededor del 55% de los s_A acumulados en la lancha entre 2 y 2,5 mn, mientras que el Abate Molina registró el 80% de los s_A entre 2,8 y 3 mn de la costa.

3.3.2.2 Comparación de la información acústica obtenida por el B/C Abate Molina y las L/M Claudio I (RECLAS1101) y L/M Samaritano (RECLAS 1105) en la zona común

Para determinar si los datos acústicos (s_A) colectados por el B/C Abate Molina y por las lanchas artesanales fueron equivalentes, se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) sobre los valores de s_A en la zona común para ambas embarcaciones. Además, debido a que los datos acústicos generalmente presentan gran número de valores ceros y un amplio rango de distribución, se aplicó el test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov. Adicionalmente se utilizó la metodología descrita por Pennington (1983) que permite comparar datos con un gran número de valores ceros. Esto hizo posible trabajar los registros positivos incluyendo el aporte de los



valores nulos, sin tener las dificultades que presentan los supuestos (homogeneidad de varianza y normalidad de los datos) en un ANDEVA tradicional. Para ello se estableció un valor crítico (α) de 0,01 para la construcción de los intervalos de confianza. Con una hipótesis nula que supone igualdad de medias, se acepta la hipótesis si los intervalos se superponen.

Dado la casi nula presencia de anchoveta durante el crucero RECLAS 1101 en la zona de sesgo de orilla, se tuvieron que comparar solo los valores de sardina común.

Los resultados del ANDEVA para sardina común en RECLAS 1101 ($F_{(1;230)}=0,00334$, $p=0,95399$) y RECLAS 1105 ($F_{(1;228)}=0,18486$, $p=0,66764$) aceptaron la hipótesis de igualdad de medias y se puede asumir que los datos de ambas embarcaciones en los dos cruceros son equivalentes (**Fig. 73 y Tablas 38 y 39**).

Los resultados del test de Kolmogorov-Smirnov sobre sardina común en RECLAS 1101 y en RECLAS 1105 dieron una probabilidad mayor al 10% de que ambas medias fueran iguales (**Tablas 40 y 41**), lo que coincide con los resultados del ANDEVA.

Los resultados de los intervalos de confianza contruidos según la metodología de Pennington para sardina común en RECLAS 1101 y RECLAS 1105 aceptaron la hipótesis nula (igualdad de medias) (**Fig. 74**).

De los resultados anteriores se desprende que en los dos cruceros la información acústica obtenida por ambas embarcaciones en la zona común es estadísticamente similar.



De modo similar los resultados del ANDEVA para anchoveta en RECLAS 1105 ($F_{(1;228)}=0,007$, $p=0,93338$) (**Fig. 73 y Tabla 42**); test de Kolmogorov-Smirnov (**Tabla 43**) y los intervalos de confianza contruidos según la metodología de Pennington aceptaron la hipótesis nula de igualdad de medias en la zona común, por lo que se asume que los datos de ambas embarcaciones son equivalentes (**Fig. 74**).

3.4 Estimaciones de Biomasa y Abundancia de anchoveta y sardina común

a) Sardina común

La biomasa y abundancia se estimó considerando las subzonas definidas según los procedimientos descritos anteriormente, para lo cual se utilizó las estructuras de tallas acumuladas en la zona. El cálculo de biomasa en ambos cruceros utilizó la relación $TS = 18.9553 \text{ Log}(L) - 71,70$, donde “TS” es la fuerza de blanco del pez y “L” es la longitud. En el verano se aplicó la relación longitud peso $P = 0.006451 L^{3,12315}$ ($R^2 = 0,907$; $n = 6.800$) y en otoño $P = 0,003540244 L^{3,31837}$ ($R^2 = 0,891$; $n = 2.128$) donde P es el peso en gramos y L la longitud total del pez en cm.

En las **tablas 44 a 55 y figuras 75 y 76**, se presentan los estimados de abundancia numérica y en peso de sardina común por talla, zona y período. Para efectos de disponer de una estimación regional, los resultados se dividen en las regiones administrativas V-VIII; IX-XIV y X.

En el verano del 2011 (RECLAS 1101), la abundancia de sardina común varió entre 1.088 y 1.216 millones de ejemplares según el método utilizado, siendo el mayor el correspondiente al método geoestadístico y el menor al conglomerados, con una



diferencia de 10,6% entre los resultados más extremos. El 99,7% del total ($1.098,4 \cdot 10^6$ ejemplares) correspondieron a reclutas (<11,5 cm). El 69,5% de la abundancia se concentró entre el límite norte de la zona de estudio y la isla Mocha (Regiones V a VIII) donde se registró un 99,7% de reclutas ($761.856,5 \cdot 10^6$ de ejemplares). Al sur de isla Mocha (IX-XIV Regiones) se concentró el 30,2% de la abundancia total, con $332.229,4 \cdot 10^6$ ejemplares.

En este período la biomasa de sardina varió entre 3.216.857 t y 3.594.644 t, según el método aplicado, siendo el resultado con el geoestadístico el mayor y el menor con el estimador de razón, difiriendo en 10,5% entre los resultados extremos. El 98,7% de esta biomasa correspondió a reclutas (3.205.102 t). El 69,5% (2.255.014 t) estuvo al norte de isla Mocha (V-VIII Región), mientras que en la IX-XIV Región se presentó el 30,2% (981.228 t); en la X Región se evaluó 10.404 t, que representa 0,9% del total y que se circunscribió a las cercanías de Maullín. El 9,7 % de la biomasa estimada total se registró en la franja costera entre punta Manuel y punta Galera, correspondiente al sesgo de orilla, valor que equivale al 14% de la biomasa evaluada entre la IX y XIV Regiones (**Tablas 44 a 49**).

Las tallas de la sardina común en verano presentaron una estructura unimodal centrada en 6,5 cm y rangos entre 3,5 y 13,5 cm. Latitudinalmente las tallas se distribuyeron en forma homogénea en toda la zona, registrándose una moda levemente mayor en las cercanías de Maullín con 8,5 cm. Esta homogeneidad en las tallas de sardina fue diferente a la situación observada en veranos anteriores donde se han registrado típicamente dos estratos con tallas mayores hacia el sur del área de estudio (**Fig. 33**).

En el otoño del 2011 (RECLAS 1105), la abundancia de sardina, incluyendo la franja costera de la IX-XIV Regiones no cubierta por el B/C Abate Molina, varió entre



218.279 y 227.640 10^6 ejemplares según el método aplicado, siendo mayor con el método Geoestadístico y menor con el método de los conglomerados, habiendo un 4,1% de diferencia entre los valores más extremos. El 97,4% (221.409 10^6 de ejemplares) correspondieron a ejemplares de tallas menores a 11,5 cm, considerados como reclutas

La biomasa total de sardina en el otoño, varió entre 1.357.884 y 1.416.034 t, según el método aplicado, siendo mayor con el geoestadístico y el menor con el Conglomerados. El 94,3% de esta biomasa correspondió a juveniles menores a 11,5 cm considerados como reclutas (1.280.496 t). Cómo ha sido típico para esta época de otoño, la biomasa estuvo fuertemente concentrada hacia el sur del área de estudio, registrándose el 84,3% al sur de isla Mocha (1.144.396 t), mientras que al norte se presentó el 15,7% restante con 213.488 t. Al sur de isla Mocha, el 16,2% de la biomasa estimada se localizó en la franja costera (194.085 t), correspondiente al sesgo de orilla, valor equivalente al 13,7% del estimado para toda la zona prospectada en el crucero (**Tablas 50 a 55**).

En este periodo, la sardina común presentó una estructura de tallas unimodal centrada en 9 cm y rango entre 5,5 y 15,5 cm (**Fig. 35**).

b) Anchoqueta

La biomasa y abundancia se estimó considerando las subzonas definidas según los procedimientos descritos anteriormente, para lo cual se utilizó las estructuras de tallas acumuladas en la zona. Dentro de estas amplias zonas, se definieron los límites de la distribución de los datos obtenidos en la prospección acústica de la correspondiente especie, obteniéndose áreas ajustadas a la distribución de los recursos. En cada sub-zona, la abundancia y biomasa de



anchoveta se estimaron aplicando la ecuación ajustada por Castillo **et al** (2006) $TS = -72,247278 + 18,9698 \text{ Log } (L)$, donde “TS” es la fuerza de blanco del pez (dB) y “L” es la longitud (cm). En el verano (RECLAS 1101) se aplicó la relación longitud peso $P = 0,002188632 L^{3,4445}$ ($R^2 = 0,98$; $n = 697$) y en otoño (RECLAS 1105) $P = 0,001191358 L^{3,64578}$ ($R^2 = 0,967$; $n = 2.252$) donde P es el peso en gramos y L la longitud total del pez en cm.

En las **tablas 56 a 67** y **figuras 77 y 78**, se presentan los estimados de abundancia numérica y en peso de anchoveta por talla, zona y periodo.

En el verano (RECLAS 1101) la abundancia de anchoveta varió entre 1.954,1 y 2.749,83 10^6 ejemplares, según el método aplicado, siendo mayor con el Conglomerados y menor con el geoestadístico, aunque se debe establecer que debido a la escasa presencia de anchoveta y a la distribución al azar en la mayoría de los sectores, no fue posible aplicar el método geoestadístico en muchos casos. El 73,1% correspondieron a reclutas (<12 cm) (2.010,4 10^6 ejemplares). Al igual que la sardina en la misma época, el 86,7% de la abundancia total (2.383,93 10^6 ejemplares) y el 87,7% de los reclutas se concentraron hacia el norte de isla Mocha (Regiones V-VIII). Hacia el sur de isla Mocha (Regiones IX-XIV) se estimó sólo el 13,3% de la abundancia total. Resultado que coincide con años anteriores en que típicamente la mayor abundancia de anchoveta en verano se concentra hacia el norte de isla Mocha.

En este periodo la biomasa de anchoveta, incluyendo la franja costera de la IX-XIV Regiones no cubierta por el Abate Molina, varió entre 18.216 (Geoestadístico) y 25.864 t (Conglomerados) con una clara concentración hacia el norte de la isla Mocha donde se registró el 85,9% con 17.262,8 t. En la franja costera al sur de punta Manuel, sector cubierto por la L/M Claudio I se registró una escasa



presencia de anchoveta, equivalente al 6,6% de la estimaci3n en la IX-XIV Regiones y s3lo al 0,3% del total (**Tablas 56 a 61 y Fig. 77**).

La estructura de tallas de anchoveta en el verano fue multimodal con dos modas claramente identificables centradas en 8,5 y 16,5 cm, variando entre 6 y 18,5 cm (**Fig. 33**).

En el otoño (RECLAS 1105) la abundancia de anchoveta vari3 entre $17.788,3 \cdot 10^6$ y $18.144,4 \cdot 10^6$ de ejemplares, seg3n el m3todo aplicado, siendo mayor con el bootstrap y el menor con el de conglomerados. El 38,3% correspondi3 a reclutas (< 12 cm) ($6.950,6 \cdot 10^6$ de ejemplares). El 92,2% de la abundancia total se registr3 al norte de isla Mocha con $16.728,6 \cdot 10^6$ de ejemplares, con un importante aporte de reclutas, que alcanzaron a $6.712,5 \cdot 10^6$, equivalentes al 96,6% del total estimado. En este periodo, se mantubo la estratificaci3n espacial de la anchoveta hacia el norte de isla Mocha, al igual que en el verano, con un importante aporte de juveniles, mientras que al sur se apreci3 una mayor presencia de adultos, situaci3n que tiende a parecerse a lo observado en ańos anteriores. La biomasa de anchoveta, vari3 entre 244.977 t (conglomerados) y 248.664 t (bootstrap) con el 90,8% al norte de isla Mocha (225.702 t).

Es importante resaltar la escasa presencia de anchoveta en la franja costera entre punta Manuel y Galera, correspondiente al sesgo de orilla, en los dos cruceros del presente ańo, hecho que se viene verificando desde el 2010 en donde no se detect3 sesgo de orilla en la evaluaci3n ac3stica de anchoveta en la IX-XIV Regiones (**Tablas 62 a 67 y Fig. 78**).

En el otoño, la anchoveta tuvo una estructura con una amplia moda centrada entre 11,5 y 14,5 cm, variando entre 9 y 17,5 cm (**Fig. 35**).



3.5. Precisión de los estimados de biomasa

3.5.1. Sardina común

En el verano del 2011 (RECLAS 1101) los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la abundancia total de sardina variaron entre 0,05 y 0,11 (**Tablas 68 y 69**), siendo los menores y muy similares entre sí los alcanzados con los métodos Geoestadístico, Bootstrap y Estratos Agrupados y el mayor con los conglomerados, representando coeficientes de error entre 8,8 y 17,7%. Los CV de los estimados de biomasa total de sardina variaron entre 0,05 y 0,09 según el método de estimación utilizado (**Tablas 70 y 71**), obteniéndose la mayor precisión con el método Geoestadístico pero que fueron muy similares a los obtenidos con los métodos Bootstrap y Estratos Agrupados, mientras que los alcanzados con el método de los conglomerados presentó los mayores CV. Estos niveles del coeficiente de variación se reflejaron en errores entre 7,7 y 15,3%.

En el otoño del 2011 (RECLAS 1105) los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la abundancia de sardina común variaron entre 0,18 y 0,31 obteniéndose el menor valor con el método de Bootstrap y estratos agrupados y el mayor con el método Geoestadístico y de los conglomerados (**Tablas 72 y 73**), lo que determinó coeficientes de error entre 28,8 y 51%. Los CV de los estimados de biomasa total de sardina común fluctuaron entre 0,16 y 0,29 según el método de estimación utilizado (**Tablas 74 y 75**), alcanzándose la mayor precisión con el método Bootstrap y de los estratos agrupados, mientras que el CV más alto se obtuvo con el método Geoestadístico y conglomerados, estos resultados determinaron errores del 26,8 % para el método bootstrap y 47,2% para el geoestadístico.



3.5.2. Anchoqueta

En el verano del 2011 (RECLAS 1101) los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la abundancia total de anchoqueta variaron entre 0,14 y 0,3 (**Tablas 76 y 77**), siendo los menores los alcanzados con el método Estratos Agrupados y Bootstrap y el mayor con el Conglomerados, representando coeficientes de error entre 26,5 y 49,9%. Los CV de los estimados de biomasa total de anchoqueta variaron entre 0,13 y 0,27 según el método de estimación utilizado (**Tabla 78 y 79**), obteniéndose la mayor precisión con el método estratos agrupados y bootstrap, mientras que los alcanzados con el método de los conglomerados presentó los mayores CV. Estos niveles del coeficiente de variación se reflejaron en errores entre 22 y 45,9%. En este caso es importante mencionar que debido a las características de distribución y a la escasa presencia de anchoqueta, el método geoestadístico sólo se pudo aplicar en una zona.

En el otoño del 2011 (RECLAS 1105) los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la abundancia de anchoqueta variaron entre 0,11 y 0,16 obteniéndose el menor valor con el método geoestadístico, pero que es bastante similar a los registrados con Estratos Agrupados y Bootstrap, mientras que el mayor CV se obtuvo con los Conglomerados (**Tablas 80 y 81**), lo que determinó coeficientes de error entre 17,4 y 26,5%. Los CV de los estimados de biomasa total de anchoqueta fluctuaron entre 0,11 y 0,17 según el método de estimación utilizado (**Tablas 82 y 83**), alcanzándose la mayor precisión con el método geoestadístico, siendo muy similar al obtenido con Bootstrap y Estratos Agrupados, mientras que el CV más alto se obtuvo con el método conglomerados, estos resultados determinaron errores de 18,3% para el método geoestadístico y 27,9% para el conglomerados.



3.6. Determinación de las estructuras de edad de anchoveta y sardina común

3.6.1 Estructuras de edades de la abundancia de sardina común y anchoveta

3.6.1.1 Clave edad-talla en Enero 2011

Para la elaboración de la clave edad-talla, correspondiente al crucero RECLAS de enero 2011, se analizaron un total de 138 pares de otolitos de anchoveta con tallas comprendidas entre los 6,5 y 18,0 cm de longitud total. Los grupos de edad (GE) se distribuyeron entre el grupo I y III, de los cuales el grupo I que corresponde a la clase anual 2010 representó el 60,9% de las muestras analizadas. En sardina común se analizaron 190 otolitos de tallas comprendidas entre los 3,5 y 16,5 cm de longitud total. La distribución abarcó los grupos de edad 0 al III, de éstos el grupo 0 (Clase anual 2010-2011) fue el más representado con el 53,7% de los otolitos analizados.

En anchoveta se observó una presencia de tallas pequeñas cuya talla mínima fue 6,5 cm LT, estos ejemplares constituyen el GE I, ya que de acuerdo con el primero de enero como fecha de cumpleaños, aunque tengan edad cero corresponden a los nacidos el año anterior (2010). La sardina común presentó la misma distribución de tallas y edades que el 2010 y el GE 0 presento un porcentaje similar con respecto al año anterior.

En las **Tablas 84 a 87** se presentan las claves edad talla y sus varianzas por GE para ambas especies.



3.6.1.2. Estructura de edad de la Captura en Enero del 2011

Tanto para el recurso anchoveta como sardina común la estructura de edad fue analizada para el área total con los resultados de abundancia y sus varianzas para los métodos de Bootstrap, Variables regionales, Hansen y Kish.

En anchoveta la estructura de edad, se caracterizó por la concentración de abundancia en el grupo de edad I con porcentajes de 77,7%, dependiendo del método de estimación. El GE II oscilo entre 18,8 y 18,9%, en tanto que el GE III presento una abundancia marginal que bordeo el 3,3%.

En anchoveta el GE I no puede ser totalmente considerado como reclutas, ya que si bien presenta ejemplares nacidos del desove anterior (tercer trimestre 2010) persiste también en este grupo peces nacidos antes de esta fecha. Por esta razón la fracción de ejemplares bajo 12 cm de longitud total (LT) pueden ser considerados como reclutas. Para anchoveta esta fracción de peces alcanzo entre 73% y 74%, dependiendo del método de estimación de abundancia empleado. En relación con el año anterior la fracción de peces menores a 12 cm LT bajo en un 12%.

Las estructuras de edad de la anchoveta resultante con los cuatro métodos de estimación de abundancia y sus varianzas se entregan en las **Tablas 88 a 91**.

Desde el 2006 al 2011 los cruceros de evaluación hidroacusticos han evidenciado una estructura de edad en que el GE I es el más abundante, aunque el 2008 el GE II presento valores de abundancia muy próximos al GE I. Durante el 2009 se observó un aumento en la abundancia del GE I respecto de lo registrado el 2008, sin embargo durante el crucero de evaluación



hidroacustica del 2010 se apreció una drástica disminución. Durante el 2011 GE I sigue siendo el más relevante pero su abundancia decrece en aproximadamente un tercio de la abundancia registrada el año anterior. (**Fig. 79**).

Para la sardina común, la estructura de edad se caracterizó por una mayor concentración de la captura en el grupo de edad 0, que alcanzo un 98,9 %, con los cuatro métodos de estimación. El alto porcentaje del GE 0 sugiere un buen reclutamiento para el 2011. El GE I presento una abundancia que alcanzo 1,06%, en tanto que el GE II y III fueron marginales con porcentajes igual 0,01% y cercanos a 0%, respectivamente. Esta baja abundancia del GE III, que corresponde con tallas mayores a 13,5 cm LT es despreciable con el método geoestadístico, no registrándose abundancia en dicho GE. La estructura de edad es coherente con la distribución de tallas cuya abundancia se concentra en ejemplares menores a 11,5 cm de longitud total, que incluyen la totalidad de ejemplares del GE 0 y una fracción del GE I. Desde el punto de vista de edad, el GE 0 que corresponde a la clase anual 2010-2011 con peces desovados el tercer trimestre del 2010, es considerado como la fracción recluta con un 99% de la abundancia. Las estructuras de edad de la sardina común para los cuatro métodos abundancia y sus varianzas se entregan en las **Tablas 92 a 95**.

Si se confrontan estos resultados con los obtenidos en los cruceros realizados entre el 2006 y 2011, se pudo apreciar años de buen reclutamiento para la sardina común, con altas abundancias del GE 0, a excepción del año 2007. El 2010 y principalmente el 2011 han sido años de altos reclutamiento (ejemplares del GE 0) cuyos registros son el doble de la abundancia observada durante el 2006, 2008 y 2009 (**Fig. 79**).



3.6.1.3 Clave edad-talla en otoño 2011

Para la elaboración de la clave edad-talla, correspondiente al crucero RECLAS 1105 de mayo del 2011, se analizaron un total de 208 pares de otolitos de anchoveta con tallas comprendidas entre los 8,5 y 17,5 cm de longitud total. Los grupos de edad (GE) se distribuyeron entre el grupo 0 y III, de los cuales el grupo I que corresponde a la clase anual 2010 representó el 84,6% de las muestras analizadas. En sardina común se analizaron 132 otolitos de tallas comprendidas entre los 5,5 y 15,5 cm de longitud total. La distribución abarcó los grupos de edad 0 al II, de éstos el grupo 0 (Clase anual 2010-2011) fue el más representado con el 65,9% de los otolitos analizados.

En anchoveta, a diferencia del crucero de verano RECLAS 1101, se observó la presencia de ejemplares del GE 0 que corresponden a las tallas más pequeñas de ejemplares nacidos durante el 2011, aun existe una fracción de ejemplares pequeños contenidos en el GE I, ya que de acuerdo con el primero de enero como fecha de cumpleaños, aunque tengan edad cero corresponden a los nacidos el año anterior (Clase anual 2010) y se asignan como GE I. La sardina común presentó una distribución de tallas y edades más estrecha que el crucero de verano (RECLAS), no registrando ejemplares del GE III.

En las **Tablas 96 a 99** se presentan las claves edad talla y sus varianzas por GE para ambas especies.

3.6.1.4. Estructura de edad de la Captura en Otoño del 2011

Tanto para el recurso anchoveta como sardina común la estructura de edad fue analizada para el área total con los resultados de abundancia y sus varianzas para los métodos de Bootstrap, Variables regionales, Hansen y Kish.



En anchoveta la estructura de edad, se caracterizó por la concentración de abundancia en el grupo de edad I con porcentajes entre el 85,2 y 85,6 %, dependiendo del método de estimación. El GE II oscilo entre 13,6 y 14,0 %, en tanto que el GE III presento una abundancia que oscilo entre 0,40 y 0,41 %.

En anchoveta la abundancia del GE 0 para este crucero da cuenta de unos pocos reclutas nacidos el 2011, la mayor parte de reclutas corresponde a una fracción del GE I, que incluye ejemplares nacidos el desove anterior (tercer trimestre 2010). Por esta razón la fracción de ejemplares bajo 12 cm de longitud total (LT) puede ser considerada una mejor aproximación para la abundancia de reclutas en esta especie. En anchoveta esta fracción de peces oscilo ente el 27 y 28 %, dependiendo del método de estimación de abundancia empleado. En comparación con el crucero de verano (RECLAS) la fracción de peces menores a 12 cm LT disminuyo en un 46 %.

Las estructuras de edad de la anchoveta resultante con los cuatro métodos de estimación de abundancia y sus varianzas se entregan en las **Tablas 100 a 103**.

Durante el Crucero RECLAS 1105 de mayo 2011 presento una abundancia similar a la registrada para el mismo crucero durante el 2010, y un aumento de la abundancia comparado con el Crucero RECLAS 1101 de enero del 2011 (**Fig. 80**).

Para la sardina común, la estructura de edad se caracterizó por una mayor concentración de la abundancia en el grupo de edad 0, que alcanzó 98,73% para los cuatro métodos de estimación. El alto porcentaje del GE 0, similar al crucero de verano, sugiere un buen reclutamiento para el 2011. El GE I presentó una abundancia que alcanzo 1,26 % y el GE II valores igual y menores al 0,01%, similares a lo registrado en el RECLAS. Desde el punto de vista de edad, el GE 0 que corresponde a la clase anual 2010-2011, peces desovados el tercer y cuarto trimestre del 2010, da



cuenta de la fracción recluta. Las estructuras de edad de la sardina común para los cuatro métodos abundancia y sus varianzas se entregan en las **Tablas 104 a 107**.

Si se comparan las abundancias del crucero de verano (RECLAS1101) con el de otoño (RECLAS1105) del 2011 se aprecia una disminución para el grupo de edad 0, desde 1086 a 224 mil millones de ejemplares, equivalente a 79% menos (**Fig. 80**).

- 4. Objetivo específico 2.3.** *Determinar las áreas de reclutamiento principales de ambas especies y analizar su distribución y abundancia latitudinal y batimétrica, caracterizando y relacionando, además, las condiciones oceanográficas, meteorológicas, la oferta ambiental de alimento predominantes en los principales focos de abundancia durante el crucero de evaluación*

4.1 Distribución espacial de los recursos

4.1.1. Total de especies

En el verano del 2011 las principales especies que se detectaron en la prospección acústica diurna fueron la sardina común (*Strangomera bentincki*), mote (*Normanichthys crockeri*), pez linterna, anchoveta (*Engraulis ringens*), y otros. La especie más abundante en toda la zona de estudio fue la sardina común con un 88,9% de la densidad acústica total seguido por el mote con un 7,3%; pez linterna con 0,6%, anchoveta con 0,3% y otros con 2,7%.

En el otoño del 2011, las principales especies detectadas en la prospección acústica fueron la sardina común (*Strangomera bentincki*), anchoveta (*Engraulis ringens*), mote (*Normanichthys crockeri*) jurel (*Trachurus murphyi*) y otros. La especie más



abundante durante el estudio fue la sardina común con un 89,2% de la densidad acústica total seguido por la anchoveta con un 7,4%, mote con 2,3% jurel con 0,2% y otros con 0,8% de la energía acústica total.

a) Mote

En el verano esta especie se observó de manera intermitente en gran parte de la zona en estudio. Se distribuyó principalmente en cuatro focos. Uno en las primeras 5 mn entre la rada de Buchupureo (36°05'S) y punta Coicoi (36°23'S). Otro en el golfo de Arauco entre punta Gualpen (36°46'S) y punta Lavapié (37°09'S). Un tercer foco se presentó por fuera de las 10 mn entre punta Manuel (38°30'S) y puerto Saavedra (38°44'S), incluyendo también los sectores al oeste de isla Mocha. Por último se detectó un cuarto foco de menor cuantía en las primeras millas frente a caleta Mansa (40°33'S) (**Fig. 81**).

En el otoño del 2011 el mote se registró de manera aislada en 4 focos de agregación. Tres de ellos bastante asociado a la costa (en las primeras 5 mn) frente a punta Achira (36°11'S), caleta Yuna (37°21'S) y punta Galera (39°59'S). Un cuarto foco se detectó al suroeste de puerto Saavedra (38°44'S) por sobre las 10 mn de costa (**Fig. 82**).

b) Vinciguerría

Esta especie se encontró mayoritariamente al sur de los 40°S en el verano del 2011, no detectándose en el otoño. Por lo general se observó asociado a la costa y presentó solo un foco importante de concentración frente a punta Capitanes (41°10'S) (**Fig. 81**).



c) Jurel

Este recurso se observó en pequeños focos y en bajas densidades sólo en el otoño del 2011. Se destacan las zonas ubicadas entre Pelluhue (35°49'S) y punta Lavapie (37°09'S) y entre puerto Saavedra (38°44'S) y punta Rocura (39°41'S). Las agregaciones se mostraron preferentemente asociadas a la costa, especialmente al norte de Talcahuano y en sectores más oceánicos hacia el límite oeste de la zona en estudio, hacia el sur (**Fig. 82**).

4.1.2. Distribución espacial de Sardina común

En el verano del 2011 la sardina común se detectó entre San Antonio a punta Galera (40°00's) y en las cercanías de Maullín (41°35'S), con una distribución entre la costa y las 36 mn, que en algunos casos obligó a ampliar los límites de la prospección, distinguiéndose dos focos principales que se destacan por sus altos niveles de densidad. El primero se localizó entre el puerto de San Antonio (33°35'S,) y punta Lavapie (37°09'S), incluyendo el interior del golfo de Arauco, donde resalta las mayores densidades hacia el norte del paralelo 34°50'S, que alcanzó el máximo en las cercanías de punta Topocalma (34°08'S). Un segundo sector se ubicó entre isla Mocha y punta Galera (39°59'S), donde la sardina se restringió a sectores costeros menores a las 5 mn, con un foco de alta concentración frente a la desembocadura del río Toltén (39°13'S). Se detectó un pequeño foco de baja concentración frente a caleta Maullín (41°37'S). En el sentido longitudinal la especie se distribuyó entre 0,78 mn y 36 mn de costa, encontrándose el 90% dentro de las 10 primeras mn (**Fig. 83**). La profundidad media de las agregaciones de sardina común se mantuvo estable entre los 33° y 38°S, con valores en torno a los 12 m. Al sur de los 38° los registros tienden a profundizarse, evidenciando valores cercanos a los 26 m desde la superficie.



Entre Pta. Lavapié (37°09'S) y Pta. Manuel (38°30'S), se repite la situación histórica con una escasa presencia y en densidades bajas de sardina común.

Manteniendo el comportamiento histórico, en el verano los reclutas de sardina común se registraron principalmente al norte de la isla Mocha. Sin embargo en esta ocasión estuvieron ausentes los grupos de tallas mayores hacia el sur, habiendo una estructura de tallas homogénea en toda la zona y sólo una moda levemente mayor en las cercanías de Maullín pero que sigue siendo juvenil. Esta homogeneidad latitudinal en las tallas de sardina difiere a la situación observada en veranos anteriores donde se han registrado típicamente dos estratos con tallas mayores hacia el sur del área de estudio.

En el otoño la sardina común se distribuyó principalmente en tres sectores. El más importante se ubicó entre la bahía de Corral (39°50'S) y punta Nena (38°14'S) y presentó las mayores abundancias. Los registros se ubicaron principalmente dentro de las primeras 10 mn de costa y también por el oeste de la isla Mocha (38°22'S) y concentraron el 90% de la energía acústica total asignada a este recurso. Un segundo foco de abundancia, aunque notoriamente inferior al anterior, puesto que registró el 9,5% del total de energía acústica para sardina común, se detectó entre punta Arenas (35°16'S) y punta Coicoi (36°23'S) dentro de las primeras 10 mn de costa. Un tercer foco de menor concentración se ubicó entre San Antonio (33°35'S) y Topocalma (34°08'S), el que concentró solo el 0,5% de la energía acústica del recurso (**Fig. 84**). En este periodo se mantiene la estructura unimodal registrada en el verano con un desplazamiento de alrededor de 2,5 cm en el grupo modal principal y en los rangos.

En el verano (RECLAS 1101) la sardina común se presentó espacialmente estructurada, siendo explicada completamente por los modelos ajustados. En la



zona 1-1 se ajustó un modelo espacial esférico que explica el 100% de la varianza, mientras que en las otras 2 zonas (1-2 y 2) los modelos fueron exponencial simple (**Tablas 108 y 109**). En la **Tabla 109** se entregan los indicadores de la bondad de ajuste y para la zona 2 y a modo comparativo se ajustó un modelo “pure nugget” siendo en este caso el RSS levemente mayor al modelo exponencial.

Los variogramas ajustados a las densidades de sardina común en cada zona (**Fig. 85 y Tabla 109**) muestran estructuras espaciales entre 1,3 y 1,6 mn.

En el otoño, la sardina también se presentó espacialmente estructurada, con un modelo esférico para la zona 1-1- y exponenciales en todos los otros casos (**Tabla 110 y 111**). En este caso la variabilidad de microescala, medida a través del nugget fue un poco mayor que el verano, explicando entre 1,2 y 19,2% de la varianza total. Los indicadores de la bondad de ajuste de los variogramas (RSS y R^2) indicados en la Tabla 111 confirman que los modelos estructurados ajustados fueron siempre mejores que los “pure nugget”. Las macroestructuras de sardina común también fueron algo mayores que en el verano, variando entre 1,5 mn (zona 3-1) y 12,3 mn (zona 2) (**Fig. 86 y Tabla 111**). En ambos periodos se mantuvo una tendencia a registrarse estructuras espaciales más pequeñas cuando los peces son de tallas menores. En efecto en el verano las tallas fueron homogéneas en toda el área de estudio con 6,5 cm. y las estructuras espaciales variaron entre 1,3 y 1,6 mn, aumentando entre 15,6 y 24,2 mn en el otoño, asociado a tallas de 9 cm.

La variabilidad de microescala, determinada desde el nugget (“pepita”) en los variogramas, corresponde a datos distribuidos al azar ó debido a que el tamaño del lag supera el tamaño de las estructuras espaciales, en ambos casos se registra inexistencia de correlación espacial. En el presente caso, la variabilidad de



microescala fue relativamente baja, sugiriendo que las unidades de muestreo usadas capturaron adecuadamente las estructuras espaciales de la sardina (**Tablas 109 y 110; Figs. 85 y 86**).

4.1.3. Distribución espacial de anchoveta

En el verano del 2011 la anchoveta se encontró escasamente distribuída en la zona de estudio, registrándose entre la costa y las 28 mn. El foco principal de se detectó a 25 mn frente a Pta. Iloca ($34^{\circ}57'S$). Se observó su presencia frente a punta Nugurne ($35^{\circ}58'S$), al oeste de isla Mocha ($38^{\circ}22'S$), al sur de Puerto Saavedra ($38^{\circ}44'S$) y frente a caleta Mansa ($40^{\circ}33'S$) (**Fig. 83**).

En el otoño del 2011 esta especie aumentó su presencia respecto al verano, registrándose en bajas densidades en casi toda el área de estudio y con una clara mayor presencia y densidad hacia el norte de Talcahuano. El principal foco se detectó entre Constitución ($35^{\circ}20'S$) y punta Nugurne ($35^{\circ}58'S$) que concentró el 77% de la energía acústica total del recurso. En esta zona esta especie se observó asociado a la costa, siempre dentro de las primeras 10 mn. Además de este foco se detectaron concentraciones aisladas de menor intensidad en los sectores costeros frente a Iloca ($34^{\circ}57'S$), punta Coicoi ($36^{\circ}23'S$) y Tolten ($39^{\circ}13'S$), como también por el oeste de la isla Mocha ($38^{\circ}22'S$) (**Fig. 84**).

También se destaca en ambos cruceros la reducción de la importancia relativa de la presencia de esta especie en la franja costera de la IX-XIV regiones respecto a años anteriores y que ya se había notado en el 2010.

En el verano la anchoveta presentó estructuras espaciales más débiles que la sardina, ajustándose un variograma exponencial en sólo la zona 1 (**Tabla 108 y 109**),



pero registrando un importante nivel de variabilidad de microescala (48,1%), no obstante lo anterior, el RSS del modelo “pure nugget” fue mayor, confirmando el modelo ajustado. El variograma ajustado a las densidades de anchoveta la zona 1 (**Fig. 85 y Tabla 109**) muestran estructuras espaciales de 2,7 mn, siendo levemente mayor que la sardina en la misma época.

En el otoño, la anchoveta se presentó más estructurada espacialmente que en el verano, donde los modelos exponenciales ajustados en las zonas 1-2; 2 y 3-2 explicaron entre el 80% y 98,8% de la varianza total, mientras que el modelo esférico ajustado en la zona 1-1, dio cuenta del 100% de la varianza. (**Tabla 111**). En este caso, también se aprecia que los RSS de los modelos “pure nugget” son superiores a los de los modelos estructurados. De este modo, se deduce que las macroestructuras de la anchoveta variaron entre 1,5 mn y 12,3 mn (zona 2) (**Fig. 87**). Es importante mencionar que en la zona 3-1 se verificó una distribución altamente azarosa con un importante aporte del efecto nugget. El tamaño de las macroestructuras se correlacionaron levemente de manera positiva con la talla de los peces. En efecto, en anchoveta en verano donde las tallas fueron 8,5 y 15,5 cm., las estructuras fueron de 2,7 mn; mientras que en el otoño, con tallas entre 11,5 y 14,5 cm. las estructuras espaciales variaron entre 4,1 y 12,3 mn.

4.1.4. Índice de Ocupación (IOC)

En el verano la sardina común ocupó un 55,6% de las celdas prospectadas (**Tabla 112**). La porción recluta presentó un IOC levemente mayor de 54,6% respecto de los adultos que exhibieron un IOC de 53,6% (**Fig. 88**). En ambas fracciones, las categorías de bajas densidades ocupan un espacio mayor con un IOC de 51,7 (adultos) y 30,5% (reclutas). Además, las categorías de baja densidad de ocupan un espacio mayor con un IOC de 29,5%, mientras que las celdas de alta densidad solo



ocupan el 10,1% del área total (**Tabla 112**). En las categorías medias y altas, se aprecia que los reclutas tuvieron una mayor cobertura territorial con un IOC de 15,9% (densidad media) y 8,2% para categorías altas, en cambio para ejemplares adultos no superan el 1,6%, lo que sugiere que los ejemplares reclutas registraron más altas concentraciones. Al considerar las celdas positivas se apreció claramente que los adultos se presentaron preferentemente en bajas densidades (96,5%), mientras que los reclutas tuvieron una importante ocupación en densidades medias y altas (> 44%).

En Otoño, la sardina común ocupó un espacio menor que en enero, con un IOC de 14,9%, variando entre 9,1 (baja densidad) y 1,9 (densidad alta). Los IOC de la clase adulta fluctuaron entre 13,8 (celdas baja densidad) y un 0,1% (densidades media y alta), en tanto que los reclutas presentaron IOC mucho más altos en las categorías media (3,8%) y alta (1,8%), lo que es un indicador de las mayores concentraciones alcanzada por los ejemplares reclutas, además la fracción recluta registró una mayor extensión territorial con un IOC total de 14,8%.

En el caso de la anchoveta en verano, los índices de ocupación (IOC) revelaron que el recurso se distribuyó solamente en 2,9% del área prospectada (**Tabla 113**), valor que indicó una reducción en la presencia espacial respecto del año anterior (Castillo *et al.*, 2010), siendo el menor de la serie (**Fig. 89**). En este contexto, la distribución espacial de anchoveta presentó un foco principal a unas 20 mn al oeste de Constitución. Los IOC de adultos y reclutas son bastante similares, en ambos grupos dominan las categorías de bajas densidades con un IOC de 2,3 (adultos) y 2,2 (reclutas) y con una escasa presencia de las categorías altas. Para las celdas positivas, se confirma que en las dos porciones, la mayor frecuencia de pixeles correspondió a la categoría baja.



En otoño la anchoveta, el IOC alcanzó a un 11,6% ocupando una mayor proporción del área respecto de enero del 2011 (**Tablas 113 a 117**), el análisis de la fracción adulta mostró un IOC total de 11,5%, mientras que los reclutas alcanzaron un 11,2%, en este sentido se destaca que la especie volvió a ubicarse en agregaciones muy definidas, con un foco principal a unas 10 mn al SW de Constitución, destacándose que si bién existe una ocupación conjunta del espacio por parte de ambos grupos, los adultos presentaron concentraciones mayores con IOC más altos en las densidades medias y altas (**Tabla 117**)

4.2 Distribución espacial de la anchoveta y sardina y su relación con las variables bio-oceanográficas, mediante Sistemas de Información Geográfico

El análisis visual entre la densidad de anchoveta y sardina y las variables oceanográficas, se realizó para la capa de mayor frecuencia de cardúmenes (CMFC), la que se determinó en base a la moda de las profundidades medias de los cardúmenes. Para sardina, en el verano varió entre los 5 y 84 m con una marcada preferencia por los primeros 15 metros en donde se registró la mayor cantidad de agregaciones de la especie (app. 77%) (**Fig. 90**), lo que es similar a lo descrito en años precedentes (Castillo *et al.*, 2010). A su vez, la anchoveta exhibió una mayor frecuencia en los primeros 15 m (85% de las agregaciones).

En el otoño, la sardina se presentó entre los 6 y 75 metros (**Fig. 90**) y la anchoveta entre los 7 y 75 metros, con una preferencia por los primeros 20 m.

Por otra parte, se establecieron tabulaciones cruzadas (crosstabulación) con el propósito de estimar los rangos óptimos de preferencia de las especies respecto a los parámetros ambientales (**Figs 91, 92 y 93**); se calculó además la frecuencia



acumulada de las variables ambientales y la densidad del recurso y también se estimó el coeficiente $V(Cramer)$ respecto de las variables bio-oceanográficas.

4.2.1. Sardina común

a. Verano 2011

En verano la sardina común exhibió significativas correlaciones con las variables ambientales, debido a dos factores, por un lado el recurso presentó una gran extensión espacial (IOC 55,6%) y por otro la especie se dispersó en un amplio rango de valores de los parámetros ambientales.

En el caso de la temperatura, los histogramas señalaron que la especie se presentó entre los 9 y 15°C, con una ventana preferente entre los 11 y 12,5°C (63% de registros) y una moda en 12°C (35% de registros) (**Figs. 91**). La gran cobertura espacial de la especie y su distribución en un amplio rango de temperaturas detreminó que la asociación entre la temperatura y la frecuencia de cardúmenes fuera significativa ($\chi^2_{\text{calculado}} 37686 > 16 \chi^2_{\text{tabla (c-1,r-1)}}$). En el rango preferencial se obtienen coeficientes $V(Cramer)$ de 0,35 y 0,36 para adultos y reclutas, respectivamente (**Tabla 114**).

A su vez, el recurso se localizó en GT entre 0°C/m y 0,25°C/m, con una mayor frecuencia entre 0,05-0,15°C/m (**Figs. 91a y 91b**), los índices $V(Cramer)$ de los gradientes térmicos también reflejaron una buena asociación con índices de 0,33 (adultos y reclutas) (**Tabla 114**).

La especie se localizó entre los 33,5 y 34,6 psu, agrupándose entre los 34,2 y 34,59 psu (52% de ejemplares), aunque se presentó una segunda moda en la isohalina



33,7 psu. Las distribuciones de sardina registraron significativas asociaciones con la salinidad con un índice de 0,34 (adultos) y 0,35 (reclutas) (**Tabla 114**), consecuencia de la extensión geográfica de la especie y de su localización en un amplio rango de salinidades.

Los $V(Cramer)$ de los gradientes salinos también evidenciaron grados de asociación relativamente altos (0,34) (**Tabla 114**). Al analizar solamente el rango óptimo ($< 0,005$ psu/mn) los índices alcanzaron los 0,37 (fracción reclutas).

En el caso del oxígeno, la sardina común se distribuyó entre 0,5 y 7,0 ml/L con un rango preferente entre 3,0 y 5,5 ml/L donde se localizó el 70% de los registros. El índice de $V(Cramer)$ mostró una asociación aceptable entre las variables (0,34).

En cuanto a la densidad del agua, la sardina común se ubicó en valores entre 24,4 y 26,49 Kg/m³ con una ventana óptima en isopicnas entre 26,0 y 26,39 Kg/m³ (50% de las celdas), el indicador $V(Cramer)$ para todo el rango de distribución indicó buenas correlaciones para adultos y reclutas alcanzando la fracción recluta un valor de 0,35 (**Tabla 114**) lo que da cuenta de una significativa asociación entre ambas variables, con un tipo de asociación directa.

Para la clorofila, la especie se presentó en un rango de datos entre los 0,01 y 8,0 µg/m³, con una distribución bimodal con una moda principal en los 1-2 µg/m³ (40% de las celdas) y otra en los 5 µg/m³ (15% de los registros). Los coeficientes $V(Cramer)$ de 0,38 para reclutas revelaron una correlación positiva y significativa.

En relación a la oferta alimentaria, la distribución espacial de la sardina común presentó una relación inversa con las mayores abundancias del zooplancton, así el mayor número de celdas positivas del recurso se registraron en densidades menores



a 200 (ind/m³) estrato que concentra sobre el 95% de la presencia de la especie (**Figs. 91a y 91b**), debido a la alta concentraci3n de la especie en rangos acotados de la variable biol3gica, los 3ndices $V(Cramer)$ son los m3s bajos de las variables estudiadas (**Tabla 114**). Por el contrario, el fitoplancton present3 una abundancia que vari3 positivamente con la especie, as3 el mayor n3mero de celdas positivas se registraron en densidades mayores a 100 (cel/ml) estrato que concentra sobre el 60% de las agregaciones, finalmente, los 3ndices $V(Cramer)$ mostraron valores de 0,32 (adultos) y 0,33 (reclutas) (**Tabla 114**).

b. Otoño 2011

La distribuci3n batim3trica indic3 la presencia de la especie entre 6-88 m de profundidad (**Fig. 90**), en este crucero la especie vuelve a registrar como zona principal el sur de isla Mocha en un sector muy costero vinculado a aguas fr3as y comparativamente de baja salinidad.

En este crucero, la sardina mostr3 moderadas correlaciones con las variables ambientales, debido a una menor extensi3n espacial respecto del crucero de enero y a que la especie se localiz3 en rangos ambientales m3s ajustados.

La temperatura en la CMFC fue levemente m3s estrecha que en enero fluctuando entre 9,7 y 14,3°C (**Fig. 94 y 95**), concentr3ndose entre 9 y 13°C con una moda entre 10 y 11,5°C (75% de registros) (**Fig. 96**). El 3ndice de $V(Cramer)$ indic3 una moderada asociaci3n entre las variables variando entre 0,20 y 0,21 (**Tabla 118**), siendo menores que lo obtenidos en enero 2011, la moderada correlaci3n entre las variables es consistente con el estrecho margen de temperaturas en que se situ3 el recurso.



Los $V(Cramer)$ de los gradientes térmicos tampoco reflejaron una buena asociación, debido a que la zona no presentó gradientes zonales importantes.

La salinidad presentó una variación latitudinal mayor que la temperatura con una variando entre 33,18 y 34,6 psu (**Fig. 94**), donde la sardina común se ubicó en un amplio rango de valores (33,4-34,6), con una ventana óptima entre los 33,8 y 34,19 psu donde se concentró app. el 58% de los ejemplares (**Fig. 96**), a su vez, los resultados de la prueba de χ^2 muestran una buena asociación con un índice de 0,25 (reclutas), lo que se debería a la amplia dispersión del recurso respecto de la salinidad; por su parte los índices $V(Cramer)$ de los gradientes salinos evidenciaron moderadas asociaciones (**Tabla 118**).

La estructura horizontal de la densidad del agua en la CMFC presentó una variación entre 25,07 y 26,57 Kg/m³, con un gradiente costa-oceáno y donde las aguas de mayor densidad se mantienen en el sector costero (**Fig. 94**), La sardina común presentó un rango óptimo de 25,8-26,19 Kg/m³ (60% de las celdas) con un coeficiente $V(Cramer)$ de 0,18.

4.2.2. Anchoqueta

a. Verano

De forma general, la especie registró bajas asociaciones con las variables ambientales, debido a su escasa repartición territorial y a que los ejemplares se localizaron en un estrecho amplio rango de valores.

La anchoqueta se concentró en la isoterma de 13°C (a pp. el 45% de los registros) (**Figs. 92a y 93a**), lo anterior en conjunto con la escasa cobertura geográfica incidió



en que el índice de $V(Cramer)$ reflejara una débil relación entre las variables, la que aumentó levemente si se considera solamente el rango de preferencia (0,12 para adultos y reclutas) (**Tabla 115b**). A su vez, el análisis de los índices $V(Cramer)$ de los gradientes térmicos también reflejaron bajas asociaciones (**Tabla 115**).

En salinidad, esta especie tiene una ventana óptima en la isohalina de 34,4 donde se concentró app. el 56% de ejemplares adultos y reclutas (**Figs. 92b y 93b**), al igual que en el caso de la temperatura, la concentración del recurso en un rango estrecho de isohalinas y la cobertura espacial baja geográfica de la anchoveta (IOC=2,9%) implicaron que el índice $V(Cramer)$ fuese de 0,12 (adultos y reclutas), aunque dichos valores aumentan en el rango predilecto (**Tabla 115b**).

La anchoveta se ubicó en gradientes salinos entre 0 y 0,03 psu/m, con una mayor frecuencia en gradientes menores a 0,01 psu/m. Los índices $V(Cramer)$ de los gradientes salinos igualmente evidenciaron una baja asociación y al analizar solamente el rango óptimo ($> 0,01$ psu/mn) los índices alcanzaron los 0,16 (fracción reclutas).

Para el oxígeno, la especie se presentó en un rango de valores comparativamente más estrecho que la sardina (entre 0,5 y 6 ml/L), asimismo presentó una moda entre 3,0 y 5,0 ml/L (75% de los registros) (**Figs. 92e y 93e**). Lo anterior unido a la escasa repartición de la especie conlleva a una baja relación entre las variables, especialmente de la fracción recluta (**Tabla 115**), en el rango preferencial los $V(Cramer)$ alcanzan a 0,14 y 0,13 (adultos y reclutas) (**Tabla 115b**).

Por otra parte, el recurso también presentó bajas asociaciones con la densidad del agua con índices $V(Cramer)$ de 0,10 (adultos) y 0,11 (reclutas).



La cloa muestra que la anchoveta tiene una mayor frecuencia entre 4 y 6,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con app. el 45% de ejemplares (**Figs. 92g y 93g**), esta concentración de la especie en un rango estrecho de cloa explicó que las variables mostraran una débil asociación con un índice de 0,13 (adultos y reclutas) (**Tabla 115**).

En relación al zooplancton, la anchoveta se distribuyó en una ajustada franja de valores (10-200 ind/ m^3), exhibiendo una ventana preferencial reducida de 100-200 ind/ m^3 , lo anterior se manifestó en que los valores de los $V(\text{Cramer})$ solo alcanzaron los 0,10 evidenciando una correlación mínima entre las variables (**Tabla 115a**). En cuanto al fitoplancton, se apreció una relación inversa con la distribución de la anchoveta, así el mayor número de celdas positivas se registraron en densidades menores a 100 (cel/ml) estrato que concentra sobre el 81% de la presencia del recurso (**Figs. 92i y 93i**), el estrecho margen de valores donde se localizó la especie determinó una débil relación entre las variables, con coeficientes $V(\text{Cramer})$ de 0,13 (**Tabla 115a**).

b. Otoño 2011

La distribución batimétrica de la especie indicó su presencia entre 7 y 49 m.

La especie presentó correlaciones más altas respecto al crucero de enero 2011, que se debería a su mayor cobertura geográfica y a que sus ejemplares se situaron en un estrato más amplio respecto de las variables ambientales.

Para la temperatura, la especie se distribuyó entre 10 y 12,5°C con una moda en 11°C (45% de los registros). El índice de $V(\text{Cramer})$ mostró una moderada relación entre las variables (**Tabla 119**), la medida de la intensidad de asociación entre los niveles de temperatura respecto a la densidad exhibió que



en el rango preferencial se obtiene un coeficiente $V(Cramer)$ de 0,21 para reclutas (**Tabla 119**). Por otro lado, los índices $V(Cramer)$ de los gradientes térmicos alcanzaron los 0,17 (para el rango óptimo $< 0,02$ °C/m), lo que indicaría una baja asociación entre las variables.

En salinidad, se apreció que la anchoveta tiene una ventana óptima entre los 34,2 y 34,5 psu donde se concentró el 64% de los ejemplares (**Fig. 97**), los resultados de la prueba de χ^2 señalaron una moderada asociación con un índice de 0,19 (adultos) y 0,22 (reclutas). La especie se ubicó en gradientes salinos entre 0 y 0,03 psu/m; con una mayor frecuencia en gradientes menores a 0,01 psu/m, los $V(Cramer)$ evidenciaron una baja asociación (**Tabla 119**), debido al reducido estrato de gradientes en que se localizó la especie.

La densidad del agua que limitó la distribución de la anchoveta varió entre 25,4 y 26,4 Kg/m³, con una ventana preferencial entre 26,0 y 26,3 Kg/m³ (72%) (**Fig. 97**), el indicador $V(Cramer)$ para todo el rango óptimo indicó moderadas asociaciones alcanzando la fracción recluta un valor de 0,23 (**Tabla 119**).

4.2.3 Distribución espacial de anchoveta y sardina común en los cruceros de primavera-verano (período 1999 – 2011) y la distribución de sus centros de gravedad

Entre los años 1999 y 2011 se han efectuado 12 cruceros para cuantificar hidroacústicamente la biomasa de sardina común y anchoveta en el período de máxima intensidad del reclutamiento. En la **Figura 98** se presentan las cartografías de las distribuciones de los recursos clasificados por categoría de densidad.



4.2.3.1. Sardina común

En diciembre de 1999 el recurso se presentó desde la latitud 36°S al sur con una cobertura territorial de 4.014,7 mn², en tanto que en el verano del 2001 la cobertura espacial presentó un leve repunte de un 8,1% (4.370,1 mn²) con un importante desplazamiento hacia el norte y una fuerte disminución en las densidades del recurso. En el año 2002 la especie registró una disminución de un 40% del área ocupada, no obstante su biomasa aumentó fuertemente y se concentró principalmente en las cercanías de Isla Mocha. En el crucero del verano del 2003, la zona de estudio estuvo bajo la influencia del fenómeno de “El Niño” (Inocar, 2003) coincidiendo con una dispersión de la sardina a lo largo de la costa estudiada llegando hasta la región al norte de Constitución (**Fig. 98**), en cuanto a las condiciones ambientales, se destaca que el recurso se localizó mayoritariamente en temperaturas superiores a 11°C, alcanzando los 16°C (**Fig. 99**), asimismo el rango de salinidades experimentó mayores variaciones respecto de años anteriores, alcanzando la isohalina de 34,6 psu (**Fig. 100**).

El año 2004, la zona estuvo en un período de transición hacia condiciones ambientales más frías y el recurso se ubicó preferentemente en las isotermas de 13°C y 14°C y en la isohalina de 34,5 psu, además la distribución espacial reveló una relativa ausencia de las agregaciones al sur de Isla Mocha. El año 2006 se observó un fuerte incremento en las densidades de la especie y además se registró un aumento del IOC (Castillo *et al.*, 2006). El año 2007, la zona de estudio estuvo bajo una tendencia positiva en las anomalías de TSM (Inocar, 2007) y coincidentemente se vuelve a producir una gran disminución de las densidades de la especie y del área de cobertura de la especie (IOC 42%) (Castillo *et al.* 2007). Entre 2008-2011, la sardina se caracterizó por exhibir las más altas densidades del período 1999-2011, con una extensa repartición



espacial a lo largo de toda la costa, y principalmente al sur de Isla Mocha, en relación a los parámetros ambientales la especie tuvo como rango preferente las isotermas de 11 y 12°C (**Fig. 99**), cabe destacar los años 2008 y 2011 por las grandes abundancias que presentó en recurso y una gran cobertura geográfica, lo anterior coincide con un predominio de anomalías negativas de temperaturas (Inocar, 2008 y 2011).

Los centros de gravedad (CG) de las distribuciones de sardina en el período 2001-2005 se localizaron en el golfo de Arauco, con la excepción del año 2003 en el cual el CG se desplazó hacia el sur (**Fig 101a**). Entre el 2005 y 2009 el CG se ubicó en las cercanías de Lebu y un poco más al sur en el año 2007. En los años 2010 y 2011 los CG se situaron nuevamente en el golfo de Arauco, habiendo una alta dispersión en la distribución.

La ocurrencia de alteraciones ambientales tipo El Niño o La Niña no siempre afectan la distribución espacial y los Centros de Gravedad de la sardina común de igual manera. Sólo en algunos años ha sido evidente la relación de El Niño con la distribución de la sardina, manifestandose como desplazamientos de los CG hacia el sur del golfo de Arauco (2003, 2004, 2008), mientras que en los años fríos, tipo La Niña (2007, 2009 y 2010), los CG se ubicaron indistintamente en el golfo de Arauco o hacia el sur. Sin embargo, en años intermedios o condiciones “normales” también se pueden presentar los CG indistintamente en el golfo de Arauco ó en las cercanías de Lebu-isla Mocha. Aparentemente, más que el CG, la anomalía ambiental puede afectar a la dispersión, observándose que en los años fríos se tiende a tener una mayor dispersión en la distribución y ocupando una mayor cobertura espacial, respecto a los años cálidos.



4.2.3.2. Anchoqueta

En diciembre de 1999 el área ocupada por el recurso alcanzó app. las 7.000 mn², sin embargo la gran mayoría de las celdas eran de baja densidad, en tanto que en el 2001 la cobertura espacial presentó una disminución del 40% y un decrecimiento en las densidades de las agregaciones. En el año 2002 la especie sigue disminuyendo su cobertura espacial pero su biomasa aumentó fuertemente concentrándose en el extremo sur. En el año 2003, la zona de estudio estuvo bajo la influencia del fenómeno de “El Niño”(Inocar, 2003) que trajo como resultado un incremento relativo importante en la cobertura espacial de la distribución, la que se verificó a lo largo de toda la costa (**Fig. 98**) y una disminución en las densidades. En relación a las condiciones ambientales, se destaca que la especie presentó una moda en las isotermas entre 11 y 13°C (**Fig. 102**), y en isohalinas más altas respecto de años anteriores (**Fig. 103**).

En los años 2004-2005, la zona estuvo en un período de transición hacia condiciones ambientales más frías y el recurso se ubicó preferentemente en las isotermas de 11 y 12°C, además se observó una disminución de la cobertura territorial y, al igual que la sardina, la distribución espacial reveló una disminución de las agregaciones al sur de isla Mocha, alcanzando un IOC de app. 45%. El año 2006 se observó simultáneamente una fuerte disminución en las densidades de la especie y un incremento en el IOC y en el Índice de surgencia (IS) (**Figs. 104 y 105**).

El año 2007, la zona de estudio estuvo bajo un evento “El Niño” de características leves (Inocar, 2007) y coincidentemente se vuelve a producir una gran disminución de las densidades de la especie. En los años 2008 y 2009, las agregaciones continúan disminuyendo sus densidades y también la



extensión espacial que presentó una ausencia relativa del recurso al sur de isla Mocha.

Los años 2010 y 2011 se caracterizaron por presentar las más bajas densidades de la serie 1999-2011, con una repartición espacial mínima que se centró al norte de Talcahuano; en cuanto a las variables ambientales la especie tuvo como rango preferente las isotermas de 12 y 13°C y una moda en las isohalinas de 34,4 y 36,5 psu. (**Figs. 102 y 103**).

Al analizar los centros de gravedad (CG) de las distribuciones de anchoveta en el período 2001-2004 se localizaron en el golfo de Arauco, con la excepción del año 2003 en el cual el CG se desplazó hacia el norte (**Fig. 101b**). En el año 2005 y debido a la reducción en las agregaciones al sur de isla Mocha, el CG se desplazó al norte localizándose en los alrededores de Talcahuano. Luego en el período 2006-2008 y debido a un relativo aumento de las concentraciones de anchoveta registradas en las cercanías de Corral, los CG exhibieron un continuo corrimiento hacia el sur del golfo de Arauco, alcanzando las cercanías de puerto Saavedra en el 2008 aunque con una gran dispersión. En el período 2009-2011, los CG se ubicaron en las proximidades de la latitud 36°S inducidos por la aparición de buenas concentraciones al sur de Corral.

Estos cambios interanuales en la distribución de anchoveta aparentemente son independientes de las condiciones ambientales anómalas como El Niño o La Niña. Aunque en el caso de anchoveta aparentemente las anomalías frías son menos favorables funcionando en contrario para la sardina común.



4.3 Modelamiento estadístico de la densidad acústica de anchoveta y sardina común y las condiciones bio-oceanográficas

4.3.1. Descripción latitudinal de la distribución de las variables predictoras

a) *Anchoveta*

En el crucero RECLAS 1101 los registros acústico de anchoveta fueron escasos y restringidos a los sectores entre 34°-37°S, 38°-39° S y 40°-41°S, mientras que en el crucero RECLAS 1105 su presencia aumentó distribuyéndose ampliamente entre 33°-40°S.

En el sentido longitudinal la distribución varió entre un mínimo de 2,1 mn de la costa y un máximo de 30,6 mn. La distribución más oceánica, se verificó entre los 38°-39°S, aunque en este sector su distribución estuvo ligada a la costa de isla Mocha. En otoño, la tendencia central de la distribución fue de 2,7 mn en toda el área de estudio, variando entre 0,5 y 31,3 mn. Sin embargo, el sector entre los 38°-39°S, al igual que el crucero de verano mostró mayor variabilidad en el rango de distribución.

La profundidad de las agregaciones en verano fluctuó entre 9 y 27,5 m en toda el área de estudio, excepto entre los 38°-39°S donde varió entre 6 y 31 m. En otoño la anchoveta se ubicó entre 7 y 59 m, siendo levemente mas superficial hacia los extremos norte y sur del área de estudio .puesto que entre 34°-35°S y 37°-38°S la profundidad media entre 17 y 12 m, mientras que al norte de pta Topocalma y entre el sur de pta Lobos y pta Coronel hubo un estrato mas profundo con una medida central entre 29 y 34 m.

Las variables oceanográficas que limitaron la distribución de anchoveta se muestra en la **Figura 106**. La temperatura varió entre 10,3 y 16,1°C en verano y entre 9,9 y



13,7°C en otoño. Entre los paralelos 33° y 38° en otoño se aprecia un estrecho rango en la temperatura con un promedio que desciende levemente conforme aumenta la latitud (12,3-11,7°C). Al sur de los 38°S las temperaturas son más bajas con un promedio entre 10,7 y 10,8°C y una mayor variabilidad. En cuanto a la salinidad y densidad del agua sus valores fluctuaron entre 33,38 y 34,51 psu y 24,47 y 26,22 sigma-t en verano y 33,23-34,61 psu y 25,21-26,45 sigma-t en otoño. En verano, se distinguen dos grandes sectores limitados por los 36°S, donde al norte se registraron las salinidades y densidades más altas del sector con promedios de 34,35 psu y 25,8-26,2 sigma-t. Hacia el sur hasta pto Saavedra las salinidades y densidades tienden a ser más bajas hasta la zona al sur de pto Saavedra. En otoño los valores aumentan hasta el sector al sur de pta Morguilla, límite donde la salinidad y densidad son más altas y los rangos son más acotados respecto a lo registrado en el resto de la zona. Al sur de los 38°S, las variables descienden ampliando notablemente sus rangos. Por otra parte, el oxígeno en los sectores entre pta Matanza y pta Nugurne (34-36°S) y entre el sur de pta Morguilla e isla Mocha (38-39°S) mostró un predominio de concentraciones altas de oxígeno con un promedio de 5,3 ml/l, y bajas en la zona entre pta Nugurne y pta Coronel (36-37°S) y pta Galera y sur de ba San Pedro (40-41°S) con un promedio de 2,4 y 3,2 ml/l respectivamente.

Las variables biológicas fitoplancton, zooplancton y clo-a estimadas en el crucero RECLAS 1101 mostraron poca variabilidad latitudinal, destacándose que al norte de los 36°S hubo una relativa mayor abundancia de fitoplancton. El zooplancton se mostró más estable en sus medidas centrales en toda la zona de estudio, con la excepción del sector ubicado en 36° que mostró valor notoriamente superior. Respecto a la clorofila, al norte de 36°S (pta Nugurne) los valores fueron 2,5 veces más altos que al sur de esta latitud, con una media central que varió entre 5,1-4,9 (mg/mL), respecto a los valores registrados hacia el sur tienden a disminuir con valores centrales entre 0,5 y 0,2 (mg/mL) (**Figura 106**).



b) *Sardina*

Los límites longitudinales en verano variaron entre 0,75 y 36 mn con una ubicación más costera en los extremos norte y sur, con distancias promedio entre 1,9 y 3,9 mn de la costa al norte de 34°S y al sur de 38°S y más amplia en el sector central entre 35 y 38°S, donde la distancia media varió entre 6 y 9 mn (**Figura 107a**). En otoño, se verifica una distribución más restringida a la costa en toda la zona y con rangos más acotados, variando entre 0,12 y 28 mn y medias entre 1,7 y 8 mn. En los 37°S las distancias medias se presentaron a 22 mn de costa, aunque con una baja variabilidad debido al escaso número de datos.

La distribución vertical de sardina en verano registró una profundidad media cercana a 7 m presentando dos zonas; al norte de 37°S con una alta variabilidad y valores que variaron entre 5 y 33 m de profundidad y; al sur de los 38°S que se destacó por su menor variabilidad variando entre 5 m y 13,5 m. (**Figura 107a**). En el otoño la sardina presentó una amplia variabilidad vertical en la zona de estudio, fluctuando la mínima entre 7 y 39 m y la máxima entre 20 y 79 m de profundidad (**Figura 107a**). Como tendencia general, se verifica una distribución levemente más profunda que en el verano, con medias entre 20 y 50 m, siendo más superficial (20 a 30 m) al sur de 37°S.

La figura 2b muestra los rangos de distribución de la sardina común de las variables temperatura (8,54-16,37 °C y 9,76-12,29°C), salinidad (33,24-34,62 psu y 33,39-34,60 psu), densidad (24,46-26,54 sigma-t y 25,35-26,57 sigma-t) y oxígeno (0,16-6,87 ml/l) en los cruceros de verano y otoño. La temperatura en verano mostró alta variabilidad y una tendencia central relativamente homogénea hasta el paralelo 40° S (pta. Galera), con medias entre 12,5 y 13° C, al sur de esta latitud las temperaturas promedio disminuyen a valores entre 10,5 y 11,5° C. En otoño las temperaturas presentaron rangos más acotados que en verano, con promedios entre 11,5 y 11,7°C



al norte de los 38°S disminuyendo a promedios entre 10,3 y 10,7°C al sur de los 38° S, donde también se verifica un aumento de la variabilidad. En cuanto a la salinidad y densidad del agua, en ambos periodos se observan mayores salinidades al norte de los 38° S, con valores promedio entre 34,3 a 34,5 en ambos periodos y entre 33,7 a 33,8 psu en verano y entre 33,9 a 34,2 psu en otoño al sur de esa latitud.. Por su parte, el oxígeno en el periodo de verano mostró una alta variabilidad con una tendencia central fluctuante, la que se maximiza en tres sectores, el primero entre los 35-36°S con una mediana de 4,96 ml/l, el segundo en tre 38-39°S con una mediana de 5,89 ml/l sector que al mismo tiempo se caracteriza por altas concentraciones de oxígeno y, el sector entre los 41-42°S con una mediana de 4,52 ml/l.

Las sardinas estuvieron asociadas con valores relativamente altos de abundancia de fitoplancton y zooplancton en el sector central del área de estudio, localizado entre 35°S y 37°S, siendo más evidente en el caso del fitoplancton. Hacia el sur de los 38° S, la abundancia de fitoplancton y zooplancton disminuyeron notoriamente respecto al norte, siendo aún más notable en el fitoplancton. De manera similar la clo-a se correlacionó con el sector central identificado para el fitoplancton (**Figura 107c**).

4.3.2. Análisis Inferencial

Se calculó el coeficiente de Pearson entre las densidades acústicas de anchoveta y sardina común y las variables ambientales, la **Tabla 120** muestra los resultados de correlación entre las variables. El grado de asociación lineal para los recursos en los periodos evaluados se observó bajo el que varío entre -0,11 y 0,05. Esta baja correlación entre las variables indica que existe una relación parcial la que no es lineal en todo su dominio, de tal manera que la propuesta de modelamiento a través de GAM se ajusta mejor a las relaciones entre las densidades acústicas y las variables ambientales.



Los predictores en el modelamiento estadístico se agruparon como espaciales (latitud, distancia a la costa y profundidad media de las agregaciones) y bio-oceanográficas (abundancia de fitoplancton y biomasa zooplanctónica, clorofila, temperatura, salinidad, oxígeno, densidad y sus respectivos gradientes). En el crucero RECLAS 1105 no se contempló el modelamiento de las variables de oferta ambiental y oxígeno, puesto que no fueron muestreadas.

La escasa presencia de anchoveta en el crucero RECLAS 1101 impidió realizar el ajuste ($n=34$) y la asociación y significancia de los predictores. En el crucero RECLAS 1105 las variables significativas seleccionadas en el ajuste se muestran en la **Tabla 121**. El modelo explica un 24,2% de la varianza. El análisis individual de las covariables en el modelamiento evidencia que los predictores profundidad media de las agregaciones, gradiente salino y distancia a la costa aportan mayormente a la explicación de la variabilidad total de anchoveta, lo que en consecuencia reduce considerablemente la magnitud de la devianza de los residuales. El aporte individual de cada variable fluctuó entre un 4,1 y 6,9% (**Tabla 121**), explicando en conjunto el 17,27% de la variabilidad total. En segundo orden lo hacen las variables gradiente térmico, temperatura y latitud las que en menor porcentaje contribuyen a la devianza explicada con un aporte individual entre 1,5 y 3,2%.

En el caso de sardina común, el grado de explicación obtenido con los predictores significativos en verano fue de 22,0% y 17,9% en otoño (**Tabla 122**). El análisis individual de las covariables a través del pseudo coeficiente de determinación indica que en verano la profundidad media de las agregaciones entrega el principal aporte con un 11% de explicación de la variabilidad de sardina común (**Tabla 122a**), secundariamente lo hacen las variables gradiente salino y térmico, latitud y distancia de costa con un rango de contribución entre un 3 y 1,4%. El resto de las variables como la biomasa zooplánctonica, temperatura, abundancia de fitoplancton y salinidad



aportan marginalmente a la reducción de la devianza residual con un aporte individual que varió entre 1 y 0,1% (**Tabla 122a**). En otoño, la variable que reporta la principal contribución es la latitud explicando un 9,7% de la variabilidad total de sardina común (**Tabla 122b**), seguido en importancia se observó el aporte de los gradientes salinos y la profundidad media de las agregaciones con un aporte individual entre un 3,5 y 2,1% respectivamente (**Tabla 122b**). Las variables temperatura, distancia a la costa y gradiente térmico entregan un aporte marginal al modelo que varía entre 0,06 y 1%.

Se analiza el efecto de los predictores a través de la contribución de cada término modelado, para anchoveta solo se obtuvo el modelo correspondiente al período de invierno, mientras que para sardina común se integro y comparo en una grafica los efectos de predictores comunes para los periodos evaluados y en forma única aquellos que no. En las **Figuras 108 a 110** se presentan gráficamente las covariables y su influencia relativa sobre la densidad de anchoveta y sardina común con la función de suavización loess y sus intervalos de confianza al 95% en líneas segmentadas.

Las densidades de anchoveta en el período de otoño se relacionan inversamente con la latitud, las que tienden a disminuir conforme aumenta la latitud alcanzando valores máximos hacia el extremo norte (34°S) y mínimos al sur de la zona de estudio (39°S) (**Figura 108**).

La variable profundidad media de las agregaciones presenta una relación no lineal con anchoveta donde las máximas densidades se alcanzan en profundidades cercanas a los 20 m, mayores profundidades afectan negativamente las densidades de de anchoveta (**Figura 108**).



Por su parte la distancia a la costa muestra una relación no lineal, en la cual las densidades de anchoveta se maximizan para un intervalo estrecho, el que no supera las primeras 5 mn de la costa. Distancias mayores a 5 mn registran un bajo número de observaciones lo que incrementa la incertidumbre del modelo respecto de esta variable (**Figura 108**).

Los gradientes de salinidad presentan un efecto positivo sobre la densidad de anchoveta conforme aumenta la magnitud de los gradientes hasta un valor de 0,01 psu/m. Las mayores densidades de anchoveta se relacionan con bajos gradientes de salinidad y magnitudes cercanas a 0 (**Figura 108**). Del mismo modo, los gradientes térmicos de bajas magnitudes se relacionan positivamente con la densidad de anchoveta, variando sus valores entre 0,001 y 0,02 °C/m (**Figura 108**). Mayores gradientes tanto salinos como térmicos afectan negativamente la densidad de anchoveta.

La función entre la temperatura y anchoveta tiene un rango con un dominio de temperaturas entre 9,9 y 13,7°C, relacionándose ambas variables inversamente, mostrando un efecto negativo sobre las densidades del recurso con el aumento de la temperatura (**Figura 108**).

En cuanto a sardina común, la variable salinidad en el crucero de verano mostró una relación con efecto positivo sobre el recurso, alcanzando máximas densidades con niveles salinos entre 34,2 y 34,4 psu. Las menores salinidades tienden a disminuir las densidades de sardina común, ampliando a su vez los intervalos de confianza (**Figura 109**).

Las variables abundancia de fitoplancton y biomasa de zooplancton muestran una relación tipo domo con efecto positivo para un intervalo de concentración que varía



entre $>0,0-4E06$ ind/m³ para el fitoplancton y, $>0,0-3E06$ ind/m³ para el zooplancton. Mayores concentraciones muestran una tendencia negativa sobre la densidad de sardina común (**Figura 109**).

La temperatura que fue significativa en ambos períodos mostró una relación no lineal tipo domo con la densidad de sardina común. En verano el rango óptimo varía entre 11 y 13°C, en invierno el rango se caracteriza por aguas más frías desplazándose a temperaturas entre 9 y 11°C (**Figura 110**).

Los gradientes salinos al igual que la temperatura, presentan una relación tipo domo con un efecto inverso entre periodos, efecto que es negativo en verano y positivo en invierno para un intervalo común. En el RECLAS 1101 la relación alcanza mínimos entre -0,05 y 0,00 psu/m, mientras en el RECLAS 1105 las densidades en este intervalo se maximizan. Fuera del rango óptimo el número de observaciones es escaso ampliando hacia los extremos los intervalos de confianza (**Figura 110**).

Los gradientes térmicos en ambos períodos coinciden en un efecto positivo, aumentando las densidades de sardina conforme aumenta la magnitud de la variable, alcanzando máximos en la densidad del recurso con gradientes de 0,3°C/m en verano, magnitud que en invierno se desplaza hacia menores gradientes con un valor de 0,1°C/m (**Figura 110**).

La variable latitud por su parte tiene una tendencia similar entre ambos períodos presentando máximos para la densidad de sardina hacia el extremo sur de la zona de estudio. En verano los máximos se detectan al sur de los 40°S y en otoño el máximo pick se observó en torno a los 39°S (**Figura 110**).



La distancia de costa muestra un efecto positivo sobre sardina en sectores relativamente costeros los que no superan distancias de 24 mn con escasos registros en este límite y una mayor presencia de sardina hasta las 10 mn. Los máximos en verano se alcanzan en sectores mas cercanos de costa que en invierno, en invierno existe una mayor amplitud en la distribución costera esto se evidencia en los rangos de distribución y en los máximos alcanzados por las densidades acústicas del recurso que en verano se detectan en torno a las 2 mn y en invierno en torno a las 4 mn (**Figura 110**).

La profundidad de las agregaciones hasta los 20 m de profundidad sardina común aumenta a conforme aumenta la profundidad alcanzando máximas densidades en este limite en el periodo de verano y aprox. 25 m en invierno. Luego desciende alcanzando mínimos cerca de los 35 m en verano y 60 m en invierno. Esto demuestra que sardina común tiende a profundizarse en invierno (**Figura 110**).

5. Objetivo específico 2.4 *Caracterizar y analizar las agregaciones de los recursos anchoveta y sardina común en el área de estudio.*

Se analizan y entregan los resultados correspondientes a detecciones de anchoveta y sardina común de los cruceros Reclas 1101 (verano) y Reclas 1105 (otoño). En ambos casos la muestra fue separada por especie y en agregaciones diurnas y nocturnas, considerándose en el verano como diurnas a las detecciones comprendidas entre las 06:45 horas y las 21:00 horas, y en el otoño como diurnas a las detectadas entre las 08:00 y 19:00 horas. En ambos casos las agregaciones nocturnas se consideraron en el período restante para completar las 24 horas.



Se entregan los resultados de los valores de los descriptores morfol3gicos y batim3tricos de estas especies analiz3ndose las diferencias que presentan en ambiente diurno y nocturno, determin3ndose tambi3n la variaci3n que presentan estos descriptores seg3n zonas de distribuci3n.

Se aplica un an3lisis de componentes principales para establecer y jerarquizar las variables individuales o agrupadas que permitan diferenciar o caracterizar las agregaciones, separadas por especie y en ambiente diurno y nocturno.

5.1 Resultados agregaciones diurnas y nocturnas

Se detect3 un total de 4.685 agregaciones en el crucero Reclas 1101, de las cuales el 98% (4.588) correspondi3 a sardina com3n, el restante 2% (97) correspondi3 a anchoveta. En per3odo diurno se detectaron 53 y 4005 agregaciones de anchoveta y sardina com3n, respectivamente, mientras que en la noche se detectaron 44 y 583, respectivamente.

En el crucero Reclas 1105 se detect3 un total de 2.093 agregaciones, de las cuales el 66% (1.341) correspondi3 a sardina com3n y el 34% a anchoveta. Durante el d3a se detectaron 567 y 1.196 agregaciones de anchoveta y sardina com3n, respectivamente. En la noche, en el mismo orden se detectaron 131 y 145 agregaciones, respectivamente.

5.1.1 Descriptores morfol3gicos

Las **Tablas 123 y 124** entregan los resultados para las agregaciones diurnas de anchoveta y sardina com3n, para el verano mientras que las **Tablas 125 y 126**



contienen los resultados diurnos del otoño para las mismas especies. Las **Tablas 127 y 128** contienen los resultados nocturnos para el verano y las **Tablas 129 y 130** los resultados nocturnos del otoño para anchoveta y sardina común respectivamente.

En el verano las agregaciones diurnas de anchoveta presentaron un largo promedio de 24 m (± 25) mientras que el promedio del largo de agregaciones de sardina común fue de 27 m (± 106). En el otoño las agregaciones diurnas de anchoveta presentaron un largo promedio de 27 m (± 49) mientras que el promedio del largo de agregaciones de sardina común fue de 31 m (± 54). En ambos cruceros se aprecia que el valor promedio diurno del largo es mayor en sardina común que anchoveta.

En la noche en ambos cruceros el largo de agregaciones alcanzó extensiones superiores que en el día en ambas especies, con promedios de 200 m (± 365) y de 156 m (± 567) para anchoveta y sardina, respectivamente en el verano (**Fig. 111**). y promedios de 170 m (± 1.353) y de 354 m (± 945) para anchoveta y sardina, respectivamente en el otoño (**Fig. 112**).

Los valores promedio del alto en el verano fueron superiores en ambas especies durante el día que la noche, con 4,7 m (± 2) y 4,5 m (± 3) para anchoveta y sardina diurnas, versus 1,8 m ($\pm 0,5$) y 3,8 m (± 2) para anchoveta y sardina nocturnas, respectivamente (**Fig. 113**). En el otoño los valores promedio del alto en ambiente diurno fueron de 4,2 m (± 3) y de 4,0 m (± 3) para anchoveta y sardina, mientras que en la noche los valores fueron de 3,0 m (± 2) y 4,7 m (± 3) para anchoveta y sardina, respectivamente (**Fig. 114**).

La elongación (relación largo/alto de las agregaciones), durante el verano alcanzó valores promedio de 5,9 (± 7) para anchoveta y de 6,9 (± 28) para sardina, y en la



noche valores promedio superiores que alcanzaron los 103 (± 173) en anchoveta y de 39 (± 143) para sardina común (**Fig. 115**). En el otoño durante el día, anchoveta también presentó menor valor de elongación que sardina (al igual que el verano) con 7,7 (± 12) para anchoveta versus 9,6 (± 15) para sardina, y en la noche, al igual que el verano valores promedio superiores para ambas especies con valores de 47 (± 291) en anchoveta y de 52 (± 130) para sardina común (**Fig. 116**).

Como es característico en estas especies, en ambos cruceros anchoveta y sardina común presentaron agregaciones de mayor tamaño en la noche que durante el día, lo que se refleja en los valores promedio de perímetro y área. De día en el verano, anchoveta y sardina presentaron valores de perímetro promedio de 77 m (± 81) y 85 m (± 282), respectivamente, mientras que en la noche valores promedio de 783 (± 1.831) y 549 (± 2.091) para anchoveta y sardina, respectivamente (**Fig. 117**). En el otoño, anchoveta y sardina presentaron valores diurnos de perímetro de 89 m (± 147) y 96 m (± 161), respectivamente, mientras que en la noche los valores fueron de 937 (± 8.175) y 1.355 (± 4.088) para anchoveta y sardina, respectivamente (**Fig. 118**).

El área promedio en ambiente diurno en el verano alcanzó los 109 m² (± 140) en anchoveta y de 135 m² (± 707) para sardina. En la noche los valores fueron de 355 m² (± 727) y de 847 m² (± 4.244) para ambas especies, respectivamente (**Fig. 119**). En el otoño, durante el día los valores de anchoveta y sardina fueron de 132 m² (± 305) y 149 m² (± 573), respectivamente, mientras que en la noche los promedios fueron de 689 m² (± 6.261) para anchoveta y de 2.951 m² (± 8.810) para sardina común (**Fig. 120**).

El descriptor dimensión fractal, descriptor adimensional empleado para caracterizar la irregularidad del contorno de la agregación, alcanzó durante el día en el verano valores promedio de 1,25 ($\pm 0,14$) y 1,27 ($\pm 0,16$) para anchoveta y sardina,



respectivamente. En la noche ambas especies presentan mayores valores promedio respecto a sus valores diurnos, con 1,68 ($\pm 0,14$) y 1,43 ($\pm 0,20$) para anchoveta y sardina, respectivamente (**Fig. 121**). En el otoño también los valores nocturnos son superiores a los valores diurnos, con valores promedio de anchoveta y sardina durante el día de 1,32 ($\pm 0,17$) y 1,34 ($\pm 0,17$), respectivamente, versus 1,51 ($\pm 0,21$) y 1,40 ($\pm 0,19$) para ambas especies, respectivamente (**Fig. 122**).

5.1.2. Descriptores batimétricos

Las profundidades promedio de las agregaciones de anchoveta y sardina común presentan resultados diferentes en ambiente diurno, encontrándose en ambos cruceros que sardina se encuentra a mayor profundidad que anchoveta. En el verano las profundidades promedio diurnas fueron de 11,7 m ($\pm 5,4$) y de 14,4 m ($\pm 9,0$) para anchoveta y sardina, respectivamente, mientras que en el otoño las profundidades promedio fueron de 23,3 m ($\pm 10,2$) para anchoveta y de 30,3 m ($\pm 10,2$) para sardina, observándose además que en el otoño en ambas especies la profundidad promedio aumenta junto a una mayor variación en el espectro batimétrico. En ambiente nocturno en el verano los valores promedio fueron de 5,4 m ($\pm 2,3$) y de 10,7 m y ($\pm 6,8$) para anchoveta y sardina, respectivamente (**Fig. 123**), mientras que en el otoño el valor de la profundidad para anchoveta fue de 17,1 m ($\pm 8,9$) y para sardina de 18,6 m ($\pm 9,2$) (**Fig. 124**), observándose también la tendencia en el otoño del aumento en la profundidad promedio respecto al verano.

La profundidad promedio del fondo en que fueron detectadas estas especies en el verano durante el día fue de 287 m (± 333) y 86 m (± 128) para anchoveta y sardina, respectivamente. En la noche las profundidades promedio de los fondos fueron de 37 m (± 20) para anchoveta y de 107 m (± 154) para sardina (**Fig. 125**), reflejando con esto una migración de anchoveta hacia la costa durante la noche. En el otoño los



valores de los fondos promedio durante el día fueron de 44 m (± 13) para anchoveta y 37 m (± 13) para sardina. En la noche las profundidades promedio de los fondos fueron de 63 m (± 34) y 34 m (± 24) para anchoveta y sardina respectivamente (**Fig. 126**), reflejando una situación contraria al verano observándose una migración diurna de anchoveta hacia la costa.

El descriptor índice de altura refleja la posición relativa de las agregaciones con respecto al fondo. En el verano los valores promedios de este descriptor durante el día para anchoveta y sardina alcanzaron el 78% (± 23) y 61% (± 35), respectivamente. Lo anterior refleja la tendencia diurna de sardina de ubicarse mas abajo en la columna de agua que anchoveta. Durante la noche los promedios de los índices de altura de ambas especies aumentan, con valores promedio de 84% (± 5) para anchoveta y de 78% (± 19) para sardina (**Fig. 127**). En el otoño en ambiente diurno los valores promedio fueron de 44% (± 24) para anchoveta, siendo, al igual que el verano, menor para sardina con un promedio de 17% (± 13). En ambiente nocturno los valores fueron de 69% (± 14) y 41% (± 21) para anchoveta y sardina, respectivamente, reflejando similar tendencia a la observada en el verano (**Fig. 128**).

5.1.3 Descriptores de energía

En ambos cruceros los valores de energía retrodispersada (s_A) de sardina fueron superiores a los de anchoveta, tanto en ambiente diurno como nocturno, situación observada años anteriores. En el verano en ambiente diurno los valores promedio fueron de 1.645 s_A (± 3.003) para anchoveta y de 3.085 s_A (± 14.690) para sardina común. Durante la noche los valores fueron de 390 s_A (± 563) y de 2.348 s_A (± 8.762) para anchoveta y sardina, respectivamente (**Fig. 129**). Los valores promedio de s_A observados en el otoño fueron de 1.276 s_A



(± 3.856) para anchoveta y de $3.557 s_A$ (± 23.189) para sardina común. En la noche los valores fueron de $791 s_A$ (± 3.825) y de $25.226 s_A$ (± 116.276) para anchoveta y sardina, respectivamente (**Fig. 130**).

Al estandarizar los valores de energía retrodispersada refiriéndolas al área de cada agregación y obteniéndose un valor referido a la densidad acústica en s_A/m^2 , se observa que en ambos cruceros y en ambas especies las agregaciones se presentan más densas en ambiente diurno que nocturno, a su vez las agregaciones de sardina presentan siempre mayores valores promedio de s_A/m^2 que anchoveta, tanto en el día como en la noche en ambos cruceros.

En el verano durante el día anchoveta presenta una densidad acústica promedio de $14,5 s_A/m^2$ ($\pm 16,5$) y sardina común una densidad de $21,6 s_A/m^2$ ($\pm 22,8$). En la noche las agregaciones de anchoveta y sardina común presentan una densidad promedio de $2,4 s_A/m^2$ ($\pm 2,8$) y $6,8 s_A/m^2$ ($\pm 9,7$), respectivamente. (**Fig. 131**). Durante el otoño se obtuvo un promedio diurno de densidad acústica para anchoveta y sardina de $9,8 s_A/m^2$ ($\pm 13,6$) y $13,3 s_A/m^2$ ($\pm 18,8$), respectivamente. En la noche anchoveta presentó un promedio de $4,7 s_A/m^2$ ($\pm 10,1$) y sardina común de $8,9 s_A/m^2$ ($\pm 17,1$) (**Fig. 132**).

5.1.4 Distancia a la costa

En el verano, las agregaciones de anchoveta durante el día fueron detectadas en un rango entre 2 y 28 mn de la costa, ubicándose en promedio a 12 mn, mientras que las de sardina abarcaron un rango entre 1 y 61 mn de la costa con promedio de 6 mn. En ambiente nocturno el rango de anchoveta fue claramente menor, ubicándose entre 2 y 3 mn ubicándose en promedio mas cercanas que durante el día, a 2,6 mn de la costa. Sardina presentó un rango entre 1 y 29 mn con promedio en 7,6 mn



(Fig. 133). Durante el otoño, en ambiente diurno, anchoveta se ubicó entre 1 y 32 mn de la costa, con promedio en 4,5 mn. Sardina fue detectada entre 1 y 29 mn de la costa promediando en 4,5 mn. En ambiente nocturno el rango de ubicación de anchoveta fue entre 1 y 24 mn con promedio en 7,6 mn mientras que sardina fue detectada entre 1 y 17 mn con promedio en 4,5 mn (Fig. 134).

5.2. Valores promedio descriptores por zona

A fin de observar la tendencia de los descriptores de las agregaciones respecto a la distribución espacial, se agruparon los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de acuerdo a las zonas definidas para anchoveta y sardina en ambiente diurno y nocturno. En esta oportunidad sólo se separó zonas en el otoño para anchoveta. La **Tabla 131** presenta los resultados por zonas de las agregaciones de anchoveta diurno y nocturno.

En el caso diurno, el mayor número de agregaciones de anchoveta fue detectado en la zona 3 con 361 observaciones seguida de la zona 1 (112) y zona 2 (94). Además la zona 3 presentó las agregaciones de mayor tamaño (área) mayor valor promedio de energía retrodispersada, seguida en ambos casos por la zona 1. Al ponderar por el área de las agregaciones, resultaron valores de mayor densidad acústica en la zona 1, donde las agregaciones se distribuyeron más lejanas a la costa con un promedio de 8 mn v/s 4 mn de la zona 3.

En ambiente nocturno el mayor número de agregaciones también detectó en la zona 3 seguida de la zona 1 y 2 con 72, 37 y 22 registros, respectivamente. La zona que presentó las agregaciones de mayor tamaño (largo, área y perímetro) fue notoriamente la zona 3. Respecto a los valores de energía retrodispersada, las



agregaciones de la zona 3 resultaron con valor promedio notablemente superior a las otras zonas con 1.046 s_A seguidas de la zona 1 y 2 con 676 y 146 s_A promedio, respectivamente. Al ponderar por el área, las agregaciones de la zona 1 fueron levemente mas densas que las de la zona 3, zona que al igual que en ambiente diurno se ubicaron mas alejadas de la costa que el resto de las zonas.

5.3. Resultados análisis componentes principales

Se realizó el análisis de componentes principales ACP separando por crucero, especie y por condición diurna y nocturna.

5.3.1. Agregaciones diurnas de anchoveta y sardina común

Las matrices de correlaciones entre las variables originales para anchoveta de los cruceros 1 y 2 se entregan en las **Tablas 132 y 133**, respectivamente. En ambos cruceros se encontró las mejores asociaciones entre las variables morfométricas largo-perímetro, largo-área, perímetro-área y largo-elongación. Entre cruceros se detecta una diferencia importante entre la asociación de los s_A con el área, siendo notoriamente mejor la relación en el verano (0,75) que en el otoño (0,47), al igual que la relación entre la distancia a la costa con la profundidad del fondo, siendo mejor en el verano (0,81) que en el otoño (0,02). En ambos cruceros se encontró, como es de esperar una buena asociación negativa entre la distancia a la costa y el fondo.

Las **Tablas 134 y 135** entregan los valores propios y la proporción de la variabilidad explicada, total y acumulada por cada uno de componentes en el ACP correspondientes a anchoveta para los cruceros 1 y 2, respectivamente. De acuerdo al criterio de selección de Kaiser, el cual califica a los componentes principales cuyo valor propio es mayor al valor propio promedio de todos los componentes (Vivanco, 1999), en el verano calificaron los tres primeros



componentes, que en conjunto explican el 79,9% de la varianza, con valores propios de 4,75 (explica el 39,6% de la varianza), 3,24 (explica el 27,0%) y de 1,6 (explica el 13,3%), para los componente 1, 2 y 3, respectivamente, mientras que en el otoño calificaron cuatro componentes como principales con valores propios de 3,9 (32,5%), 2,3 (18,8%), 1,6 (13,7) y 1,3 (10,5%), respectivamente, explicando en conjunto el 75,6% de la varianza.

Las **Tablas 136 y 137** entregan los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales para anchoveta diurna para los cruceros 1 y 2, respectivamente. En el verano, el componente 1 asocia principalmente a las variables morfométricas largo, perímetro, elongación y área seguido de la dimensión fractal. Asociando además a las variables batimétricas fondo e índice de altura, con la diferencia que el componente 2 las asocia no despreciablemente en sentido negativo, al igual que la distancia a la costa. Este componente (2) presenta una fuerte asociaci3n entre el alto de agregaciones y los s_A , agrupando tambi3n a la profundidad de agregaciones. La gráfica de los dos primeros componentes se aprecia en la **Figura 135**. En el otoño el componente 1 asocia en mejor forma sólo a las variables morfométricas perímetro, largo, área y elongaci3n, mientras que el componente 2 asocia el alto con los s_A , densidad y negativamente a la dimensi3n fractal. El componente 3 asocia a las batimétricas profundidad de agregaciones y negativamente al índice de altura, mientras que el componente 4 a la profundidad del fondo (**Fig. 136**).

Las matrices de correlaciones entre las variables originales para sardina común de los cruceros 1 y 2 se entregan en las **Tabla 138 y 139**, respectivamente. En ambos cruceros se encontr3 las mejores asociaciones entre las variables morfométricas largo-perímetro, largo-área, perímetro-área y largo-elongaci3n,



así como una buena asociación entre los valores de s_A con el área, perímetro y largo.

Las **Tablas 140 y 141** entregan los valores propios y la proporción de la variabilidad explicada, total y acumulada por cada uno de componentes en el ACP correspondientes a sardina para los cruceros 1 y 2, respectivamente. De acuerdo al criterio de selección de Kaiser, el cual califica a los componentes principales cuyo valor propio es mayor al valor propio promedio de todos los componentes (Vivanco, 1999), en ambos cruceros calificaron cuatro componentes principales. En el verano los cuatro componentes explican el 73,5% de la varianza mientras que en el otoño en conjunto explican el 77,1% de la varianza total.

Las **Tablas 142 y 143** entregan los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales para sardina diurna para los cruceros 1 y 2, respectivamente. En el verano, el componente 1 asocia principalmente a las variables morfométricas perímetro, largo, área y elongación con la variable de energía s_A , mientras que el segundo asocia en mejor forma a las variables batimétricas índice de altura, profundidad de agregaciones (negativamente) y profundidad del fondo, el tercer componente asocia a la variable alto junto a densidad mientras que el cuarto componente asocia en mejor forma sólo a la variable distancia a la costa. La **Figura 137** gráfica la relación de los primeros dos componentes con las variables originales. En el otoño el componente 1 asocia en mejor forma sólo a las variables morfométricas largo, perímetro y área con la variable energética s_A , el componente 2 asocia positivamente el alto con el índice de altura y negativamente a la dimensión fractal y la elongación (**Fig. 138**). El componente 3 asoció positivamente a las variables batimétricas profundidad de agregaciones con el fondo, mientras que el componente 4 a la distancia a la costa con índice de altura y negativamente a la densidad.



5.3.2. Agregaciones nocturnas de anchoveta y sardina común

Las matrices de correlaciones entre las variables originales para anchoveta de los cruceros 1 y 2 se entregan en las **Tablas 144 y 145**, respectivamente. En ambos cruceros se encontró las mejores asociaciones entre las variables morfométricas largo-perímetro, largo-área, perímetro-área y largo-elongación, así como una buena asociación entre los valores de s_A con el área, perímetro, largo y elongación, siendo mejor la asociación detectada en el otoño respecto al verano.

Las **Tablas 146 y 147** entregan los valores propios y la proporción de la variabilidad explicada, total y acumulada por cada uno de componentes en el ACP correspondientes a anchoveta nocturna para los cruceros 1 y 2, respectivamente. De acuerdo al criterio de selección de Kaiser, el cual califica a los componentes principales cuyo valor propio es mayor al valor propio promedio de todos los componentes (Vivanco, 1999), en ambos cruceros calificaron los primeros cuatro componentes principales. En el verano los cuatro componentes explican el 87,8% de la varianza mientras que en el otoño en conjunto explican el 83,9% de la varianza total

Las **Tablas 148 y 149** entregan los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales para anchoveta nocturna para los cruceros 1 y 2, respectivamente. En el verano, el componente 1 asocia fuertemente a las variables morfométricas largo, perímetro, elongación y área con la variable de energía s_A y negativamente a la distancia a la costa, el componente 2 asocia a la variable alto con la densidad acústica, mientras que el componente 3 asocia con mas fuerza sólo a la profundidad de fondo. El componente 4 asocia positivamente al índice de altura y negativamente a la profundidad de agregaciones. La gráfica de los dos primeros componentes se aprecia en la **Figura 139**. En el otoño se logra una asociación muy fuerte (0,99) entre el componente 1 con el largo, elongación,



perímetro y área, asociándolo fuertemente (0,96) con los s_A . El componente 2 asocia al igual que el crucero anterior a la densidad en sentidos opuestos con la dimensión fractal, así como el fondo en forma opuesta con el alto de agregaciones. La gráfica de los dos primeros componentes se observa en la **Figura 140**. El componente 3 asocia positivamente a la profundidad de agregaciones con el fondo y negativamente a la distancia a la costa, mientras que el componente 4 se relaciona con el índice de altura.

Las matrices de correlaciones entre las variables originales para sardina común nocturna de los cruceros 1 y 2 se entregan en las **Tablas 150 y 151**, respectivamente. En ambos cruceros se encontró las mejores asociaciones al entre las variables morfométricas largo-perímetro, largo-área, perímetro-área y largo-elongación, así como una buena asociación entre los valores de s_A con el área, perímetro y largo.

Las **Tablas 152 y 153** entregan los valores propios y la proporción de la variabilidad explicada, total y acumulada por cada uno de componentes en el ACP correspondientes a sardina para los cruceros 1 y 2, respectivamente. En el verano calificaron los cuatro primeros componentes principales los que en conjunto explican el 76,6% de la varianza, en el otoño calificaron cinco componentes principales, explicando en conjunto el 83,4% de la varianza.

Las **Tablas 154 y 155** entregan los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales para sardina nocturna para los cruceros 1 y 2, respectivamente. En el verano el componente 1 asocia principalmente a las variables morfométricas perímetro, largo, área y elongación con la variable de energía s_A , mientras que el segundo asocia a las variables profundidad de agregaciones, alto y densidad y negativamente a la variable dimensión fractal (**Fig.**



141). En el otoño el componente 1 asocia a todas las variables morfométricas con la variable energética s_A , el componente 2 asocia principalmente a la dimensión fractal, mientras que el componente 3 asocia positivamente al índice de altura y negativamente a la profundidad de agregaciones, el componente 4 asocia principalmente al fondo mientras que el quinto componente relaciona a la distancia a la costa. La gráfica de los dos primeros componentes se observa en la **Figura 142**.



VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Análisis de las condiciones oceanográficas y oferta ambiental de alimento

1.1. Análisis regional e histórico de las condiciones oceanográficas

La serie de rangos del MEI (<http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/>) indica que los cruceros RECLAS de los años 2004 y 2006 se realizaron en condiciones regionales (CR) neutras o de transición, los cruceros de los años 2003 y 2005 en condiciones El Niño moderado, en 2007 Niño débil y 2010 El Niño fuerte, mientras que en los eventos fríos se realizaron los cruceros de los años 2009, Niña débil, y 2008 y 2011 Niña fuerte.

La observación de la serie del MEI junto a la serie de anomalías de TSM del sector costero y oceánico, muestra que no existiría una asociación directa entre los eventos cálidos y fríos en la zona ecuatorial y las condiciones de TSM a lo largo de toda la zona de estudio. Al menos esto no es evidente en una forma simultánea. Tal es el caso de los eventos fríos de 2008, 2009 y 2011, donde sólo el año 2009 con CR de Niña débil los valores de ATSM alcanzaron un máximo de -0.8, sin embargo durante los eventos fríos fuertes de 2008 y 2010 las anomalías fueron neutras en ambos casos, más aun, en 2008 las ATSM pasaron después del crucero a positivas con un máximo cercano a +1°C en pleno periodo frío. Un com portamiento inverso tienen las ATSM respecto de los periodos cálidos, pues para el crucero de 2007, en condiciones El Niño débil, las anomalías fueron de hasta +1°C, mientras que para el año 2010, La Niña fuerte, las ATSM fueron negativas de hasta 0,5°C. Las series muestran también que durante condiciones neutras, como en el año 2004, hubo anomalías promedio que llegaron a +1,5°C, como también a fines de 2009, durante La Niña débil en la zona ecuatorial.



En la variable clorofila, en tanto, se observa tambi3n que no habr3a una clara asociaci3n entre las condiciones regionales de la zona ecuatorial y la distribuci3n y valores de esta variable en la franja oce3nica y costera analizada de la zona de estudio. Es as3 como durante el evento La Ni3a 2010-2011 correspondi3 al per3odo m3s pobre en pigmento de toda la serie mientras que, a diferencia de lo anterior, en los restantes periodos con MEI negativo como 2006-neutro, 2008-Ni3a fuerte y 2009-Ni3a d3bil, las concentraciones de clorofila satelital no difieren de lo observado en el a3o 2003-Ni3o fuerte y 2004-neutro.

En la distribuci3n de temperatura, como tambi3n en la clorofila, de la zona norte de Chile (XV a II regiones) se observa una asociaci3n con las condiciones regionales en la zona intertropical, sin embargo en la zona centro sur de Chile, zona de estudio de este crucero, no la habr3a. En este contexto, ser3a interesante definir hasta que latitud las condiciones regionales ejercen un efecto sobre las condiciones oceanogr3ficas a lo largo de la costa chilena.

Al observar las series de ATSM que muestran un comportamiento similar tanto en la costa como en el sector oce3nico, adem3s de los valores en la serie de promedios, se3ala que los a3os m3s c3lidos en la serie fueron los de 2004 y 2008, donde las m3ximas anomal3as se midieron en oto3o y primavera de ambos a3os con valores del orden de +1,5°C y que abarcan todo el sector en sentido norte-sur en el 2004 y entre el l3mite norte y los 37°S para 2008. En este sentido, como ya se indic3, el a3o 2008 registr3 condiciones La Ni3a fuerte a comienzos de a3o y neutras hacia fines de 3l, lo que se3ala la falta de acoplamiento de las CR con las locales. Los periodos m3s fr3os de la zona son el a3o 2007, seguido del 2009 y 2010, con ATSM que no superan en general 1°C, aun cuando las ATSM m3s negativas se registraron en enero de 2003 y 2009. En particular al crucero RECLAS de enero de 2011, la serie del MEI y de los rangos de este 3ndice se3alan que al momento de efectuarse el



crucero la zona ecuatorial se encontraba afectada por un evento La Niña de intensidad fuerte el que había comenzado a mediados de 2010. En particular, el evento frío señalado no afectó los valores de TSM, ya que en la serie de promedios de ATSM hubo valores negativos inferiores a 0,3, aunque la serie costera y oceánica, como también la carta satelital de ATSM promedio del mes de enero, muestra una tendencia hacia ATSM positivas aunque inferiores a 0,5°C.

Para la clorofila satelital, en la serie costera se reflejan claramente las relativamente bajas concentraciones del actual periodo, en relación al comportamiento histórico, destacando solamente los núcleos del sector del golfo de Arauco con concentraciones $> 18 \mu\text{g/L}$ y focos $> 16 \mu\text{g/L}$ entre los 39 y 40°S. En relación a los meses de primavera-verano de los años anteriores los sectores más recurrentes de altas concentraciones, principalmente entre los años 2004 y 2009 ha sido entre los 35° y 36°S, 36° y 37°S, el golfo de Arauco, y en el sur entre los 38° y 42°S. La serie de concentración promedio de la zona registra que el periodo primavera-verano 2010-2011 no tuvo los máximos observados en los años anteriores asociados a la variabilidad estacional.

La serie de clorofila satelital en el sector oceánico muestra que la frecuencia y ubicación de los núcleos es menos clara que la observada en el sector costero, con una mayor frecuencia entre los 34° y 36°S, entre los 39° y 40°S y en los 41° y 40'S. Se observa un ciclo anual de las concentraciones al registrarse las mayores durante primavera de cada año y las más bajas en el periodo de invierno. No obstante lo anterior, las tres series muestran que el periodo 2010-2011 es el más pobre de la serie. En relación a los años anteriores, el periodo de primavera no presenta el pico habitual de aumento de concentración y los valores de clorofila fueron similares a los observados en el periodo de invierno. La imagen latitud/tiempo señala, además, que las bajas concentraciones se dieron para todas las latitudes la zona.



1.2. Análisis de las condiciones oceanográficas medidas *in situ* durante el Crucero de verano del 2011

Los vientos en general fueron favorables a la surgencia, 76%, sin embargo, los porcentajes de la misma variable en los dos años anteriores, 2009 y 2010, superaron el 90%, mientras que en el caso de los vientos de intensidad menor a 5 m/s estos fueron del 46%, mientras que en los dos años anteriores estos fueron de 19% y 27%, respectivamente. Si bien mantuvieron porcentajes similares en intensidades intermedias, en las intensidades mayores a 10 m/s el porcentaje de 37% y 27% en los años 2009 y 2010, decayó a sólo un 13% en el 2011. Se puede indicar entonces que los vientos fueron de menor intensidad y con un porcentaje menor de vientos favorables a la surgencia durante el otoño 2011 respecto de los dos últimos cruceros. Las características del viento señaladas permitieron entonces que el área norte de la zona registrara una entrada de aguas oceánicas de mayor TSM durante las dos primeras semanas de enero. Cabe destacar que los datos de terreno de esas dos semanas señalan, no obstante, valores de TSM bajos, inferiores a 15°C, mientras que la TSM satelital muestra una condición más cálida (> 15°C). Durante el mes de enero, el área entre 37° y 39°30'S registró condiciones más cálidas que las semanas anteriores, lo que coincide con los valores de TSM *in situ*. Así también hacia la cuarta semana ambas informaciones indican bajas TSM en el área más sur de la zona.

La información superficial de las variables temperatura, salinidad y oxígeno disuelto muestra que hay procesos de surgencia a lo largo de la zona pero que éstos están focalizados principalmente entre los 39°30' y 40°30' S, en el área de Coronel y en punta Nugurne, ya que en estas áreas se encuentra las menores TSM, mayores salinidades y menores concentraciones de oxígeno disuelto, lo que indica participación de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) llevada a la superficie por el afloramiento costero. Los índices de surgencia indican también que las áreas señaladas tendrían las mayores surgencias.



No obstante lo anterior, si bien los puntos de surgencia más intensos se repiten en relación a este mismo crucero realizado en los años 2008, 2009 y 2010, se puede indicar que en el actual muestreo las intensidades de la surgencia son de menor intensidad ya que se observa en algunos sectores extensas áreas de TSM de 1° a 2°C mayor, salinidad menor en hasta 0,2 y una mayor concentración de oxígeno disuelto. Una menor intensidad de la surgencia estaría aportando a la capa superficial una menor participación de AESS, dejando en superficie principalmente agua de origen Subantártica (ASAA) que tiene mayor temperatura, menor salinidad y mayor concentración de oxígeno disuelto respecto de la AESS. Lo anterior se ve en los diagramas TS del sector sur (37° a 42°S), pues los datos (par temperatura-s alinidad) de la capa superficial muestran un acercamiento mayor hacia el par TS del ASAA en comparación a la información de los cruceros RECLAS de los años 2008 a 2010. En el caso del sector norte (33° a 37°S), la intrusión de agua ASAA hacia la costa, pero de mayor temperatura, hace que las curvas sean más verticales que lo observado en los cruceros mencionados anteriormente.

En este mismo sentido, los focos de concentraciones menores a 4 mL/L punta Nugurne y desde los $39^{\circ}30'$ a $40^{\circ}30'\text{S}$, concordaron con las áreas de mayor surgencia en la zona, y con los focos menos intensos, como fueron el sector costero de Matanzas, el interior del golfo de Arauco y el extremo sur del área de muestreo. Estas áreas además coinciden con los focos de temperaturas $< 13^{\circ}\text{C}$.

En la línea que sostiene una menor actividad de la surgencia este año 2011, se puede indicar que el OD superficial en relación a los dos años anteriores presentó un marcado descenso en la frecuencia de focos $< 5\text{ mL/L}$, manteniéndose sólo Nugurne y el área del golfo de Arauco como sectores recurrentes de afloramientos de aguas



menos oxigenadas. Por lo tanto, en general, la zona se presentó más oxigenada de en los dos años anteriores, mientras que en la vertical no se observó gran diferencia entre el presente muestreo con respecto al de enero de 2010.

La clorofila estuvo ampliamente distribuida en la zona de muestreo, calzando los sectores de mayor pobreza pigmentaria con los focos de surgencia de Matanzas, punta Nugurne y de los 39°30' a 40°30'S. La excepción fue el golfo y Talcahuano donde la clorofila tuvo concentraciones $> 10 \mu\text{g/L}$, asociado esto a focos de bajas temperaturas (13°C). La actual distribución *in situ* concuerda con las imágenes promedio semanal de clorofila satelital, sin embargo, en el contexto histórico la extensión de los focos fue menor y de relativamente menores concentraciones, es por esto que en la imagen latitud/tiempo el periodo actual es el de más bajas concentraciones de la serie.

En esta oportunidad, al igual que en 2009, los feopigmentos tuvieron una presencia importante en la zona principalmente desde el golfo hacia el norte aunque manteniéndose siempre con concentraciones mucho menores que la clorofila. Esto último puede estar asociado a una mayor presión de pastoreo sobre el sector o que las poblaciones están envejeciendo.

Los giros de mesoescala de tipo anticiclónicos se mantuvieron prácticamente constantes a lo largo del mes, con una leve baja de altura e intensidad de la corriente en la tercera semana. La menor intensidad de la surgencia costera durante el periodo del crucero sería la causa de que la distribución y duración de los giros de mesoescala se mantuviera prácticamente constantes, sin una mayor variación espacial, de tipo de giro, o de mayor intensidad a la observada en los giros de mayor tamaño, ya que la pycnoclina, no presentó una pendiente pronunciada (generando con ello una menor pendiente del campo de masa) (Leth y Middleton, 2004). Durante



la segunda quincena, al cambiar la intensidad de la surgencia en el sector más costero desde el límite norte hasta los 36°S, se produjo un cambio en el patrón de circulación y también en el signo de las anomalías de altura del mar, no obstante los giros anticiclónicos de mayor tamaño se mantuvieron, debilitándose en la tercera semana para posteriormente intensificarse hacia la última semana del mes. Los giros anticiclónicos ubicados en el área costera y más oceánica frente a punta Lavapié, como también los ubicados al norte de los 36°S, se asociaron a las áreas de mayor concentración de clorofila. Hormazabal *et al*, (2004) indica que la energía cinética de los giros en el sector entre los 30° y 38°S aumenta durante los periodos frios La Niña debido a una intensificación del viento hacia el ecuador durante tales periodos, sin embargo, lo indicado por la información recopilada en este crucero de enero 2011 esta situación no se habría presentado debido a la ya señalada menor intensidad de los vientos.

2. Análisis de indicadores biológico- pesqueros de sardina común y anchoveta

Para sardina común el valor promedio de IGS (0,7%) obtenido durante el crucero realizado en enero de 2011 (RECLAS 1101) es levemente inferior al registrado en igual período de 2010 (RECLAS 1001), mientras que el valor medio de IGS (1,9%) estimado para el crucero de mayo (RECLAS 1105), es superior al estimado en igual período de 2010 (RECLAS 1005) y uno de los más altos registrado desde el año 2005 (RECLAS 0501) a la fecha. A pesar de las diferencias que se presentan en los valores medios estimados para ambos cruceros de 2011, respecto de los realizados el 2010, este indicador biológico se mantienen dentro del rango histórico registrado desde el 2005, pero por debajo de los reportados durante el período 2001 a 2004. Por otro lado, la condición biológica observada en ambos cruceros pone en



evidencia el estado de reposo reproductivo en el que se encuentra esta especie, además, de la clara presencia de un *stock* juvenil con un elevado porcentaje de individuos reclutas.

La condición biológica de los individuos fue determinada mediante el factor de condición (**FC**). Los valores promedios registrados durante los cruceros de enero y mayo de 2011 fueron de 0,9 y 0,7, respectivamente. En términos comparativos, el valor de **FC** obtenido durante enero de 2011 (RECLAS 1101), fue inferior al registrado en igual período del 2010, mientras que el valor registrado durante mayo de 2011 (RECLAS 1105) fue similar al obtenido en igual período del año 2010, sin embargo, los valores registrados en ambos cruceros se mantienen dentro del rango histórico. Por otro lado la estimación de los **FC** a la talla muestra una evolución positiva con las tallas de los individuos, en ambos cruceros, sin embargo, los valores estimados durante enero de 2011 fueron superiores, en igual rango de tallas, a los registrados en mayo. La mejor condición biológica que se observa en los individuos durante el mes de enero, puede estar asociada a mejores condiciones ambientales, principalmente, mayor oferta alimentaria.

Cabe destacar que los valores de **FC** obtenidos durante los dos cruceros realizados el 2011, mantienen valores que están por debajo de los valores históricos registrados para la pesquería, principalmente en el período comprendido entre los años 1979 y 1996.

En ambos cruceros se observó una fuerte presencia de individuos reclutas, los cuales predominaron en toda la zona de estudio, situación que se ve reforzada por el predominio del estado de madurez 2 y 1, y que también se observó durante los cruceros realizados en el 2010. Sin embargo, durante mayo, se tuvo presencia de individuos con mayor grado de madurez, principalmente en estados de madurez 3 y



4. Lo anterior, es un claro indicio del estado de reposo reproductivo en el cual se encuentra esta especie durante los períodos de estudio.

- **Anchoveta**

Los IGS de anchoveta en los cruceros realizados en enero y mayo de 2011 fueron 5,9% y 3,1%, respectivamente, valores que fueron ampliamente superiores a los registrados en iguales períodos del 2010. Además, estos valores son los más altos obtenidos desde el año 2004 a la fecha, sin embargo, estos se mantienen por debajo de los IGS registrados entre 2001 y 2003. No obstante los IGS registrados durante los cruceros de 2011, son los más altos desde el 2004, aún se encuentran dentro del rango histórico. Desde el punto de vista biológico, estos IGS dan cuenta de la preparación de esta especie para un evento reproductivo próximo, diferenciándose de lo observado en el 2010 donde el estado de reposo reproductivo era evidente.

Respecto de la condición biológica de los individuos, determinada por medio del factor de condición (**FC**), muestra que los valores estimados para los cruceros de enero (0,6) y mayo (0,7) de 2011 fueron similares a los obtenidos en igual período de 2010, encontrándose dentro del rango histórico disponible desde el 2001. Los **FC** a la talla para ambos cruceros, muestra un aumento a medida que se incrementa la talla de los individuos, destacándose que el **FC** obtenidos en el crucero de enero son superiores a los de mayo en todo el rango de tallas. Similar a lo observado en sardina común, la mejor condición en verano puede ser atribuida a una mayor disponibilidad de oferta alimentaria.

Es preciso destacar que los valores de **FC** de los cruceros efectuados el 2011, son inferiores a los valores históricos registrados para la pesquería, en particular, en el período comprendido entre los años 1979 y 1996.



En ambos cruceros, la presencia de individuos reclutas fue inferior al 50% situación que también se presentó en igual período de 2010. Por otro lado, y a pesar de una proporción mayor de individuos adultos, en ambos cruceros se tuvo predominio de los estados de madurez 1 y 2, con presencia de gónadas en estado de madurez 3 y 4, principalmente en individuos capturados en mayo. Esta situación es similar a lo que se observa en sardina común, ya que es indicativa del estado de reposo reproductivo durante el período de estudio.

3. Análisis histórico de las estimaciones de biomاسas y abundancias por especie

3.1 Sardina común

La serie histórica de la abundancia total de sardina común en la zona centro-sur estimada mediante hidroacústica a partir del año 2000, muestra claramente tres periodos: entre el 2000 y 2002, caracterizado por valores estables en niveles medio-alto fluctuando entre 150 y 180 mil millones de ejemplares; entre 2003-2005 donde se verifica una reducción de las abundancias, fluctuando entre 42,7 y 72 mil millones de ejemplares y a partir del 2006, caracterizado por una tendencia creciente que han variado entre 123 mil millones en 2007 hasta alcanzar el máximo histórico cercano a los 1.100 mil millones de ejemplares evaluados en el verano del 2011 (**Fig. 143**). Esta tendencia positiva también se verifica en los periodos otoñales desde el 2007, aunque en escalas de magnitud menor, variando desde 20,3 mil millones en 2007 hasta 227,4 mil millones en el otoño del 2011

La abundancia obtenida en el verano (1.098.388,1 millones de ejemplares), constituye el valor más alto de la serie, con un incremento del 10,6% respecto al



mismo periodo del 2010 y 70,6% en relación al 2009 (**Fig. 143**). El valor obtenido en el otoño (227,4 mil millones), junto al registrado en la misma época del 2010 (299,6 mil millones de ejemplares), son los valores más alto de la serie estacional representando al igual que en otros cruceros similares una reducción respecto al verano inmediatamente anterior, reducción que frecuentemente es cercana al 80% y que se repite en el presente caso.

La fracción juvenil es una componente mayoritaria de la abundancia total de sardina común, superando el 80% del total en la mayoría de los casos, con las únicas excepciones en los veranos del 2003 (62,6%); 2005 (56,9%) y 2007 (26,7%) en que se registraron menores reclutamientos. Por esta razón la abundancia de reclutas ha seguido una tendencia positiva similar al total a partir del verano del 2005, con algunas variaciones. Dado lo anterior, la componente juvenil de sardina común (<11,5 cm.) evaluado en el verano del 2011, representa incrementos de 72% y 59,6% respecto a la misma temporada del 2009 y 2008, siendo solamente un incremento del 13,5% en relación al 2010. De igual manera, la estimación del otoño del 2011 es similar a la obtenida en el 2010 y representa un incremento de 64,1% respecto al 2009.

Estos resultados indican que aún cuando en el otoño hay un menor aporte de juveniles y que el reclutamiento de sardina es más masivo en el verano, desde el 2010 se ha registrado una extensión temporal del reclutamiento hacia periodos estivales, sugiriendo un exitoso reclutamiento de esta especie a la pesquería (**Fig. 143**). Junto a lo anterior, en estos dos últimos años se ha verificado una reducción de la fracción adulta que era más relevante al sur de la isla Mocha, aumentando aún más la importancia relativa de la fracción juvenil.

Por su parte la serie histórica de la biomasa total de sardina común muestra tres periodos: entre el 2000 y 2005, con valores que variaron entre 264 mil y 844 mil



toneladas, en este lapso se aprecia que el menor aporte en número de individuos registrado entre el 2003 y 2005, no se reflejó en un comportamiento similar en la biomasa, hecho que se explica en ejemplares de mayor talla y peso y en consecuencia un menor aporte al reclutamiento. El segundo periodo se registró a partir del otoño del 2005 (PELACES 0503), con un importante aumento en la biomasa, variando entre 2,1 y un máximo histórico de 4,8 millones de toneladas el 2006; una brusca caída el 2009 y un nuevo periodo de crecimiento el 2010 y verano del 2011, que alcanzó a 3,2 millones de t (**Fig. 143**).

La biomasa de sardina común en el verano del 2011 (3,2 millones de t) es uno de los más altos de la serie, sólo superado por el máximo histórico del 2008 (4.813.144 t) (**Fig. 143**), del mismo modo la estimación de otoño (1,4 millones de t) también se encuentra entre los más altos de la serie completa, siendo superado por el 2010 (2,19 millones de t) (-58,4%) y con un incremento del 28,2% respecto al otoño del 2009.

3.2 Anchoqueta

La serie histórica de la abundancia total de anchoqueta en los veranos, muestra un periodo de crecimiento entre el 2000 y 2001, fluctuando entre 60 y 96 mil millones, una estabilización entre el 2002 y 2006 con variaciones entre 91,6 y 100,8 mil millones, con la excepción del 2003 que presenta una reducción a 46,4 mil millones y finalmente una tendencia negativa a partir del 2006 (**Fig. 144**) que se acentuó en 2010 y 2011, variando entre 100,4 mil millones de ejemplares (2006) a un mínimo histórico de 2,7 mil millones el 2011.

La abundancia de anchoqueta registrada en el verano (2.745,2 millones de ejemplares) es el valor más bajo de la serie, continuando con la tendencia negativa



registrada a partir del 2006. En el otoño se repite la tendencia a aumentar la abundancia respecto al verano precedente, con una clara estacionalidad, registrándose las mayores estimaciones en esta estación. No obstante en el 2011 se mantiene la estacionalidad, las magnitudes son inferiores a años previos (18,1 mil millones de ejemplares) por lo que también constituye el valor más bajo de la serie de los otoños, representando mermas de 18,5% y 83,1% respecto a la misma época del 2010 (22.258,3 millones) y 2009 (107.524,8 millones de ejemplares).

En términos generales la fracción reclutas muestra una tendencia similar a la abundancia total, con máximos el 2001; 2005-2006 y una tendencia negativa a partir del máximo del verano del 2006. En la fracción juvenil (<12 cm.) también se aprecia que la tendencia negativa se mantiene en los dos cruceros realizados el 2011 aunque en el otoño se verificó un incremento respecto al verano de más del 70%. **(Fig. 144).**

La biomasa total de anchoveta, muestra un crecimiento en el periodo 2001-2002, hasta alcanzar el máximo cercano a 1,5 millones de t el 2002; una brusca caída el 2003; un segundo valor histórico el 2004 (1,3 millones de t) y a partir de allí una leve tendencia negativa hasta el 2006, con una aparente estabilización entre el 2007 y 2008 con valores entre 0,785 y 1,0 millones de t. En este caso también se hace evidente la estacionalidad en el otoño del periodo 2006-2011 con biomazas que fueron aumentando desde el otoño del 2003 (250 mil t) hasta el máximo histórico de 2,0 millones de t en el otoño del 2006, manteniéndose entre 1,5 millones de t el 2007 y 1,9 millones de t el 2009 y de allí una tendencia negativa hasta el mínimo histórico de los otoños registrado el 2011 (248.664 t)

La biomasa de anchoveta en el verano del 2011 (25.796 t) constituye uno de los valores más bajos de la serie histórica, encontrándose dentro de la tendencia negativa



iniciada en el 2006, aunque representa un repunte de 32% al verano del 2010 (17.550 t). En el otoño (248.664 t) se verifica un aumento superior a 8 veces respecto al verano del 2011, pero representa una reducción de 20,1% respecto al mismo periodo del 2010 siendo inmensamente a los 1,9 millones de t del otoño del 2009.

La misma tendencia negativa y la estacionalidad en los otoños observada en la biomasa total respecto a los años anteriores, se verifica en la fracción reclutas con reducciones superiores a 5 veces manteniéndose la condición deprimida del reclutamiento de esta especie observado desde 2007.

3.3 Biomasa y Abundancia global de Sardina común y Anchoveta

En el verano del 2011 la biomasa total de anchoveta y sardina común alcanzó a 3.272.444 t, con el 99,2% para sardina y solo un 0,8% de anchoveta, este valor es el segundo más alto después del histórico máximo del 2008 (5,85 millones de t) y supera al 2006 (2,96 millones) y 2007 (3,03 millones). El presente resultado ratifica el incremento del dominio de la sardina común en el ecosistema pelágico de la zona centro sur de Chile y la paulatina reducción del aporte de la anchoveta, esta tendencia fue notable desde el verano 2006, modificando la repartición en partes relativamente similares que se había presentado en los años anteriores hasta 1999 (**Fig. 145**).

De igual modo la abundancia sumada de sardina común y anchoveta 1.101.133,23 millones de ejemplares con el 99,8% para sardina y sólo el 0,2% para anchoveta, claramente corresponde al mayor de toda la serie disponible. Este dominio de la sardina, es aparentemente una condición bastante permanente en la zona centro-sur, puesto que ya era notable antes del 2003 y la anchoveta fue mayoritaria solamente en los veranos del 2003 a 2006.



En el otoño del 2011, la biomasa sumada de anchoveta y sardina común (1.663.339 t), con el 85,1% para sardina y 14,9% de anchoveta, se encuentra dentro de una tendencia negativa registrada a partir del 2009, debido fundamentalmente al menor aporte de la anchoveta y a la reducción en otoño de la sardina debido a la estacionalidad. Este valor representa una reducción del 33% y 42% respecto a 2010 (2.482.950 t) y 2009 (2.866.282 t), siendo comparable al 2008 (1.735.946 t). La abundancia sumada de sardina común y anchoveta en el otoño alcanzó a 245.552,36 millones de ejemplares con el 92,6% para sardina y 7,4% para anchoveta, representando una merma del 77,7% y 23,7% respecto al verano 2011 y otoño del 2010 (321.886,6 millones de ejemplares) y incrementándose en 18,6% respecto a la misma estación del 2009 (207.089 millones de ejemplares). La interpretación de estos resultados en el otoño, debe considerar el crecimiento somático registrado en ambas especies respecto a las tallas observadas en el verano, el efecto removedor de la pesca y el aporte de un nuevo contingente de reclutas, que se ha hecho notable en sardina en 2010 y 2011.

Es interesante notar que la estacionalidad favorable a la anchoveta en el otoño, se manifestó claramente en el periodo 2005-2009 (**Fig. 145**), llegando a un máximo del 85% en número y peso, aunque los órdenes de magnitud de las estimaciones de esta especie han sido bastante inferiores a la sardina. Evidentemente que esta situación se debe a una condición ambiental favorable para el desove y reclutamiento de la sardina e inversa para la anchoveta.

En general los valores de biomasa y abundancia sumados de ambas especies en veranos otoños presentan tendencias positivas para la abundancia en número y biomasa en peso ya sea individualmente para los veranos y otoños como en conjunto, aunque la pendiente de dicha tendencia es más acentuada en los veranos debido a los importantes incrementos de la sardina en los últimos dos años. Esta



tendencia positiva se explica claramente por el aumento notable de la sardina que compensa con creces y neutraliza la reducción de anchoveta, afianzando el dominio de esta especie en el sistema pelágico de la zona centro-sur. Sin embargo es necesario poner especial atención a la modificación en las estructuras de tallas de esta especie, puesto que a partir de 2010 se ha verificado una homogenización en las tallas en toda la zona de estudio, ausentándose los ejemplares adultos especialmente en la IX-XIV Regiones en verano, sector que tiene especial importancia debido a que allí se verifica principalmente el desove de ambas especies.

3.4. Selectividad en las tallas y en la composición de especies capturadas en las pescas de investigación y sus efectos en las estimaciones de biomasa.

Es importante mencionar la importancia de disponer un arte de pesca no selectivo y que sea adecuado para capturar las especies objetivo para obtener la proporción de especies correcta y que se aplicará en la asignación en los estimados de biomasa específicos. En este caso, la red de arrastre a media agua del Abate Molina ha demostrado su efectividad en la pesca de ejemplares de pequeño tamaño y que se ha comparado con las pescas de cerco. Esta red opera en sectores muy cercanos a la superficie, permitiendo el muestreo de las especies en estudio, junto a lo anterior la información utilizada se complementa con las lanchas artesanales que participan en el estudio del sesgo de orilla.

Específicamente, en el caso del crucero de enero del 2011, la sardina común se registró en el 67,5 % de los lances realizados por el Abate Molina (27 lances) y la anchoveta en el 7,5% (3 lances), en el mismo crucero las lanchas participantes en el



estudio del sesgo de orilla registraron sardina en el 100% (8) y anchoveta en 12,5% de los lances (1), en total, 72,9% fue para sardina común y el 8,3% para anchoveta. Esta proporción se registró de manera similar en las biomásas, puesto que el 99,8% correspondió a sardina común y sólo el 0,2% a anchoveta. En este caso el aporte de la anchoveta en la franja costera fue mínima y coherente con el bajo aporte de esta especie en los lances de las lanchas.

Durante el otoño, la anchoveta aumentó su frecuencia de aparición en los lances de pesca (16) (44,4%), mientras que la sardina se redujo a 13 (36,1%), aunque en este caso hubieron mas lances con presencia de ambas especies, esta reducción en la presencia de la sardina en las capturas en el otoño es esperable dada la estacionalidad de la anchoveta. La mayor presencia de anchoveta se registró en el Abate Molina, mientras que en la zona de la orilla muestreada con las lanchas artesanales, se mantiene el dominio de la sardina, que estuvo presente en el 100% de los lances, con un 33,3% de la anchoveta, aunque su presencia fue en valores extremadamente bajos. Lo anterior es coherente con el aumento relativo de la anchoveta en la biomasa (14,9%) respecto a la sardina (85,1 %) aunque esta última especie sigue siendo mayoritaria. Al respecto es importante mencionar que al igual que el 2010, la corrección por sesgo de orilla de anchoveta fue prácticamente nulo, debido a que esta especie se detectó en la zona más "oceánica" (Abate Molina).

La menor presencia de la anchoveta en los lances de pesca de investigación realizadas en los dos cruceros realizados y que se reflejan en las proporciones de las estimaciones de biomasa, son coherentes con los aportes relativos de las especies en las capturas de la flota. Es así como para el mes de mayo del 2011 la proporción de la sardina común en la captura alcanzó a 83%, aumentando entre 35,7% el 2009 a 71,6% en 2010, debido a la reducción de la anchoveta. En este sentido la proporción de sardina común en las capturas ha sido históricamente máxima entre



septiembre y marzo, con valores superiores al 81% en los años 2010 y 2011, mientras que la anchoveta ha registrado sus máximos relativos entre abril y julio (**Fig. 146**).

También se debe tener en consideración que las tallas de las especies usados en la estructuración de las biomazas a la talla utilizan los valores muestreados sin ponderar a las capturas, por lo que se evita dar mayor preponderancia a las capturas de cerco que son siempre superiores que el arrastre a media agua y que eventualmente pudieran alterar la separación por especies o incrementar la importancia de tallas provenientes de las pescas con dicho arte.

Por otro lado la alta dominancia de la sardina, especialmente en las pescas realizadas por las lanchas artesanales, se debe fundamentalmente a la distribución costera de esta especie, situación que es notable en la importancia del estimado de biomasa correspondiente al sesgo de orilla. En contrario, la anchoveta, que presenta una distribución espacial más oceánica, aumentó su dominancia en otoño en los lances del Abate Molina.

4. Relaciones entre la distribución de anchoveta y sardina común y las variables bio-oceanográficas

4.1 Análisis mediante SIG

El índice $V(Cramer)$ es el más utilizado para analizar la asociación espacial entre las variables, siendo el más adecuado cuando se desea evaluar la relación entre dos variables cualitativas nominales. La asociación perfecta se logrará cuando el valor alcanza a 1 y la inexistencia de asociación ocurre con un índice igual a 0. El índice



será mayor cuando el recurso presente una alta cobertura espacial cubriendo un amplio rango de la variable ambiental. Este sería el caso de la sardina en enero 2011 que mostró correlaciones más altas ($V(Cramer) > 0,30$) debido a su mayor extensión espacial y a su dispersión en un amplio rango de las variables ambientales. Específicamente, la clorofila alcanzó un índice $V(Cramer)$ de 0,38. A la inversa, la distribución de anchoveta presentó asociaciones más bajas y poco significativas ($V(Cramer) < 0,20$) debido a la escasa extensión territorial de la especie y a lo estrecho de sus rangos de las variables ambientales.

Los recursos pelágicos presentan variaciones espaciales intra e interanuales, las cuales se relacionan con procesos biológicos y fluctuaciones del medio ambiente, en especial durante eventos “El Niño” (Yañez *et al.*, 2001). En el caso particular de la pesquería de la zona centro sur de Chile, aún no se ha determinado claramente la vinculación entre la variabilidad del ambiente y las fluctuaciones de los recursos. Sin embargo, (Yañez *et al.*, 2005) señalan que los forzamientos físicos afectan los ecosistemas marinos y mencionan que las variables oceanográficas más importante serían temperatura, la profundidad de la capa de mezcla (PCM), la profundidad de la termoclina y la intensidad de la surgencia (IS). En este sentido, la sardina mostró una significativa y directa relación entre su IOC y la temperatura y el IS (del invierno anterior al reclutamiento) (**Fig. 104**). Se menciona que el IS tiene un rezago de 6 meses respecto al crucero de reclutamiento ya que las correlaciones entre variables físicas y los recursos pueden ser sensibles a la sincronización estacional del forzante físico.

Es importante señalar el rol que juega el índice de surgencia (IS) del período de invierno anterior al reclutamiento que indica que es muy favorable a la sardina en una relación significativa y directa es decir a mayor IS mayor cobertura de la sardina. La especie mostró dos situaciones relativamente claras: una distribución espacial más



restringida entre 1999-2005 y un drástico incremento posterior del IOC, de la misma manera se observó que el IS presentó una tendencia creciente desde el año 2005 en adelante. Considerando lo anterior se ajustó un modelo lineal entre el IOC de sardina y el IS lo que dio cuenta de una significativa y directa relación entre las variables ($r^2=0,25$) (**Fig. 105**). Al contrario, en el caso de la anchoveta no hay una relación clara entre el IOC y el IS debido a que la serie histórica del IOC muestra una tendencia negativa a partir del 2006-2007 (**Fig. 105**). Por lo anterior, se deduce que el incremento de la surgencia es muy beneficioso para la especie y crearía un hábitat desfavorable para la anchoveta, lo que coincide con (Yañez *et al.*, 2005) quienes, para la zona norte, describen que el reclutamiento de anchoveta y el índice de turbulencia presentan una buena correlación negativa, debido a la advección de huevos y larvas lejos de la costa, y por ende de la mortalidad natural.

También es importante destacar el desplazamiento de los CG de sardina hacia el sur en los años que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del fenómeno de “El Niño”, esto ya ha sido descrito por otros autores por ejemplo Yañez *et al.*, (1993) al analizar la distribución de anchoveta y sardina en la zona norte también mencionan un desplazamiento de las especies hacia el sur cuando la zona se ve influenciada por el evento ENOS.

4.2 Modelamiento mediante GAM

La distribución de sardina común en verano tiende a ser más extensa en la costa, mientras que en otoño se aprecia una contracción longitudinal. En forma inversa, la anchoveta ocupó un mayor espacio en el otoño y tuvo una escasa presencia en el verano. En el sentido vertical los registros acústicos se profundizan en el otoño en comparación a la distribución mas superficial que se reporta en verano.



Las variables oceanográficas asociadas a la presencia de anchoveta y sardina común en los dos cruceros mostraron una tendencia fluctuante en sus magnitudes la que responde principalmente a variaciones estacionales. En este sentido la zona al sur de pta Morguilla (38°S), si bien entre períodos se distinguen diferencias en la temperatura, salinidad y densidad se destaca principalmente por presentar las magnitudes mas bajas en estas variables respecto al área total. Esto sugiere el aporte de flujos de agua con propiedades distintas provenientes de desembocadura de ríos, por lo tanto la distribución costera de anchoveta y sardina común coincide con sectores con aportes de agua dulce. De acuerdo al modelamiento en los periodos evaluados bajas salinidades y temperaturas influyen negativamente sobre la densidad de sardina común, mientras que en anchoveta las bajas temperaturas tienen un efecto positivo sobre su densidad y las bajas salinidades un efecto negativo. Por otra parte, los bajos gradientes térmicos y salinos están asociados a incrementos en las densidades de los recursos, por lo que el aumento de los gradientes disminuye la presencia de anchoveta y sardina común.

La componente espacial tiene un rol importante en los ajustes con sardina común situación que ha marcado una tendencia en cruceros anteriores, no obstante en el presente estudio el ajuste con anchoveta si bien mantiene el aporte significativo de las variables espaciales, profundidad media y distancia de costa, se suma a estas en igual importancia los gradientes de salinidad, variable que en el crucero RECLAS 1005 también aportó sustancialmente a la variabilidad total de anchoveta en el otoño.

El resto de las variables ajustadas con sardina común dan cuenta de un aporte marginal el que no supera el 1%, en cambio en anchoveta no se registran estos aportes marginales siendo el menor aporte individual de un 1,5%. El total de variables ajustadas con anchoveta explican el 24,1%, mientras que en sardina común explican en verano el 22% y el 17,2% en invierno. Básicamente esto



aclara que el mayor porcentaje de variabilidad explicado en los modelos no se relaciona con el número de variables, sino con el aporte individual de ellas. Por otro lado, el total de devianza explicada para anchoveta fue mayor en el crucero RECLAS 1105 en comparación al 16% obtenido en el crucero RECLAS 1005, a diferencia de los ajustes con sardina común que reportaron menor explicación de la devianza en los presentes cruceros respecto del año 2010, lo que se refleja principalmente en el periodo de invierno con la variable latitud que el crucero RECLAS 1005 acoge la mayor proporción de variabilidad de sardina común.

5. Análisis interanual de los descriptores de las agregaciones de anchoveta y sardina común

A fin de comparar los valores promedio obtenidos este año con los de años anteriores, se debió juntar ambas especies en períodos diurnos y nocturnos, ya que los años precedentes se trataban ambas especies como un total.

Los valores promedios de los descriptores en ambiente diurno y nocturno para la serie 2002-2011 se presentan en la **Tabla 156**.

En general y analizando en base al promedio histórico (2002-2010) de los descriptores utilizados en la caracterización de agregaciones, se aprecia en el caso diurno una estabilización en los valores del largo, alto, elongación perímetro y área, manteniendo los promedios en los valores de la serie histórica. Se aprecia una leve disminución en la profundidad promedio de las agregaciones, así como en los fondos en que se distribuyen. La variable energética s_A presentó un fuerte aumento este año respecto al promedio



histórico, así como una leve alza en la densidad acústica de las agregaciones. El número de detecciones también estuvo sobre la media de la serie 2002-2010.

En el caso nocturno, y en base al promedio histórico de la serie 2002-2010, se observa una disminución en el largo promedio de las agregaciones, asociado a menores valores de área y perímetro, reflejando agregaciones de menor tamaño respecto a la serie, lo que debiera estar asociado al menor valor promedio observado de energía retodispersada este año respecto a los anteriores. Lo anterior podría compensarse debido al mayor número de agregaciones que se detectaron este año, sobre la media histórica.

A fin de apreciar la variación en la densidad de las agregaciones, se determinó un umbral de densidad en base al promedio de el número de agregaciones y sus respectivas densidades de los años 2002 al 2011, correspondiendo al valor de densidad en que la curva de frecuencia comienza a ser asintótica o al comienzo de la “cola larga”, este valor correspondió a $45 \text{ s}_A/\text{m}^2$ (**Fig. 147**). Cardúmenes o agregaciones sobre este valor corresponderían a agregaciones “ricas” en densidad y de gran aporte al valor de biomasa total.

El resumen del número de agregaciones y el porcentaje de éstas con niveles de densidad sobre $45 \text{ sa}/\text{m}^2$ se observa en la **Tabla 157**. En ella se aprecia que el porcentaje de agregaciones que sobrepasa el umbral el año 2011 (8,7%) es superior a los años 2009 (1,2%) y 2010 (5,6), superando además el promedio de la serie 2002-2010 (7,1%). Los años máximos de la serie fueron el 2002, 2004 y 2008 con un 12,6%, 12% y 11,2% de agregaciones sobre el umbral, respectivamente.



IX. CONCLUSIONES

1. La abundancia sumada de sardina común y anchoveta alcanzó un máximo histórico en el verano del 2011 (1.101.133,23 millones de ejemplares), con el 99,8% para sardina y 0,2% para anchoveta. El valor de otoño del 2011 también constituyó, junto al obtenido en el 2010, uno de los más altos de la serie para dicha estación con 245.552,36 millones de ejemplares, modificándose levemente el aporte de sardina (92,6%) y de anchoveta (7,4%).
2. La biomasa total de anchoveta y sardina común en el verano y otoño del 2011 alcanzó a 3.272.444 t y 1.663.339 t, respectivamente, encontrándose dentro de los cuatro más alto de la serie. Se ratifica el incremento del dominio de la sardina común en el ecosistema pelágico de la zona centro sur de Chile y la paulatina reducción del aporte de la anchoveta, esta tendencia fue notable desde el verano 2006, modificando la repartición en partes relativamente similares que se había presentado en los años anteriores.
3. La abundancia total de sardina común, incluyendo la franja costera de la IX-XIV Regiones no cubierta por el B/C Abate Molina, varió en el verano del 2011 entre 1.088 y 1.216 mil millones de ejemplares, según el método utilizado, de los cuales el 99,7% fueron reclutas, mientras que en el otoño fluctuó entre 218.279 y 227.640 millones de ejemplares, según el método utilizado, de los cuales el 97,4% correspondieron a reclutas. Este valor constituye el valor más alto de la serie, con un incremento del 10,6% respecto al mismo periodo del 2010 y 70,6% en relación al 2009.



4. En el verano del 2011 el 69,5% de la abundancia de sardina común se concentró entre el límite norte de la zona de estudio y la isla Mocha (Regiones V a VIII). En el otoño, esta distribución espacial fue 84,3% favorable al sector al sur de isla Mocha.

5. La biomasa total de sardina en el verano del 2011 varió entre 3.216.857 t y 3.594.644 t según el método utilizado. El 98,7% de esta biomasa correspondió a reclutas el 69,5% de esta biomasa (2.255.014 t) se ubicó al norte de isla Mocha (V-VIII Región) y el 30,2% en la IX-XIV Región (981.228 t), hacia el sur (X Región) se evaluó el 0,9% del total (10.404 t) circunscrito a las cercanías de Maullín. En el otoño, este valor fluctuó entre 1.357.884 y 1.416.034 t., con el 94,3% de reclutas. El 84,3% de la biomasa se ubicó al sur de isla Mocha y el 13,7% del total correspondió al sesgo de orilla.

6. Las abundancias de sardina común indican que aún cuando en el otoño hay un menor aporte de juveniles y que el máximo del reclutamiento ocurre en el verano, desde el 2010 se ha registrado una extensión temporal de esta componente hacia periodos estivales, indicando la incorporación exitosa de un nuevo contingente de juveniles a la pesquería

7. La abundancia de anchoveta en el verano del 2011 varió entre 1.954,1 y 2.749,83 millones de ejemplares, según el método utilizado, con el 73,1% de reclutas (< 12 cm), mientras que en el otoño fluctuó entre 17.788,3 y 18.144,4 millones de ejemplares 38,3% correspondientes a reclutas. En el verano, el 86,7% de la abundancia total de anchoveta y el 87,7% de los reclutas se concentraron hacia el norte de isla Mocha (Regiones V-VIII). Hacia el sur de isla Mocha (Regiones IX-XIV) se estimó sólo el 13,3% de la abundancia total. Resultado que coincide con años anteriores en que



típicamente la mayor abundancia de anchoveta en verano se concentra hacia el norte de isla Mocha. En el otoño el 92,2% de la abundancia total de anchoveta y el 96,6% de los reclutas se registraron al norte de isla Mocha.+

- 8.** La biomasa de anchoveta en el verano del 2011 varió entre 18.216 y 25.864 t, según el método aplicado con una clara concentración hacia el norte de la isla Mocha donde se registró el 85,9. En el otoño la biomasa de anchoveta, varió entre 244.977 t y 248.664 t con el 90,8% al norte de isla Mocha. En ambos casos el aporte de la franja costera en la IX-XIV Regiones no cubierta por el Abate Molina fue mínima, alcanzando sólo al 0,3% en el verano y menor a 0,1% en el otoño.
- 9.** En los dos periodos de 2011 la sardina presentó una estructura de tallas homogénea centradas en 6,5 cm. en verano y 9 cm en otoño, sugiriendo un crecimiento somático de la especie. La anchoveta en los dos periodos tuvo una estructura multimodal, centrada en 8,5 y 16,5 cm. en verano y 11,5-14,5 cm. en otoño.
- 10.** En verano del 2011 la estructura de edad de anchoveta se concentró en GE I (77,7%), con aportes menores de GE II (18,8%) y GE III (3,3%). En otoño, el GE I aumentó su importancia relativa (85,2 %); mientras que los GE II (13,6 %) y GE III (0,40 %.) redujeron sus aportes en relación al verano anterior.
- 11.** La sardina común, en ambos periodos se concentró en el GE 0 con 98,9% en verano y 98,73% en otoño. El importante aporte del GE 0 en los dos cruceros, sugieren un buen reclutamiento para el 2011 y una extensión temporal del proceso de esta especie.hacia el otoño.



12. Del análisis integrado de los coeficientes $V(Cramer)$ se señala que en el crucero de enero 2011 la sardina mostró correlaciones altas y significativas (índices $V(Cramer) > 0,30$), específicamente, la clorofila alcanzó un índice $V(Cramer)$ de 0,38. A la inversa, la anchoveta presentó asociaciones bajas y poco significativas (índices $V(Cramer) < 0,20$).
13. El IOC de sardina y se ajustó a un modelo funcional lineal con el Índice de Surgencia. Por ello se deduce que el incremento de la surgencia es muy beneficioso para la sardina y crearía un hábitat desfavorable para la anchoveta.
14. Los modelos ajustados entre las densidades acústicas y las variables bio-oceanográficas-espaciales explicaron en sardina común el 22% y el 17,2% de la variabilidad en verano y otoño, respectivamente. Las variables profundidad media en verano y latitud en otoño aportaron sobre el 50% del total explicado en los ajustes. En anchoveta sólo se ajustó el modelo en otoño con un 24,1% de explicación de la devianza. En verano su escasa presencia impidió ajustar el modelo. La profundidad media de las agregaciones, gradientes salinos y la distancia a la costa, explicaron el 72% de la variabilidad total del modelo ajustado.
15. Las profundidades promedio de las agregaciones de sardina común durante el día en ambos cruceros fueron levemente mayores que las de anchoveta.
16. La profundidad promedio del fondo en el día y en la noche fue mayor para anchoveta que para sardina, lo que sugiere una mayor distancia a la costa de la anchoveta. En la noche esta diferencia se reduce, indicando una aproximación a la costa de ambas especies.



17. Las agregaciones de sardina durante el día estuvieron más ligadas al fondo del mar que anchoveta, mientras que en la noche se mezclan en estratos más superficiales.
18. Largo promedio diurno se mantuvo en niveles históricos observados en la serie 2002-2009, excepto 2007, mientras que en ambiente nocturno se observa un leve repunte respecto a la serie disponible, sin llegar a los máximos de 2004 y 2006.
19. Los valores de energía retrodispersada (s_A) en ambos cruceros y periodos del día (día-noche) fueron bastante mayores para sardina respecto a anchoveta.
20. Las dos especies presentaron agregaciones de mayor tamaño en la noche que durante el día, con mayores valores de perímetro y área. Los descriptores de energía dispersada estandarizada por el área muestra que en ambos cruceros y en ambas especies el valor diurno es mayor que en el nocturno.
21. El alto promedio de los cardúmenes de anchoveta en el día en verano fue de 4,7 m comparable a los 4,2 del otoño, con una notable reducción en la noche a 1,8 m en verano y 3,0 m en otoño. La sardina en el día registró 4,5 m en verano y 4,0 m en otoño, con pequeños cambios en la noche con 3,8 m en verano y 4,7 m en otoño. ambos periodos (4 m) de las agregaciones disminuyó respecto al año pasado, pero se encuentra dentro de los valores históricos, mientras que los valores de elongación diurno aumentaron considerablemente (90) respecto a los años anteriores (7), mientras que en ambiente nocturno se refleja una baja aún de mayor magnitud dada la disminución en el largo y el aumento en el alto de las agregaciones.



- 22.** La proporción sexual de sardina muestra una relación casi uno a uno, con un leve predominio de los machos en enero, y de las hembras en mayo. Los estados de madurez sexual de sardina en ambos cruceros, están claramente dominados por el estado 2, con escasa presencia de individuos con estados más avanzados de madurez. Lo anterior, junto con los valores obtenidos en el IGS da cuenta del estado de reposo reproductivo de la especie en los dos cruceros. En anchoveta en los dos cruceros las hembras dominaron levemente, predominando el EMS 2, aunque durante mayo se observó la presencia de estados de madurez sexual más avanzados, principalmente, EMS 3 y 4. Esta situación en conjunto con los IGS, ponen en evidencia el estado de reposo reproductivo de esta especie.
- 23.** La composición taxonómica del fitoplancton reportó un total de 55 taxa, de los cuales 41 correspondieron a Bacylarophyceae (diatomeas), 11 a Dinophyceae (dinoflagelados), dos especies correspondiente grupo de las Cyanobacteria y una especie perteneciente a las Chlorophyceae. Las diatomeas fueron el grupo dominante en el fitoplancton local, constatando 4 taxa con abundancias relativas sobre el 1%. Las especies del género *Chaetoceros* evidenciaron la mayor abundancia relativa con una contribución del 60,4% respecto del total de diatomeas contabilizadas. Con abundancias relativas menores destacaron *Skeletonema* (16,5%), *Thalassiosira* (14,6%), y *Nitzschia* (4,6%), especies que se han establecido como las numéricamente dominantes en los cruceros anteriores para la misma área y período de estudio.
- 24.** Las especies correspondientes al género *Chaetoceros* evidenciaron densidades más altas asociadas a la Terraza del Itata y el golfo de Arauco (entre los 36° y los 37°10'S), con el predominio de estaciones negativas o de densidades bajas al norte y sur del área evaluada. En tanto, *Skeletonema* evidenció una distribución antagónica a *Chaetoceros*, con presencia de



densidades comparativamente más altas en la región norte (entre 34° y 35°50'S) y al sur de la isla Mocha (entre 38°20' y 39°40'S), y densidades muy bajas en la Terraza del Itata y golfo de Arauco. *Thalassiosira* muestra ausencia de estaciones positivas al norte de los 35°S y una distribución costera y casi continua de densidades bajas hacia el sur.

25. La comparación histórica de las densidades promedios (período 2003-2011) reveló: a) las densidades promedio de *Chaetoceros* más altas de la serie ensayada, evidenciando la importancia del sector central (Terraza del Itata y golfo de Arauco) en la abundancia del género dominante. Para el caso de *Skeletonema*, el promedio para el área total fue similar al año 2008, menor que el año 2009, y significativamente más bajo comparado con el período 2004-2006, representando el segundo valor más bajo de la serie. *Thalassiosira* reveló densidades mayores a los años 2003, 2005 y 2006, y en el rango de lo reportado para el período 2007-2009, revelando una distribución meridional similar.

26. La composición y abundancia del zooplancton reveló la presencia de de 38 taxa o formas distintas, comprendiendo 19 grupos pertenecientes al holoplancton y 19 grupos o formas discriminadas correspondientes al meroplancton. Se contabilizó solo a 5 grupos zooplanctónicos que evidenciaron una abundancia relativa superior al 1%, dominando claramente el grupo de los copépodos con una abundancia relativa del 86,2%, seguido muy secundariamente por sifonóforos (2,7%), huevos de invertebrados (1,6%), larvas de poliquetos (1,2%) y anfípodos (1,1%). El resto de los taxa identificados presentaron abundancias relativas menores al 1% de los zooplancteres contabilizados.



- 27.** La distribución espacial de taxa considerados como ítemes alimentarios de ambas especies objetivo revelaron: a) una distribución continua de copépodos a lo largo del área de estudio, con abundancias más altas ($> 1000 \text{ ind m}^{-3}$) en la terraza del Itata ($36^{\circ}40'S$) y entre Lebu e isla Mocha ($37^{\circ}40'S$ - $38^{\circ}20'S$); b) gradientes meridionales de densidad planctónica positivos al norte (sifonóforos y larvas de poliquetos); c) gradientes meridionales positivos hacia el sur (larvas caliptopis de eufáusidos) y d) densidades mayores en el sector central del área de estudio, especialmente en el golfo de Arauco y frente a Constitución (huevos de invertebrados, zoeas y larvas cipris).
- 28.** Los grupos zooplanctónicos determinados como ítemes presas más importantes de sardina común y anchoveta para el crucero de Enero de 2002 (ver Castillo *et al.*, 2002), esto es: copépodos, zoeas, huevos de invertebrados, nauplius y larvas cipris, revelaron para el presente crucero (Enero 2011) lo siguiente: a) un incremento significativo de la densidad promedio anual del grupo dominante de los copépodos (abundancia relativa= 86,2%) respecto del año anterior (Enero 2010), no obstante se sigue manteniendo en el rango de densidad reportado para el período 2005-2009; b) todos los otros grupos contrastados (zoeas, nauplius, huevos de invertebrados y cipris) evidenciaron densidades promedio muy bajas respecto de lo informado para los años 2003-2005 en la mayoría de los casos, pero que sin embargo, se han mantenido en el rango de densidades bajas de los últimos 4-5 años, por lo que este resultado no parece ser una particularidad del presente crucero.
- 29.** La información analizada en este informe indica que no existe un efecto de las condiciones presentes en la región intertropical (eventos ENOS), sobre las condiciones oceanográficas (temperatura superficial y distribución de clorofila)



en la zona de estudio (centro-sur de Chile). La TSM (satelital) promedio del mes de enero de 2011 registró anomalías en general neutras a positivas pero menores a $+0,5^{\circ}\text{C}$. En el promedio de la franja costera y oceánica de toda la zona los valores son neutros a negativos pero sin superar los $0,3^{\circ}\text{C}$.

- 30.** Para la zona de estudio y en el periodo 2002 - 2011, los años más cálidos en la serie fueron el 2004 y 2008 y los más fríos el 2007, seguido del 2009 y 2010.
- 31.** La variable clorofila muestra en la serie 2002-2011 una variación anual, con máximos en primavera-verano y mínimos en la estación de invierno. En clorofila, el periodo primavera verano 2010-2011, registró las concentraciones más bajas de la serie desde el año 2002 y no presentó los máximos observados en los años anteriores asociados a la variabilidad estacional.
- 32.** El viento registró menores intensidades y un menor porcentaje de viento favorable a la surgencia respecto de lo observado en los dos cruceros RECLAS anteriores (enero 2009 y enero 2010). La surgencia costera tuvo una menor intensidad, respecto de lo observado anteriormente, en el periodo de estudio. Los focos principales de surgencia se presentaron entre los $39^{\circ}30'$ y $40^{\circ}30'S$ de latitud, en el área de Coronel y en el área de punta Nugurne.
- 33.** Respecto de cruceros pasados y a la serie histórica observada, la menor intensidad de la surgencia resultó en: un menor aporte de agua Ecuatorial Subsuperficial a la capa superficial, una capa superficial más oxigenada, de menor salinidad y mayor TSM, la entrada de agua más oceánica en el borde norte de la zona, una menor concentración de clorofila superficial y en una baja variabilidad en la dinámica geostrofica superficial.



X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, M & S. Soto. 1978. Edad y crecimiento de la sardina común (*Clupea Strangomera bentincki*) en Coquimbo y Talcahuano. Serv. Invest. Pesq., IFOP, Santiago (Chile), 28:1-31.
- Aguilera, A. 2001. Cuadernos de Estadística. Tablas de Contingencia Bidimensionales. Edit La Muralla, Madrid, España. 212 pág.
- Arcos, D.F. 1975. Copépodos calanoídeos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. Gayana (Zoología), N° 32. Universidad de Concepción.
- Arrizaga, A. & C. Veloso. 1982. Estimación de mortalidades (M, F y Z) y del coeficiente de capturabilidad (q) en la sardina común (*Clupea Strangomera bentincki*) de Talcahuano, Chile. Monografías Biológicas (2):39-49.
- Avaria, S. & P. Muñoz. 1983. Composición y biomasa del fitoplancton marino del norte de Chile en mayo de 1981 (Operación Oceanográfica Mar Chile XII-ERFEN III). Cienc. Tecnol. Mar, Valparaíso, 7:109-140.
- Bakun, A. 1996. Patterns in the Ocean: Ocean Processes and Marine Population Dynamics. University of California Sea Grant, San Diego, California, USA, in cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, La Paz, Baja California Sur, Mexico. 323 pp.
- Bakun, A. 1973. Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America, 1946 – 1971. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 671, 103 pp.
- Bakun, A. 1975. Daily and weekly upwellind indices, West Coast of North America, 1967 – 1973. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 693, 113 pp.



- Bakun, A. 1987. Monthly variability in the ocean habitat off Perú as deduced from maritime observations, 1953 to 1984. In: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of changes. D. Pauly & I. Tsukayama (Eds.) ICLARM Studies and Reviews 15: 46-74.
- Bakun A. And R. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru Current System. CalCOFI. Rep., Vol XXIII, 99-112.
- Beers, J.R. 1978. About microzooplankton. *In*: Phytoplankton manual (A. Sournia, ED). UNESCO. pp: 288-296.
- Bertrand, A., Barbieri, M. A., Córdova, J., Hernández, C., Gómez, F., and Leiva, F. 2004. Diel vertical behaviour, predator-prey relationships, and occupation of space by jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1105-1112.
- Bjornberg, T. S.K. 1981. Copepoda. *En*: Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino (D. Boltovskoy, Ed.). Publicación especial de INIDEP, Mar del Plata, Argentina. pp: 587-680.
- BMPEC (Baltic Marine Environment Protection Commission). 1983. Guidelines for the Baltic monitoring programme for the second stage. *Baltic Sea Environment Proceedings – Helsinki*, 12: 280 p.
- Boltovskoy, D. (ed). 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial de INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 936 p.
- Bougies, P. 1974. *Ecologie du plancton marin. II. Le zooplankton*. 200 p.
- Carpenter, J. H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. And Oceanogr.*, 10: 141-143.
- Castillo, J. & M.A. Barbieri. 2001. Alternate dominance in sardine and anchovy biomass in the Chilean central area: Competition or ecosystem dependence?. Report of a GLOBEC-SPACC/IDYLE/ENVIFISH. Workshop on spatial



approach to the dynamics of coastal pelagic resources and their environment in upwelling areas (6-8 Septiembre, 2001; Cape Town, South Africa). Pages: 39-41 (extended abstract).

- Castillo, J., M.A. Barbieri, M. Espejo, V. Catasti. 2002. Evaluación acústica de la biomasa, abundancia, distribución espacial y caracterización de las agregaciones de anchoveta y sardina común en el período del desove. Invierno 2001. En: Informe Final Proyecto Evaluación hidroacústica del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. Fondo de Investigación Pesquera, Proyecto FIP 2001-14. 250 p + Anexos.
- Castillo, J., J., A. Saavedra, P. Gálvez, M. Espejo, M.A: Barbieri, S. Núñez, J. Ortiz, S. Brito, R. Gili, H. Rebolledo y L. Cubillos. 2003. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, 2002. En: Informe Final Proyecto FIP 2002-13. 203 p + Anexos.
- Castillo, J., M. Barbieri. P. Barría, H. Miranda, M. Espejo, A. Saavedra, P. Gálvez, L. Caballero, E. Molina, F. Cerna, A. López, S. Núñez, J. Ortiz, P. Torres y F. Vejar. 2004. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, 2003. En: Informe Final Proyecto FIP 2003-08. 178 p + Anexos.
- Castillo, J., A. Saavedra, J. Córdova, P. Gálvez & M.A: Barbieri. 2005. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur. Año 2004. Fondo de Investigación Pesquera.
- Castillo, J., A. Saavedra, F. Leiva, H. Reyes, M. Pizarro, C. Hernández, F. Cerna, A. López, L. Herrera y G. Claramunt. 2006. Evaluación hidroacústica del recurso anchoveta entre la III y IV Regiones, año 2005. Informe Final FIP 2005-26. Instituto de Fomento Pesquero. (Valparaíso, Chile). 177 pp + Tablas y Figuras.
- Castillo, J., A. Saavedra, J. Córdova, P. Gálvez & M.A: Barbieri. 2007. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur. Año 2007. Fondo de Investigación Pesquera.



- Castillo, J., A. Saavedra, F. Leiva, C. Hernández. C. Lang, H. Reyes, M. Pizarro, E. Molina, F. Cerna, A. López, A. Mujica y E. Uribe. 2008. Evaluación hidroacústica del recurso anchoveta entre la III y IV Regiones, año 2007. Informe Final FIP 2006-07. Instituto de Fomento Pesquero. (Valparaíso, Chile). 191 pp + Tablas y Figuras.
- Castillo, J. A. Saavedra, C. Hernández, V. Catasti, H. Reyes, M. Pizarro, J. Letelier, F. Cerna, A. López, A. Mujica y E. Uribe. 2009. Evaluación hidroacústica reclutamiento anchoveta entre la III y IV Regiones, año 2008. Informe Final. FIP 2007-03.
- Castillo, J., A. Saavedra, F. Leiva, H. Reyes, M. Pizarro, F. Espíndola, C. Lang, V. Catasti, M. San Martín, B. Leiva, F. Cerna, A. López, S. Nuñez y L. Valenzuela. 2010. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre V y X Regiones. Año 2010. Informe Final. FIP 2009-04. 308 pp + Tablas y Figuras.
- Castro, L., R. Quiñones, H. Arancibia, D. Figueroa, R. Roa, M. Sobarzo y M. Retamal. 1997. Informe Final Proyecto Áreas de desove de anchoveta y sardina común en la zona central. Fondo de Investigación Pesquera, Universidad de Concepción. 115 p + Figs + Anexos.
- Conover, 1980. Practical nonparametric statistics. Wiley & Sons (2ª edición). N.Y.
- Conway, D.V.P. 2006. Identification of the copepodites developmental stages of twenty-six North Atlantic copepods. Marine Biological Association. Occasional Publications N°21. 25 p.
- Cressie, N. A. C. (1993). Statistics for spatial data. John Wiley and Son, Inc.
- Cubillos, L. & H. Arancibia. 1993. Análisis de la pesquería de sardina común y anchoveta del área de Talcahuano, situación actual y perspectivas. Doc. Téc. Inst. Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, 2(2), 19 p.
- Cubillos, L. H. Arancibia, R. Alarcón, S. Núñez, G. Valenzuela, L. Vilugrón y D. Arcos. 1994. Evaluación indirecta del stock de sardina común en la VIII Región. Fondo de Investigación Pesquera – Instituto de Investigación Pesquera.



- Cubillos, L., M. Canales, A. Hernández, D. Bucarey, L. Vilugrón y L. Miranda. 1998. Poder de pesca, esfuerzo de pesca y cambios estacionales e interanuales en la abundancia relativa de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el área frente a Talcahuano, Chile (1990-97). *Inves. Marinas (Valparaíso)*, 26:3-14.
- Cubillos, L. y D. Arcos. 2002. Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central-south Chile in the 1990s and the impact of the 1997-1998 El Niño. *Aquatic Living Resources*. 15:87-94.
- Ducet, N., P.Y. Le Traon, & G. Reverdin. 2000. Global high-resolution mapping of ocean circulation from TOPEX/Poseidon and ERs-1 and -2, *J. Geophys. Res.*, 105, 19,477–19,498.
- Eastman, J. R., 2003. IDRISI Kilimanjaro. Guide to GIS and Image Processing. Clark Labs, Clark University. Worcester, Massachussets. 01610. USA. 396 pp.
- Espejo, M. y J. Castillo. 1997. SIMBAD un nuevo enfoque de procesamiento de datos acústicos. En Resúmenes XVII. Congreso de Ciencias del Mar. pp 186-187.
- Fagetti, E. 1962. Catálogo de los copépodos planctónicos chilenos. *Gayana (Zoología)*, 4: 1-60.
- Foote, K., H. Knudsen, G. Vestnes, D. Mac Lennan & J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. ICES Cooperative Research Report 144, Palaegade 2, 1261 Copenhagen K, Denmark.
- Foote, K. 1983. *Journal of the Acoustical Society of America*, Maintaining precision calibrations with optimal cooper spheres.
- Francis R.I.C.C. 1984. Variability in hidroacoustic biomass estimate (comment). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 825-826.
- Griffiths, F. B. G. H. Brown, D.D. Ried & R.R. Parker. 1984. Estimation of sample zooplankton abundance from Folsom splitter sub-samples. *J. Plank. Res.*, 6(5):721-731.



- Guillard, A. 1978. Counting slides. *In*: Phytoplankton manual (A. Sournia, ED). UNESCO. pp: 183-189.
- Guzmán, O., J. Castillo; S. Lillo; P. Pineda; L. Rodríguez & I. Giakoni. 1983. Estudio de recursos pelágicos. Programa Monitoreo de los Recursos Pelágicos. I Prospección zona Arica - Coquimbo (18°30' - 30°00'S). Corporación de Fomento de la Producción (AP 83-82). Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile.
- Hansen, R., W. Madow & W. Huwitz. 1953. Sample survey methods and theory. Volume I and II. Methods and applications: John Wiley and Sons, INC.
- Harris, R.P., P.H. Wiebe, J. Lenz, H.R. Skjodal & M. Huntley. 2000. Zooplankton methodology manual. Academic Press. 684 p.
- Hastie, T. J. & R. Tibshirani, 1990. Generalized Additive Models. London. Chapman and Hall.
- Holden, M. J. y D.F.S. Raitt. 1975. Manual of fisheries science. Part 2. Methods of resource investigations and their application. FAO Fish. Tech. Pap. 115:1-214.
- Hormazabal, S., G. Shaffer and O. Leth, 2004. The Coastal Transition Zone off Chile. *Journal of Geophysical Research*, 109, C01021, doi:10.1029/2003JC001956.
- Jeffrey, S. W., R. F. C. Mantoura y S. W. Wright. 1997. Phytoplankton pigments in oceanography: methods. Monographs on Oceanographic Methodology. SCOR and UNESCO.
- Kramer, K. M., J. Hlain, E.G. Stevens, J.R. Thrailkill & J. Zweifel. 1972. Collecting and processing data on fish eggs larvae in the California Current region. NOAA Tech. Rep. NMFS Circ., 370: 38 p.
- Leth, Ole & John F. Middleton. 2004. A mechanism for enhanced upwelling off central Chile: Eddy advection. *Journal of geophysical research*, Vol. 109, C12020, doi:10.1029/2003JC002129, 2004.



- Lohrenz, S.E., D. Weisenburg, I.P. De Palma, K.S. Jhonson and D.E. Gustafson, Jr. 1988. Interrelationships among primary production chlorophyll and enviromental conditions in frontal regioes of the western mediterranean sea. *Deep-Sea Res.* 35(5):793 – 810 p.
- Mac Lennan, D. & J. Simmonds. 1992. *Fisheries Acoustics*. Published by Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK. 325 p.
- Maravelias C.D., Reid D.G., Simmonds E.J., Haralabous J. 1996. Spatial analysis and mapping of acoustic-survey data in the presence of high local variability: geostatistical application to the North Sea herring (*Clupea harengus*). *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences* 53:1497–1505.
- Matheron, G. 1971. The theory of and their applications. Les cahiers du Centre de Morphologie, facs. 5, Centre de Geostatistique, Fontainebleau, 212 p.
- Mauchline, J. 1998. The biology of calanoid copepods. *Advances in Marine Biology*. Academic Press, 710 p.
- Maynou F.X., Sardà F, Conan G.Y. 1998. Assessment of the spatial structure and biomass evaluation of *Nephrops norvegicus* (L.) populations in the northwestern Mediterranean by geostatistic. *ICES J Mar Sci* 55:102–120
- Millero, F. & A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. *Deep Sea Res.*, 28A, 625-629.
- Muñoz, P. 1985. Revisión taxonómica de los dinoflagelados de Chile. *Rev. Biol. Mar, Valparaíso*, 21(1): 31-60.
- NODC. 1991. National oceanographic data center, user guide. En: Key to oceanographic records documentation N°14 NOAA.
- Palma, S. & K. Kaiser. 1993. *Plancton marino en aguas chilenas*. Universidad Católica de Valparaíso. 1515 p.
- Parsons, T. R., Y. Maita y C. M. Lalli. 1984. *A Manual of chemical and biological methods for seawater analysis* 172 pp. Pergamon Press.



- Pennington, M. 1983. Efficient estimators of abundance, for fish and plankton surveys. *Biometrics*. Vol. 39, no. 1, pp. 281-286.
- Perry, R.I., and S.J. Smith. 1994. Identifying habitat associations of marine fishes using survey data: an application to the northwest. Atlantic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 589-602.
- Petitgas, P. 1991. Contributions a la biologie des pêches maritimes. Thèse de doctorat, Centre de Géostatistique, Fontainebleau, 211 pp.
- Rencher, A. 1995. *Methods of multivariate analysis*. New York: wiley. 627 pp.
- Rivera, P. 1968. Sinopsis de las diatomeas de la Bahía de Concepción, Chile. *Gayana (Botánica)*, N°18: 111 p.
- Rivera, P. 1973. Diatomeas epífitas en *Gracillaria verrucosa* (Hudson) Pappenfuss recolectadas en la costa chilena. *Gayana (Botánica)*, N°25: 115 p.
- Rivera, P. y D. Arcos 1975. Diatomeas más comunes en la desembocadura del río Biobío. *Bol. Soc. Biol. de Concepción*. Tomo XLIX, pp223-230.
- Rivoirard, J. Simmonds. J; Foote, K G. Fernandes, P. Bez, N. 2000. *Geostatistics for estimating fish Abundance*. Blackwell Science
- Robotham, H., J. Castillo. O. Padilla O y J.C. Gutiérrez-Estrada. 2008. Identificación acústica de especies pelágicas pequeñas en la zona centro-sur de Chile mediante análisis discriminante y redes neuronales artificiales. En: *Nuevas aproximaciones metodológicas para el análisis de pesquerías*. Juan Carlos Gutiérrez-Estrada, Eleuterio Yañez Rodríguez, eds. Huelva: Universidad de Huelva, 2008. pp: 211-226.
- Robotham, H., P. Bosch, J.C. Gutiérrez-Estrada, J. Castillo e I. Pulido Calvo. 2010. Acoustic identification of small pelagic fish species in Chile using support vector machines and neural networks. *Fisheries Research* 102 (2010) 115–122



- Robotham, H & J. Castillo. 1990. The bootstrap method: an alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacoustic techniques. Rapp. P.-v. Reún. Cons. int. Explor. Mer, 189: 421 - 424.
- Rose, M. 1933. Fauna de France. Cap. 26: Copépodes pelagiques. Federation Francaise des societés de Sciences Naturelles. Paris. 374 pp.
- Scalabrin, C. 1997. Identification acoustique des especies pélagiques a partir d'atributs discriminants des bancs de poissons monospecificos. Thése Ecole doctorale des sciences de la mer.
- Semina, H.J. 1978. Using the standard microscope. Treatment of an aliquot sample. *In: Phytoplankton manual* (A. Sournia, ED). UNESCO. pp: 181-189.
- Serra, R. 1978. La pesquería de la sardina común (*Clupea Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) de Talcahuano: Análisis de su desarrollo y situación actual. IFOP, Santiago (Chile), 29, 21 p.
- Shotton R. y Bazigos G.P. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic survey. Rapp.P.V. Reun. Cns. Int. Explor. Mer. 184: 34 -57.
- Simmonds E. John, I. B. Petrie and F. Armstrong. 1984. An automated system for echo sounder calibration using a computer controlled three wire suspension for standard targets ICES CM 1984/B:33(Mimeo)
- Simmonds E. John, N. Williamson, F. Gerlotto & A. Aglen. 1991. Survey design and analysis procedures: a comprehensive review of good practice. ICES C.M. 1991, 113 p (Figures).
- Simmonds, E, y D. MacLennan. J. 2005. Fish and Fisheries Series, 5: Fisheries acoustics. Chapman and Hall, London. 438 pp.
- Simpson J., G. y E. Gil. 1967. Maduración y desove de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en Chile. Boletín Científico Instituto de Fomento Pesquero, Stgo., Chile (4):55.
- Smith, P.E. & S.L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO Doc. Téc. Pesca, 175: 107 p.



- Sournia, A. (Ed.). 1978. Phytoplankton manual. UNESCO. 337 p.
- Steedman, H.F. (Ed.). 1976. Zooplankton fixation and preservation. UNESCO. 350 p.
- Sournia, A. (Ed.). 1978. Phytoplankton manual. UNESCO. 337 p.
- Steedman, H.F. (Ed.). 1976. Zooplankton fixation and preservation. UNESCO. 350 p.
- UNESCO, 1981a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. Unesco Tech. Papers in Mar., Sci. N°36.
- UNESCO, 1981b. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°37.
- UNESCO, 1981c. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°37.
- Vidal, J. 1968. Copépodos calanoídeos epipelágicos de la expedición Mar Chile II. Gayana (Zoología). N° 15: 1-98 + Anexos.
- Vivanco, M. 1999. Análisis estadístico multivariable: teoría y práctica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 223 pp.
- Woillez, M., Rivoirard, J., y P. Petitgas. 2009. Notes on survey-based spatial indicators for monitoring fish populations. Aquat. Living Resour. 22, 155–164.
- Wolter, K. M. 1985. Introduction to Variance Estimation xii, 428 page, 1985.
- Yáñez, E., M.A. Barbieri y A. Montecinos. 1990. Relaciones entre las variaciones del medio ambiente y las fluctuaciones de los principales recursos pelágicos explotados en la zona de Talcahuano, Chile. En: Perspectivas de la actividad pesquera en Chile. M.A. Barbieri (Ed.) Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso: 49-62.
- Yáñez E.; C. Canales; M. A. Barbieri; A. González y V. Catasti. 1993. Estandarización del esfuerzo de pesca y distribución espacial e interanual de la CPUE de anchoveta y sardina en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. En: Invest. Mar., Valparaíso, 21: 111-132.



Yáñez E., Barbieri, M.A., Silva, C., Nieto, K., Espíndola, F. 2001. Climate variability and pelagic fisheries in northern Chile. *Progress in Oceanography* 49: 581-596.

Yáñez E, C. Silva, A. Órdenes, F. Gómez, A. Valdenegro, S. Hormazábal, A. Montecinos, F. Espíndola y O. Pizarro. 2005. Análisis integrado histórico ambiente–recursos, I y II Regiones. Informe Final Proyecto FIP N° 2003-33. Valparaíso. 408 pp.

Zar, J. H. 1974. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Clifs, N. J.



XI. TALLERES: DE PRESENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y DISCUSIÓN METODOLÓGICA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a las bases administrativas y especiales del proyecto, se realizaron dos talleres. Ambos talleres se efectuaron en el Auditorio “*Marcos Espejo Vidal*” del IFOP, en Blanco 839, Valparaíso. En el primero, llevado a cabo el miércoles 5 de enero de 2011, se presentó la metodología y principales actividades a desarrollar durante los dos cruceros de prospección acústica y en el segundo, efectuado el miércoles 12 de octubre de 2011, se entregaron y discutieron los principales resultados. En el **Anexo II** se presentan las listas de asistentes y las discusiones.

Las principales Conclusiones del Taller 1 de Presentación de la Metodología y Taller 2 de Discusión Metodológica y Difusión de Resultados, pueden ser resumidas como:

- Se destacan las divergencias en los índices oceanográficos regionales, definidas en base a información en el océano Pacífico Central y locales de la zona centro-sur, para calificar las condiciones El Niño-La Niña, Fría-Caliente, estas diferencias incluso se presentan con la zona norte de Chile. Se identifica la necesidad de disponer de un índice oceanográfico propio que refleje las condiciones oceanográficas locales. Se recomienda que este índice integral incluya la salinidad, entre otras variables.
- La sardina común y la anchoveta son más reactivos a la salinidad que a la temperatura, pero estos indicadores por si solos son insuficientes para explicar la variabilidad interanual de los recursos.
- La abundancia de Fito y zooplancton en el verano, considerada como oferta ambiental de alimento para la sardina común y anchoveta presenta una leve



tendencia negativa en los últimos años. También se aprecian cambios en la distribución espacial interanual de las especies componentes del plancton.

- Se aprecia que en ambos cruceros, la sardina común mantiene la supremacía, aunque en el otoño la anchoveta incrementó su importancia relativa, con un aumento de la biomasa, situación que es típica para esta especie, reflejando que se mantiene la estacionalidad. También se destaca la menor presencia relativa de la fracción adulta de sardina común, especialmente en el verano. Se resalta la tendencia negativa de la anchoveta en el periodo 2003 - 2011. Con un importante aumento del aporte relativo de la sardina común en los valores integrados, que actualmente supera el 95%.
- Se discute acerca de las débiles relaciones ambiente recurso insuficientes para explicar la variabilidad interanual y los cambios en la composición específica, recomendándose la conveniencia de ampliar el periodo de estudio y de incluir algunas variables oceanográficas que representen procesos.
- También se menciona que la densidad de anchoveta y sardina común sigue la misma tendencia que las estimaciones de abundancia y biomasa. Registrándose en el caso de sardina un aumento en la cobertura junto con la biomasa, mientras que la anchoveta se reduce en su área de distribución junto a la reducción de la biomasa.

FIGURAS

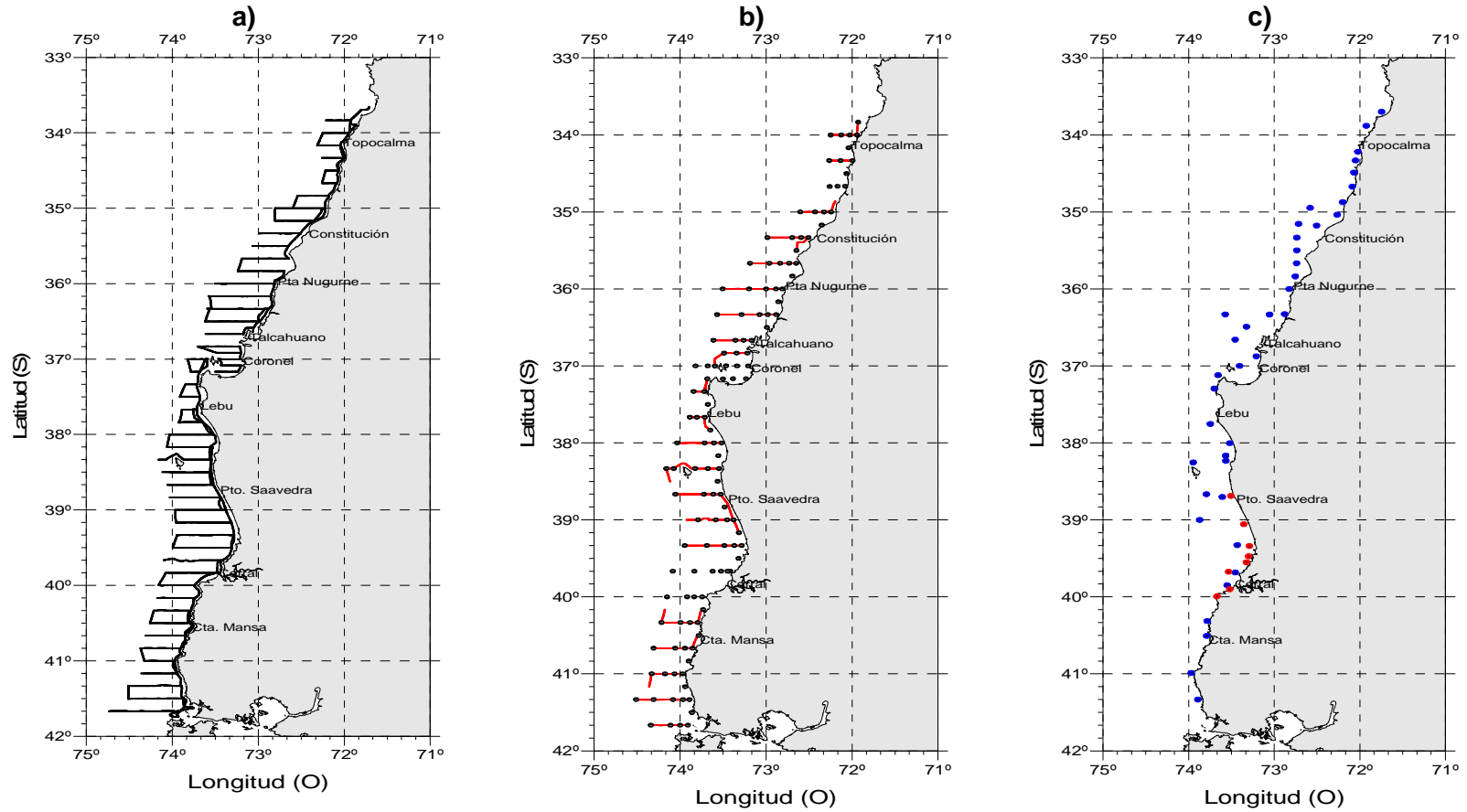


Figura 1. a) Localizaci3n de las transectas acústicas diurnas y las prospecciones costeras, **b)** Localizaci3n de las transectas acústicas nocturnas y las estaciones bio-oceanográficas (129) y **c)** Localizaci3n de los lances de pesca (en azul) realizados por B/C Abate Molina (40) y en rojo los lances efectuados por la L/M Eben Ezerl (8).Crucero RECLAS 1101.

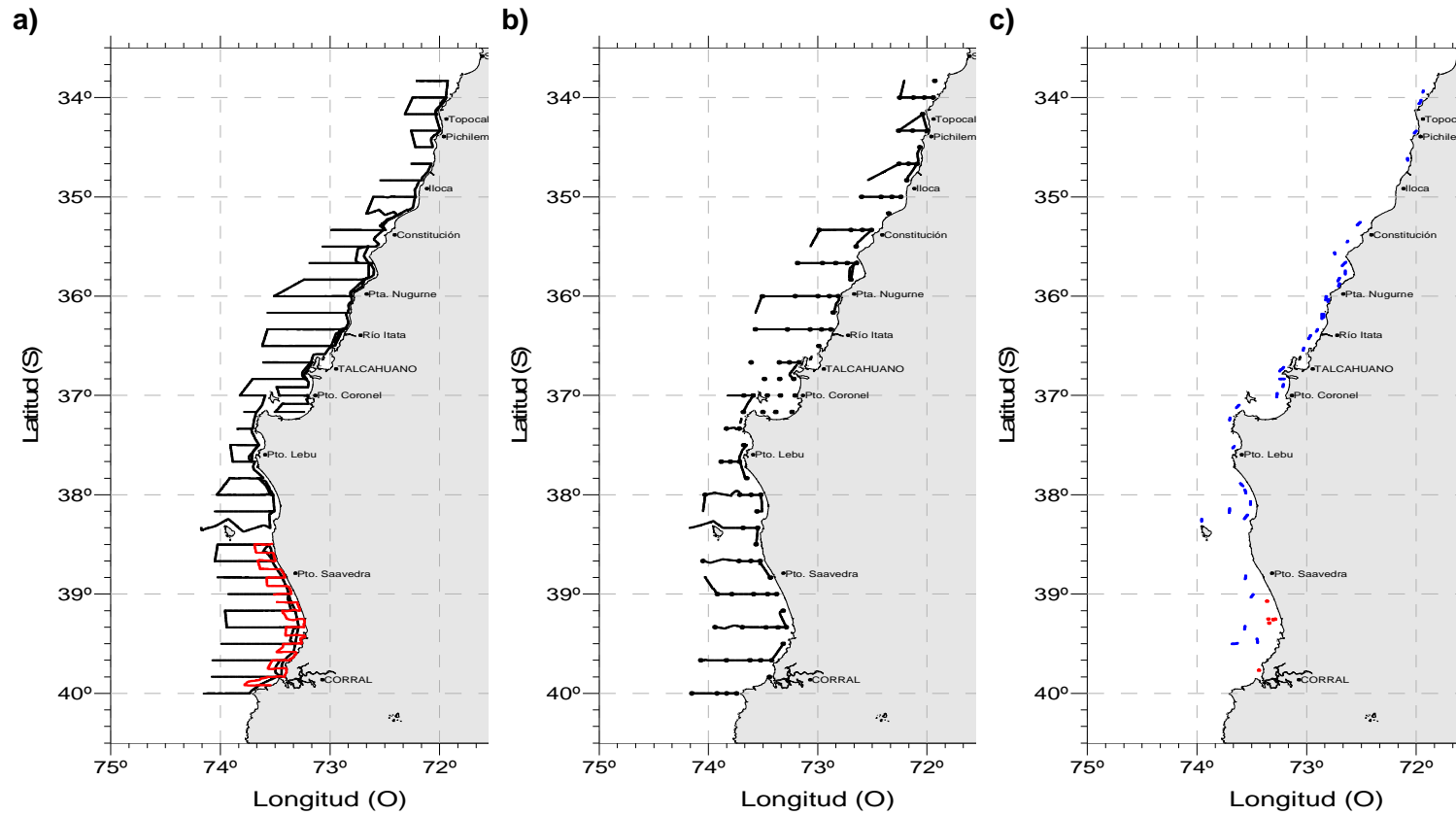


Figura 2. a) Localizaci3n de las transectas ac3sticas diurnas y prospecciones costeras efectuadas por el B/C Abate Molina (negro) y la prospecci3n de la L/M Samaritano (rojo) , b) Localizaci3n de las transectas ac3sticas nocturnas y las estaciones bio-oceanogr3ficas (101) y c) Localizaci3n de los lances de pesca (en azul) realizados por B/C Abate Molina (36) y en rojo los lances efectuados por la L/M Samaritano II (1) y L/M Carmela (5).Crucero RECLAS 1105.

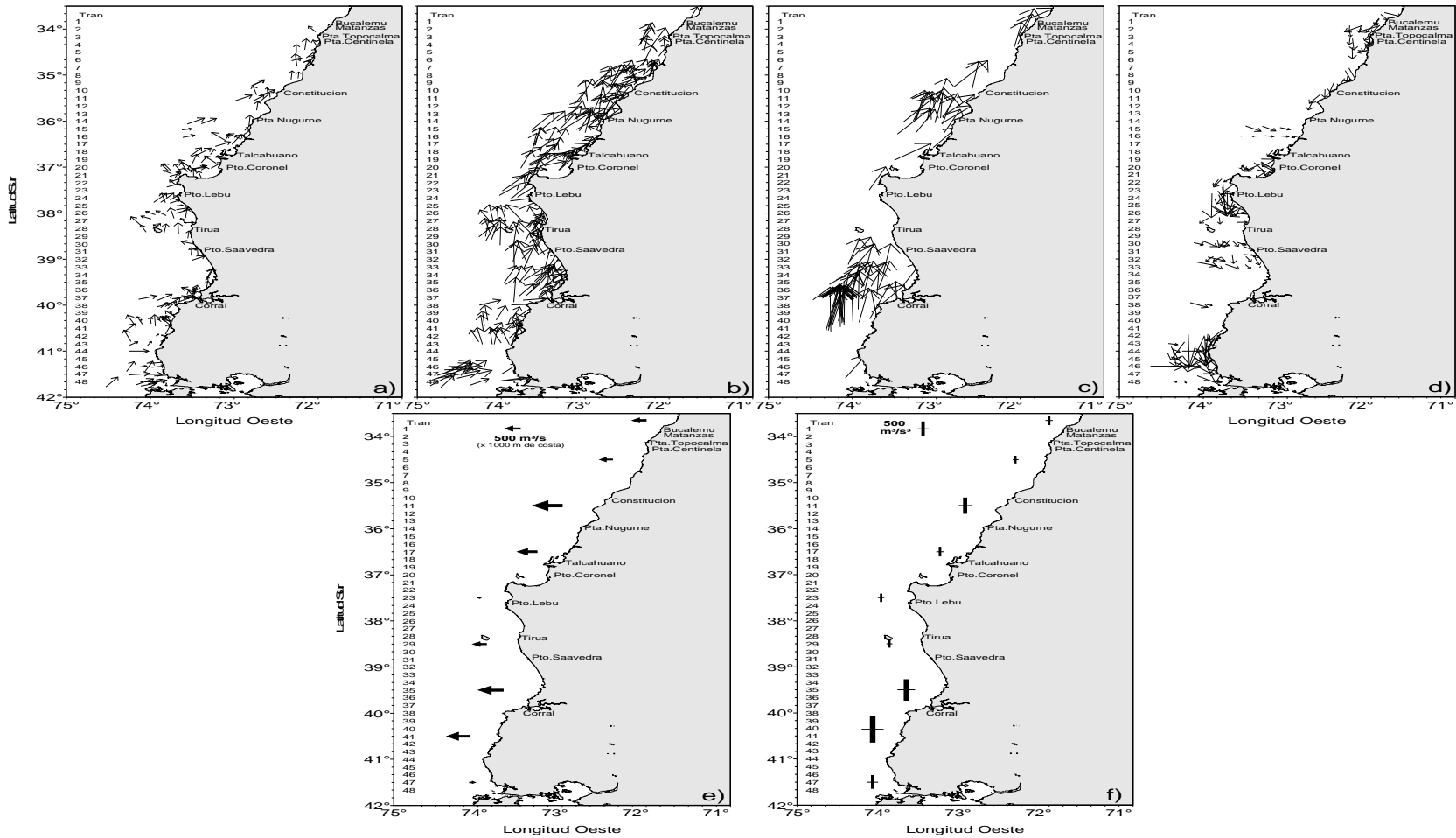


Figura 3. Cartas del viento horario de intensidad a) menor a 5 m/s, b) 5 a 10 m/s, c) mayor a 5 m/s, d) viento con componente norte, e) promedios del índice de surgencia y f) promedios de turbulencia. Los promedios se obtuvieron de mediciones del viento de las estaciones dentro de 1° de latitud. Crucero enero 2011.

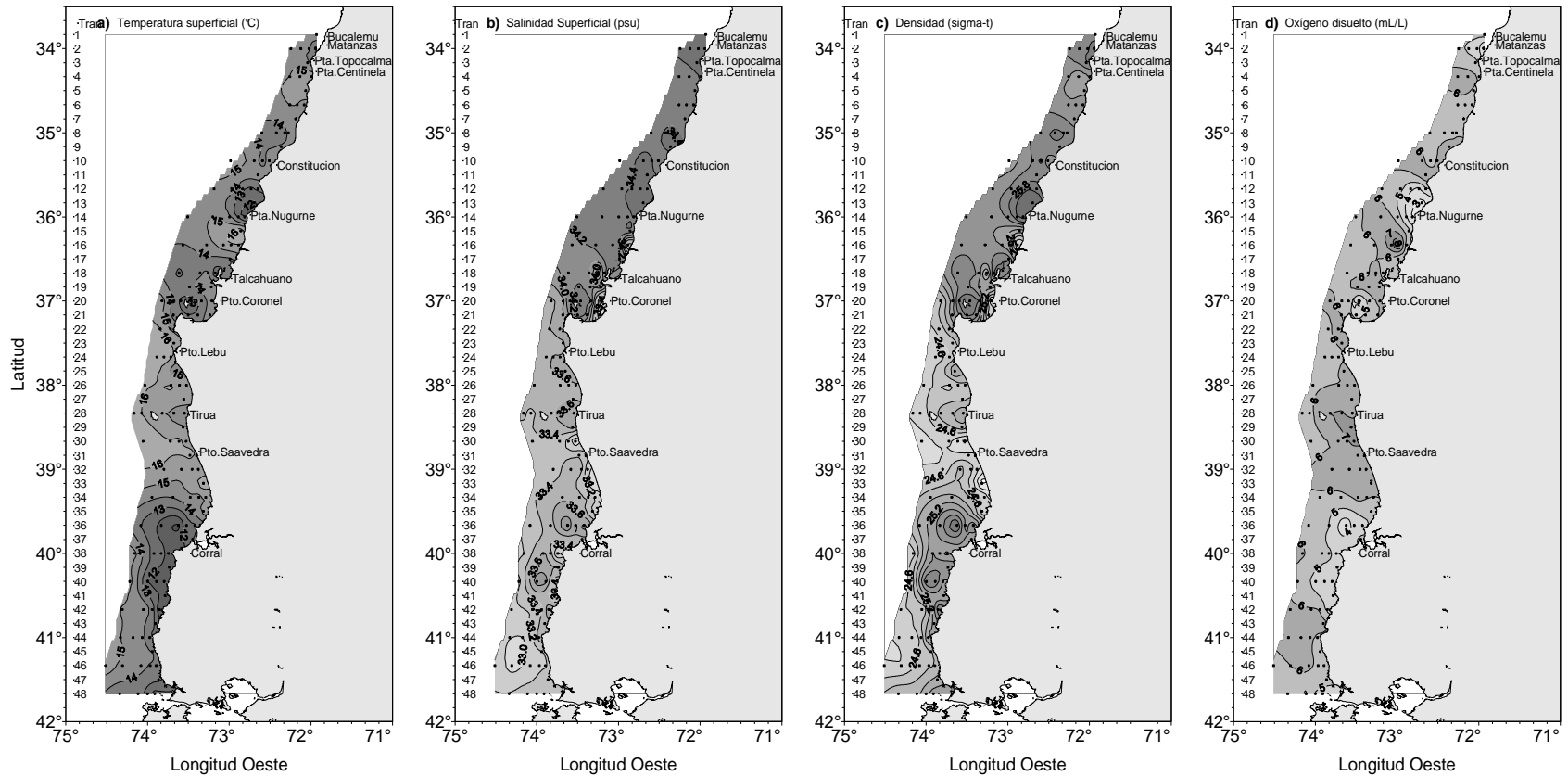


Figura 4. Distribuci3n superficial de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad del mar ($\sigma\text{-t}$) y d) contenido de oxigeno disuelto (mL/L). Crucero enero 2011.

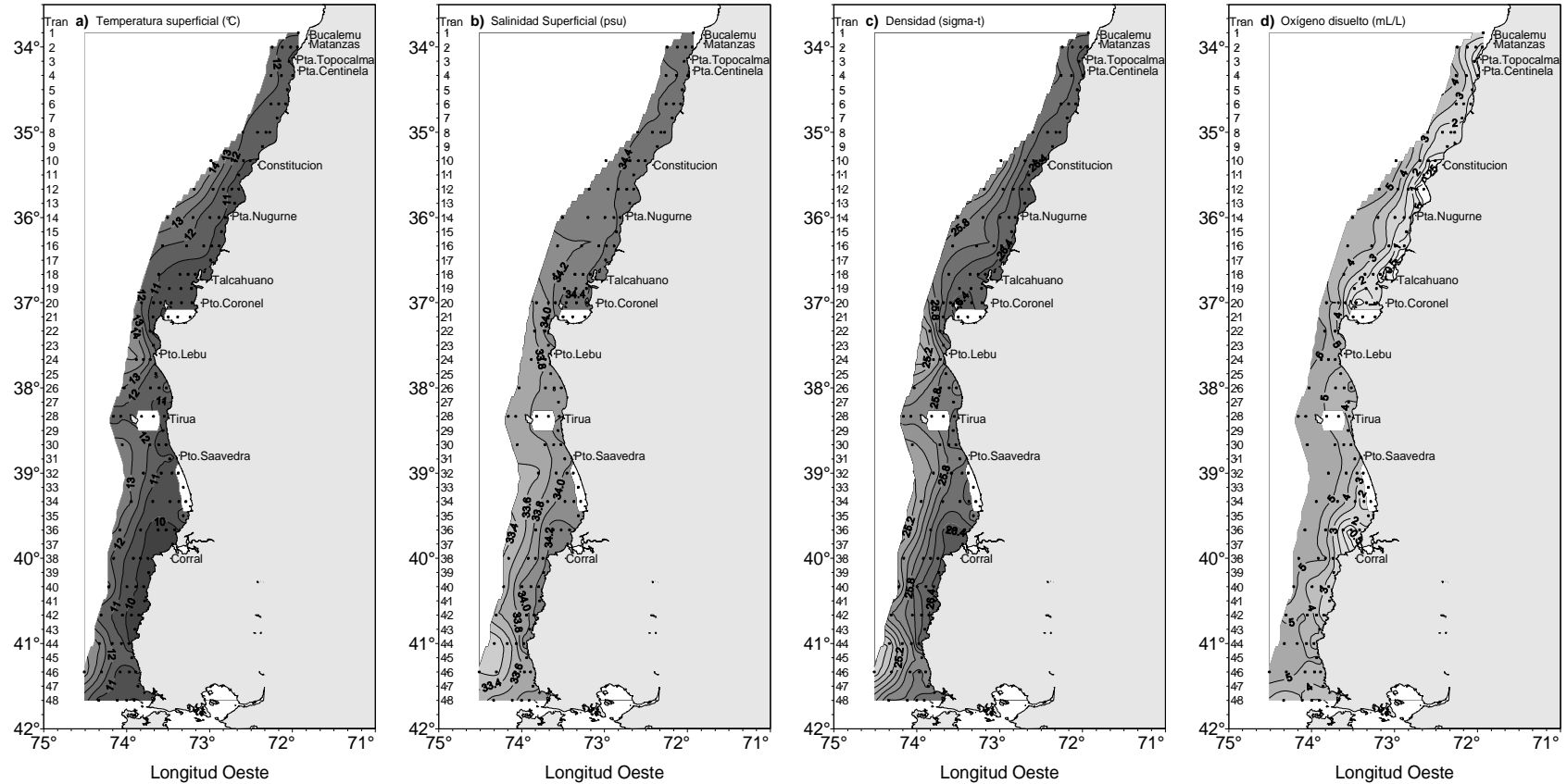


Figura 5. Cartas de distribuci3n horizontal en el nivel de 25 m de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad del mar ($\sigma\text{-t}$) y d) contenido de oxigeno disuelto (mL/L). Crucero enero 2011.

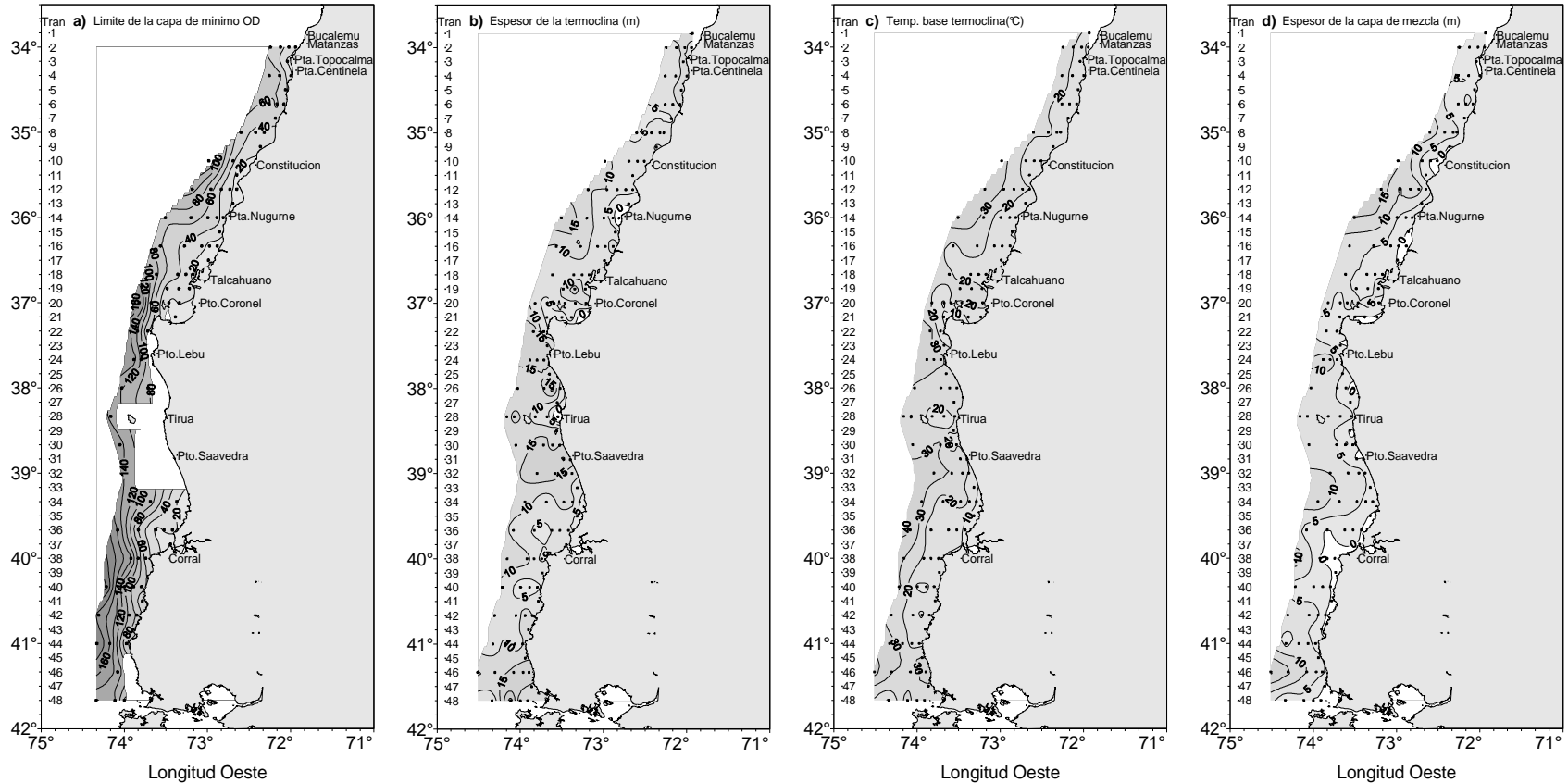


Figura 6. Cartas de a) profundidad de la isolnea de oxígeno correspondiente a la concentraci3n de 1 mL/L (indicadora del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto), b) espesor de la termoclina (m) profundidad base de la termoclina (m), c) espesor de la capa de mezcla (m) y d). Crucero enero 2011.

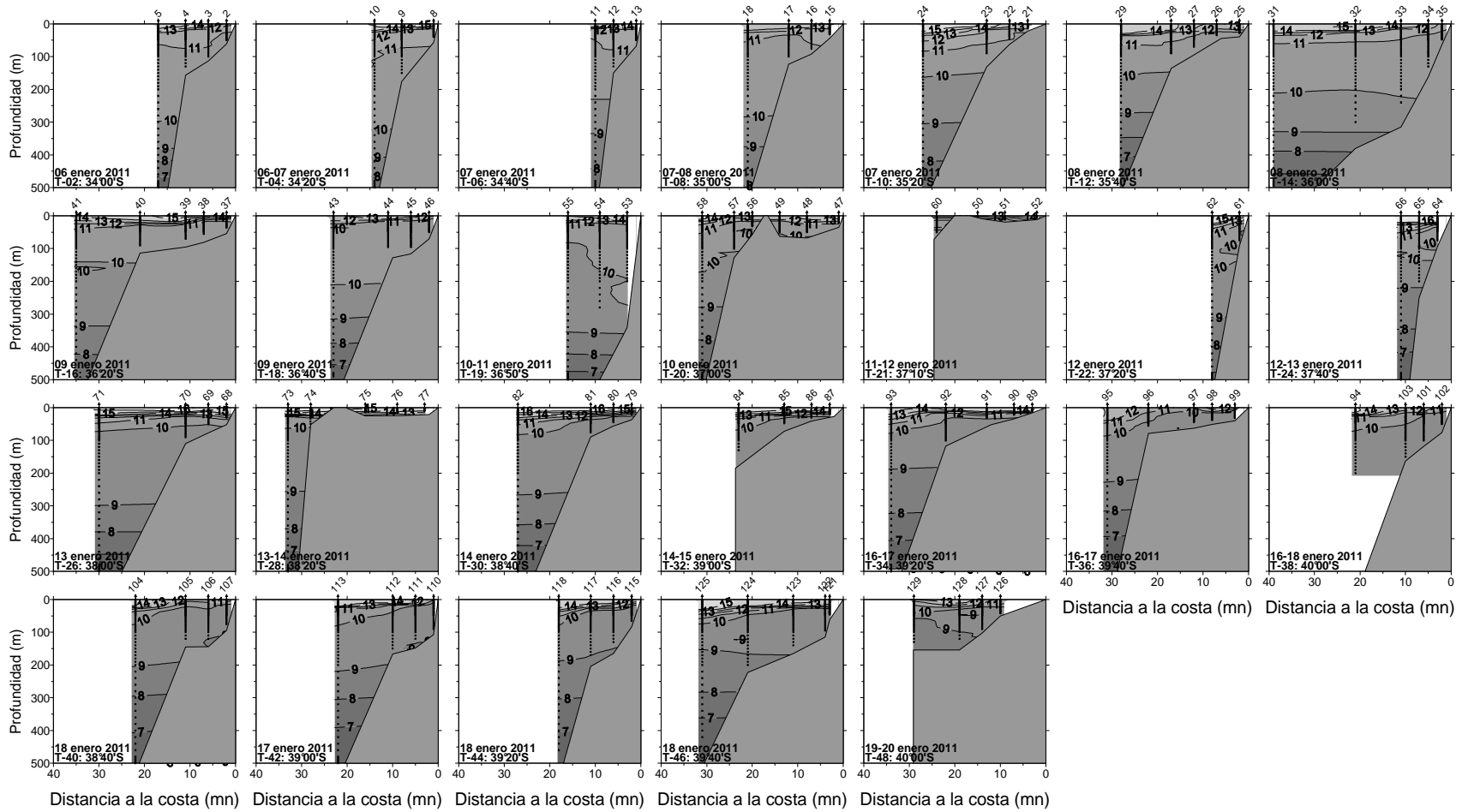


Figura 7. Distribuci3n vertical de temperatura (°C) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.

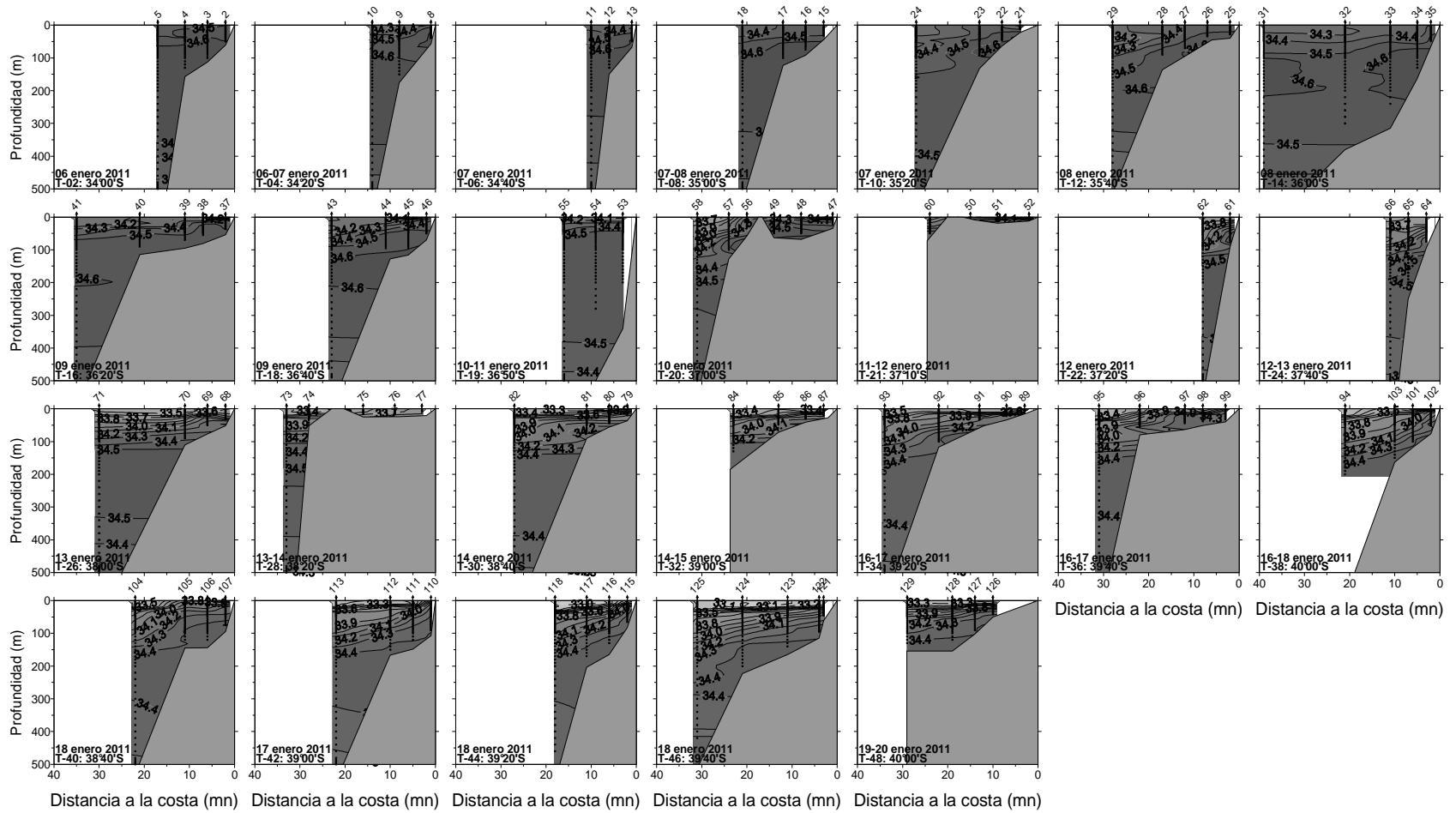


Figura 8. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.

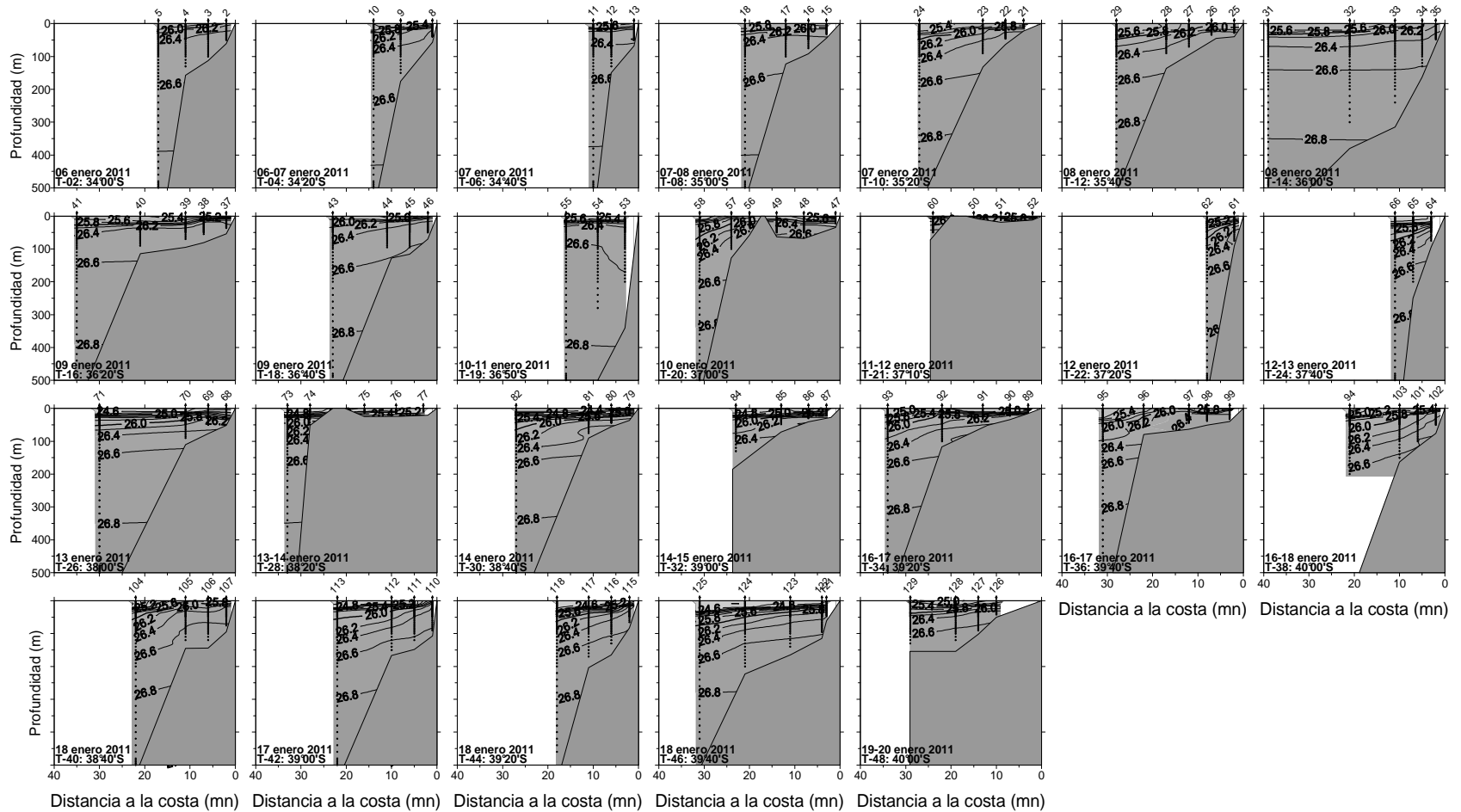


Figura 9. Distribuci3n vertical de densidad ($\sigma\text{-t}$) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.

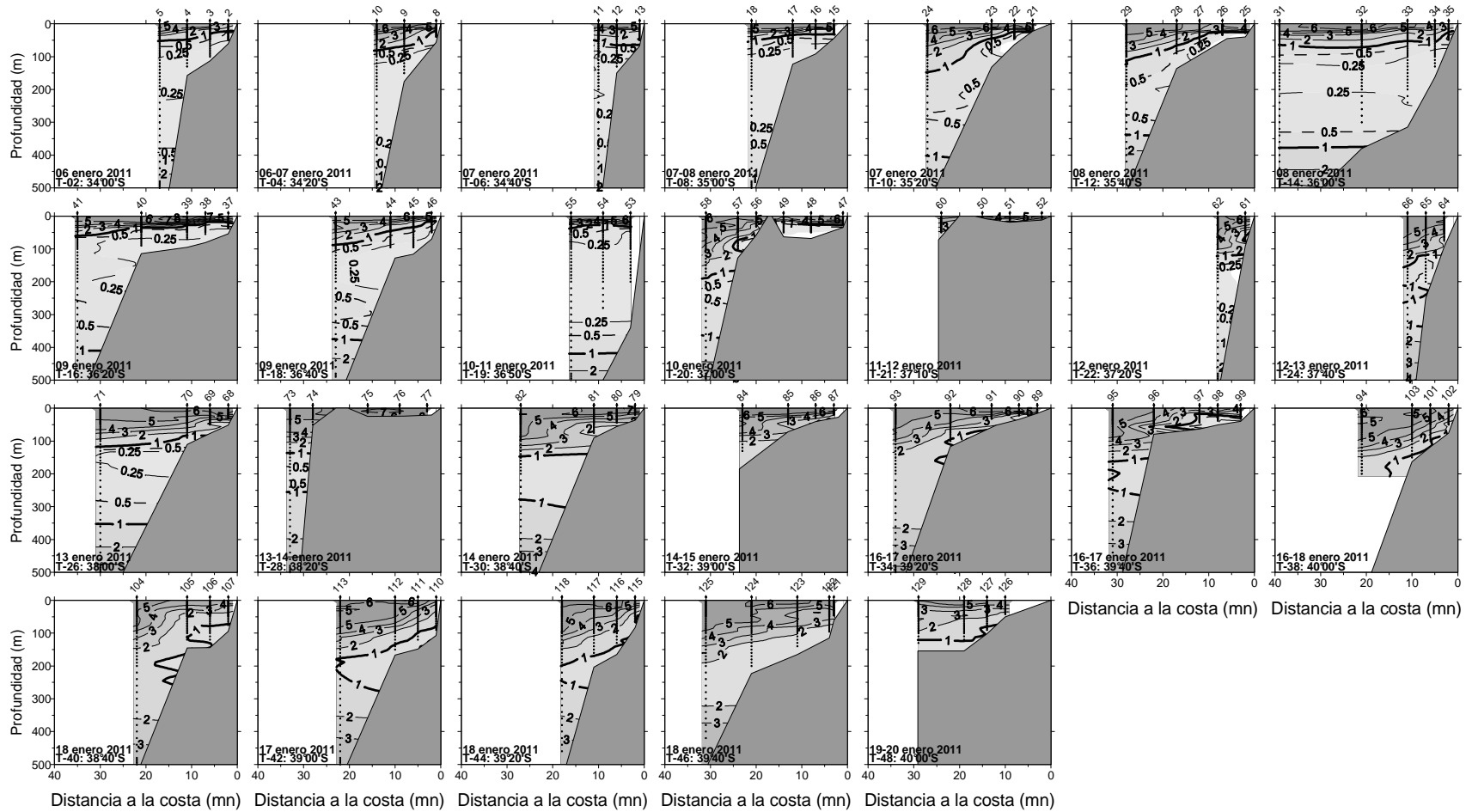


Figura 10. Distribuci3n vertical de ox3geno disuelto (mL/L) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.

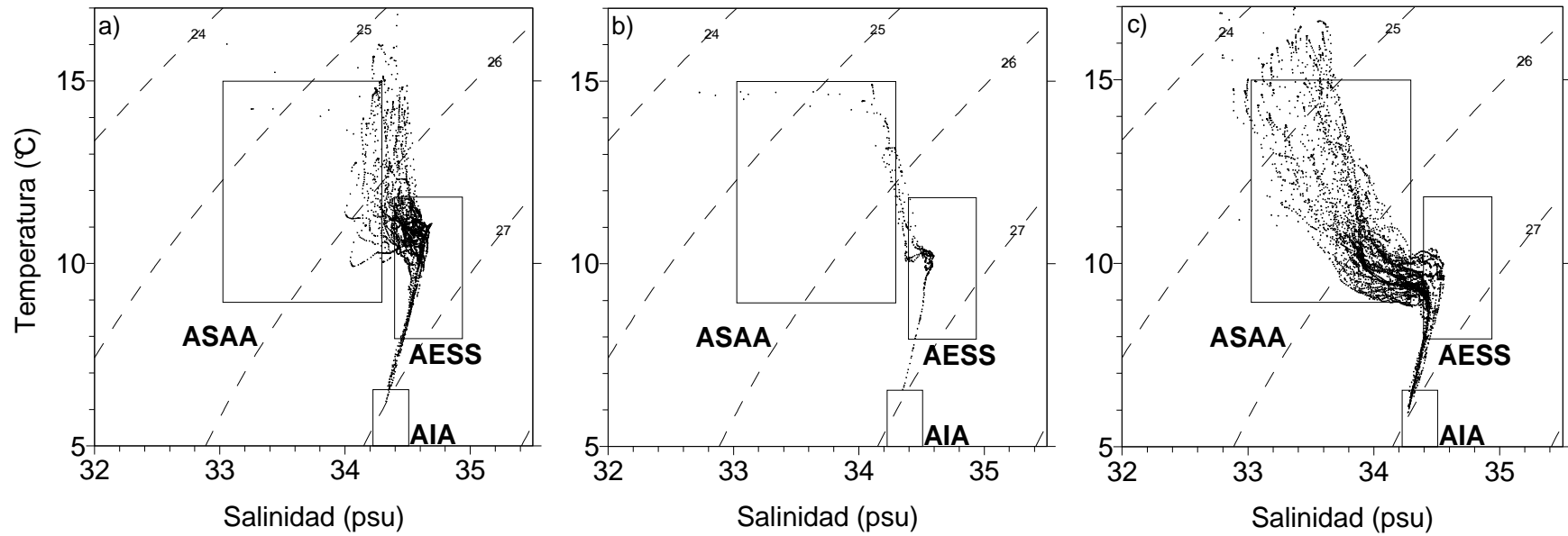


Figura 11. Diagramas T-S de las estaciones de transectas ubicadas en el sector a) norte hasta los 37°S, b) Golfo de Arauco y c) desde los 37°10'S a los 40°S. Crucero enero 20 11.

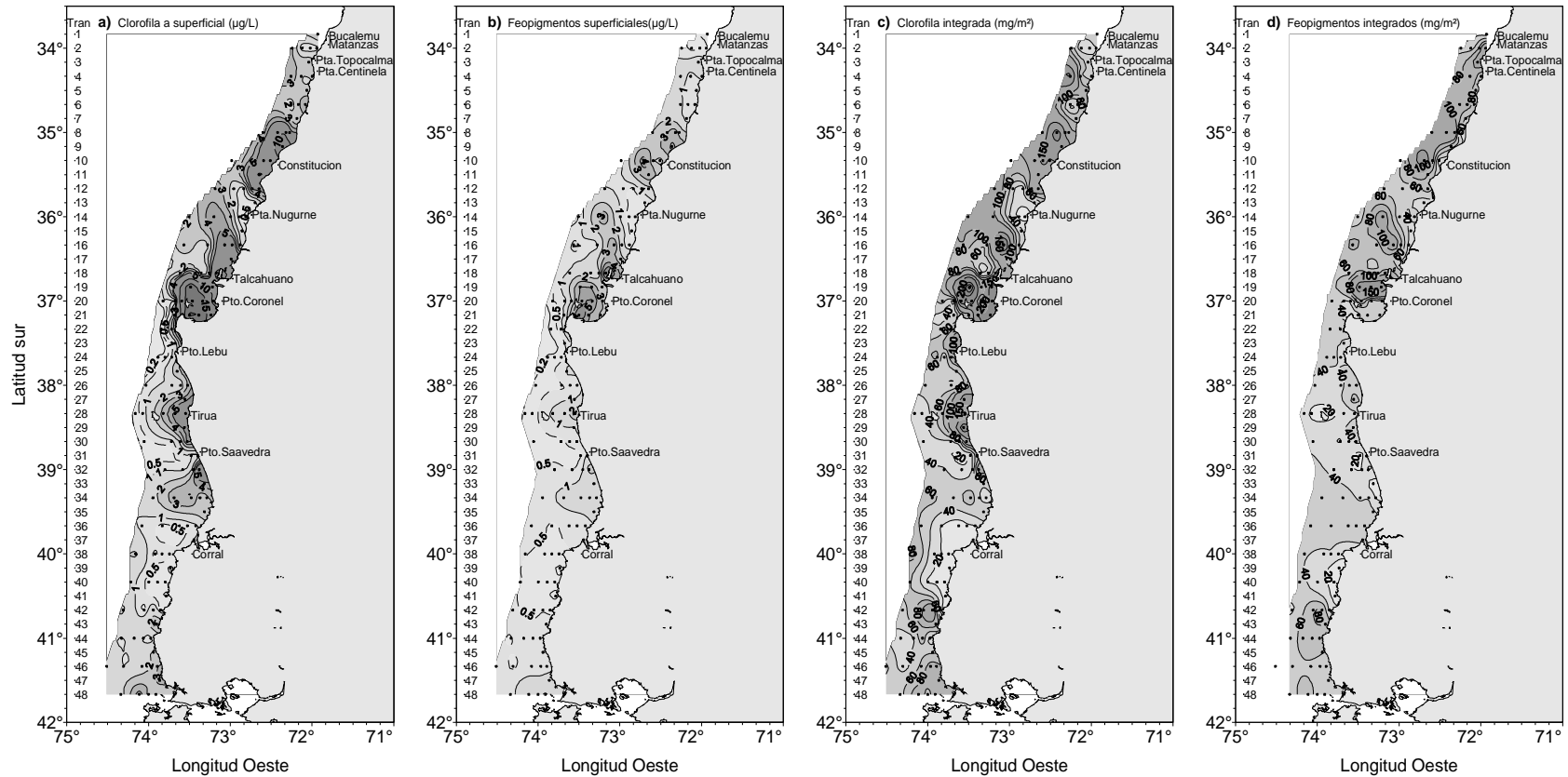


Figura 12. Distribuci3n superficial de a) clorofila-a estimada ($\mu\text{g/L}$), b) feopigmento ($\mu\text{g/L}$), c) clorofila-a estimada integrada (mg/m^2) y d) feopigmentos integrados (mg/m^2). Crucero enero 2011.

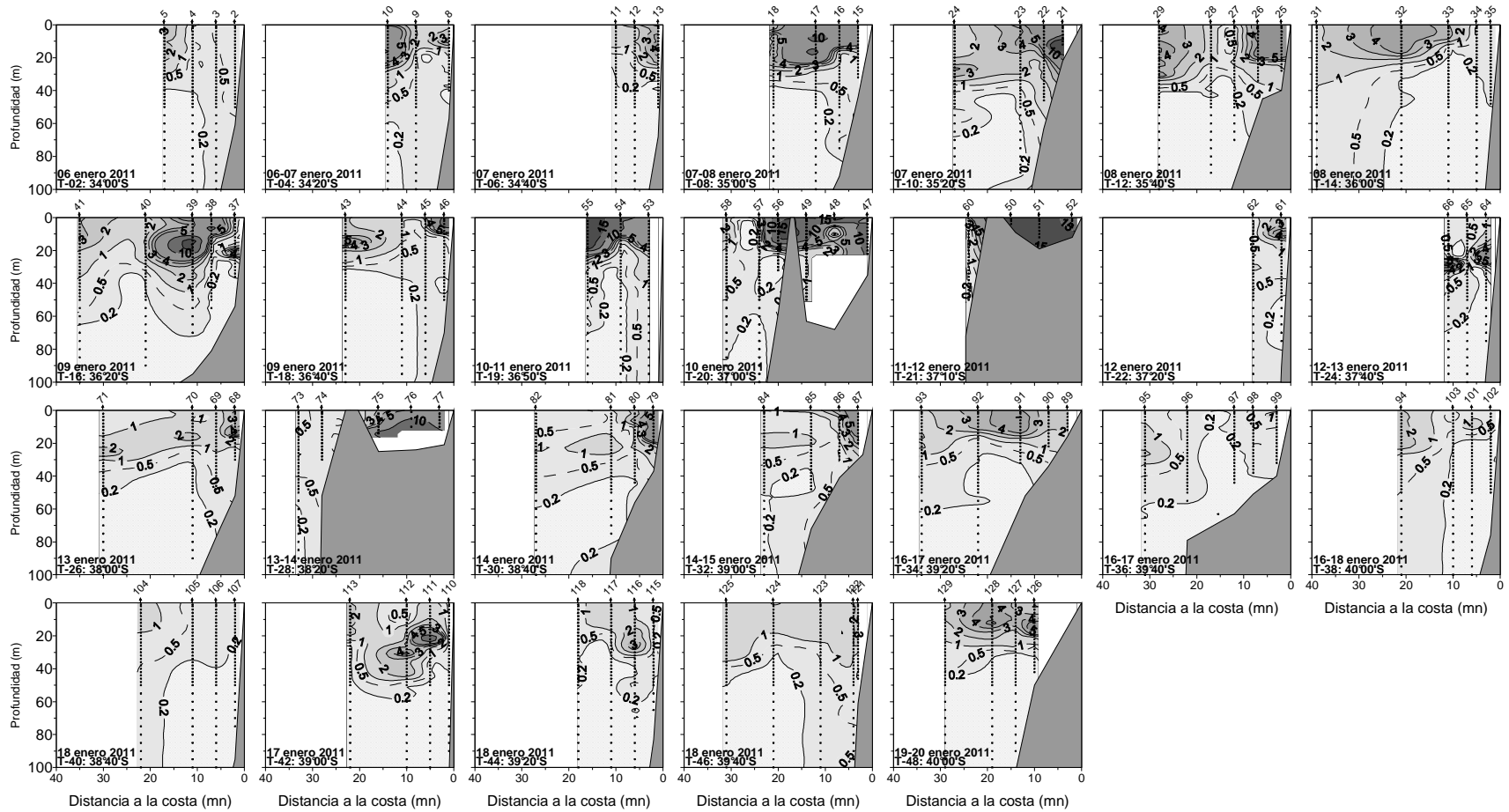


Figura 13. Distribuci3n vertical de clorofila-a estimada ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.

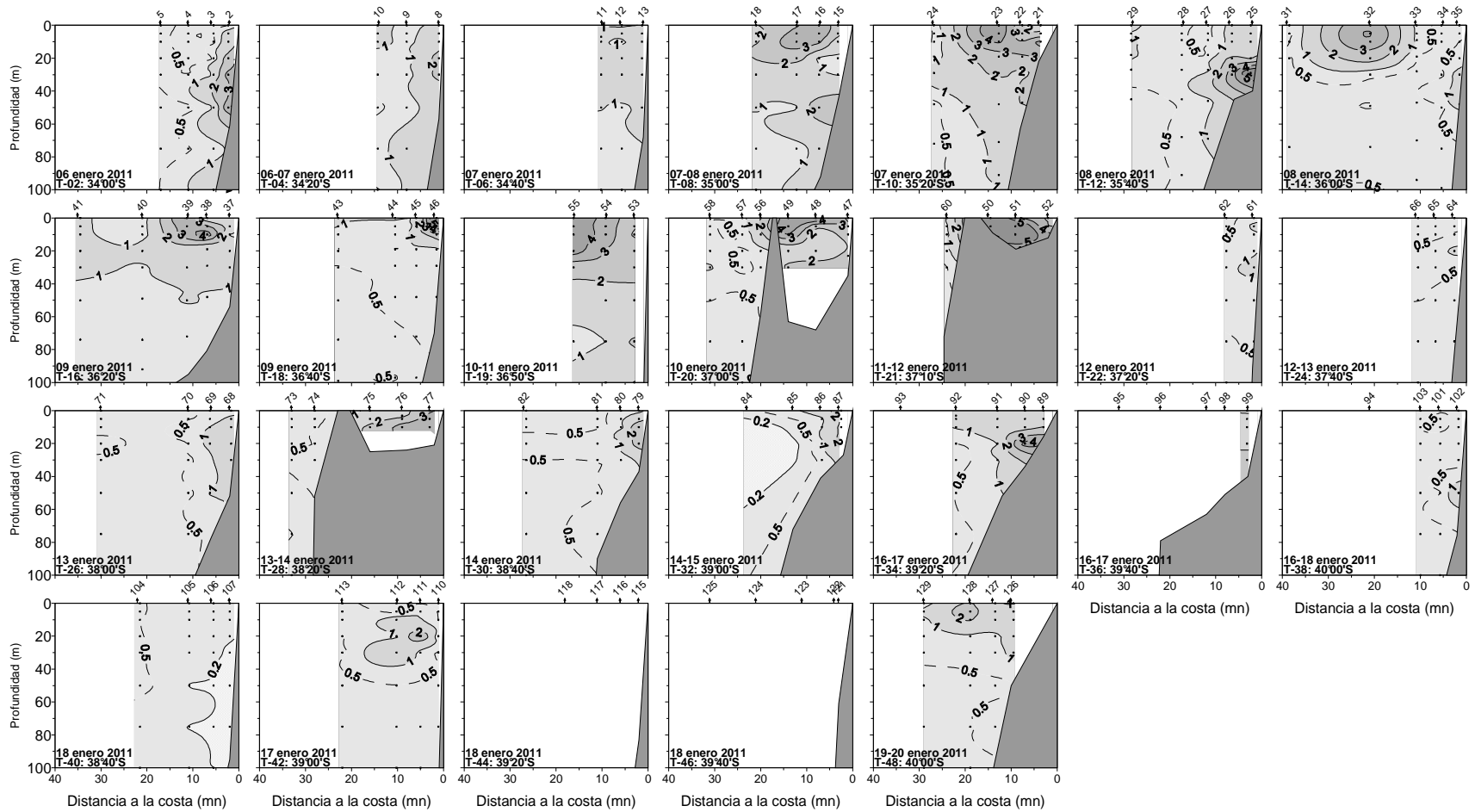


Figura 14. Distribuci3n vertical de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 2 a 48, perpendiculares a la costa. Crucero enero 2011.

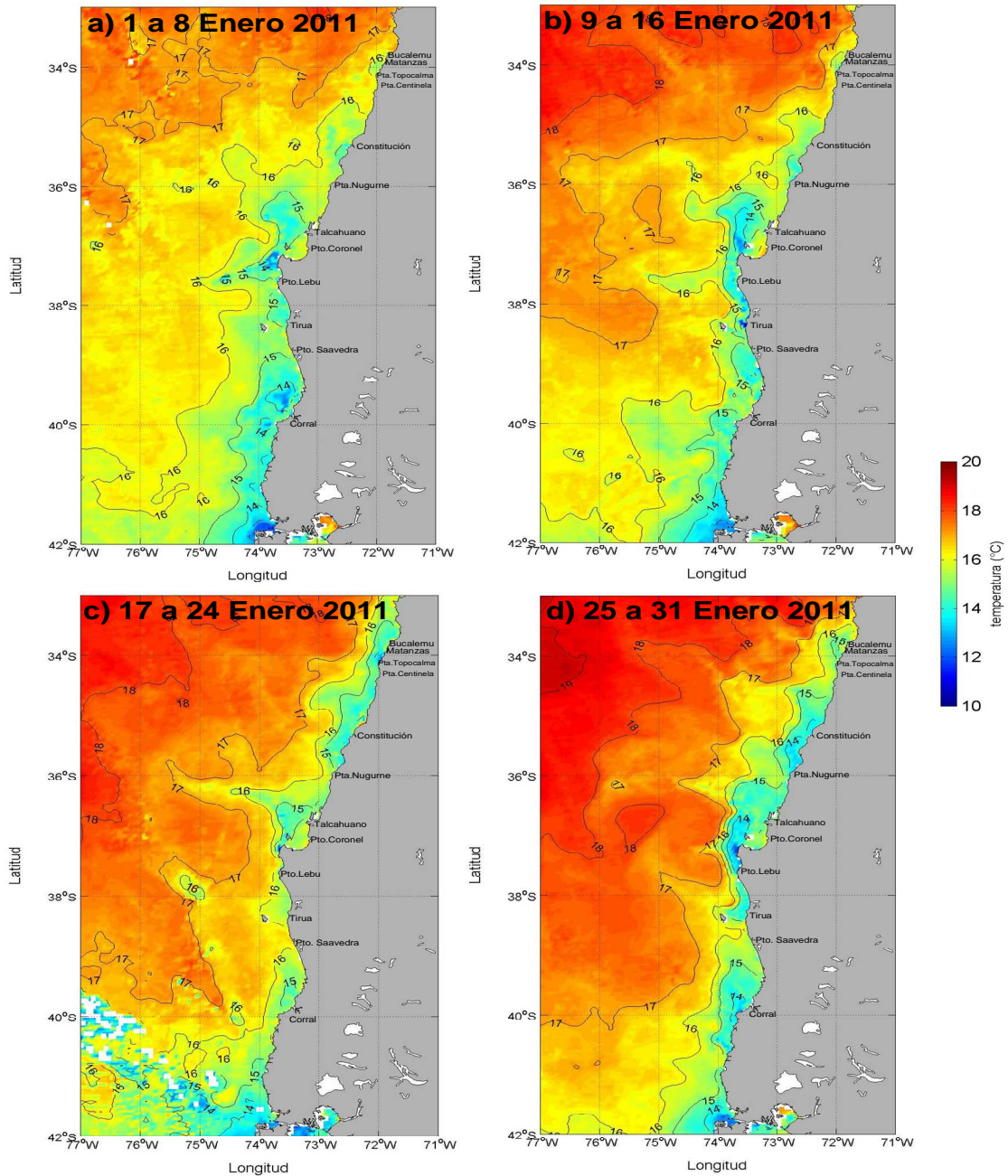


Figura 15. Temperatura superficial del mar (°C) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales entre los días (a) 1 y 8, (b) 9 y 16, (c) 17 y 24 de enero y (d) 25 de enero a 1 de febrero de 2011.

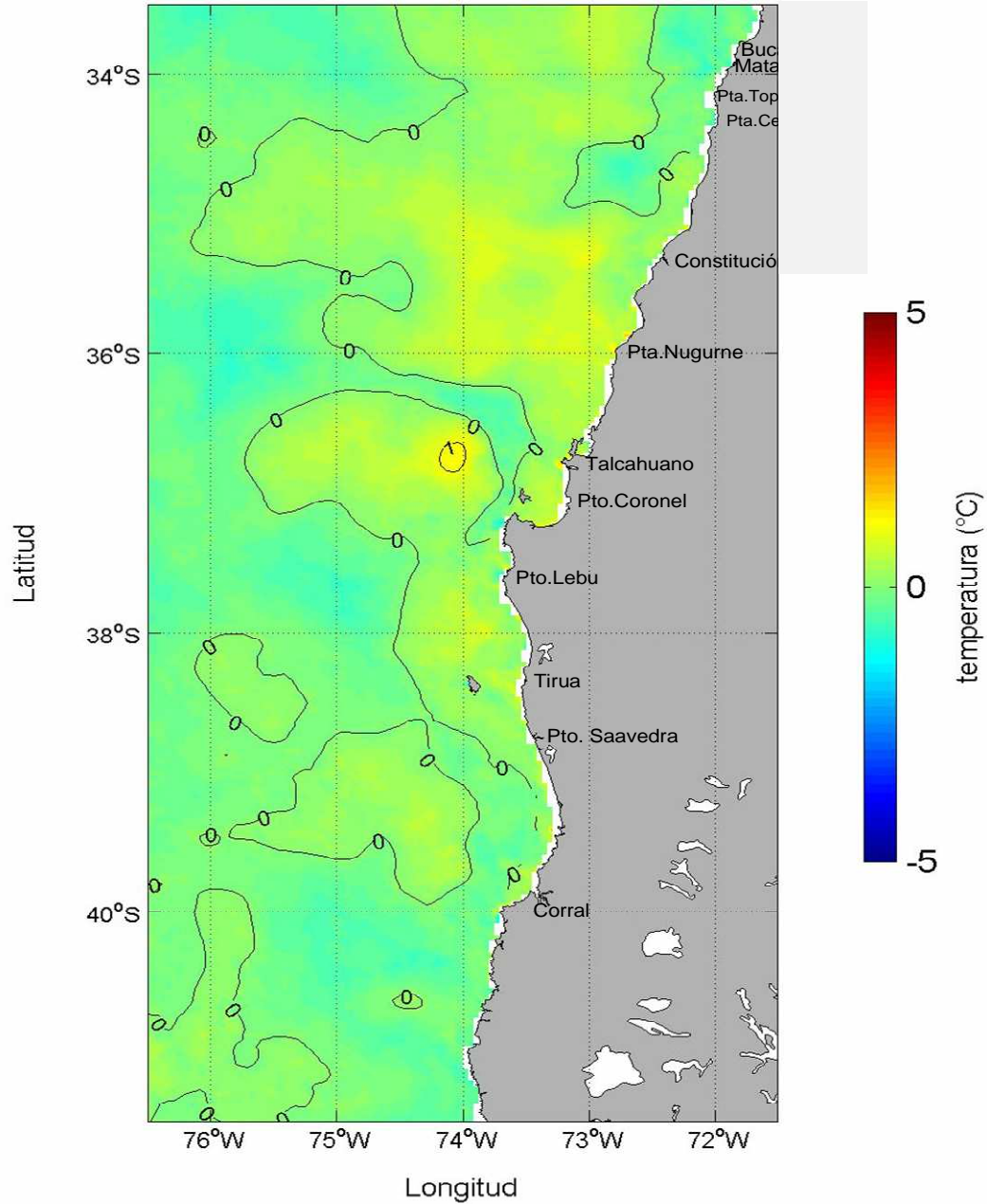


Figura 16. Anomala de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) de la imagen del sat3lite MODIS-A correspondiente al promedio del mes de enero de 2011.

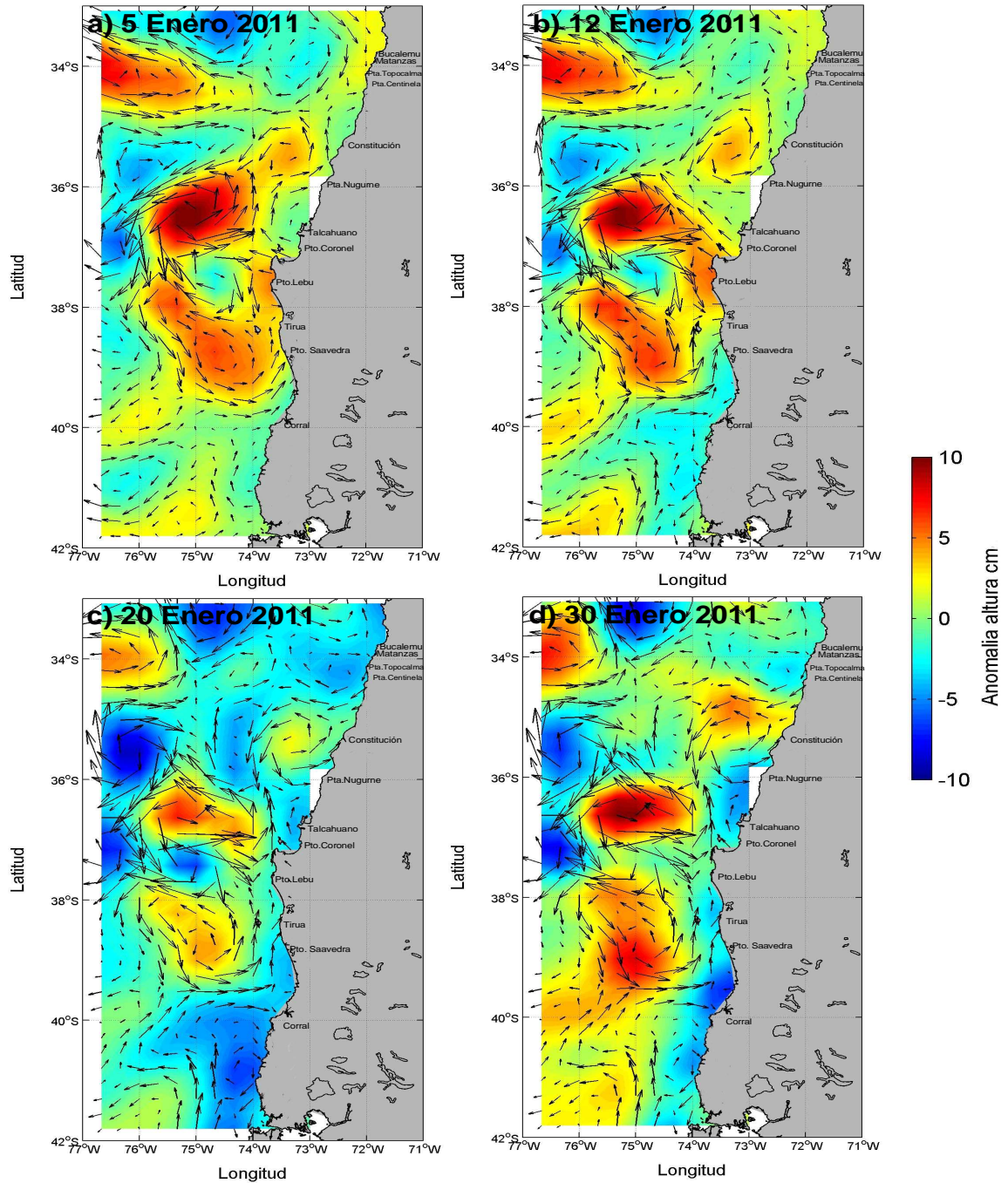


Figura 17. Anomalia del nivel del mar (cm) y velocidad geostrófica (cm/s) provenientes de la combinación de los satélites ERS, Topex y Jason, correspondientes a los días 1, 11, 21 y 31 de enero del 2011.

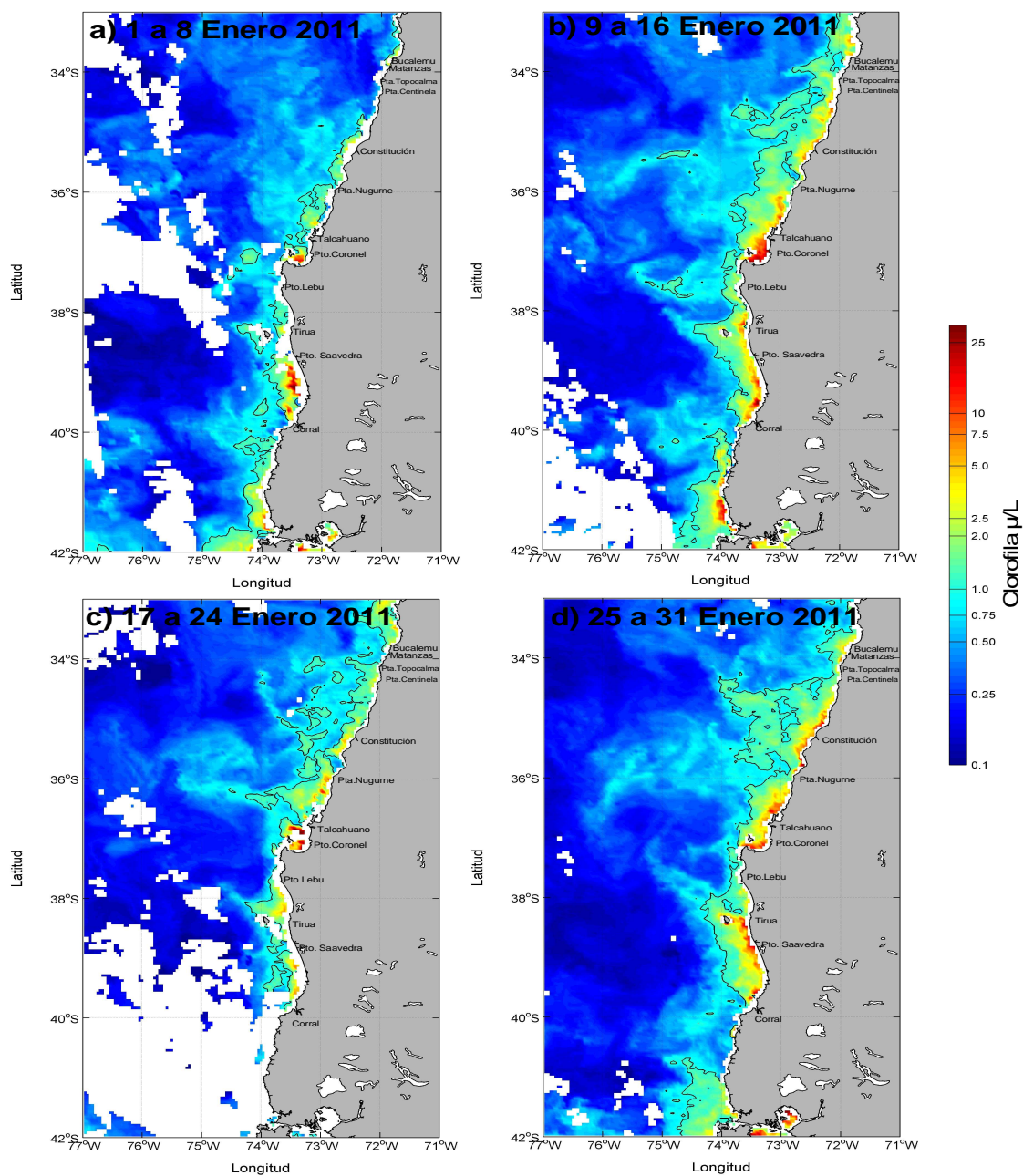


Figura 18. Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales entre los días (a) 1 y 8, (b) 9 y 16, (c) 17 y 24 de enero y (d) 25 de enero a 1 de febrero de 2011. La línea negra marca la isolínea de $1 \mu\text{g/L}$.

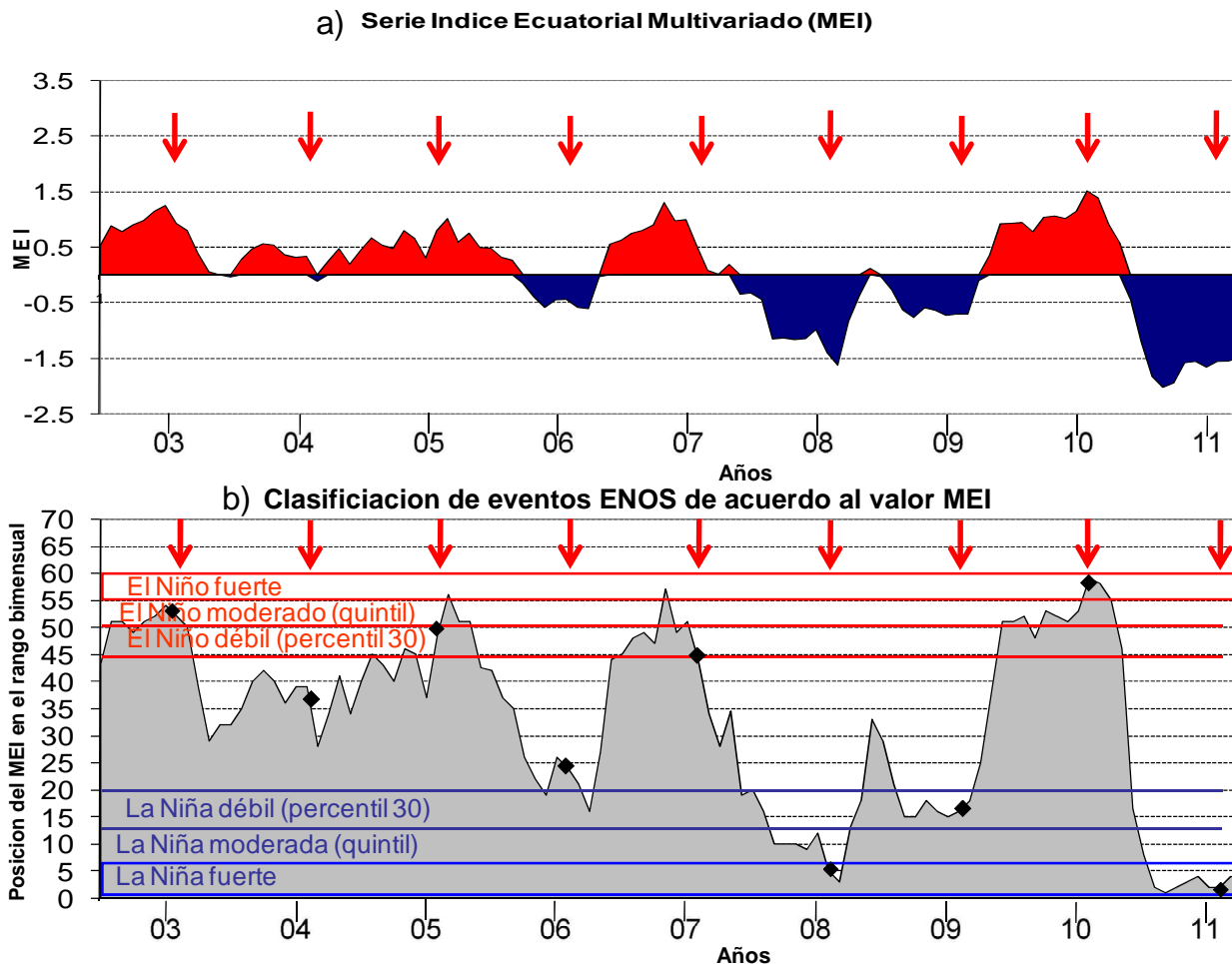


Figura 19. a) Serie de tiempo del Indice Ecuatorial Multivariado (MEI) y b) serie de rangos de intensidad de los periodos cálidos y fríos asociados al valor MEI para el periodo Julio 2002 – abril 2010. Fuente: NOAA (<http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/>). Se incluyen los momentos de realizaci3n de los cruceros RECLAS desde el a3o 2002 (enero de cada a3o).

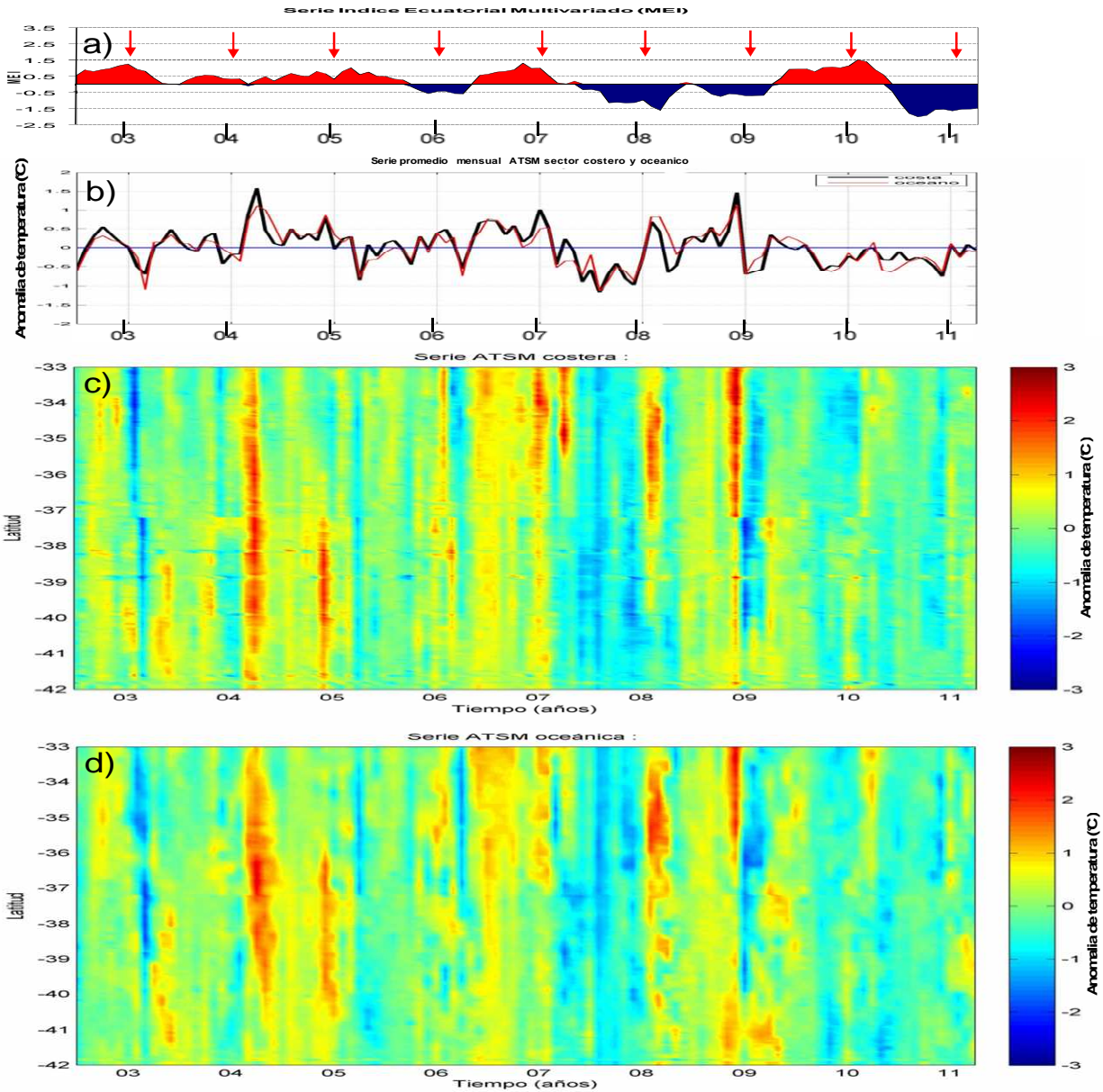


Figura 20. Series de tiempo para el período julio 2002- abril 2011 de a) Índice Multivariado Ecuatorial (MEI) que incluye el momento (flechas) de realización de los cruces RECLAS desde el año 2002; b) promedio de las anomalías de temperatura (°C) por fecha entre las latitudes 33° a 42°S en el sector costero y oceánico; Diagrama Hovmöller para el mismo período y área de la anomalía de temperatura (°C) superficial del mar (satelital) c) costera y d) oceánica.

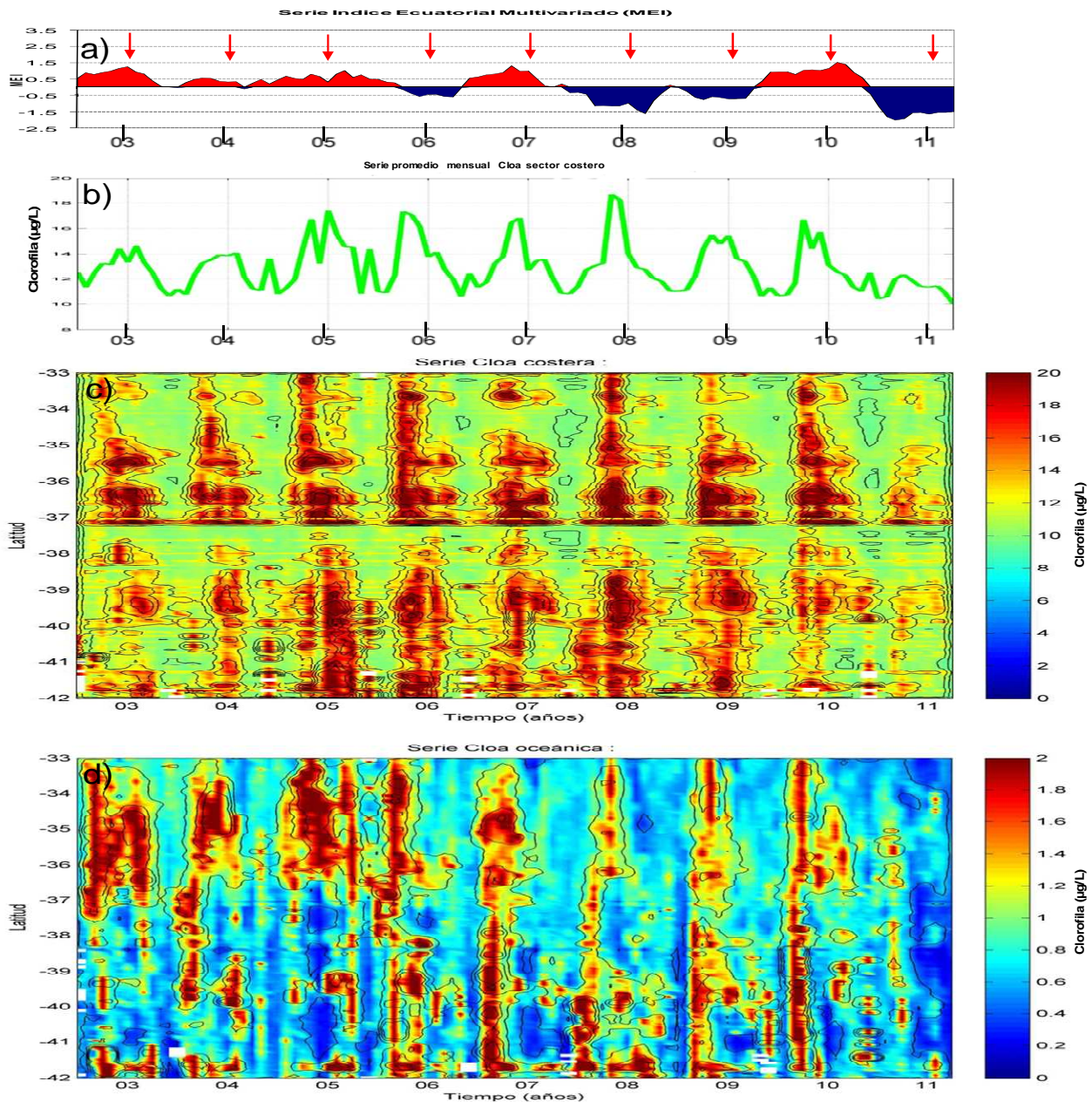


Figura 21. Series de tiempo para el período julio 2002- abril 2011 de a) Índice Multivariado Ecuatorial (MEI) que incluye el momento (flechas) de realización de los cruceros RECLAS desde el año 2002; b) promedio de la concentración de clorofila satelital ($\mu\text{g/L}$) por fecha entre las latitudes 33° a 42°S en el sector costero; Diagrama Hovmöller para el mismo período y área de la concentración de clorofila-a satelital (promedio mensual) ($\mu\text{g/L}$) c) costera y d) oceánica.

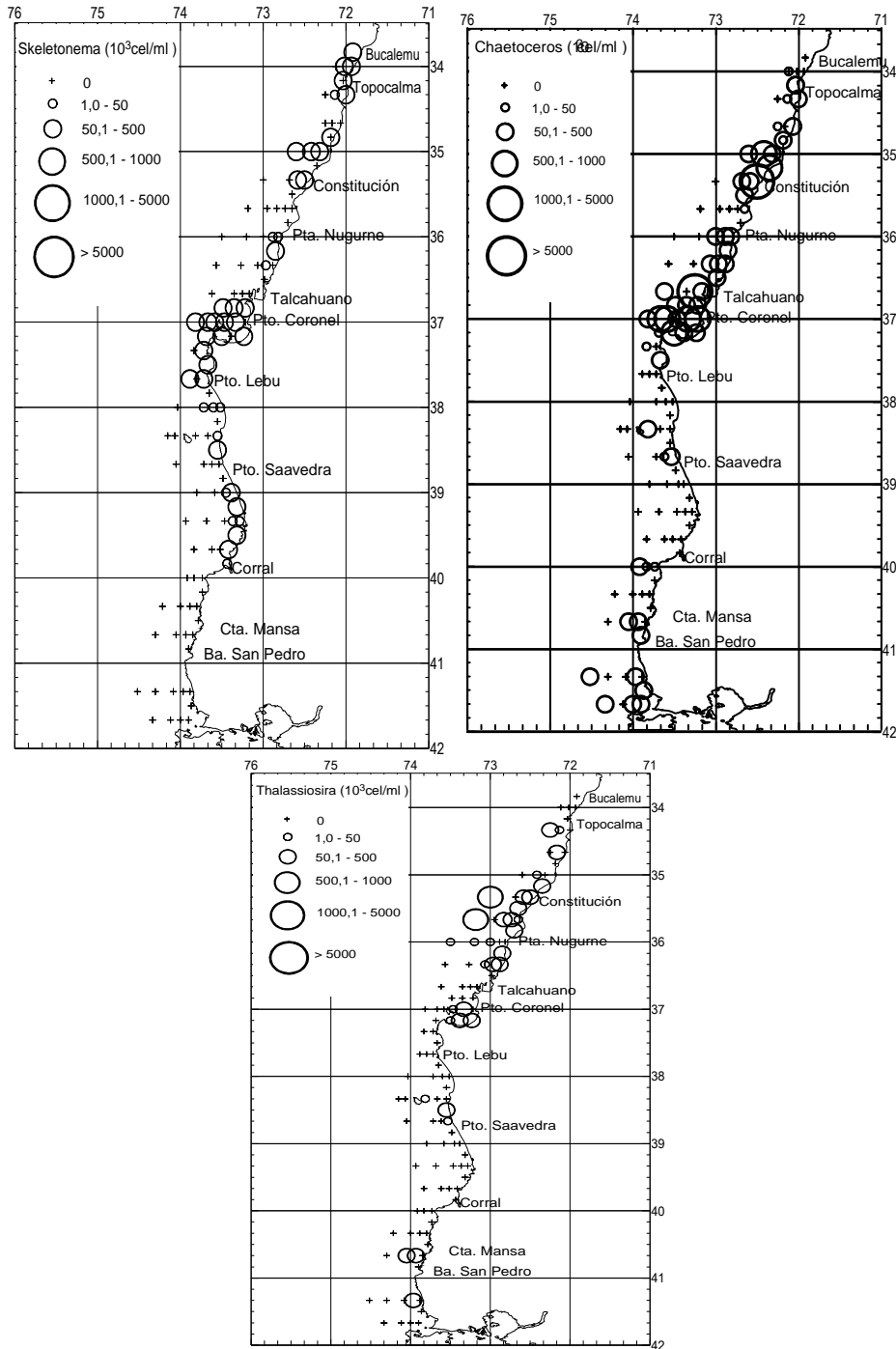


Figura 22. Distribuci3n espacial de la densidad (10^3 c3l mL⁻¹) de los g3neros *Skeletonema*, *Chaetoceros* y *Thalassiosira* presentes en cada submuestra analizada.

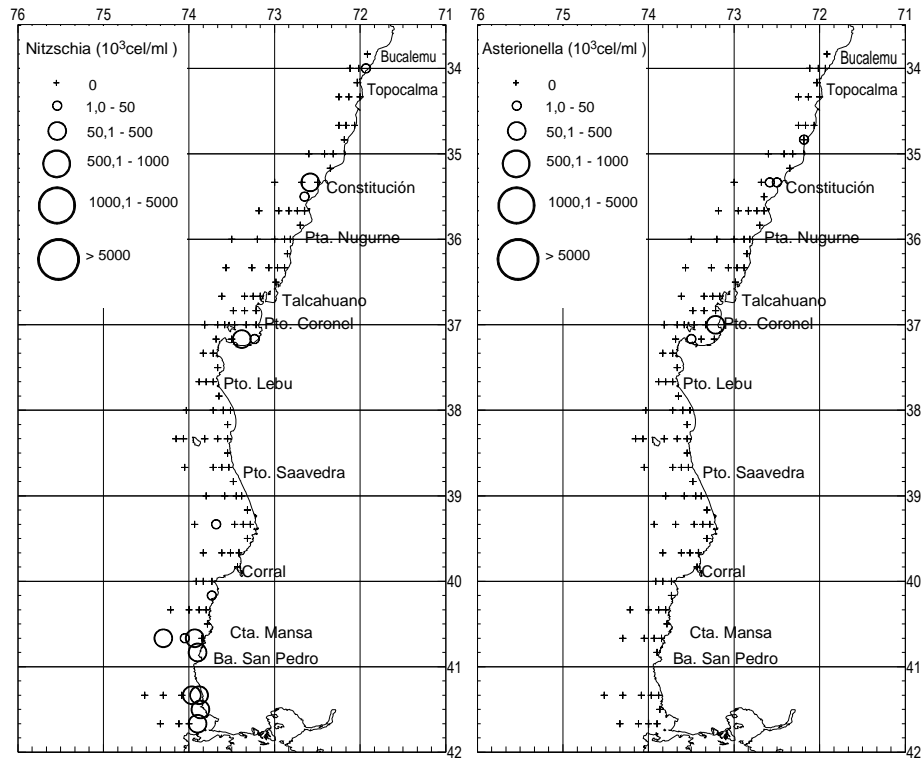


Figura 23. Distribuci3n espacial de la densidad (10^3 c3l ml^{-1}) de los g3neros *Nitzschia* y *Asterionella* presentes en cada submuestra analizada.

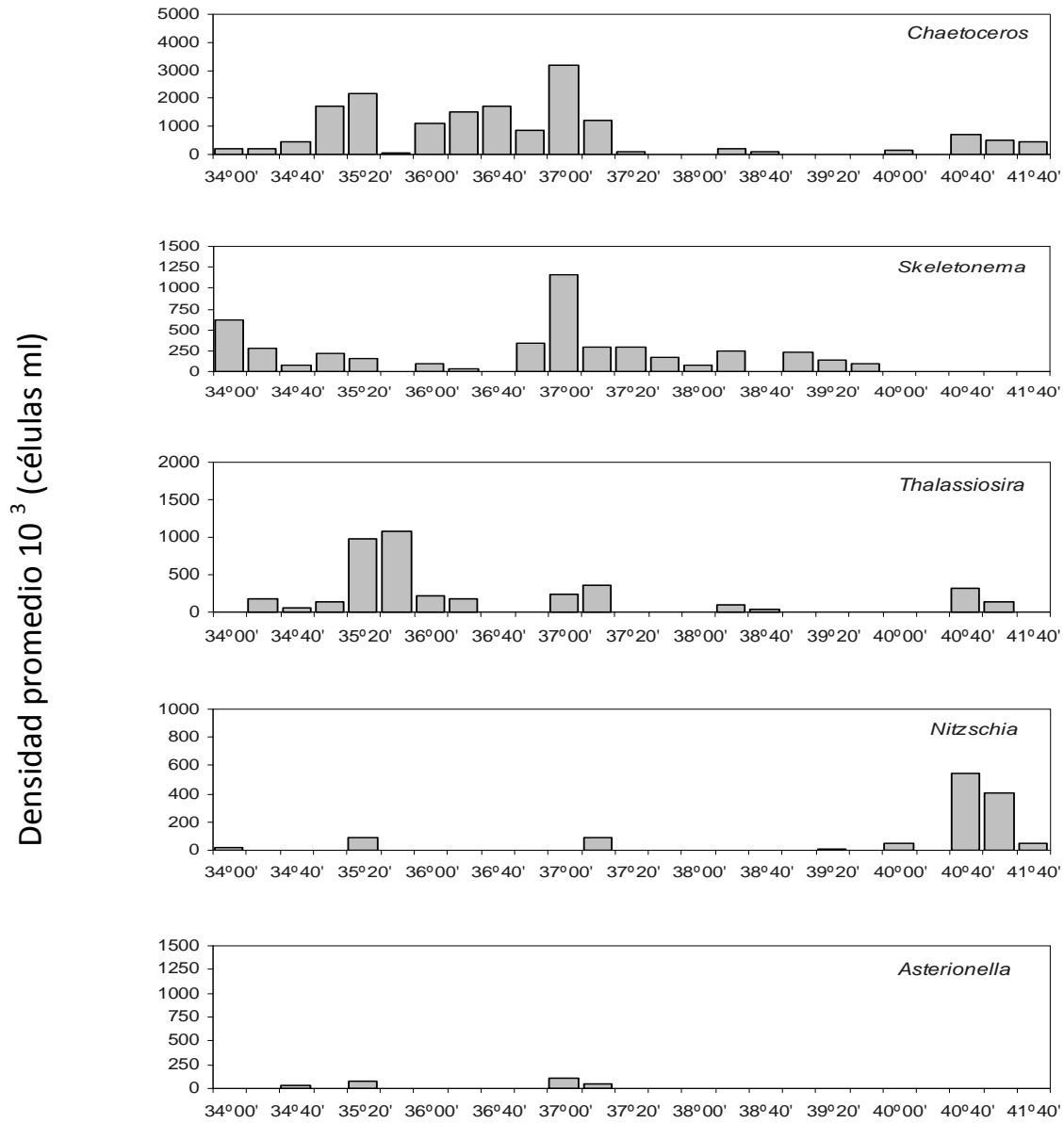


Figura 24. Variaci3n meridional (34°-41°40'S) de la densidad promedio del fitoplancton dominante en el 1rea de estudio. G3neros: *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Nitzschia* y *Asterionella*.

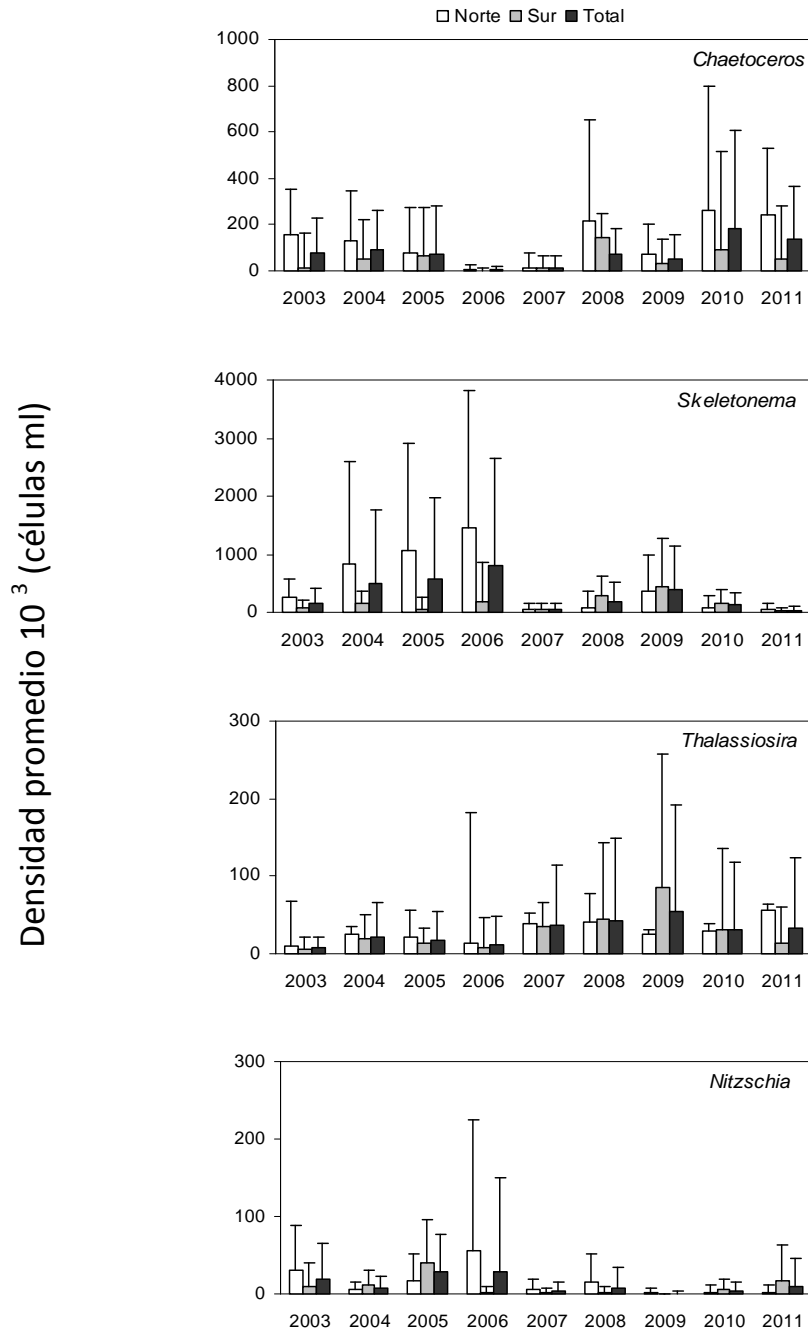


Figura 25. Comparaci3n interanual de la densidad promedio de diatomeas presentes en el 1rea de estudio para cada submuestras analizada. G3neros: *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Thalassiosira*, y *Nitzschia*.

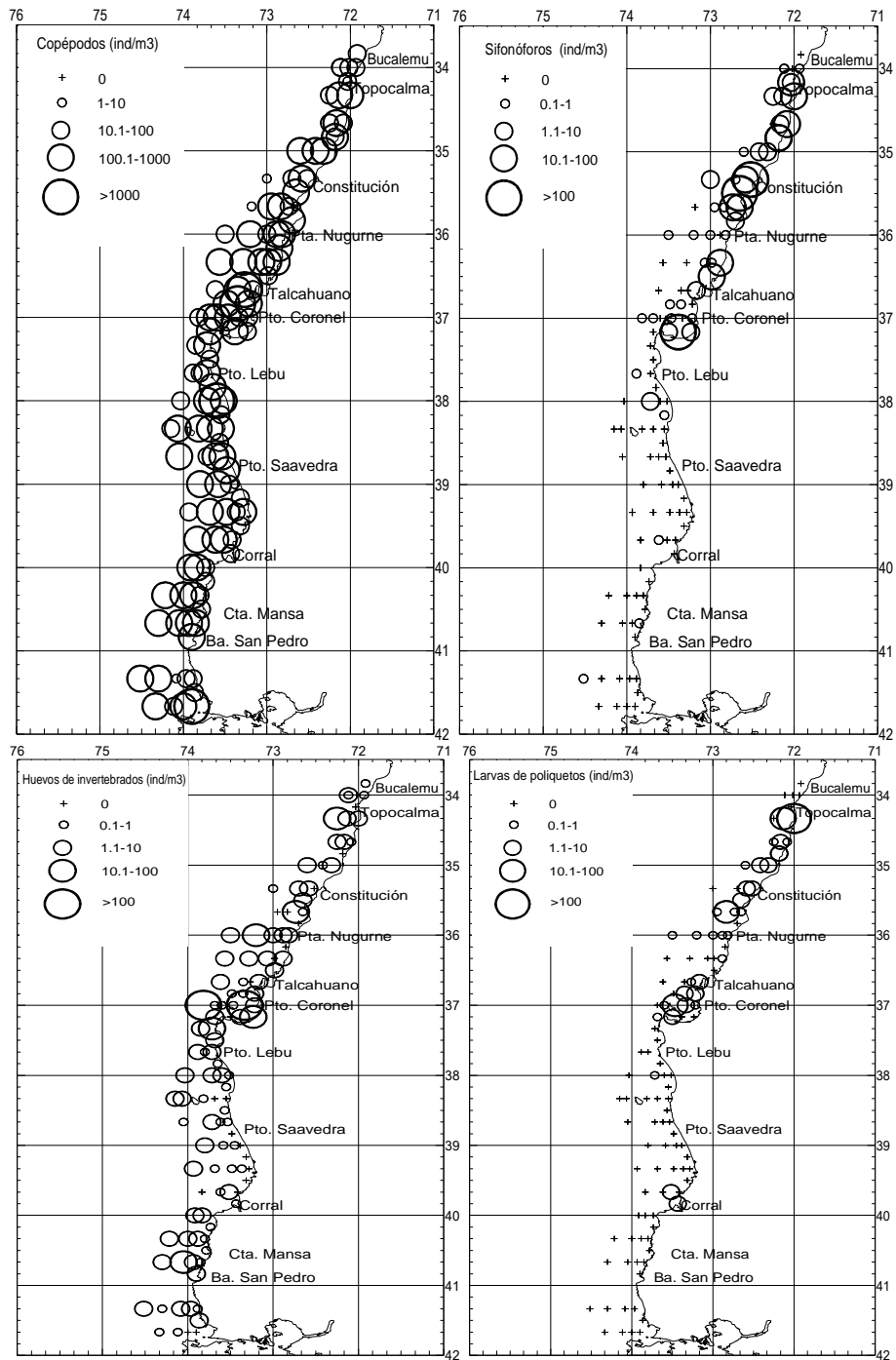


Figura 26. Distribución espacial de la densidad (ind m⁻³) de copépodos, sifonóforos, huevos de invertebrados y larvas de poliquetos presentes en el área y período de estudio.

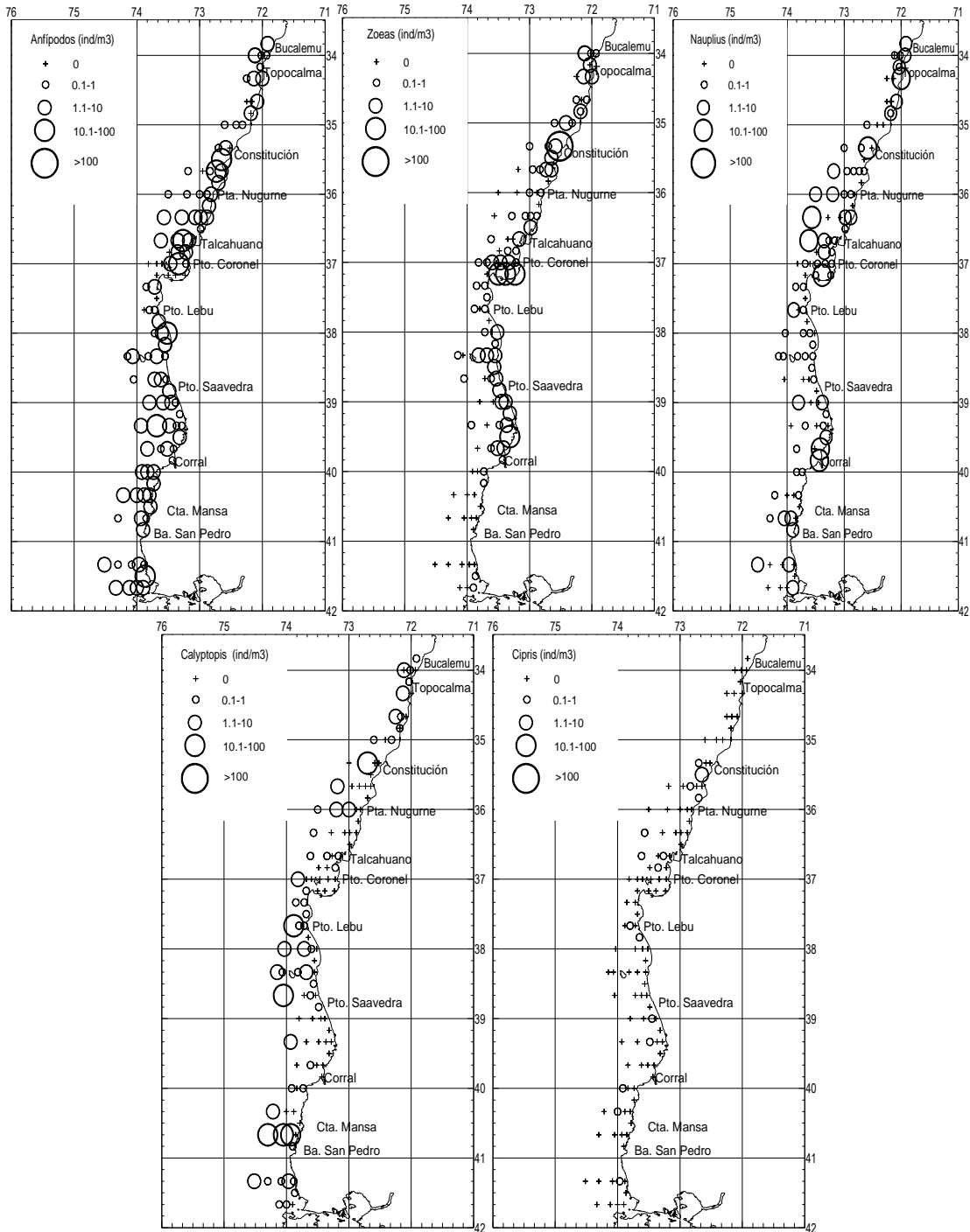


Figura 27. Distribuci3n espacial de la densidad (ind m⁻³) de anipodos, zoas, nauplius, Calyptopis y cipris presentes en el 1rea y perido de estudio.

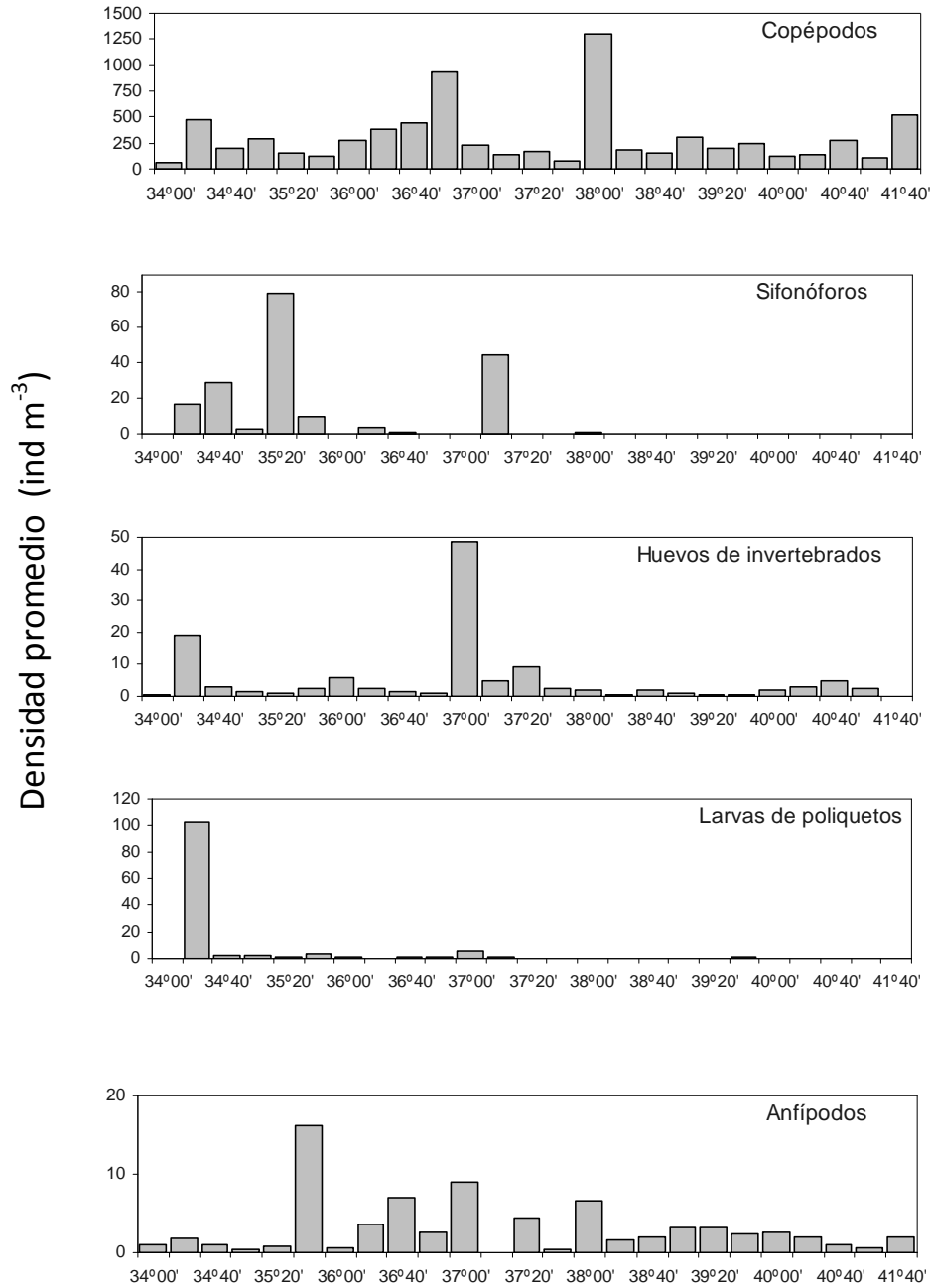


Figura 28. Variaci3n meridional de la densidad promedio (ind m⁻³) cop3podos, sifon3foros, huevos de invertebrados, larvas de poliquetos y anf3podos. Enero de 2011.

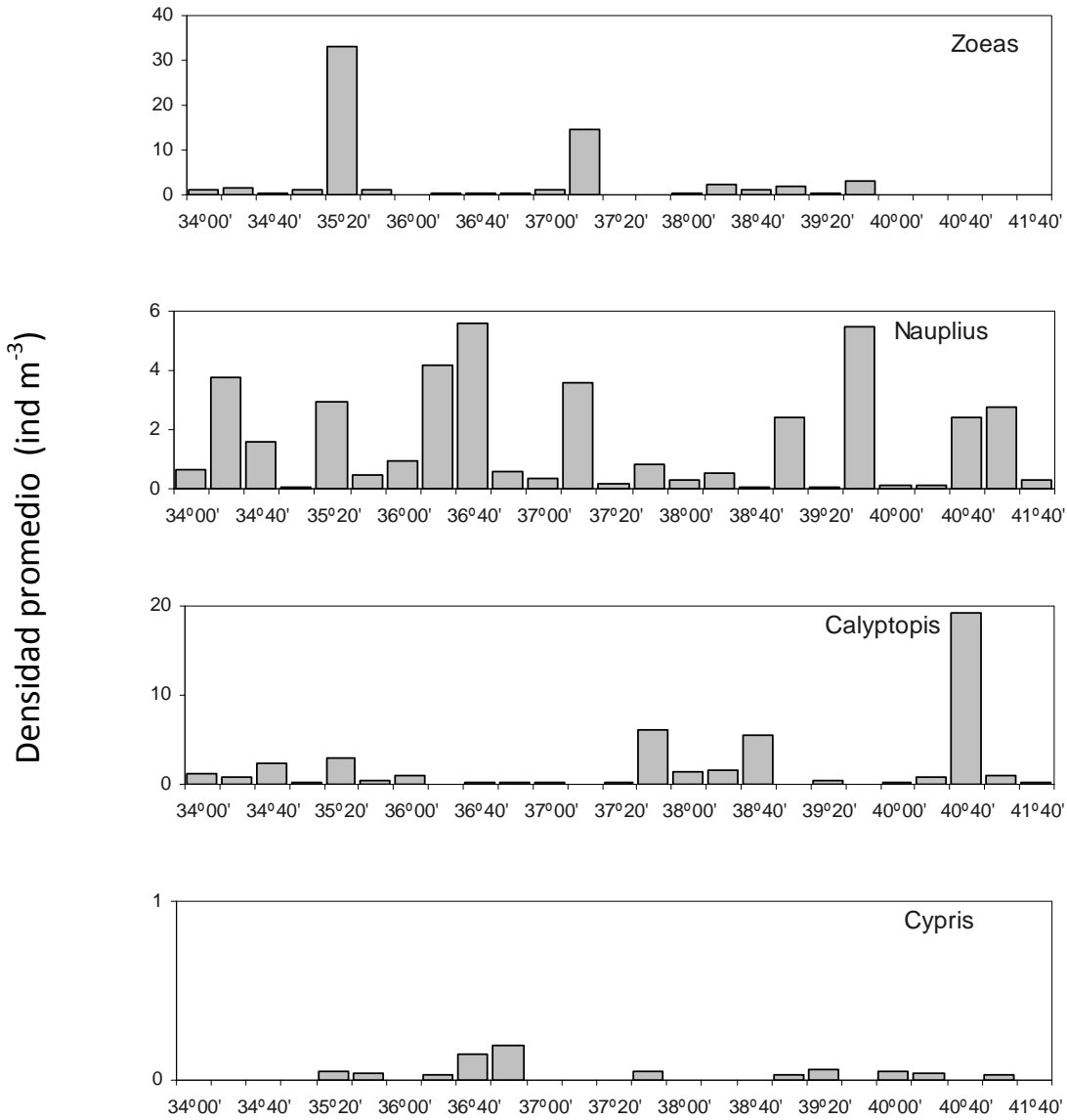


Figura 28. (...cont.). Variaci3n meridional de la densidad promedio (ind m⁻³) de zoeas, nauplius, calytopis y larvas cypris. Enero de 2011.

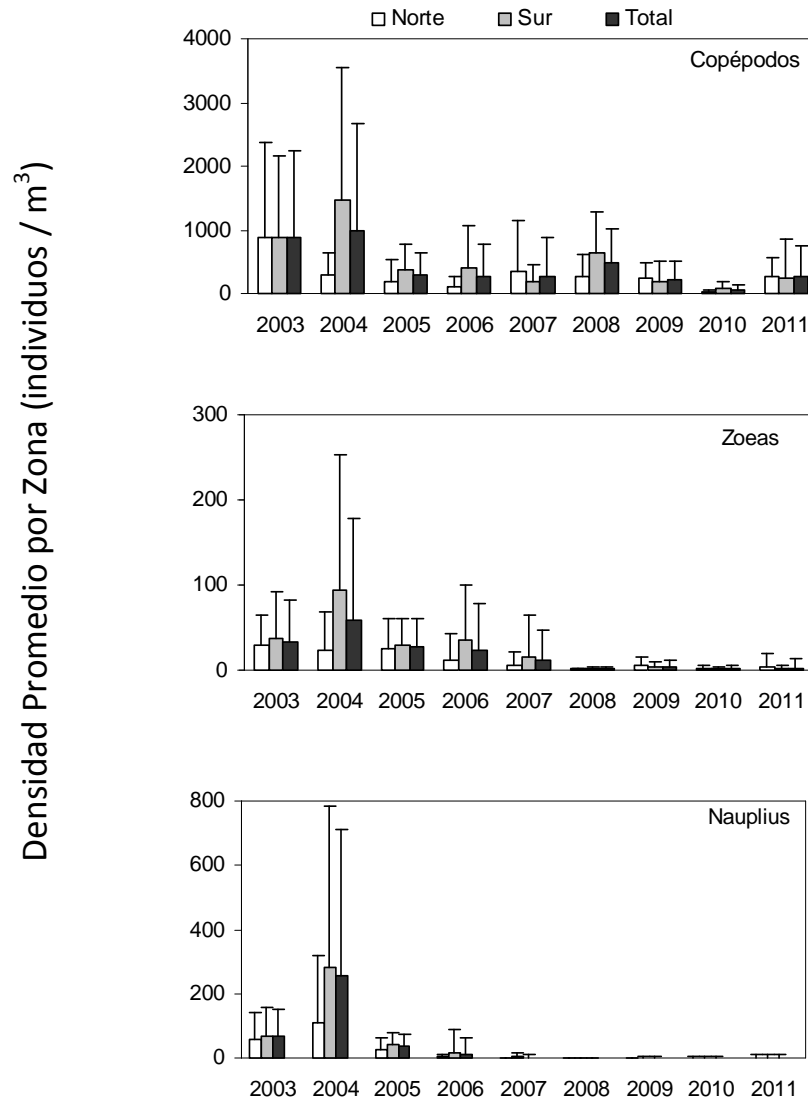


Figura 29. Comparaci3n entre a3os de la densidad promedio de grupos zooplanct3nicos considerados items alimentarios principales de sardina com3n y anchoveta en el 1rea de estudio (crucero Enero de 2002, ver Castillo *et al.*, 2003).

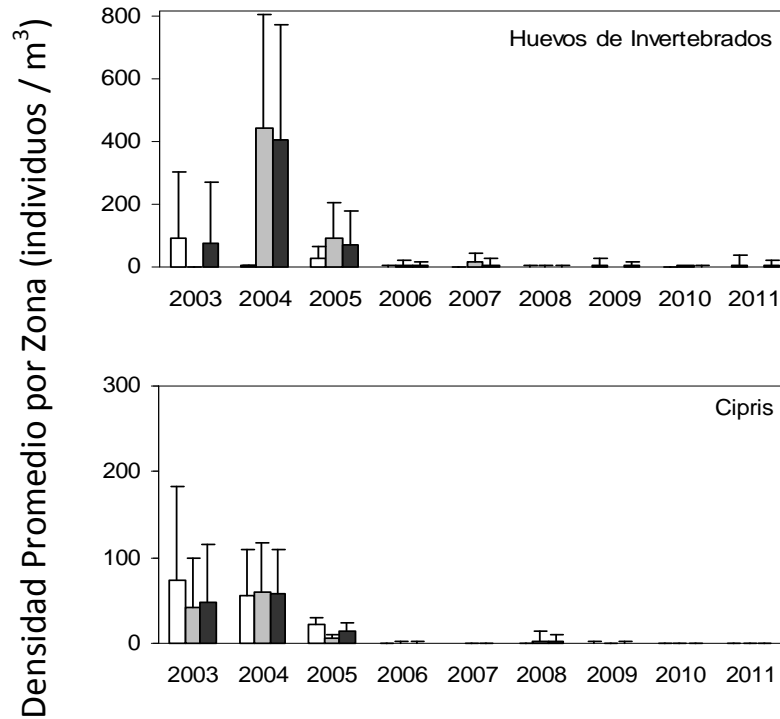


Figura 29. (...cont.). Comparaci3n entre a1os de la densidad promedio de grupos zooplanct3nicos considerados items alimentarios principales de sardina com3n y anchoveta en el 1rea de estudio (cruce Enero de 2002, ver Castillo *et al.*, 2003).

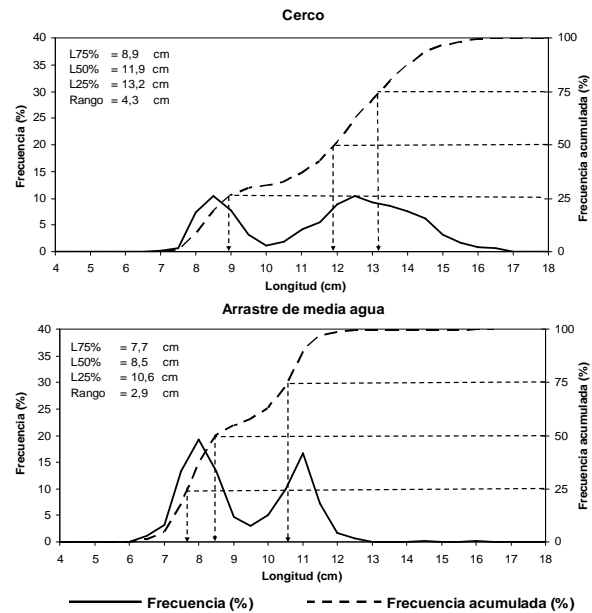


Figura 30. Estructura de tallas y ojivas de selectividad de sardina com3n obtenida en los lances de arrastre de media agua realizados por el B/C Abate Molina y los lances de cerco realizados por la L/M Ebenezer I entre la IX y X Regiones. Crucero RECLAS 1101.

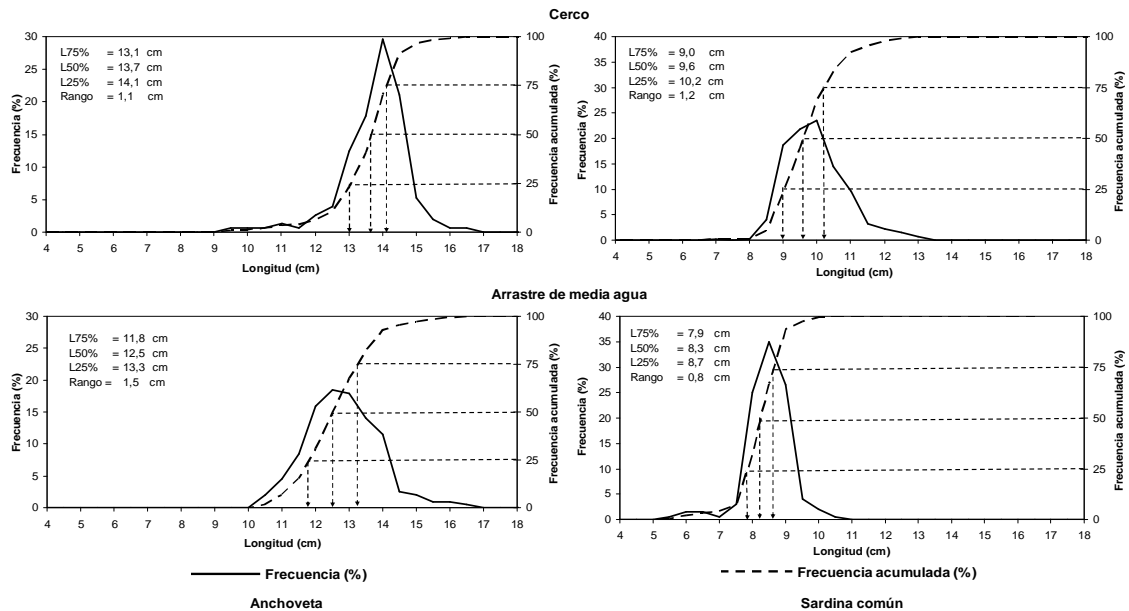


Figura 31. Estructura de tallas y ojivas de selectividad de anchoveta y sardina com3n obtenida en los lances de arrastre de media agua realizados por el B/C Abate Molina y los lances de cerco realizados por la L/M Doña Carmela entre la IX y X Regiones. Crucero RECLAS 1105.

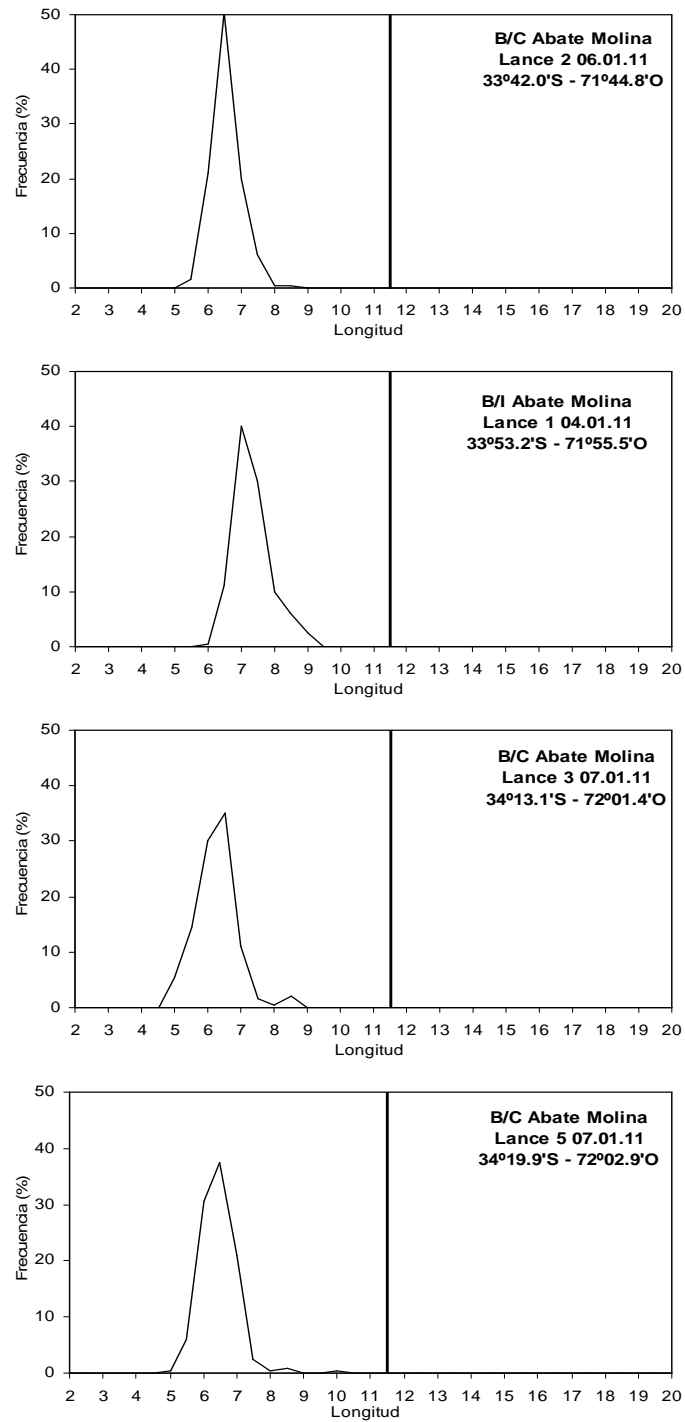


Figura 32. Estructura de tallas para sardina com3n, lances 2, 1, 3 y 5 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1101.

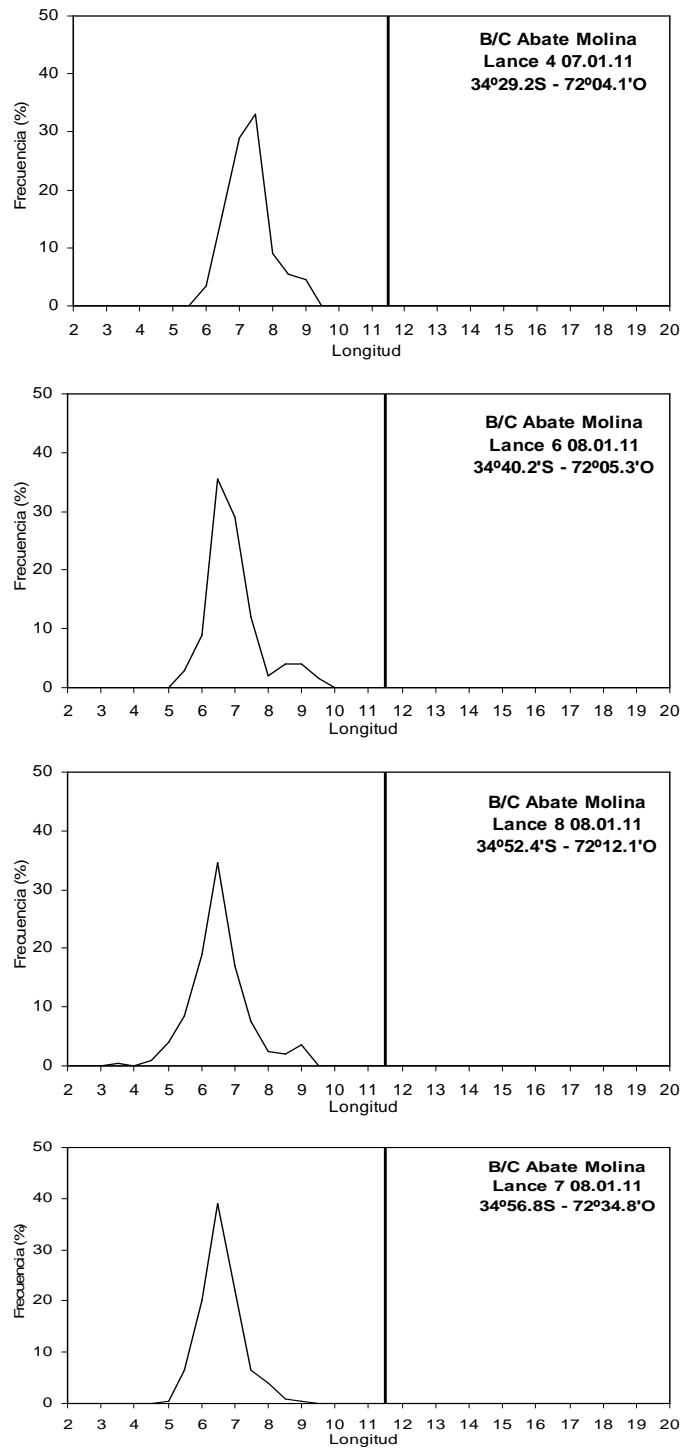


Figura 32. Cont. Estructuras de tallas para sardina com3n, lances 4, 6, 8 y 7 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1101.

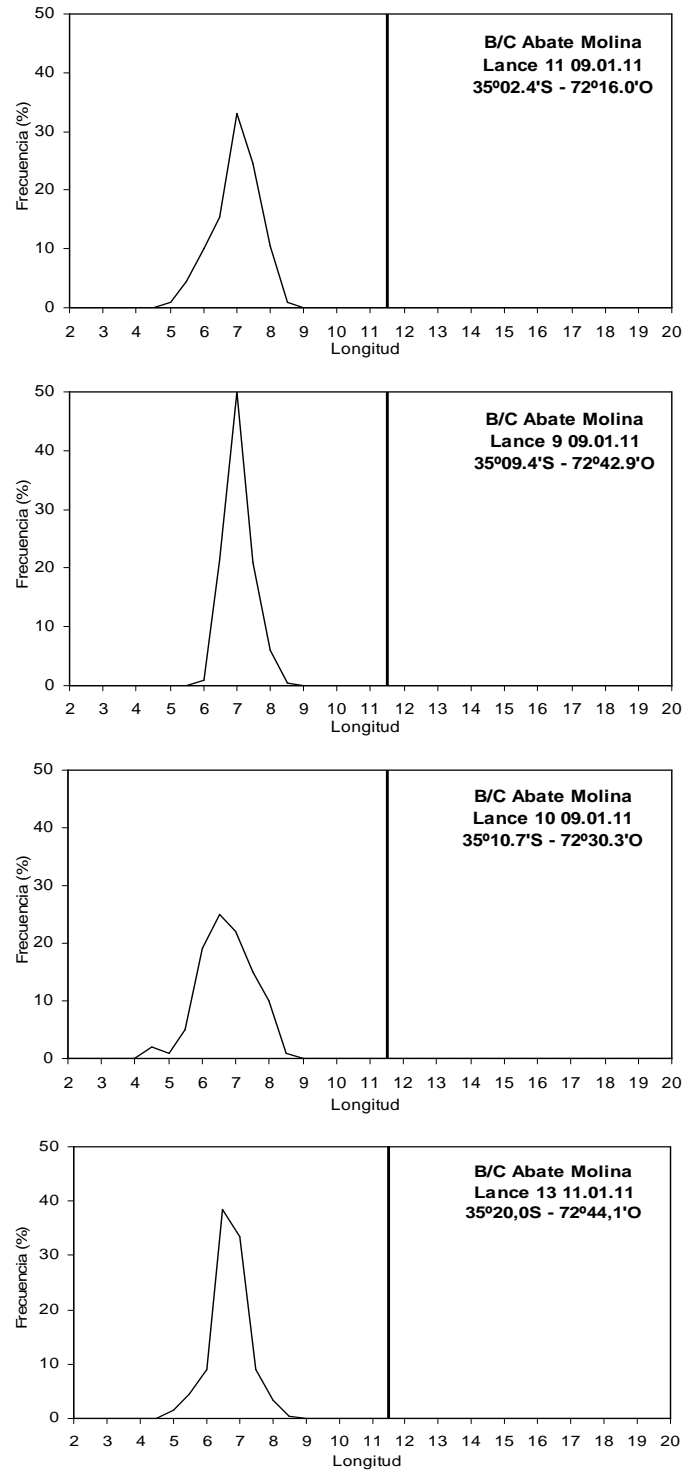


Figura 32. Cont. Estructura de tallas para sardina com3n, lances 11, 9, 10 y 13 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1101.

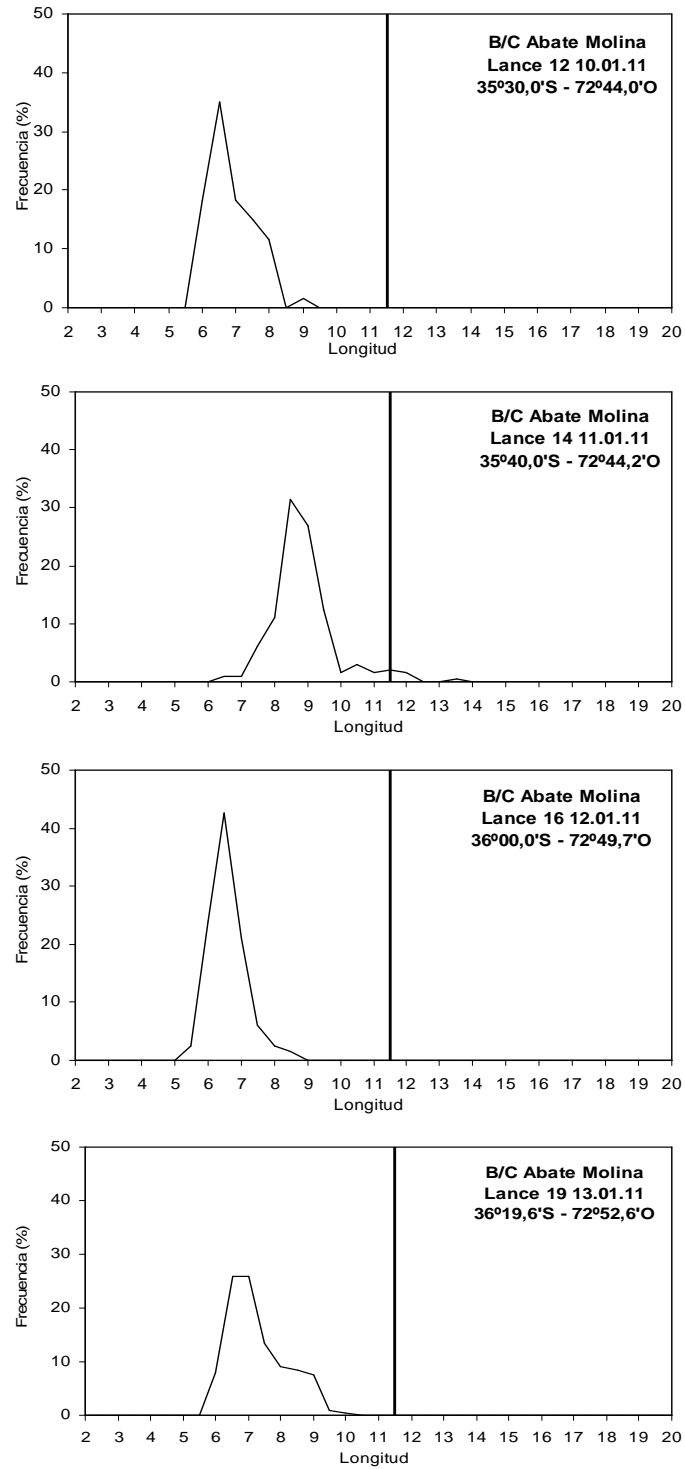


Figura 32. Cont. Estructura de tallas para sardina com3n, lances 12, 14, 16 y 19 realizados por el B/B Abate Molina. Crucero RECLAS 1101.

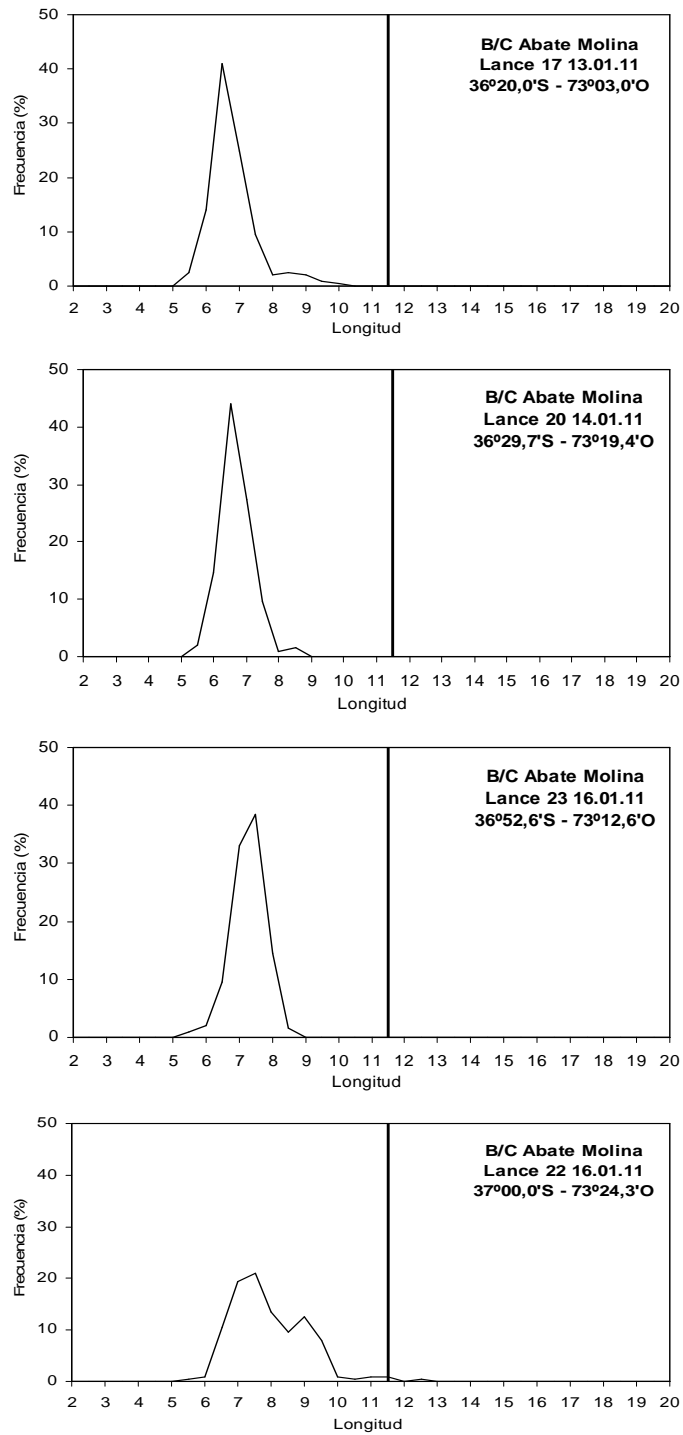


Figura 32. Cont. Estructura de tallas para sardina común, lances 17, 20, 23 y 22 realizados por el B/B Abate Molina. Crucero RECLAS 1101.

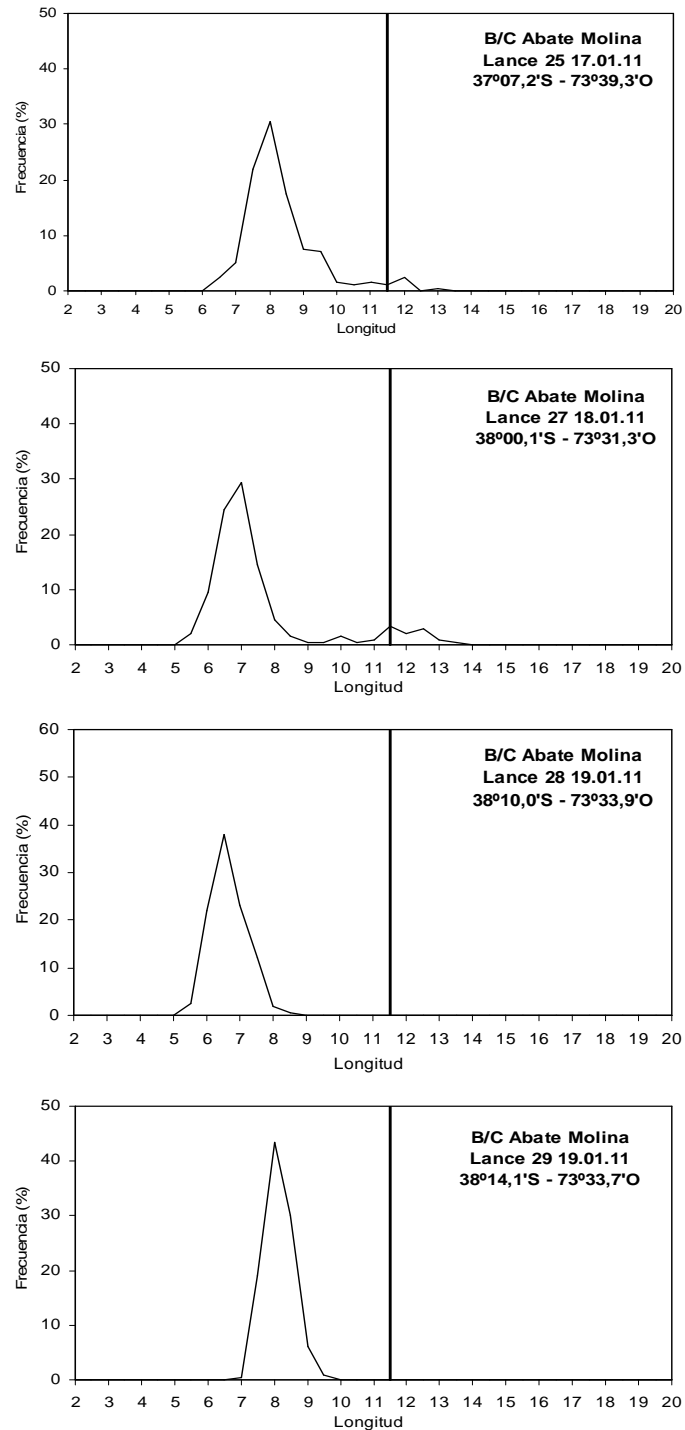


Figura 32. Cont. Estructura de tallas para sardina común, lances 25, 27, 28 y 29 realizados por el B/B Abate Molina. Crucero RECLAS 1101.

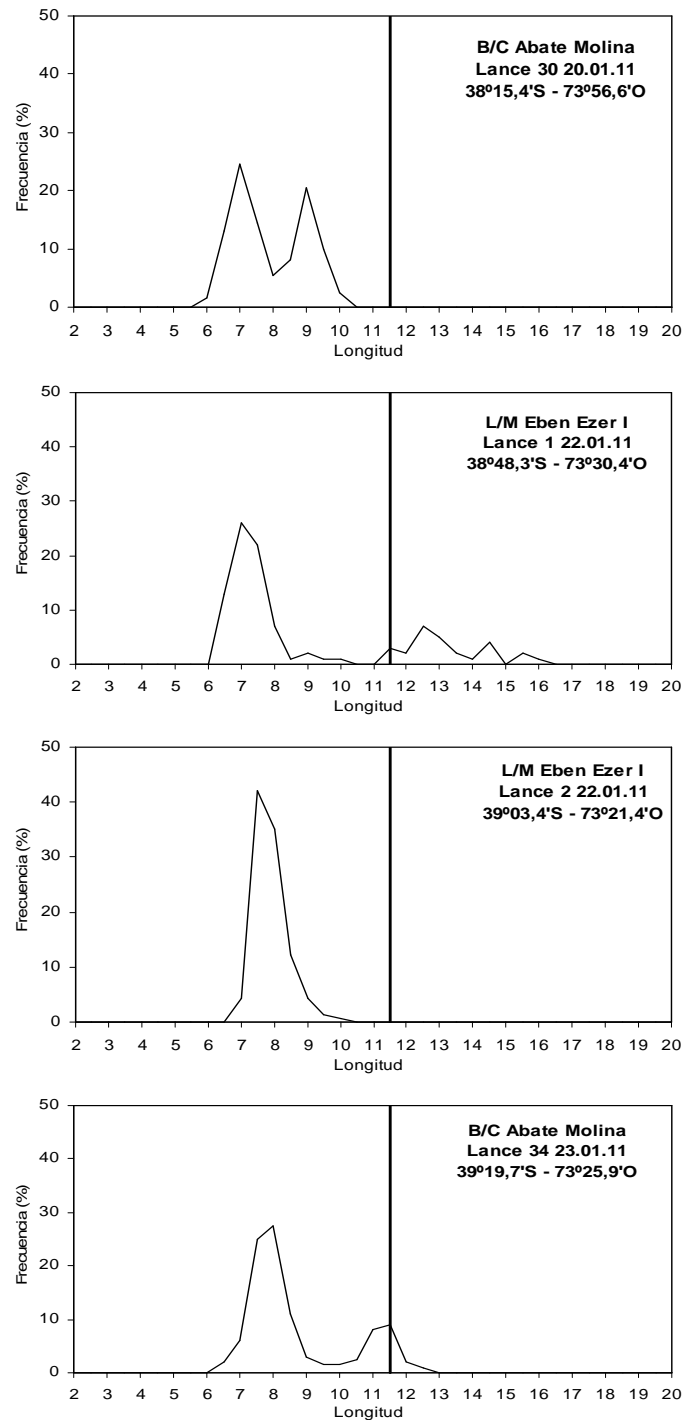


Figura 32. Cont. Estructura de tallas para sardina com3n, lances 30 y 34 realizados por el B/C Abate Molina y lances 1 y 2 realizados por la L/M Ebenezer I. Crucero RECLAS 1101.

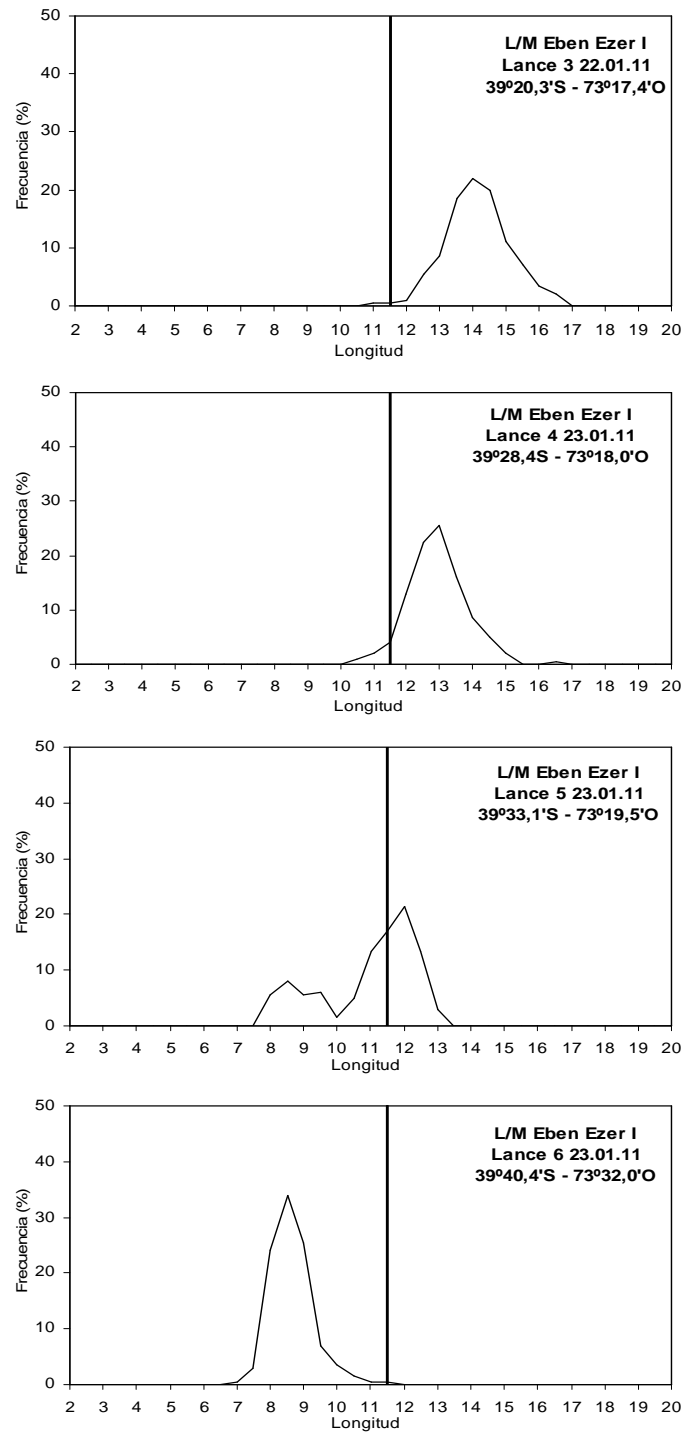


Figura 32. Cont. Estructura de tallas para sardina com3n, lances 3, 4, 5 y 6 realizados por la L/M Ebenezer I. Crucero RECLAS 1101.

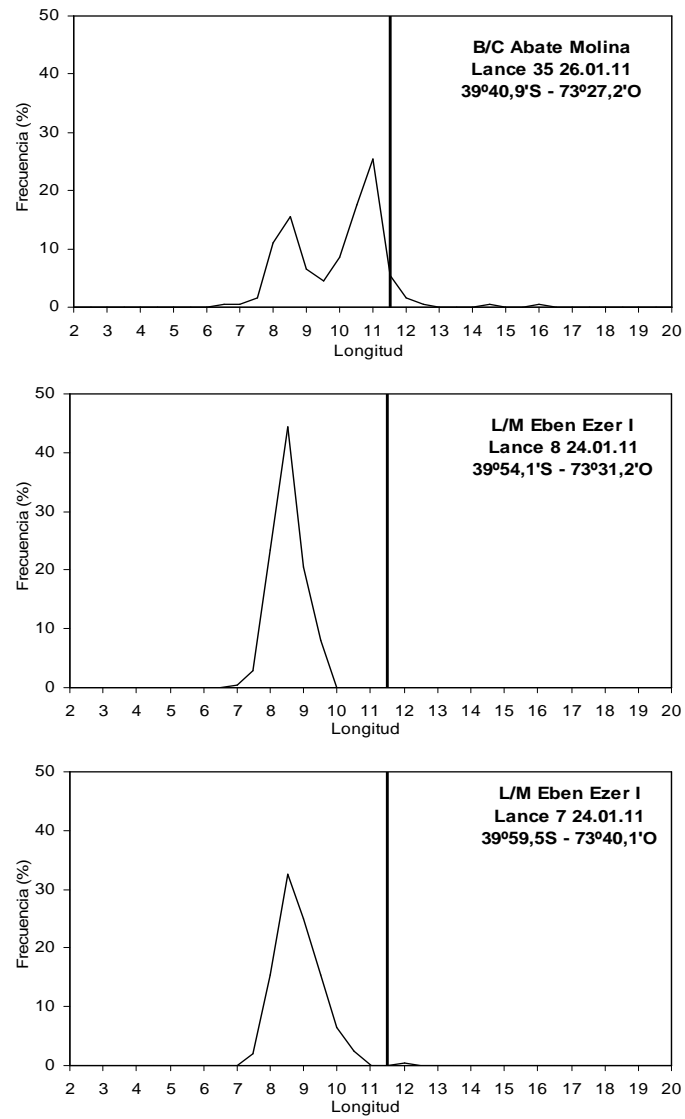


Figura 32. Cont. Estructura de tallas para sardina com3n, lance 35 realizado por el B/C Abate Molina y lances 6, 7 y 8 realizados por la L/M Ebenezer I. Crucero RECLAS 1101.

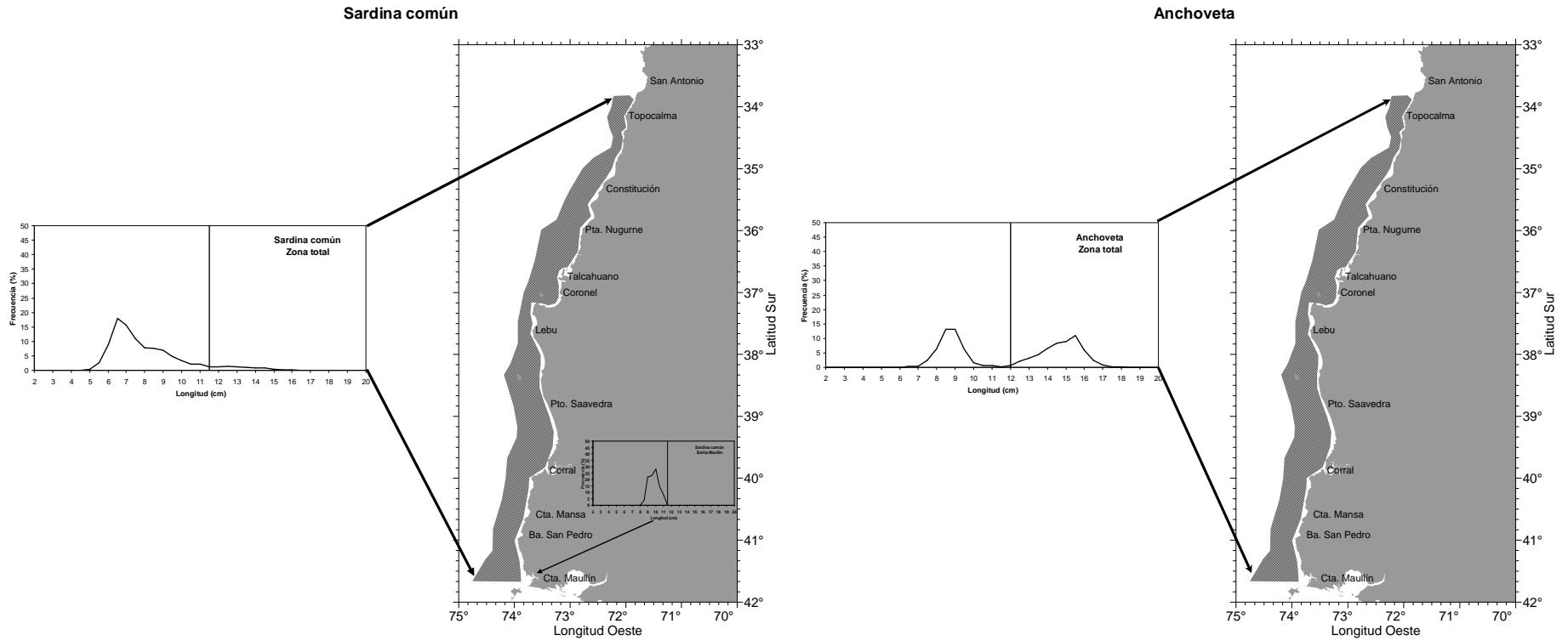


Figura 33. Estructura de talla para sardina com3n y anchoveta, zona total de estudio. Sardina com3n incluye informaci3n de lances de pesca realizados en la bah3a de Maull3n (X Regi3n) por embarcaciones artesanales que operan exclusivamente en la zona. Crucero RECLAS 1101.

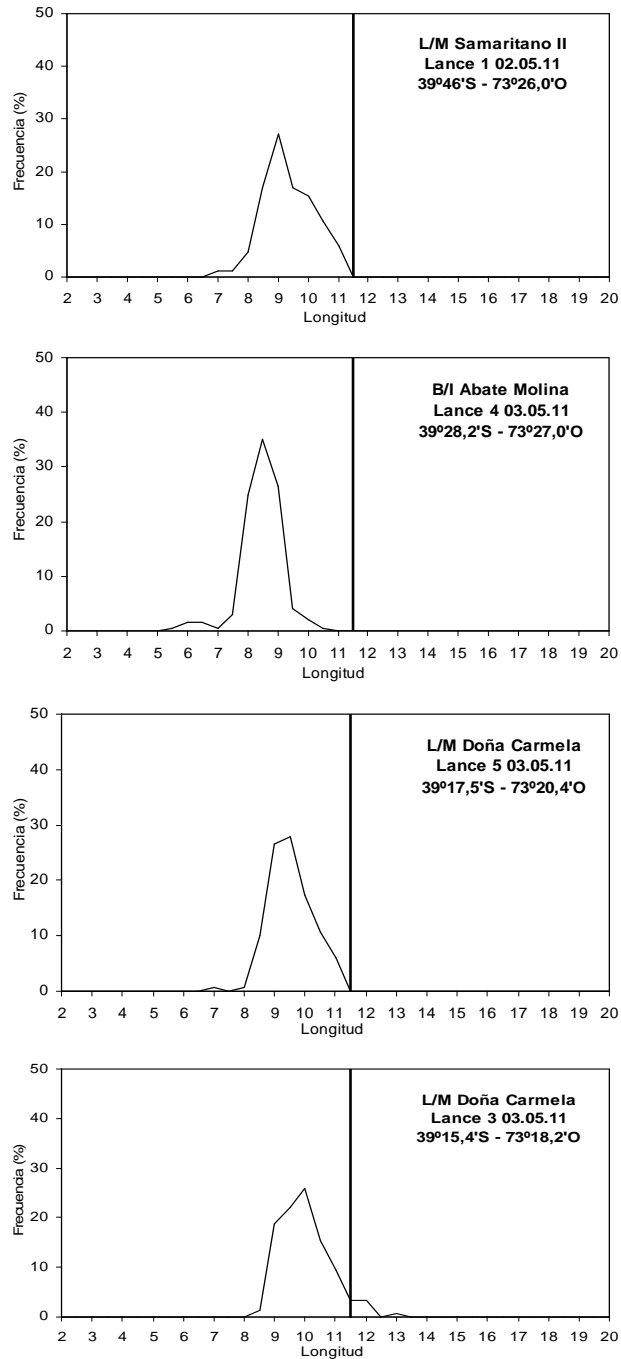


Figura 34. Distribuci3n de tallas sardina com3n zona total. Lance 4 realizado por el B/C Abate Molina, lance 1 realizado por la L/M Samaritano II y lances 5 y 3 realizados por la L/M Doña Carmela. Crucero RECLAS 1105.

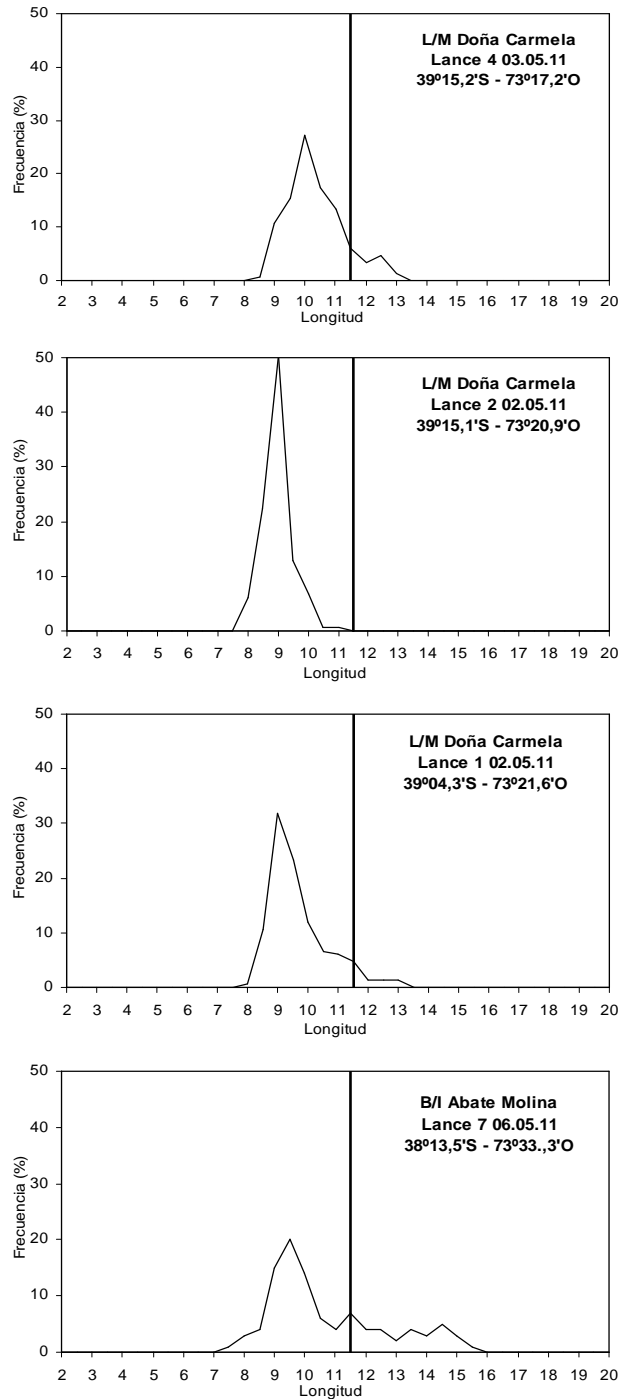


Figura 34. Cont. Distribuci3n de tallas sardina com3n zona total. Lance 7 realizado por el B/C Abate Molina y lances 1, 2 y 4 realizados por la L/M Doña Carmela. Crucero RECLAS 1105.

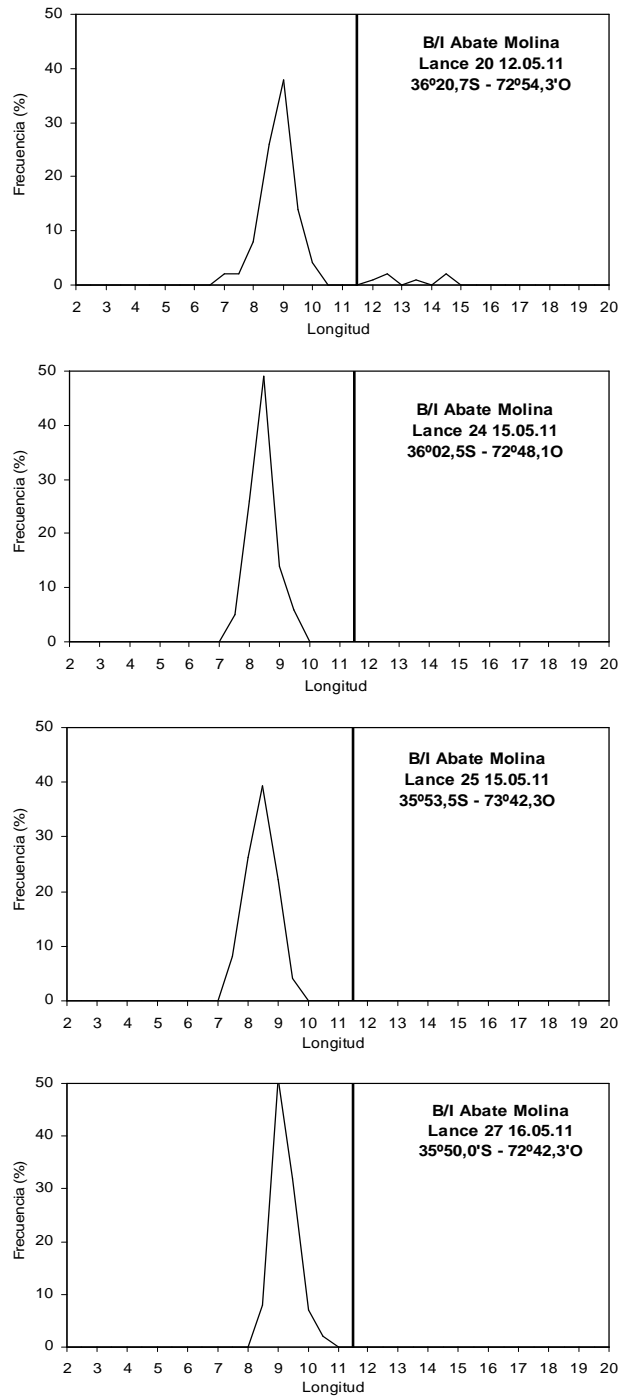


Figura 34. Cont. Distribuci3n de tallas sardina com3n zona total. Lances 20, 24, 25 y 27 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.

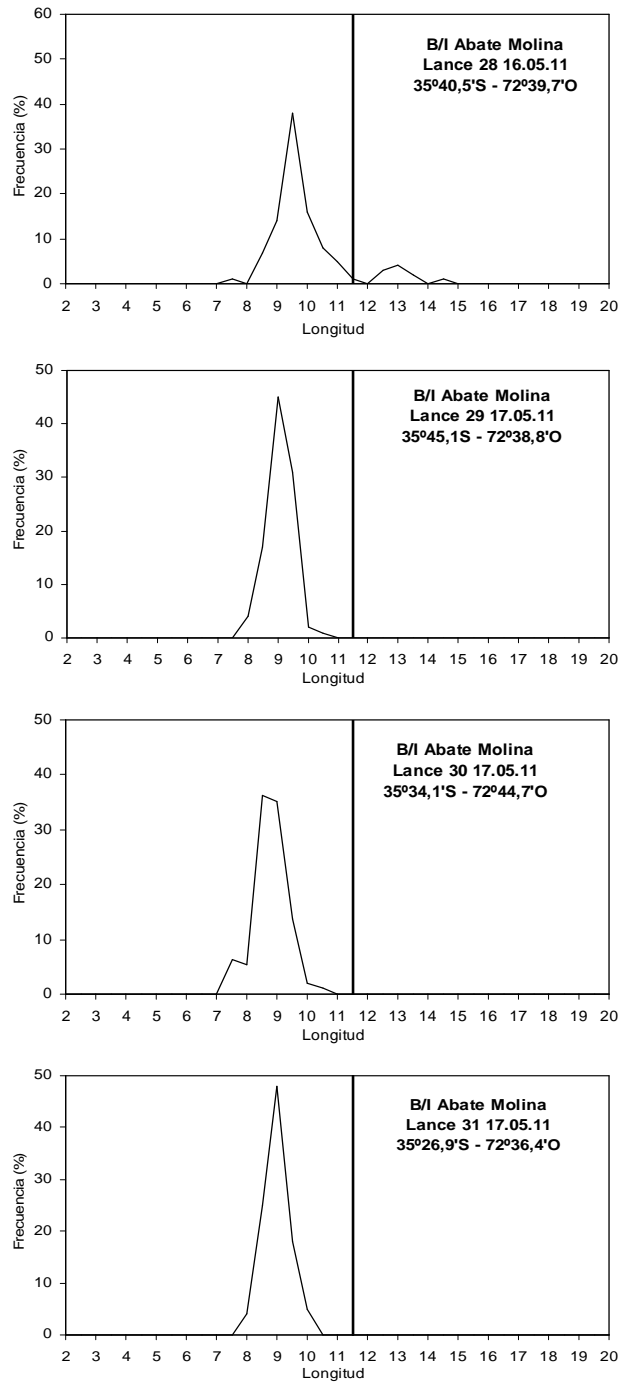


Figura 34. Cont. Distribuci3n de tallas sardina com3n zona total. Lances 28, 29, 30 y 31 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.

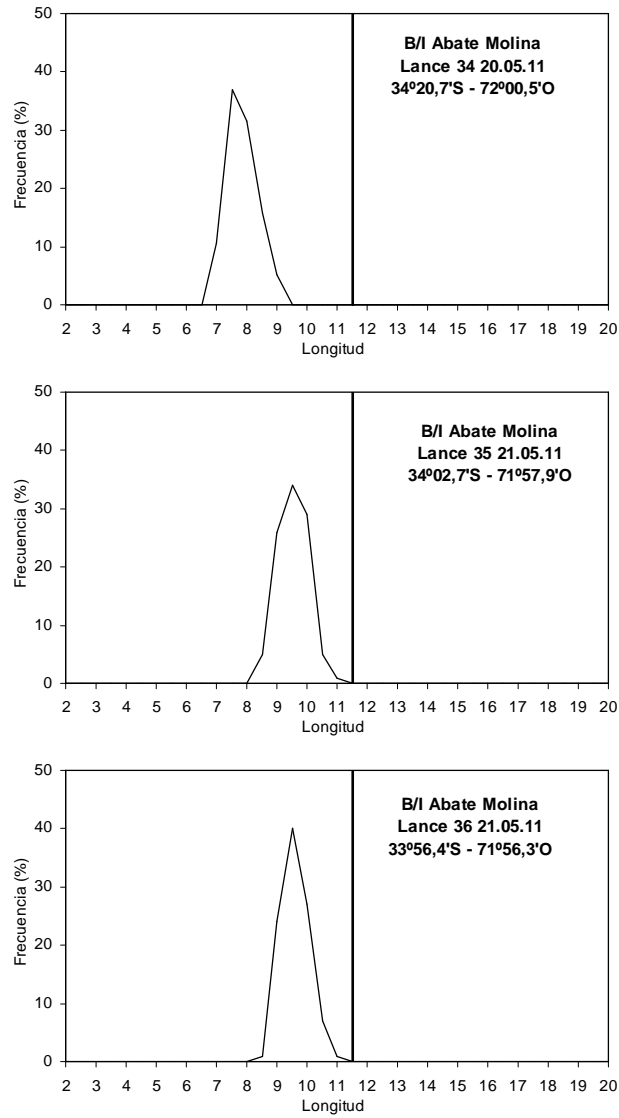


Figura 34. Cont. Distribuci3n de tallas sardina com3n zona total. Lances 34, 35 y 36 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.

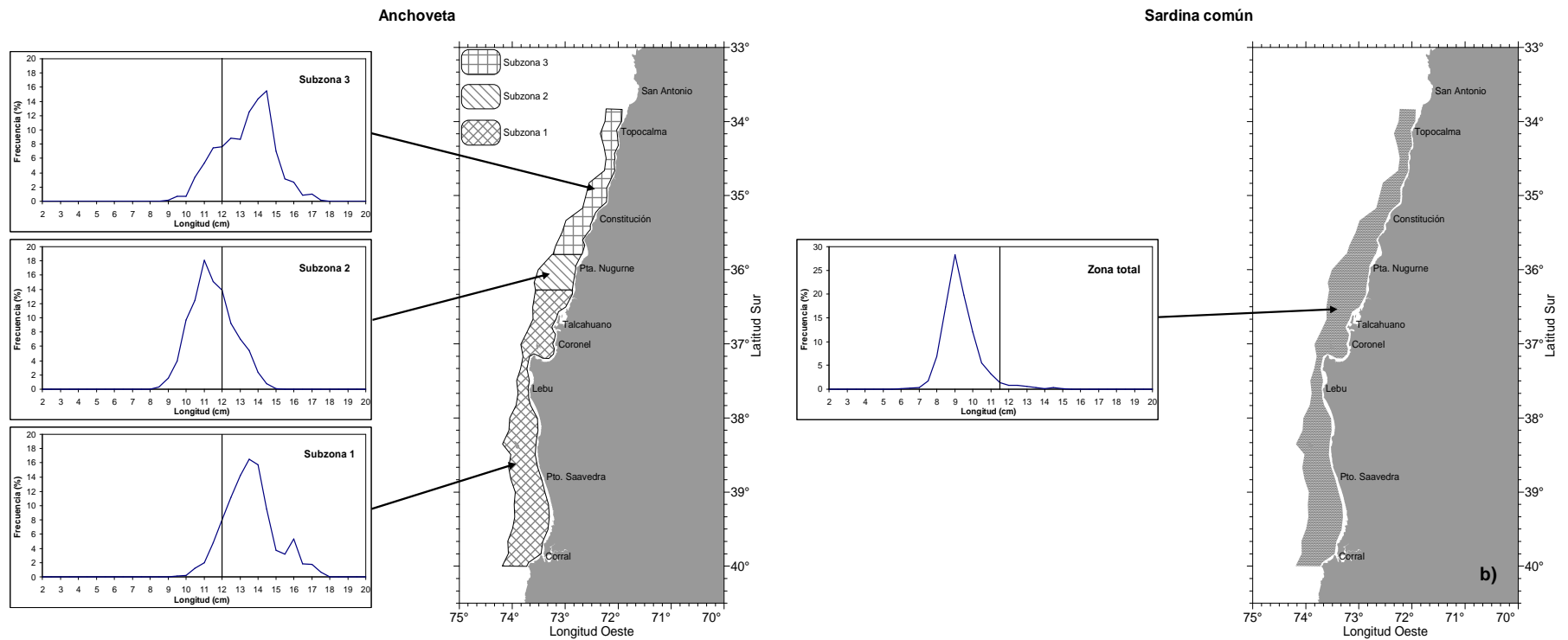


Figura 35. Estructuras de talla para anchoveta por subzonas y para sardina com3n zona total de estudio. Crucero RECLAS 1105.

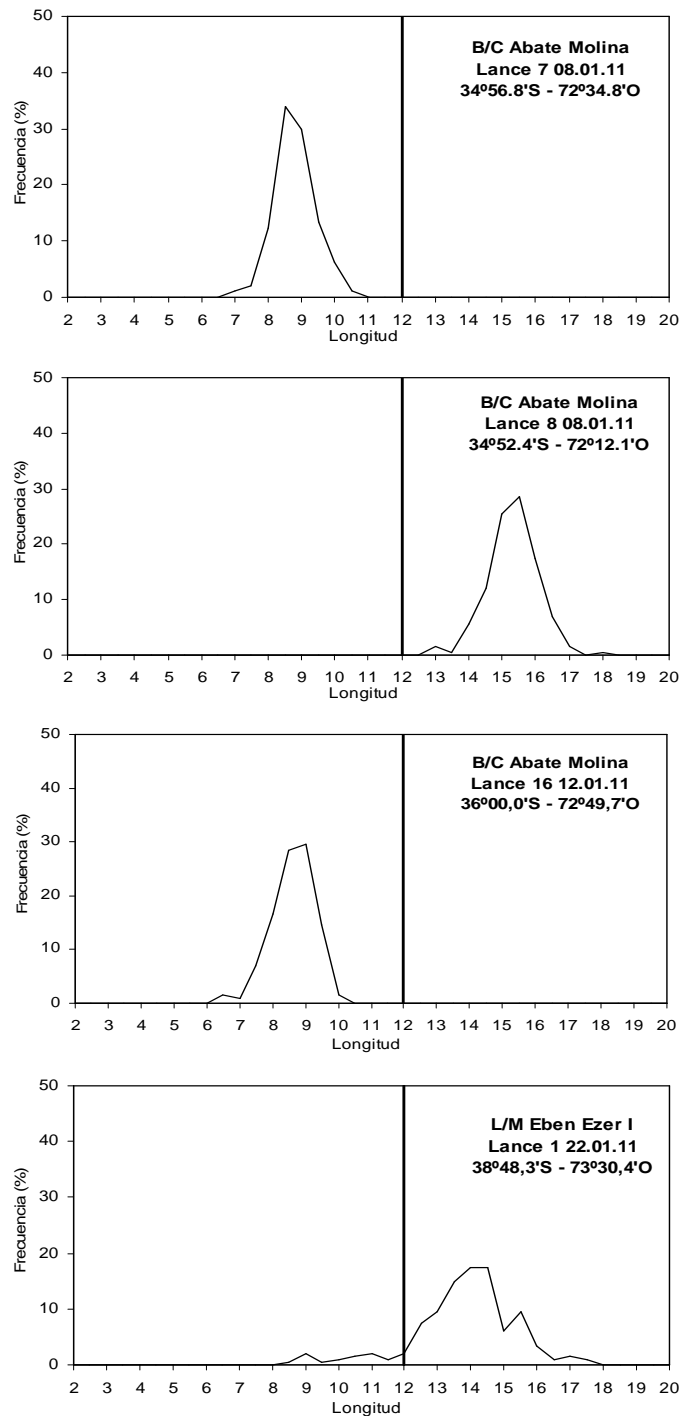


Figura 36. Estructura de tallas para anchoveta, lances 7, 8 y 16 realizados por el B/C Abate Molina y lance 1 realizado por la L/M Ebenezer I. Crucero RECLAS 1101.

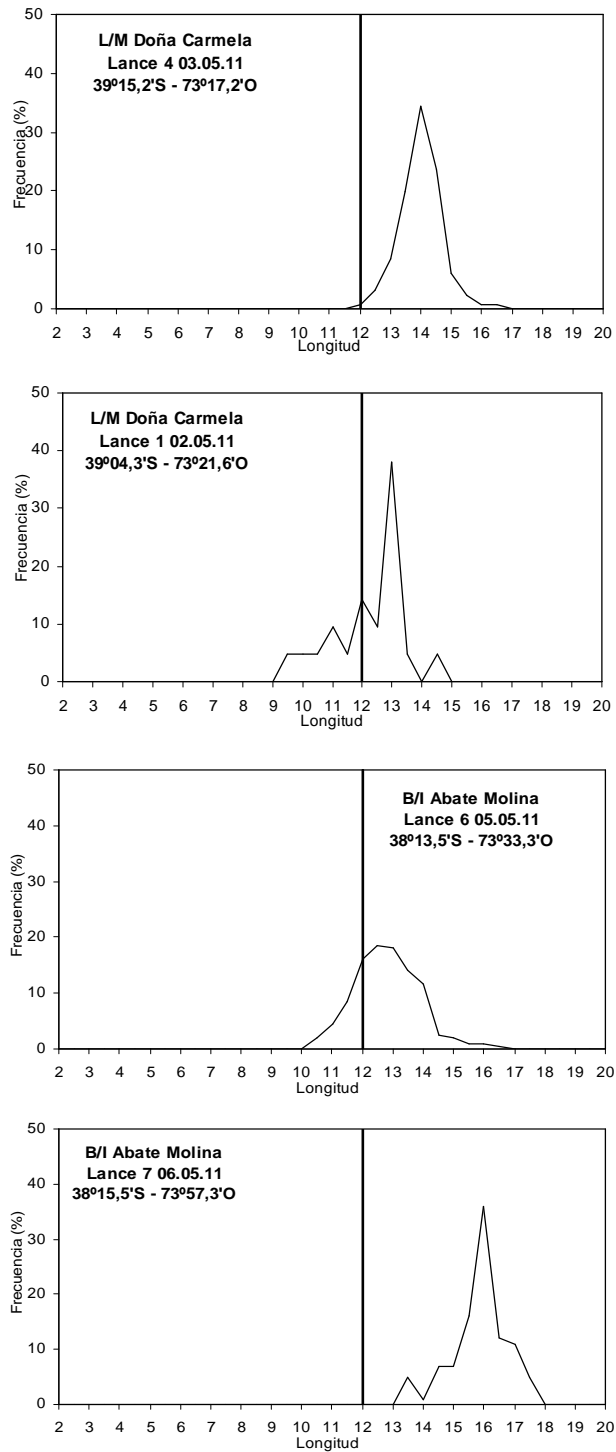


Figura 37. Distribución de tallas anchoveta subzona 1. Lances 6 y 7 realizados por el B/C Abate Molina y lances 1 y 4 realizados por la L/M Doña Carmela. Crucero RECLAS 1105.

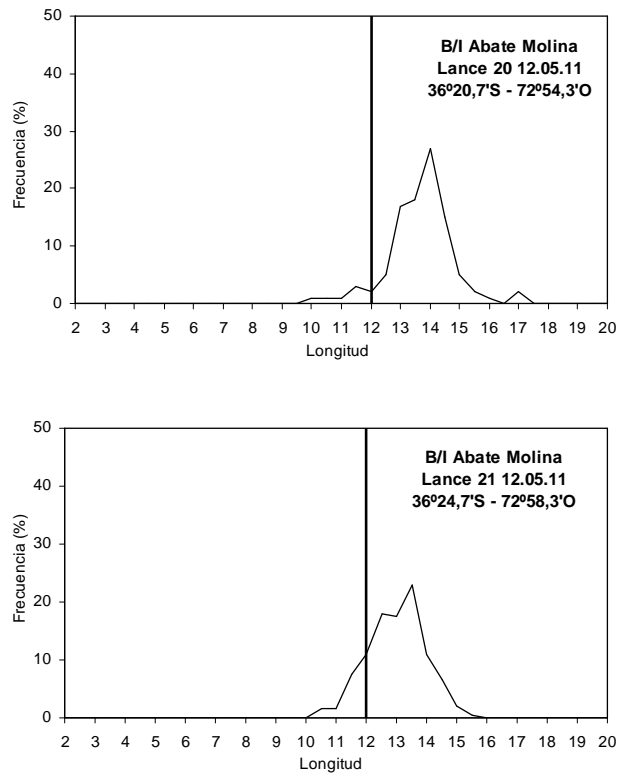


Figura 37. Cont. Distribución de tallas anchoveta subzona 1. Lances 20 y 21 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.

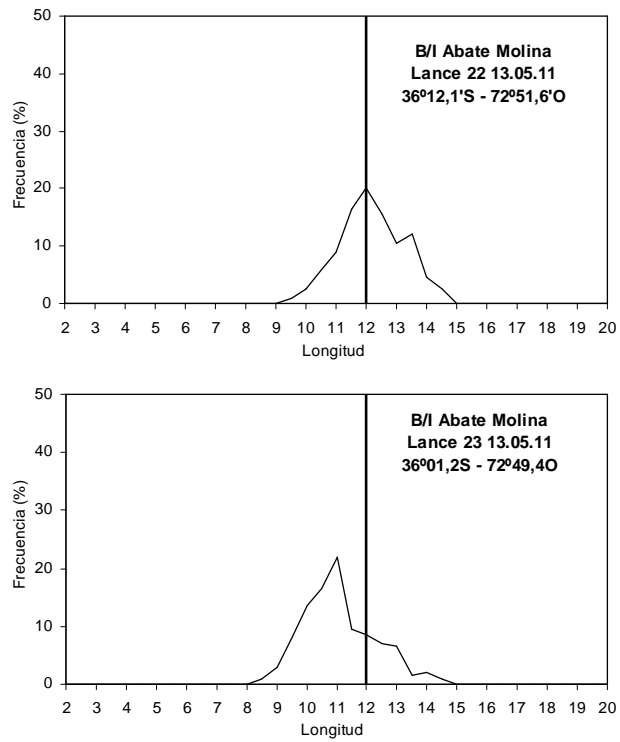


Figura 38. Distribuci3n de tallas anchoveta subzona 2. Lances 22 y 23 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.

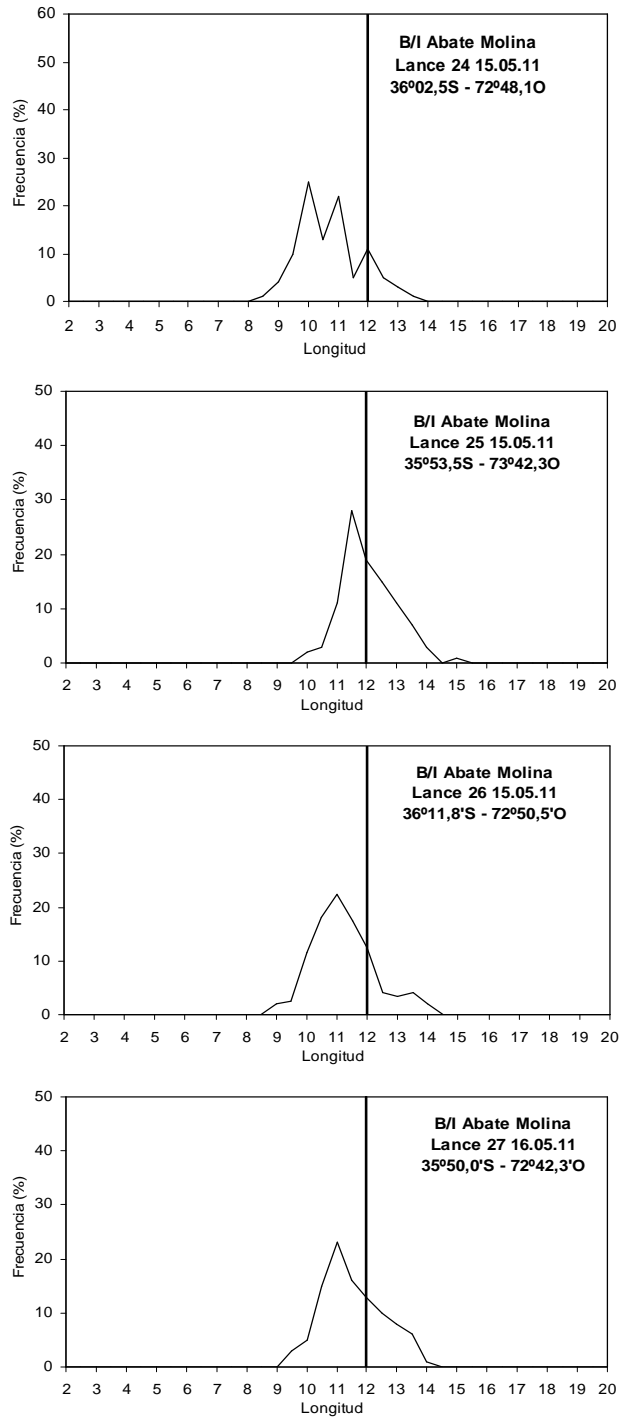


Figura 38. Cont. Distribución de tallas anchoveta subzona 2. Lances 24, 25, 26 y 27 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.

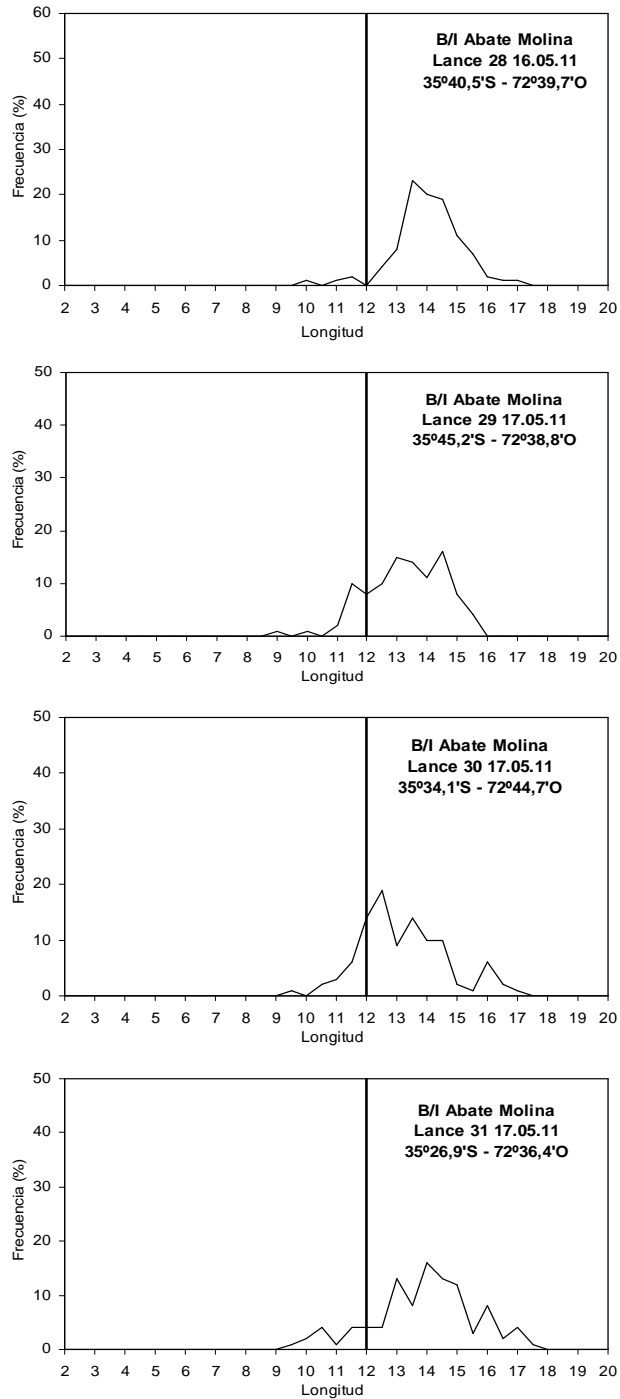


Figura 39. Distribución de tallas anchoveta subzona 3. Lances 28, 29, 30 y 31 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.

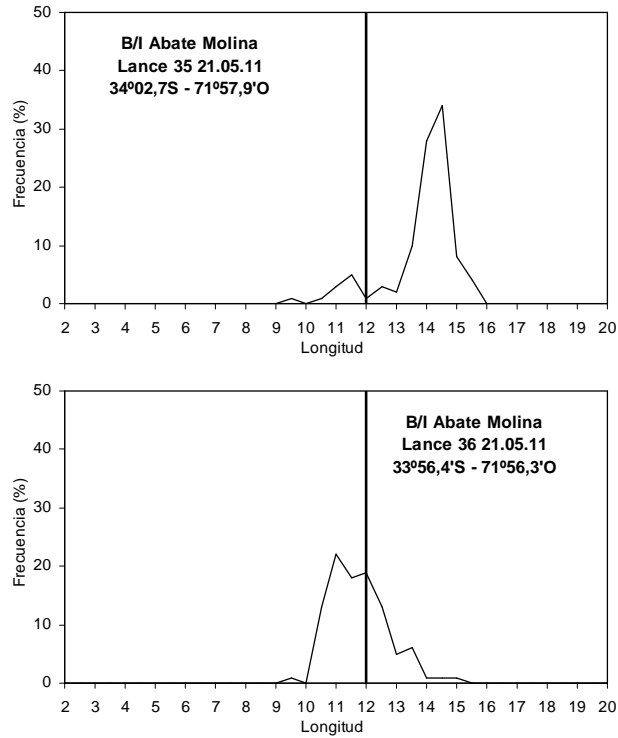


Figura 39. Cont. Distribución de tallas anchoveta subzona 3. Lances 35 y 36 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.

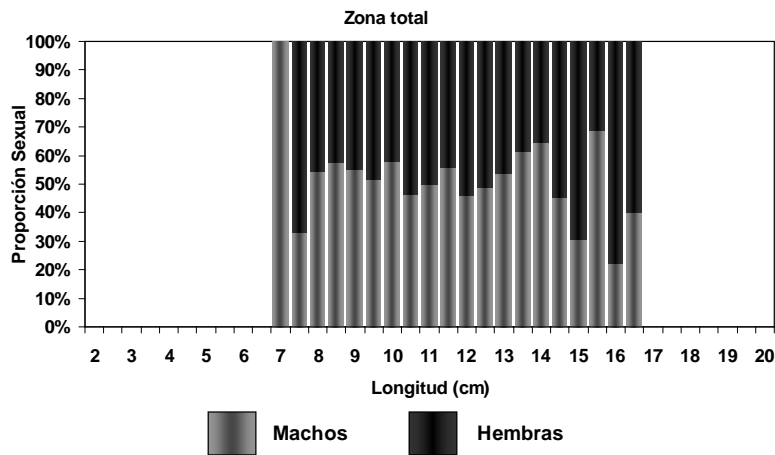


Figura 40. Proporción sexual de sardina común para la zona total de estudio. Crucero RECLAS 1101.

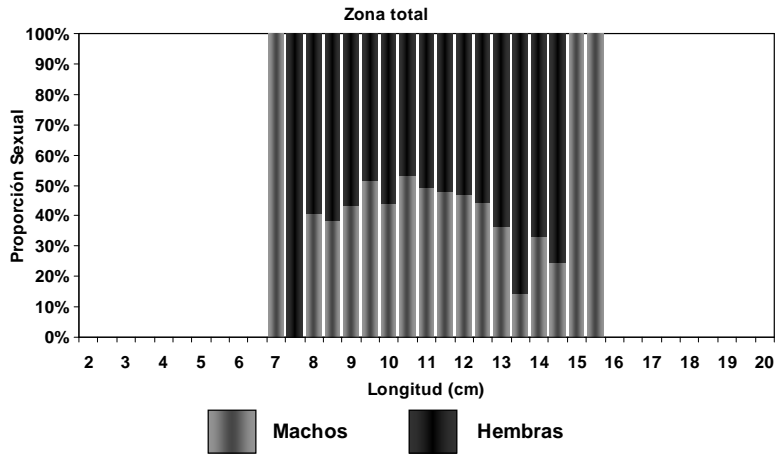


Figura 41. Proporci3n sexual de sardina com3n para la zona total de estudio. Crucero RECLAS 1105.

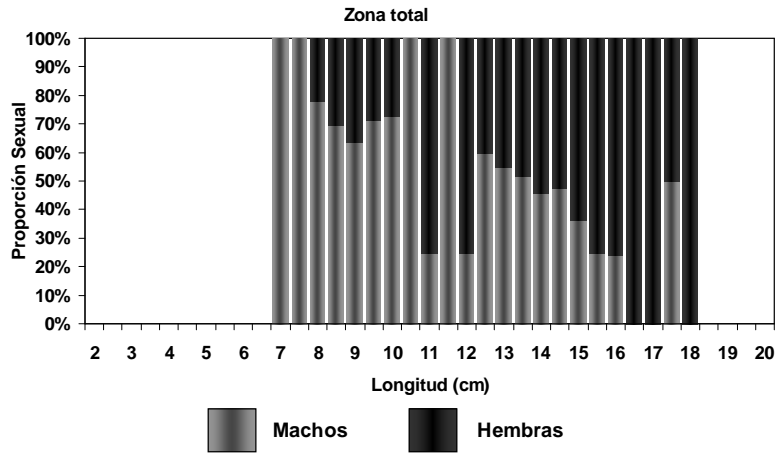


Figura 42. Proporci3n sexual de anchoveta para la zona total de estudio. Crucero RECLAS 1101.

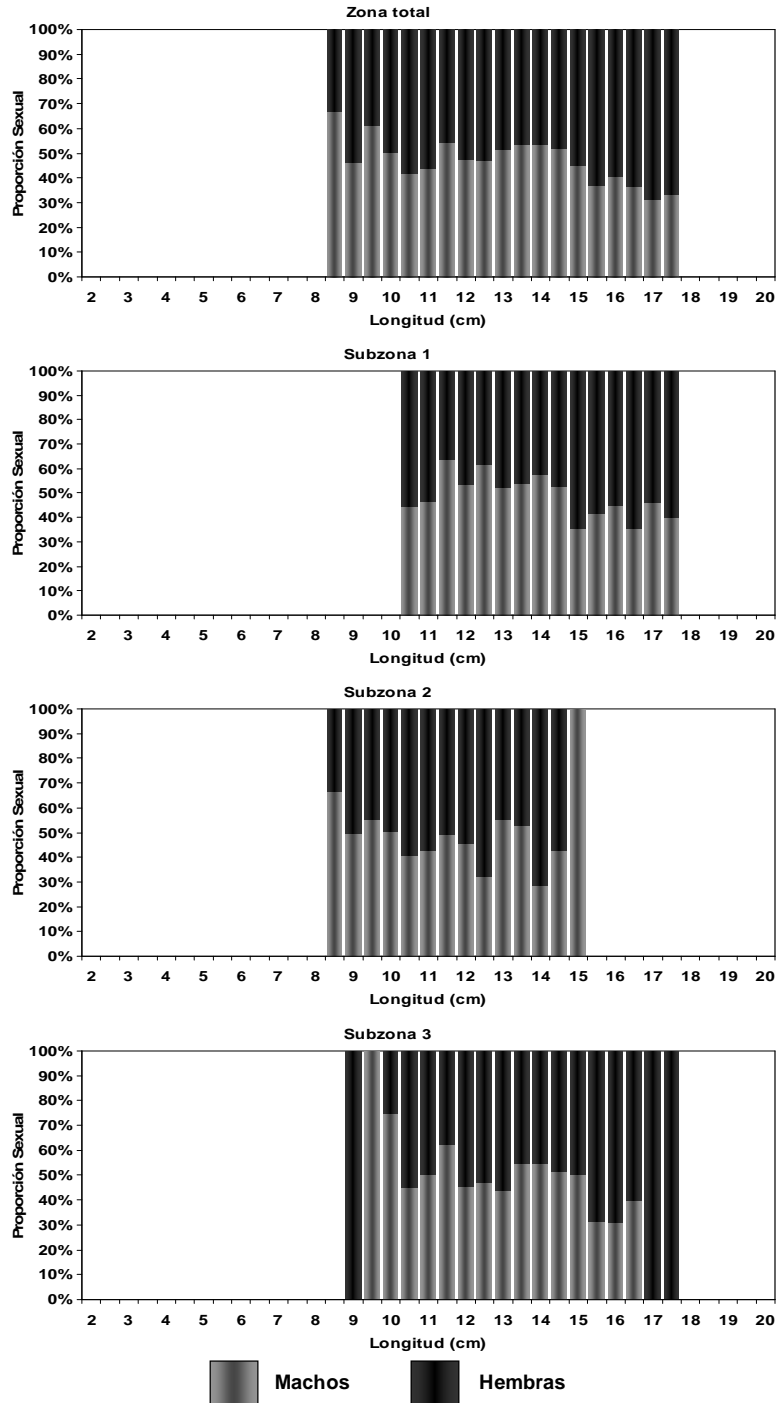


Figura 43. Proporci3n sexual de anchoveta, zona total de estudio y subzonas. Crucero RECLAS 1105.

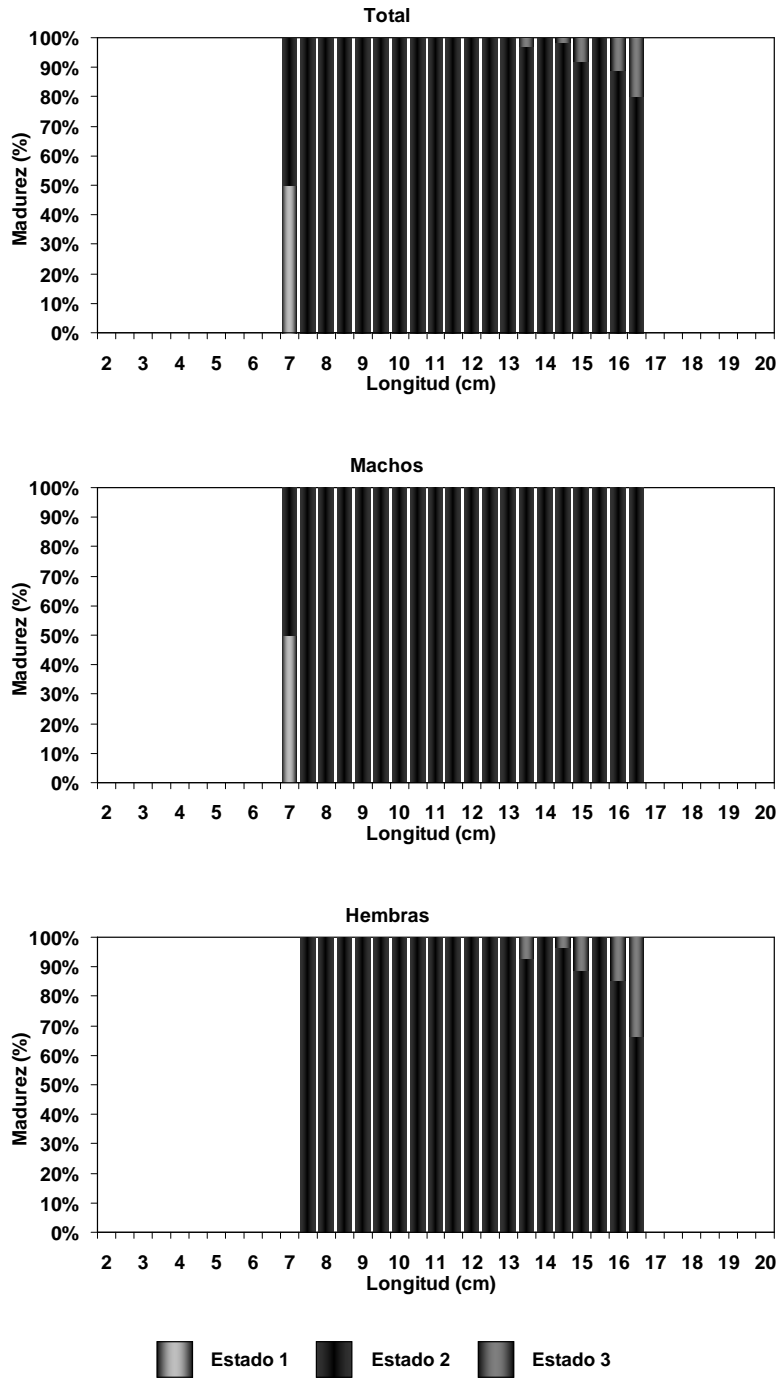


Figura 44. Proporción de estados de madurez sexual de sardina común para la zona total y por sexo. Crucero RECLAS 1101.

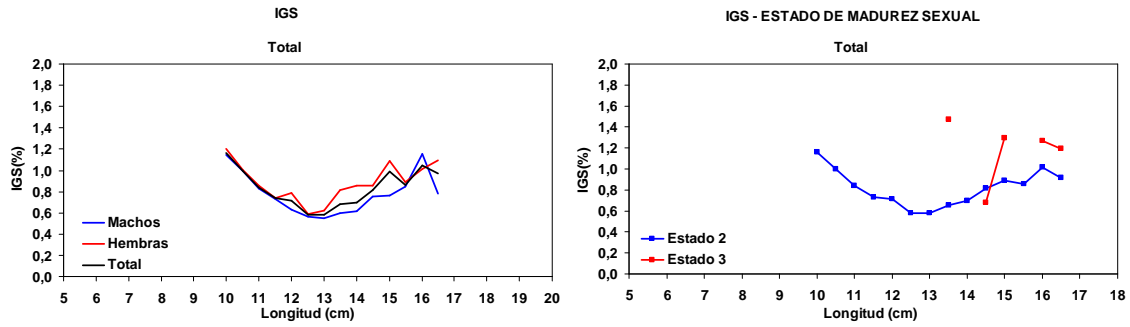


Figura 45. Índice gonadosomático (IGS) para la zona total, por sexo y su relación con los estados de madurez sexual de sardina común. Crucero RECLAS 1101.

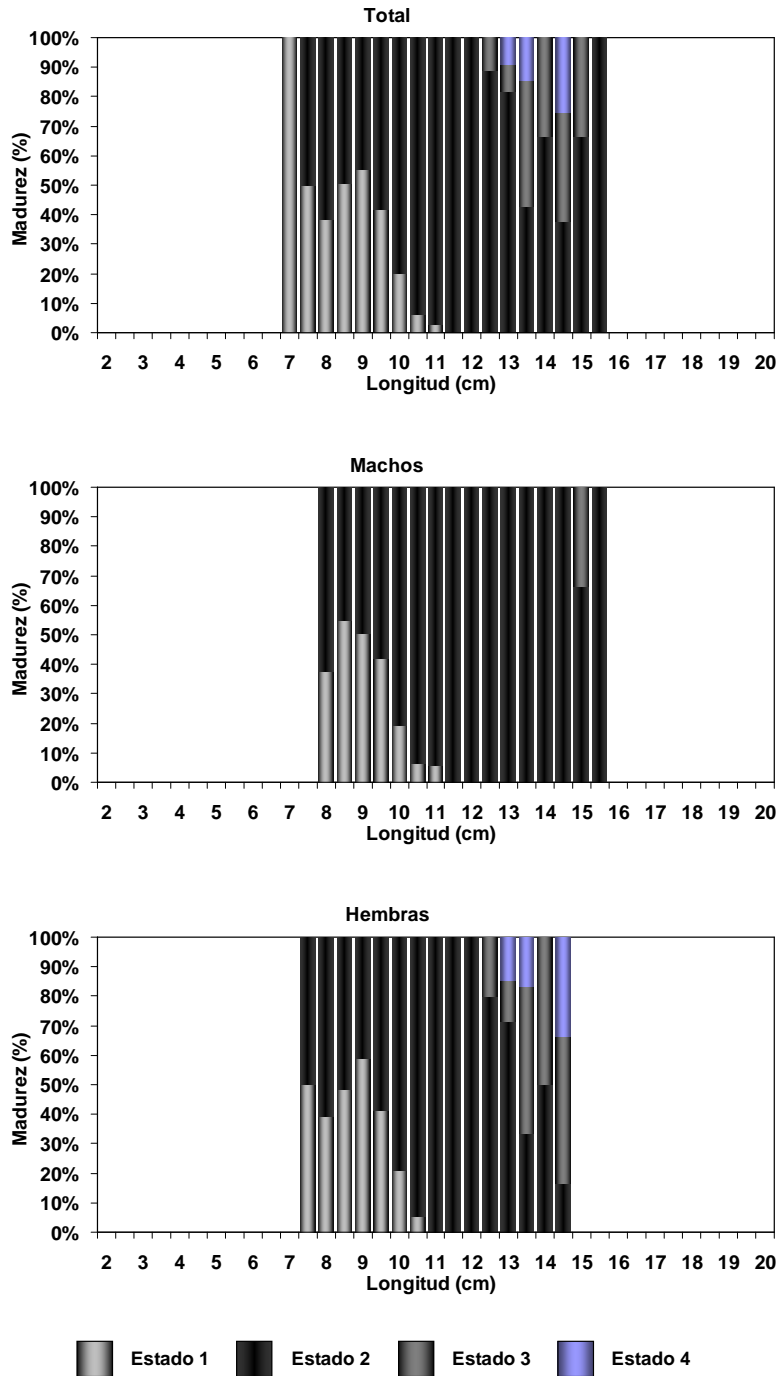


Figura 46. Proporción de estados de madurez sexual de sardina común para la zona total y por sexo. Crucero RECLAS 1105.

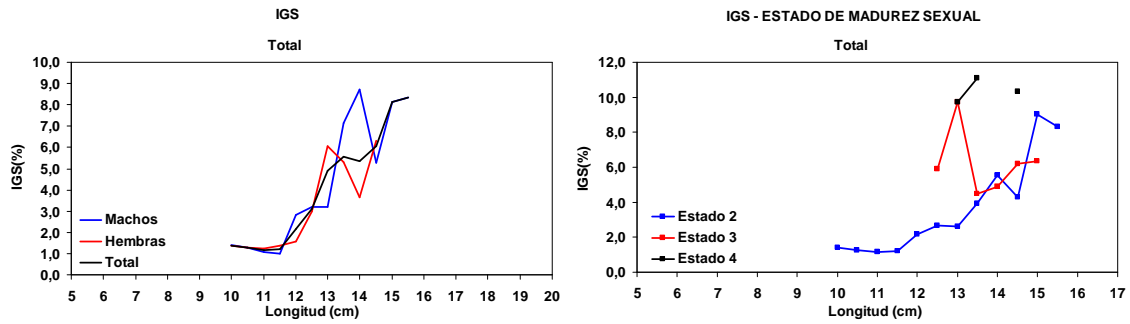


Figura 47. Índice gonadosomático (IGS) para la zona total, por sexo y su relación con los estados de madurez sexual de sardina común. Crucero RECLAS 1105.

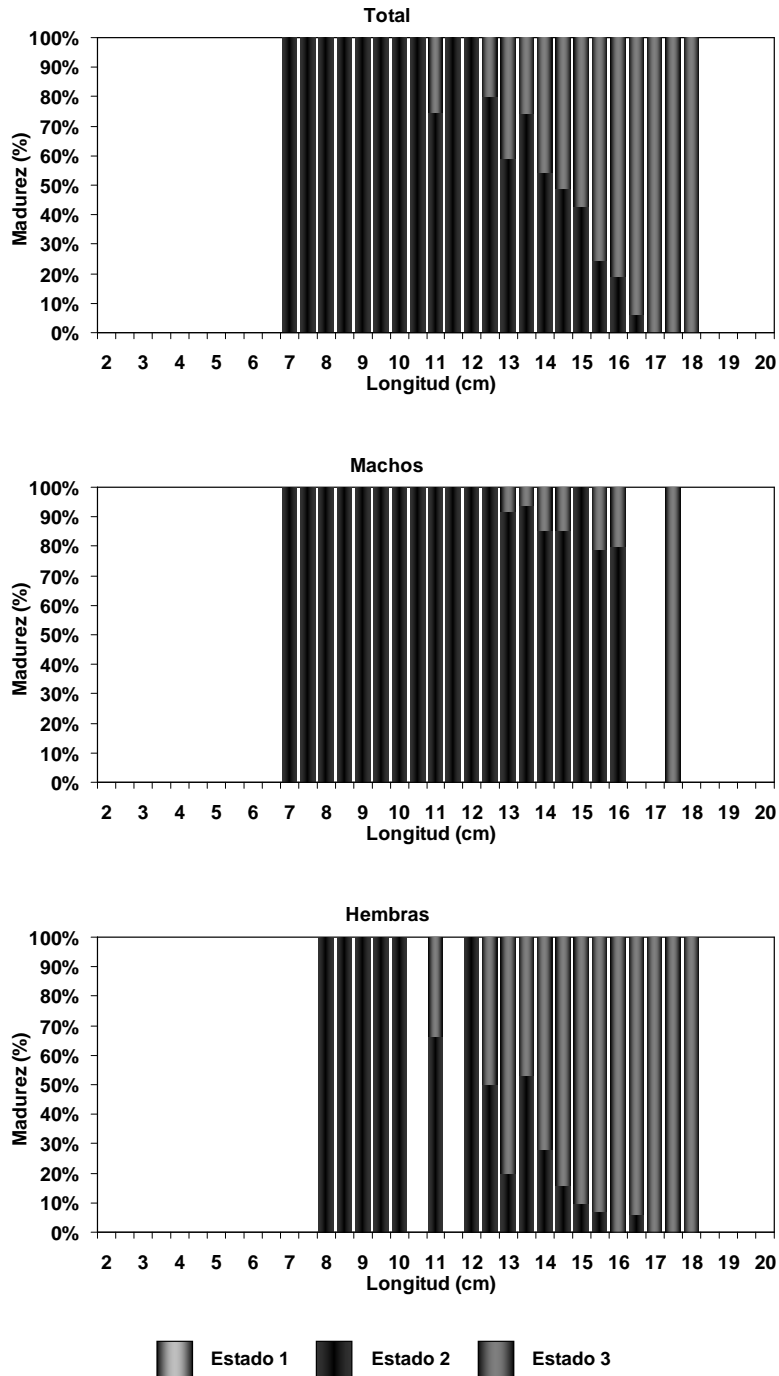


Figura 48. Proporción de estados de madurez sexual de anchoveta para la zona total y por sexo. Crucero RECLAS 1101.

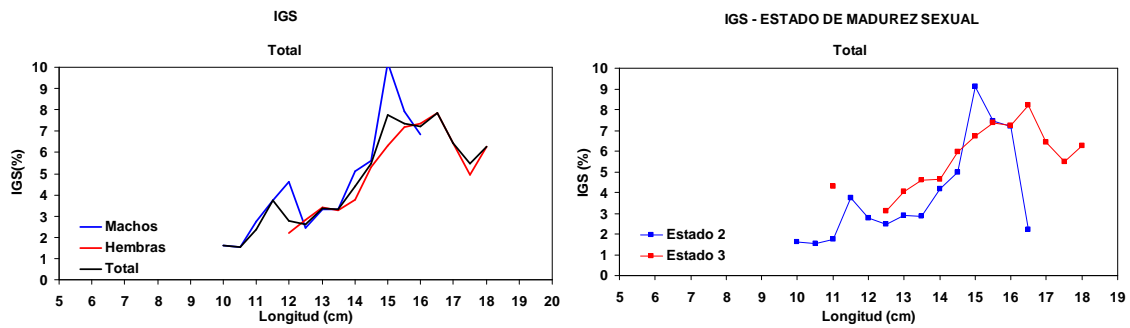


Figura 49. Índice gonadosomático (IGS) para la zona total, por sexo y su relación con los estados de madurez sexual de anchoveta. Crucero RECLAS 1101.

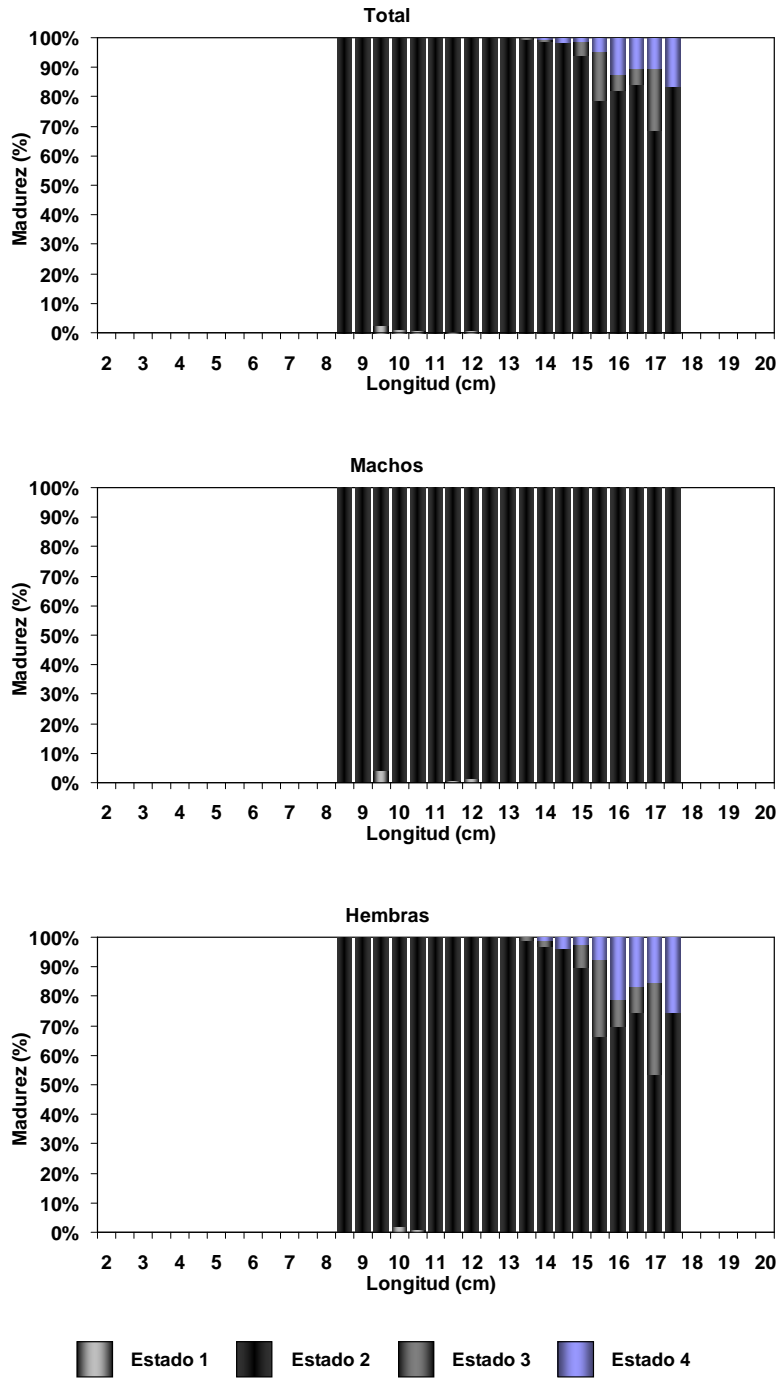


Figura 50. Proporción de estados de madurez sexual de anchoveta para la zona total y por sexo. Crucero RECLAS 1105.

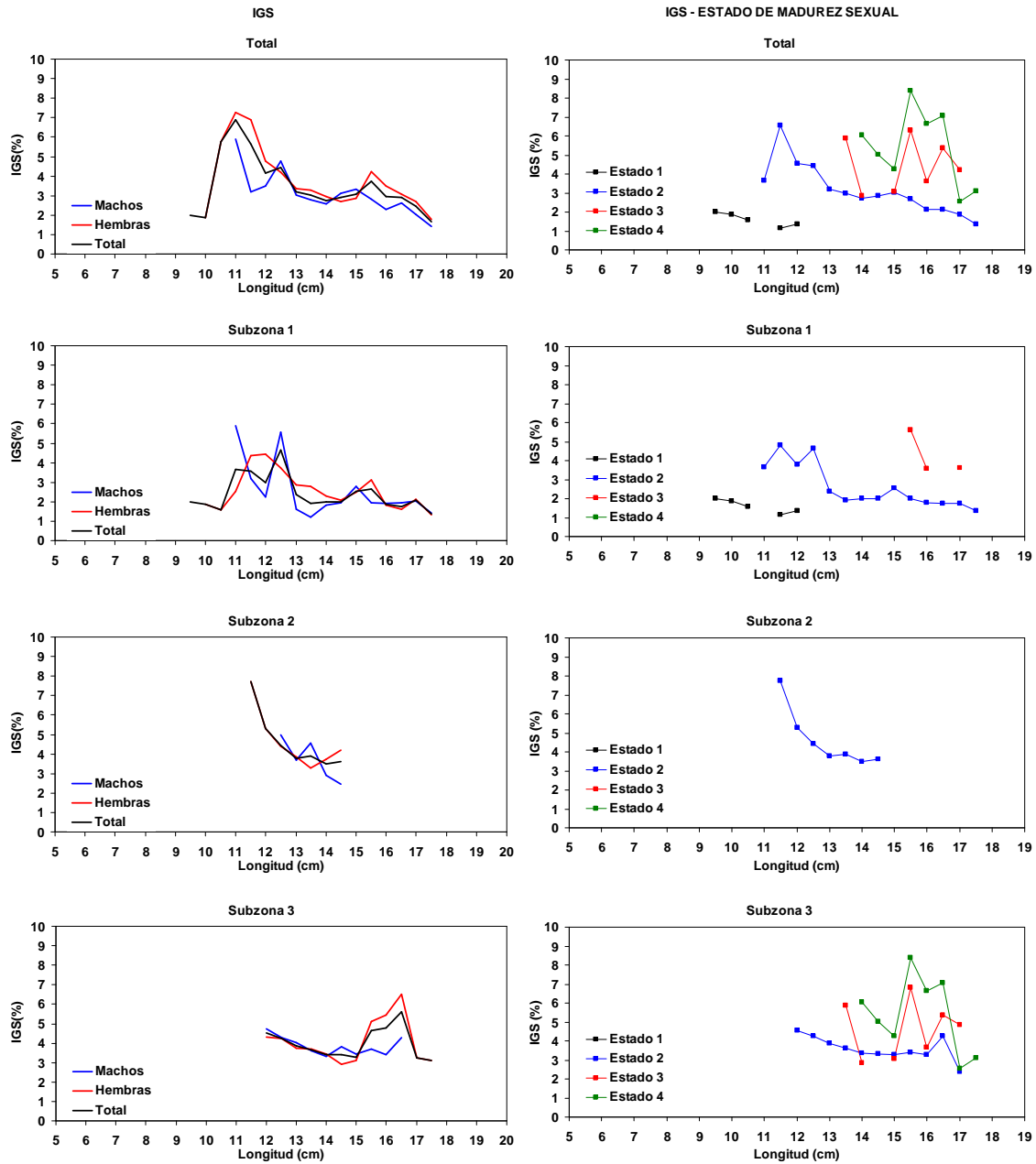


Figura 51. Índice gonadosomático (IGS) para la zona total y subzonas, por sexo y su relación con los estados de madurez sexual de anchoveta. Crucero RECLAS 1105.

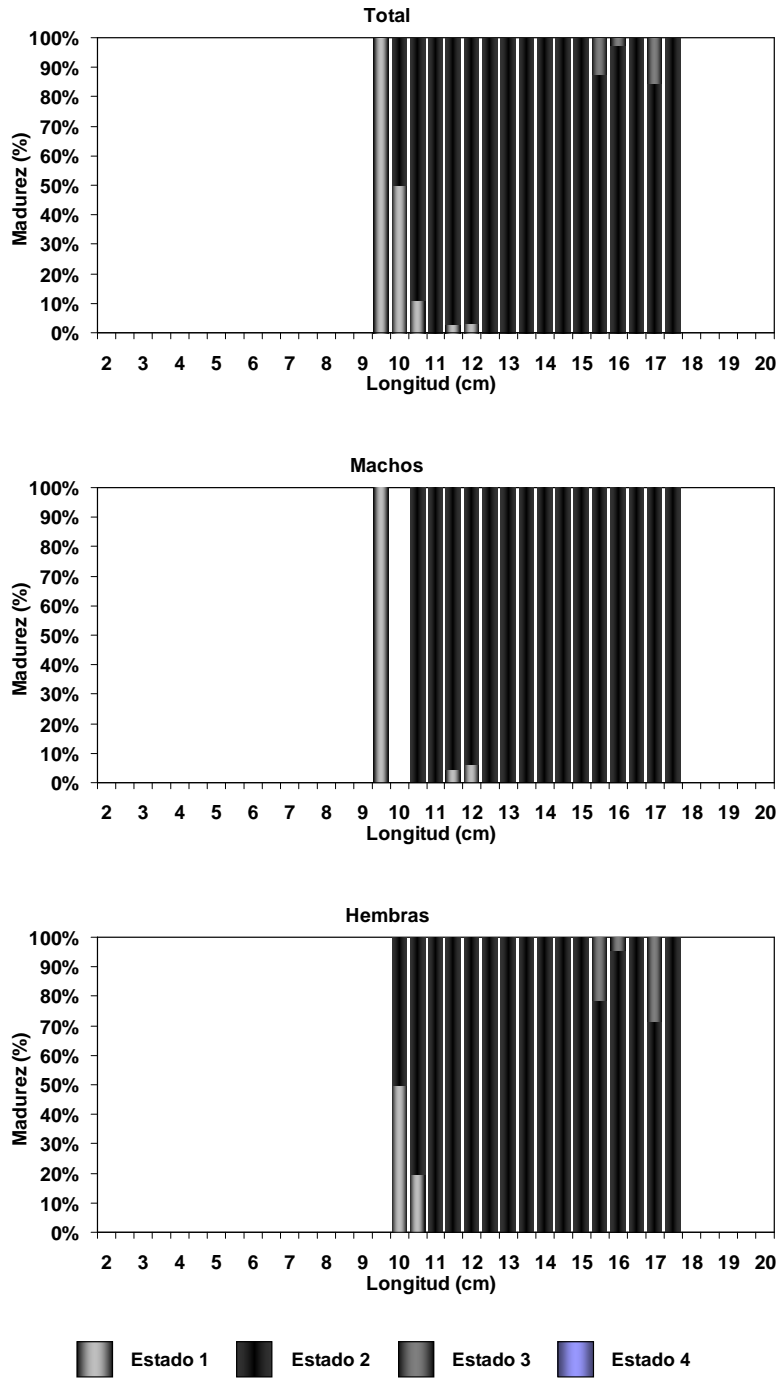


Figura 52. Proporción de estados de madurez sexual de anchoveta para la subzona 1 y por sexo. Crucero RECLAS 1105.

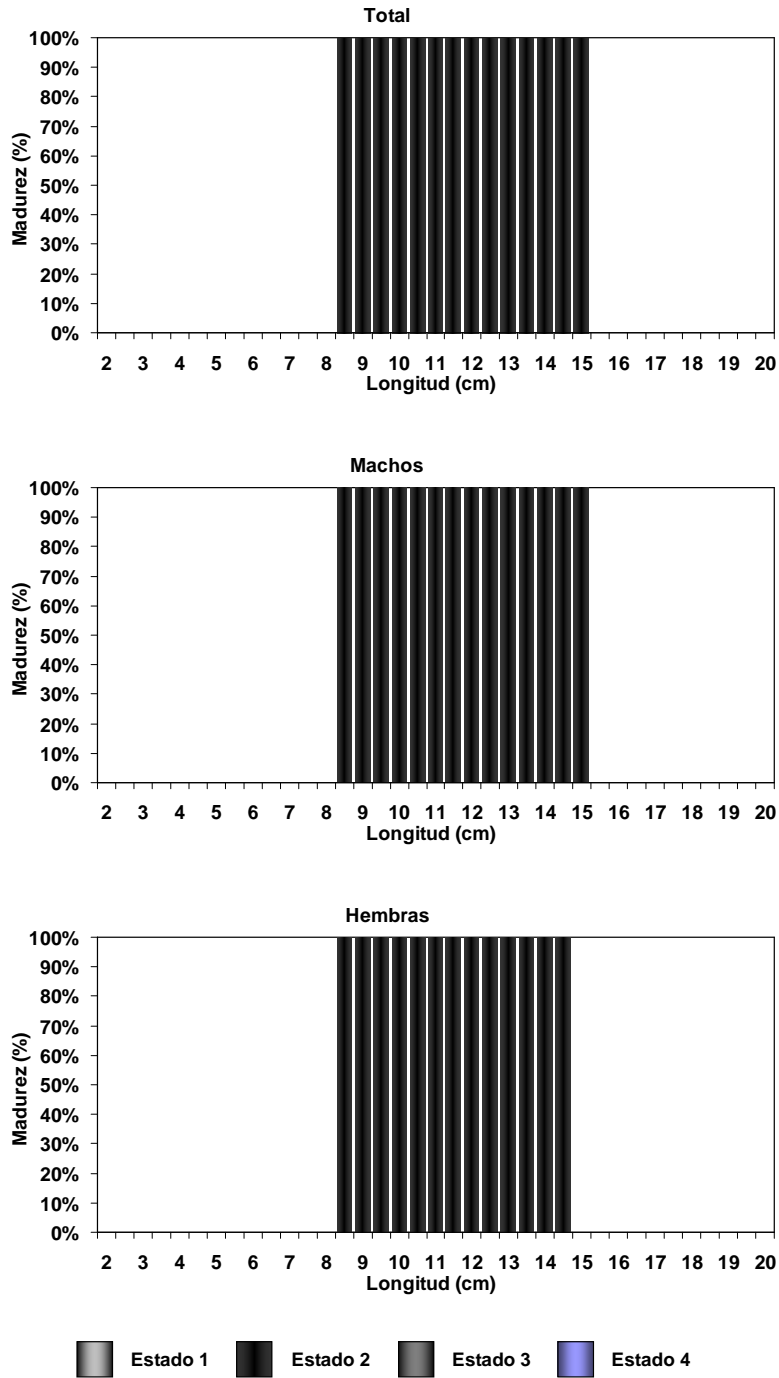


Figura 53. Proporción de estados de madurez sexual de anchoveta para la subzona 2 y por sexo. Crucero RECLAS 1105.

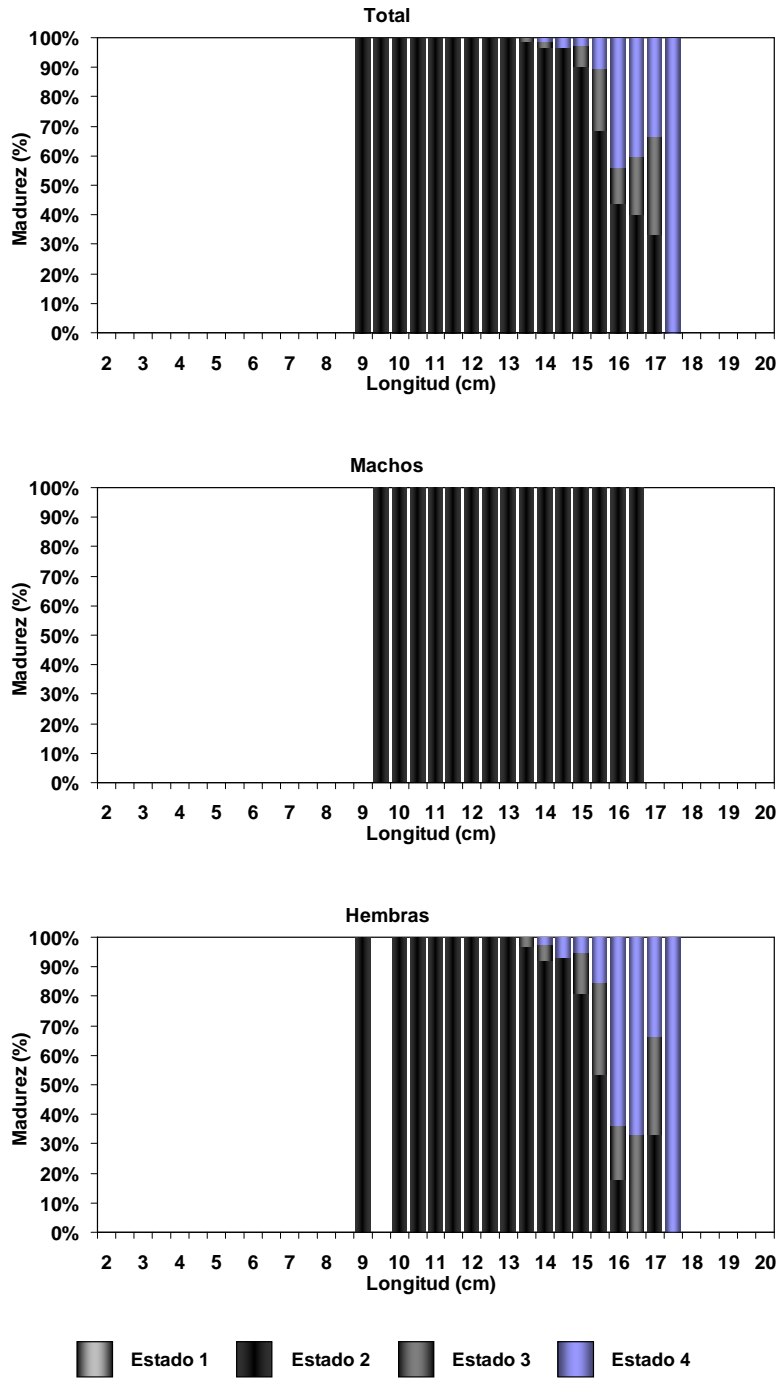


Figura 54. Proporción de estados de madurez sexual de anchoveta para la subzona 3 y por sexo. Crucero RECLAS 1105.

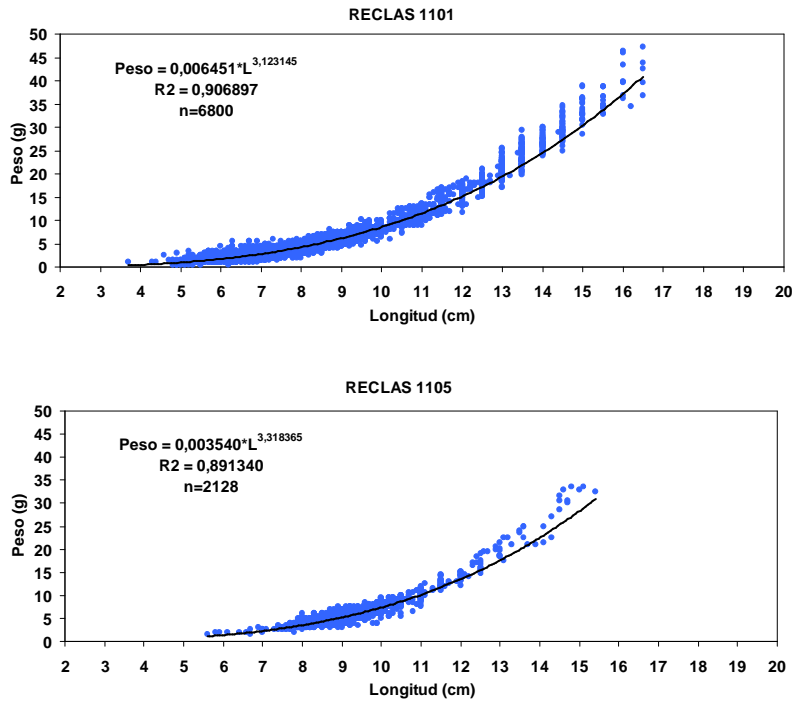


Figura 55. Relaci3n longitud – peso y par3metros de regresi3n para sardina com3n. Cruceros RECLAS 1101 y 1105.

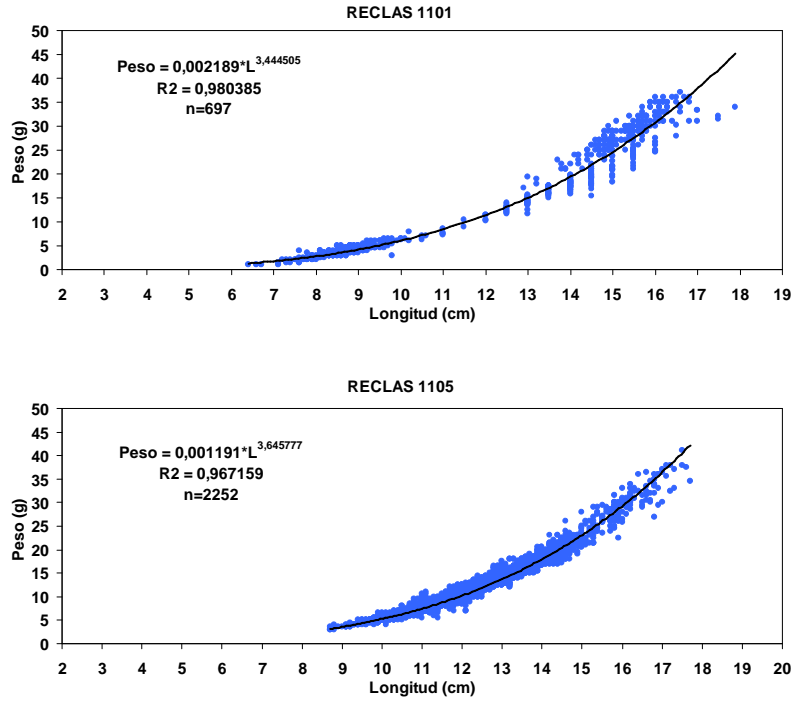


Figura 56. Relaci3n longitud – peso y par3metros de regresi3n para anchoveta. Cruceos RECLAS 1101 y 1105.

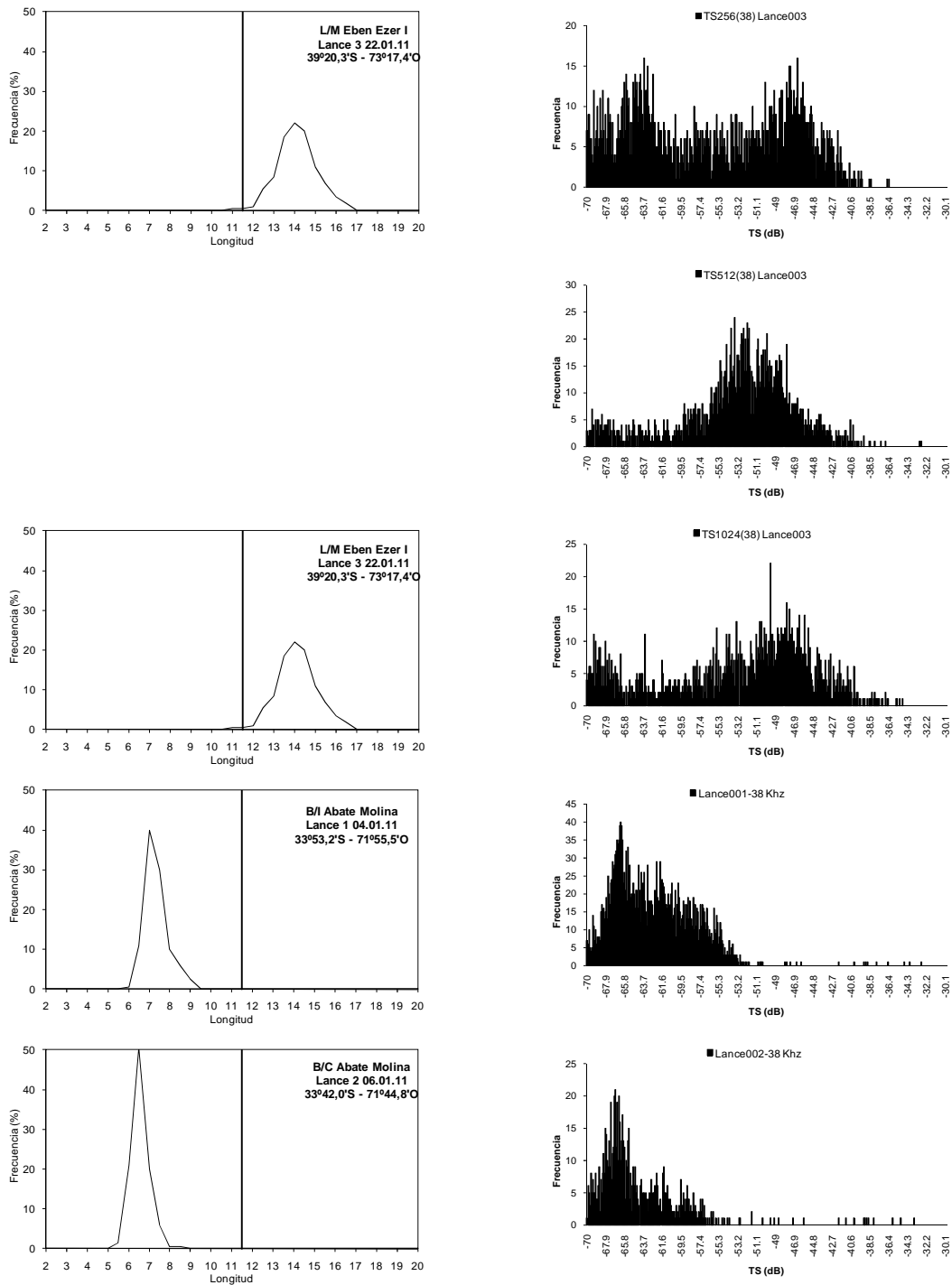


Figura 57. Histogramas de frecuencia de talla y de TS de los lances monoespecíficos de sardina común. Crucero RECLAS1101.

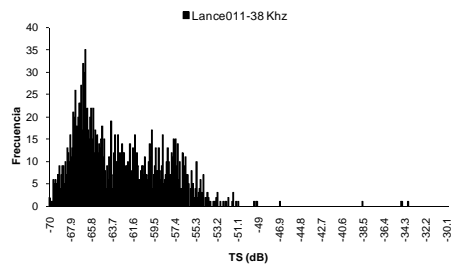
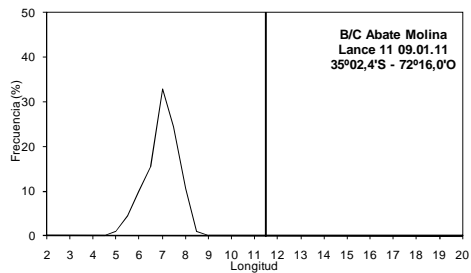
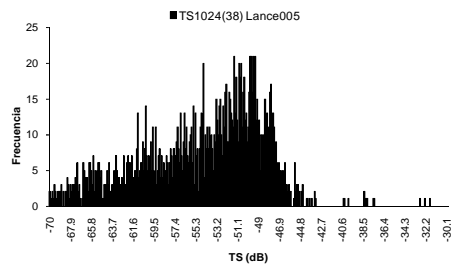
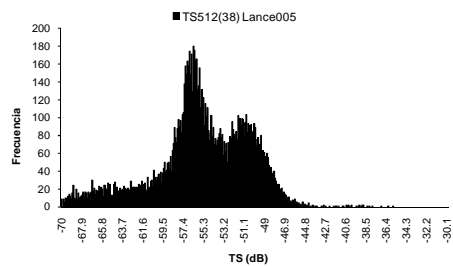
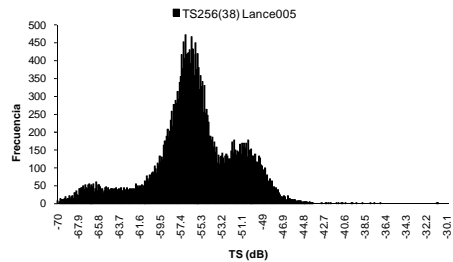
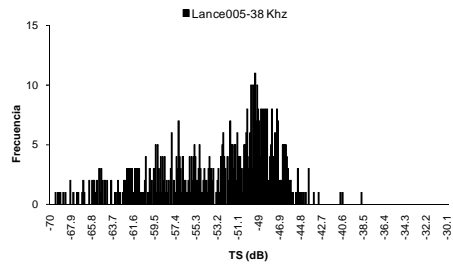
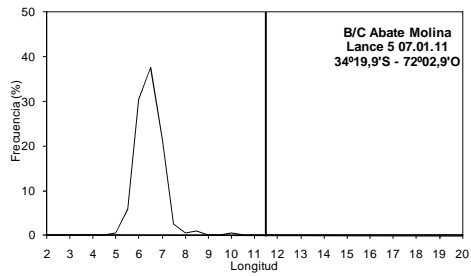


Figura 57(cont.). Histogramas de frecuencia de talla y de TS de los lances monoespecíficos de sardina común. Crucero RECLAS1101.

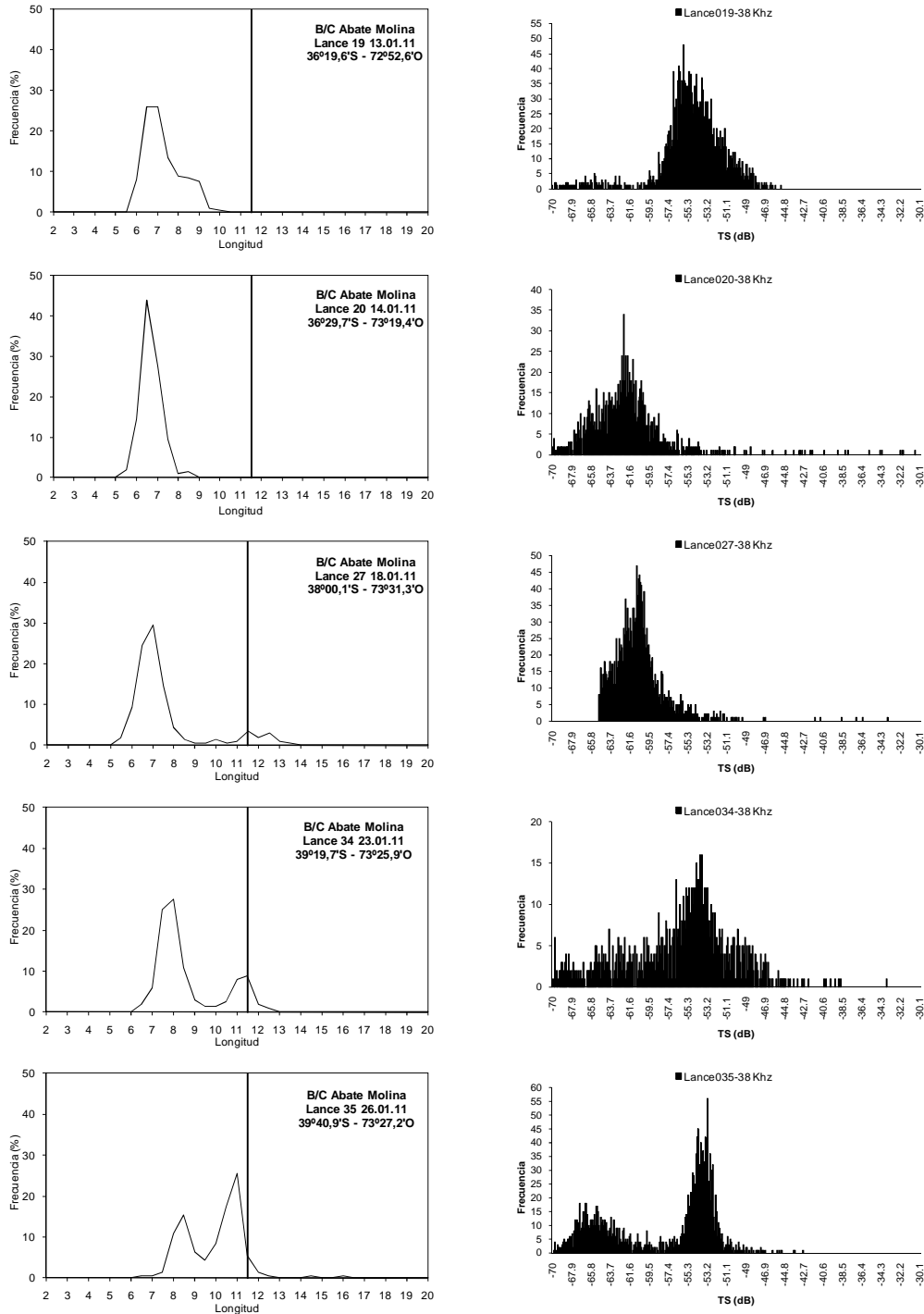


Figura 57. (cont.). Histogramas de frecuencia de talla y de TS de los lances monoespecíficos de sardina común. Crucero RECLAS1101.

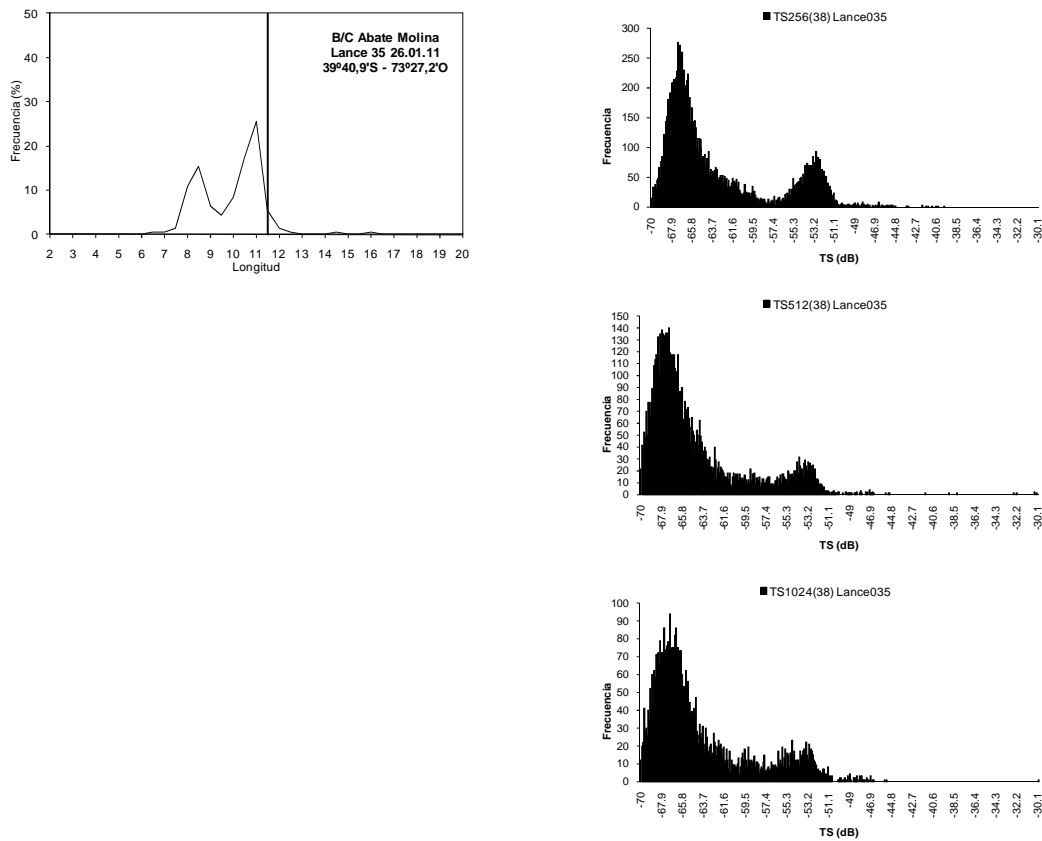


Figura 57. (cont.). Histogramas de frecuencia de talla y de TS de los lances monoespecíficos de sardina común. Crucero RECLAS1101.

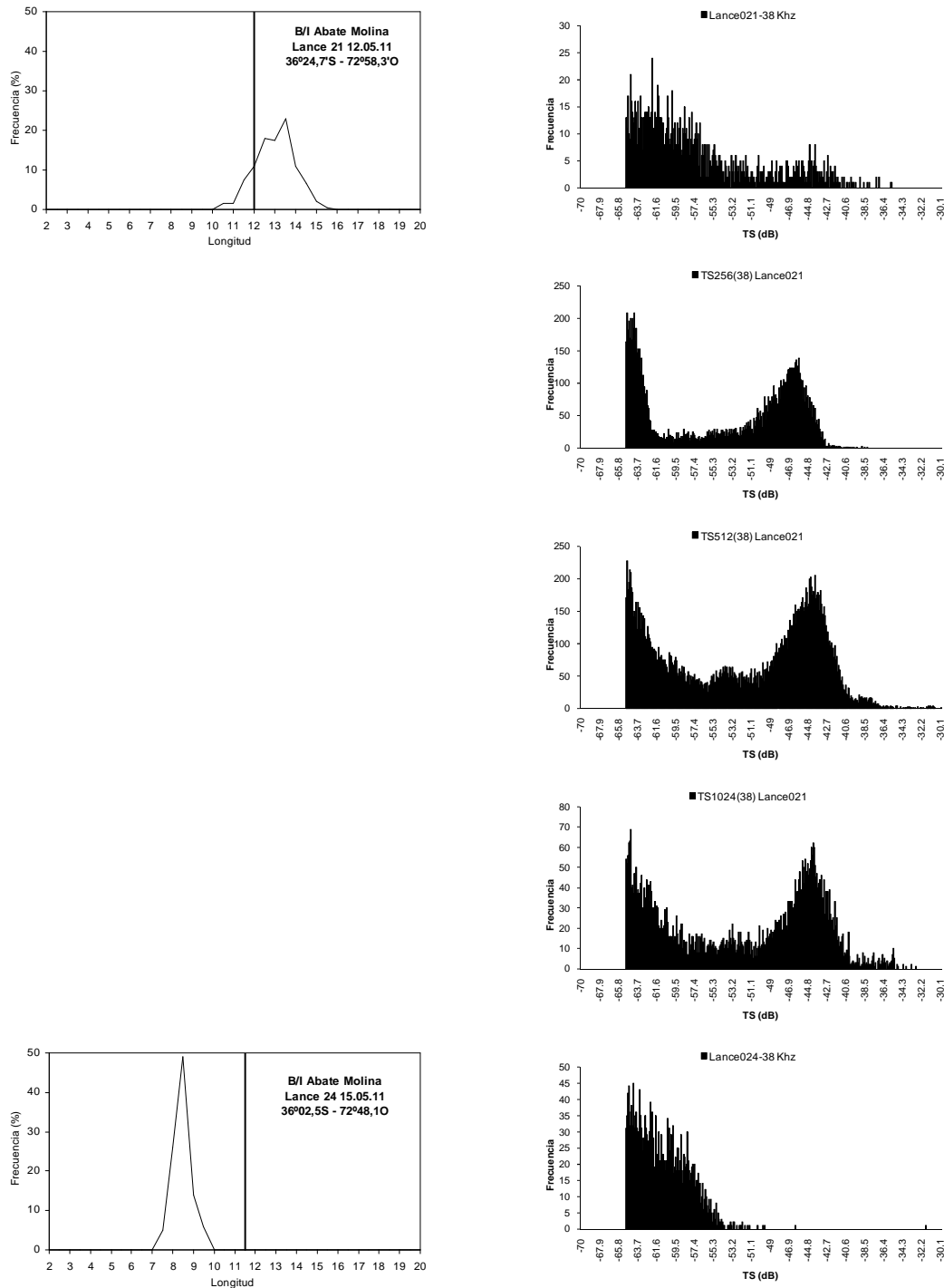


Figura 58. Histogramas de frecuencia de talla y de TS de los lances monoespecíficos de sardina común. Crucero RECLAS1105.

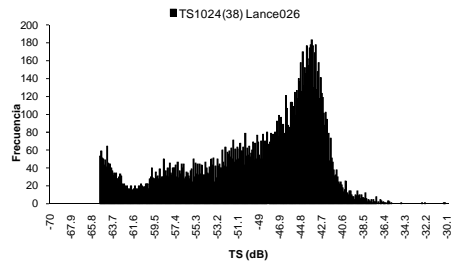
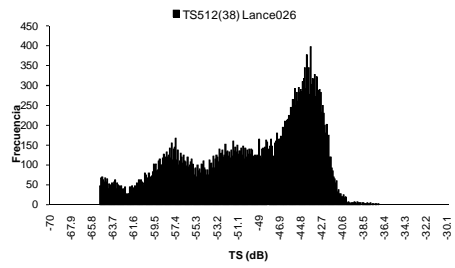
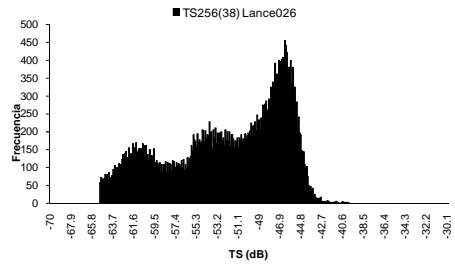
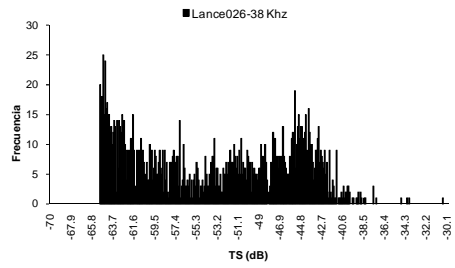
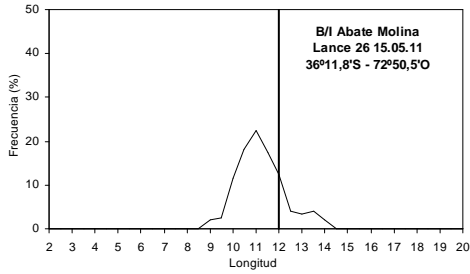


Figura 58. (cont.). Histogramas de frecuencia de talla y de TS de los lances monoespecíficos de sardina común. Crucero RECLAS1105.

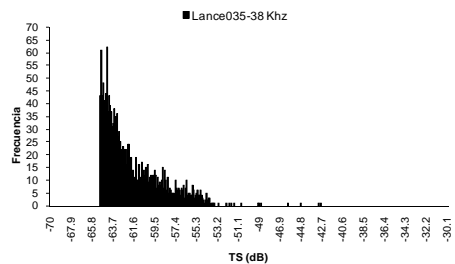
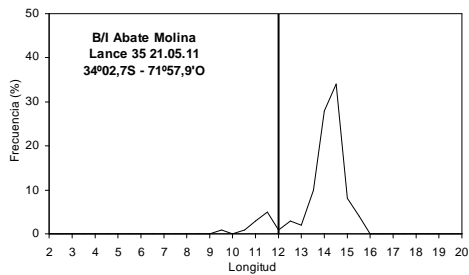
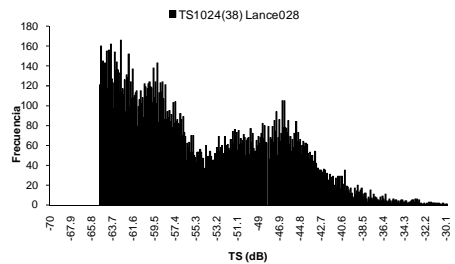
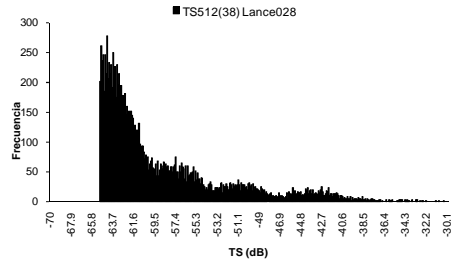
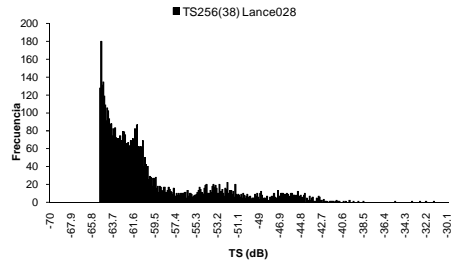
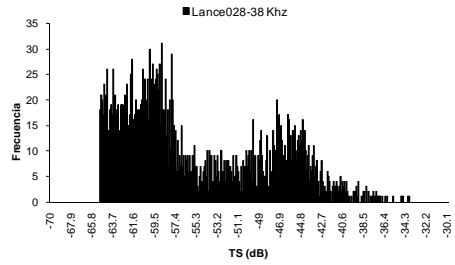
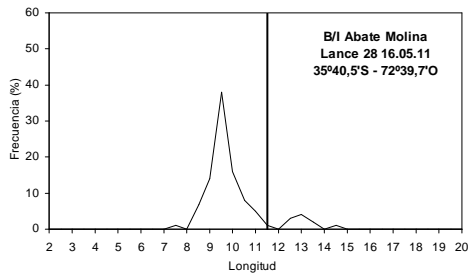


Figura 58. (cont.). Histogramas de frecuencia de talla y de TS de los lances mono-específicos de sardina común. Crucero RECLAS1105.

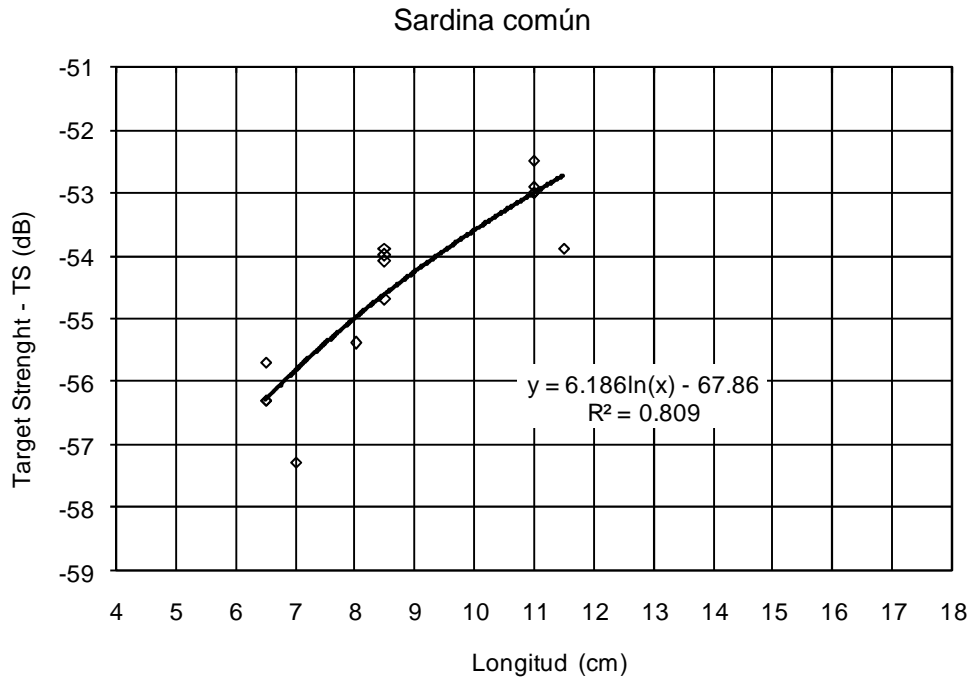
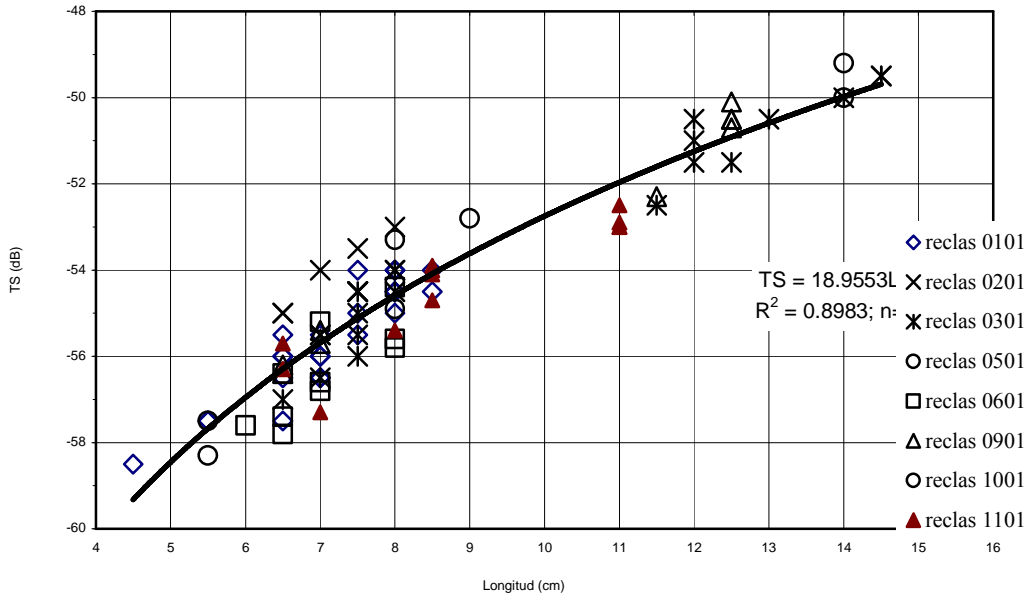


Figura 59. Relaciones de intensidad de blanco (TS) respecto a la talla (L) de sardina com3n ajustadas en el crucero RECLAS 1101. En crucero RECLAS 1105 no hubo datos entre el TS y la talla.



a) Sardina común



b) Anchoveta

- ◇ reclas 0101
- △ reclas 0201
- × reclas 0301
- ◇ reclas 0501
- reclas 0601
- + reclas 0705
- × reclas 0901
- reclas 1005

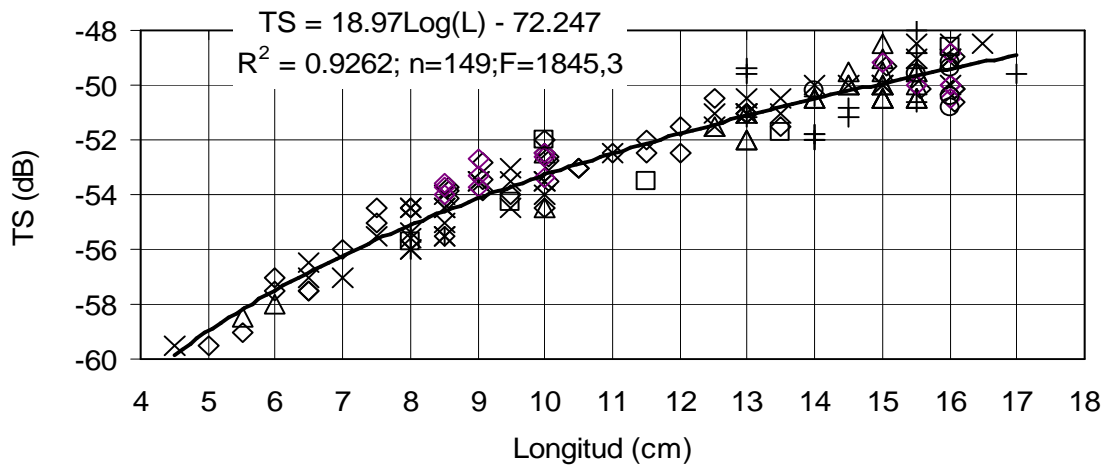
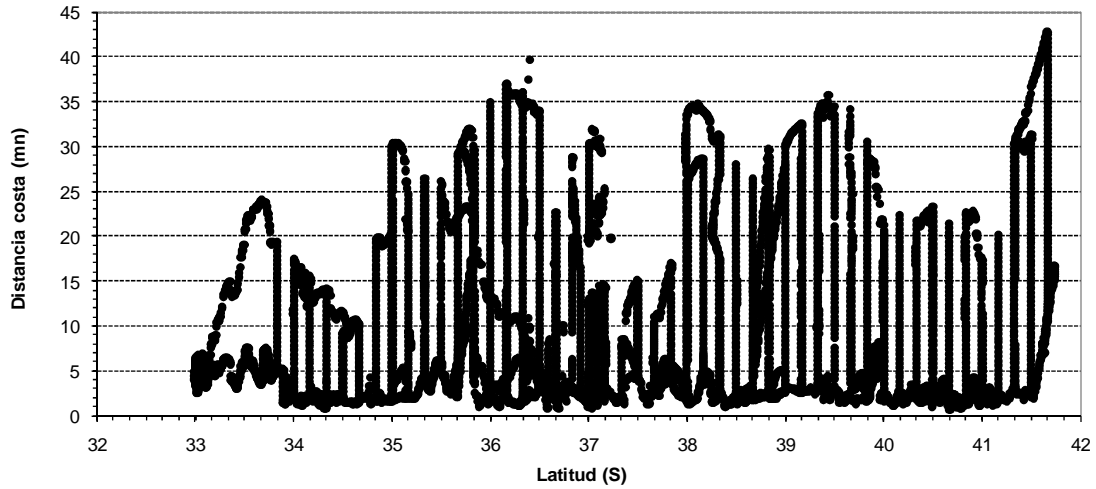


Figura 60. Relaciones de intensidad de blanco (TS) respecto a la talla (L) de a) sardina común y b) anchoveta ajustadas en la zona centro sur entre el 2001 y 2011. Sardina común TS=20 logL-72.67; Anchoveta TS= 20 Log L- 73.35



Cobertura espacial Prospección acústica B/ Abate Molina. RECLAS 1101



Zoom de las primeras 5 mn de costa. RECLAS 1101

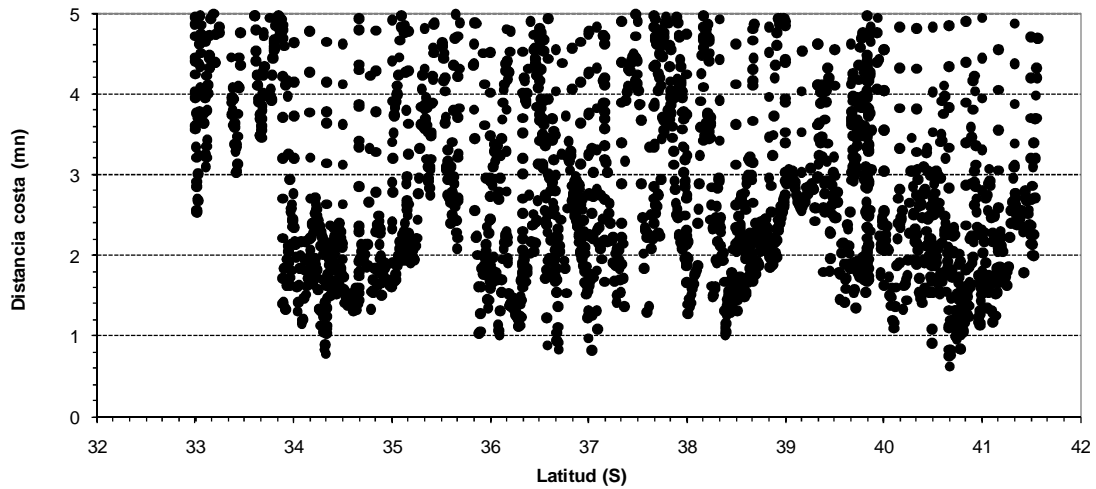
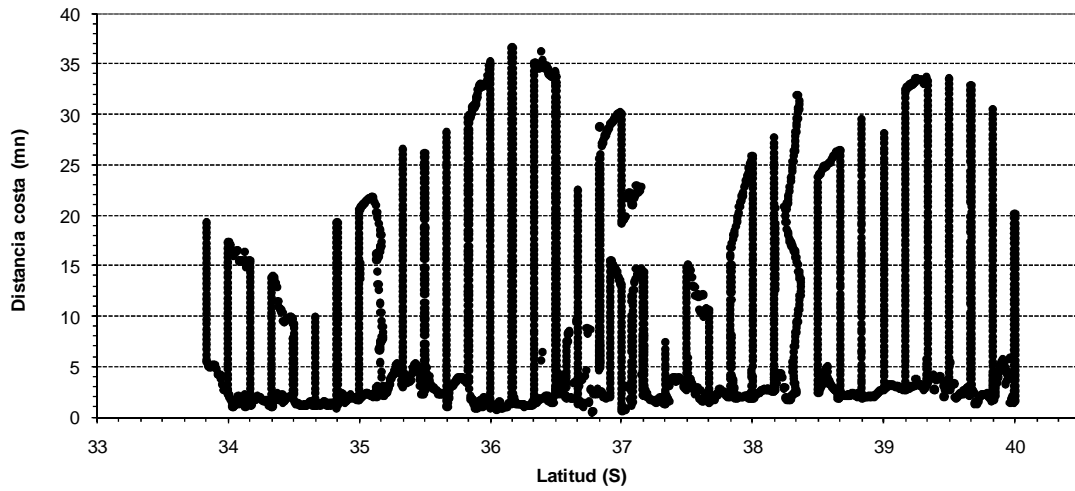


Figura 61. Cobertura espacial de la prospección acústica realizada por el B/C Abate Molina durante el crucero RECLAS 1101



Cobertura espacial Prospección acústica B/ Abate Molina. RECLAS 1105



Zoom de las primeras 5 mn de costa. RECLAS 1105

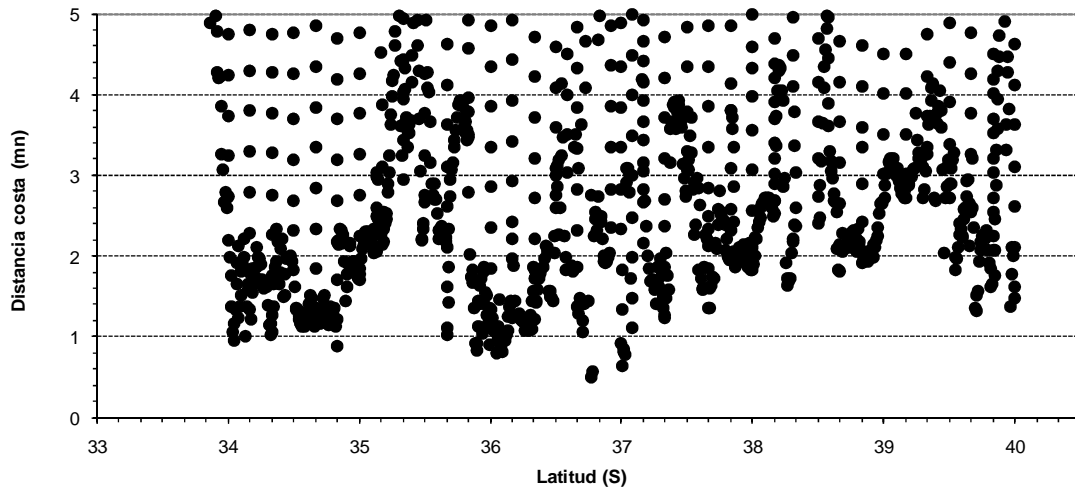


Figura 62. Cobertura espacial de la prospección acústica realizada por el B/C Abate Molina durante el crucero RECLAS 1105

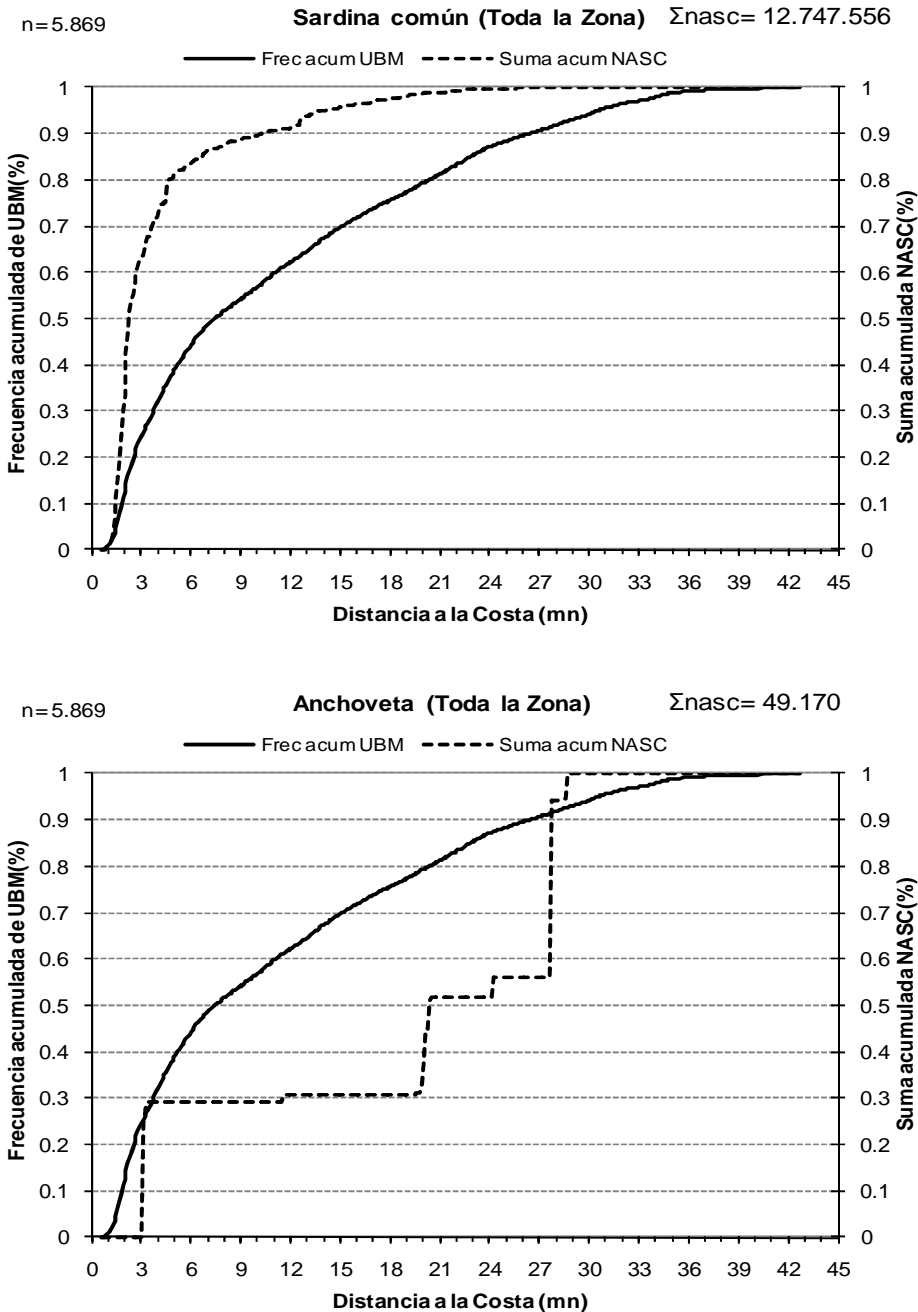


Figura 63. Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energ3a ac3stica para sardina com3n y anchoveta de la prospecci3n realizada por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1101.

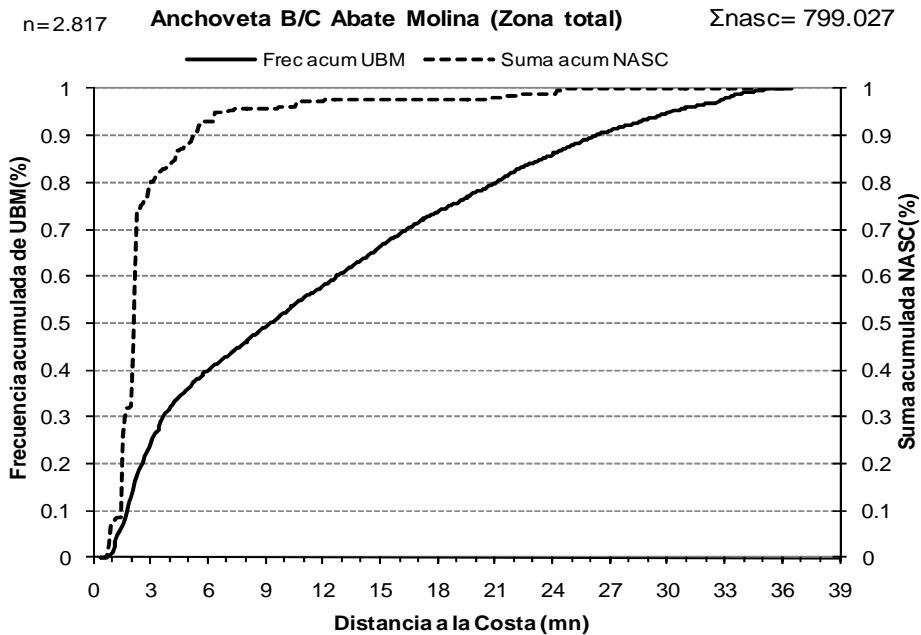
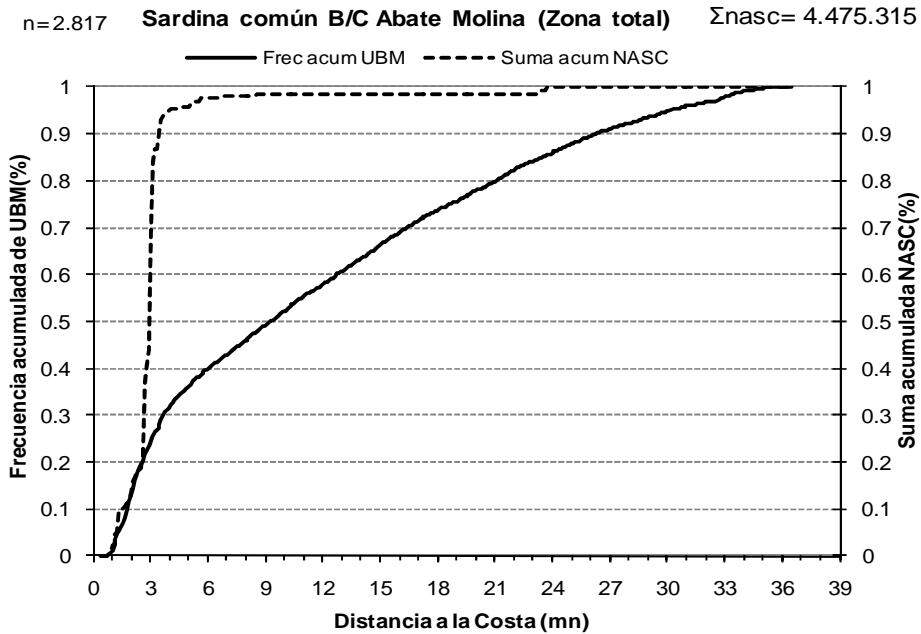


Figura 64. Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica para sardina común y anchoveta de la prospección realizada por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAS 1105.

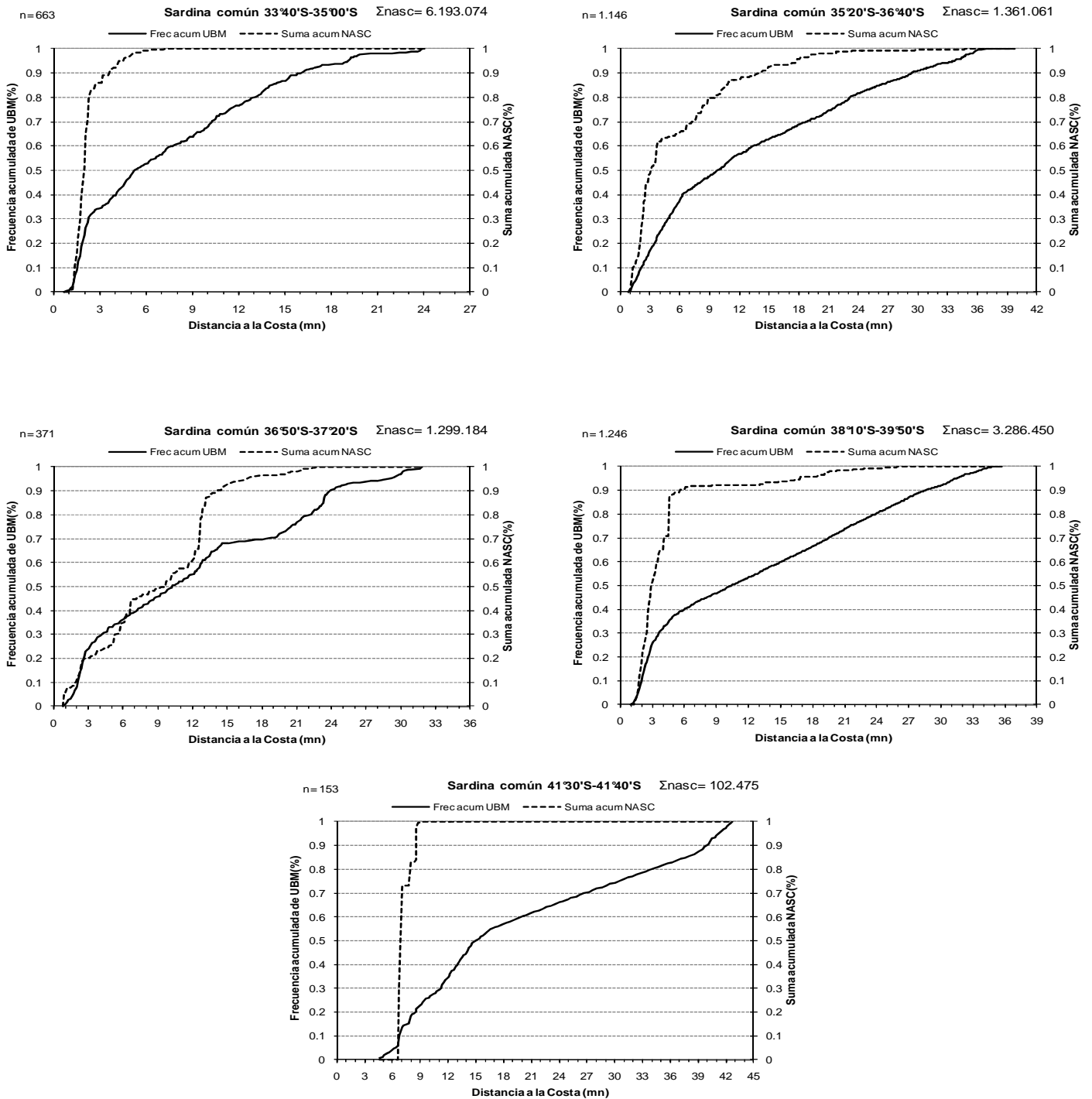


Figura 65. Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica en sectores con presencia costera de sardina común. Crucero RECLAS 1101

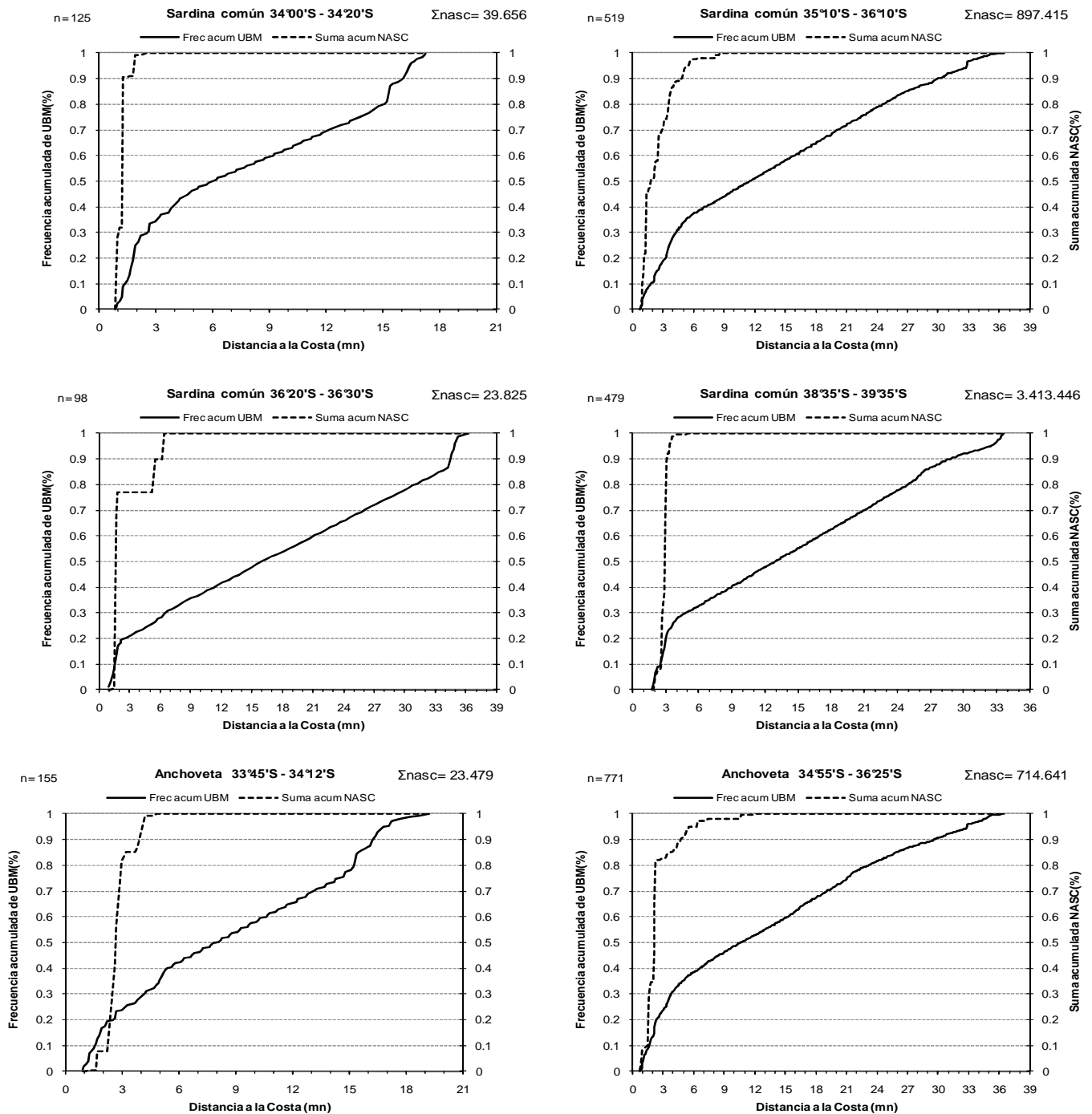


Figura 66. Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica en sectores con presencia costera de sardina común y anchoveta. Crucero RECLAS 1105.

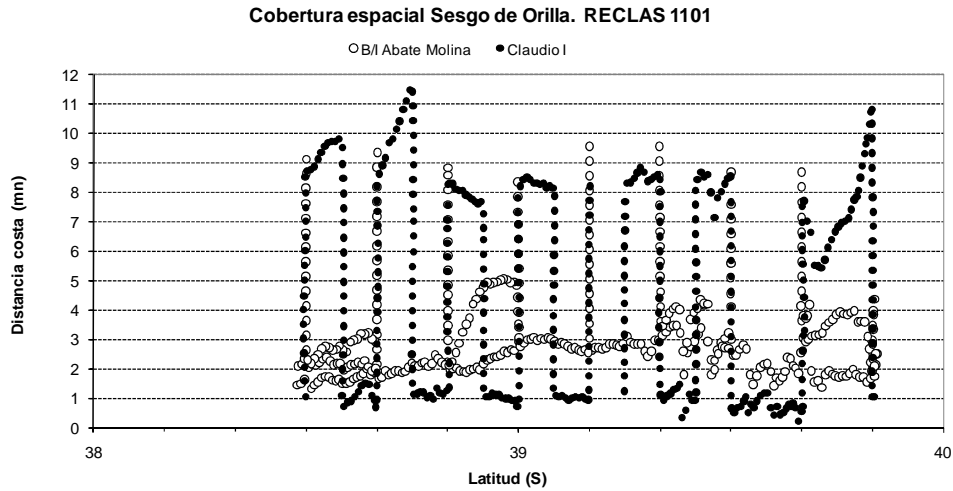


Figura 67. Cobertura espacial de la prospección acústica realizada por el B/C Abate Molina y L/M Claudio I en la zona de sesgo de orilla. Crucero RECLAS 1101.

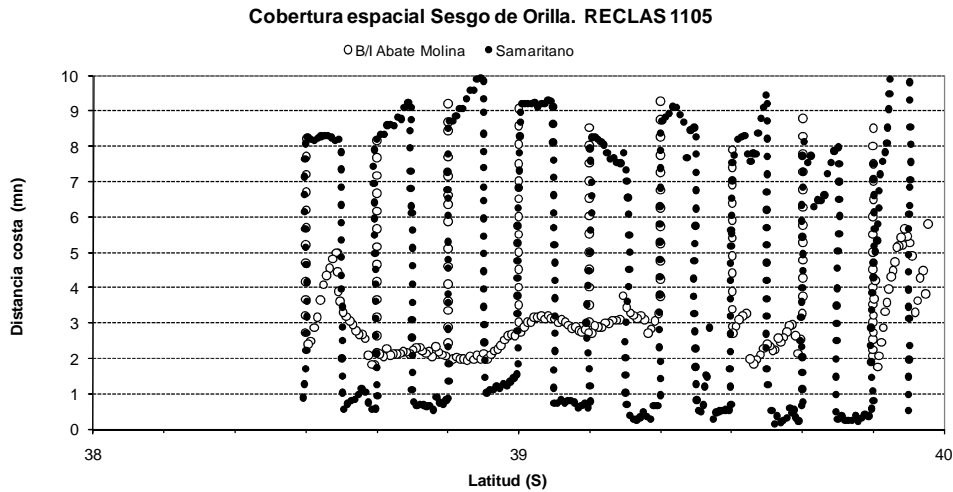


Figura 68. Cobertura espacial de la prospección acústica realizada por el B/C Abate Molina y L/M Samaritano en la zona de sesgo de orilla. Crucero RECLAS 1105.

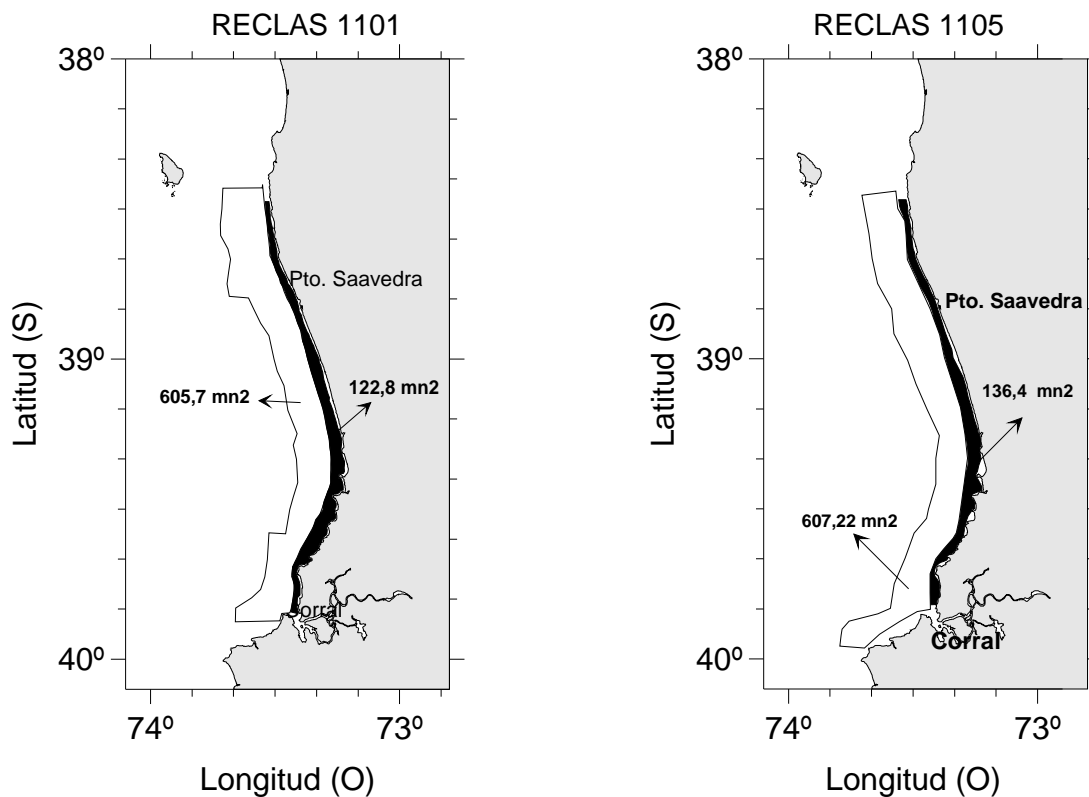


Figura 69. Zona de estudio del sesgo de orilla, cruceros RECLAS 1101 y 1105. En blanco zona com3n al B/C Abate Molina y L/M Claudio I y Samaritano. En negro zona de orilla cubierta solo por L/M

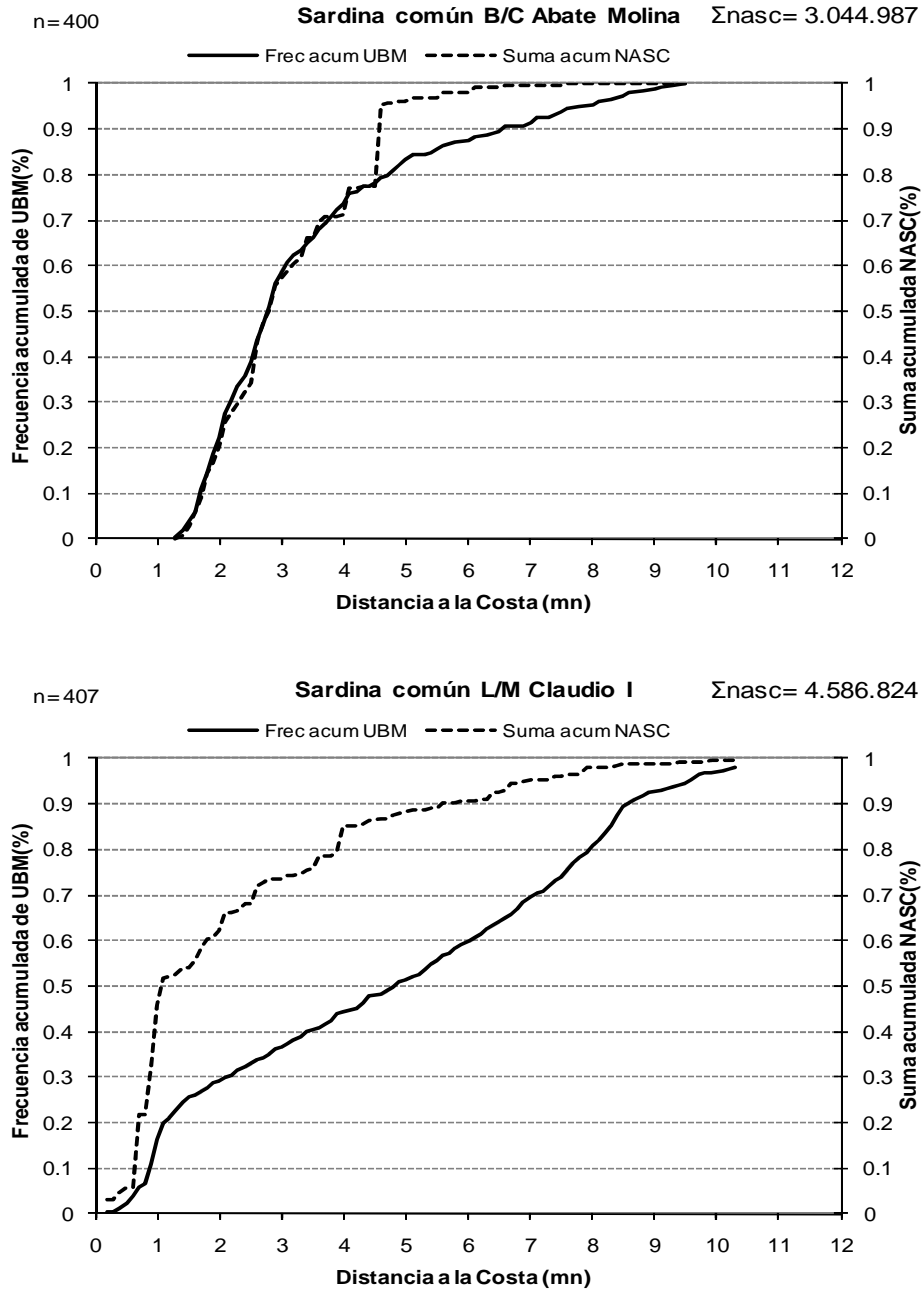


Figura 70. Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energ3a ac3stica de sardina com3n en la zona de sesgo de orilla para B/C Abate Molina y L/M Claudio I. Crucero RECLAS 1101

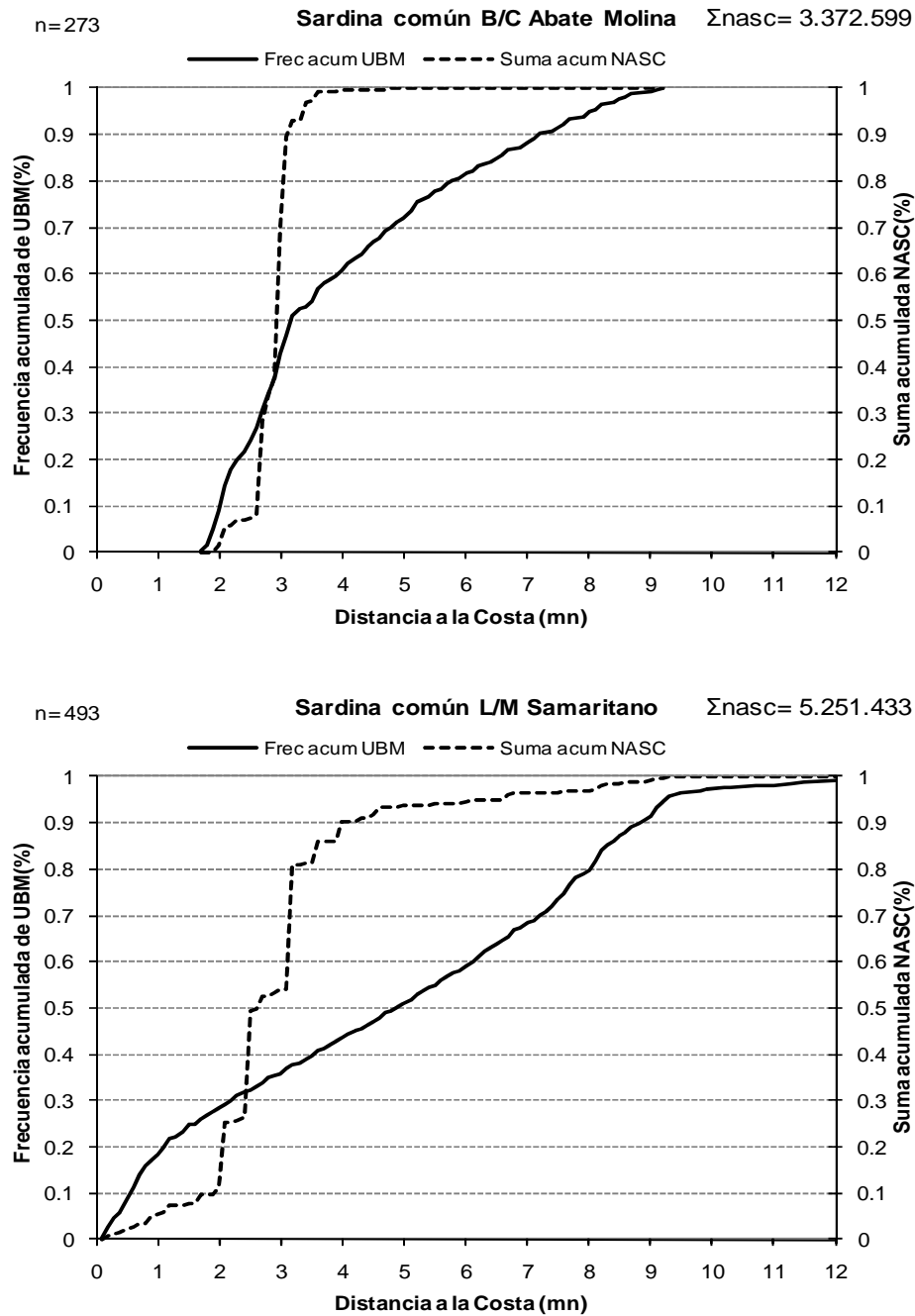


Figura 71. Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica de sardina común en la zona de sesgo de orilla para B/C Abate Molina y L/M Samaritano. Crucero RECLAS 1105.

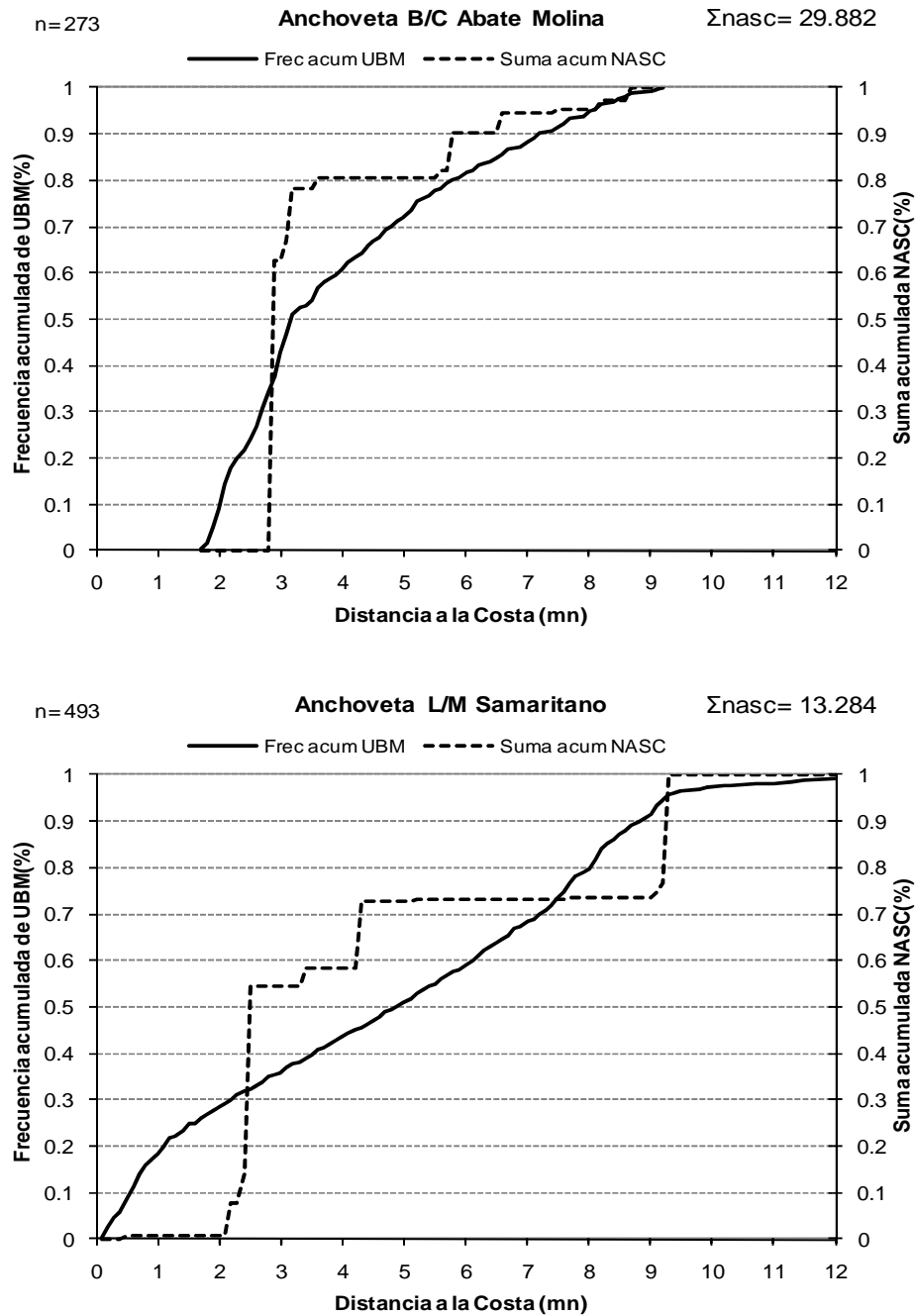
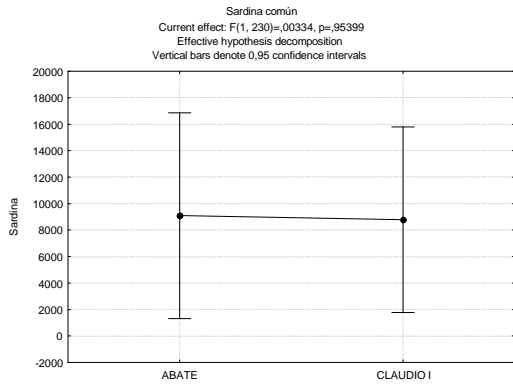


Figura 72. Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica de anchovetas en la zona de sesgo de orilla para B/C Abate Molina y L/M Samaritano. Crucero RECLAS 1105



RECLAS 1101



RECLAS 1105

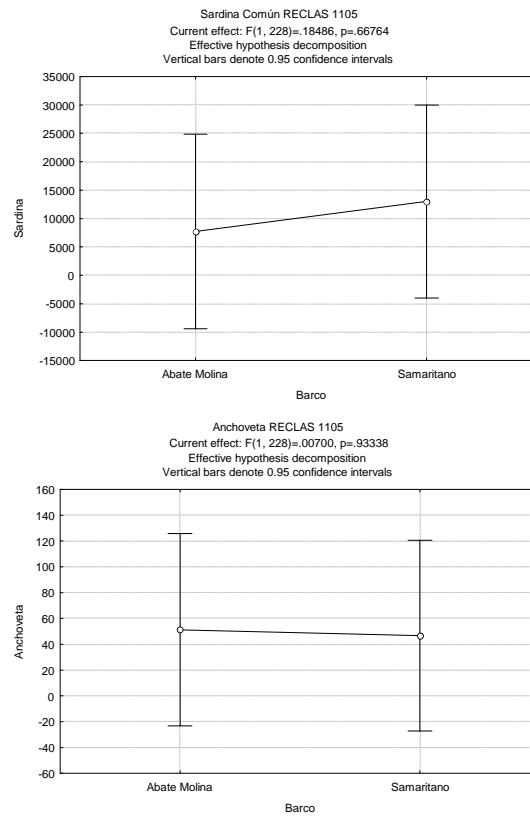


Figura 73. Resultados del ANDEVA aplicado a los NASC en la zona común para sardina común (RECLAS 1101 y 1105) y anchoveta (RECLAS 1105).

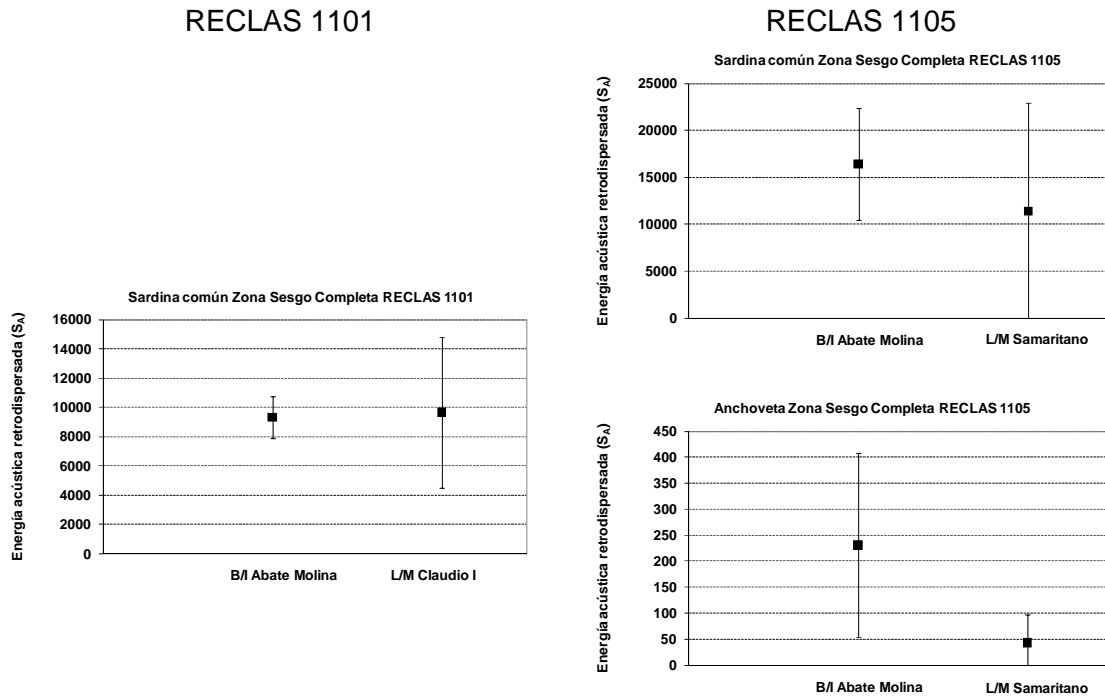


Figura 74. Intervalos de confianza para las medias ($\alpha = 0,01$) de los NASC de sardina común (RECLAS 1101 y 1105) y anchoveta (RECLAS 1105) provenientes del B/C Abate Molina y L/M Claudio I (RECLAS 1101) y L/M Samaritano (RECLAS 1105) en la zona común del sesgo de orilla.

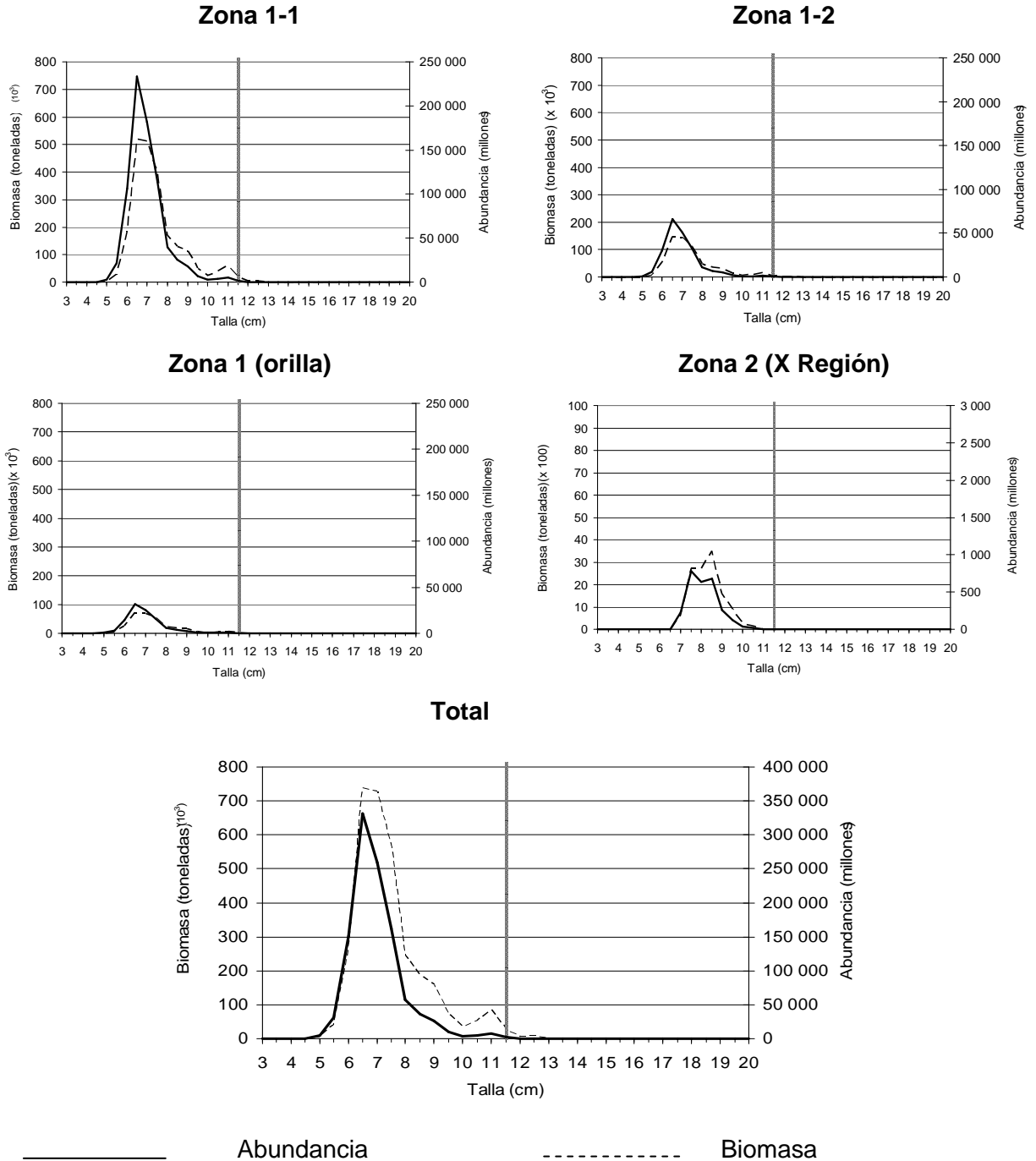


Figura 75. Abundancia y biomasa de sardina com3n por subzona estimadas a la talla en la zona centro-sur en el verano del 2011. Crucero RECLAS 1101.

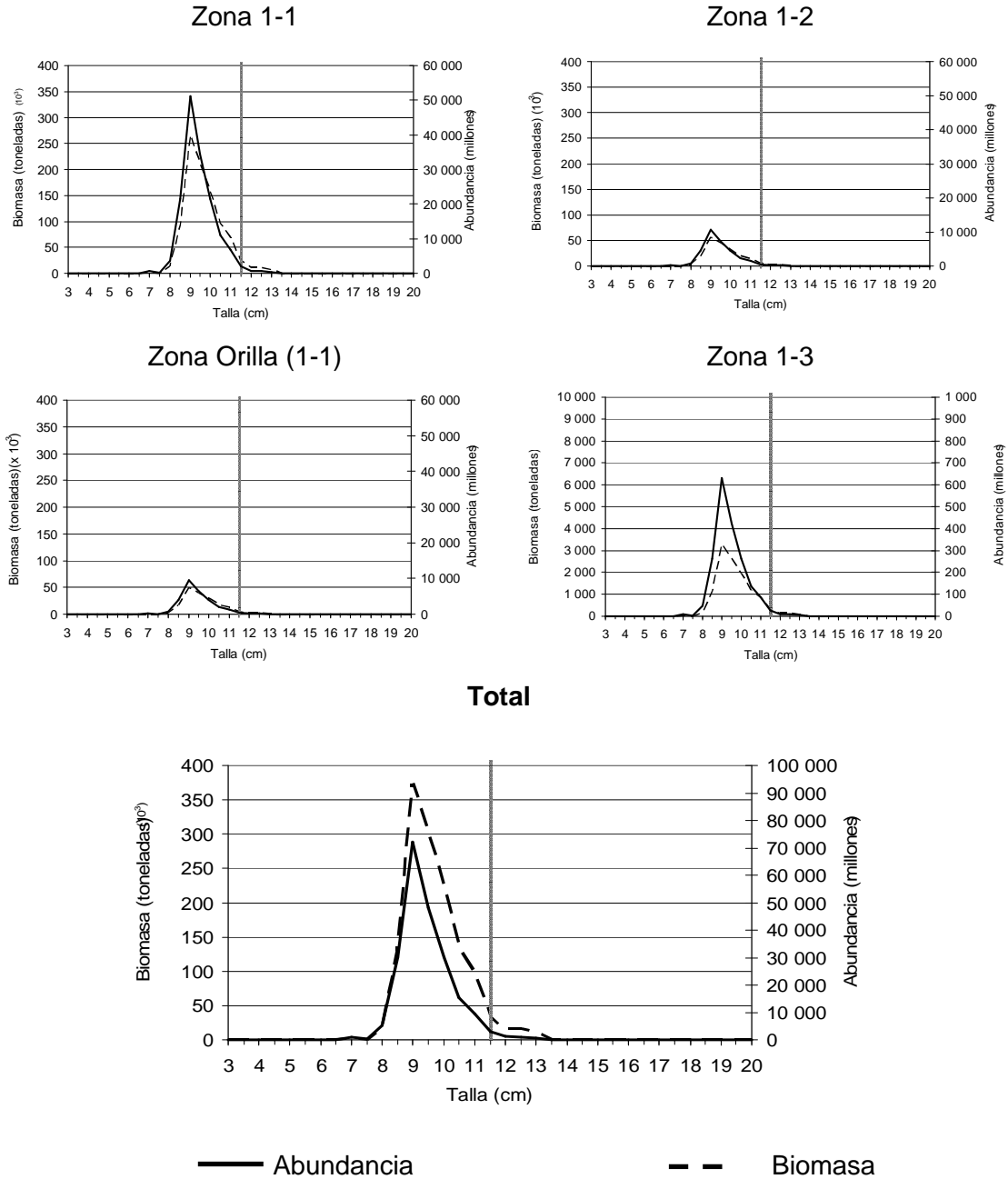


Figura 76. Abundancia y Biomasa de sardina com3n a la talla por zona y total en el oto3o del 2011. Crucero RECLAS 1105.

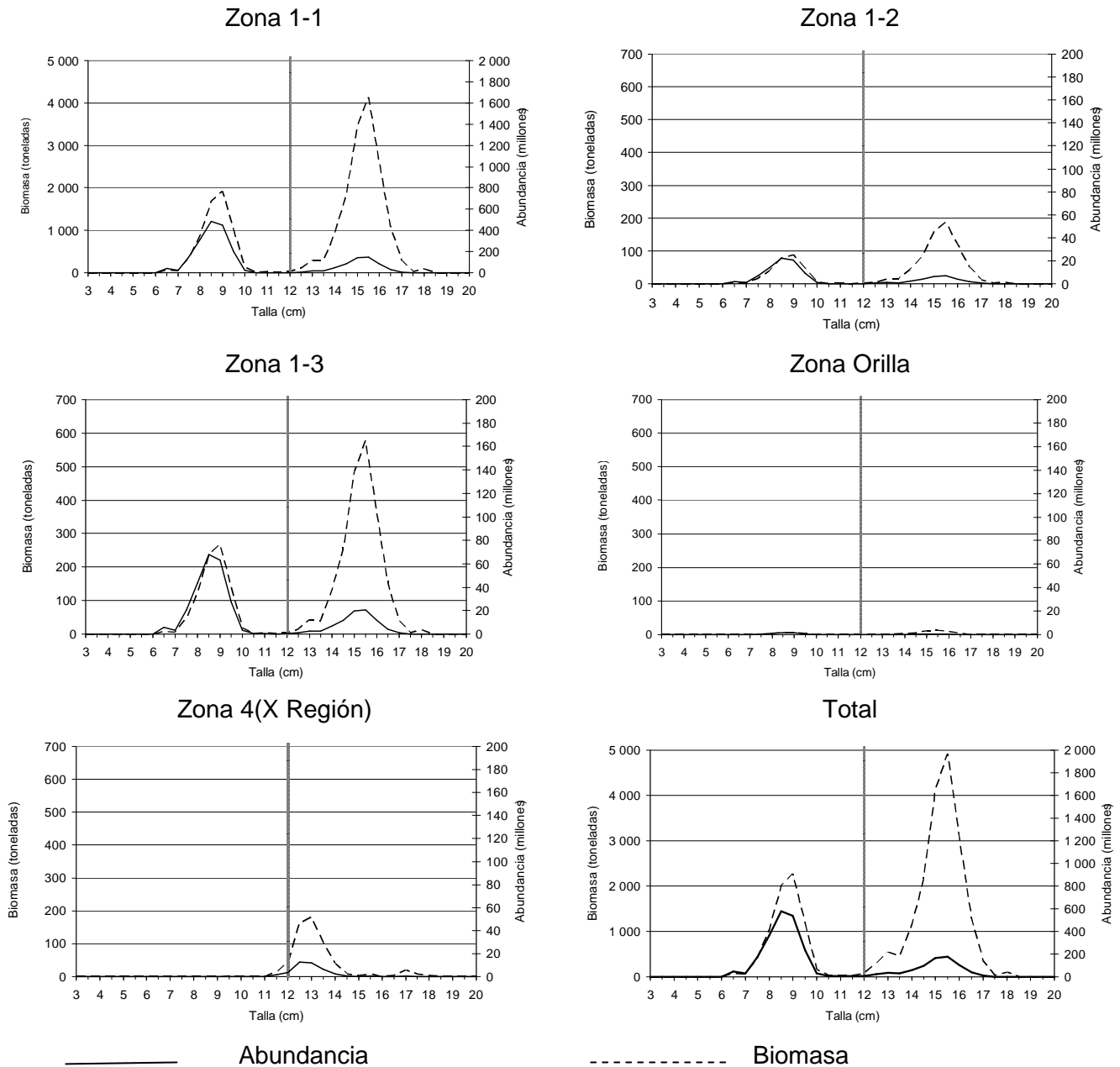


Figura 77. Abundancia y biomasa de anchoveta por subzona estimadas a la talla en la zona centro-sur en el Verano del 2011. Crucero RECLAS 1101.

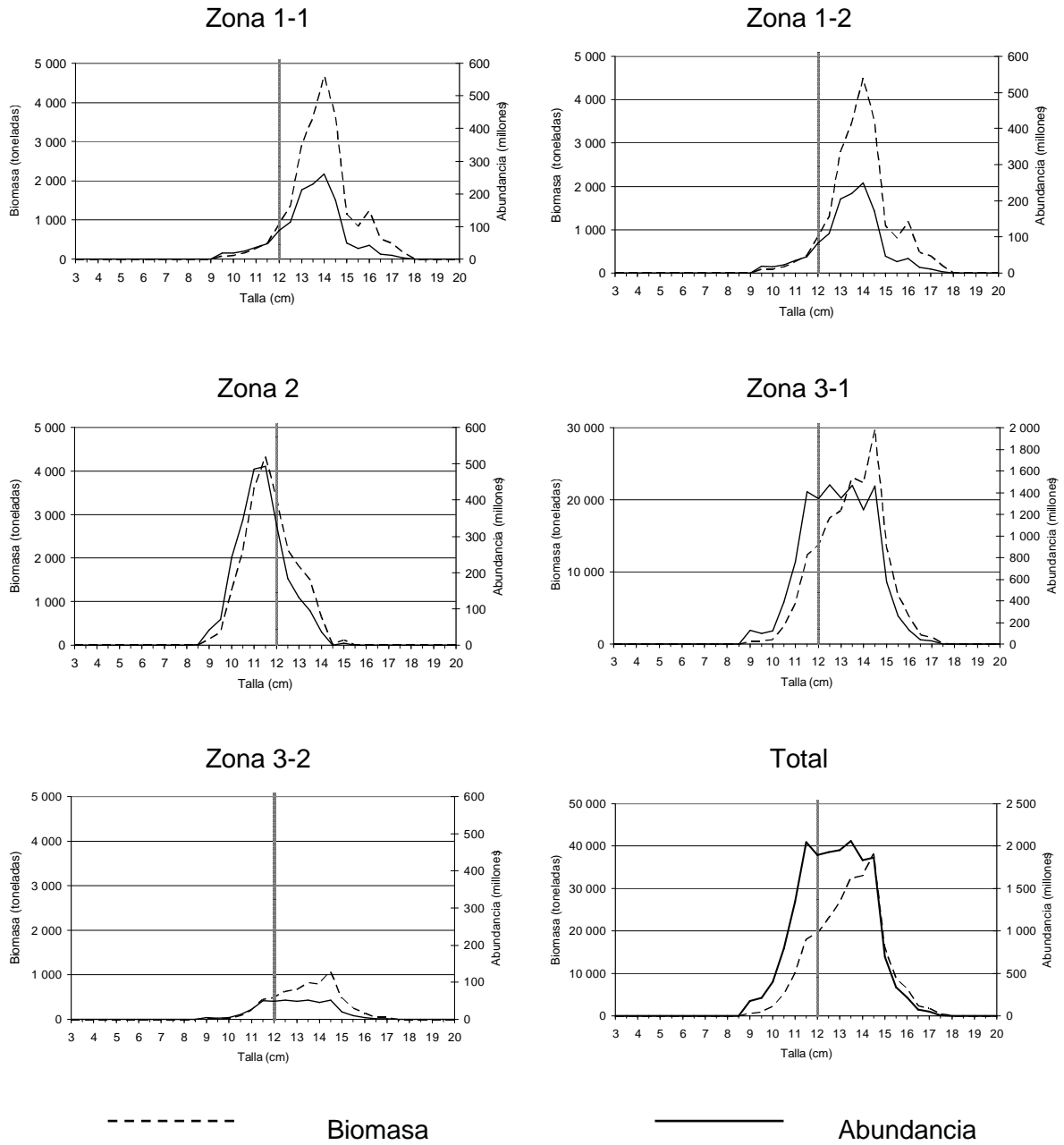


Figura 78. Abundancia y biomasa de anchoveta por subzona estimadas a la talla en la zona centro-sur en el Otoño del 2011. Crucero RECLAS 1105

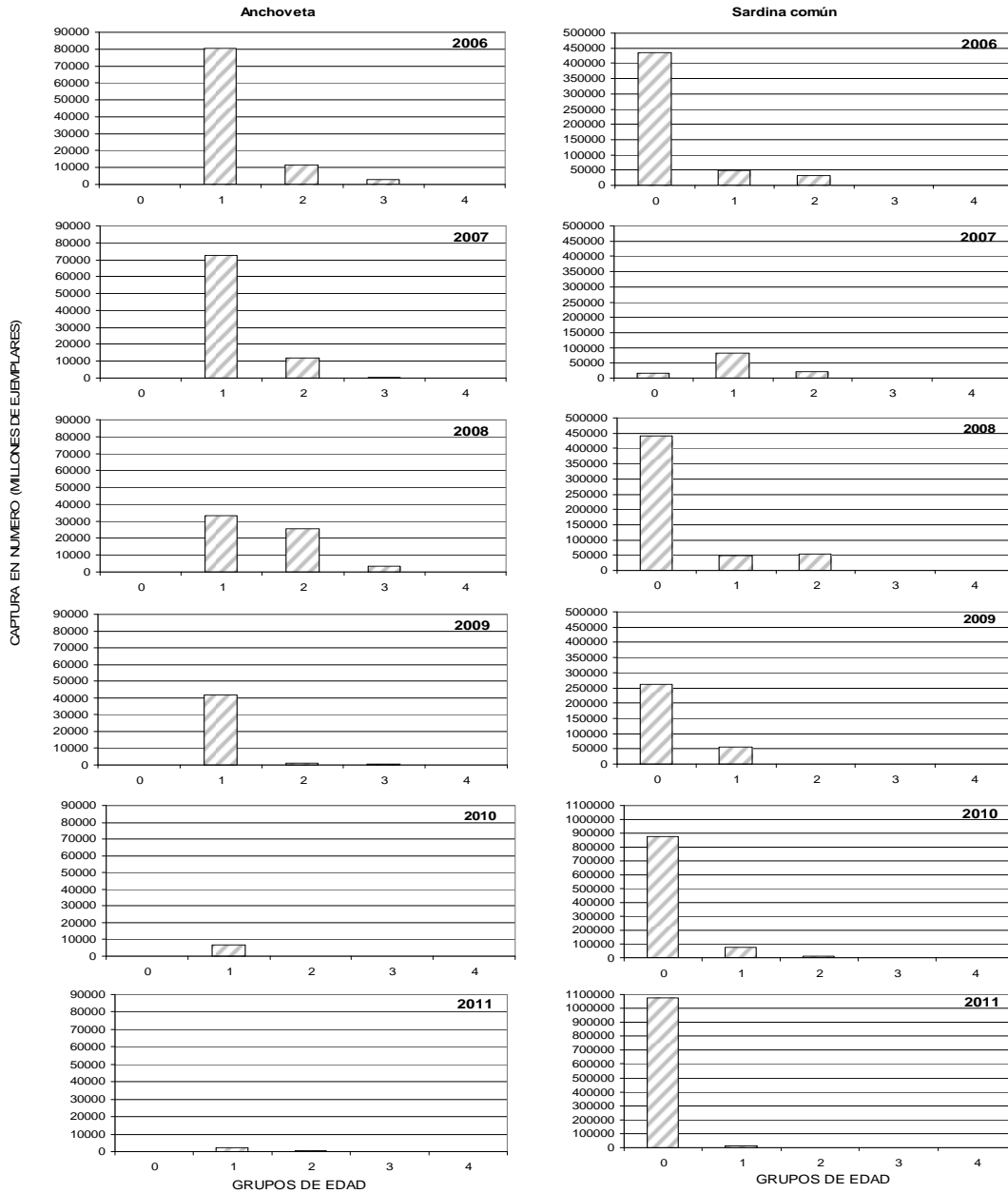


Figura 79. Abundancia por grupo de edad de anchoveta y sardina común registrada en los cruceros de evaluación hidroacústica del mes de enero para el período 2006-2011.

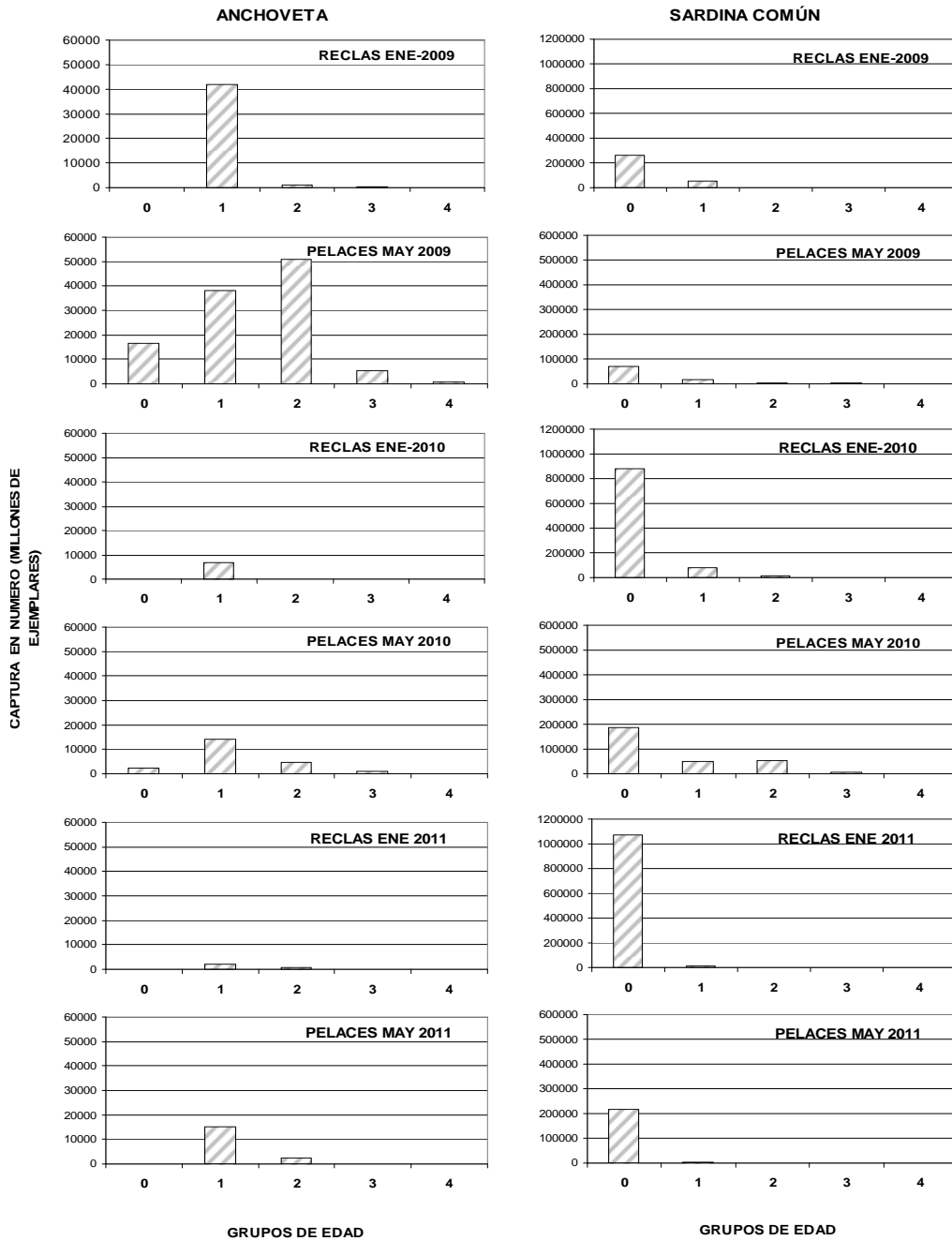


Figura 80. Composición de la captura en número por grupo de edad de anchoveta y sardina común registrada en los cruceros de evaluación hidroacústicos de verano (RECLAS) y de otoño (PELACES) para el 2011.

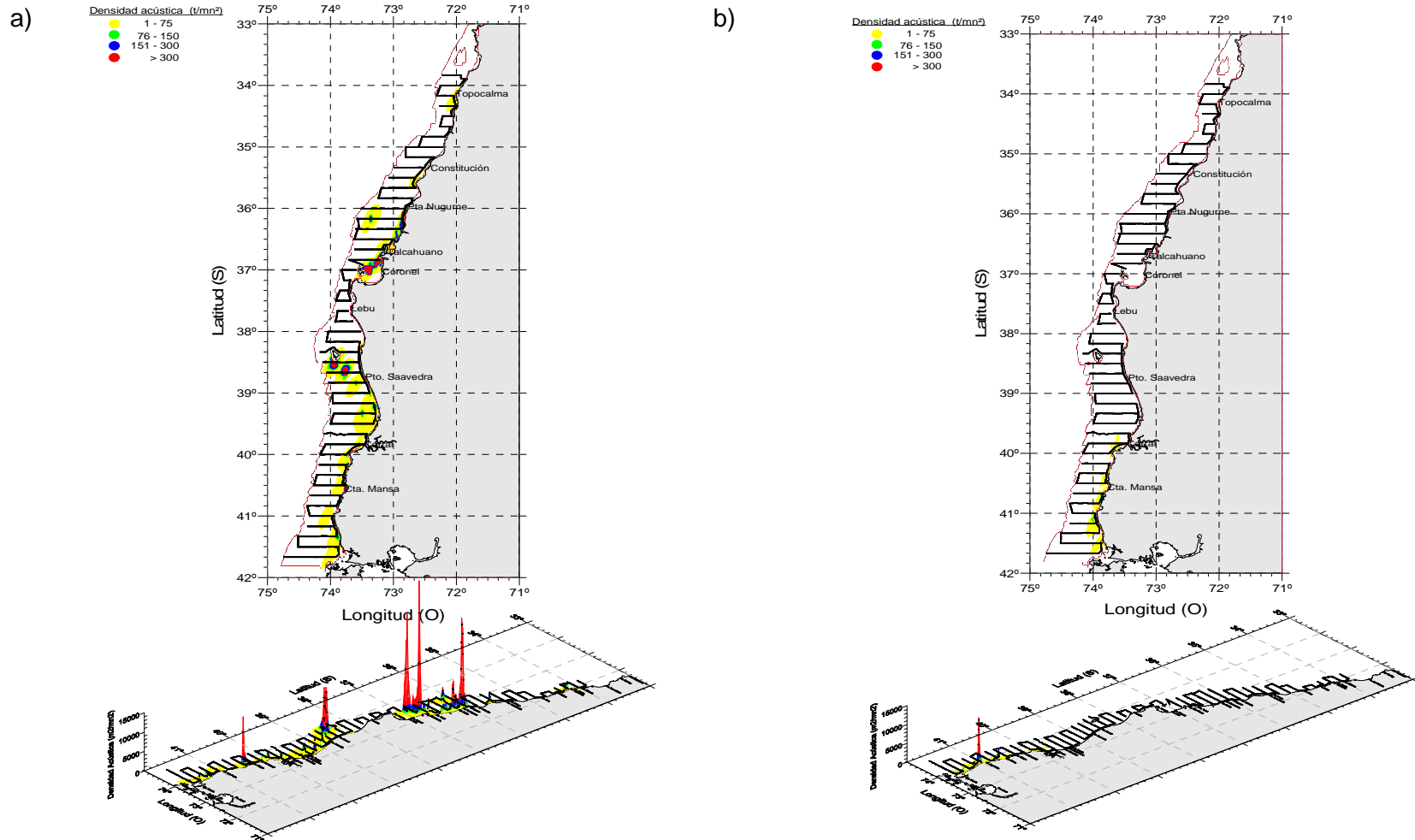
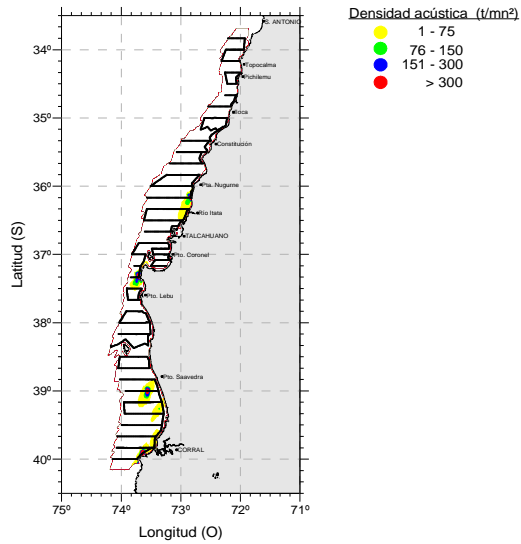


Figura 81. Distribuci3n espacial de la densidad acústica (t/mn²) de a) mote y b) vinciuerria durante el crucero RECLAS 1101.



a)



b)

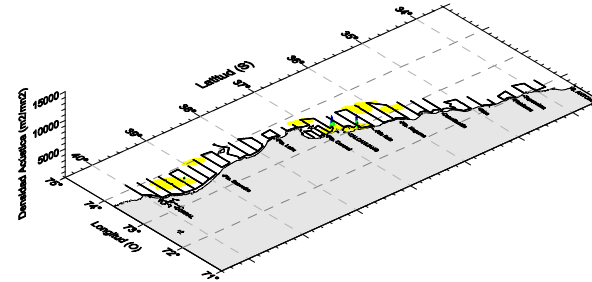
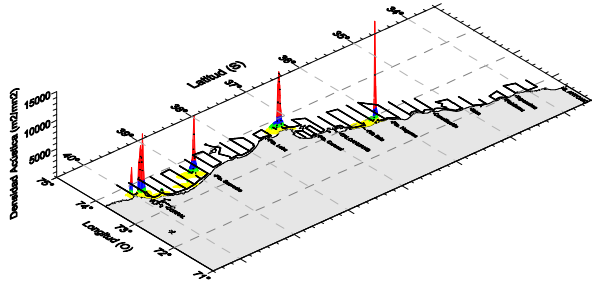
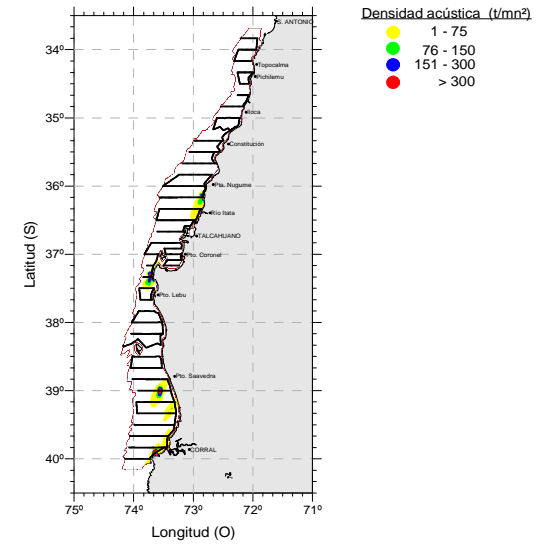


Figura 82. Distribuci3n espacial de la densidad acústica (t/mn²) de a) mote y b) jurel durante el crucero RECLAS 1105.

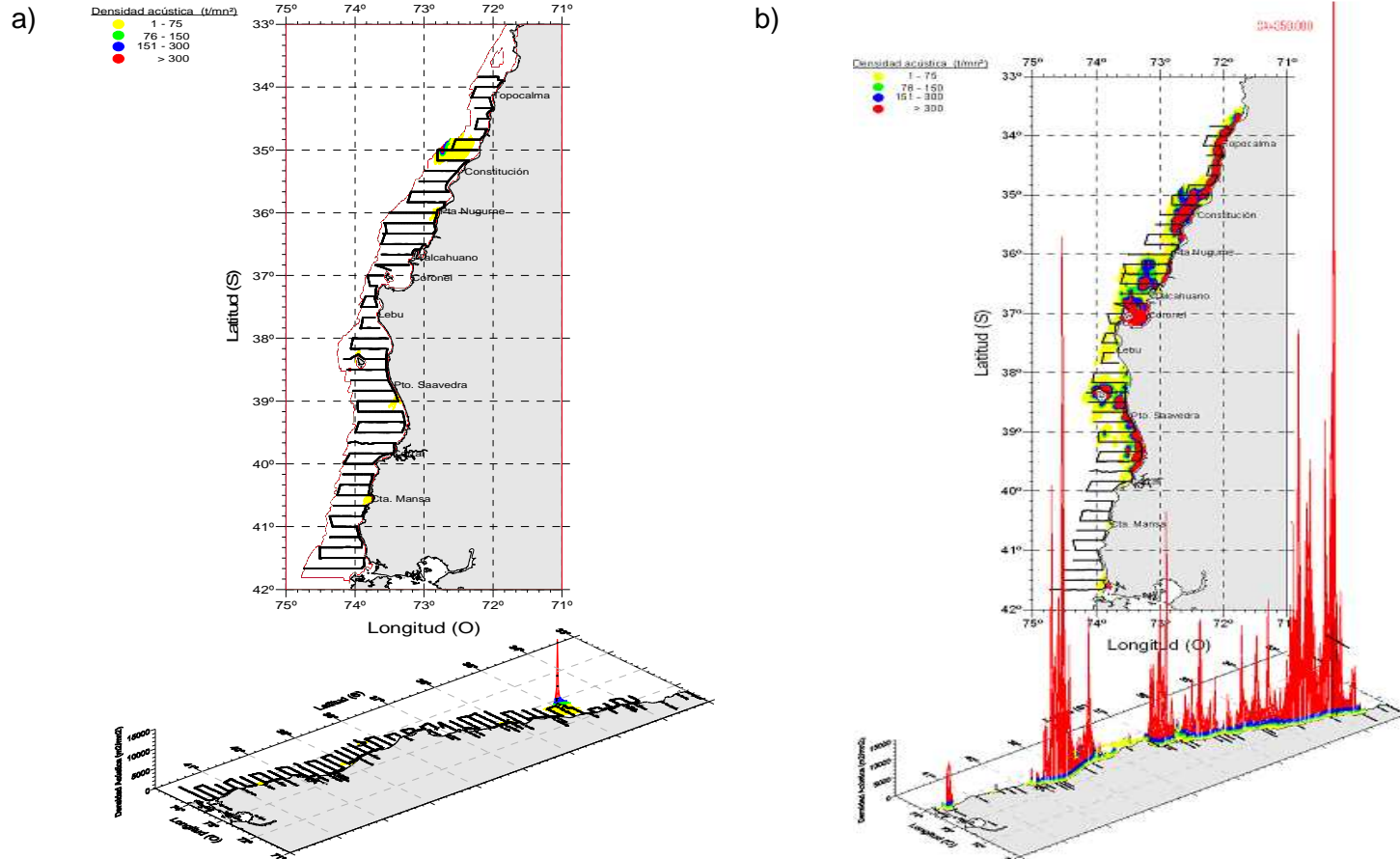


Figura 83. Distribuci3n espacial de la densidad acústica (t/mn²) de a) anchoveta y b) sardina comúN durante el crucero RECLAS 1101.

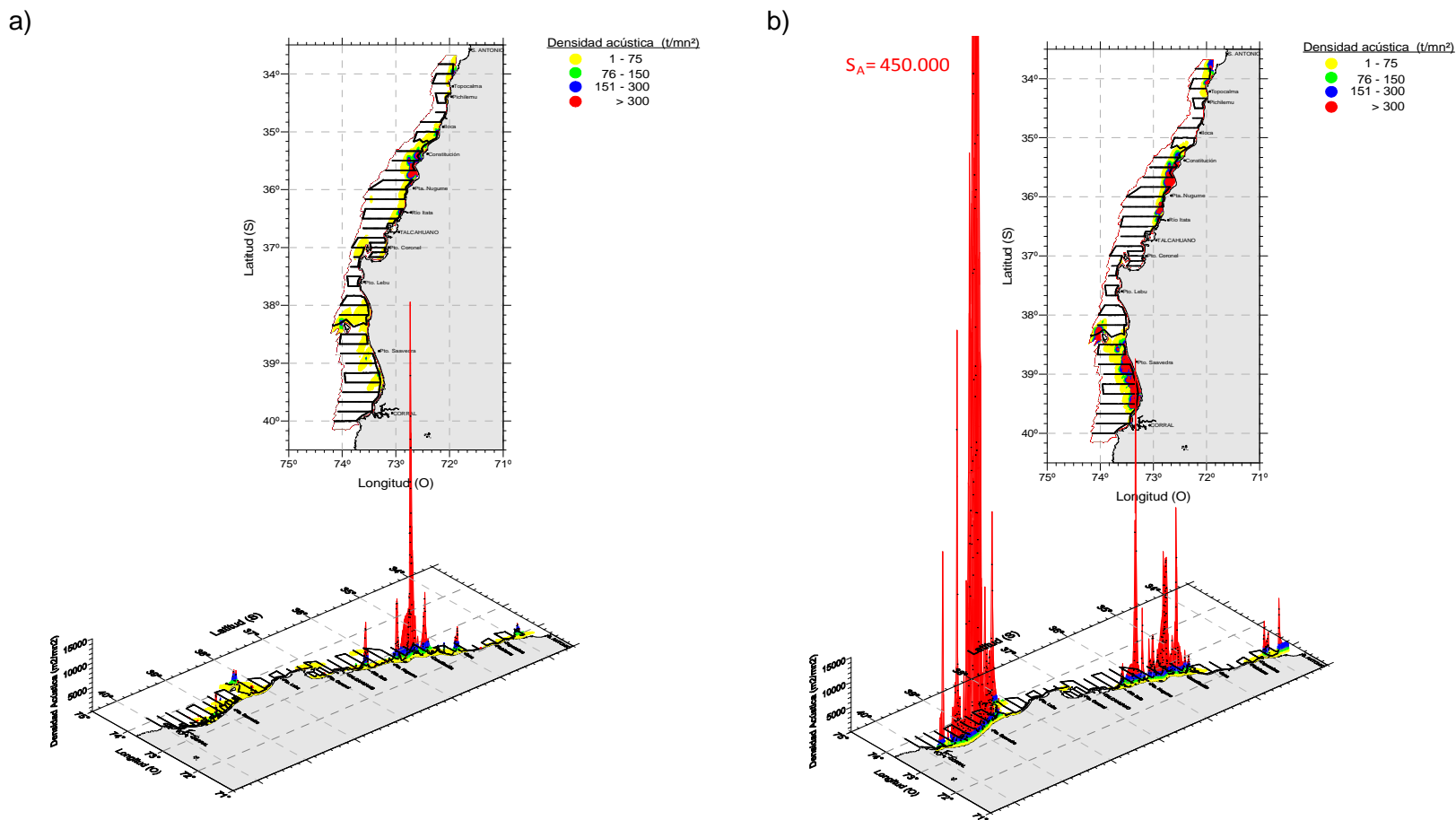


Figura 84. Distribuci3n espacial de la densidad acústica (t/mn²) de a) anchoveta y b) sardina comú (B) en la zona centro-sur durante el otoño del 2011. Crucero RECLAS 1105.

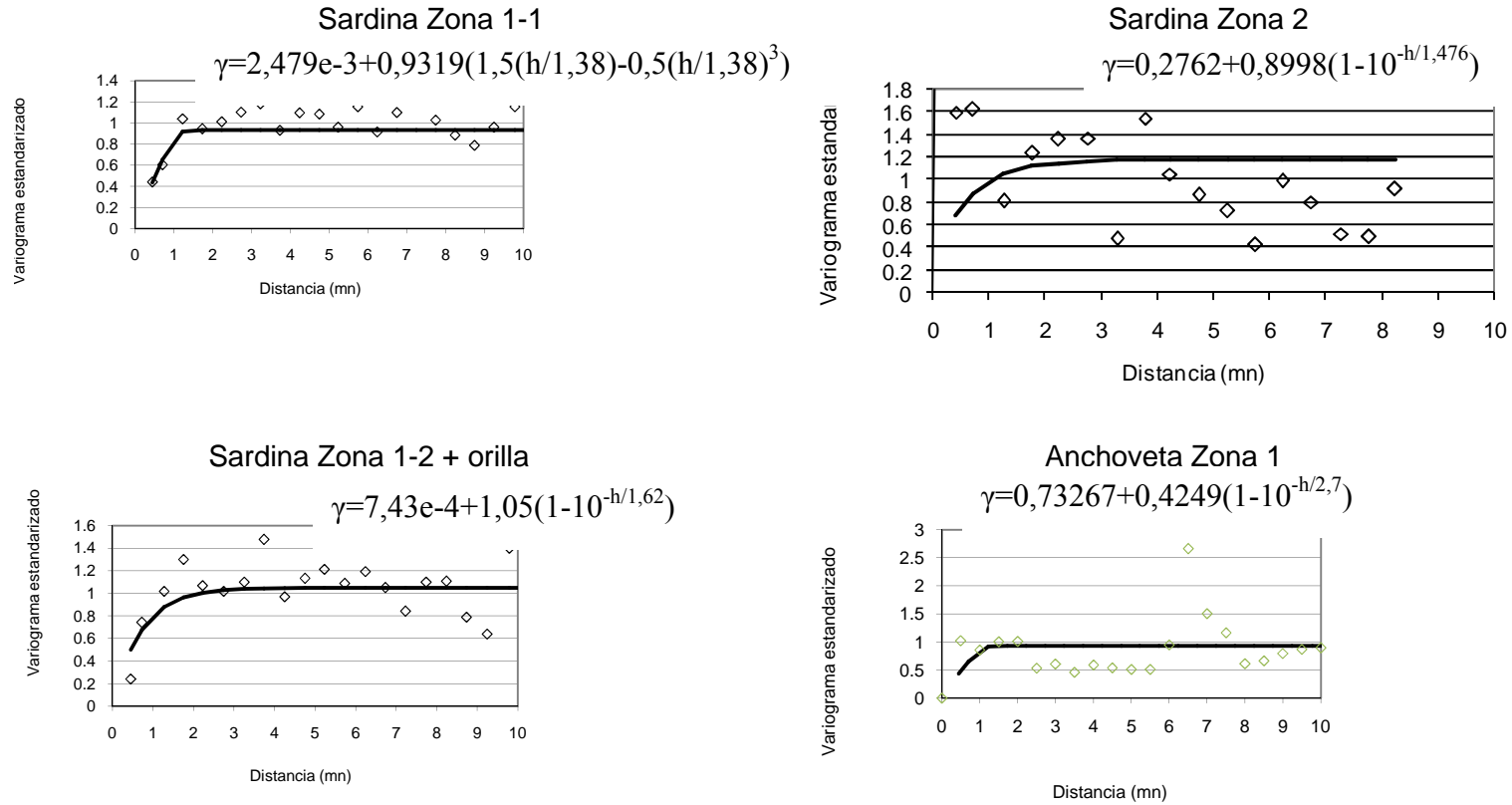


Figura 85. Variogramas estandarizados de sardina com3n y anchoveta por zona. Crucero RECLAS 1101

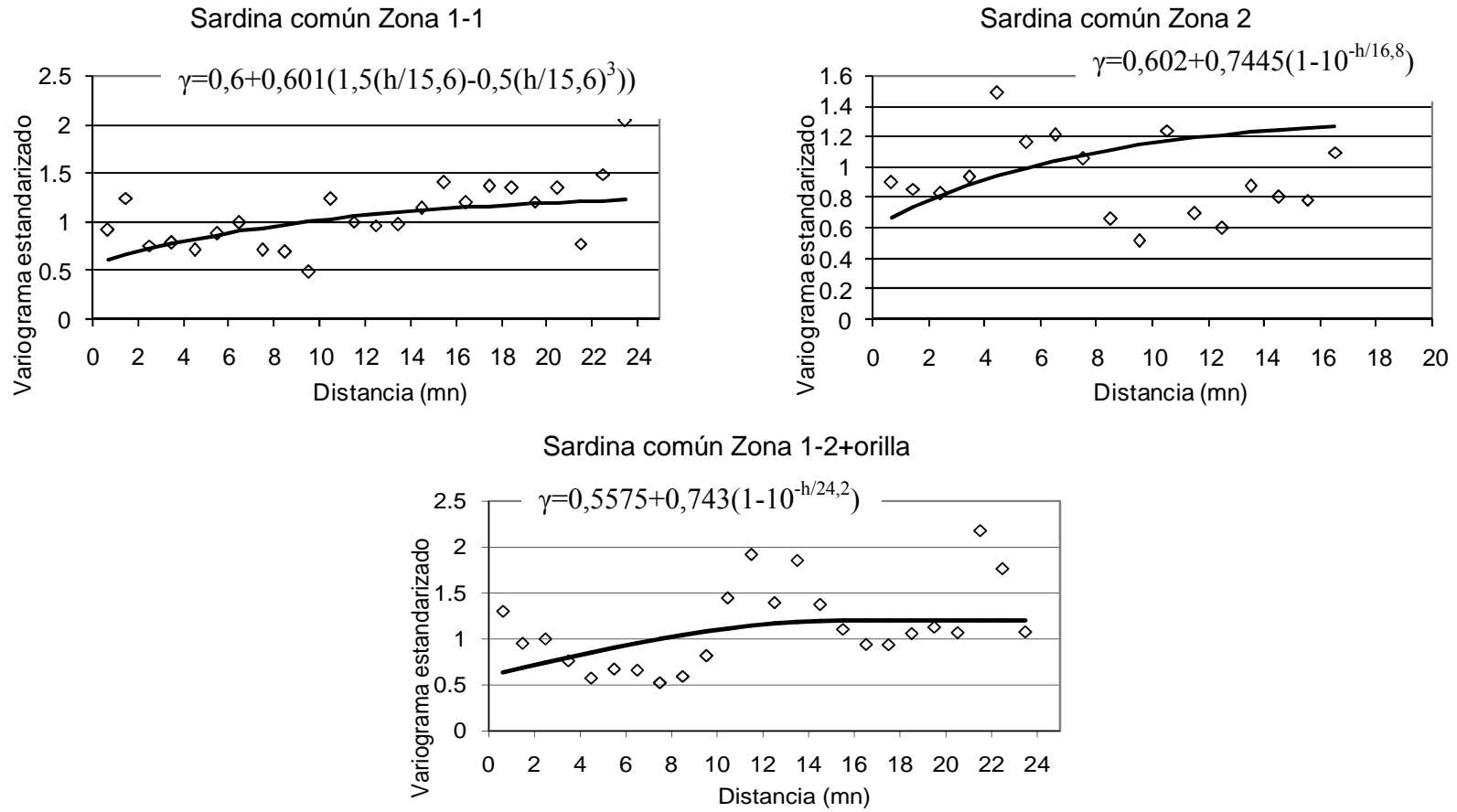


Figura 86. Variogramas estandarizados de sardina com3n por zona. Crucero RECLAS 1105.

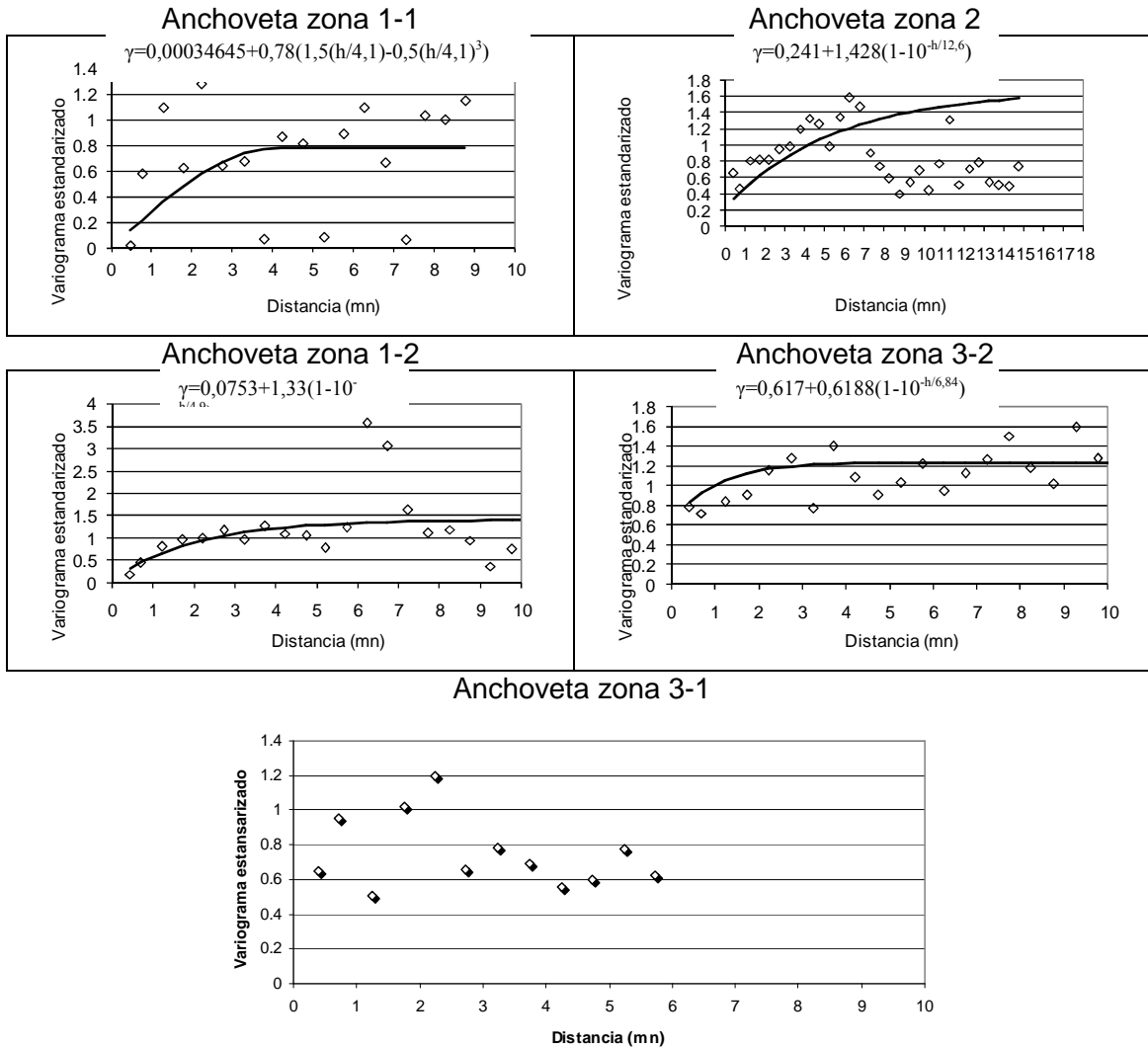


Figura 87. Variogramas estandarizados de anchoveta por zona. En la zona 3-1 hubo distribución al azar, sin estructura espacial. Crucero RECLAS 1105.

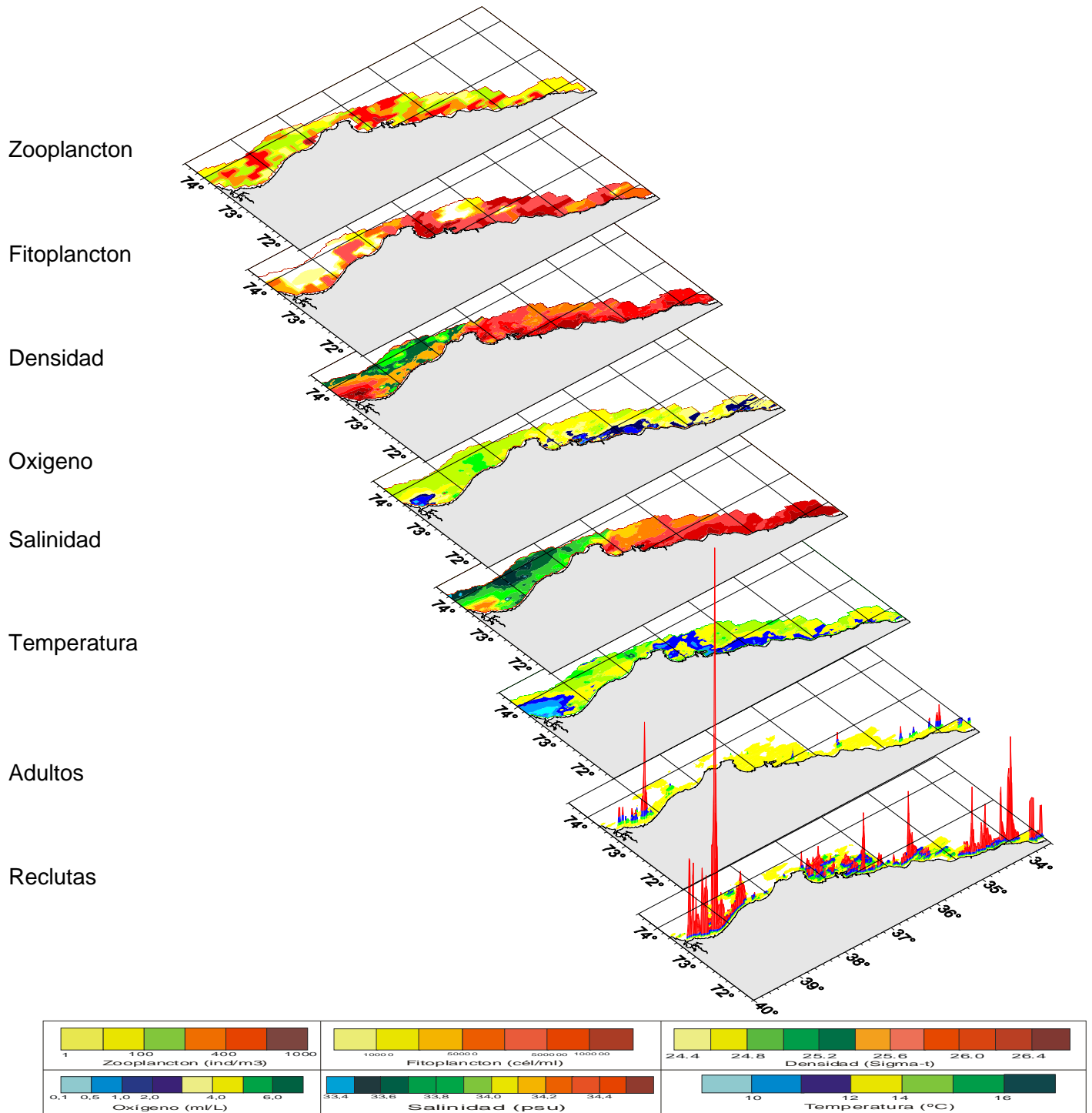


Figura 88. Distribución espacial de los adultos y reclutas de sardina común y de las variables variables bioceanográficas. Crucero RECLAS 1101.

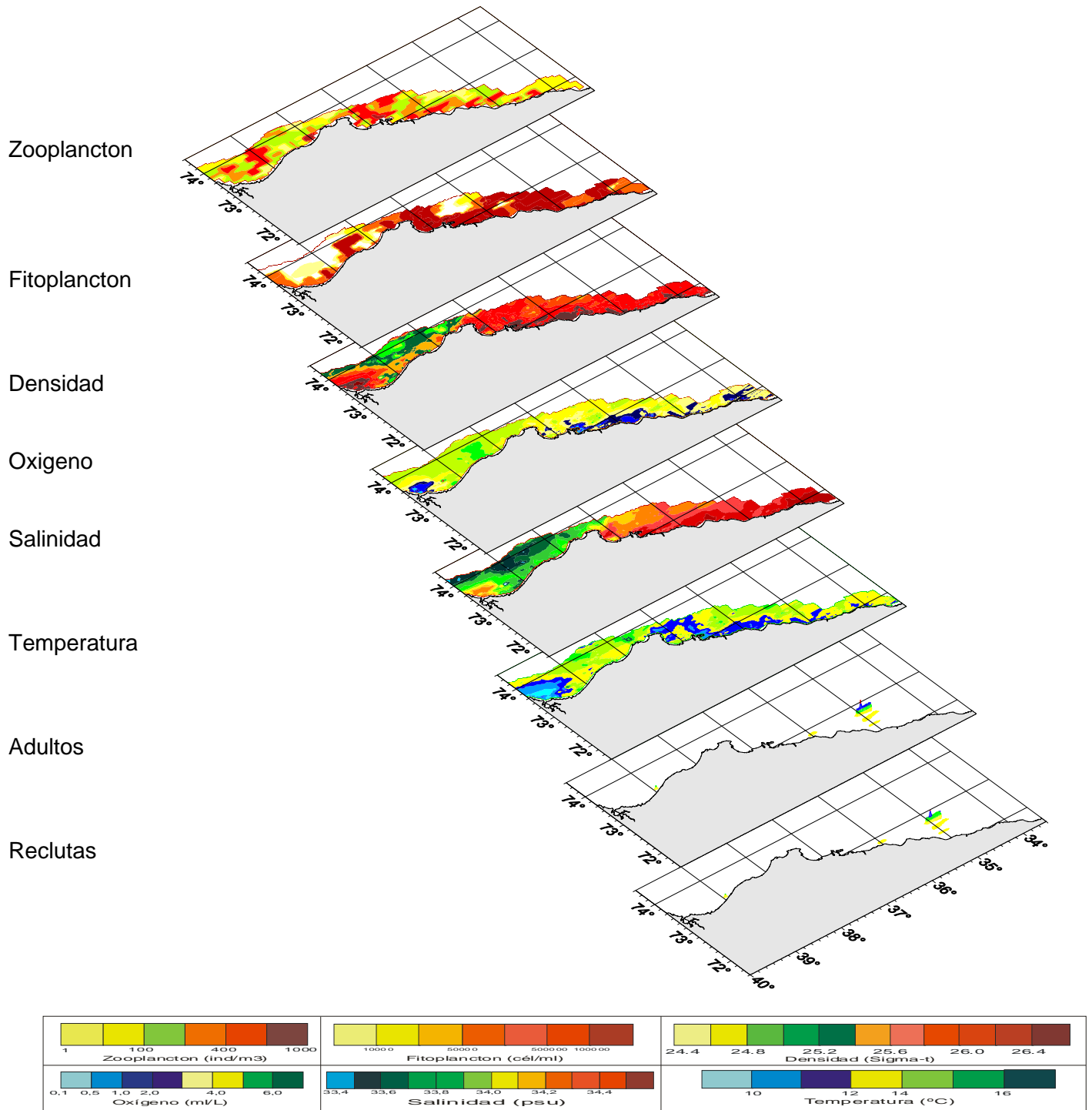


Figura 89. Distribuci3n espacial de los adultos y reclutas de anchoveta y de las variables bioceanográficas. Crucero RECLAS 1101.

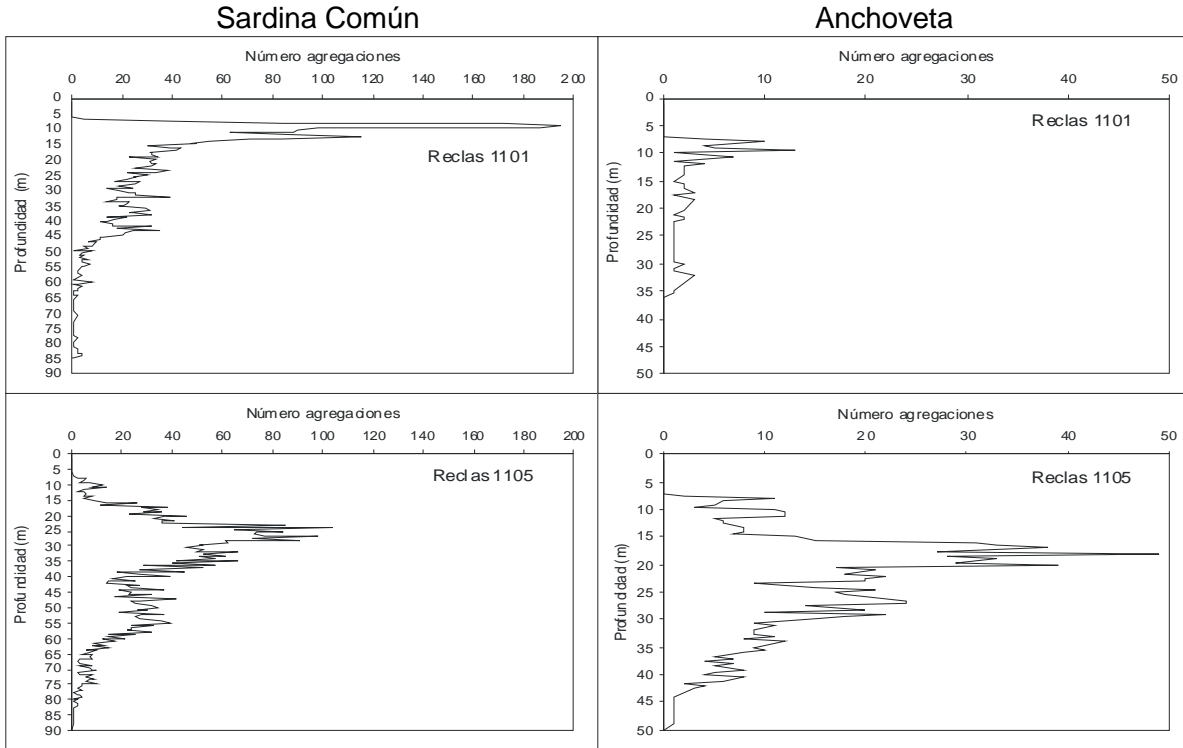


Figura 90. Distribuci3n batimétrica de sardina común y anchoveta. Cruceros RECLAS 1101 y RECLAS 1105.

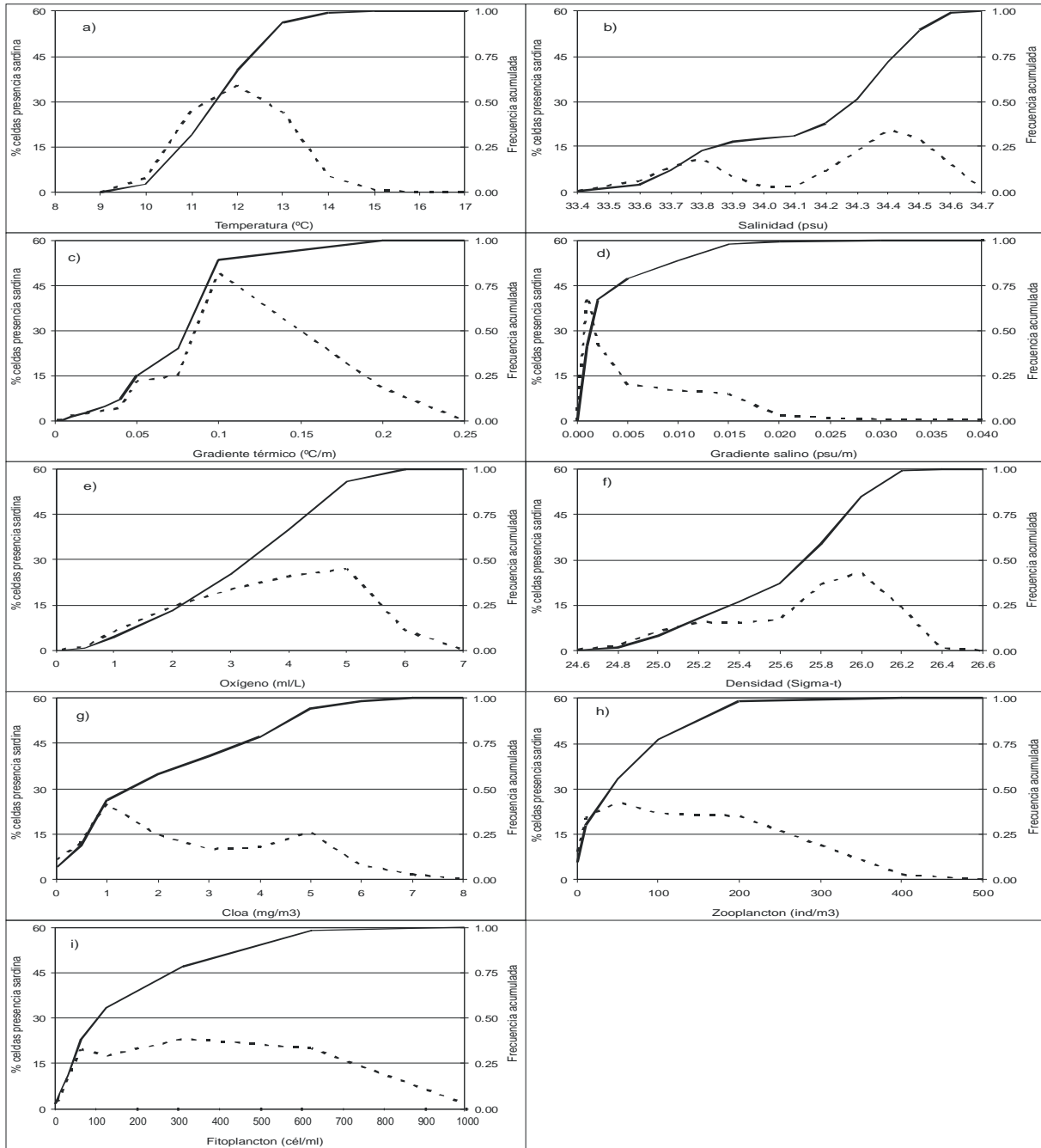


Figura 91a. Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de adultos de sardina en relaci3n a las variables bioceanogr3ficas. Crucero RECLAS 1101.

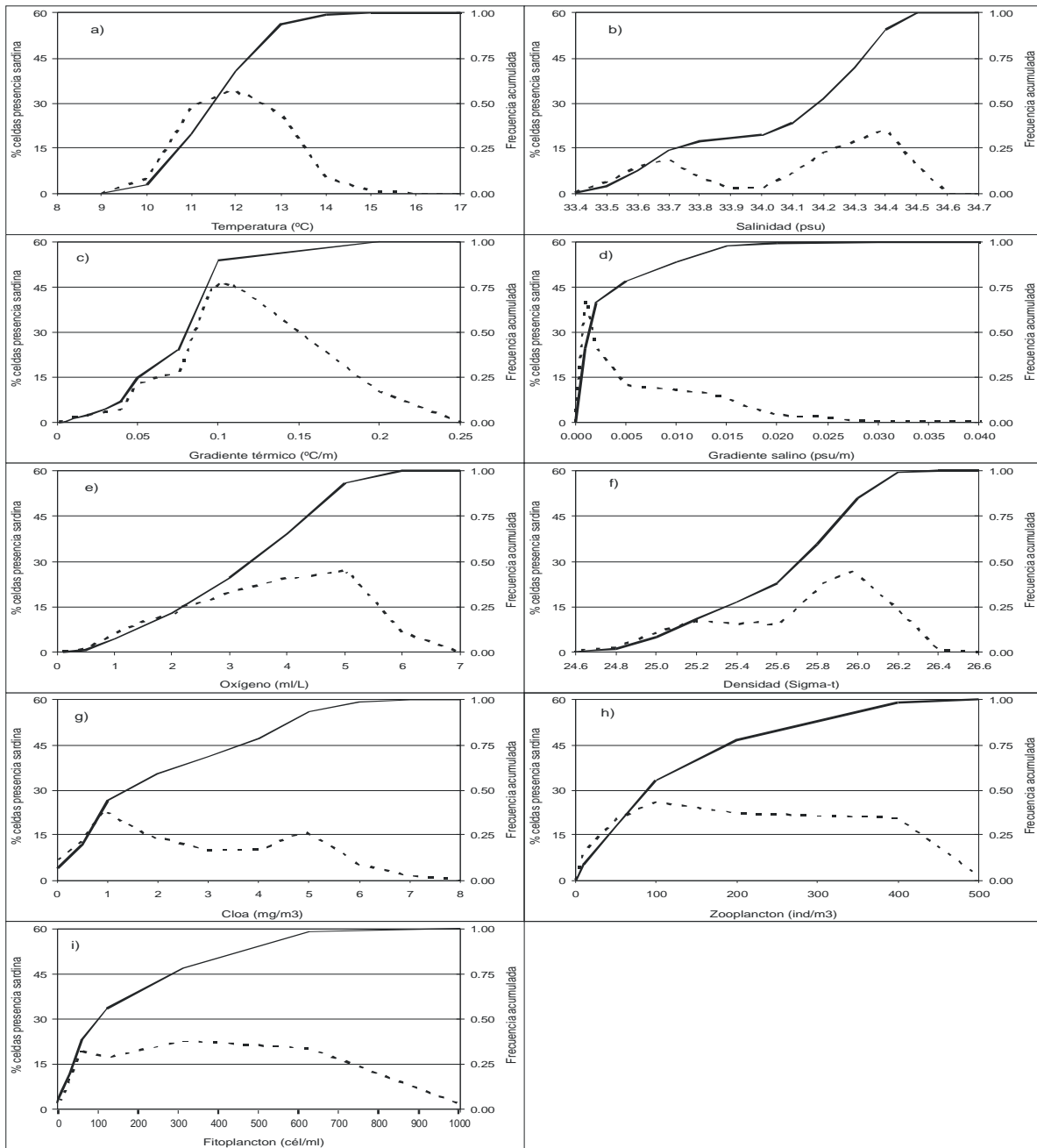


Figura 91b. Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de reclutas de sardina en relación a las variables bioceanográficas. Crucero RECLAS 1101.

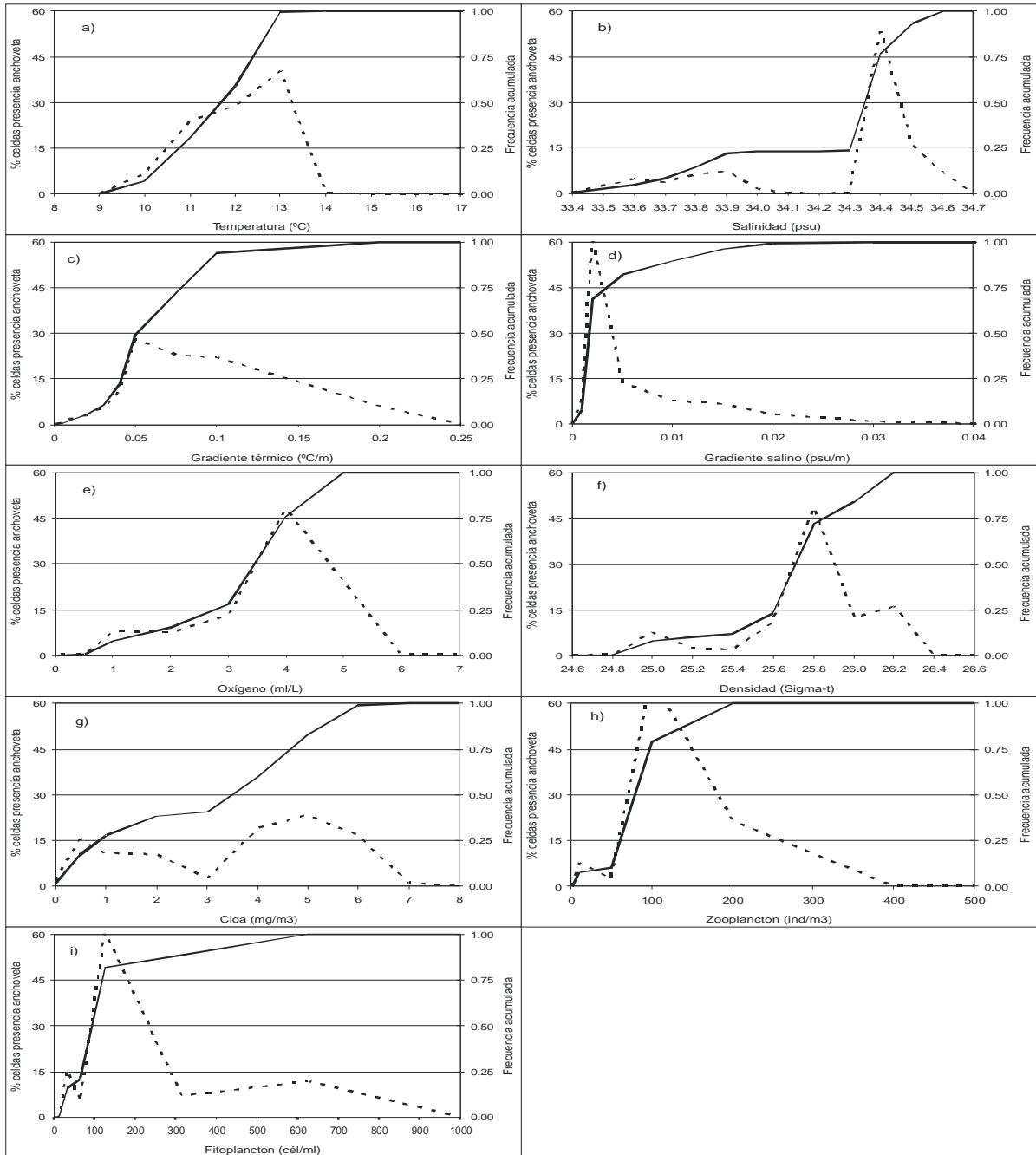


Figura 92. Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de adultos de anchoveta en relación a las variables bioceanográficas. Crucero RECLAS 1101.

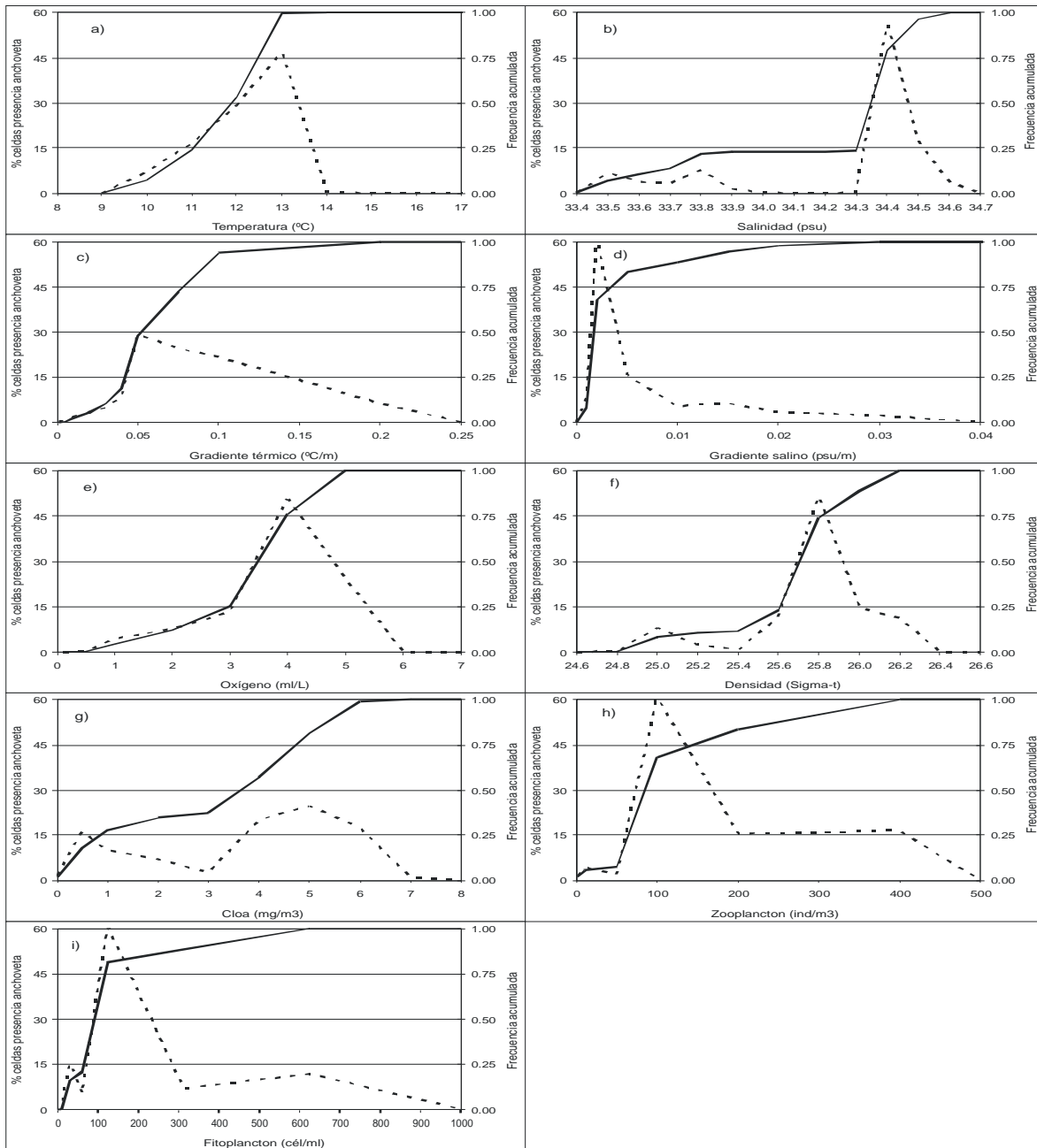


Figura 93. Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de reclutas de anchoveta en relación a las variables bioceanográficas. Crucero RECLAS 1101.

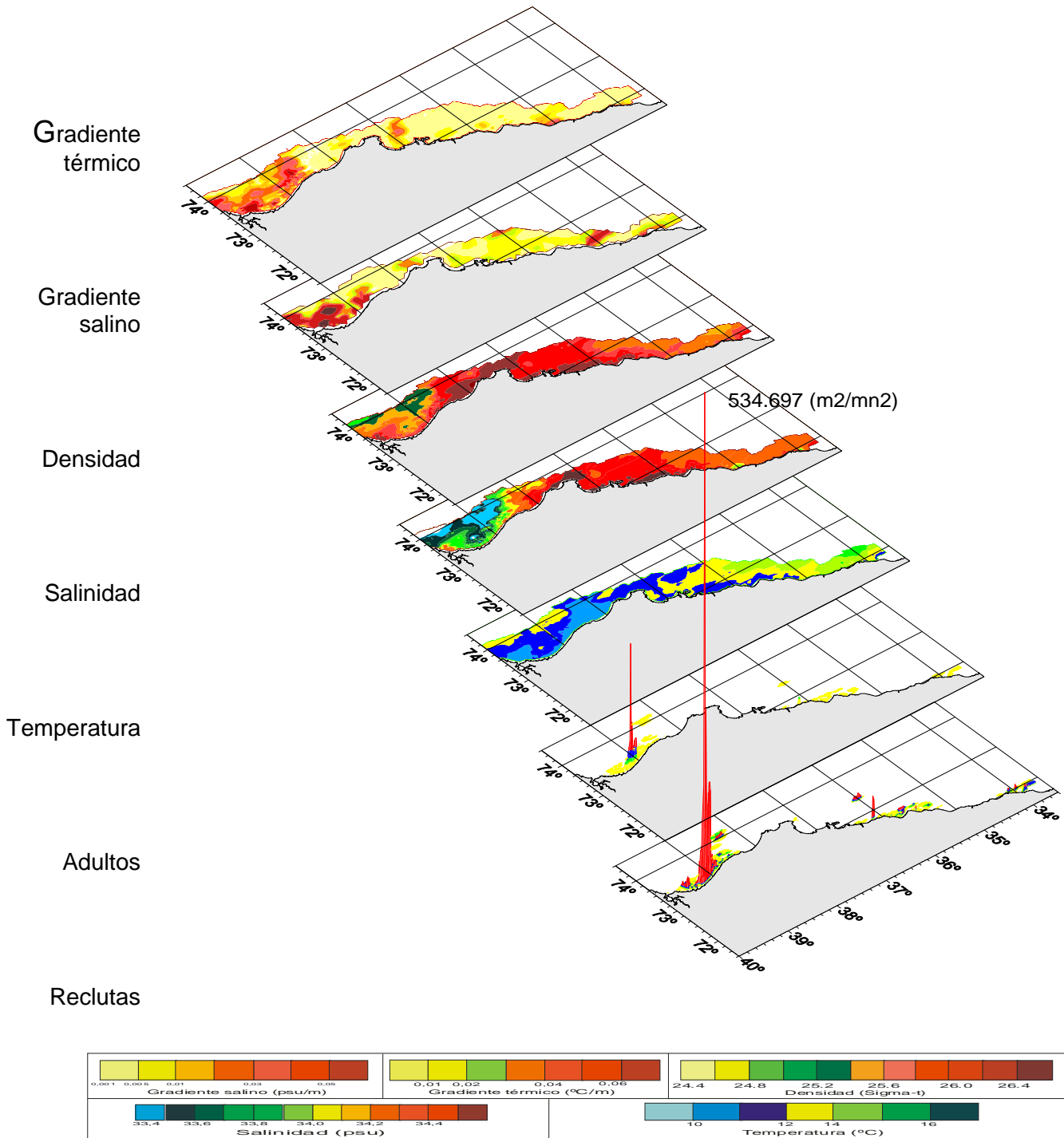


Figura 94. Distribución espacial de los adultos y reclutas de sardina común y de las variables bio-oceanográficas. Crucero RECLAS 1105.

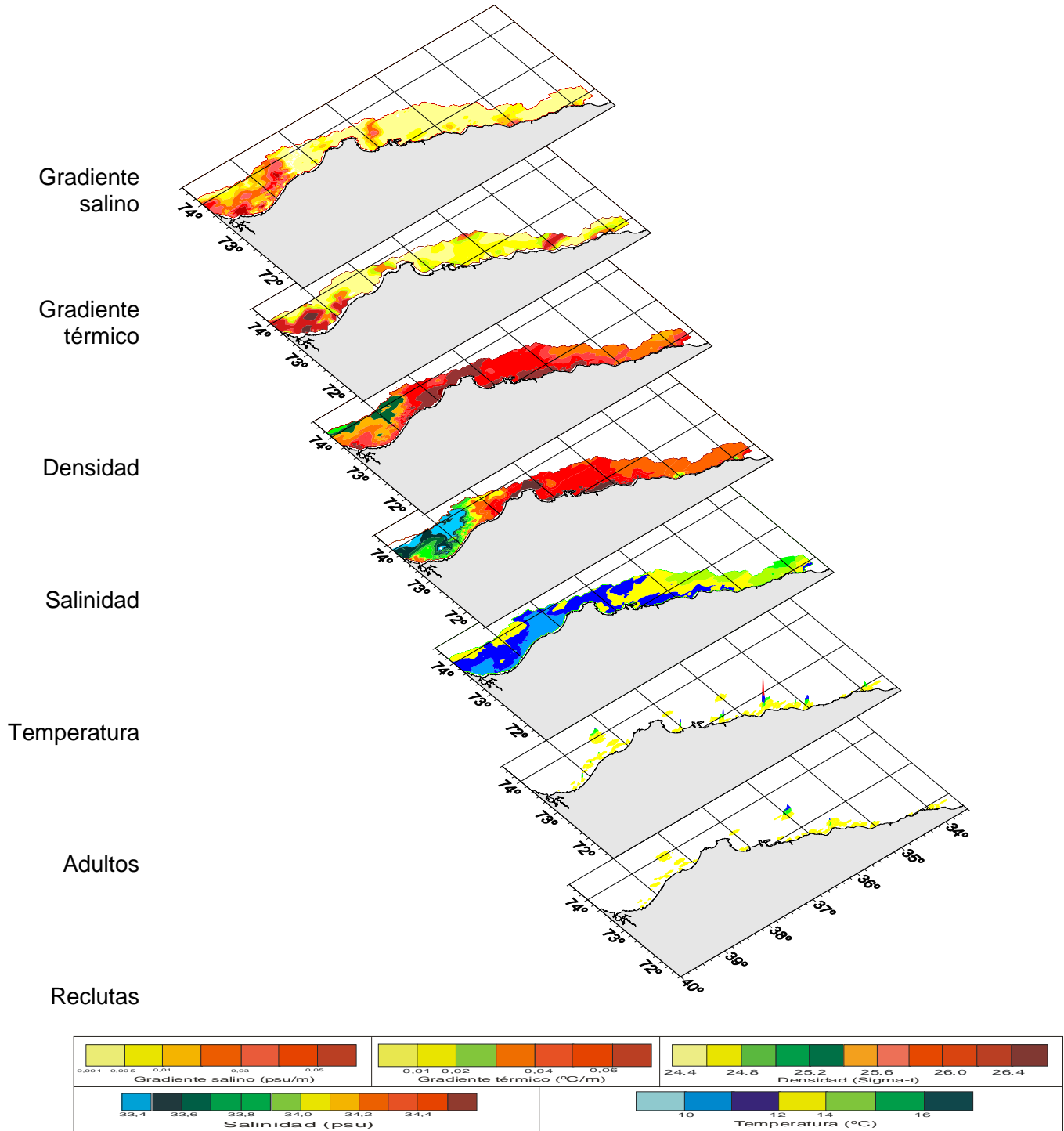


Figura 95. Distribuci3n espacial de los adultos y reclutas de anchoveta y de las variables bioceanográficas. Crucero RECLAS 1105.

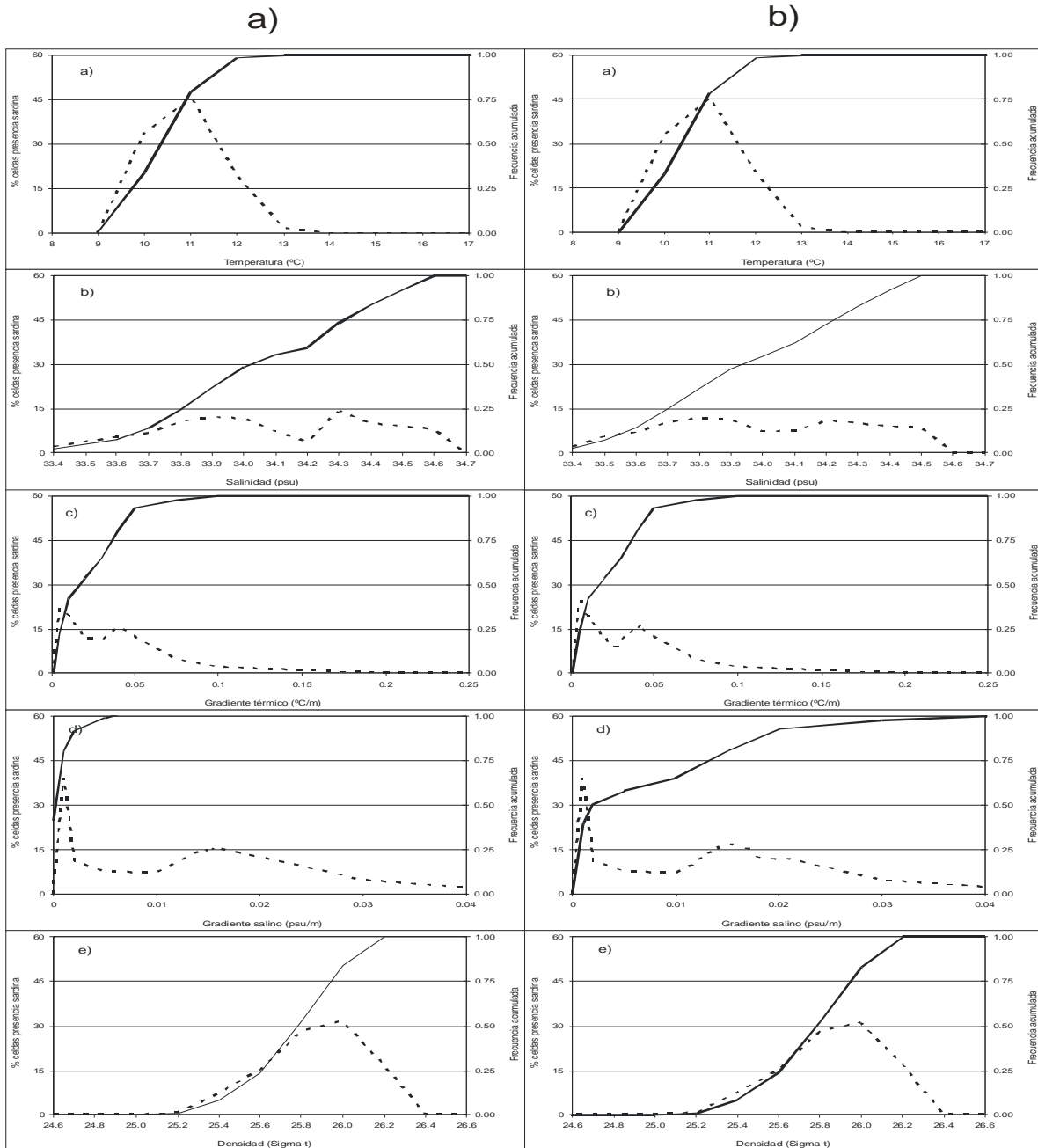


Figura 96. Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de a) adultos y b) reclutas de sardina en relación a las variables bioceanográficas. Crucero RECLAS 1105.

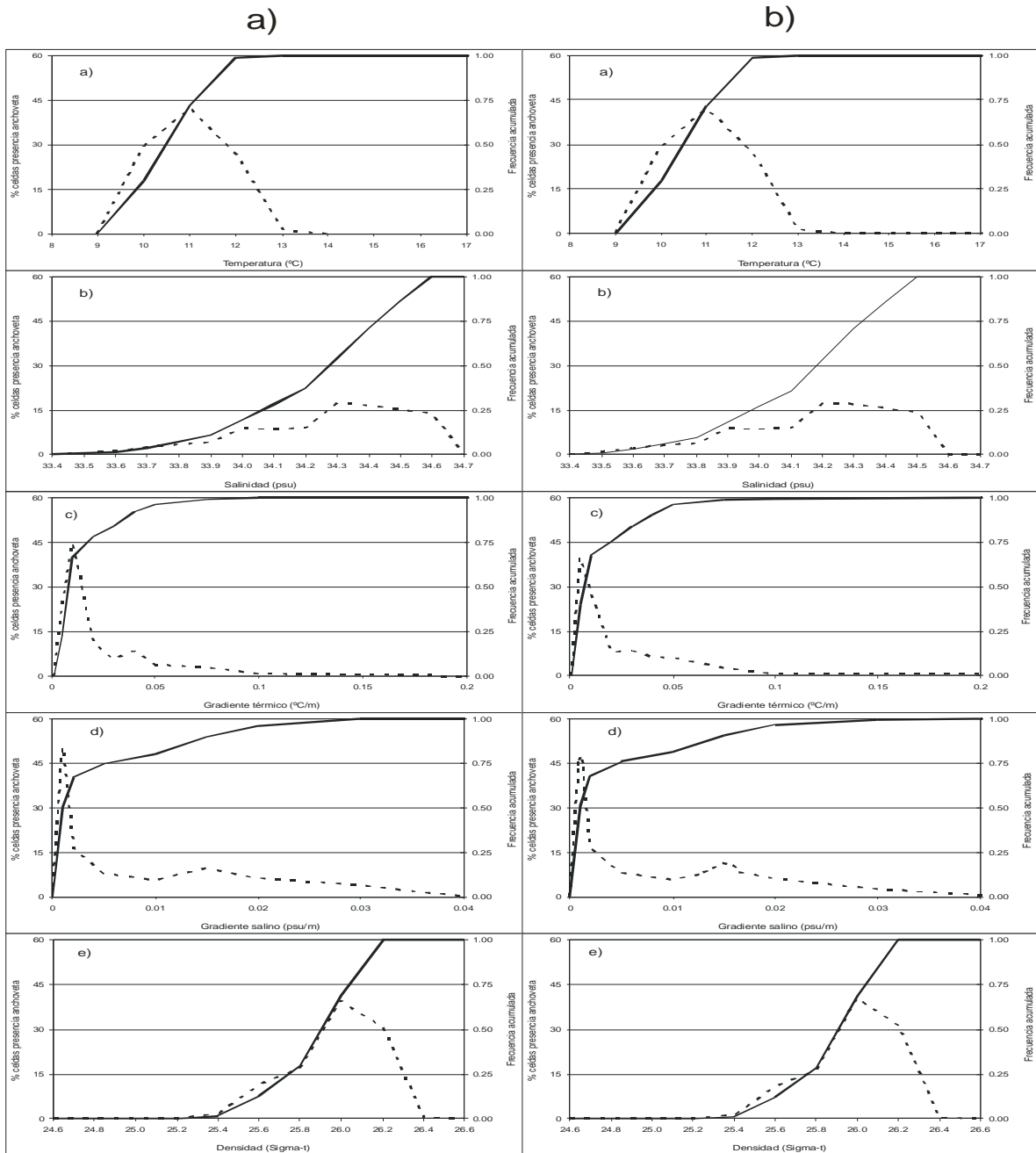


Figura 97. Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de a) adultos y b) reclutas de anchoveta en relación a las variables bioceanográficas. Crucero RECLAS 1105.

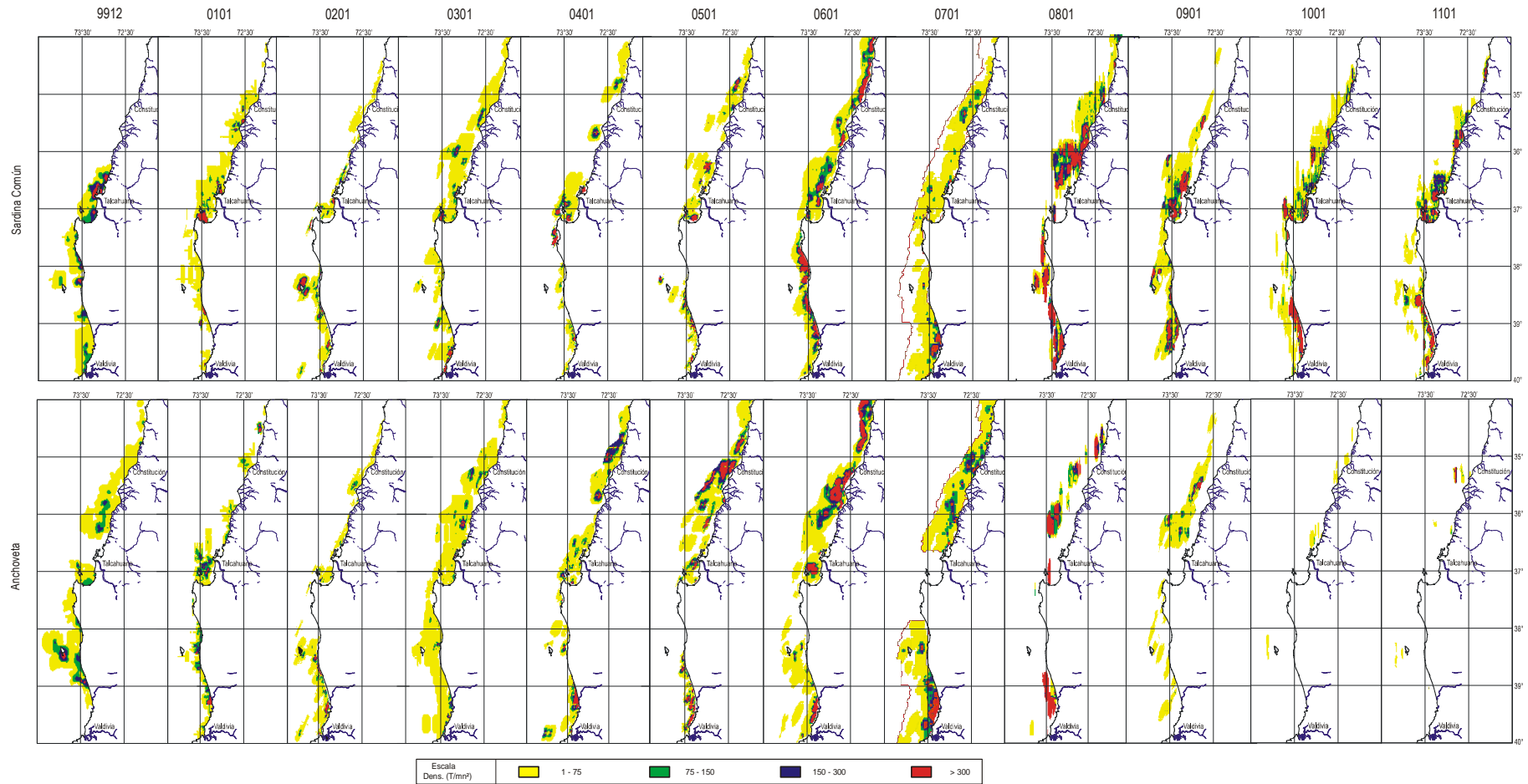


Figura 98. Distribuci3n espacial de las distribuciones de sardina y anchoqueta en la zona centro-sur de Chile.

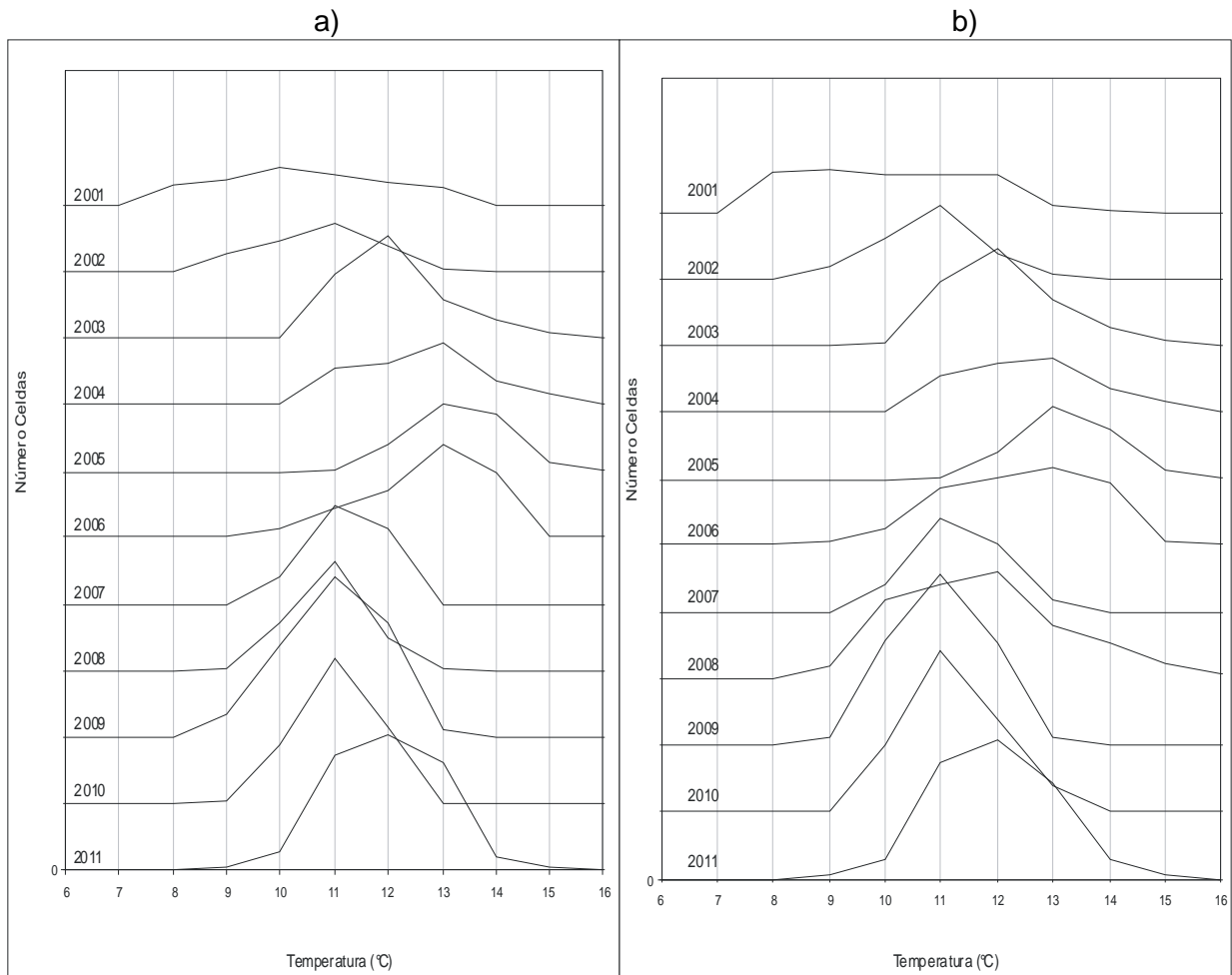


Figura 99. Rangos de distribución históricos respecto de la temperatura de a) adultos y b) reclutas de sardina.

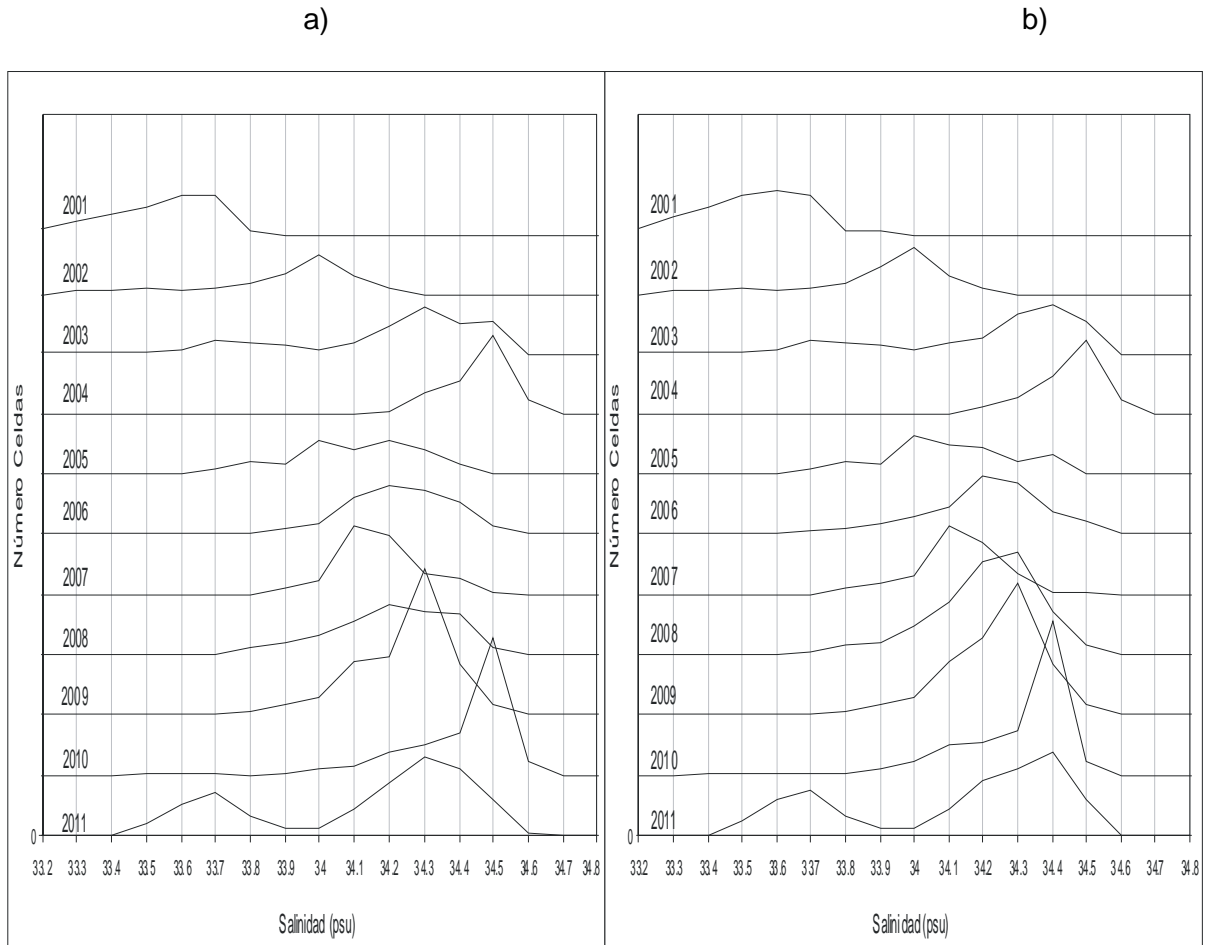


Figura 100. Rangos de distribución históricos respecto de la salinidad de a) adultos y b) reclutas de sardina.

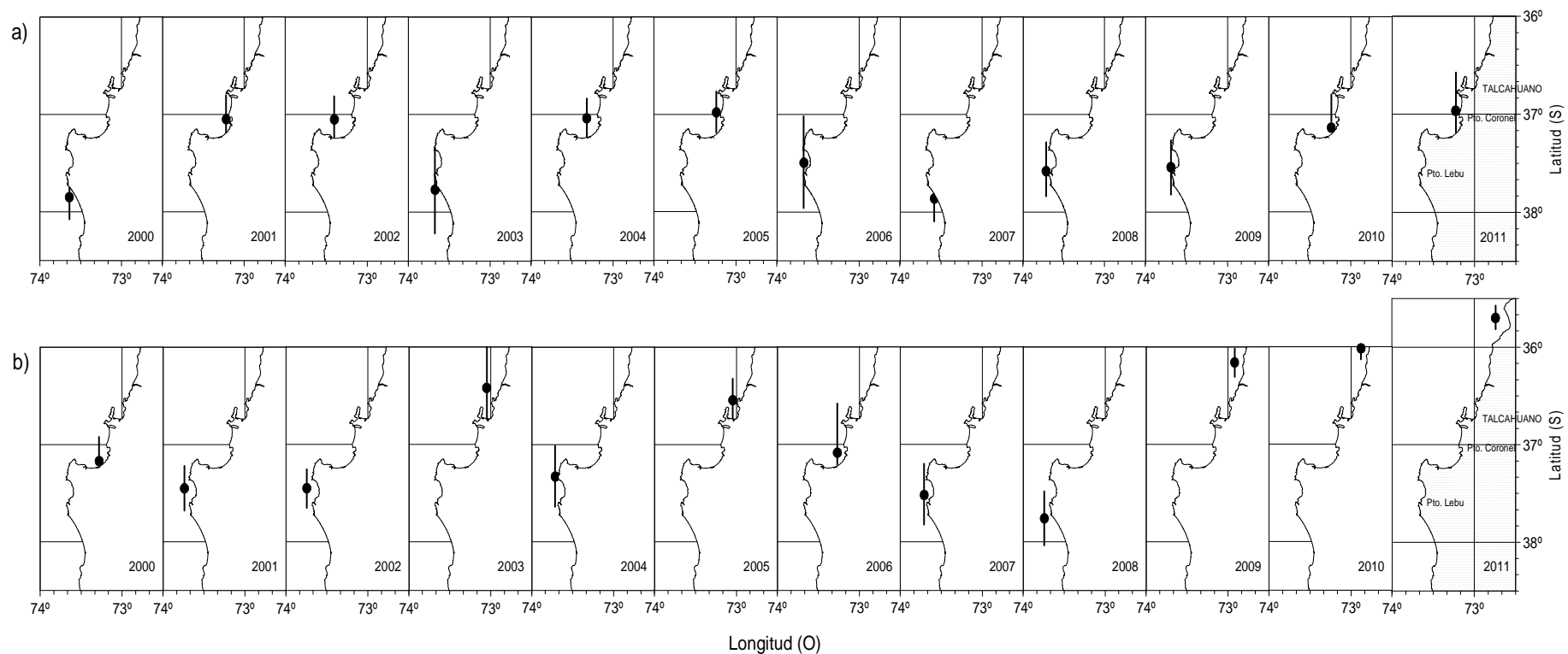


Figura101. Localizaci3n de los centros de gravedad hist3ricos de las distribuciones de a) sardina y b) anchoveta. Lnea negra representa su radio estandar (varianza espacial).

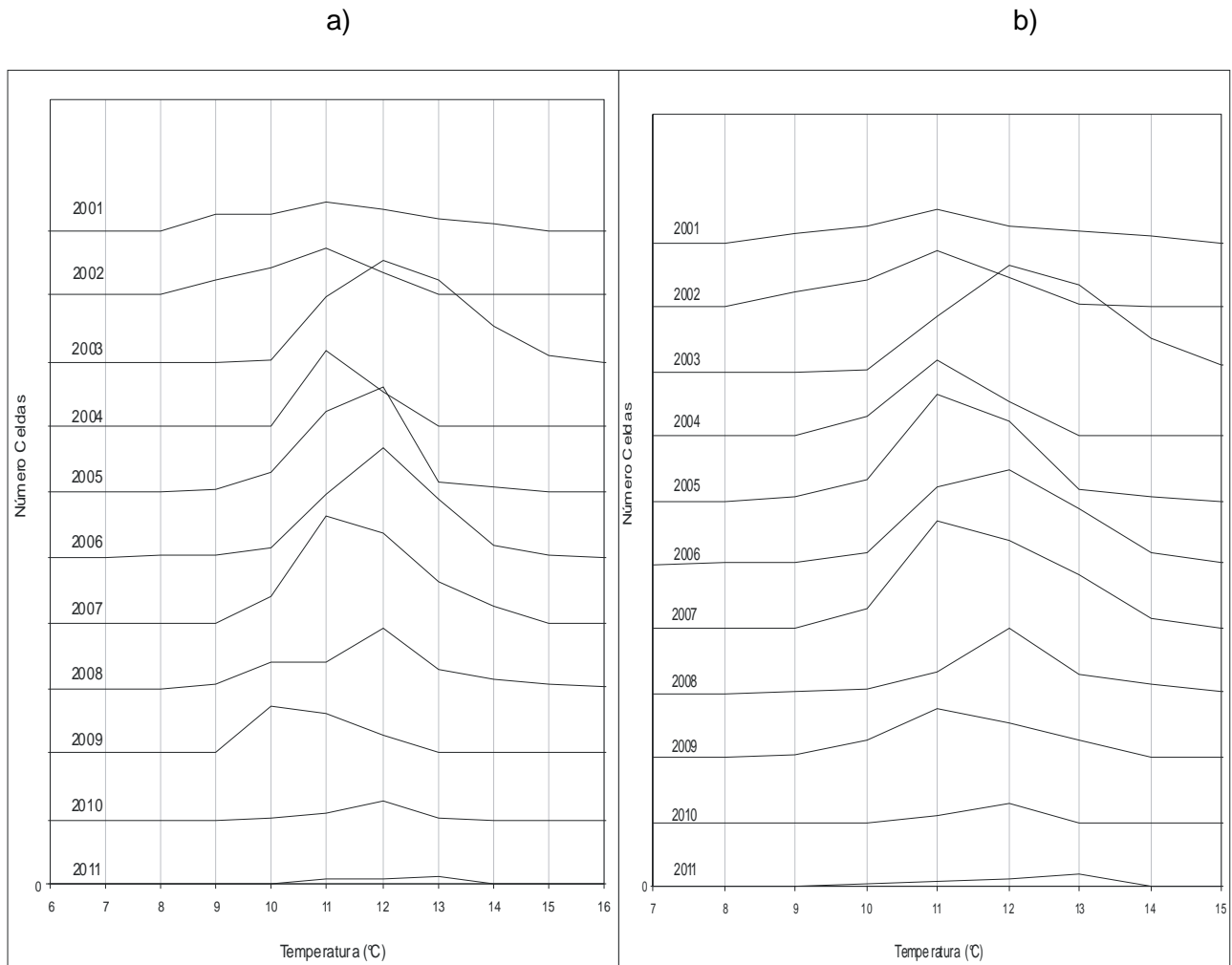


Figura 102. Rangos de distribución históricos respecto de la temperatura de a) adultos y b) reclutas de anchoveta.

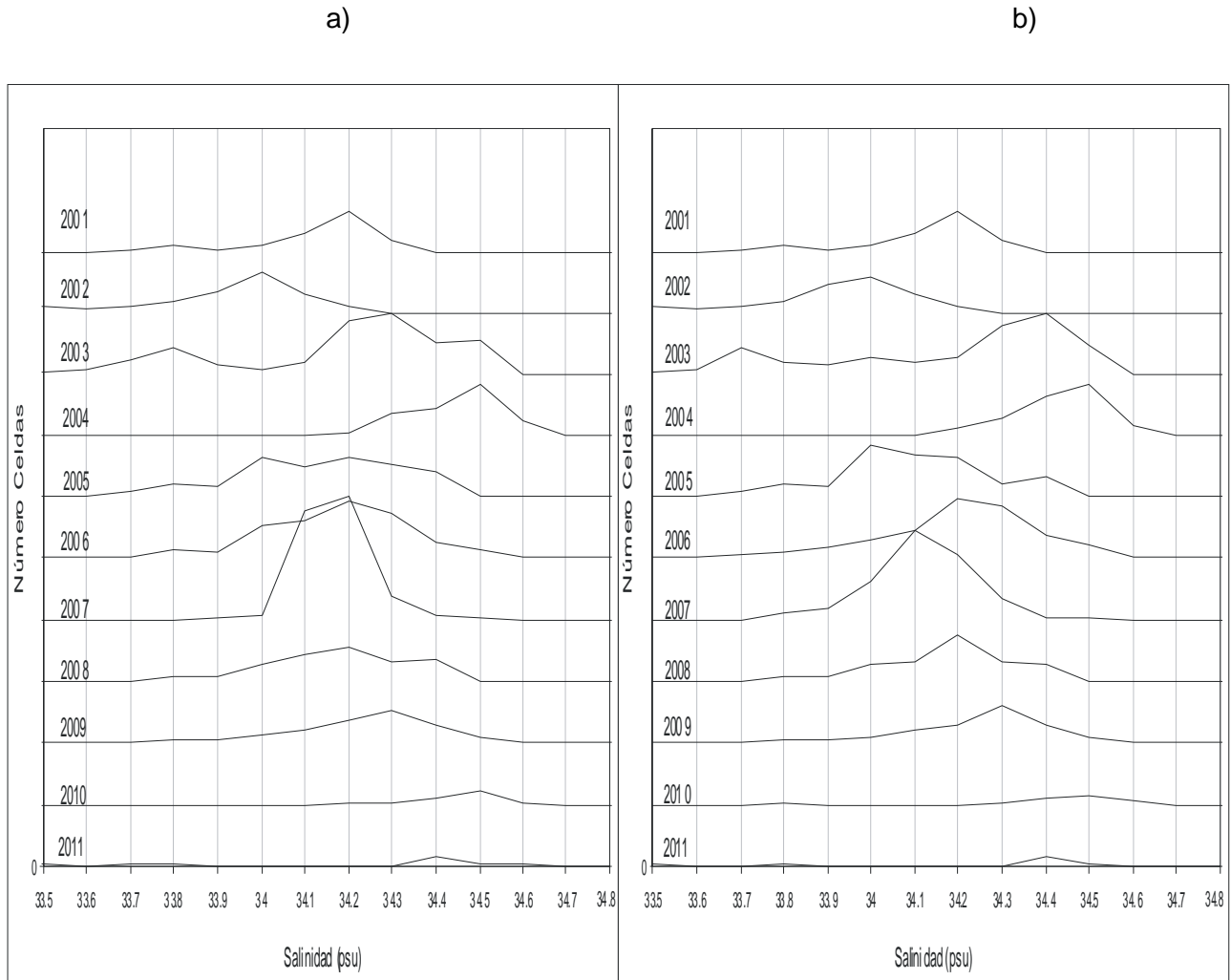


Figura 103. Rangos de distribución históricos respecto de la salinidad de a) adultos y b) reclutas de anchoveta.

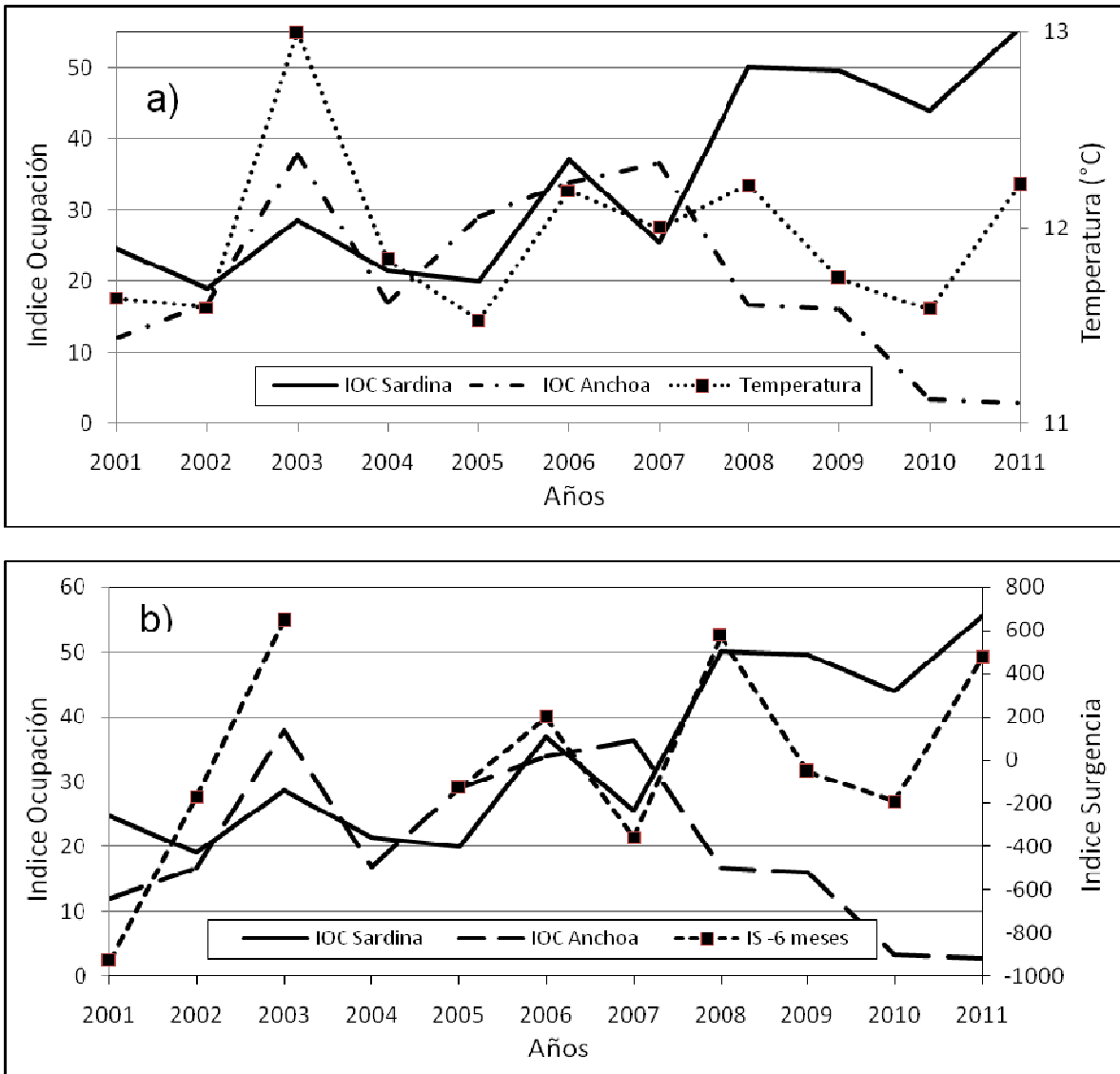


Figura 104. Índices de Ocupación y su relación con a) temperatura y b) índice de surgencia.

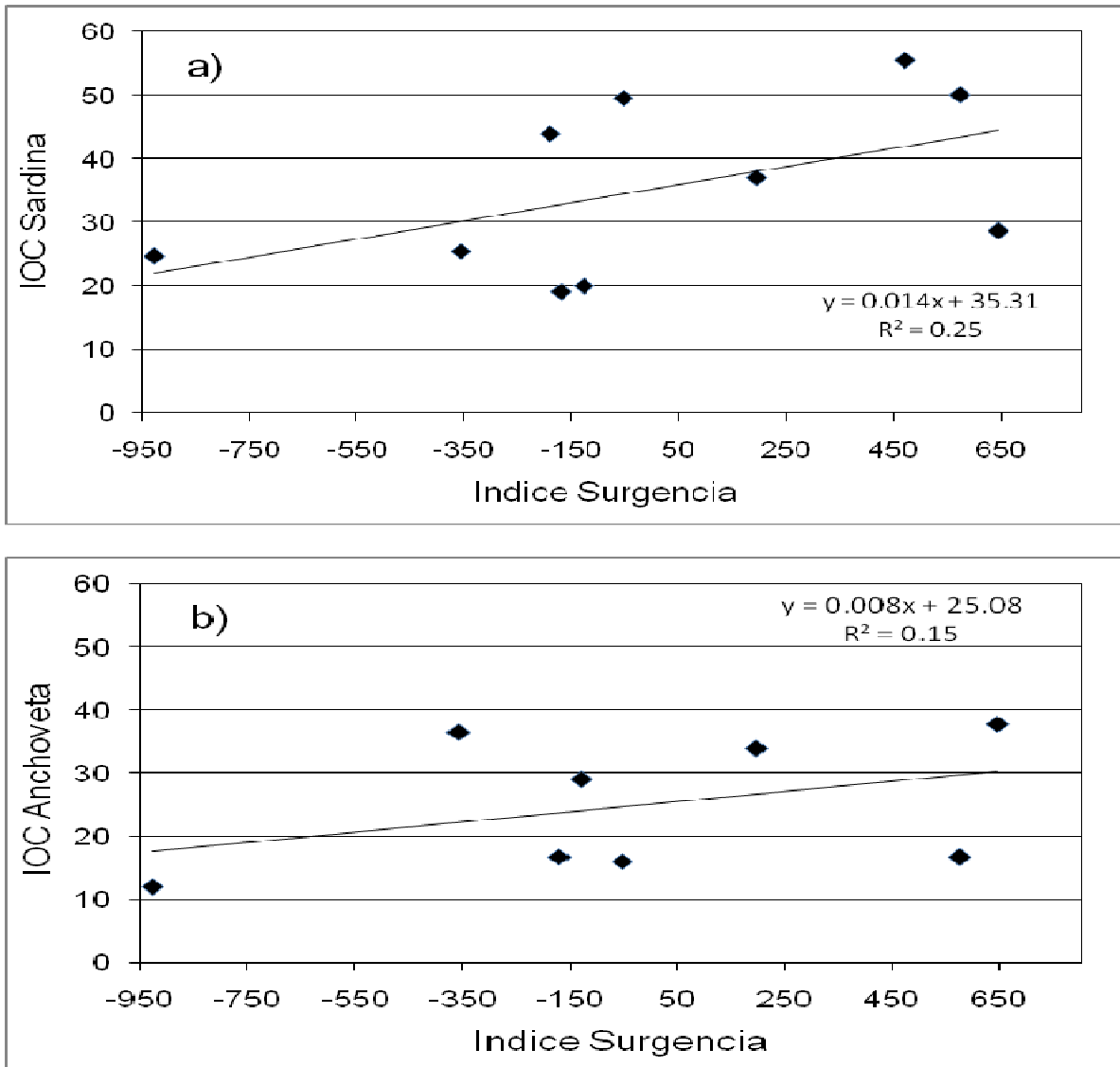
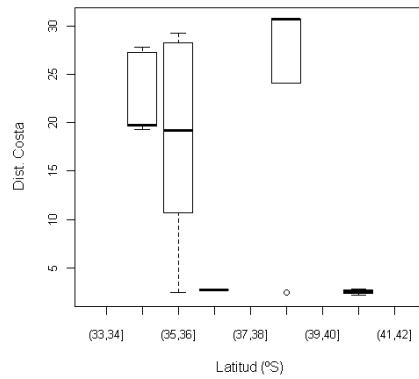


Figura 105. IOC de a) sardina y b) anchoveta (2001-2009) en funci3n del Indice de surgencia (-6 meses).



a) Variables espaciales
RECLAS 1101



RECLAS 1105

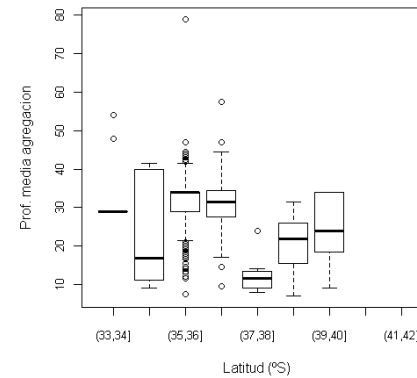
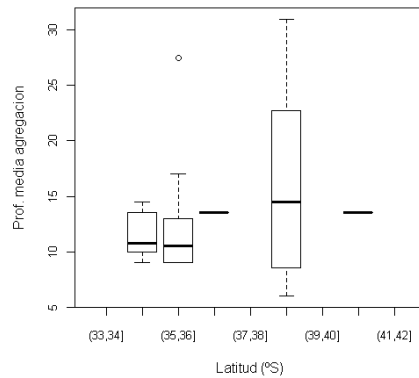
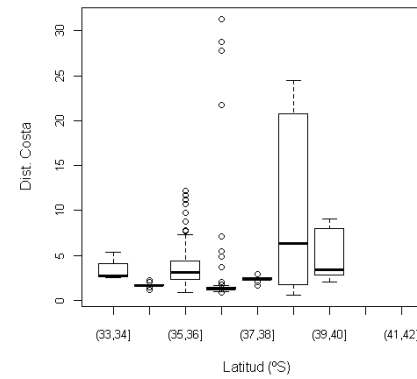


Figura 106. Distribuci3n latitudinal de las variables: a) espaciales: distancia a la costa (mn) y prof. Media de la agregaci3n (m) para la especie anchoveta.



b) Variables ambientales

RECLAS 1101

RECLAS 1105

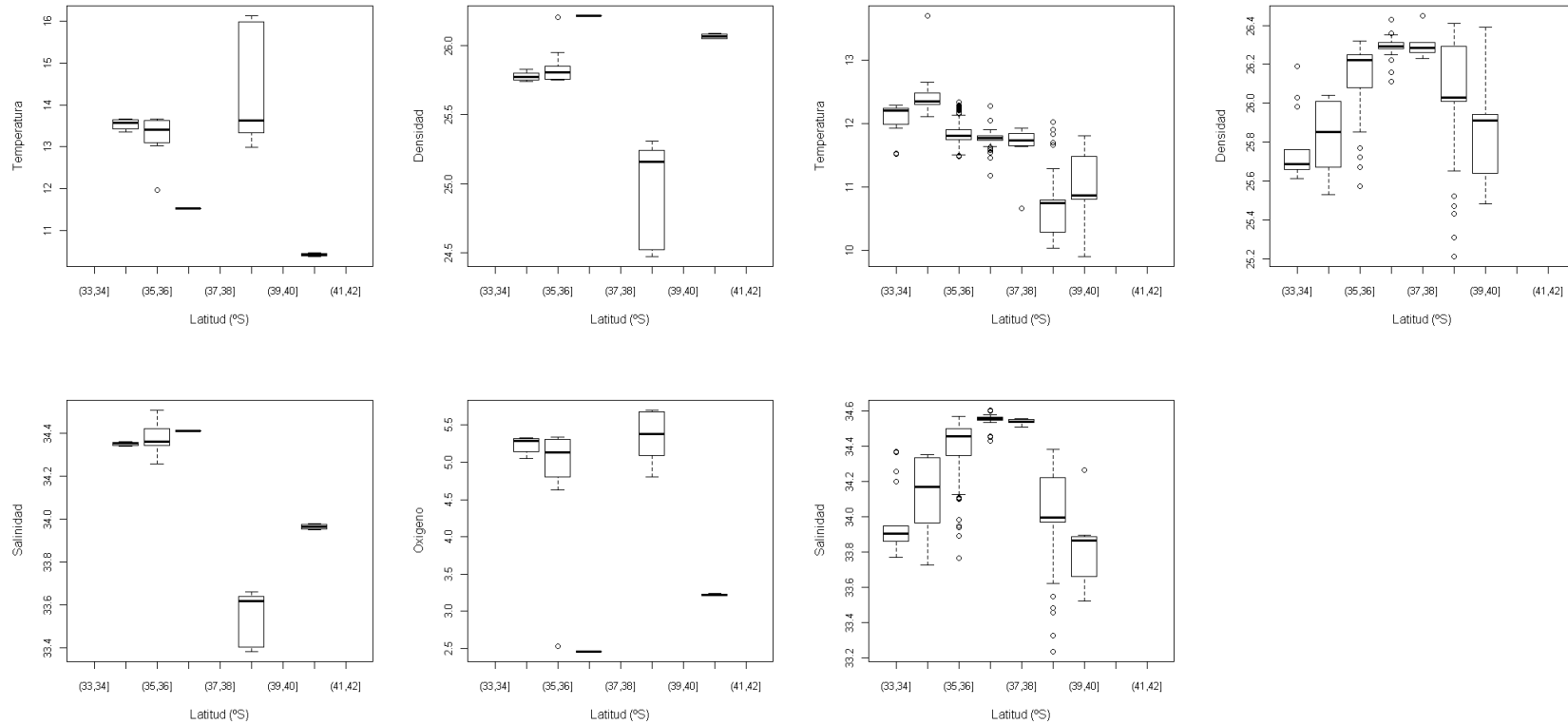


Figura 106. Cont. Distribuci3n latitudinal de las variables ambientales: temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (kg/m³) y oxígeno (ml/l) para la especie anchoveta.



c) Variables Biol3gicas

RECLAS 1101

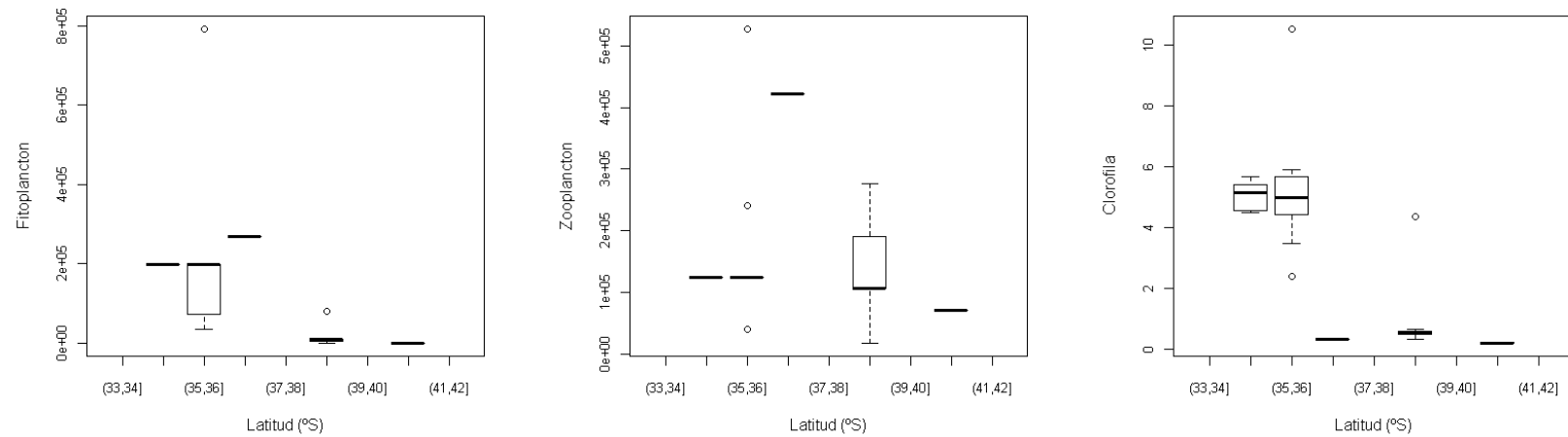
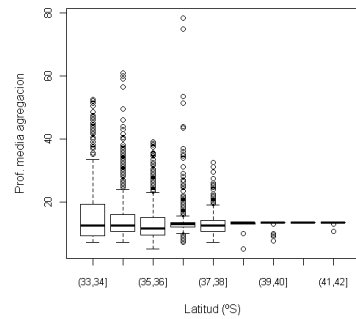
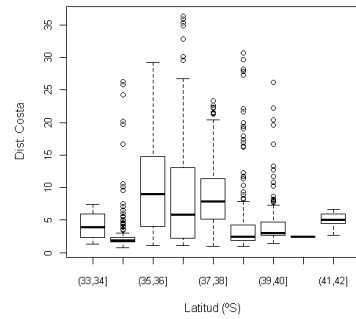


Figura 106. Cont. Distribuci3n latitudinal de las variables: biol3gicas: abundancia del Fitoplancton, Zooplancton y clorofila para la especie anchoveta.



a) Variables espaciales
RECLAS 1101



RECLAS 1105

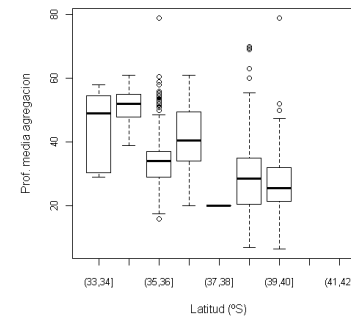
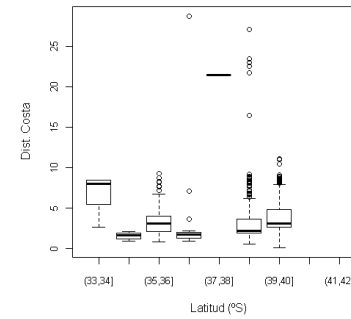


Figura 107. Distribuci3n latitudinal de las variables: a) espaciales: distancia a la costa (mn) y prof. Media de la agregaci3n (m) para sardina com3n.



b) Variables ambientales

RECLAS 1101

RECLAS 1105

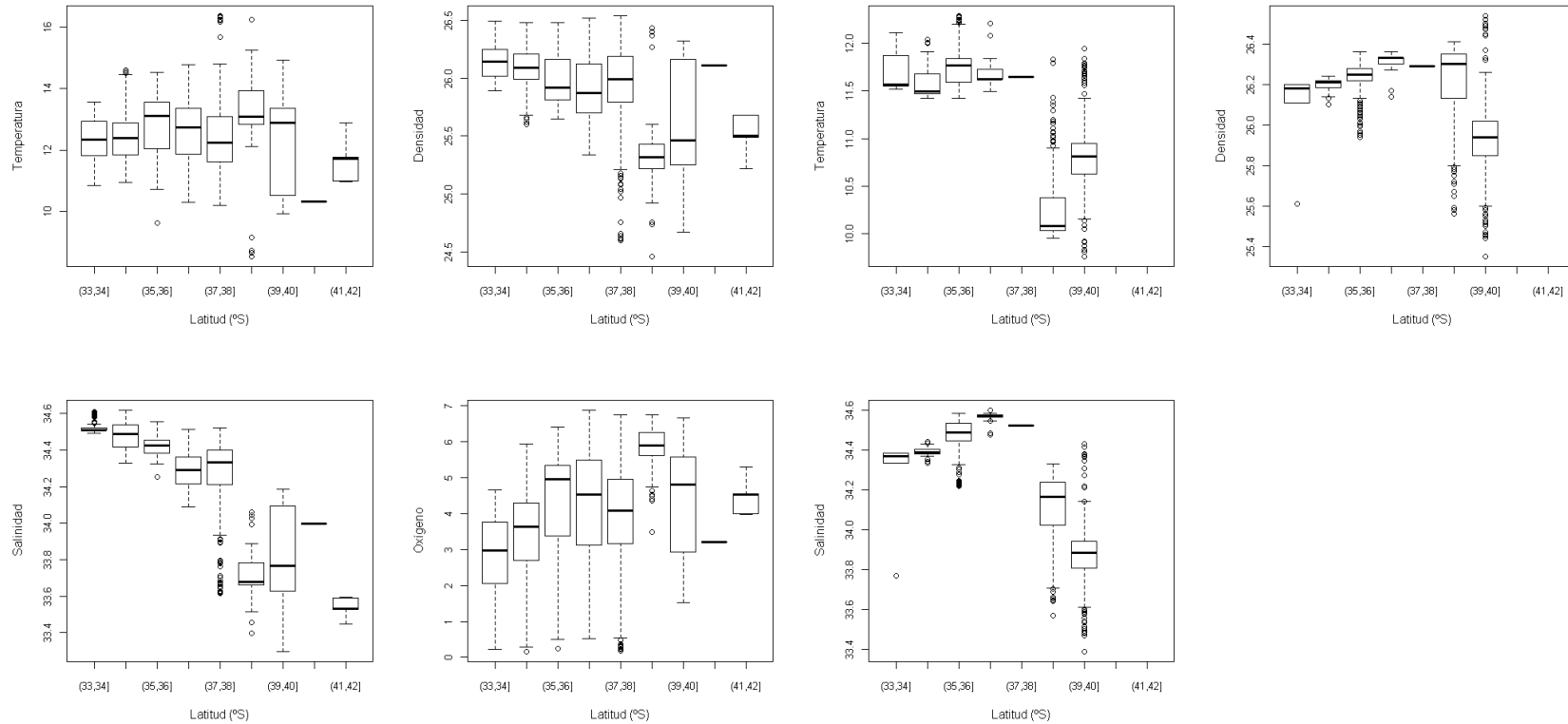


Figura 107. Cont. Distribuci3n latitudinal de las variables ambientales: temperatura (°C), salinidad (PSU), densidad (kg/m³) y oxígeno (ml/l) para sardina com3n.



c) Variables Biol3gicas

RECLAS 1101

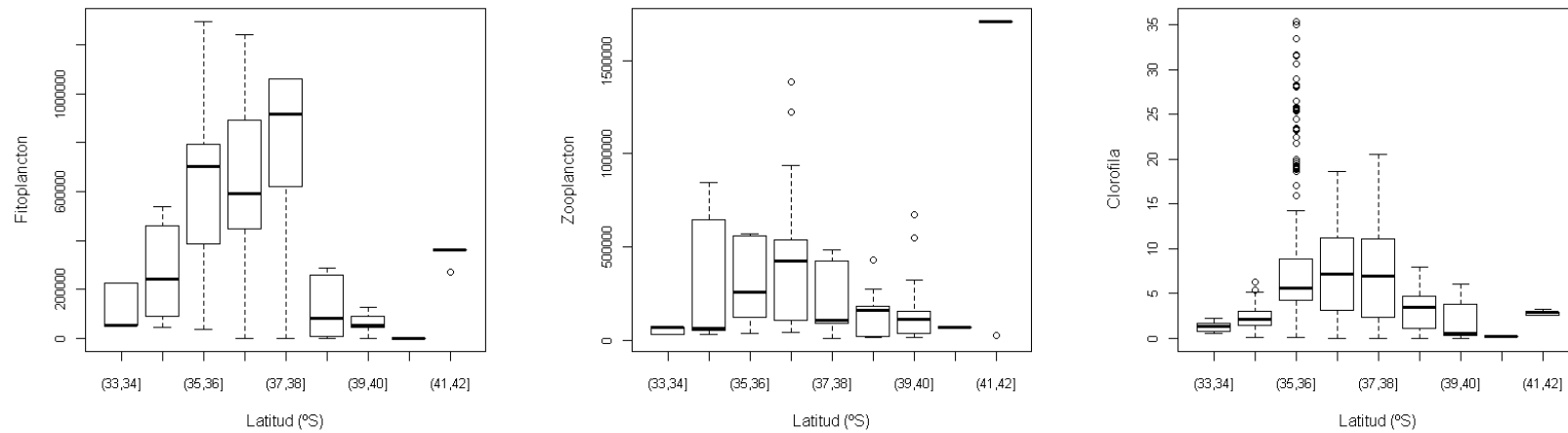


Figura 107. Cont. Distribuci3n latitudinal de las variables biol3gicas: abundancia del Fitoplancton, Zooplancton y clorofila para sardina com3n.

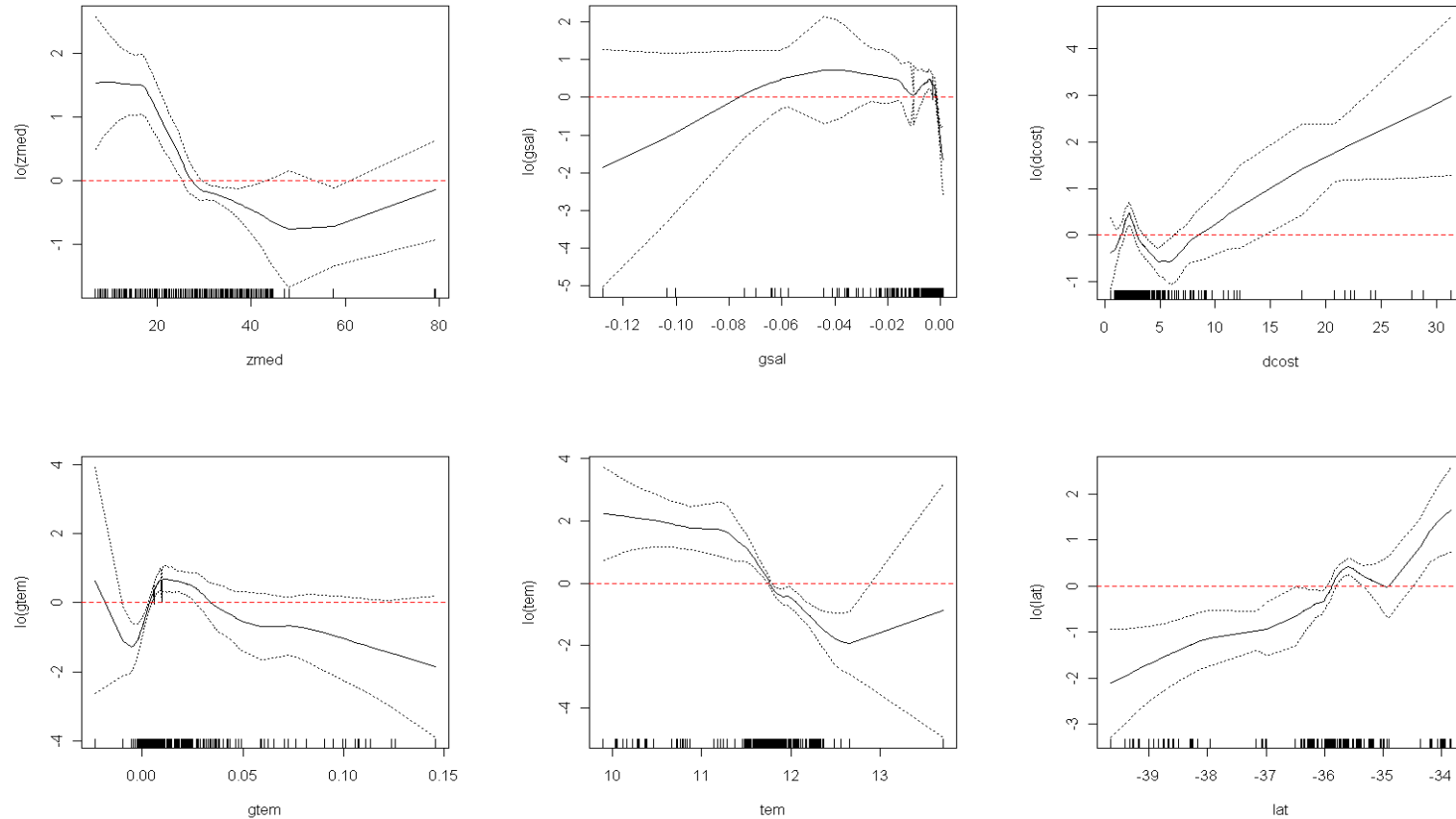


Figura 108. Efectos de los predictores profundidad media de las agregaciones (zmed), gradiente de salinidad (gsal), distancia de costa (dcost), gradiente térmico (gtem), temperatura (tem) y latitud (lat) sobre el logaritmo de la densidad de anchoveta, ajustado a un modelo GAM. Líneas segmentadas corresponden a bandas de confianza y lo(predictor) función suavizadora loess. RECLAS 1105.

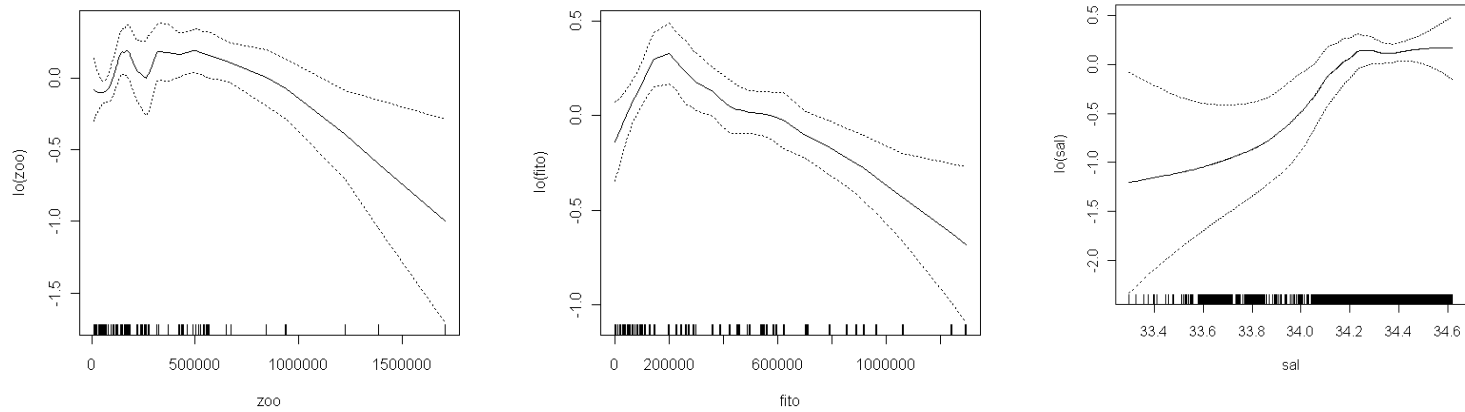


Figura 109. Efectos de los predictores biomasa zooplanct3nica (zoo), abundancia de fitoplancton (fito) y salinidad (sal) sobre el logaritmo de la densidad de sardina com3n, ajustado a un modelo GAM. L3neas segmentadas corresponden a bandas de confianza y lo(predictor) funci3n suavizadora loess. RECLAS 1101.

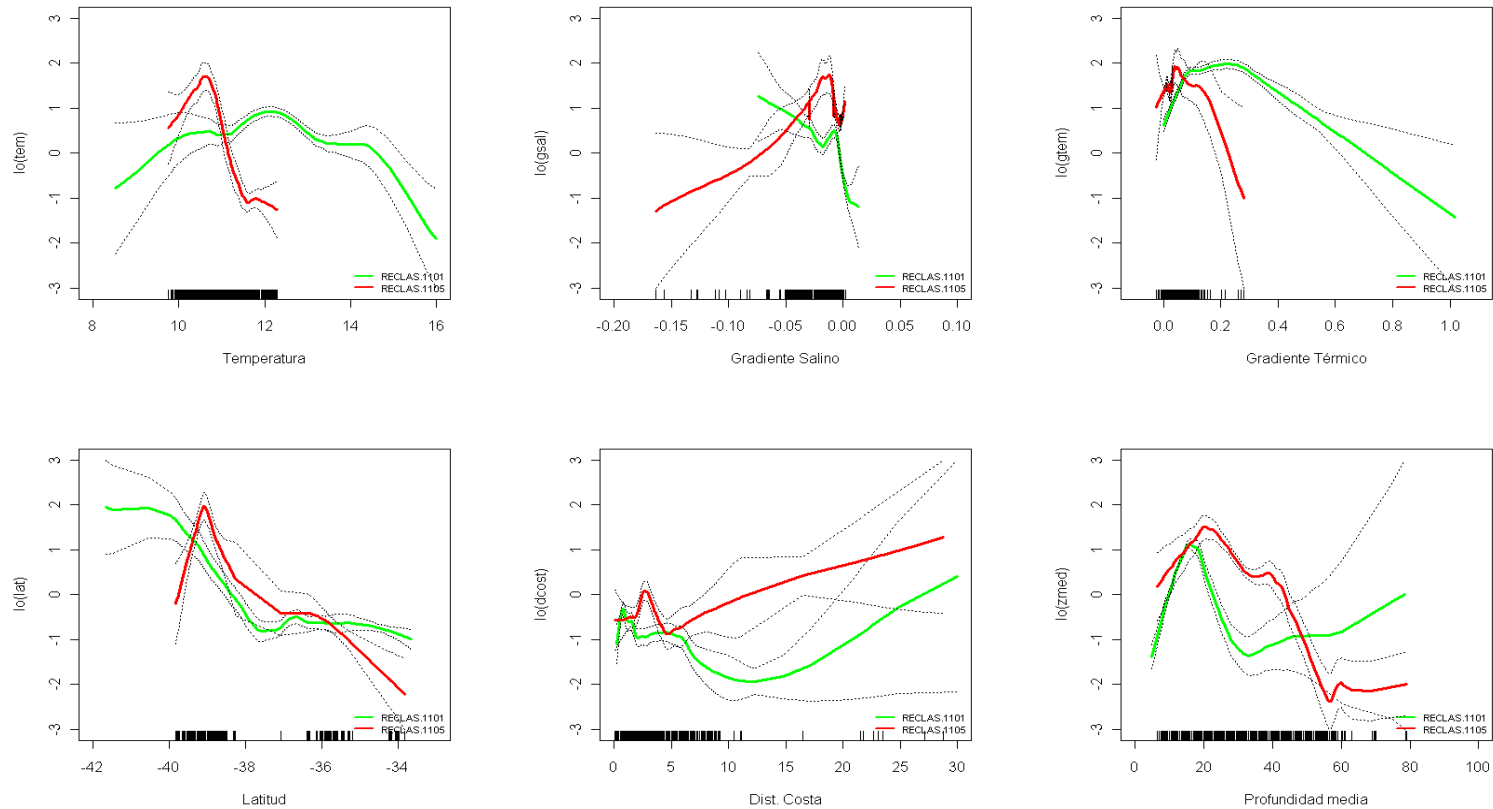


Figura 110. Efectos de los predictores temperatura (tem), Gradiente salino (gsal), gradiente térmico (gtem), latitud (lat), Distancia de costa (dcost) y profundidad media de las agregaciones (zmed) sobre el logaritmo de la densidad de sardina común, ajustado a un modelo GAM. Líneas segmentadas corresponden a bandas de confianza y $\log(\text{pred})$ función suavizadora loess. RECLAS 1101 y RECLAS 1105.

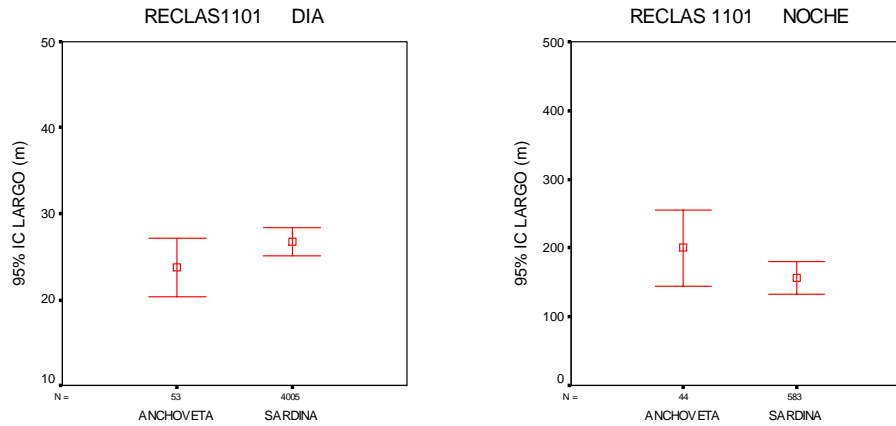


Figura 111. Valores promedio e Intervalo de confianza del largo de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

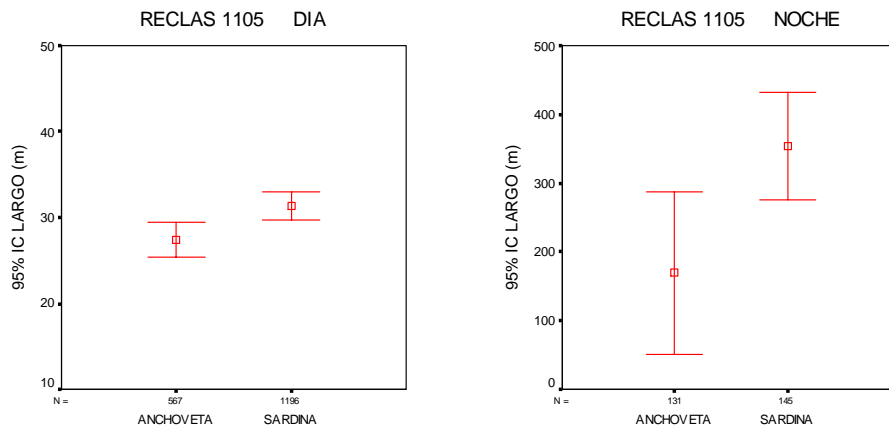


Figura 112. Valores promedio e Intervalo de confianza del largo de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.

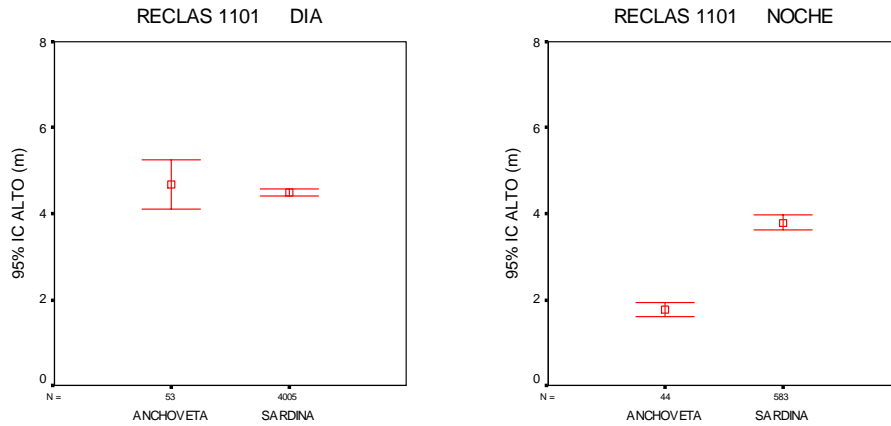


Figura 113. Valores promedio e Intervalo de confianza del alto de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

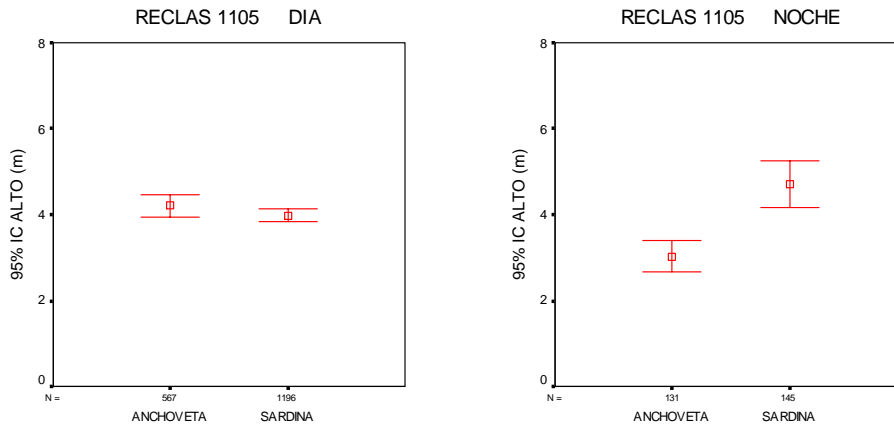


Figura 114. Valores promedio e Intervalo de confianza del alto de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.

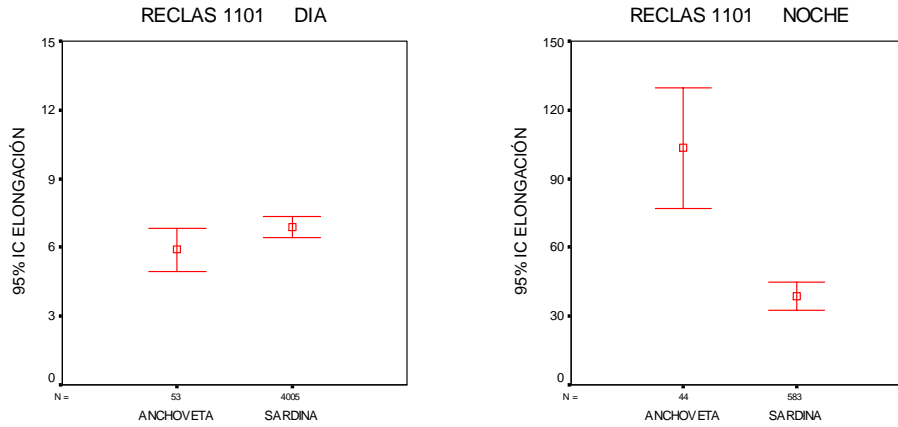


Figura 115. Valores promedio e Intervalo de confianza de la elongaci3n de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

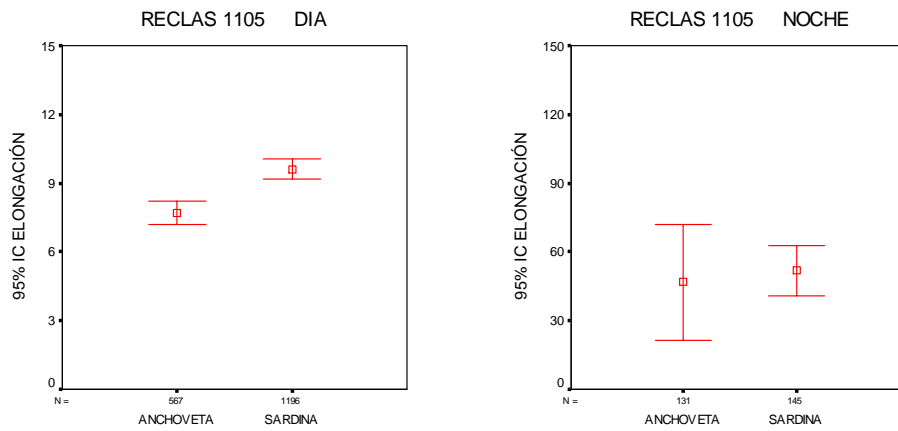


Figura 116. Valores promedio e Intervalo de confianza de la elongaci3n de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.

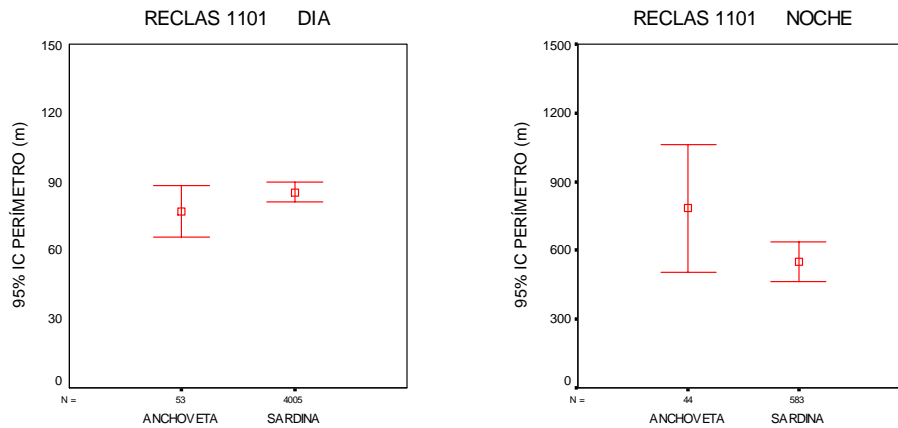


Figura 117. Valores promedio e Intervalo de confianza del perímetro de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

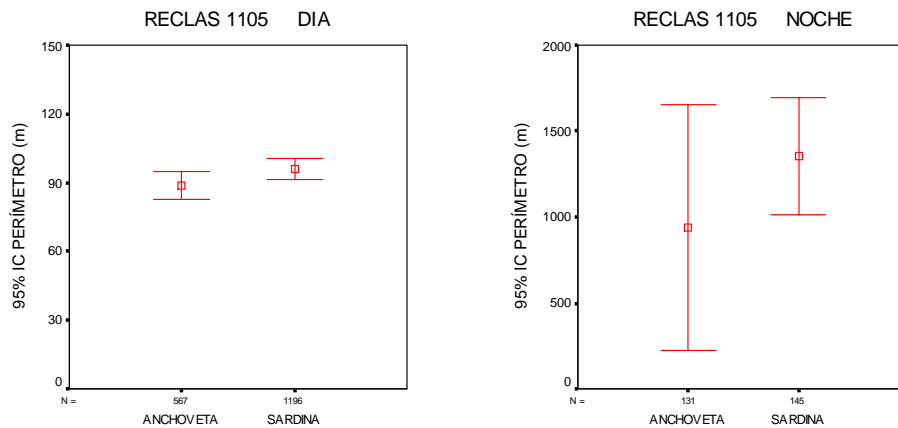


Figura 118. Valores promedio e Intervalo de confianza del perímetro de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.

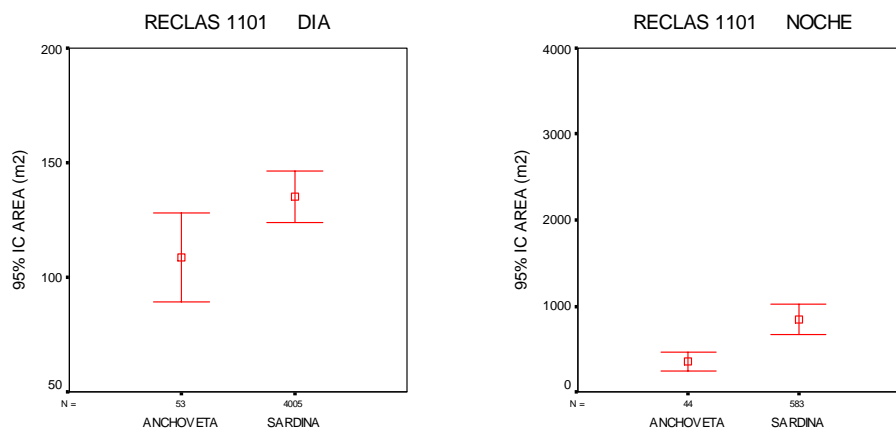


Figura 119. Valores promedio e Intervalo de confianza del área de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

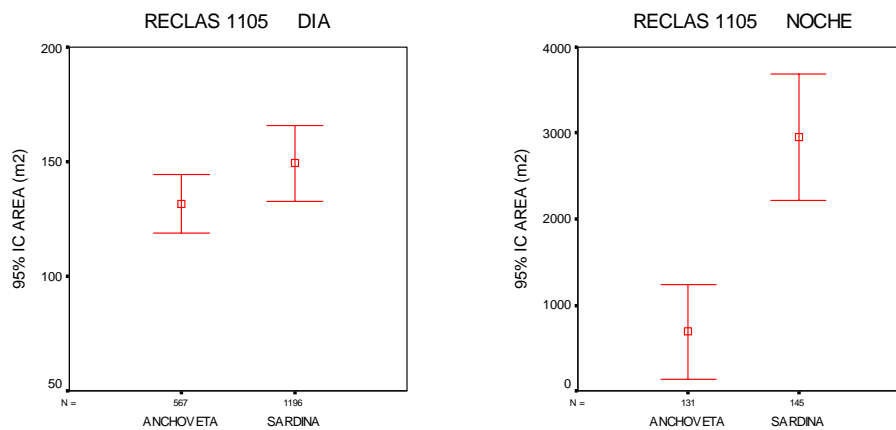


Figura 120. Valores promedio e Intervalo de confianza del área de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105

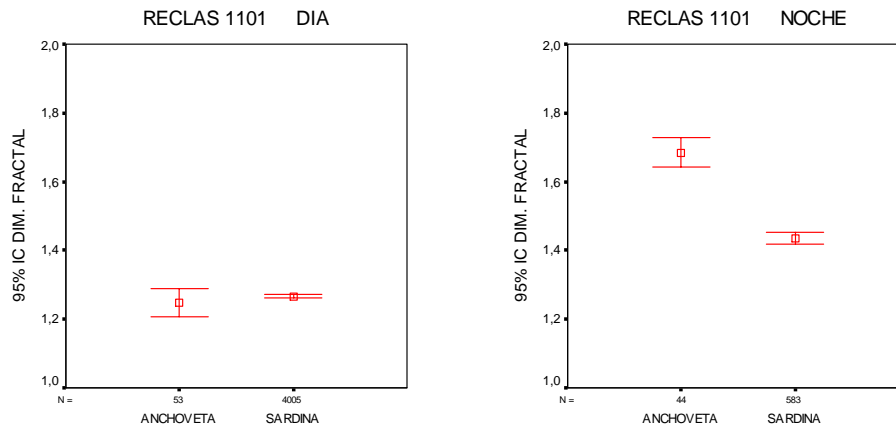


Figura 121. Valores promedio e Intervalo de confianza de la dimensión fractal de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

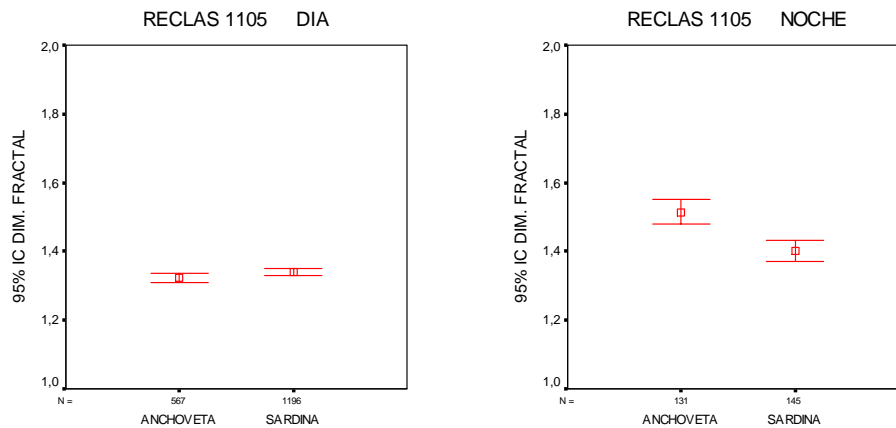


Figura 122. Valores promedio e Intervalo de confianza de la dimensión fractal de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.

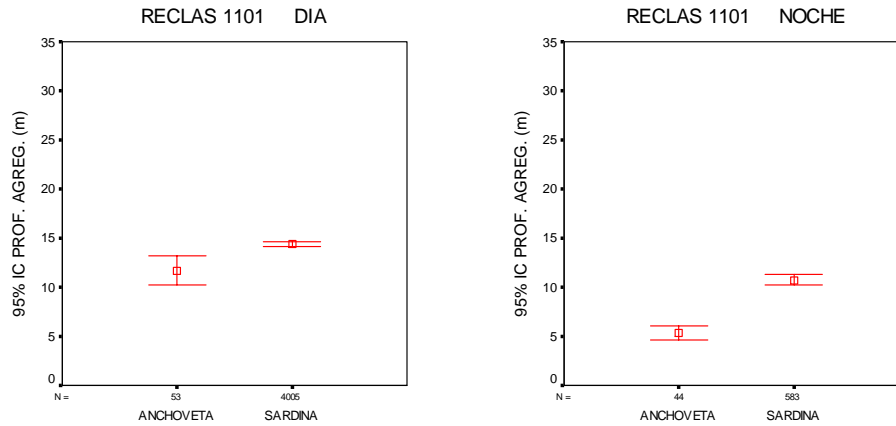


Figura 123. Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

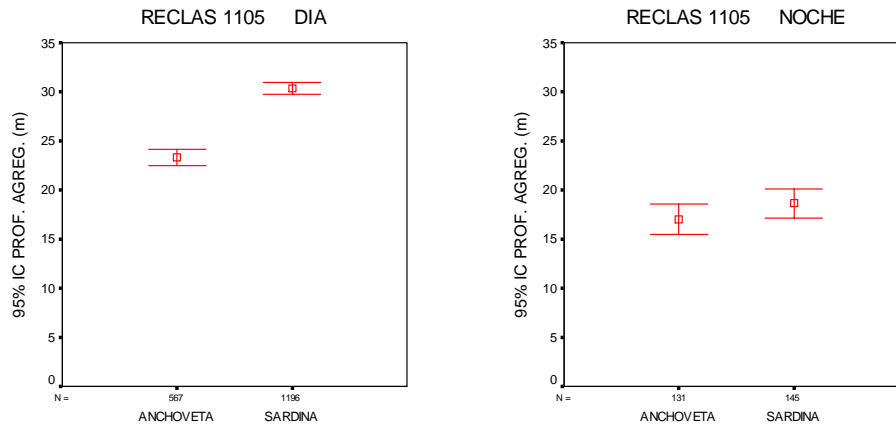


Figura 124. Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.

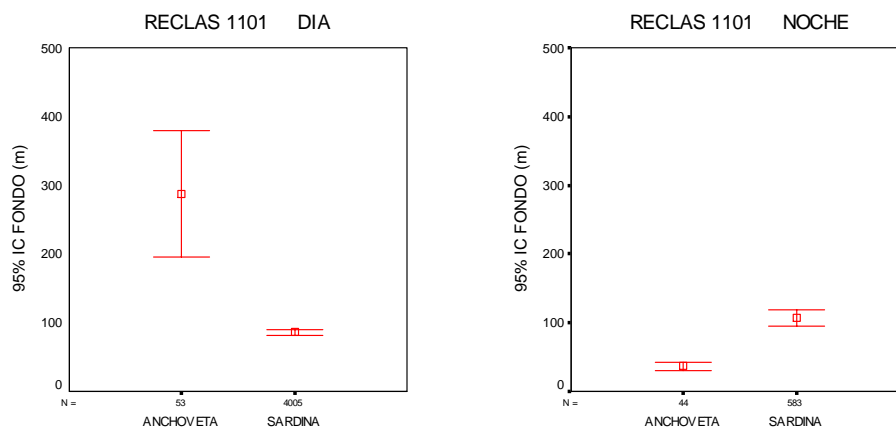


Figura 125. Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad del fondo para sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

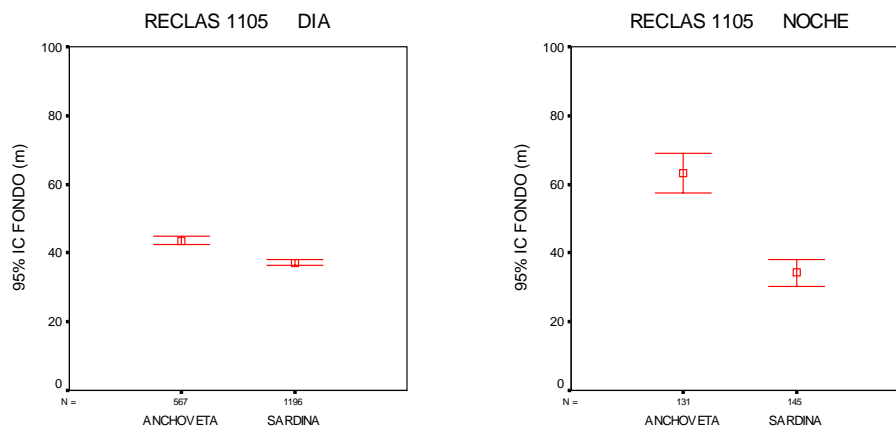


Figura 126. Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad del fondo para sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105

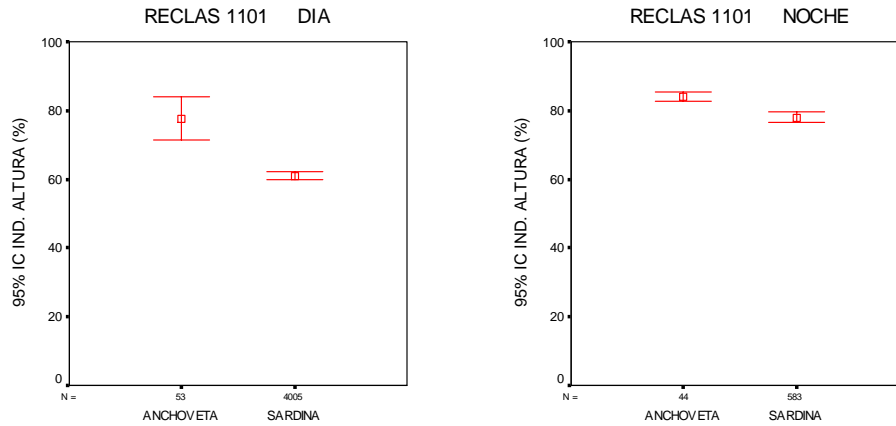


Figura 127. Valores promedio e Intervalo de confianza del 95% del 95% IC IND. ALTURA (%) de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

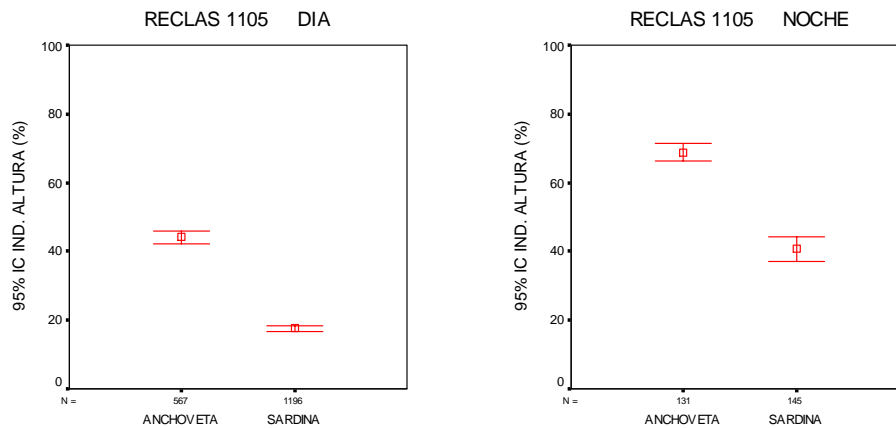


Figura 128. Valores promedio e Intervalo de confianza del 95% del 95% IC IND. ALTURA (%) de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.

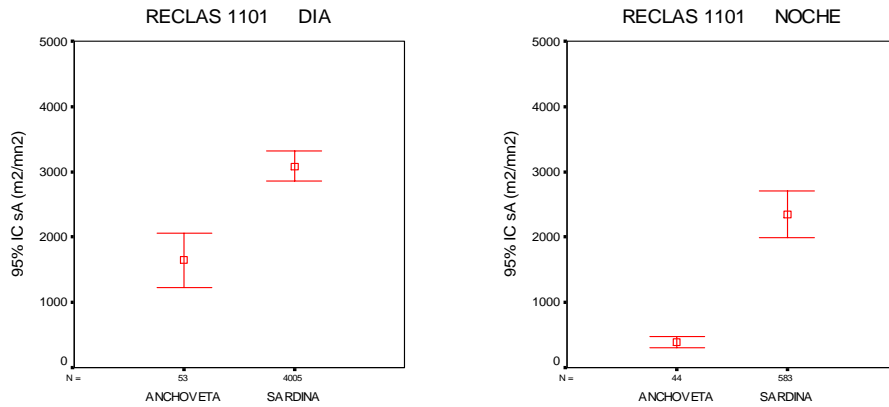


Figura 129. Valores promedio e Intervalo de confianza de los valores de s_A de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

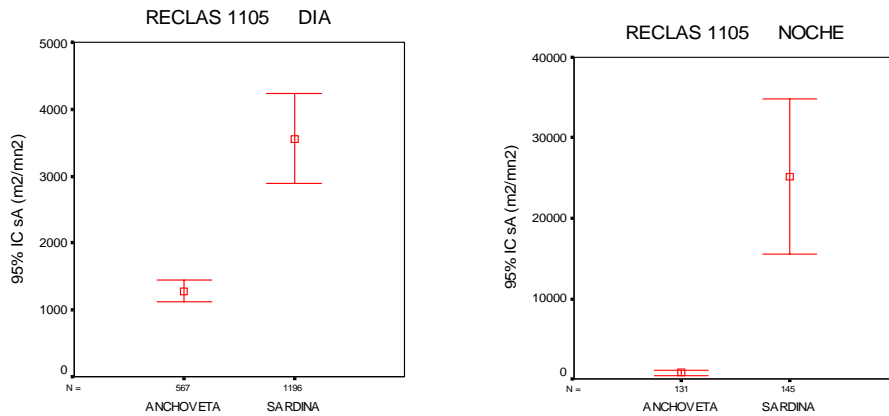


Figura 130. Valores promedio e Intervalo de confianza de los valores de s_A de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.

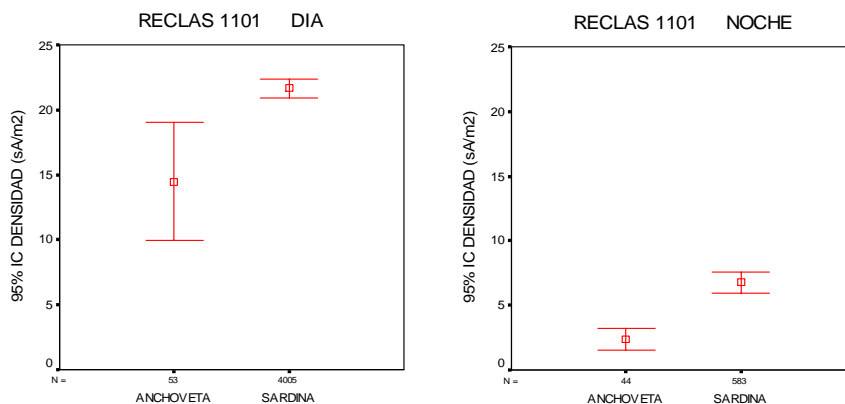


Figura 131. Valores promedio e Intervalo de confianza de la densidad acústica de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

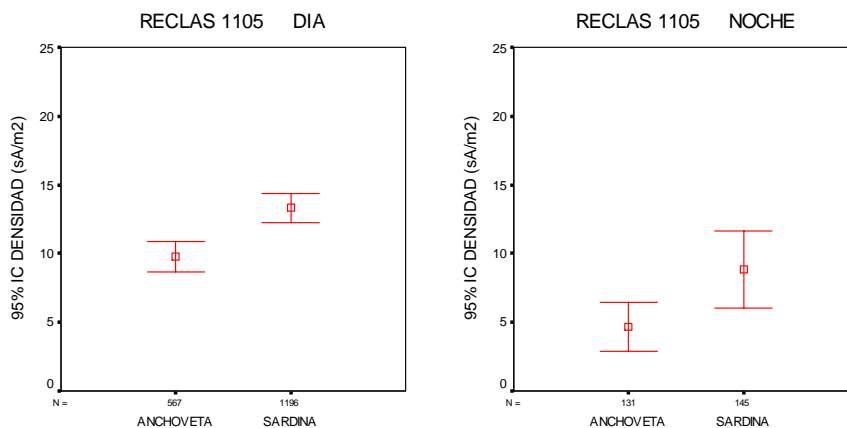


Figura 132. Valores promedio e Intervalo de confianza de la densidad acústica de agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.

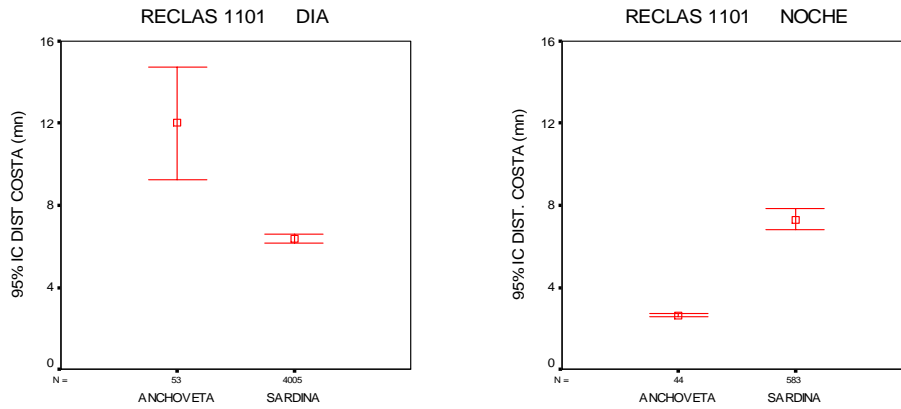


Figura 133. Valores promedio e Intervalo de confianza de la distancia a la costa de las agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1101.

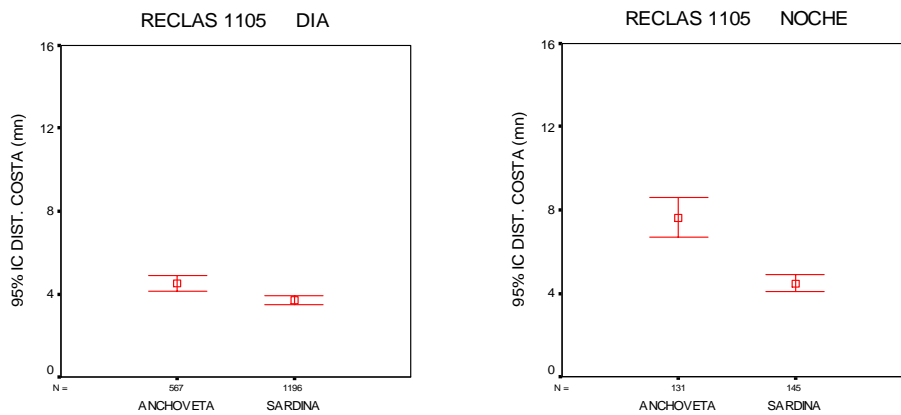


Figura 134. Valores promedio e Intervalo de confianza de la distancia a la costa de las agregaciones de sardina y anchoveta, caso diurno y nocturno, Reclas 1105.

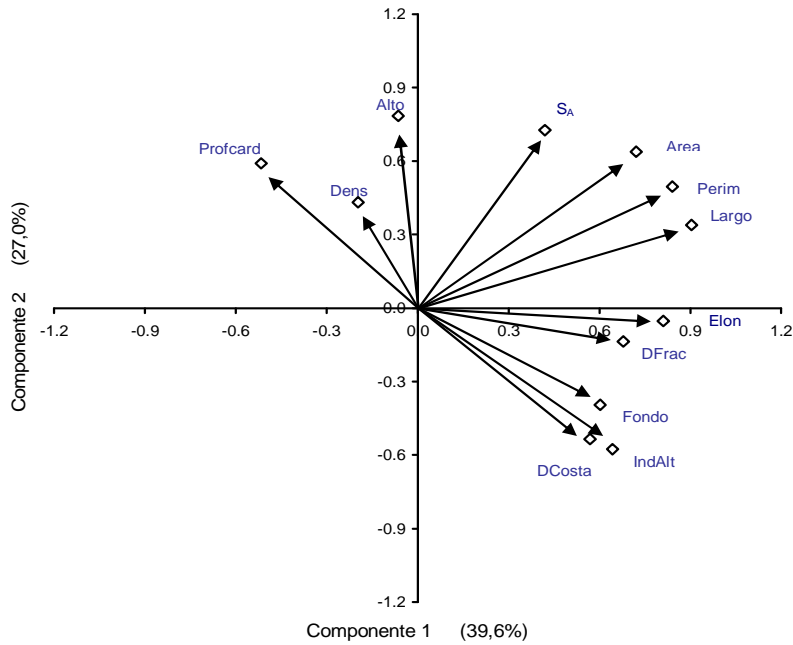


Figura 135. Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes, agregaciones diurnas de anchoveta, Reclas 1101

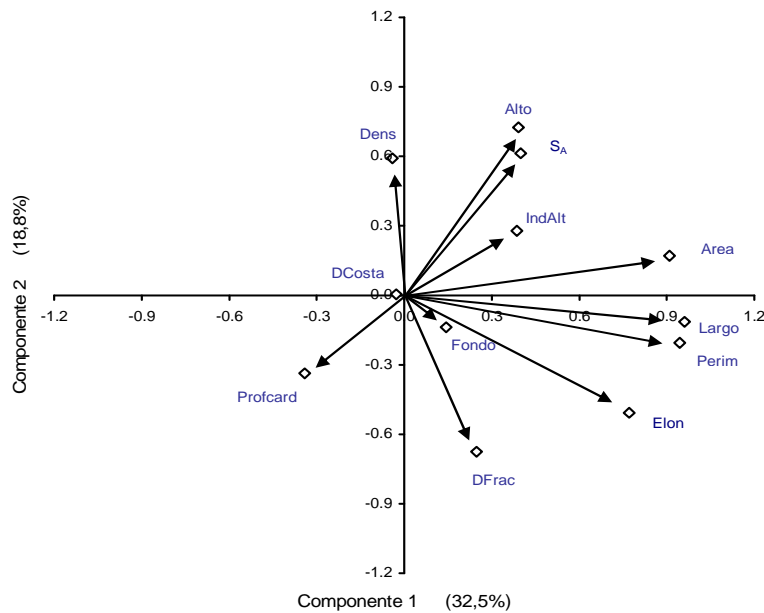


Figura 136. Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes, agregaciones diurnas de anchoveta, Reclas 1105

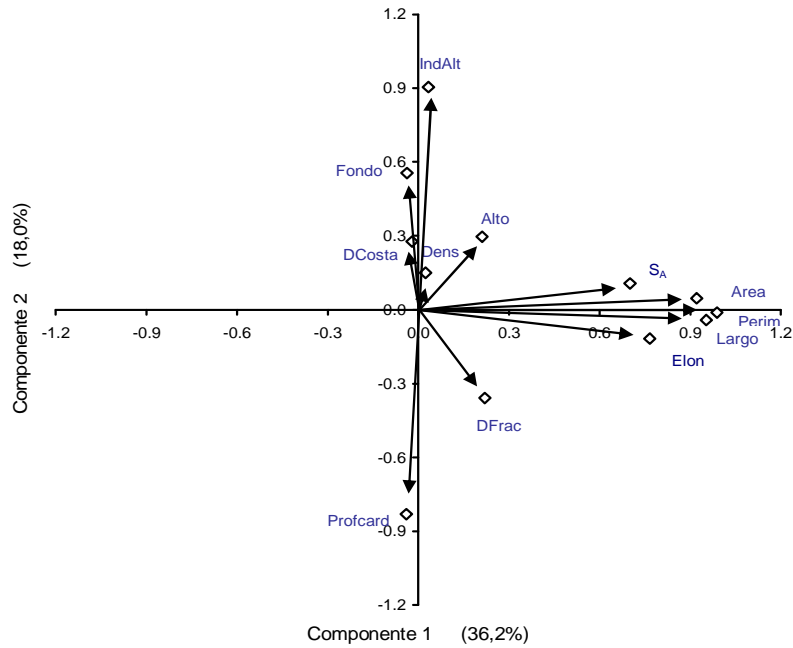


Figura 137. Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes, agregaciones diurnas de sardina, Reclas 1101

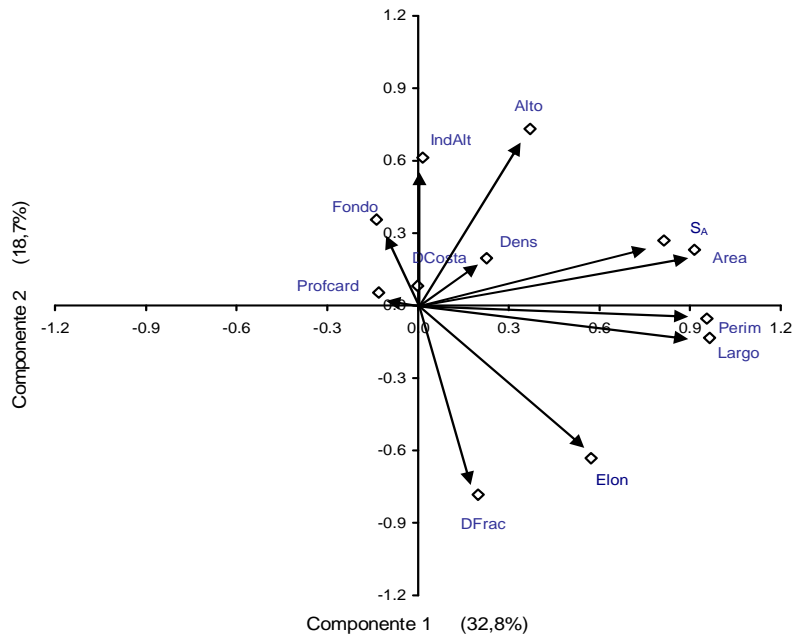


Figura 138. Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes, agregaciones diurnas de sardina, Reclas 1105

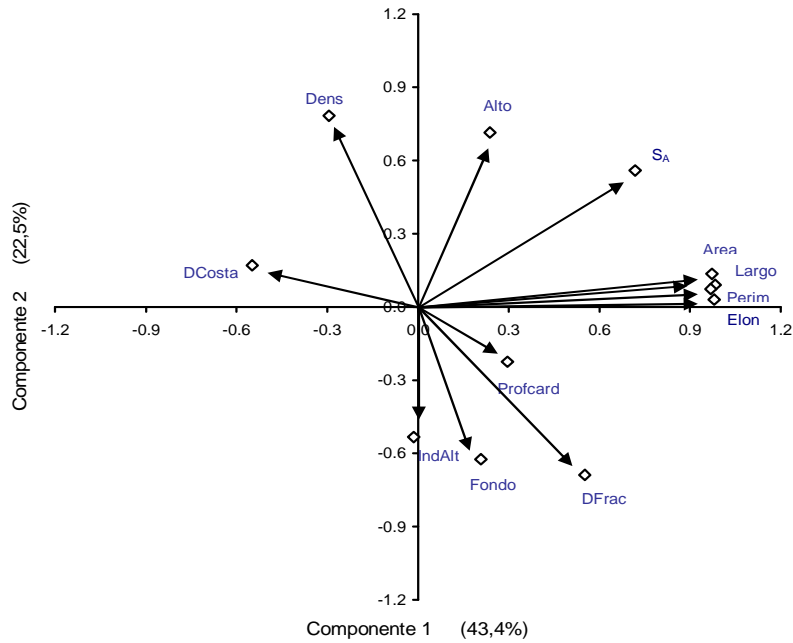


Figura 139. Correlación de las variables originales con los componentes principales, agregaciones nocturnas de anchoveta, Reclas 1101.

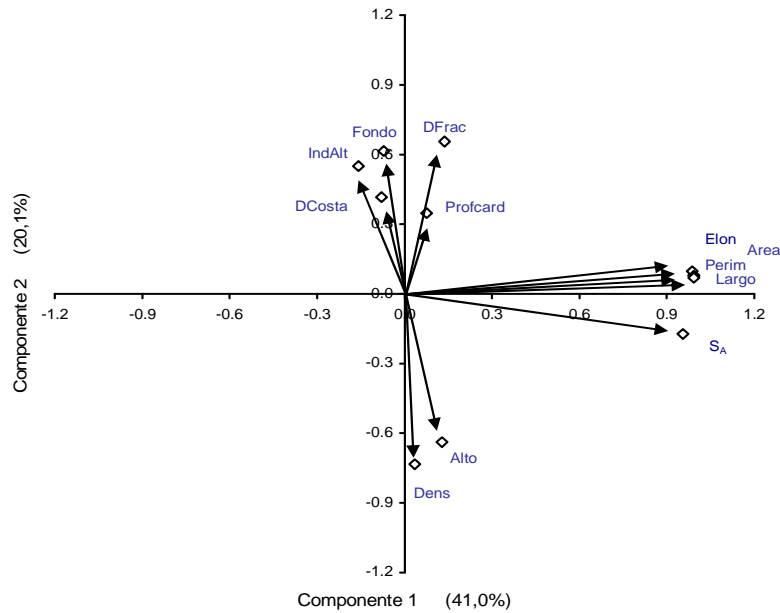


Figura 140. Correlación de las variables originales con los componentes principales, agregaciones nocturnas de anchoveta, Reclas 1105.

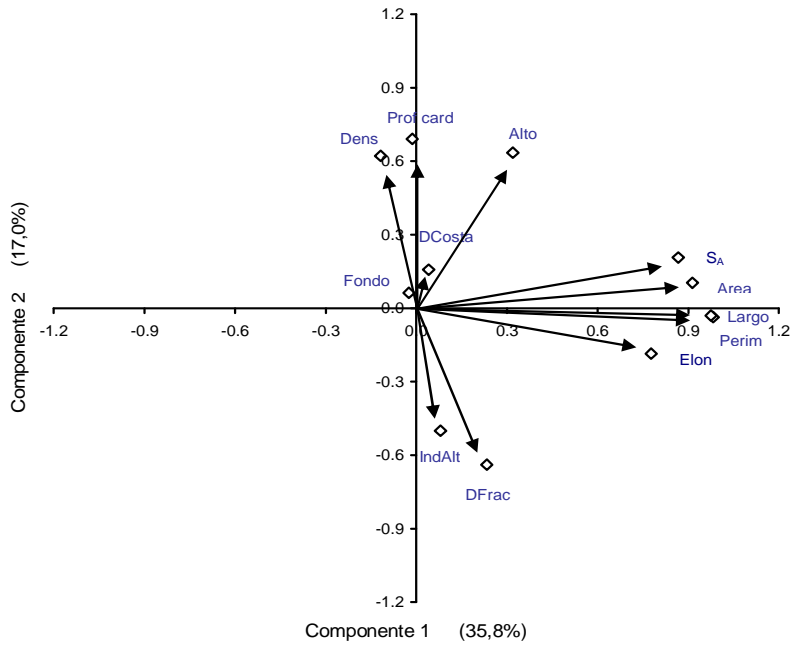


Figura 141. Correlaci3n de las variables originales con los componentes principales, agregaciones nocturnas de sardina, Reclas 1101.

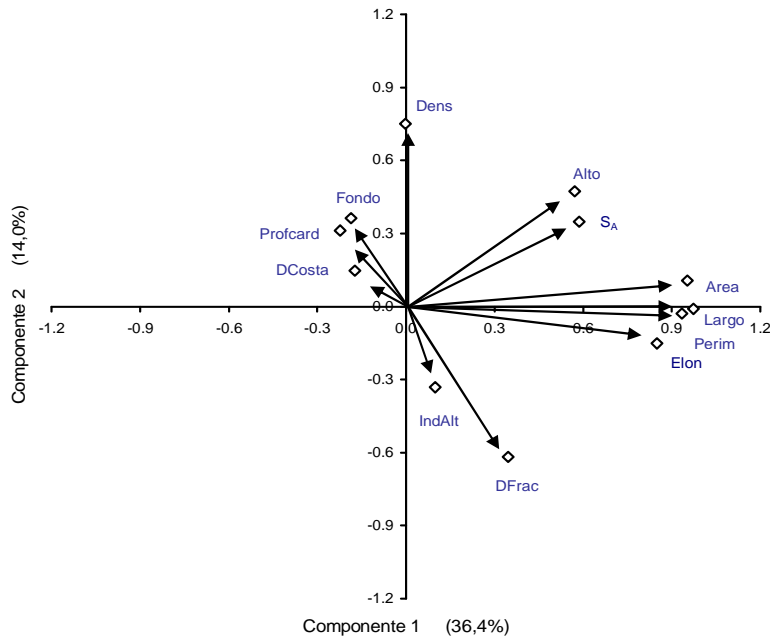


Figura 142. Correlaci3n de las variables originales con los componentes principales, agregaciones nocturnas de sardina, Reclas 1105.

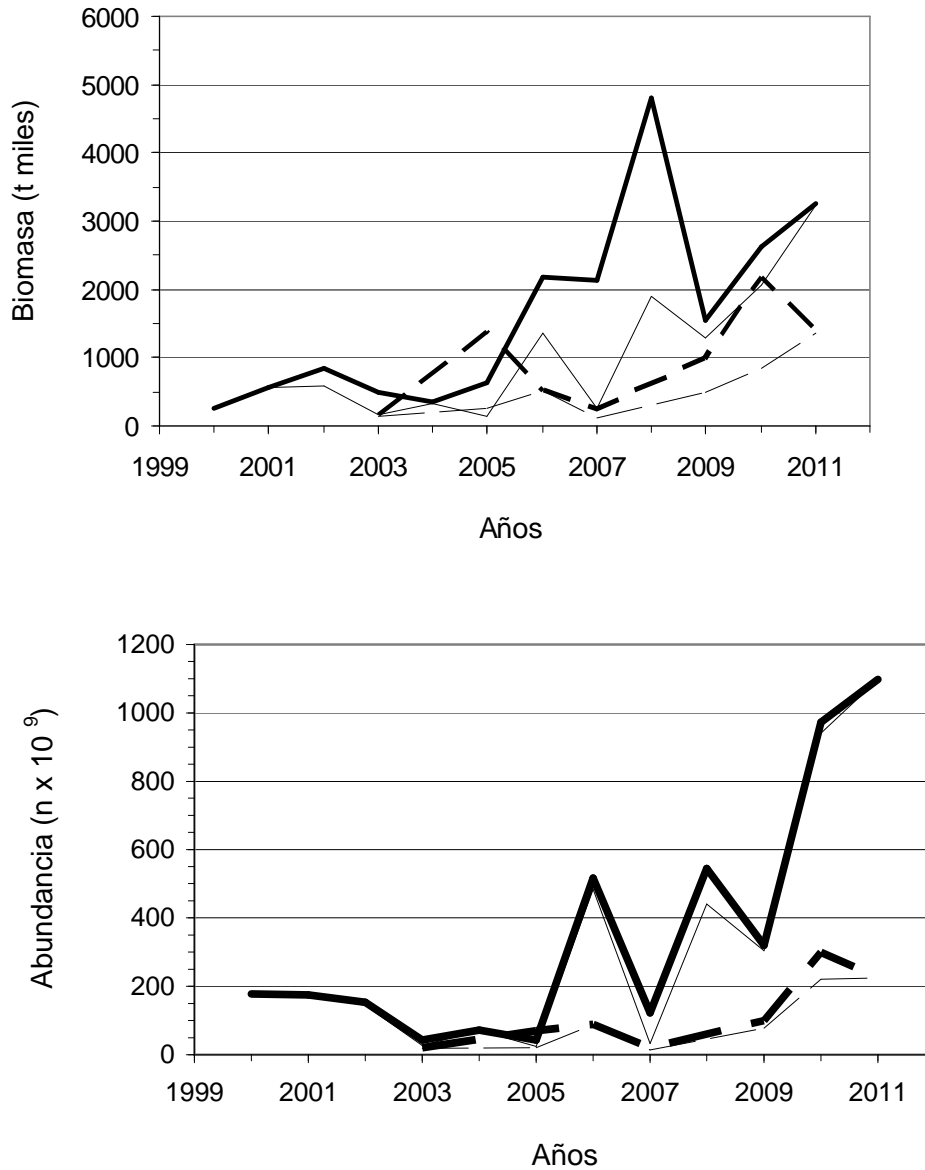


Figura 143. Estimados de biomasa y abundancia total y reclutas de sardina com3n en la zona centro- sur, en los veranos (cruceos RECLAS (—)) y en otoos (cruceos PELACES) (----) en el periodo 1999-2011. Los estimados totales, de biomasa y abundancia, se indican con l3neas gruesas y los reclutas con l3neas delgadas.

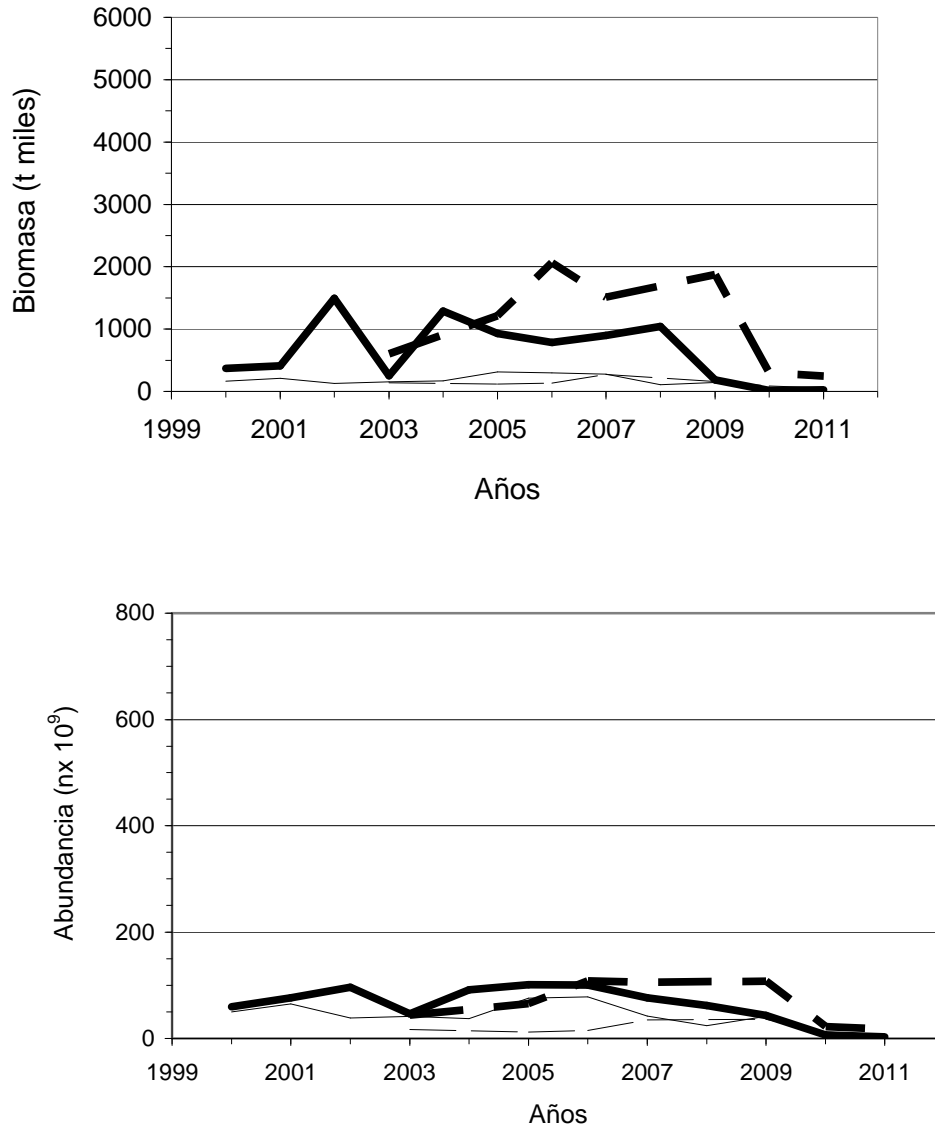


Figura 144. Estimados de biomasa y abundancia total y reclutas de anchoveta en la zona centro- sur, en los veranos (cruceros RECLAS (—)) y en otoños (cruceros PELACES) (----) en el periodo 1999-2011. Los estimados totales, de biomasa y abundancia, se indican con líneas gruesas y los reclutas con líneas delgadas.

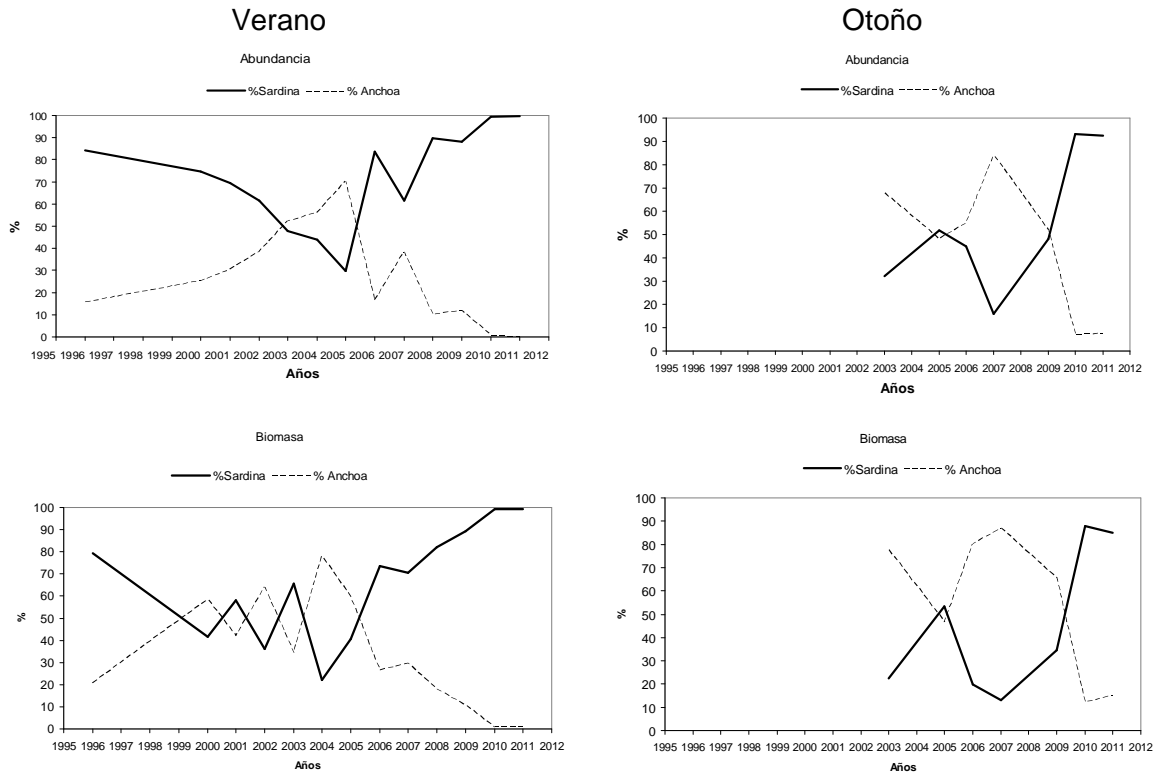


Figura 145. Aportes relativos a la Abundancia y Biomasa de anchoveta y sardina común en los cruceros de verano y otoño.

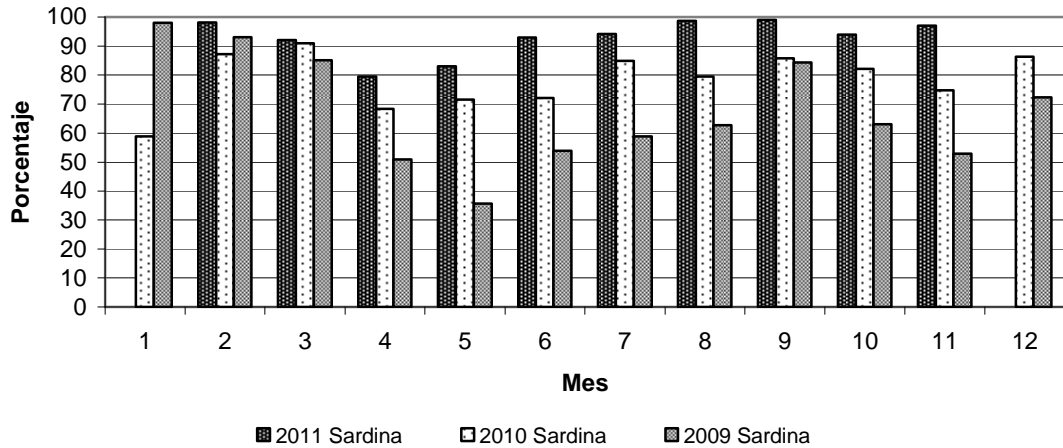


Figura 146. Aportes relativos a la captura de sardina común en los años 2009, 2010 y 2011.

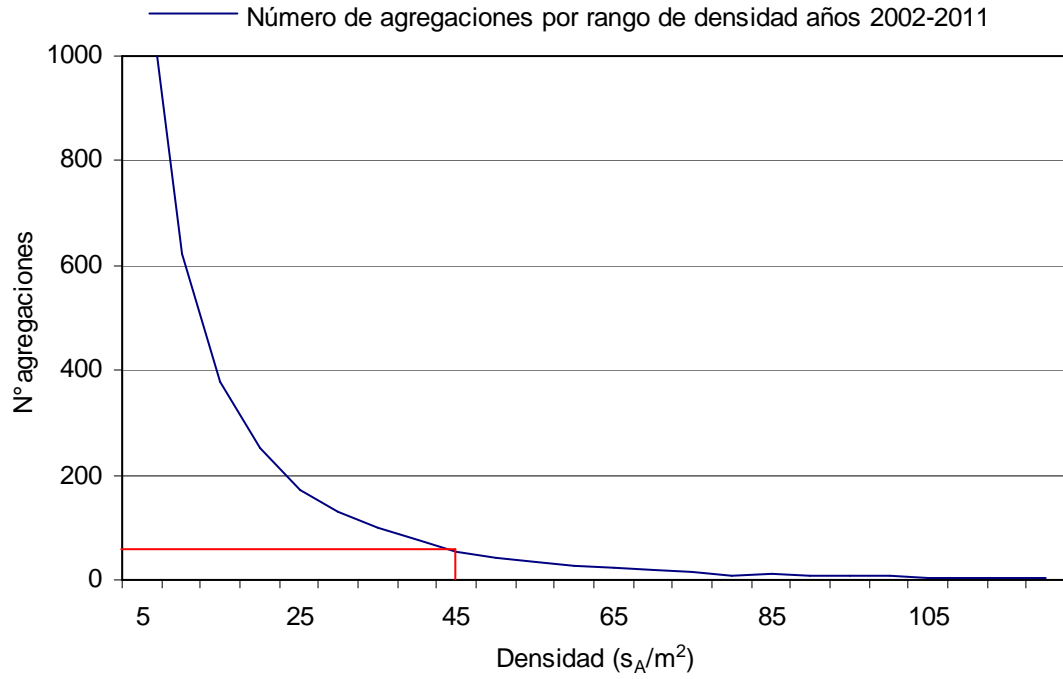


Figura 147. Frecuencia de distribución del número de agregaciones según densidad y umbral de densidad asintótico. Años 2002 al 2011.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Sección Ediciones y Producción
Almte. Manuel Blanco Encalada 839,
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl