



**INFORME FINAL**

Evaluación hidroacústica del reclutamiento  
de anchoveta en la XV, I y II Regiones,  
año 2010

FIP N°2009-02 / Febrero-2011





## **INFORME FINAL**

**Evaluación hidroacústica del reclutamiento  
de anchoveta en la XV, I y II Regiones,  
año 2010**

**FIP N° 2009-02 / Febrero-2011**

### **REQUIRENTE**

**FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA**  
Presidente Consejo de Investigación Pesquera  
**Pablo Galilea Carrillo**

### **EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP**

Jefe División Investigación Pesquera  
**Mauricio Braun Alegría**

Director Ejecutivo  
**Jorge Antonio Toro Da'Ponte**

### **JEFE DE PROYECTO**

**Jorge Castillo Pizarro**



**FIP N° 2009-02 / Febrero-2011**

*Evaluación acústica de la biomasa, abundancia, distribución espacial, caracterización de cardúmenes de anchoveta en la zona norte de Chile durante diciembre del 2009.*

**Jorge Castillo P.  
Álvaro Saavedra G.  
Francisco Leiva D.**

*Condiciones hidrográficas, distribución y Abundancia de feopigmentos en la zona norte de Chile durante diciembre del 2009.*

**Hernán Reyes R.  
Milena Pizarro R.  
Fernando Espíndola R.**

*Relación entre el ambiente y la distribución y abundancia de anchoveta en la zona norte de Chile en diciembre del 2009.*

**Jorge Castillo P.  
Victor Catasti B.  
Carolina Lang A.**

*Biología Pesquera de la anchoveta en la zona norte de Chile durante diciembre del 2009.*

**Carola Hernández S.  
Bernardo Leiva P.**

*Edad y Crecimiento de anchoveta en la zona norte de Chile en diciembre del 2009*

**Francisco Cerna T.  
Amalia López A.**

*Oferta ambiental de alimento en la zona norte de Chile durante diciembre del 2009*

**Liliana Herrera C.  
Gabriel Claramunt Q.  
Eduardo Oliva A.  
Paola Moreno G.**

*Componentes tróficos planctónicos de la dieta de *Engraulis ringens**

**Marianela Medina F.  
Liliana Herrera C.**



## I. RESUMEN EJECUTIVO

Se presentan los resultados de la evaluaci3n acústica de la biomasa, abundancia y distribuci3n espacial; oferta ambiental de alimento y las condiciones oceanográficas físicas asociadas a la anchoveta en el periodo de reclutamiento entre la XV y II Regiones del 2009. Los datos fueron recolectados en un crucero realizado con el B/C Abate Molina entre el 1 y 23 de diciembre del 2009. La zona de estudio se localizó entre Arica (18°22'S) y punta Buitre (24°40'S), donde se realizaron 39 transectas de prospecci3n hidroacústica diurnas perpendiculares a la costa; 19 réplicas nocturnas; 98 estaciones oceanográficas y 56 lances de pesca a media agua. Se aplicó un procedimiento alternativo de correcci3n del sesgo de orilla, basado en las tendencias de los datos recolectados por el Abate Molina en áreas costeras, debido a que no se pudo realizar la prospecci3n acústica con naves de bajo calado.

Las principales especies presentes en los lances de pesca de identificaci3n con arrastre de media agua fueron: medusa con 35.297 kg (73,1%); anchoveta con 6.309 kg (13,1%), langostino pelágico con 4.005 kg (8,3%), mote con 1.635 kg (3,4%), eufáusidos con 454 kg (0,9%), vinciguerría con 445 kg (0,9%) y otras especies (calamar, jibia y salpa) con 153 kg (0,3%).

La abundancia total de anchoveta, incluyendo la correcci3n por sesgo de orilla, varió entre 25.735,4 ( $\pm 27,6\%$ ) y 26.926,3 ( $\pm 12,9\%$ ) millones de ejemplares, segun el método utilizado, siendo el mayor con el método Bootstrap y el menor con Geoestadístico. De este total, el 39,4% correspondió a reclutas ( $\leq 12$  cm) (10.596,9 millones de ejemplares). La biomasa total de anchoveta varió entre 377.363,4 t ( $\pm 14,1\%$ ) (Conglomerados) y 382.696,2 t ( $\pm 10,4\%$ ) (Bootstrap), el 15,5% de esta biomasa correspondió a juveniles con 59.422 t. El 56,3% de la abundancia y el



44,9% de la biomasa de los reclutas se localizaron entre punta Barrancos y norte de Pisagua (18°35' S - 19°25' S).

La estructura de tallas de anchoveta fue multimodal con una moda principal centrada en 13,5 cm y secundarias en 8,0 y 10 cm, el rango varió entre 6,5 y 17 cm. Latitudinalmente, los juveniles estuvieron presentes principalmente en los sectores costeros entre punta Barrancos (18°35'S) y norte de Pisagua (19°25'S), con presencia escasa en los otros sectores.

Los indicadores de actividad reproductiva tales como: mayor predominio de las hembras; IGS promedio de 6,49%; EMS 3 (68,3%) y 2 (27,3%) indican que la anchoveta se encontraba en estado de reposo pre-desove.

La clave edad talla de anchoveta estuvo conformada por cuatro grupos de edad (0 al III). La estructura de edad en la abundancia fue dominada por el grupo de edad I, con el 45,1 a 47,1%, según el método. Los ejemplares reclutas (<12 cm) correspondieron en su mayoría al grupo de edad 0 alcanzando el 35% del total de la abundancia.

Las agregaciones de anchoveta nocturna fueron más profundas; de mayor tamaño, más alargadas y de menor densidad acústica que en el día, manteniendo una altura similar durante ambos períodos.

Las condiciones oceanográficas durante el crucero correspondieron a El Niño con anomalías térmicas superficiales de  $>+2^{\circ}\text{C}$ ; salinidad +0,2 y profundización de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  en algunas áreas. Sin embargo la distribución vertical del mínimo de oxígeno mantuvo su condición típica profundizándose solamente entre Arica y Pisagua. La zona registró vientos de intensidad débil a moderada lo que permitió procesos locales de surgencia débil con participación de agua tipo Subantártica y



Ecuatorial Subsuperficial. Se verificó en áreas costeras (hasta 73° W) giros anticiclónicos y un flujo geostrofico hacia el sur, permitiendo características de alta productividad en toda la zona.

El microfitoplancton estuvo dominado por diatomeas, que superaron el 80% de la abundancia total. Sus mayores abundancias (>500 cél/mL) se registraron restringidas a la franja costera (1 y 10 mn) desde Tocopilla al sur, con una muy baja densidad entre Arica e Iquique. Los flagelados exhibieron concentraciones inferiores a 50 cél/mL en casi toda el área de estudio, con un patrón de distribución similar a las diatomeas, y con un máximo de 325,4 cél/mL frente a punta Lobos. Verticalmente los máximos se presentaron entre la superficie y los 10 m de profundidad, reduciéndose donde se registraron las mayores concentraciones celulares. Las diatomeas exhibieron abundancias similares a años anteriores pero con mayores tamaños, principalmente por las formas en cadena. Se detectaron aumentos significativos en la abundancia y tamaño de los flagelados respecto de cruceros anteriores.

La abundancia total de zooplancton fluctuó entre 24,0 ind/m<sup>3</sup> y 3.198,0 ind/m<sup>3</sup>. El espectro de tamaño del zooplancton varió entre 0,25 y 10,25 mm, levemente inferior a diciembre de 2008, registrándose la abundancia máxima en ejemplares entre 0,25 y 0,75 mm. La biomasa promedio del zooplancton fue 331,3 g/1000m<sup>3</sup>, superior a la de diciembre de 2008, distribuyéndose principalmente en sectores costeros hacia el norte del área de estudio. Los copépodos de pequeño tamaño (<2,25 mm) fueron el principal componente del zooplancton.

Las isotermas que limitaron la distribución de la anchoveta adultos y reclutas, determinadas mediante el análisis con SIG, fluctuaron entre 13,5 y 21,0°C con una clara preferencia por aguas de 15-17,9°C; salinidad 34,64 a 35,15 psu, centrándose entre 34,8 y 34,99 psu, oxígeno disuelto relativamente alto y asociada a diferenciales térmicos y salinos bajos, vinculados a zonas aledañas a aguas surgentes. También



se destacan las significativas asociaciones entre la distribuci3n del recurso y el zooplancton y fitoplancton. El modelamiento GAM entre las densidades locales de anchoveta y las covariables distancia a la costa, profundidad media de la agregaci3n, latitud, profundidad m3nima de ox3geno, abundancia total fitoplancton, abundancia de diatomeas, salinidad y ox3geno explican un 18,87% de la variabilidad total.

Los Centros de Gravedad hist3ricos de la biomasa de anchoveta presentan importantes variaciones interanuales destac3ndose la recurrencia del sector de concentraci3n de adultos al SW de punta Lobos y un desplazamiento en los 3ltimos a3os de los CG de reclutas hacia el norte hasta la cuadra de Iquique.



## **I. EXECUTIVE SUMMARY**

---

We present the results of the hydroacoustic evaluation of biomass, spatial distribution, environmental food supply and physical oceanographic conditions associated with anchoveta during the recruitment period in 2009, between Regions XV and II. Data were collected during a cruise onboard the B/C Abate Molina between the 1st and 23rd of December 2009. The study zone was located between Arica (18°22'S) and Punta Buitre (24°40'S), where 39 daytime hydroacoustic survey transects were carried out perpendicular to the coast, with 19 nocturnal replicas, 98 oceanographic sampling stations and 56 midwater trawl hauls. An alternative coastline bias correction procedure was applied, based on the data trends collected by the Abate Molina in coastal areas, due to the infeasibility of hydroacoustic surveying onboard smaller vessels.

The main species present in midwater identification trawl hauls were medusa 35 297 kg (73.1%), anchoveta 6 309 kg (13.1%), pelagic squat lobster 4 005 kg (8.3%), mote 1 635 kg (3.4%), euphausiids 454 kg (0.9%), lanternfish 445 kg (0.9%) and other species (squid, cuttlefish and salps) with 153 kg (0.3%).

The total anchoveta abundance, including the coastline bias correction, varied between 25 735.4 ( $\pm$  27.6 %) and 26 926.3 ( $\pm$ 12.9%) million individuals, according to the method used, the highest estimate obtained with the Bootstrap method and the lowest with the Geostatistic method. Of this total abundance, 39.4% were recruits, ( $\leq$ 12 cm) (10 596.9 million individuals). Total anchoveta biomass varied between 377 363.4 t ( $\pm$  14.1%) (Cluster) and 382 696.2 t ( $\pm$  10.4%) (Bootstrap), 15.5% of this biomass was juveniles with 59 422 t. 56.3% of the abundance and 44.9% of biomass were recruits located between Punta Barrancos and north of Pisagua (18°35' S - 19°25' S)

The size structure of anchoveta was multimodal, with a principal mode centred



around 13.5 cm and secondary modes at 8.0 cm and 10 cm, the range varied between 6.5 and 17 cm. Latitudinally, juveniles were present mainly in coastal sectors between Punta Barrancos (18°35'S) and north of Pisagua (19°25'S), with low presence in other sectors.

The reproductive activity indicators, such as: greater predominance of females, average IGS of 6.49%, Sexual Maturity Age (EMS) 3 (68.3%) and 2 (27.3%), indicate that anchoveta were in a pre-spawning resting state.

The age-length key for anchoveta was made up of four age groups (0 to III). The age structure in abundance was dominated by age group I, with 45.1 to 47.1%, according to the estimation method. Recruits (<12 cm), the majority within age group 0, made up 35% of total abundance.

Nocturnal anchoveta aggregations were deeper, more elongate in shape, and of lower acoustic density than during the day; maintaining similar height during both day and night.

The oceanographic conditions during the cruise corresponded to El Niño conditions, with surface temperature anomalies of  $>+2^{\circ}\text{C}$ , salinity anomalies  $+0,2$  and deepening of the  $15^{\circ}\text{C}$  isotherm in certain areas. Nevertheless, the oxygen minimum maintained its typical vertical distribution pattern, deepening only between Arica and Pisagua. Weak to moderate wind intensities were registered, which allowed for weak local upwellings of Subantarctic and Equatorial Subsurface Waters. In coastal areas (out to  $73^{\circ}\text{W}$ ) anticyclonic gyres and geostrophic flows to the south were recorded, which allowed for high productivity throughout the area.

Microphytoplankton was dominated by diatoms, above 80% of the total abundance. The highest abundances ( $>500$  cell/mL) were registered within the



coastal fringe (1 to 10 nm) from Tocopilla to the south, with low densities between Arica and Iquique. Flagellates exhibited concentrations below 50 cell/mL in almost the entire study area, with a similar distribution pattern to diatoms and a maximum of 325.4 cell/mL off Punta Lobos. Vertical maxima were found between the surface and 10 m depth, delimited by the recorded maximum cell concentrations. Diatoms exhibited similar abundances to previous years but with greater sizes, mainly made up of chain-forming species. Significant increases in abundance and size of flagellates with respect to previous cruises were registered.

The total zooplankton abundance fluctuated between 24.0 ind/m<sup>3</sup> and 3 198.0 ind/m<sup>3</sup>. The zooplankton size spectrum varied between 0.25 and 10.25 mm, slightly lower than in December 2008, with maximum abundances of individuals between 0.25 and 0.75 mm. The average biomass of zooplankton was 331.3 g/1000m<sup>3</sup>, higher than that of December 2008, mainly distributed in coastal sectors towards the north of the study area. Small copepods (<2.25 mm) were the main zooplankton component.

The isotherms that delimited the distribution of adult and recruits, determined by GIS analysis, fluctuated between 13.5 and 21.0°C with a clear preference for waters of 15-17.9°C, salinities between 34.64 and 35.15 psu, centred around 34.8 and 34.99 psu, relatively high dissolved oxygen associated with relatively low thermal and saline differentials, linked to the areas adjacent to upwelled waters. There were also significant associations between the resource distribution and zooplankton and phytoplankton. The GAM modelling of local anchoveta densities and the covariables: distance from the coast, average aggregation depth, latitude, oxygen minimum depth, total phytoplankton abundance, diatom abundance, salinity and oxygen, explained 18.87% of the total variability.



The historical centres of gravity (CG) of anchoveta biomass displayed important interannual variations, highlighting the reoccurrence of an area of adult concentration SW of Punta Lobos and a displacement in recent years of the CG northwards towards Iquique.



## II. 3NDICE GENERAL

	P3gina
I. RESUMEN EJECUTIVO -----	i
I. EXECUTIVE SUMMARY -----	v
II. 3NDICE GENERAL -----	ix
III. 3NDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS -----	xvi
IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO -----	1
A. Objetivo general -----	1
B. Objetivos espec3ficos -----	1
V. ANTECEDENTES -----	2
VI. METODOLOG3A POR OBJETIVO -----	7
1. Objetivo espec3fico B1: <i>Estimar la abundancia (en n3mero) y la biomasa (en peso) de la fracci3n recluta de anchoveta que se incorporan en el per3odo de m3ximo reclutamiento a la pesquer3a.</i> -----	7
1.1 Zona de estudio -----	7
1.2 Plan de muestreo ac3stico -----	7
1.3 Calibraci3n del sistema ac3stico -----	8
1.3.1 Calibraci3n electroac3stica -----	8
1.3.2 Medici3n del TS <i>in situ</i> de anchoveta -----	9
1.4 Identificaci3n de especies -----	11
1.4.1 M3todo ac3stico (Guzm3n <i>et al.</i> , 1983) -----	12
1.4.2 Pescas de identificaci3n -----	12
1.5 Procesamiento de la informaci3n ac3stica -----	13
1.6 Estimaci3n de la abundancia y la biomasa -----	15
1.6.1 Estratificaci3n de la estructura de tallas -----	15



1.6.2	Estimaci3n de la abundancia (en n3mero) y la biomasa (en peso)-----	15
1.6.3	Sesgo de orilla en la evaluaci3n ac3stica de anchoveta -----	19
1.6.4	Estimaci3n de la varianza de la abundancia y biomasa -----	22
1.6.5	Estimaci3n del coeficiente de error (%) y Coeficiente de variaci3n (CV)-----	27
2.	<i>Objetivo especifco B2. Estimar la composici3n de talla, peso, edad, proporci3n sexual del stock recluta de anchoveta en el 3rea de estudio y elaborar las respectivas claves talla-edad-----</i>	28
2.1	Determinaci3n de la estructura de tallas y pesos de la anchoveta en la zona de estudio-----	28
2.1.1	Muestreo de las capturas de lances de mediagua -----	28
2.1.2	Estructura de tallas -----	29
2.1.3	Estimador de la composici3n en talla -----	30
2.1.4	Pesos medios a la talla -----	31
2.1.5	Expansi3n al 3rea total-----	32
2.1.6	Relaci3n longitud/peso-----	33
2.2	Descripci3n de los estadios de madurez de anchoveta -----	34
2.3	3ndice gonadosom3tico -----	36
2.4	Proporci3n sexual -----	36
2.5	Estimaci3n y composici3n de la edad de anchoveta -----	36
2.5.1	Estimaci3n de la edad-----	36
2.5.2	Lectura de otolitos-----	37
2.5.3	Clave edad- talla y composici3n de edad de la abundancia ac3stica-----	38
2.5.3.1	Clave edad-talla -----	38
2.5.3.2	Abundancia en n3mero por grupo de edad -----	39
2.5.3.3	Expansi3n de la abundancia en n3mero a los grupos de edad-----	39
2.5.3.4	Peso medio a la edad -----	40
3.	<i>Objetivo B3. Determinar las 3reas de reclutamiento principales de anchoveta y analizar su distribuci3n y abundancia latitudinal y batim3trica, caracterizando y relacionando adem3s, las condiciones oceanogr3ficas y meteorol3gicas predominantes en los principales focos de abundancia durante el crucero de evaluaci3n.-----</i>	42
3.1	Distribuci3n espacial de los recursos -----	42



3.2	Caracterizaci3n de las condiciones hidrográficas y meteorol3gicas entre la XV y II Regiones durante la primavera del 2009. -----	45
3.2.1	Recolecci3n de muestras y registros de datos -----	45
3.2.2	Procesamiento de la informaci3n oceanográfica -----	46
3.2.3	Informaci3n satelital y procesamiento -----	54
3.2.3.1	Distribuci3n espacial y temporal de la temperatura superficial del mar (TSM) satelital -----	54
3.2.3.2	Distribuci3n espacial y temporal de la clorofila superficial del mar -----	56
3.2.3.3	Imágenes satelitales del nivel del mar y corriente geostrofica superficial -----	56
3.2.3.4	Imágenes satelitales del viento superficial -----	57
3.2.4	Comparaci3n hist3rica de las condiciones oceanográficas -----	58
3.3	Oferta ambiental de alimento entre las XV y II Regiones durante la primavera del 2009. -----	59
3.3.1	Muestreo biol3gico de la componente microfitoplancton y zooplancton --	59
3.3.2	Análisis de las muestras microfitoplancton y zooplancton -----	60
3.3.3	Análisis de la informaci3n microfitoplancton y zooplancton -----	60
3.4	Caracterizar los componentes tróficos planct3nicos de la dieta de <i>Engraulis ringens</i> del norte de Chile -----	61
3.4.1.	Análisis de las muestras -----	62
3.4.2	Análisis de la informaci3n -----	62
3.5	Relaciones entre la distribuci3n espacial de anchoveta y las variables ambientales físcas y oferta de alimento -----	63
3.5.1	Relaciones entre la distribuci3n espacial de anchoveta y las variables oceanográficas mediante SIG. -----	64
3.5.1.1	Estimaci3n de los centros de gravedad de la biomasa de anchoveta (CG) -----	67
3.5.2	Modelamiento GAM entre la densidad acústica de anchoveta y las condiciones ambientales -----	68
4.	Objetivo específcico B4. <i>Caracterizar y analizar las agregaciones del recurso anchoveta en el área de estudio.</i> -----	70
4.1	Descriptores de una agregaci3n -----	70
4.2	Análisis de datos -----	74



<b>VII. RESULTADOS</b>	<b>75</b>
1. Determinar las condiciones hidrográficas y meteorológicas de la zona de estudio durante la primavera de 2009 (Objetivo B3)	75
1.1 Dinámica de viento	75
1.2 Condiciones hidrográficas en superficie y en la vertical <i>in situ</i>	76
1.2.1 Condiciones hidrográficas horizontales	76
1.2.2 Condiciones hidrográficas verticales	79
1.2.3 Clorofila y feopigmentos	89
1.3 Información satelital del periodo del crucero	94
1.4 Información satelital histórico en los periodos primavera-verano correspondientes a los cruceros RECLAN	98
1.5 Condiciones regionales (Pacífico Ecuatorial)	105
2. Determinación de la oferta ambiental de alimento entre la XV y II Regiones durante la primavera de 2009 (Objetivo B3)	107
2.1 Componente Microfitoplanctónica	107
2.1.1 Análisis de la información	110
2.2 Componente Zooplanctónica	112
2.2.1 Abundancia y espectro de tamaño	112
2.2.2 Biomasa zooplanctónica	113
3. Caracterización de los componentes tróficos planctónicos de la dieta de <i>Engraulis ringens</i> del norte de Chile.	114
3.1 Componente Microfitoplanctónico de la dieta	114
3.2 Componente Zooplanctónico de la dieta	118
4. Estimar la composición de talla, peso, edad y proporción sexual del stock de anchoveta en el área de estudio y elaborar las respectivas claves talla-edad	121



4.1	Selectividad de la red de arrastre a media agua Engel, utilizada por el B/C Abate Molina -----	121
4.1.1	Comparaci3n estructura de tallas entre cerco y arrastre -----	123
4.2	Composici3n de tallas y pesos de anchoveta en el 3rea y periodo de estudio. -----	123
4.2.1	Estructura de tallas de anchoveta -----	124
4.2.1.1	Estratificaci3n de las estructuras de tallas -----	125
4.2.1.2	An3lisis estadístico de la estratificaci3n de las subzonas mediante la D3cima de Heterogeneidad Generalizada (DHG)-----	127
4.2.2	Relaci3n longitud-peso de anchoveta -----	128
4.2.2.1	An3lisis de covarianza para la relaci3n longitud-peso de anchoveta-----	130
4.2.3	Indicadores de madurez sexual de anchoveta en la primavera del 2009-----	131
4.2.3.1	Proporci3n sexual de anchoveta -----	131
4.2.3.2	Índice Gonadosomático IGS y estados de madurez de la anchoveta ----	132
4.3	Determinaci3n de las estructuras de edad de anchoveta-----	135
4.3.1	Clave talla- edad-----	135
5.	Estimaci3n de la abundancia (en n3mero) y la biomasa (en peso) de la fracci3n juvenil de anchoveta que se incorporan en el per3odo de m3ximo reclutamiento a la pesquería (Objetivo B1). -----	135
5.1	Calibraci3n hidroacústica-----	135
5.2	Calibraci3n de la intensidad de blanco TS <i>in situ</i> de anchoveta -----	136
5.3	An3lisis de sesgo de orilla -----	137
5.3.1	Intensidad de muestreo y densidades acústicas locales de anchoveta respecto a la distancia de costa -----	138
5.3.2	Estimaci3n del Sesgo de orilla. -----	140
5.4	Estimaci3n de la abundancia y biomasa de anchoveta -----	140
5.4.1	Precisi3n de los estimados de biomasa-----	142
5.5	Estructura de edad de la abundancia -----	142



6	Distribuci3n espacial de los recursos -----	143
6.1	Distribuci3n geogr3fica-----	143
6.2	Distribuci3n batim3trica de la anchoveta-----	147
6.3	Relaciones entre la distribuci3n de anchoveta y las variables ambientales f3sicas y oferta de alimento -----	149
6.3.1	Relaci3n entre la distribuci3n espacial de la anchoveta y las variables bio-oceanogr3ficas, mediante Sistema de Informaci3n Geogr3fica -----	149
6.3.1.1	Relaci3n con la temperatura -----	149
6.3.1.2	Relaci3n con la salinidad-----	150
6.3.1.3	Relaci3n con el ox3geno disuelto-----	151
6.3.1.4	Relaci3n con la densidad del agua de mar-----	152
6.3.1.5	Relaci3n con la clorofila a -----	153
6.3.1.6	Relaci3n con el zooplancton -----	153
6.3.1.7	Relaci3n con el fitoplancton -----	154
6.3.1.8	Distribuci3n espacial de la anchoveta en los cruceros de primavera-verano (per3odo 1996 – 2010) -----	154
6.3.2	Modelamiento estad3stico de la densidad de anchoveta y las condiciones ambientales -----	156
7.	Caracterizar y analizar las agregaciones de anchoveta (Obj B4)-----	159
7.1	Resultados agregaciones diurnas y nocturnas-----	159
7.1.1	Descriptores morfol3gicos -----	160
7.1.2	Descriptores batim3tricos -----	161
7.1.3	Distancia a la costa -----	161
7.1.4	Descriptores de energ3a -----	161
7.1.5	Valores promedio descriptores por rango de hora -----	162
7.1.6	Valores promedio descriptores seg3n distancia de la costa-----	163
7.1.7	Descriptores por zona-----	165
7.2	An3lisis componentes principales-----	166
7.2.1	Agregaciones diurnas -----	166
7.2.2	Agregaciones nocturnas-----	167
<b>VIII.</b>	<b>AN3LISIS DE RESULTADOS -----</b>	<b>169</b>
1.	An3lisis de la hidrogr3fia-----	169
1.1	An3lisis ambiental Hist3rico -----	174
1.1.1	Eventos c3lidos -----	175



1.1.2	Eventos fríos-----	177
1.1.3	Periodos de transici3n-----	179
1.1.4	General-----	179
2.	Oferta ambiental de alimento-----	182
3.	Caracterizaci3n de los componentes tr3ficos planct3nicos de la dieta de <i>Engraulis ringens</i> del norte de Chile -----	184
4.	Biología pesquera -----	188
5.	Relaciones de la intensidad de blanco (TS) de anchoveta utilizadas -----	190
6.	Sesgo de orilla en la estimaci3n de la biomasa -----	192
7.	Estimaciones de biomasa y abundancia de anchoveta-----	193
8.	Precisi3n de los estimados de biomasa -----	196
9.	Relaciones entre la distribuci3n de anchoveta y las variables bio- oceanográficas -----	197
<b>IX.</b>	<b>CONCLUSIONES-----</b>	<b>201</b>
<b>X.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----</b>	<b>205</b>
<b>XI.</b>	<b>TALLER DE PRESENTACI3N DE RESULTADOS -----</b>	<b>225</b>
<b>XII.</b>	<b>BASE DE DATOS -----</b>	<b>226</b>

**FIGURAS**

**TABLAS**

**ANEXOS**

- **Anexo 1.** Personal participante por actividad y objetivo específico.
- **Anexo 2.** Llamado Pesca de Investigaci3n estudio sesgo de orilla.
- **Anexo 3.** Taller de presentaci3n de Resultados.
- **Anexo 4.** Base de Datos FIP N° 2009-02.



### III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS

---

#### FIGURAS

- Figura 1.** Distribución de frecuencias de longitudes en las capturas de anchoveta. Zona Arica - Coquimbo, Flota Total. Años 2001 a 2008.
- Figura 2.** Localización de las transectas acústicas diurnas y las prospecciones costeras. b) Localización de las transectas acústicas nocturnas. c) Localización de los lances de pesca realizados por B/C Abate Molina (56) y d) Localización de las estaciones bio-oceanográficas (98) realizadas durante crucero RECLAN152 0912.
- Figura 3.** Diagrama para cálculo de las pendientes de las curvas de frecuencia acumulada de ESDU y de Suma acumulada de NASC.
- Figura 4.** Otolitos de anchoveta en que se indica con flechas los anillos de crecimiento considerados para asignar edad. R=rostro; C=cauda; Ar=antirrostro. Las imágenes muestran (A) otolito de un pez de 10 cm; (B)= de un pez de 11 cm y (C) pez de 14,5 cm de longitud total.
- Figura 5.** Información del viento predominante medido cada una hora sobre el track de navegación: a) dirección e intensidad del viento menor a 5 m/s, b) dirección e intensidad del viento entre 5 y 10 m/s y c) dirección e intensidad del viento del primer y tercer cuadrante. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 6.** Índice promedio por grado de latitud de a) surgencia y b) turbulencia. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 7.** Distribución superficial de a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (psu) y d) anomalía de salinidad (psu). Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 8.** Distribución superficial de a) densidad (sigma-t) (kg/m<sup>3</sup>), b) contenido de oxígeno disuelto (ml/l), c) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y d) anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m) Crucero RECLAN152 0912.



- Figura 9.** Distribuci3n de a) profundidad (m) de la isolnea de oxigeno correspondiente a la concentraci3n de 1 ml/l, como indicadora del l3mite superior de la capa de m3nimo oxigeno disuelto, b) espesor de la capa de mezcla (m), c) espesor de la termoclina (m) y d) temperatura base de la termoclina ( $^{\circ}\text{C}$ ). Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 10.** Distribuci3n de a) Profundidad de la base de la termoclina (m), b) gradiente de temperatura promedio de la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ), c), m3ximo gradiente de temperatura en la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) y d) profundidad del m3ximo gradiente de temperatura en la termoclina (m). Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 11.** Distribuci3n vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas oceanogr3ficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 12.** Distribuci3n vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas oceanogr3ficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 13.** Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas oceanogr3ficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 14.** Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas oceanogr3ficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 15.** Distribuci3n vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas oceanogr3ficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 16.** Distribuci3n vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas oceanogr3ficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 17.** Distribuci3n vertical del contenido de oxigeno disuelto (ml/l) en las transectas oceanogr3ficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 18.** Distribuci3n vertical del contenido de oxigeno disuelto (ml/l) en las transectas oceanogr3ficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.



- Figura 19.** Diagramas T-S en las transectas oceanogr3ficas 1 a 23. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 20.** Diagramas T-S en las transectas oceanogr3ficas 25 a 37. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 21.** Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Subtropical (AST) en las transectas oceanogr3ficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 22.** Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Subtropical (AST) en las transectas oceanogr3ficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 23.** Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Subant3rtica (ASAA) en las transectas oceanogr3ficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 24.** Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Subant3rtica (ASAA) en las transectas oceanogr3ficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 25.** Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas oceanogr3ficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 26.** Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas oceanogr3ficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 27.** Distribuci3n de a) clorofila-a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ), b) feopigmento superficial ( $\mu\text{g/L}$ ), c) fluorescencia in vivo (volt), d) clorofila integrada ( $\text{mg/m}^2$ ), y e) feopigmentos integrados ( $\text{mg/m}^2$ ). Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 28.** Distribuci3n vertical de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas oceanogr3ficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.



- Figura 29.** Distribución vertical de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en todas transectas oceanográficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 30.** Distribución vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas oceanográficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 31.** Distribución vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas oceanográficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 32.** Distribución vertical de fluorescencia in vivo (volt) en las transectas oceanográficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 33.** Distribución vertical de fluorescencia in vivo (volt) en las transectas oceanográficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 34.** Asociación entre clorofila-a y fluorescencia in vivo (volt) a) datos superficiales, b) todos los datos disponibles. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 35.** Promedios semanales de TSM satelital de la zona norte de Chile entre los días 3 y 10, 11 y 18, 19 y 26, y 27 de diciembre del 2009 al 3 de enero del 2010 (Fuente: MODIS-A).
- Figura 36.** Imágenes diarias de anomalía del nivel del mar y velocidades geostróficas (satelital) representativas del período del crucero en los días 1, 11, 21 y 31 de diciembre del 2009 (Fuente: Aviso).
- Figura 37.** Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) de imágenes de satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales calculados entre los días 3 al 10, del 11 al 18, del 19 al 26 y del 27 de diciembre del 2009 al 3 de enero del 2010. La línea negra gruesa marca la isolínea de  $1 \mu\text{g/L}$  y la línea negra delgada marca la isolínea de  $0,25 \mu\text{g/L}$ .
- Figura 38.** Imágenes de TSM satelital promedio de una semana del mes en que se realizaron cruceros RECLAN en la I y II Región. Las fechas de la semana promedio se indican en la Tabla 2 y la fecha de los cruceros en la Tabla 3.



- Figura 39.** Distribución superficial de anomalía de temperatura de los cruceros RECLAN en la I y II Región. La fecha de los cruceros se indica en la Tabla 3.
- Figura 40.** Distribución superficial de anomalía de salinidad de los cruceros RECLAN en la I y II Región. La fecha de los cruceros se indica en la Tabla 3.
- Figura 41.** Distribución superficial de anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C de los cruceros RECLAN en la I y II Región. La fecha de los cruceros se indica en la Tabla 3.
- Figura 42.** Imágenes de circulación geostrofica superficial y altura del mar medidas con satélite para 3 días del mes de diciembre de 2001 y febrero de 2007 y de 2 días de febrero de 2007 y 2009.
- Figura 43.** Mapa indicando las diferentes regiones de El Niño en el Océano Pacífico y serie de tiempo de anomalía de la Temperatura Superficial del mar (°C) de cada una de ellas en los periodos junio 2008 a mayo 2009 y de junio 2009 a mayo 2010 (note que las escalas para los gráficos son distintas). Las anomalías están computadas respecto al periodo 1971-2000. Fuente: CPC/NCEP)
- Figura 44.** Valores históricos del Índice Multivariado Ecuatorial entre el periodo enero 1994 – 2010. Se incluyen las fechas en que fueron realizados los cruceros RECLAN.
- Figura 45.** Distribución horizontal de diatomeas A: abundancia (cél/ml), B: tamaño ( $\mu\text{m}$ ). Crucero RECLAN152 0912
- Figura 46.** Distribución vertical de la abundancia (cél/ml) de diatomeas. Crucero RECLAN152 0912
- Figura 47.** Distribución vertical del espectro de tamaño ( $\mu\text{m}$ ) de diatomeas. Crucero RECLAN152 0912
- Figura 48.** Distribución horizontal de flagelados A: abundancia (cél/ml), B: tamaño ( $\mu\text{m}$ ). Crucero RECLAN152 0912



- Figura 49.** Distribuci3n vertical de la abundancia (c3l/ml) de flagelados. Crucero RECLAN152 0912
- Figura 50.** Distribuci3n vertical del espectro de tama1o ( $\mu\text{m}$ ) de flagelados. Crucero RECLAN152 0912
- Figura 51.** 1reas de abundancia microfitoplanct3nica resultantes del an1lisis de agrupaci3n. En los recuadros las especies de diatomeas y flagelados m1s importantes y sus abundancias promedio (c3l/mL). Crucero RECLAN152 0912
- Figura 52.** Distribuci3n horizontal de la abundancia total de zooplancton ( $\text{N}^{\circ}/\text{m}^3$ ). Crucero RECLAN152 0912
- Figura 53.** Abundancia media ( $\text{N}^{\circ}/\text{m}^3$ ) por grupo zooplanct3nico. Crucero RECLAN152 0912
- Figura 54.** Distribuci3n horizontal de la abundancia ( $\ln \text{N}^{\circ}/\text{m}^3$ ) de los organismos zooplanct3nicos menores a 2,25 mm de longitud. Crucero RECLAN152 0912
- Figura 55.** Distribuci3n horizontal de la abundancia ( $\ln \text{N}^{\circ}/\text{m}^3$ ) de los organismos zooplanct3nicos mayores a 2,25 mm de longitud. Crucero RECLAN152 0912
- Figura 56.** Biomasa ( $\text{g}/1000 \text{ m}^3$ ) por transecta y estaci3n de muestreo. Crucero RECLAN152 0912
- Figura 57.** 1rea de estudio y localizaci3n de las zonas de pesca durante el Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 58.** Contribuci3n porcentual de los principales taxa de presa fitoplanct3nicos por zona de pesca Crucero RECLAN152 0912
- Figura 59.** Dendrograma de similitud tr3fica de *Engraulis ringens* para la componente fitoplanct3nica por zona de pesca. La l3nea punteada indica el nivel de significancia de la similitud ( $\geq 60\%$ ). Crucero RECLAN152 0912



- Figura 60.** Contribuci3n numérica porcentual de los principales taxa presa fitoplanct3nicos por clase de talla. Crucero RECLAN152 0912
- Figura 61.** Dendrograma de similitud tr3fica de *Engraulis ringens* para la componente fitoplanct3nica por clase de talla (mm). La lnea punteada indica el nivel de significancia de la similitud ( $\geq 60\%$ ). Crucero RECLAN152 0912
- Figura 62.** Contribuci3n numérica porcentual de los principales taxa de presa zooplanct3nicos por zona de pesca, Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 63.** Dendrograma de similitud tr3fica de *Engraulis ringens* para la componente zooplanct3nica por zona de pesca. La lnea punteada indica el nivel de significancia de la similitud ( $\geq 60\%$ ). Crucero RECLAN152 0912
- Figura 64.** Contribuci3n numérica porcentual de los principales taxa presa zooplanct3nicos por clase de talla (mm). Crucero RECLAN152 0912
- Figura 65.** Dendrograma de similitud tr3fica de *Engraulis ringens* para la componente zooplanct3nica por clase de talla (mm). La lnea punteada indica el nivel de significancia de la similitud ( $\geq 60\%$ ). Crucero RECLAN152 0912
- Figura 66.** Estructura de tallas y ojivas de selectividad de anchoveta obtenida en los lances de arrastre a media agua (B/C Abate Molina) y cerco realizados por L/M en el marco del proyecto seguimiento de las principales pesquería en la zona norte. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 67.** Estructura de tallas de anchoveta para las zonas establecidas en el área de estudio. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 68.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 1, 2, 4 y 6, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 69.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 12, 13, 15 y 17, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



- Figura 70.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 18, 19, 21 y 24, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 71.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 25, 27, 29 y 30, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 72.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 33, 34, 35 y 37, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 73.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 38, 44, 45 y 46, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 74.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 47, 48, 50 y 51, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 75.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 53, 54, 55 y 56, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 76.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 2, lances 5, 7, 10 y 11 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 77.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 3, lances 28, 31, 32 y 36, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 78.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 3, lances 39 y 40, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 79.** Relación longitud-peso y parámetros de regresión para Anchoveta por zonas. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 80.** Proporción de hembras y machos del total de ejemplares sexuados de anchoveta por zona y total. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 81.** Índice gonadosomático de Anchoveta por sexo y zona. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 82.** Estados de madurez sexual (%) de anchoveta por sexo, zona total. Crucero RECLAN152 0912.



- Figura 83.** IGS de anchoveta para cada zona de estudio, en relación al estado de madurez. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 84.** Estados de madurez sexual (%) de anchoveta por sexo, zona 1. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 85.** Estados de madurez sexual (%) de anchoveta por sexo, zona 2. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 86.** Estados de madurez sexual (%) de anchoveta por sexo, zona 3. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 87.** Distribución de frecuencia de talla y de TS en lances con dominio de anchoveta en la captura (>75%). Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 88.** Relación funcional de la intensidad de blanco (TS) de anchoveta por talla modal para la serie completa de datos disponible en la zona norte desde 1996.
- Figura 89.** Cobertura espacial de la prospección acústica realizada por el B/C Abate Molina durante el crucero RECLAN152 0912.
- Figura 90.** Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica de anchoveta en la prospección realizada por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 91.** Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica para anchoveta agrupada por grado de latitud proveniente la prospección realizada por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 92.** Abundancia y biomasa a la talla de anchoveta por subzona y total entre Arica y punta Buitre (24° 40'S) durante la primavera del 2009. Crucero RECLAN152 0912. Se indica la talla de primera madurez sexual (12 cm)



- Figura 93.** Composici3n de captura en n3mero por grupo de edad de anchoveta Cruceros de evaluaci3n hidroac3stica Zona Norte (XV, I y II regi3n), diciembre 2007 al 2009
- Figura 94.** Distribuci3n espacial de la densidad ac3stica ( $t/mn^2$ ) de anchoveta (a) y langostino (b) durante el crucero RECLAN152 0912.
- Figura 95.** Variogramas de la densidad ac3stica de anchoveta retrotransformados seg3n la metodolog3a propuesta por Rivoirad *et al* y estandarizados por las varianzas muestrales. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 96.** Distribuci3n espacial de la densidad ac3stica ( $t/mn^2$ ) de vinciguerria (a) y medusa (b) durante el crucero RECLAN152 0912.
- Figura 97.** Box plot de las variables distancia a la costa (mn), profundidad media de las agregaciones (m), temperatura ( $^{\circ}C$ ), salinidad (psu), ox3geno (ml/l) y clorofila ( $mg/m^2$ ), en que se distribuyeron las agregaciones de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 98.** Distribuci3n vertical de las agregaciones de anchoveta ( o ), l3mites de la termoclina y zona de la m3nima de ox3geno (ZMO) respecto a la distancia a la costa. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 99.** Box plot de las variables densidad ( $kg/m^3$ ), abundancia de diatomeas (cel/ml), abundancia de flagelados (cel/ml) y biomasa de Zooplankton en que se distribuyeron las agregaciones de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 100.** Distribuci3n espacial de los adultos y reclutas y de las variables bio-oceanogr3ficas Crucero RECLAN152 0912
- Figura 101.** Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de adultos de anchoveta en relaci3n a las variables bio-oceanogr3ficas. Crucero RECLAN152 0912



- Figura 102.** Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de adultos de anchoveta en relación a las variables bio-oceanográficas. Crucero RECLAN152 0912
- Figura 103.** Rangos de distribución históricos respecto de la temperatura a) adultos y b) reclutas.
- Figura 104.** Rangos de distribución históricos respecto de la salinidad a) adultos y b) reclutas.
- Figura 105.** Distribución espacial de las distribuciones de: a) adultos y b) reclutas en la zona norte de Chile.
- Figura 106.** Localización de los centros de gravedad históricos de las distribuciones de a) adultos y b) reclutas.
- Figura 107.** Efectos de los predictores Distancia a la costa (dcost), profundidad media de la agregación (zmed), latitud (lat), profundidad mínima de oxígeno (zminOD), abundancia total (abuntot), abundancia de diatomeas (abundia), salinidad (sal) y oxígeno (oxi) sobre la variable logaritmo de la densidad de anchoveta, ajustado a un modelo GAM. Líneas segmentadas corresponden a bandas de confianza y lo (predictor) función suavizadora loess. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 108.** Valores promedio e Intervalo de confianza del largo de agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 109.** Valores promedio e Intervalo de confianza del alto de agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 110.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la elongación de anchoveta por crucero, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 111.** Valores promedio e Intervalo de confianza del perímetro de agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.



- Figura 112.** Valores promedio e Intervalo de confianza del 1rea de anchoveta por crucero, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 113.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la dimensi3n fractal, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 114.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad de agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 115.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad del fondo, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 116.** Valores promedio e Intervalo de confianza del 1ndice de altura, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 117.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la distancia a la costa de las agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 118.** Valores promedio e Intervalo de confianza de los valores de  $S_A$  de agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 119.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la densidad ac1stica de agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 120.** Promedio del largo de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 121.** Promedio del alto de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 122.** Promedio de elongaci3n de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 123.** Promedio de per1metro de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



- Figura 124.** Promedio de 1rea de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 125.** Promedio de la dimensi3n fractal por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 126.** Promedio de la profundidad de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 127.** Promedio de la profundidad del fondo por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 128.** Promedio del 1ndice de altura por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 129.** Promedio de la distancia a la costa de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 130.** Promedio de energ1a retrodispersada por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 131.** Promedio de densidad de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 132.** Frecuencia acumulada del n1mero de observaciones por rango de distancia a la costa, condici3n diurna. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 133.** Promedio de largo, alto y elongaci3n de agregaciones seg1n distancia a la costa, condici3n diurna y nocturna. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 134.** Promedio de per1metro, 1rea y dimensi3n fractal seg1n distancia a la costa, condici3n diurna y nocturna. Crucero RECLAN152 0912.
- Figura 135.** Promedio profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 1ndice de altura seg1n distancia a la costa, condici3n diurna y nocturna. Crucero RECLAN152 0912.



- Figura 136.** Promedio  $s_A$  y de densidad de agregaciones ( $s_A/m^2$ ) según distancia a la costa, condición diurna y nocturna. Crucero RECLAN152 0912
- Figura 137.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes, agregaciones diurnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912.
- Figura 138.** Correlación de las variables originales con los componentes principales, agregaciones nocturnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912.
- Figura 139.** Factor de condición (FC) promedio de anchoveta. Seguimiento 2003 a 2007 Cruceros RECLAN I y II Regiones.
- Figura 140.** Factor de condición (FC) promedio de anchoveta por talla. Cruceros RECLAN I y II Regiones.
- Figura 141.** Abundancia (n) y biomasa (t) total y reclutas ( $\leq 12$  cm) de anchoveta entre Arica y punta Buitre en las primaveras-veranos del periodo 1996-2010.
- Figura 142.** Capturas del total de pelágicos entre la XV y IV regiones y de anchoveta para la XV-II y III-IV Regiones en el periodo 1986-2009.

## TABLAS

- Tabla 1.** Categorías por densidad acústica.
- Tabla 2.** Valores de primavera y verano de los pares T-S de las aguas tipo, utilizados en los triángulos de mezcla.
- Tabla 3.** Fecha y tipo de imagen satelital de TSM consideradas para el análisis histórico de cruceros RECLAN.
- Tabla 4.** Fechas de los cruceros RECLAN realizados en la XV, I y II Región.
- Tabla 5.** Variables utilizadas en la comparación histórica de cruceros RECLAN



- Tabla 6.** N3mero de ejemplares por zona, lance y clase de talla seleccionados para an3lisis del contenido estomacal en *Engraulis ringens*. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 7.** Localidades donde se presentaron focos superficiales de concentraci3n ox < 5 ml/l en los cruceros RECLAN.
- Tabla 8.** N3mero de transectas perpendiculares a la costa por rango de concentraci3n m3ximas de clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) en cada crucero. Se indica adem3s los rangos de clorofila integrada ( $\text{mg/m}^2$ ) para cada crucero RECLAN I-II.
- Tabla 9.** Especies de diatomeas con sus rangos de tama3o. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 10.** Especies y g3neros de flagelados con sus rangos de tama3o. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 11.** Abundancia celular integrada total (c3l/mL) y aporte porcentual (%) de diatomeas (DIATO) y flagelados (FLAGE). DDC: distancia de la costa (mn). Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 12.** Tama3o ( $\mu\text{m}$ ) promedio de diatomeas (T-DIATO) y flagelados (T-FLAGE). DDC: distancia de la costa (mn). Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 13.** Aporte porcentual (%) de las especies de diatomeas con las mayores abundancias por transecta (T). Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 14.** Aporte porcentual (%) de las especies y g3neros de flagelados con las mayores abundancias por transecta (T). Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 15.** Resultados del an3lisis comparativo entre la abundancia y tama3o del fitoplancton del crucero de diciembre de 2009 y los de febrero y diciembre de 2007 y diciembre de 2008. K: estadístico de Kruskal-Wallis.



- Tabla 16.** Abundancia total (ABTOT) ( $N^{\circ}/m^3$ ) del zooplancton. TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa, EST: estaci3n. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 17.** Abundancia media ( $N^{\circ}/m^3$ ) por grupo zooplanct3nico. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 18.** Abundancia media ( $N^{\circ}/m^3$ ) por espectro de tama1os del zooplancton Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 19.** Biomasa zooplanct3nica media ( $g/1000 m^3$ ) en funci3n de la distancia de la costa. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 20.** Biomasa zooplanct3nica media ( $g/1000 m^3$ ) en funci3n de la latitud. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 21.** N1mero de ejemplares por zona, lance y clase de talla seleccionados para an1lisis del contenido estomacal en *Engraulis ringens*. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 22.** Abundancia, frecuencia de ocurrencia e 3ndice de importancia num3rica de los taxa presa fitoplanct3nicos presentes en el contenido estomacal de *Engraulis ringens*. N: abundancia, %N: aporte porcentual a la abundancia total, F: frecuencia de ocurrencia, %F: porcentaje de ocurrencia, IIN: 3ndice de importancia num3rica (%).Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 23.** Abundancia total de los taxa presa fitoplanct3nicos por zonas de pesca. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 24.** Diversidad tr3fica ( $H'$ ), riqueza de los taxa presa fitoplanct3nicos ( $S$ ) y abundancia total ( $N$ ) por zona de pesca. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 25.** Abundancia (c3l/est3mago) y aporte porcentual de los taxa presa fitoplanct3nicos por clase de talla. N: abundancia; %N: aporte porcentual. Crucero RECLAN152 0912



- Tabla 26.** Diversidad tr3fica ( $H'$ ), riqueza de taxa de presa fitoplanct3nicos (S) y abundancia total (N) por clase de talla (mm). Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 27.** Abundancia, frecuencia de ocurrencia e 3ndice de importancia num3rica de los taxa presa zooplanct3nicos presentes en el contenido estomacal de *Engraulis ringens*. N: abundancia, %N: aporte porcentual, F: frecuencia de ocurrencia, %F: porcentaje de ocurrencia, %IIN: 3ndice de importancia num3rica (%).Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 28.** Contribuci3n num3rica de los taxa presa zooplanct3nicos por zona de pesca. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 29.** Diversidad tr3fica ( $H'$ ), riqueza de los taxa presa zooplanct3nicos, (S) y abundancia total (N) por zona de pesca. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 30.** Contribuci3n num3rica (N) y porcentual (%N) de los taxa presa zooplanct3nicos por clase de talla. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 31.** Diversidad tr3fica ( $H'$ ), riqueza de taxa presa zooplanct3nicos (S) y abundancia total (N) por clase de talla (mm). Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 32.** Resumen de la riqueza de taxa presas (S), diversidad tr3fica ( $H'$ ) y abundancia total del componente fitoplanct3nico y zooplanct3nico por clase de talla de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912
- Tabla 33.** Lances de arrastre (B/C Abate Molina Crucero RECLAN152 0912) y lances de cerco (Flota cerquera. Proyecto Seguimiento 2009. Ppales. Pesquer3as Nacionales-Pel3gicos Zona Norte) utilizados para comparar estructura de tallas de las capturas de anchoveta
- Tabla 34.** Tallas al 25, 50 y 75% de anchoveta capturadas con redes de cerco y arrastre a media agua por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 35.** Resumen operacional y capturas realizadas por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 36.** Captura (kg) por especie y total realizada por el B/C Abate Molina con red de arrastre de media agua. Crucero RECLAN152 0912.



- Tabla 37.** Resumen de lances de pesca por zonas (según estratificación), pesos y tallas promedio para anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 38.** Límites de las zonas según la estratificación de tallas de anchoveta y lances de pesca asignados Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 39.** Comparación de la estructura de talla entre todas las zonas establecidas para anchoveta, mediante la dística de heterogeneidad generalizada (DHG;  $\alpha=0,05$ ). Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 40.** Comparación de la estructura de talla entre lances para anchoveta, Zona 1, mediante la dística de heterogeneidad generalizada (DHG;  $\alpha=0,05$ ). Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 41.** Comparación de la estructura de talla entre lances para anchoveta, Zona 2, mediante la dística de heterogeneidad generalizada (DHG;  $\alpha=0,05$ ). Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 42.** Comparación de la estructura de talla entre lances para anchoveta, Zona 3, mediante la dística de heterogeneidad generalizada (DHG;  $\alpha=0,05$ ). Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 43.** Parámetros de la Regresión lineal y no lineal. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 44.** Andeva para Anchoveta. Crucero RECLAN152-0912.
- Tabla 45.** Análisis de varianza para anchoveta por zona y total. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 46.** Comparación de pesos de anchoveta entre diferentes modelos. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 47.** Test Tukey para comparación de pendientes de la relación longitud-peso de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.



- Tabla 48.** Clave edad-talla de anchoveta para la zona norte (arica-antofagasta) crucero hidroacustico RECLAN152 0912.
- Tabla 49.** Varianzas de la clave edad-talla de anchoveta para la zona norte (arica-antofagasta) crucero hidroacustico RECLAN152 0912.
- Tabla 50.** Calibración de los transductores del B/C Abate antes de crucero RECLAN152 0912. (\*) Identifica valores de fábrica.
- Tabla 51.** Ecuaciones de intensidad de blanco (TS) respecto a la talla de anchoveta ajustadas en la zona norte de Chile entre 1996 a 2007.
- Tabla 52.** Ecuaciones de intensidad de blanco (TS) respecto a la talla de anchoveta estandarizadas en la zona norte de Chile entre 1996 a 2007.
- Tabla 53.** Resumen de calculo del cuociente de las pendientes del la frecuencia acumulada de ESDU y la frecuencia de la suma acumulada de NASC para crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 54.** Abundancia (millones) de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40'S) en la primavera del 2009. Crucero RECLAN152 0912. (Método Conglomerados y Estrato Estratos).
- Tabla 55.** Abundancia (millones) de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40'S) en la primavera del 2009. Crucero RECLAN152 0912. (Método Bootstrap y Geoestadístico).
- Tabla 56.** Biomasa (t) de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40'S) en la primavera del 2009. Crucero RECLAN152 0912. (Método Conglomerados y Estrato Estratos).
- Tabla 57.** Abundancia (millones) de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40'S) en la primavera del 2009. Crucero RECLAN152 0912. (Método Bootstrap y Geoestadístico).



- Tabla 58.** Varianza de la Abundancia de anchoveta por talla, subzona y total según método Conglomerados. Crucero RECLAN152 0912. (Método Conglomerados y Estratos Agrupados).
- Tabla 59.** Varianza de la Abundancia de de anchoveta por talla, subzona y total según método Conglomerados. Crucero RECLAN152 0912. (Método Bootstrap y Geoestadístico).
- Tabla 60.** Varianza de la Biomasa de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40'S) en la primavera del 2009. Crucero RECLAN152 0912. (Método Conglomerados y Estratos Agrupados).
- Tabla 61.** Varianza de la Biomasa de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40'S) en la primavera del 2009. Crucero RECLAN152 0912. (Método Bootstrap y Geoestadístico).
- Tabla 62.** Composición en número por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona norte (Arica-Antofagasta). Metodo bootstrap. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 63.** Composición en número por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona norte (Arica-Antofagasta). Metodo geoestadístico. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 64.** Composición en número por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona norte (Arica-Antofagasta). Metodo Hansen. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 65.** Composición en número por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona norte (Arica-Antofagasta). Metodo Kish. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 66.** Parámetros de los modelos de variogramas ajustados a la anchoveta por zona. Crucero RECLAN152 0912.



- Tabla 67.** Media aritmética ( $\bar{x}$ ), krigger ( $\bar{x}_k$ ); varianzas, área e influencia de los parámetros de los modelos espaciales en la distribución de anchoveta por zona. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 68.** Índices de ocupación totales ( $N^\circ$  pixeles por categorías/ $N^\circ$  pixeles totales) e Índices de ocupación positivos ( $N^\circ$  pixeles por categorías/ $N^\circ$  pixeles positivos). Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 69.** Coeficientes de Cramer de las cartografías de distribución de anchoveta, respecto de las variables ambientales. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 70.** Análisis de Varianza de las covariables ajustadas al modelo GAM para la relación con la densidad de anchoveta seleccionadas a través del método de máxima verosimilitud. Valores F, AIC y Pseudo coeficiente de determinación. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 71.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones diurnas de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 72.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones nocturnas de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 73.** Resultados ANDEVA para descriptores crucero RECLAN152 0912, factor día-noche.
- Tabla 74.** Resultados ANDEVA para descriptores diurnos crucero RECLAN152 0912, factor: agregaciones costeras-agregaciones no costeras.
- Tabla 75.** Resultados ANDEVA para descriptores nocturnos crucero RECLAN152 0912, factor: agregaciones costeras-agregaciones no costeras.
- Tabla 76.** Valores promedio, desviación estandar (D.S) y coeficiente de variación (C.V.) de los descriptores de las agregaciones diurnas y nocturnas de anchoveta según zona, crucero RECLAN152 0912.



- Tabla 77.** Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones diurnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 78.** Valores propios y proporci3n de la variabilidad explicada por los componentes, agregaciones diurnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 79.** Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, agregaciones diurnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 80.** Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones nocturnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 81.** Valores propios y proporci3n de la variabilidad explicada por los componentes, agregaciones nocturnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912.
- Tabla 82.** Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, agregaciones nocturnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912.



## **ANEXOS**

- Anexo 1.** Personal participante por actividad y objetivo espec3fico.
- Anexo 2.** Llamado Pesca de Investigaci3n estudio sesgo de orilla.
- Anexo 3.** Taller de presentaci3n de Resultados.
- Anexo 4.** Base de Datos FIP N° 2009-02.



## **IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

---

### **A. Objetivo general**

Evaluar el stock juvenil del recurso anchoveta, a trav3s del m3todo hidroac3stico, existente en el 3rea comprendida entre la XV y II Regiones, y caracterizar el proceso de reclutamiento de la especie en el 3rea de estudio.

### **B Objetivos espec3ficos**

- b.1** Estimar la abundancia (en n3mero) y la biomasa (en peso) de la fracci3n juvenil de anchoveta que se incorporan en el per3odo de m3ximo reclutamiento a la pesquer3a.
- b.2** Estimar la composici3n de talla, peso, edad y proporci3n sexual del stock de anchoveta en el 3rea de estudio y elaborar las respectivas claves talla-edad.
- b.3** Determinar las 3reas de reclutamiento principales y analizar su distribuci3n y abundancia latitudinal y batim3trica, caracterizando, y relacionando, adem3s, las condiciones oceanogr3ficas, meteorol3gicas y oferta ambiental de alimento predominantes en los principales focos de abundancia durante el crucero de evaluaci3n.
- b.4** Caracterizar y analizar las agregaciones del recurso anchoveta en el 3rea de estudio.



## V. ANTECEDENTES

---

La anchoveta (*Engraulis ringens*) constituye el recurso de mayor importancia relativa de la zona norte de Chile. Sus capturas interanuales han presentado importantes fluctuaciones variando entre un hist3rico m3ximo de 2 millones de toneladas en 1994 y un m3nimo de 135 mil toneladas en 1998, pasando por las 1,4 y 1,1 millones de toneladas el 2004 y 2005, respectivamente.

Las condiciones ambientales son importantes factores moduladores de la abundancia, distribuci3n espacial, niveles de agregaci3n, 3xito del desove, reclutamiento y rendimiento pesquero de la anchoveta. Como ejemplo de esta relaci3n, se puede mencionar el efecto de El Ni3o 1991-92 en las condiciones extraordinariamente favorables para la especie de los a3os 1994 y 1995, a3os en que se registraron los m3ximos hist3ricos de la pesquer3a entre la XV y IV Regi3n. El Ni3o 1997-98 tambi3n afect3 la distribuci3n espacial de la especie, determinando en 1998 un incremento en la disponibilidad en la III-IV Regi3n con un aumento relativo de 68,6% respecto a 1997. Las condiciones fr3as tipo La Ni3a, generalmente producen una dispersi3n en la distribuci3n espacial, reduciendo los rendimientos pesqueros.

Desde el punto de vista de su biolog3a, se sabe que la anchoveta vive alrededor de 5 a3os, con desoves fraccionados centrados principalmente entre julio y septiembre y reclut3ndose a la pesquer3a los ejemplares con longitud total entre 6 y 12 cm en las estaciones c3lidas, entre noviembre y marzo, siendo calificados como prereclutas aquellos individuos con tallas menores a los 6 cm y como reclutados a aquellos con una longitud superior a los 12 cm (Fisher, 1958; Einarsson y Rojas de Mendiola, 1980; Mart3nez *et al*, 2007).



El comportamiento reproductivo de la anchoveta en la zona norte, también ha presentado algunos cambios en los últimos años, alterándose la estacionalidad y extensión del desove y que han repercutido en los reclutamientos. En este sentido se identifican los periodos previos a 1993; entre 1999-2001 y en 2002 y 2004. En efecto, en el periodo 1987-93 el desove se caracterizaba por su notable estacionalidad con máximos entre julio y septiembre, centrados en agosto y mínimos entre marzo y mayo, centrado en abril, con reducciones discretas, que no alcanzaban al mínimo, entre octubre y diciembre. En el periodo 1999-2001 la estacionalidad se mantuvo, pero incrementándose los valores de los indicadores en el periodo mínimo, reduciéndose las diferencias entre los máximos y mínimos. Los años 2002 y 2004 presentan una notable reducción en la extensión temporal del máximo del desove, ciñéndose en forma importante sólo a los meses de invierno, entre julio y septiembre. Entre 2005 – 2006 y 2008-2009, nuevamente se verifica un incremento del desove en la primavera, sugiriendo un desove casi permanente en el segundo semestre. En todos los casos se mantiene la estacionalidad de agosto, no obstante los cambios registrados en los otoños (mínimos) o primaveras (intermedio) (Martínez *et al*, 2007).

Vinculado con el comportamiento reproductivo, la distribución espacial del reclutamiento de anchoveta en la zona norte de Chile (XV, I y II Región) típicamente se caracteriza por una estratificación temporal y geográfica en el sentido latitudinal, iniciándose en Arica durante noviembre, para finalizar hacia fines de febrero en Mejillones, con la sola excepción de la primavera de 1998 en que dicho comportamiento tuvo un sentido inverso al observado en otros periodos. La evolución mensual de las tallas de anchoveta capturadas por mes y zona en el periodo 2001-2009 (**Fig. 1**) muestra una alteración en el patrón temporal del reclutamiento entre 2002 y 2006, respecto al que podría considerarse típico, tendiendo a desaparecer en la primavera e intensificándose en la segunda mitad del verano. Situación que tendió a retornar a finales del 2006, con un incremento importante de la presencia de peces



juveniles (<12 cm) en las capturas de la flota cerquera entre noviembre y diciembre y una declinación hacia febrero del 2007. En el 2009 es posible apreciar que se registró la presencia de los juveniles prácticamente durante todo el segundo semestre.

La fuerte caída en el reclutamiento entre Arica y Antofagasta a fines del 2002 y principio del 2003 coincidió con la situación registrada en el centro-norte de Perú.

En la III y IV Región se presenta una aparente continuidad temporal del proceso respecto a lo observado hacia el norte de Antofagasta, con un desfase de alrededor de dos meses, por lo que el reclutamiento ocurre principalmente entre enero y marzo. El 2003 presentó una extraordinaria cobertura temporal del reclutamiento, especialmente en Caldera, habiéndose detectado la presencia de juveniles bajo talla hasta junio. En la temporada estival 2005-2006 se aprecia una leve anticipación de la presencia de juveniles, registrándose su presencia en las capturas desde diciembre del 2005, manteniéndose la extensión temporal hasta mayo del 2006. En Coquimbo, la proporción de juveniles es frecuentemente inferior a Caldera, aún cuando la tendencia temporal es similar, con una mayor presencia mayoritaria entre febrero y marzo (**Fig. 1**).

Los resultados de las prospecciones acústicas realizadas en el norte grande de Chile (Castillo *et al.*, 1993; Braun *et al.*, 1994) han permitido establecer que la anchoveta, en general, se distribuye principalmente en las cercanías de la costa, llegando ocasionalmente en los inviernos hasta las 60 mn. En los períodos estivales en que se presenta el reclutamiento, esta especie incrementa su presencia y densidad en áreas costeras concentrándose las mayores densidades principalmente en una franja costera que llega hasta las 3 mn de la costa, situación que se vincula a la influencia de las intensas gradientes térmicas y salinas que se producen en zonas cercanas a la costa (Castillo *et al.*, 1996; Córdova *et al.* 1995; Castillo *et al.* 2000). Al sur de Mejillones la anchoveta aumenta su asociación con la costa en ambas estaciones.



A la luz de estos antecedentes, se postula la hipótesis de trabajo que el reclutamiento de anchoveta en la XV - II Regiones tiene un sentido norte a sur, iniciándose típicamente en el extremo norte al principio de la primavera, avanzando hacia el sur junto con el verano, periodo en que tiende a masificarse entre Caldera y Coquimbo, extendiéndose hasta marzo, con una modificación en la cobertura temporal en los años 2002-2005, hacia la segunda mitad del verano, situación que aparentemente se normalizó a partir de la primavera del 2006.

La anchoveta presenta un comportamiento gregario típico de los peces pelágicos, conformando cardúmenes relativamente densos durante las horas de luz diurna y formando estratos superficiales de densidad variable en la noche (Castillo *et al.* 2003). Este tipo de comportamiento, determina que las densidades acústicas promedio diurnas son mayores que los registrados en la noche (Castillo *et al.* 2007). Este patrón de agregación y distribución es también influenciado por la luminosidad lunar, por cuanto en noches claras con luna llena, las agregaciones se ubican en estratos de profundidad levemente mayores que en noches de oscuridad lunar.

Junto a lo anterior, se ha observado un patrón migratorio de alta frecuencia en el sentido este-oeste entre el día y la noche con un movimiento hacia el oeste en el crepúsculo, regresando a la costa al amanecer.

Desde el punto de vista ambiental, las investigaciones realizadas en los proyectos financiados por el Fondo de Investigación Pesquera en la zona norte desde 1993 han permitido determinar que la anchoveta se localiza preferentemente entre los 16 y 18 °C de temperatura en invierno y primavera, ampliándose el límite superior hasta los 19°C en otoño, mientras que en el verano se sitúa entre los 19 y 22°C, siendo los sectores de mayor gradiente térmica y halina los que definen la distribución espacial de la especie, tanto en el sentido horizontal - áreas fontogénicas (Castillo *et al.*, 1996),



como en el sentido vertical - termoclina (Castillo *et al*, 2000; Swartzman *et al*, 1994). Los juveniles de anchoveta (*Engraulis ringens*) se ubican preferentemente entre la costa y el borde interno de los frentes costeros, asociados a altos rangos de clorofila a (Castillo *et al*, 1997 y 1998) y existiendo al igual que en la anchoveta sudafricana y la de la zona centro-sur de Chile, una relación entre la distribución espacial de los reclutas y los sectores de surgencia.

El presente Informe Final expone los resultados alcanzados en el proyecto FIP 2009-02 Evaluación Hidroacústica del reclutamiento de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2010 ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero y que tiene como objetivo principal estimar la biomasa de anchoveta y del reclutamiento en peso y número así como su distribución espacial, estructuras de tallas y edad mediante la aplicación de métodos acústicos y la posible asociación con variables oceanográficas y oferta ambiental del alimento según lo establecido en las Bases Administrativas y Especiales del proyecto. En este proyecto actúa la Universidad Arturo Prat-Iquique como subcontratado encargándose del estudio de la oferta ambiental de alimento. Además, y debido a que los recursos asignados al estudio del sesgo de orilla no fueron utilizados, el FIP autorizó agregar el estudio trófico de la anchoveta, también realizado por la UNAP.



## VI. METODOLOGÍA POR OBJETIVO

---

1. **Objetivo específico B1.** *Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de la fracción juvenil de anchoveta que se incorporan en el período de máximo reclutamiento a la pesquería.*

### 1.1 Zona de estudio

La zona de estudio estuvo comprendida entre Arica (18° 22'S) y punta Buitre (24° 40'S) entre la costa y las 20 mn.

Se realizaron 39 transectas diurnas perpendiculares a la costa separadas por 10 mn y 19 transectas nocturnas con el fin de estudiar posibles cambios en el comportamiento y patrones de distribución espacial en los recursos (**Fig. 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; y Simmonds *et al.*, 1991). 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 evaluación acústica se realizó con el sistema de eointegración SIMRAD EX 60, utilizando la frecuencia de 38 KHz, con transductor de haz dividido. El rango dinámico de este equipo y el nivel mínimo de detección de -65 dB, permitieron la



incorporaci3n de un amplio espectro de se~al es provenientes de blancos de tama~o peque~o (plancton) hasta peces de gran tama~o, distribuidos en forma dispersa o en densos cardúmenes sin perder se~al 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 eointegraci3n con el navegador satelital GPS.

Los datos utilizados en la evaluaci3n acústica fueron filtrados desde la informaci3n obtenida durante la prospecci3n, teniendo como premisas el patr3n de muestreo sistemático y evitar el sobremuestreo.

### **1.3. Calibraci3n del sistema acústico**

#### **1.3.1 Calibraci3n electroacústica**

El procedimiento de calibraci3n electroacústica del sistema de eointegraci3n SIMRAD EX 60 se realiza en forma automática por el sistema, mediante el programa Lobe. Se utiliza un blanco de referencia esférico de cobre de 60 mm de diámetro calibrado en laboratorio con -33,6 dB y que se hace variar su posici3n dentro del haz acústico.

Con el objeto permitir el movimiento controlado de la esfera dentro del haz acústico en el proceso de calibraci3n, se utilizan tres líneas de nailon monofilamento, en peque~os winches.



### 1.3.2 Medici3n del TS *in situ* de anchoveta

La informaci3n necesaria para determinar el TS *in situ* de anchoveta fue recopilada durante los lances de pesca y en estaciones a baja velocidad ( $\leq 2$  nudos) en sectores en los que se estableci3 previamente la presencia de la especie objetivo mediante los lances de pesca en que la especie objetivo fue m1s del 80% de la captura, cuidando de mantenerse sobre la(s) agregaci3n de peces.

En la mayor1a de las mediciones realizadas en los lances de pesca, se utiliz3 pulso de 1,024 ms. En las estaciones de medici3n del TS, los datos fueron recolectados ping a ping con la frecuencia de 38 kHz en pulsos de 525, 1,024 y 256, a una resoluci3n de 0,1 dB y con una tasa de sondeo autom1ticamente ajustada a la escala del ecosonda, en este caso se utiliz3 t1picamente una escala de 25 m, almacen1ndose en medios magn1ticos. A fin de aumentar el filtraje de blancos resueltos del algoritmo de detecci3n del sistema ac1stico, durante los experimentos y en el proceso posterior de la informaci3n se ajust3 el 1ngulo del haz del transductor usado, utilizando la talla promedio de los peces y la profundidad de distribuci3n 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 despu3s de cada medici3n.

La informaci3n 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 coincidiera con el sector que oper3 la red.



Los datos de TS en cada medici3n (lance o Test) se presentaron en hojas de c3lculo e histogramas, calcul3ndose las frecuencias a intervalos de clase de 0,2 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 seg3n Rayleigh, es posible considerar que el 3rea dispersante de sonido del pez se distribuye exponencialmente pudiendo ajustarse a una funci3n de probabilidades de densidades (PDF) (MacLennan and Simmonds, 1992) seg3n:

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

El TS corresponde a la ecuaci3n:

$$TS = 10 \log (\sigma / 4 \pi)$$

donde:

- TS = intensidad de blanco (dB)
- $\sigma$  = 3rea dispersante (m<sup>2</sup>)

La relaci3n TS-Longitud del pez se ajusta a una ecuaci3n logar3tmica seg3n:

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

En esta ecuaci3n la pendiente b tiende a variar en torno a 20, valor que frecuentemente se adopta por convenci3n, permitiendo de este modo comparar f3cilmente las diferentes ecuaciones ajustadas a trav3s de la comparaci3n del intercepto, que para estos efectos se denomina b20.



Finalmente, el coeficiente de ecointegraci3n en n3mero ( $\hat{C}_n$ ) se calcul3 seg3n:

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

El coeficiente de ecointegraci3n en peso ( $\hat{C}_b$ ) se calcul3 seg3n:

$$\hat{C}_b = (4\pi 10^{0,1TS_{(k)kg}})^{-3}$$

Los valores de TS y TS<sub>kg</sub> son evaluados a cada talla (k).

#### 1.4 Identificaci3n de especies

La identificaci3n de especies fue realizada para cada agregaci3n, procedi3ndose en primer t3rmino con una inspecci3n de los ecogramas, defini3ndose aquellos sectores en que se dispona de pesca con mediana, la que se prioriz3 para estos fines. En el caso de no disponer de informaci3n de pesca, se utilizaron los rangos de los coeficientes volum3tricos de dispersi3n ( $S_V$ ) determinados por Guzm3n et al., (1983) para separar el jurel y la sardina espa3ola y que son entregados por el ecosonda. La discriminaci3n de otras especies como bacaladillo, langostino, vinciguerra u otras se realiz3 mediante la inspecci3n de los ecogramas, considerando la distribuci3n en profundidad, forma de las agregaciones 3 distancia a la costa y luego se corrobor3 en base a las capturas obtenidas con lances de arrastre a media agua.

Dado el procedimiento aplicado, la separaci3n de especies es determinstica, no disponi3ndose de niveles de incertidumbre, que se incluyan en la estimaci3n final de biomasa. Del mismo modo no queda registrado el m3todo de separaci3n utilizado en



cada evento analizado (agregaci3n). En este sentido es importante mencionar la importancia de la experiencia del observador que realiza esta labor, la que frecuentemente se contrasta con los resultados de las pescas y que necesariamente requiere realizar el mayor n3mero de lances de pesca de identificaci3n posible.

#### **1.4.1 M3todo ac3stico (Guzm3n *et al.*, 1983)**

Este m3todo utiliza los valores de los coeficientes volum3tricos de dispersi3n (MVBS) entregados por el ecosonda, de esta forma es posible separar el jurel y sardina espa1ola. Los valores de  $S_V$  para el jurel var3an entre -37 dB y -47 dB, con un valor central de -42,1 dB, mientras que en sardina espa1ola el rango vari3 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 debiendo usarse adem3s, informaci3n auxiliar, como la distribuci3n vertical, distancia a la costa, relaci3n con el fondo del mar y forma de las agregaciones identificados por Robotham *et al.*, 2008 y 2010 como descriptores m3s relevantes para separar anchoveta, sardina com3n y jurel en la zona centro sur de Chile.

#### **1.4.2 Pescas de identificaci3n**

Con el objeto de validar la identificaci3n efectuada mediante el m3todo ac3stico y establecer el grado de mezcla interespec3fico, 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 dise1o ENGEL que se ha utilizado en todos los estudios de evaluaci3n ac3stica de peque1os pel3gicos. Esta red es de 97 m de largo, sin copo, con 168 mallas de circunferencia en la boca, tama1o de malla estirada en las alas y cielo de 1.800 mm, disminuyendo



paulatinamente hasta 12 mm en el t3nel y copo, con portalones tipo Suberkrub de 4,5 m<sup>2</sup> de 3rea y 750 kg de peso seco (300 kg peso h3medo), amantillada con 60 flotadores de 8" de di3metro, 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, permiti3ndose de este modo realizar pesca en superficie. El copo tiene aproximadamente 21 m con 122 mallas (4) de 24 mm de tama3o (210/39 nylon) y un cubrecopo de 11,6 mm. En el caso de lances con profundidad superior a los 10 m, se utiliz3 un net-sounder FURUNO para la verificaci3n de la profundidad y comportamiento de la red.

De las capturas obtenidas en el crucero se determinaron los aportes porcentuales de cada especie y la estructura de tallas y pesos a la talla de las especies dominantes, con especial 3nfasis en anchoveta aplic3ndose a las lecturas ac3sticas en las ESDU, cercanas a los lugares en que se realizaron las pescas (Simmonds *et al.*, 1992). De igual modo esta informaci3n fue comparada con la identificaci3n de las especies realizada mediante el m3todo ac3stico.

### **1.5 Procesamiento de la informaci3n ac3stica**

El procesamiento de los datos fue realizado mediante los programas SONARDATA y SIMBAD (Espejo y Castillo, 1997). Los datos a ingresar a la base de datos son las lecturas ac3sticas ( $s_A$ ) por cada ESDU, las profundidades m3ximas y m3nimas de la agregaci3n, la posici3n geogr3fica de cada ESDU, fecha, n3mero y rumbo de la transecta. Adem3s, se ingres3 la informaci3n sobre temperatura y salinidades para cada estaci3n oceanogr3fica.

La lectura ac3stica del ecointegrador por ESDU ( $s_A$ ) corresponde a la expresi3n:



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

donde :

- $s_A$  = Coeficiente de dispersi3n por 3rea ( $m^2 mn^{-2}$ )
- $s_V$  = coeficiente volum3trico de dispersi3n ( $m^{-1}$ ).
- $z_2, z_1$  = l3mites superior e inferior de la eointegraci3n 3 de los estratos programados (m).
- 1.852 = factor de transformaci3n de m a mn.

Posteriormente, la informaci3n fue filtrada, cuidando que los datos se ajustaran al muestreo sistem3tico, eliminando los remuestreos y asegurando que la informaci3n seleccionada permitiera construir los mapas de distribuci3n que representara de mejor modo a los recursos.

Con tales datos se confeccionaron los mapas de distribuci3n espacial de los recursos detectados, los estimados de biomasa total y de la fracci3n reclutas y sus respectivas varianzas.



## 1.6 Estimaci3n de la abundancia y la biomasa

### 1.6.1 Estratificaci3n de la estructura de tallas

En base a los lances de pesca se definieron subzonas en que las tallas de anchoveta se estratificaron con estructuras similares.

En cada subzona se agruparon los lances de pesca, determinándose una estructura de tallas com3n, con la que se obtuvo el aporte por cada talla y el correspondiente peso, derivándose el TS y el coeficiente de eointegraci3n.

Se prueba la homogeneidad de las tallas en cada zona y entre las zonas mediante el m3todo D3cima de Hip3tesis Generalizada (DHG), el que compara mediante el  $\chi^2$ , las estructuras de tallas por cada zona respecto a cada lance.

### 1.6.2 Estimaci3n de la abundancia (en n3mero) y la biomasa (en peso)

La abundancia y biomasa de anchoveta 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 de la anchoveta ( $mn^2$ ), en cada subzona.



- $\hat{C}_{nk}$  = coeficiente de ecointegraci3n a la talla k ( $n/mn^2/s_A$ )
- $w_{kj}$  = peso promedio a la talla k, expresado en (t).
- $\hat{A}_T; \hat{B}_T$  = abundancia total (millones) y biomasa total (toneladas).
- $P_k$  = frecuencia de la talla k 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 (Geoestadístico).

El 3rea de distribuci3n de los recursos se determin3 delimitando los contornos de la distribuci3n, resultando en un polígono georeferenciado, realiz3ndose el c3lculo seg3n:

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

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 3reas se determinaron mediante los programas SURFER 8 utilizando el m3dulo Volumen y EVA2. Para este fin, en cada zona, se digitalizaron los puntos que delimitaron la distribuci3n de la especie. Luego los puntos digitalizados, inicialmente expresados en grados y minutos de longitud y latitud, se corrigieron segun la proyecci3n loxodr3mica a fin de hacerlas equivalentes. En el caso de SURFER 8, posteriormente se construy3 una grilla equivalente al 3rea rectangular m3nima que contuviera el pol3gono de la zona en estudio. En el caso del software EVA2, el 3rea de cada pol3gono de distribuci3n de la anchoveta (V) se calcula en unidades de grados cuadrados, los cuales fueron transformados a millas n3uticas cuadradas segun:

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

- **Hansen y Wolter**

El estimador de raz3n ( $\hat{R}$ ) de las lecturas ac3sticas del ecointegrador ( $\overline{s_A}$ ) por ESDU correspondiente a los m3todos de Hansen *et al.*, (1953) y Wolter (1985) se calcula segun:

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^n (s_A)_i}{\sum_{i=1}^n Y_i}$$

donde:

- n = n3mero de transectas de la muestra
- $s_{A_i}$  = densidad de la transecta i-3sima.
- $y_i$  = n3mero de ESDU en la transecta i-3sima.

- **Bootstrap**

El estimador de  $\hat{R}$  segun el m3todo Bootstrap se calcula segun:



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

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.

- **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.

El cálculo se realiza mediante el programa EVA 2, donde la media, correspondiente a la biomasa, puede ser estimada mediante el krigging ordinario sobre los datos encerrados en el polígono  $V$  (Petitgas y Lafont, 1997; Petitgas and Prampart, 1993), estimador que se denomina kriger. En este programa el estimador kriger se obtiene hasta 200 datos, debido a que sobre dicho número de datos el kriger se acerca a la media aritmética.



La variable estacionaria que se utiliz3 para el an3lisis geoestadístico fue el valor de  $s_A$  ( $m^2 \text{ mn}^{-2}$ ) aplicando una transformaci3n  $\log(s_A + 1)$ , con el fin de reducir la asimetría que presentan los datos debido a la alta proporci3n de valores 0 y la baja presencia de altas densidades del recurso. La transformaci3n logarítmica es ampliamente usada, siendo sugerida por numerosos autores, entre los que se puede citar a Cressie, 1993; Rivoirard, *et al.*,2000; Oliver y Gotway, 2005; Isaaks and Srivastava, 1989, logrando una adecuada aproximaci3n a los supuestos de normalidad del modelamiento espacial, a su vez estabiliza la varianza de los incrementos de  $z(x) - z(x+h)$ , generando una estructura mas regular y robusta que la estructura de la variable muestreada (Rivoirard, *et al.*,2000; Petitgas, 1993). Dada la particular popularidad de esta transformaci3n, se acepta la adecuada distribuci3n de los datos sin someterla a una prueba estadística que analice la normalidad de la nueva distribuci3n.

### **1.6.3 Sesgo de orilla en la evaluaci3n acústica de anchoveta**

El diseño de muestreo acústico ejecutado en la presente evaluaci3n tiende a minimizar el sesgo de orilla, cubriendo extensamente los sectores costeros con prospecciones paralelas a la costa. Lo anterior se favorece por las características particularmente profundas de la costa de la zona norte, que permiten lograr aproximaciones a la orilla de hasta 0,4 mn. Sin embargo, es posible que en los sectores con amplia plataforma continental, una fracci3n del recurso se ubique en sectores costeros de fondos someros inaccesibles al buque de prospecci3n acústica.

A fin de reducir el posible error en dichos sectores, se planific3 una prospecci3n acústica con embarcaciones cerqueras artesanales de bajo calado equipadas con ecosondas científicos similares a los del B/C Abate Molina, tendiente a evaluar la biomasa que constituye el sesgo de orilla en la evaluaci3n acústica de la biomasa. Para este fin se invit3 a los armadores de Iquique a participar en este estudio,



mediante un aviso en el Diario La Estrella de Iquique, debiendo declararse desierto el llamado por la nula participaci3n (Anexo 2). Lo anterior se debi3 a que en el periodo que se program3 el trabajo, la anchoveta se encontraba en temporada de pesca, siendo insuficientes los incentivos ofrecidos a los armadores para participar en la investigaci3n y las cotizaciones por arriendo de las naves superaron en forma importante los presupuestos asignados para la actividad, agreg3ndose requerimientos imposibles de cumplir por el proyecto.

En consideraci3n a lo anterior, se solicit3 a la Secretar3a Ejecutiva del FIP redireccionar los recursos asignados, hacia un estudio de los contenidos estomacales de anchoveta, solicitud que fue autorizada, para lo cual se contrat3 a la Universidad Arturo Prat-Iquique.

Alternativamente, se dise1n3 y aplic3 una metodolog3a a fin de corregir el sesgo de orilla en base a los datos recolectados por el B/C Abate Molina, este procedimiento considera la intensidad del muestreo acústico y las densidades locales asignadas a anchoveta, referidas a la distancia a la costa.

De este modo, el sesgo de orilla ocurrir3a siempre que en sectores costeros hubiese un esfuerzo de muestreo acústico insuficiente y a la vez se registrara una alta concentraci3n de densidades acústicas.

Para determinar si en los sectores costeros pudo existir sesgo por falta de muestreo, se relacionaron las pendientes, mediante un cuociente, de las curvas acumuladas de frecuencias de ESDU y la suma de NASC.

En la **Fig. 3** se entrega esquemáticamente las variables consideradas.

La pendiente para cada caso se calcula como:



$$m_{(s_A)} = \frac{\Delta s_A}{\Delta dist\ costa} \qquad m_{(ESDU)} = \frac{\Delta ESDU}{\Delta dist.\ cost}$$

Donde:

$m_{(s_A)}$  = pendiente de la curva de Suma acumulada de  $s_A$  (NASC) en el sector entre la costa y la distancia donde cambia la pendiente de dicha curva

$\Delta s_A$  = diferencias en los  $s_A$  (NASC) acumulados entre la costa y donde cambia de direcci3n la curva acumulada.

$\Delta dist.\ costa$  = diferencia en las distancia a la costa del sector considerado en los NASC.

$\Delta ESDU$  = frecuencia acumulada de ESDU para la distancia a la costa dada por  $\Delta dist.\ costa$

$m_{(ESDU)}$  = pendiente de las ESDU en que se acumularon los NASC considerados, se utiliza el mismo  $\Delta dist.\ costa$  mencionado anteriormente.

El cuociente de las pendientes (P) se calcula seg3n:

$$P = \frac{m_{(ESDU)}}{m_{(s_A)}}$$



Cuando  $P=1$  se considera que el muestreo acústico fue suficiente para cubrir las densidades acústicas locales.

La regla de decisi3n para calificar la existencia de sesgo de orilla es:

$P>1$  sobremuestreo acústico, no hay sesgo de orilla

$P<1$  existe sub muestreo, es necesario corregir por sesgo de orilla.

En el caso de determinar que hay sesgo de orilla ( $p<1$ ), el procedimiento consiste en extrapolar la densidad acústica promedio en el área costera vecina hacia el sector no cubierto por el Abate Molina. Se calcula el área de la franja costera, asumiendo como límite mínimo 0,3 mn de la costa.

#### 1.6.4 Estimaci3n de la varianza de la abundancia y biomasa

La varianza de la abundancia se determinó según:

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

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

mientras que 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 ecointegraci3n en n3mero ( $\hat{C}_{nk}$ ) se determin3 seg3n:

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

Donde:

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

Siendo:

$\alpha$  y  $\beta$  = coeficientes de la regresi3n TS-L.

$L_k$  = longitud a la talla k.

Para dise1os sistem3ticos como el aplicado 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)**

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

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

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



$$s_x^2 = s_{xx} \ ; \ s_y^2 = s_{yy}$$
$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \ ; \ \bar{y} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{n}$$

donde, el intervalo de confianza  $1 - \alpha$  para la abundancia  $\hat{A}$  o la biomasa  $\hat{B}$  est1 dado por la expresi3n:

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

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

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

donde:

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

donde, el intervalo de confianza  $(1 - \alpha)$  para la abundancia  $\hat{A}$  o la biomasa  $\hat{B}$  est1 dado por la expresi3n:

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

- **M3todo 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:

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

siendo  $\hat{R}$  un estimador de raz3n obtenido de la i-3sima muestra de tama1o n seleccionado con reposici3n de la muestra original y donde G representa la cantidad total de iteraciones Bootstrap. En el presente caso, se aplicaron 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 m3todo Percentil Corregido (BC).

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

donde  $\hat{F}^{-1}$  es la funci3n inversa de la distribuci3n 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  $\phi^{-1}$  la funci3n inversa de la distribuci3n normal est3ndar y  $Z_\alpha$  es el percentil superior de una normal est3ndar.

- **M3todo de las variables regionalizadas**

Un cuarto estimador de varianza utilizado corresponde al propuesto por Matheron (1971), para datos geogr3ficamente correlacionados mediante la ecuaci3n:



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

donde los t3rminos de la ecuaci3n se pueden representar mediante sus respectivos variogramas ( $\gamma(h)$ ) seg3n:

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

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

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

donde V es el 3rea de distribuci3n del recurso, ( $\alpha, \beta$ ) los 3ndices de los intervalos b3sicos de muestreos y n el n3mero de muestras en V.

La varianza  $\sigma_e$  es entonces la diferencia entre la integral doble de la funci3n 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 3ltimos no pueden ser calculados sin recurrir a un modelo de variograma (Petitgas, 1991 y Rivoirard *et al.*, 2000).

La varianza  $\sigma_e$  depende de la estructura espacial a trav3s de tres factores geom3tricos; de la geometr3a del campo para  $\bar{\gamma}(V,V)$ ; de la disposici3n entre los intervalos b3sicos de muestreo para  $\bar{\gamma}(S,S)$  y de la posici3n de la red de muestreo en el campo para  $\bar{\gamma}(S,V)$ .



El algoritmo de kriging, estima los ponderadores que minimizan la estimaci3n de la varianza, ponderando las muestras de acuerdo a su posici3n relativa y estructura espacial para generar un estimador insesgado m3nimo de la varianza (Cressie, 1993; Rivoirard *et al.*, 2000). Para la obtenci3n de los estimadores geoestad3sticos, se utiliz3 el programa computacional EVA2 (Petitgas y Lafont, 1997).

### 1.6.5 Estimaci3n del coeficiente de error (%) y Coeficiente de variaci3n (CV)

Con el objeto de disponer de una medida de la precisi3n alcanzada en el estimado de biomasa, se utiliza el porcentaje de error y coeficiente de variaci3n.

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 3 biomasa
- $\hat{B}$  = Abundancia o biomasa
- T = test de Student
- $\alpha$  = nivel de significaci3n.

Coeficiente de variaci3n:

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



**2. Objetivo específico B2.** *Estimar la composición de talla, peso, edad y proporción sexual del stock de anchoveta en el área de estudio y elaborar las respectivas claves talla-edad.*

**2.1 Determinación de la estructura de tallas y pesos de la anchoveta 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, tendiente a obtener la composición de tallas por clase y su peso medio a la talla, así como un análisis biológico de la muestra, recolectándose estructura de peso, tallas, sexo, estado de madurez y extrayéndose otolitos.

- **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 si el volumen de la muestra lo permite. Cada uno de los ejemplares se mide y clasifica por categoría de tamaños cada medio centímetro. Medidos con ictiómetro con escala desplazada en 0,25 cm, lo que entrega clases de tamaño de 0,5 cm.



Posteriormente, en cada categor3a de tama1o, los ejemplares se clasifican por sexo (hembras, machos e indeterminados), se cuentan y pesan.

- **Muestreo biol3gico 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 g3nada, sexo y estado de madurez. Adem3s se le extraen los otolitos. Todas las mediciones se registran en los formularios de muestreo biol3gico y de otolitos.

### **2.1.2 Estructura de tallas**

Se analizaron las posibles estratificaciones de las tallas en zonas de caracter3sticas similares mediante pruebas estad3sticas chi- cuadrado (Conover, 1981) para probar hip3tesis de homogeneidad en distribuciones de tallas. Para ello se utilizaron las estructuras de tallas y pesos medios espec3ficos provenientes de los lances de pesca a 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-análisis de los datos indique la existencia de ellos.

#### Notaci3n:

- H : índice de estrato (1, ....., L)
- K : índice de clase de talla ( 1,..... K)
- L : índice de lance ( 1, 2,..... )
- T : número de lances en la muestra
- T : número total de lances en el área
- N : muestra de ejemplares en el lance (j= 1,.....n)
- X : captura en número de ejemplares en el lance.
- Y : captura en peso en el lance.

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

donde:

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

#### a. Estimador de la varianza de $P_{hk}$

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



donde:

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

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

donde la captura en n3mero 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

##### Notaci3n

La notaci3n 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

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

donde:

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



**b. Estimador para la Varianza de  $\bar{W}_{hk}$**

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

donde:

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

**2.1.5 Expansi3n al 3rea total**

**a. Composici3n por talla**

**a1. Estimador de la composici3n 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 determina utilizando los pesos a la talla. Para analizar la relaci3n entre la longitud y el peso de la anchoveta, se utiliz3 el an3lisis de regresi3n lineal simple linearizado. Este modelo estima los par3metros de las curvas v3a m3nimos cuadrados ordinarios. Puesto que la variable peso se relaciona 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 = peso de los ejemplares (g)
- x = longitud de los individuos (cm).



$\beta_0$  y  $\beta_1$  = 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.

## 2.2 Descripción de los estadios de madurez de anchoveta

Los estadios de madurez sexual se determinaron mediante un examen macroscópico de las gónadas según la escala de Simpson y Gil (1967). En ella se puede 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 anchoveta 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 anchoveta se clasificarán de acuerdo a la siguiente escala de madurez:



## Estadios de las hembras

**I. Inmaduros.** Los ovarios son tubulares. Muy delgados, de aspectos brillantes y la coloraci3n es amarillenta p3lida. No se observan 3vulos. Se encuentran bien adheridos a la parte posterior de la cavidad visceral, inmediatamente detr3s del intestino y sobre la vejiga natatoria. Corresponden a ejemplares de longitud entre 7,5 y 10,0 cm.

**II. Virginal en maduraci3n o adultos en recuperaci3n** Se presentan m3s delgados y anchos, tubulares y m3s voluminosos y turgentes. La coloraci3n se acent3a m3s 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 ov3ricos que nacen de la membrana y se dirigen hacia el lumen. Los tabiques se hallan bien adheridos entre s3 y contienen ovocitos de distintos tama1os y fases de desarrollo.

**III. Maduro.** Aumenta de tama1o conservando una forma aproximadamente cil3ndrica aunque son aplanados lateralmente y bastante t3rgidos. Se incrementa el suministro arterial. Son de color naranja intenso. Se observan 3vulos grandes, de formas ovaladas y de color blanquecino opaco, separados en sus septos ov3ricos.

**IV Hidratado.** Han aumentado considerablemente de tama1o ya que ocupan gran parte de la cavidad visceral y son globosos. El di3metro sigue aumentando y se ensancha mucho m3s hacia delante, mientras que la extremidad posterior es m3s aguda, presentando en consecuencia un contorno periforme alargado. El color es anaranjado mas intenso; los 3vulos son transl3cidos, desprendi3ndose f3cilmente de los fol3culos, o bien, se encuentran sueltos en la cavidad interior del ovario. Con frecuencia es posible lograr que salgan al exterior ejerciendo una peque1a presi3n en la paredes de la g3nada.

Es dif3cil 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 m3ximo desarrollo cubriendo en parte el intestino y est3n en pleno proceso de desove. La coloraci3n var3a del anaranjado intenso a un rojizo sanguinolento ocasionando por la rotura de los septos ov3ricos, luego de alcanzar los 3vulos su maduraci3n total.

Ocurre a veces que las g3nadas pueden ser catalogadas en el estado V se les observa como parcialmente desovados y con 3vulos en pleno desarrollo.

**VI Desovado.** Corresponde al post-desove y los ovarios se tornan fl3cidos y aplanados, dando la apariencia de bolsas vac3as. Su color es anaranjado viol3ceo. La longitud est3 visiblemente reducida. El interior de la pared ov3rica presenta un aspecto hemorr3gico y los septos ov3ricos contienen ovocitos y 3vulos grandes y opacos en v3as de deformaci3n y reabsorci3n.

A esta fase de recuperaci3n sigue el estado de reposo, despu3s del cual s3 reiniciar un nuevo ciclo sexual, partiendo del estado II.



## 2.3 3ndice gonadosom3tico

El 3ndice gonadosom3tico (IGS) se determina seg3n la expresi3n:

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

donde:

PO = peso de la g3nada (g)

PT = peso total del ejemplar (g)

## 2.4 Proporc3n sexual

Para estimar la proporci3n sexual de las anchovetas por lances se utiliz3 la expresi3n:

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

donde:  $n_i$  corresponde al n3mero de ejemplares de anchovetas hembras y  $n$  corresponde al n3mero total de ejemplares presentes en la muestra.

## 2.5 Estimaci3n y composici3n de la edad de anchoveta

### 2.5.1 Estimaci3n de la edad

La estimaci3n de la edad de las principales especies de peces comerciales, es un procedimiento habitual que se realiza en el IFOP desde 1970, empleando para ello las marcas de crecimiento contenidas en los otolitos, escamas, v3rtebras, espinas.



En la identificaci3n de las marcas anuales de crecimiento juega un rol fundamental la experiencia del analista de edad, ya que es necesario distinguir los anillos verdaderos (anuales) de los falsos. En el proceso de an3lisis es posible reconocer algunos indicadores, criterios de asignaci3n, que permiten establecer la presencia de un anillo de crecimiento anual.

Los criterios de asignaci3n de edad de anchoveta han sido contrastados con expertos internacionales como la Dra. Beatriz Morales-Nin del Instituto Mediterr3neo de Estudios Avanzados (CSIC-UIB) y miembro del EFAN (European Fish Ageing Network), a trav3s del Proyecto FIP 97-10 Evaluaci3n Indirecta y an3lisis de la Variabilidad del crecimiento de sardina com3n y anchoveta en la zona centro sur (Barr3a *et al.*, 1998) obteni3ndose buenos niveles de concordancia en los criterios de asignaci3n de edad.

### 2.5.2 Lectura de otolitos

El an3lisis de los otolitos de anchoveta se realizar3 provisto de microscopio estereosc3pico con luz reflejada, utilizando aceite como l3quido aclarador. Se emplea un aumento de 20X para registrar las siguientes mediciones (**Figura 4**):

- Di3metro total del otolito (DT).
- Di3metro de los anillos (D1, D2, D3...Dn).

Se identificar3 el tipo de borde, el cual corresponde a lo que indique la observaci3n con luz reflejada, de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

O = opaco

o = opaco peque1o

H = hialino



h = hialino peque1o

La lectura de otolitos se realiza sin conocer la talla de cada ejemplar, para lo cual las muestras se disponen en cartones, porta muestra, donde solo se especifica un n1mero que permite, a posteriori, relacionar la lectura con el muestreo biol3gico.

### **2.5.3 Clave edad-talla y composici3n de edad de la abundancia ac1stica**

#### **2.5.3.1 Clave edad-talla**

Las claves edad-talla que son las matrices que permiten clasificar las edades de los individuos proyectados a grupos de edad (GE), seg1n la longitud de los peces observados, se elaboran calculando la probabilidad de pertenencia para los diferentes estratos (Aguayo y Ojeda, 1981). La asignaci3n de los GE comprende a todos los peces nacidos en un mismo a1o (clase anual); corresponde a un n1mero entero de a1os y se basa en el n1mero de anillos observado en la estructura, el tipo de borde y la 1poca del a1o en que se obtuvo la muestra. Se emplea una fecha arbitraria de nacimiento, la cual, en el caso de las pesquer1as chilenas es el primero de enero, brindando facilidad en la identificaci3n de la clase anual a la que pertenece el pez estudiado restando al a1o de la captura el GE asignado.

El concepto b1sico de los modelos estructurados por edades es el de cohortes, el cual est1 referido a un grupo de peces de la misma edad y que pertenecen al mismo stock (Sparre y Venema, 1992) y es debido a ello que resulta adecuado trabajar en base a los grupos de edad mencionados anteriormente.

La clave edad-talla, cuenta con la clasificaci3n de las lecturas de cada estructura (secci3n de espina) por grupo de edad y de ello se estima cada probabilidad seg1n:

$$q_{ij} = n_{ij} / n_j$$

donde:



- i : grupo de edad
- j : longitud total del pez
- q<sub>ij</sub> : probabilidad de los individuos de longitud j de pertenecer a un GE dado
- n<sub>ij</sub> : n3mero de individuos de edad i con longitud j
- n<sub>j</sub> : n3mero total de individuos de longitud j.

Los criterios para la construcci3n de las matrices de edad (clave edad-talla) consisten en procesar con intervalos de clase cada 0,5 cm.

### 2.5.3.2 Abundancia en n3mero por grupo de edad

Denominada tambi3n como estructura de edad, corresponde a la expansi3n de la abundancia mediante la clave edad-talla determinada. As3 esta composici3n corresponde a la matriz que representa la distribuci3n de los ejemplares que est3n presentes en la captura, por grupo de edad y por estrato de tama1o. Adem3s, se logra otra informaci3n como la longitud promedio por grupo de edad y sus varianzas.

### 2.5.3.3 Expansi3n de la abundancia en n3mero a los grupos de edad

Una de las principales componentes de los modelos anal3ticos es el conocimiento de la estructura de edades de las capturas para generar a su vez informaci3n del stock explotado. A partir de la abundancia en n3mero estimada para cada talla en la evaluaci3n hidroac3stica, se proceder3 a expandir dicha abundancia por grupos de edad de la abundancia, de acuerdo al siguiente procedimiento:

$$N_j = (f_j / \sum_j^n f_j) N_t$$

$$N_{ij} = p_{ij} N_j$$



$$N_i = \sum N_{ij}$$

donde:

- $N_j$  : n3mero estimado de individuos a la longitud  $j$
- $N_{ij}$  : n3mero estimado de longitud  $j$  que pertenecen a la edad  $i$
- $N_i$  : n3mero estimado de individuos a la edad  $i$
- $p_{ij}$  : proporci3n de individuos de la edad “ $i$ ” en la talla “ $j$ ”

Haciendo referencia de  $N_i$  con respecto a  $N_t$ , se obtiene la proporci3n con que participa cada GE en la abundancia.

El planteamiento metodol3gico sealado anteriormente, permite obtener matrices completas las que presentan expl3citamente toda la estructura interna de la abundancia en n3mero de individuos por clase de longitud y para cada grupo de edad, lo cual es de importancia para c3lculos tales como las longitudes medias ponderadas para cada GE.

#### **2.5.3.4 Peso medio a la edad**

Este estimador nos permite apreciar una seal de la condici3n biol3gica a la edad, al mismo tiempo de conocer el aporte medio por ejemplar de cada edad a la biomasa. Variable que tambi3n es importante en las evaluaciones de stock de los recursos. Este indicador se relaciona con la estructura de tallas, la composici3n de la edad, el peso medio de los ejemplares por clases de talla y las capturas de la actividad extractiva.



La estimaci3n del peso a partir de la longitud promedio tiene un sesgo sistem3tico, para cada longitud promedio dada, este sesgo se incrementa con la variabilidad en la longitud de los peces en la muestra (Ricker, 1958).

Pienaar & Ricker, 1968 y posteriormente Nielsen & Schoch, 1980, abordaron este tema presentando m3todos que permiten corregir en forma significativa este sesgo. Ambos m3todos, en lo que se ha comprobado, entregan resultados muy similares por lo que en este estudio se opt3 por desarrollar las correcciones bajo la metodolog3a de Pienaar & Ricker, 1968.

Suponiendo que la longitud es una variable aleatoria normal con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ ,  $L \sim N(\mu, \sigma^2)$ , se pueden presentar dos casos, uno es cuando se est3 frente a un crecimiento isom3trico en donde b es igual a tres, y el otro es cuando b toma valores diferentes de tres, siendo de 2,5 a 3,5 un rango frecuente de observar.

El valor esperado de funci3n de W,  $\Psi(L)$ , es:

$$E(W) = a(\mu^n + a_1 \mu^{n-2} \sigma^2 + a_2 \mu^{n-4} \sigma^4 + a_3 \mu^{n-6} \sigma^6 + \dots)^b$$

Donde el n3mero de t3rminos depender3 del exponente b.



- 3. Objetivo B3.** *Determinar las 1reas de reclutamiento principales y analizar su distribuci3n y abundancia latitudinal y batim3trica, caracterizando, y relacionando adem1s, las condiciones oceanogr1ficas, meteorol3gicas y oferta ambiental de alimento predominantes en los principales focos de abundancia durante el crucero de evaluaci3n.*

### 3.1 Distribuci3n espacial de los recursos

La informaci3n proveniente del crucero de prospecci3n ( $s_A$ ), procesada seg1n los procedimientos descritos anteriormente se presenta en mapas de distribuci3n geogr1fica, utilizando una escala de densidad ( $t\ mn^{-2}$ ), determinada por la expresi3n (**Tabla 1**):

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

donde:

I = intervalo de densidad.

n = representa el nivel de la categor1a, siendo  $0 < n \leq 4$ .

Lo anterior, permite visualizar claramente las 1reas de mayor concentraci3n de los recursos (Simmonds y MacLennan, 2005).

Los mapas de distribuci3n espacial de anchoveta, se confeccionaron mediante el uso de los m3dulos de grillado y mapeo del software Surfer 8 (Kleckner, 1996). La interpolaci3n se realiz3 mediante el m3todo de la distancia inversa al cuadrado. La caracterizaci3n de las estructuras espaciales de anchoveta se realiz3 mediante el uso de variogramas, herramienta anal1tica que permite describir la estructura espacial de una variable (Maravelias *et al.* 1996, Maynou *et al.* 1998).

En el m3todo geoestad1stico, los datos son interpretados como una representaci3n muestral de un proceso aleatorio dentro del 1rea de estudio, a trav3s de un



variograma, el cual mide la variabilidad media entre dos mediciones experimentales  $(Z(x_i) - Z(x_i + h))^2$  como funci3n de su distancia  $h$ , definida mediante la ecuaci3n:

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

La asunci3n de estacionaridad de segundo orden en el m3todo intrínseco, requiere que la media y la varianza de los incrementos sean constantes, permite estimar el variograma experimental  $\gamma^*(h)$  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 n3mero de pares de datos en la distancia  $h$ .

El ajuste del variograma experimental a un modelo matemático, se efectu3 de acuerdo a la propuesta de Cressie (1993) seg3n

Modelo esf3rico:

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

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 correlaci3n. La suma de ambas variabilidades ( $c_0 + c_s$ ), representa el *sill* o nivel m3ximo de variabilidad de los datos.

El ajuste de los modelos a los datos del variograma experimental, se realiz3 mediante el m3todo de m3nimos cuadrados descrito por Cressie (1993) minimizando la funci3n:

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

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 ponderaci3n de los puntos cercanos al origen del variograma permitiendo obtener un buen ajuste en las cercan3as de su origen y disminuir la ponderaci3n de los puntos no representativos (Cressie, 1993; Rivoirard *et al.*, 2000).

La distribuci3n batim3trica de los recursos detectados se presenta en histogramas de frecuencia del n3mero de card3menes registrados a la profundidad. La profundidad corresponde al promedio de los valores m3ximos y m3nimos en que se detect3 el cardumen.

Los mapas de distribuci3n espacial se confeccionaron realizando una interpolaci3n seg3n el m3todo de la distancia inversa al cuadrado entre las ESDU y transectas cercanas, trazando l3neas de isodensidad seg3n las categor3as se3aladas anteriormente.



## **3.2 Caracterizaci3n de las condiciones hidrográficas y meteorol3gicas entre la XV y II Regiones durante la primavera del 2009.**

### **3.2.1 Recolecci3n de muestras y registro de datos**

En el crucero se realizaron 19 transectas oceanográficas perpendiculares a la costa (**Fig. 2**). En cada transecta se distribuyeron 4 estaciones bio-oceanográficas a 1, 5, 10 y 20 millas de la costa. Las transectas 1, 3, 9 y 19 tuvieron adem1s una estaci3n a 20 mn de la costa. La secci3n 31 s3lo abarc3 hasta las 10 mn. Se realizaron adem1s estaciones costeras intertransectas a 1 mn, lo que sum3 un total de 98 estaciones.

En cada estaci3n se obtuvo registros verticales de temperatura, salinidad, ox3geno y fluorescencia, hasta una profundidad m1xima de 500 m, con un perfilador continuo CTD Sea Bird modelo 9 en tiempo real, el cual trabaja en conjunto con un sistema de muestreo vertical tipo Roseta marca Sea Bird modelo 11 equipado con 12 botellas tipo Niskin de 5 l de capacidad.

En todas las estaciones se obtuvo muestras para an1lisis discreto de clorofila-a y/o ox3geno disuelto en las profundidades est1ndar a 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300 y 500 m. Los an1lisis de ox3geno se realizaron a todas las muestras de las profundidades se1aladas, mientras que los de clorofila-a se hicieron para los niveles entre superficie y los 100 m.

Con las muestras de agua recolectadas se realizaron a bordo los an1lisis conducentes a la obtenci3n de la concentraci3n de ox3geno disuelto (OD), mediante el m3todo Winkler modificado por Carpenter (1965) y clorofila-a seg3n la metodolog3a descrita m1s adelante.



Durante la realizaci3n de las estaciones bio-oceanogr3ficas se registr3 informaci3n meteorol3gica de car3cter b3sico: temperatura del aire (bulbo seco y h3medo), presi3n atmosf3rica, intensidad y direcci3n del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y direcci3n de las olas. En el registro se utilizaron las normas, tablas y c3digos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991). Los datos de viento fueron registrados con un anem3metro fijo marca Osaka Nunotani Seiki, y los datos corresponden al valor predominante observado durante la ejecuci3n de la estaci3n. Durante la navegaci3n se recopil3 tambi3n informaci3n del viento en forma horaria que corresponde al valor predominante observado.

Para los an3lisis de clorofila-a, se colect3 un total de 687 muestras a las profundidades est3ndar mencionadas hasta un nivel m3ximo de 100 m. Las muestras se filtraron *in situ* con un sistema de filtrado m3ltiple, utilizando filtros de fibra de vidrio (MFS GF-75, 0,7  $\mu\text{m}$ , 25 cm de di3metro) (Jeffrey *et al.*, 1997), con un volumen de filtrado estandarizado en 50 ml.

La extracci3n de la muestra para el an3lisis de clorofila-a, se realiza en forma pasiva, con una soluci3n acuosa de acetona al 90% v/v, por un per3odo de 24 horas y a casi -20°C. La lectura del sobrenadante se efectu3 en ambiente de baja luminosidad con la t3cnica fluorim3trica con y sin acidificaci3n descrita en Parsons *et al.* (1984), utilizando para tales efectos un fluor3metro digital marca Turner Designs, modelo 10AU, calibrado con un est3ndar puro de clorofila-a marca Sigma Chemicals.

### **3.2.2 Procesamiento de la informaci3n oceanogr3fica**

La informaci3n del CTD del crucero se proces3 de acuerdo a procedimientos est3ndar recomendados por el fabricante Sea Bird. El control de calidad de los datos de CTD se realiz3 con la informaci3n de los an3lisis de muestras de agua para salinidad y con informaci3n obtenida en perfiles simult3neos con un CTD SB 19 plus



V2. Además, todas las estaciones realizadas con el CTD SB 9 cuentan con doble medición de temperatura y salinidad.

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.

Con los datos de cruceo ya procesados se confeccionaron las cartas de distribución superficial y vertical de las variables: temperatura, salinidad, oxígeno y densidad (sigma-t). Para el nivel superficial se presentan valores de anomalía estacional de temperatura y salinidad. Estos valores fueron obtenidos de los promedios mensuales (Reynolds, 1982; Blanco, 1996; Rojas & Silva, 1996) y que fueron actualizados por IFOP durante la ejecución del proyecto FIP N° 2001-01 según la metodología indicada por Blanco *et al.* (2001).

Con los datos verticales se obtuvo información de la capa de mezcla (espesor), termoclina (espesor, profundidad de la base, temperatura base, gradiente de temperatura promedio y máximo, profundidad del máximo gradiente), el límite superior de la capa de mínimo OD (profundidad), la profundidad de la isoterma de 15°C y su anomalía, según las fuentes ya indicadas, realizándose las respectivas cartas y su posterior análisis.

Con respecto a la metodología de cálculo de estas estructuras verticales (eg. 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 °C, 0,1 psu y 0,1 Kg/m<sup>3</sup> con los datos correspondientes observados en el primer metro de la columna de agua. Los datos de observaci3n de esta variable fueron los datos de CTD.
  
- Termoclina: Se define como termoclina la capa de agua que present3 una variaci3n de temperatura mayor o igual a 0,1°C/m. Los c3lculos de gradiente para la definici3n de termoclina y el valor de gradiente m3ximo 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.
  
- L3mite de la capa de m3nimo ox3geno disuelto: Corresponde a la profundidad de ubicaci3n de la concentraci3n de 1 ml/l de ox3geno disuelto. Dado que los datos obtenidos en terreno son discretos, la ubicaci3n en la columna de agua de los l3mites superior e inferior de esta capa, se obtuvo por interpolaci3n lineal.

Para el c3lculo de densidad del agua se utiliz3 la ecuaci3n internacional de estado del agua de mar de 1980 dada por Millero & Poisson (1981) y UNESCO (1981b y 1981c), que corresponde a la siguiente expresi3n:

$$\rho = \rho_0 + AS + Bs^{3/2} + Cs^2$$

(Densidad del agua de mar ( $\rho$ ) y densidad del agua pura ( $\rho_0$ ) en kg/m<sup>3</sup>, Temperatura (t) en °C, Salinidad (s) en psu)



Donde:

$$A = 8.24493 \times 10^{-1} - 4.0899 \times 10^{-3} t + 7.6483 \times 10^{-5} t^2 - 8.2467 \times 10^{-7} t^3 + 5.3875 \times 10^{-9} t^4$$

$$B = -5.72466 \times 10^{-3} + 1.0227 \times 10^{-4} t - 1.6546 \times 10^{-6} t^2$$

$$C = 4.8314 \times 10^{-4}$$

$$\rho_o = 999.842594 + 6.793952 \times 10^{-2} t - 9.095290 \times 10^{-3} t^2 + 1.001685 \times 10^{-4} t^3 - 1.120083 \times 10^{-6} t^4 + 6.536336 \times 10^{-9} t^5$$

Para se1alzar la densidad se utilizar1 la denominaci3n sigma-t. Un valor sigma-t expresa para 1 cm<sup>3</sup> el n1mero de miligramos que sobrepasa la unidad.

Para el an1lisis de las masas de agua se confeccionaron diagramas T-S para todas las transectas. Se calcul3 el porcentaje de participaci3n de las masas de agua (PPM): Subtropical, Subant1rtica y Ecuatorial subsuperficial de cada transecta. Los PPM de cada estaci3n se obtuvieron mediante el m3todo del tri1ngulo de mezcla (Mamayev, 1975) y se representaron en forma gr1fica como secciones verticales. Los valores de los pares T-S de las aguas tipo, utilizados en los tri1ngulos de mezcla se muestran en la **Tabla 2**.

Con los datos de viento horario obtenidos durante la ejecuci3n del crucero se elabor3 una carta de intensidad y direcci3n, las cuales se utilizaron principalmente en la interpretaci3n de los datos oceanogr1ficos superficiales. Lo anterior permite discutir la posible asociaci3n de anomal1as t3rmicas superficiales con el comportamiento del viento, justificando as1 los valores de anomal1a encontrados.

Los vientos horario medidos durante la navegaci3n fueron corregidos en forma vectorial, rest1ndose el efecto de navegaci3n de la embarcaci3n de acuerdo a la siguiente expresi3n:



$$\mathbf{Vr} = \mathbf{Vm} - \mathbf{Vb}$$

Donde:

**Vr** = vector del viento real

**Vm** = vector del viento medido durante la navegaci3n

**Vb** = vector del viento relativo producido por la navegaci3n del buque

Con la informaci3n de viento horario se calcul3 tambi3n el 3ndice de surgencia (IS) instant3neo (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 direcci3n de 3ste.

El 3ndice de Surgencia instant3neo se expresa como transporte Ekman hacia el Oeste ( $M_x$ ) por la siguiente ecuaci3n:

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

donde:

**$M_x$**  = transporte de masa hacia el oeste

**$t_y$**  = coacci3n del viento sobre la superficie en la direcci3n norte-sur

**f** = par3metro de Coriolis

siendo:

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

donde en (2) :

**$\omega$**  = velocidad angular de la tierra

**I** = 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/m<sup>3</sup>)
- $C_d$  = 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 c3culos 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 informaci3n meteorol3gica obtenida en cada una de las estaciones bio-oceanogr3ficas ser3 remitida al CENDOC a fin de mantener actualizada la base de datos meteorol3gica del pa3s.

La determinaci3n de la condici3n de normalidad estacional de la zona de estudio, hace uso de valores de anomal3a de temperatura y salinidad para el nivel de superficie y de la profundidad de la isoterma de 15 °C para el caso vertical. Las anomal3as de estas variables son entonces la diferencia de los datos obtenidos de crucero con los promedios de datos hist3ricos para el mes respectivo.

As3, los valores de anomal3a registrados en el sector oce3nico de la zona de estudio y que comprenden el rango en temperatura, salinidad y profundidad de la isoterma de



15 °C que est1n en  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 0,1$  psu y  $\pm 10$  m, respectivamente, no son significativos, ya que est1n en el rango de 1 desviaci3n est1ndar, por lo tanto, se encuentran dentro lo que se considera como variaci3n normal del sistema. En el caso del sector costero, en promedio, 3ste rango aumenta al doble, es decir  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $\pm 0,2$  psu y hasta  $\pm 10$  m, aproximadamente. Los rangos dados son promedios para cada sector.

La importancia de identificar un proceso local como generador de anomal1as t3rmicas y salinas a nivel superficial radica en que 3stos pueden abarcar un 1rea menor de la zona de estudio dentro de un per1odo de tiempo que va de horas a meses. Como procesos locales de corta duraci3n (horas a d1as), se puede indicar el viento, el cual gobierna la intensidad de la surgencia y el espesor de la capa de mezcla. En los de mayor duraci3n (semanas a meses), se encuentran los giros de mesoescala que provocan ascensos o hundimientos de agua y que afectan la distribuci3n vertical de las variables f1sicas y qu1micas, incluso hasta profundidades mayores a 500 m (Narv1ez, 2000), definiendo tambi3n la distribuci3n de ox1geno y la producci3n fitoplanct3nica. Los procesos que provocan los cambios se1alados se pueden clasificar como de procesos locales de frecuencia intraestacional.

Procesos no locales en la zona de estudio, como lo son el paso de ondas atrapadas a la costa (OAC), pueden producir cambios en el valor de la TSM en la frecuencia intraestacional (Hormazabal, *et al.*, 2001). Las caracter1sticas del muestreo y la informaci3n recopilada durante los cruceros no permiten, sin embargo, distinguir el paso de las OAC.



El uso de promedios de temperatura y salinidad provenientes de una serie de datos de m1s de 30 a1os (Braun *et al.*, 2002), obtenidos mediante la metodolog1a descrita por Blanco *et al.* (2001), como tambi3n la utilizaci3n de un criterio de anomal1a significativa y el an1lisis de otras variables complementarias busca distinguir condiciones oceanogr1ficas que pueden denominarse anormales para la zona y que pueden afectar la distribuci3n y abundancia de los recursos pesqueros. Por lo tanto, no s3lo se busca cuantificar la variaci3n de una variable sino tambi3n distinguir el proceso que origina las anomal1as, tanto las significativas como las que no lo son.

En el caso de la profundidad de la isoterma de 15°C, 3sta se ha utilizado en trabajos de descripci3n de la climatolog1a como tambi3n para describir los efectos de eventos El Ni1o – La Ni1a en el 1rea (Blanco *et al.* 2001; 2002).

Respecto a la clorofila, una vez cuantificadas las muestras la informaci3n fue codificada, digitada y geo-referenciada por profundidad de origen. Esta informaci3n permiti3 confeccionar cartas de distribuci3n vertical para todas las transectas, adem1s de las cartas superficiales. Los resultados de clorofila-a y de los productos de degradaci3n o feopigmentos se expresan en µg/L.

La concentraci3n de los feopigmentos fue analizada solamente como un 1ndice relativo de la degradaci3n de la biomasa fitoplanct3nica activa.

Para la adecuada representaci3n de la estructura biol3gica de toda la columna, se calcul3 el valor de la clorofila a integrada (Lohrenz *et al.*, 1988), utilizando la siguiente ecuaci3n:

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



Donde:

$\sum C_{loa}$  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

$C_i$  y  $C_{i+1}$  son las concentraciones de clorofila ( $\mu\text{g/L}$ ), en la profundidad  $i$ , desde superficie a la profundidad máxima de 100 m.

$D_i$  y  $D_{i+1}$  son las profundidades respectivas (m).

Este cálculo expresa la clorofila-a de toda la columna en unidades de área ( $\text{mg/m}^2$ ), lo que permite representar adecuadamente los máximos sub-superficiales de la biomasa fitoplanctónica, los que pueden ser subestimados si se considera sólo 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 y procesamiento

#### 3.2.3.1 Distribuci3n espacial y temporal de la temperatura superficial del mar (TSM) satelital.

Para el análisis de la estructura térmica superficial se confeccionaron imágenes, que corresponden a promedios semanales de TSM de los cruceros (RECLAN), anteriores, que serán utilizadas para el análisis histórico, y para el análisis de TSM durante el crucero de diciembre de 2009. Las imágenes hasta el año 2001 corresponden a datos Pathfinder version 5.0, provenientes de radiómetro de alta resoluci3n (AVHRR) a bordo de los satélites NOAA. Las imágenes correspondientes a los cruceros realizados en febrero de 2007, diciembre de 2007, 2008 y 2009 se



confeccionaron con datos MODIS, provenientes del espectroradi3metro a bordo del sat3lite MODIS Aqua (NASA). Ambos tipos de datos satelitales fueron obtenidos de PO.DAAC (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center).

Las cartas promedio para analizar las condiciones durante el periodo del crucero corresponden a las fechas 2 y 10, 11 y 18, 19 y 26, y 27 de diciembre del 2009 al 3 de enero del 2010. Para el an3lisis hist3rico se utiliz3 s3lo una imagen promedio semanal, escogiendo las que contengan el mayor porcentaje de datos no contaminados por nubes. Las fechas del promedio semanal, para ambos cruceros, se se1alan en la **Tabla 3**.

Para las im3genes obtenidas con datos Pathfinder, se realiz3 principalmente un an3lisis visual de los datos para poder discriminar entre las nubes y los datos de TSM. Para esto se tomaron como referencia los datos de temperatura superficial *in situ* obtenidos en los cruceros y se realizaron histogramas de frecuencia de los datos satelitales, separando la franja costera del sector oce3nico, ya que existe una diferencia significativa entre las temperaturas de estos. En los histogramas se encontr3 distribuci3n del tipo gaussiano o normal y en base a esto se eliminaron los datos que notoriamente estaban fuera de esta distribuci3n.

Para las im3genes obtenidas de los datos MODIS se cuenta con un matriz de calidad, la que indica la confiabilidad de los datos, indicando los que corresponden a continente y nubes, entre otros par3metros. Con esta matriz se procedi3 a filtrar los datos, dejando s3lo los datos de mayor calidad, sin nubes y continente.

El prop3sito de utilizar cartas promediadas semanalmente es el de obtener una buena visualizaci3n de los fen3menos t3rmicos superficiales y minimizar el efecto de la nubosidad, lo anterior se sostiene en dos fundamentos principales: primero, Pizarro *et al.* (1994), al describir el comportamiento de las fluctuaciones interdiarias, indica



que los eventos de surgencia tienen una respuesta temporal de 8 o m3s d3as, por otro lado Barbieri *et al.* (1995), al efectuar un an3lisis multitemporal de las im3genes diarias en la zona norte, llega a la conclusi3n que los procesos asociados con la estructura t3rmica superficial y/o eventos de surgencia tienen una moda de 8 d3as.

### **3.2.3.2 Distribuci3n espacial y temporal de la clorofila superficial del mar**

Para el an3lisis de la clorofila superficial del mar, se recibieron y procesaron im3genes satelitales promedio semanal para el mes de diciembre de 2009, simult3neas al periodo del crucero. Dichas im3genes son de alta resoluci3n y fueron derivadas del sensor SeaWiifs a bordo de sat3lites SeaStar.

Al igual que las im3genes de TSM satelital, la disponibilidad de im3genes de Cloa tambi3n es condicionada por la nubosidad existente en la zona de estudio, ya que la forma de registro del sensor no realiza mediciones a trav3s de las nubes.

Para el crucero RECLAN152 0912, las cartas promedio corresponden a las fechas 3 al 10, del 11 al 18, del 19 al 26 y del 27 de diciembre del 2009 al 3 de enero del 2010.

### **3.2.3.3 Im3genes satelitales del nivel del mar y corriente geotr3fica superficial.**

Los datos de anomal3a del nivel del mar y el campo superficial de corrientes geotr3ficas fueron obtenidos del Centro de Datos de Oceanograf3a Satelital, Interpretaci3n, Validaci3n y Almacenamiento, conocido en su sigla en ingl3s como AVISO (<http://www.aviso.oceanobs.com/>), con una resoluci3n espacial de 0,25° x 0,25°. Estos datos satelitales son el resultado del procesamiento combinado de todos los sat3lites disponibles usando una interpolaci3n 3ptima y tomando en cuenta los errores a lo largo de la longitud de onda (Ducet *et al.*, 2000). La combinaci3n de



diferentes sat3lites proporciona mapas con una reducci3n significativa del error (hasta un 30%) comparado con cualquiera de los datos en forma individual, mejorando la descripci3n de la variabilidad de mesoescala del oc3ano. Se obtuvieron las im3genes de todo el mes pero se entregan en este informe s3lo los d3as 1, 11, 21 y 31 de diciembre del 2009, las cuales ilustran la condici3n mensual de esta variable. La resoluci3n de este tipo de im3genes no entrega informaci3n del 3rea costera de la zona de estudio (< 20 mn).

Para la comparaci3n hist3rica, en el caso de cruceros RECLAN entre XV y II regiones, se analizaron im3genes correspondientes a la fecha en que se realiz3 el crucero del a3o 2001, espec3ficamente de los d3as 5, 12 y 19 de diciembre. Para febrero del a3o 2007 los d3as son 7, 14 y 20, para diciembre de 2007 los d3as son 9 y 18, para diciembre de los a3os 2008 y 2009 los d3as fueron el 5 y 15.

#### **3.2.3.4 Im3genes satelitales del viento superficial**

Los datos de viento del oc3ano provenientes del sat3lite QuikScat, comprometidos para este informe, no estuvieron disponibles para el mes de diciembre de 2009. Lo anterior se debe a que la serie publicada en el centro de distribuci3n de datos CERSAT (Centre ERS d'Archivage et de Traitement) del Instituto de Investigaci3n Franc3s para la explotaci3n del mar (IFREMER)(<http://www.ifremer.fr>) fue retirada a partir de noviembre de 2009 para una revisi3n y correcci3n de los procesos de c3lculo de esta variable.



### 3.2.4 Comparaci3n hist3rica de las condiciones oceanogr3ficas

Se realiz3 una comparaci3n hist3rica de las condiciones oceanogr3ficas encontradas durante los anteriores cruceros RECLAN en la XV, I y II regi3n y tambi3n dentro de un marco ambiental regional (Pac3fico Ecuatorial). Los cruceros realizados en la XV, I y II regiones son 12, y abarcan desde el a3o 1995 al 2009 (**Tabla 4**).

Para tal efecto se revis3 y actualiz3 el an3lisis efectuado en los proyectos RECLAN anteriores, haciendo tambi3n una descripci3n de la informaci3n de variables superficiales y subsuperficiales y aquella informaci3n obtenida con percepci3n remota. El an3lisis se realiz3 con variables para cada crucero seg3n la **Tabla 5**.

La circulaci3n geotr3fica superficial satelital del sector oce3nico s3lo est3 disponible para los a3os 2001, 2007, 2008 y el 3ltimo a3o 2009.

Para el an3lisis regional se analiz3 el 3ndice Ecuatorial multivariado (MEI), el cual permite estimar las condiciones Ecuatoriales respecto a periodos fr3os o c3lidos. Este 3ndice combina la Presi3n a nivel del Mar, las Componentes Zonal y Meridional del viento, la TSM, la temperatura superficial del aire y la fracci3n total de nubosidad en la zona Ecuatorial y es obtenido de la p3gina de Internet de la NOAA <http://www.cdc.noaa.gov>.

El c3lculo de las anomal3as hist3ricas de las variables temperatura, salinidad y profundidad de la isoterma de 15°C para los cruceros RECLAN de la XV, I y II regiones, se realiz3 con la misma metodolog3a ya descrita para el crucero.



La información para el análisis de la circulación geostrófica superficial (satelital) de los cruceros anteriores fue obtenida según la metodología para el proceso satelital indicado anteriormente y se realizó con las imágenes de las fechas ya indicadas.

### **3.3. Oferta ambiental del alimento entre las XV y II Regiones durante la primavera de 2009.**

Las muestras fueron obtenidas de 19 transectas bio-oceanográficas. En las dos transectas bio-oceanográficas localizadas al norte del área de estudio se dispusieron estaciones a 1, 5, 10, 20, 40 y 50 mn de la costa, a 19°40'S y 21°20'S se consideraron estaciones hasta 40 mn y en las transectas restantes las estaciones se localizaron hasta 20 mn. En las inter-transectas se realizaron muestreos a 1 mn (**Figura 2**).

#### **3.3.1 Muestreo biológico de la componente microfitoplancton y zooplancton**

Para la identificación de grupos y especies del microfitoplancton se colectaron muestras mediante arrastres verticales desde 50 m de profundidad a superficie, utilizando una red de 20  $\mu$ m de abertura de malla. Estas muestras fueron fijadas con formalina al 4% neutralizada con bórax. Para el recuento celular se utilizaron submuestras de 250 ml obtenidas desde 0, 5, 10, 30 y 50 m de profundidad utilizando botellas oceanográficas Niskin. Estas submuestras fueron fijadas con una solución de lugol-acético 1%.

Las muestras para el análisis de zooplancton se obtuvieron mediante arrastres verticales, desde 70 m a superficie, utilizando una red bongo equipada con mallas de 210  $\mu$ m y medidor de flujo. Estas muestras fueron fijadas con formalina al 5% neutralizada con bórax.



### **3.3.2 Análisis de las muestras de microfitoplancton y zooplancton**

La identificaci3n de grupos y especies de microfitoplancton se realiz3 mediante microscopía de contraste de fases, utilizando literatura especializada y técnicas de apoyo. Los recuentos se llevaron a cabo siguiendo la metodología para microscopio invertido descrita por Sournia (1978) y Villafañe y Reid (1995). Las mediciones fueron hechas segun Hillebrand *et al.* (1999), considerando individuos solitarios y en cadena.

Para el análisis del zooplancton las muestras fueron divididas una vez con un separador Folsom. El recuento, medici3n e identificaci3n a nivel de grupos mayores se realiz3 mediante un análisis automatizado utilizando el software Zooimage (Grosjean *et al.*, 2004). Cada muestra de zooplancton fue teñida con Rosa de Bengala al 0,5% y lavada en alcohol al 70% y en agua. Los organismos fueron separados manualmente y digitalizados en escáner HP Scanjet 4070 a 800 dpi (24 bits). Una vez digitalizadas todas las estaciones el software reconoce los organismos teñidos, enumerándolos, midiéndolos e identificando los grupos utilizando el training set. El training set es un archivo, construido previamente, conformado de imágenes y mediciones de cada taxa.

La biomasa zooplanctónica fue estimada como peso húmedo, estandarizando los resultados en gr/1000 m<sup>3</sup> de agua filtrada.

### **3.3.3 Análisis de la informaci3n de microfitoplancton y zooplancton**

Para la construcci3n de gráfic3s de distribuci3n horizontal del microfitoplancton los valores de abundancia fueron integrados utilizando la fórmula de Hasle (1969). Para los gráfic3s de distribuci3n vertical se obtuvo un promedio de transectas las cuales fueron seleccionadas en funci3n de la abundancia.

Se definieron áreas en funci3n de la abundancia mediante un análisis de K-media



(Wilkinson y Engelman, 2005). Las áreas fueron caracterizadas considerando las especies más importantes, elegidas de acuerdo al aporte porcentual que realizaron a la abundancia total por transecta, seleccionándose aquellas que individualmente contribuyeron con un mínimo del 5% y que en conjunto aportaron con más del 50%.

Con la finalidad de comparar los resultados del microfitoplancton con los obtenidos durante el crucero de febrero y diciembre de 2007 y diciembre de 2008 se aplicó un ANOVA no paramétrico (test de Kruskal-Wallis).

La información de abundancia total y abundancia por tamaño del zooplancton fue graficada en la componente horizontal con la finalidad de observar las variaciones latitudinales.

### **3.4 Caracterizar los componentes tróficos planctónicos de la dieta de *Engraulis ringens* del norte de Chile.**

Los estómagos de anchoveta fueron obtenidos desde ejemplares capturados en 10 lances de pesca a media agua realizados entre Arica y Antofagasta. Estos ejemplares fueron agrupados por talla siendo: prereclutas, < 80 mm; reclutas, entre 80 y 120 mm; y adultos, > 120 mm (Castillo *et al.*, 2002) (**Fig.2, Tabla 6**).

De cada ejemplar se obtuvo la información biológica correspondiente a la longitud total, peso total, peso eviscerado, peso gónada, sexo y madurez. Posteriormente a cada ejemplar se le extrajo el estómago, los que fueron conservados en bolsas plásticas perforadas y depositados en un bidón con formalina al 5% neutralizada con bórax. En cada bolsa se registró la fecha, número, lance y posición geográfica de cada lance.



### 3.4.1 An3lisis de muestras

En el laboratorio los est3magos fueron disecados y vaciados sus contenidos, homogeniz3ndolos en formalina al 5%, luego tamizado a trav3s de una malla de 210  $\mu\text{m}$ , para separar los componentes microfitoplanct3nicos (20-200  $\mu\text{m}$ ) y mesozooplanct3nicos (>210  $\mu\text{m}$ ). Posteriormente cada componente fue reconstituido en un volumen de 20 ml.

El fitoplancton se determin3 y cuantific3 bajo microscopio por el m3todo de la gota al3cuota. El zooplancton fue identificado a nivel de grupos mayores, utilizando la literatura especializada, Boltovskoy (1981), Santander *et al.*, (1981) y E. Oliva (com. per.). Cada uno de los taxa presentes tambi3n fueron cuantificados (Espinoza *et al.*, 1999, Castillo *et al.*, 2002), utilizando el separador Folsom cuando la fracci3n zooplanct3nica se present3 con altas concentraciones de individuos.

### 3.4.2 An3lisis de la informaci3n

Con la informaci3n cuantitativa de microfitoplancton y mesozooplancton se utiliz3 el m3todo num3rico para calcular el porcentaje del 3tem presa con relaci3n al n3mero total de presas; el m3todo de frecuencia de ocurrencia de cada taxa, para calcular el porcentaje de est3magos que contienen dicho taxa con respecto del total de est3magos analizados. (Berg, 1979; Hyslop, 1980). Considerando la ausencia de registros del peso de las taxa presa, se calcul3 el 3ndice de importancia num3rica (IIN) (Windell, 1968), que integra el m3todo num3rico y frecuencia de ocurrencia, expresados en porcentaje.

La diversidad tr3fica de la anchoveta por zona de pesca y clase de talla, se calcul3 mediante el 3ndice de diversidad de Shannon y Wiener ( $H'$ ) (Shannon y Weaver, 1949), este 3ndice da una indicaci3n general del grado de diversidad de la dieta de los



peces, donde valores altos son característicos de especies de peces eurifágicos y bajos valores son indicativos de las especies estenofágicas, según lo planteado por Berg (1979) e indicado en la parte metodológica de Clark (1985), Pool et al., (1997) entre otros, siguiendo lo propuesto por Berg (1979), mencionan que si el predador tiene un carácter eurifágico es porque presenta una gran amplitud trófica (el predador consume una amplia variedad de organismos) contrario a estenofágico, que presenta una estrecha amplitud trófica.

Este índice ( $H'$ ) también es usado como indicador de la amplitud de nicho trófico, categorizando a los predadores de generalistas o especialistas dependiendo de si presenta un nicho trófico amplio o restringido (Quijada & Caceres, 2000; Jaksic & Marone, 2007), de tal manera, que da una indicación general sobre la especialización alimentaria del predador en conjunto con la determinación de la composición del alimento que constituyen la dieta y el alimento principal.

El grado de sobreposición trófica por zona de pesca y por clase de talla, se determinó utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis, (Bloom, 1981). El criterio de enlace es el de pares no ponderados, utilizando promedios aritméticos (UPGMA). La significancia de la sobreposición trófica y como criterio de separación de grupos se uso el valor de similitud  $\geq 60\%$  (Zaret y Rand, 1971; Wallace, 1981).

### **3.5 Relaciones entre la distribución de anchoveta y las variables ambientales físicas y oferta de alimento.**

El análisis de las relaciones ambiente-recurso se realiza mediante dos enfoques. El primero consiste 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).

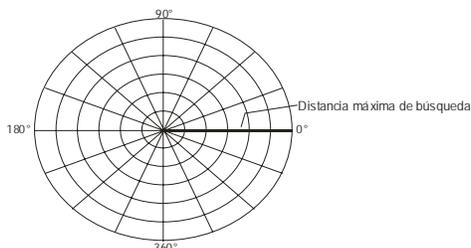


### **3.5.1 Relaciones entre la distribución espacial de la anchoveta y las variables oceanográficas, mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

Se efectuó un análisis espacial de la distribución y abundancia de los adultos y reclutas de anchoveta y de las variables bio-oceanográficas temperatura, salinidad, oxígeno, densidad, clorofila a, zooplancton y fitoplancton. Para ello las variables ambientales fueron estimadas de acuerdo a la profundidad media de los cardúmenes.

Las variables fueron interpoladas mediante los módulos del programa Surfer 8.0. Así, los adultos y reclutas de anchoveta fueron interpolados en el área de prospección mediante el método Inverso de la distancia, donde se crean grillas continuas de datos cuya correlación disminuye al aumentar la distancia entre ellos, mientras que las variables bio-oceanográficas se interpolaron con el método Kriging, que se utiliza para datos correlacionados entre sí.

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. Esta grilla no puede ser desplegada y es solamente usada en el contexto de cálculo del variograma y es de la forma:



Esta grilla polar incorpora la distancia y 3ngulo de separaci3n de cada par de datos, los que son calculadas 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 y con un 3ngulo de separaci3n entre 0° y 180°. Una vez construidos los variogramas, ajustados los modelos y verificados los valores estimados, se realiz3 la interpolaci3n de las variables, generando grillas de distribuci3n con una resoluci3n espacial de 0,5 x 1 mn (en sentido longitudinal y latitudinal, respectivamente). Posteriormente, 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 Electrnicas (CNE), del Servicio Hidrogr3fico y Oceanogr3fico de la Armada. Cada plano as3 generado fue reclasificado para



favorecer el estudio visual. A la cartografía reclasificada de abundancia de la especie, se le determinó el índice de Ocupación (IOC), por categorías de clases de acuerdo a:

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

Donde:

- IOC<sub>i</sub> = Índice de Ocupación de la categoría i.
- NC<sub>i</sub> = N° de pixeles categoría i.
- NT = N° pixeles positivos totales.

Para determinar si existe asociaci3n entre la distribuci3n del recurso y las variables ambientales, los datos fueron tabulados en una tabulaci3n cruzada o tabla de contingencia, y la existencia de asociaci3n entre frecuencia de anchoveta y la variable ambiental en estudio se realiz3 por medio de la prueba  $\chi^2$  (Chi-cuadrado). Las hip3tesis a probar y el estadístico de prueba  $\chi^2$  (Chi-cuadrado) son las siguientes:

H<sub>0</sub> : No hay asociaci3n entre densidad (especie) y variable oceanogr3fica.

H<sub>1</sub> : SÍ hay asociaci3n entre la densidad (especie) y variable oceanogr3fica.

La estadística de prueba de este juego de hip3tesis est3 dada por la siguiente relaci3n:

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

Donde:

$O_{ij}$  : Es la frecuencia observada de la celda que est3 en la fila *i*, columna *j*,

$E_{ij}$  : Es la frecuencia esperada de la celda (*i*, *j*).



La frecuencia esperada corresponde a la frecuencia que debiera darse segun lo establecido en la hip3tesis nula, asumiendo que esta es verdadera. La estadística de prueba, corresponde a una estadística que se distribuye como una Chi-cuadrado con  $(m-1)(n-1)$  grados de libertad. El criterio de prueba de la hip3tesis es:

Rechace  $H_0$  si  $\chi^2_{\text{calculado}} > \chi^2_{\text{tabla}}(m-1, n-1)(\alpha = 0,05)$ .

Una vez determinada la posible existencia de asociaci3n entre las variables, se cuantifica el grado de asociaci3n observada entre las variables por medio del índice  $V$  (*Cramer*) (Aguilera, 2001), cuyo rango de variaci3n se encuentra entre 0 y +1. Valores destacados del índice que corresponden a:

- 0 indica que no existe asociaci3n entre las variables;
- 1 indica que las variables presentan una asociaci3n perfecta.

Por cierto que la proximidad al valor 0 del índice constituirá un antecedente de no asociaci3n existente entre las variables y, por el contrario, una proximidad a +1 constituirá un antecedente o presunci3n de alta asociaci3n entre las variables.

Adicionalmente, se realiz3 un análisis de las frecuencias acumuladas de la distribuci3n de anchoveta respecto de las variables ambientales.

### 3.5.1.1 Estimaci3n de los centros de gravedad de la biomasa de anchoveta (CG)

Una vez realizada la cartografía se procede a calcular los índices estadísticos de los mapas. En el caso de las cartografías de anchoveta se calcul3 el centro de gravedad de las cartografías (CG), de la siguiente manera:



$$CGn = \frac{\sum_{i=1}^m (Lat (Long)_{in}) * Den_{in}}{\sum_{i=1}^m (Den_{in})}$$

donde:

$CGn$  = Centro de gravedad del n-ésimo crucero.

$Lat(Long)_{in}$  = Latitud (Longitud) de la i-ésima posici3n.

$Den_{in}$  = Densidad de anchoveta de la i-ésima posici3n.

### 3.5.2 Modelamiento GAM entre la densidad acústica de anchoveta y las condiciones ambientales.

Se estudia el efecto de las variables bio-oceanográficas (temperatura, salinidad, oxígeno, densidad, clorofila, abundancia de fitoplancton y biomasa de zooplancton) y espaciales (latitud, distancia a la costa, profundidad de las agregaciones, profundidad inicio y término termoclina y profundidad mínima de oxígeno) sobre la distribuci3n de la densidad de anchoveta, mediante modelos aditivos generalizados (GAM). El GAM es un método estadístico, similar al de regresi3n clásica, pero con supuestos distribucionales más generales, además de no suponer linealidad en las covariables. Genéricamente el GAM tiene la siguiente estructura (Hastie & Tibshirani, 1990).

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

La funci3n  $g(\cdot)$  es la funci3n de enlace, la cual define la relaci3n 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 familia de distribuciones estadística exponenciales. El término  $x_k$  es el valor de la k-ésima covariable. El término  $\beta_0$  es un intercepto, y  $S_k(\cdot)$  es una funci3n de suavizamiento unidimensional para la k-ésima covariable.



Las variables consideradas como predictoras en el modelo, fueron suavizadas mediante funciones no-paramétricas localmente ponderados (loess) (Hastie y Tibshirani, 1990). Las densidades locales de anchoveta provenientes de la prospecci3n acústica ( $s_A$ ) fueron transformados a una escala logarítmica, asumiendo una distribuci3n de probabilidad log-normal, con distribuci3n normal y funci3n de enlace identidad (Bertrand *et al*, 2004).

En atenci3n a que la informaci3n bio-oceanográfica fue recolectada en estaciones discretas, se aplic3 una interpolaci3n lineal de las variables oceanográficas entre las estaciones cercanas a la posici3n geográfica y profundidad promedio de las observaciones acústicas de anchoveta. En el caso de la oferta ambiental de alimento, la interpolaci3n se realiz3 considerando un suavizador tipo spline.

Las variables explicativas que aportaron significativamente al modelo fueron seleccionadas mediante tres indicadores:

- la prueba F basada en la máxíma verosimilitud con un nivel de significaci3n del 5%.
- el criterio de Akaike (AIC) usado como complemento al F, y que permite penalizar el número de parámetros en el modelo, por lo que el criterio de selecci3n es escoger el modelo con menores AIC.
- cociente pseudo- $R^2$ , que se obtiene a través de la devianza nula y la devianza residual, este índice evalúa el aporte de todos y cada término modelado en la variabilidad total. Este criterio, también opera en forma complementaria con AIC y aunque pueden ser redundantes en algú sentido, es informativo para establecer el comportamiento del conjunto de variables en el modelo. Dado esta característica, en los resultados del modelamiento se evalúan los modelos mediante estos tres indicadores.



#### **4. Objetivo espec3fico B4. *Caracterizar y analizar las agregaciones del recurso anchoveta en el 3rea de estudio.***

La caracterizaci3n de las agregaciones de anchoveta, se efectu3 mediante el uso de descriptores estimados a partir de observaciones ac3sticas verticales realizadas durante la prospecci3n ac3stica mediante el sistema de ecointegraci3n Simrad EX60 (Scalabrin, 1991) y fueron procesados mediante el programa SonarData Echoview®. Versi3n 3.00.

##### **4.1 Descriptores de una agregaci3n**

Se extrajeron descriptores referidos a su posici3n geogr3fica, energ3a, morfometr3a y batimetr3a.

**Descriptores de posici3n:** Est3n referidas a la posici3n geogr3fica de las agregaciones, utiliz3ndose la posici3n media de la agregaci3n 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 agregaci3n

$p_s$ : Ping ubicado al inicio de la agregaci3n

$p_e$ : 3ltimo ping asociado a la agregaci3n



**Descriptores morfol3gicos:** Dentro de los descriptores morfol3gicos extraídos directamente desde el ecograma se encuentran: la altura media (m), el 3rea transversal (m<sup>2</sup>), 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<sub>*i*</sub>

N= n3mero total de pings en la agregaci3n.

El 3rea de una agregaci3n se obtiene asociando un rect3ngulo a cada muestra S con un valor de amplitud sobre el umbral de eointegraci3n. La superficie del rect3ngulo  $S_e$  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:

$$S_e = d_j * e$$

El 3rea transversal de la agregaci3n (*3rea*) es el resultado de la suma del 3rea de todos los rect3ngulos elementales:

$$\text{3rea} = \frac{1}{\eta} * \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n S_{ij}$$

Finalmente se extrae el largo de la agregaci3n (*Largo*) medida en metros junto al per3metro de 3stas (*Perim*) en metros, completando las estimaciones b3sicas, a partir de las cuales se pueden derivar otros descriptores que permiten definir otras caracter3sticas de la agregaci3n.



La dimensi3n fractal (*DFrac*) es un descriptor adimensional empleado para caracterizar la irregularidad del contorno de la agregaci3n, 3ste corresponde a la relaci3n entre la superficie de un cuadrado con un per3metro 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 y Mass3, 1993):

$$DFrac = 2 * \frac{\ln\left(\frac{Perim}{4}\right)}{\ln Area}$$

La elongaci3n (*Elon*) es un descriptor utilizado para caracterizar la forma general de la agregaci3n y es definido b3sicamente 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.

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

**Descriptores batim3tricos:** Los descriptores batim3tricos extra3dos directamente del ecograma fueron la profundidad del fondo (m) y la profundidad media de agregaciones (m), mientras que indirectamente se calcul3 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:

$$IndAlt = 100 * \frac{(Prof.fondo - Prof.media)}{Prof.fondo}$$



### Descriptores de energa:

Se utilizan dos descriptores de energa:

- Energfa retrodispersada de las agregaciones en unidades de  $s_A$  ( $m^2/mn^2$ ), corresponde a la densidad acustica de las agregaciones, obtenidas desde el ecointegrador siendo determinados segun:

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

Donde:

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

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

$$E_i = 10^{10 \frac{S_{vi}}{10}}$$

Siendo "E" la expresi3n lineal de los valores de  $S_v$ , expresado en dB.re  $m^{-1}$

- *Densidad* =  $s_A / \text{Area}$  ( $s_A/m^2$ )

Este descriptor estandariza las densidades acusticas individuales ( $s_A$ ) segun el tamao de cada agregaci3n (rea transversal en  $m^2$ ), permitiendo evaluar su condici3n de dispersi3n.



## 4.2 Análisis de los datos

Los datos fueron separados en dos grupos día, entre 06:45 hrs a 20:00 hrs y noche entre 20:01 hrs a 06:44 hrs. Las horas de transici3n (aurora y crepúsculo) fueron asimiladas al comportamiento diurno o nocturno según lo observado en las mismas agregaciones.

Los análisis realizados fueron:

- estadística descriptiva: para cada descriptor se calcularon los valores promedio con sus dispersiones (rangos, desviaci3n estándar, Coeficiente de variaci3n).
- Análisis contínuo de los descriptores separados cada 1 hora y por distancia a la costa, el intervalo de clase de distancia a la costa fue definido en 1 mn, considerándose en el intervalo menor hasta 0,99. Posteriormente se agruparon como “costeros” ( $\leq 5$  mn) y oceánicos ( $>5$  mn).
- Los descriptores se agruparon según las zonas definidas por las estructuras de tamaño.
- Análisis de Componentes Principales para condici3n diurna y nocturna, el cual permitió reducir la dimensionalidad del problema (Rencher, 1995) generando nuevos factores (componentes) expresados como combinaci3n lineal de las variables originales.



## VII. RESULTADOS

### 1. *Determinar las condiciones hidrográficas y meteorológicas de la zona de estudio durante la primavera de 2009.*

#### 1.1 Dinámica de los vientos

La carta de distribución de intensidad y dirección de los vientos horario medidos sobre el track de navegación se presentan en la **Figura 5**. Los vientos de intensidad débil, menor a 5 m/s, tuvieron un porcentaje del 72% (**Figura 5a**) y se ubicaron en toda la zona, mientras los vientos de intensidad moderada, 5 a 10 m/s, tuvieron el 28% de los registros (**Figura 5b**) distribuyéndose también en forma homogénea en la zona, a excepción de las áreas de punta Lobos a caleta Chipana, Tocopilla a punta Hornos, península de Mejillones y al sur de los 24°20'S, en donde hubo mayor frecuencia de vientos débiles. El máximo valor medido fue de 9,1 m/s en el sector más oeste frente a Mejillones. El 91% del total de registros proviene del segundo y tercer cuadrante lo que es viento favorable a los procesos de surgencia costera. El viento con componente norte presentó registros generalmente aislados en el área norte y agrupados en no más de 8 mediciones, frente a las localidades de punta Arenas, punta Grande y punta Hornos (**Figura 5c**).

El índice de surgencia promedio por latitud (IS) fue similar y bajo, en general, en toda zona (**Figura 6a**) el cual tuvo un rango de 294 a 593 m<sup>3</sup>/s por 1000 m de costa. El máximo IS se midió en el borde sur de la zona mientras que el mínimo estuvo centrado en los 22°30'S. El índice de turbulencia promedio (IT) en general fue bajo y tuvo en la franja costera un rango general de sólo 75 a 144 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup> (**Figura 6b**), registrándose el máximo en el borde sur de la zona, mientras que el mínimo estuvo centrado en los 22°30'S.



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

### 1.2.1 Condiciones hidrográficas horizontales

#### a) Temperatura superficial

La temperatura superficial del mar (TSM) (**Figura 7a**) registr3 un m3nimo de 14,7°C en la estaci3n de 1 mn frente a caleta Patillos (20°40'S), mientras que el m3ximo de 22,7°C se registr3 en la estaci3n de 20 mn en la latitud 19°S, al sur de punta Argolla. A lo largo de la franja costera de las primeras 20 mn se registran gradientes t3rmicos de variada intensidad asociados a los procesos de surgencia costera t3picos de la zona, excepto en bah3a Moreno. La isoterma de 20°C se ubic3 en forma relativamente paralela a la costa en las 20 mn. Los focos de afloramiento m3s intensos, como caleta Patillos, punta Arenas y Tocopilla registraron TSM menores a 16°C en el borde m3s costero. S3lo el sector de bah3a Moreno (Antofagasta) registra una intrusi3n de aguas m3s c3lidas provenientes desde el oeste, las que tienen temperaturas de 20°C. La ubicaci3n de estaciones m3s oce3nicas (40 y 50 mn) en algunas secciones de la grilla de trabajo permiti3 observar un foco de TSM mayores a 22°C entre Arica y caleta Buena y frente a la pen3nsula de Mejillones.

Las anomal3as de temperatura (**Figura 7b**) asociadas a la distribuci3n de TSM registran un amplio rango total que va de -4,2° a +4,8°C. El m3ximo negativo se encontr3 en la misma estaci3n en donde se midi3 la menor TSM. El m3ximo positivo se asoci3 a la intrusi3n de aguas c3lidas desde el oeste hacia bah3a Moreno, y se midi3 en la estaci3n de 1 mn frente a punta Coloso. En la distribuci3n de anomal3as positivas y que son significativas (>1°C) se destaca el amplio foco de +2° que se ubica entre Arica y Pisagua, borde oeste de la zona, como tambi3n el amplio foco de anomal3as que alcanza un m3ximo de +3° desde punta Arenas al sur, siempre por el



borde oeste de la zona y que penetró en bahía Moreno alcanzando un valor de  $+4^{\circ}\text{C}$ . Entre Pisagua y punta Arenas se midieron anomalías más neutras, registrándose incluso un foco de valores negativos entre  $-1^{\circ}$  y  $-2^{\circ}\text{C}$  que se extendió hacia el oeste entre Iquique y punta Patache.

## b) Salinidad Superficial

La salinidad superficial (**Figura 7c**) registró un rango total entre 34,7 y 35,3. El mínimo estuvo en la estación de 5 mn frente a caleta El Cobre ( $24^{\circ}20'S$ ), y el máximo en la estación de 40 mn frente a Pisagua. Las menores salinidades dominan el sector más costero de las primeras 10 mn. Se destaca el sector de Iquique a punta Lobos el cual muestra una extensión de las salinidades bajas costeras ( $<34,9$ ) hacia el oeste, lo que es coincidente también con el sector de anomalías térmicas neutras y negativas ya señalado. Los focos de salinidades mayores se asocian a los mismos focos de altas TSM, ubicándose también en el sector más oceánico con valores por sobre los 35,0. La intrusión de aguas cálidas desde el oeste en bahía Moreno significó también la presencia de elevadas salinidades, las cuales superan los 35 hasta la estación de 5 mn.

Las anomalías de salinidad (**Figura 7d**) se encuentran entre los  $-0,27$  y  $0,54$ . El extremo negativo se ubicó en la estación de 20 mn en los  $20^{\circ}40'S$ , mientras que el máximo positivo está en la estación costera frente a punta Coloso. Entre Arica y caleta Buena se presentó un foco de anomalías significativas ( $>0,1$ ) que alcanzó valores mayores de 0,2. Entre Arica y Caleta Chipana se localizaron anomalías negativas asociadas a las bajas salinidades en el sector costero y que se extienden hacia el oeste. En esta área se ubican anomalías negativas mayores a 0,2 en un foco centrado frente a caleta Patillos. Inmediatamente al sur de esta área se presentan anomalías positivas en toda el área que abarcan hasta el límite sur de la zona



formándose un extenso foco que superan los 0,4 en el sector más oeste de la zona y de 0,5 en el sector costero de bahía Moreno.

### c) Densidad superficial

La densidad (como sigma-t) en la capa superficial (**Figura 8a**) registró un rango total entre 24,2 a 25,83. Las mayores densidades se registraron en la franja más costera, primeras 5 a 10 mn, en donde se dio el mayor gradiente superficial, exceptuando aquellas áreas de caleta Chipana y punta Coloso donde hubo menores densidades relativas y con ello los gradientes fueron mínimos. Se destaca el sector más oceánico desde Arica hasta Pisagua en donde la informaci3n disponible señala un sector más homogéneo que al menos va desde las 10 a 20 mn de la costa hasta las 40 mn con valores  $<24,4$ . La isopícnica de 24,6 es la que limita al oeste el área de mayor gradiente de densidad superficial costero, acercándose además a la costa en punta Coloso y dejando esta área como la de menor densidad en la franja costera.

### d) Oxígeno superficial

El oxígeno disuelto (OD) superficial (**Figura 8b**) tuvo un rango total de concentraciones entre 2,02 y 6,99 ml/l. Fuera de las 5 mn el OD se mantuvo sin grandes variaciones, aunque el rango de concentraciones estuvo entre 4 y 6 ml/l, las  $<5$  ml/l estuvieron restringidas a un gran foco ubicado en el extremo oceánico norte entre punta Argolla y Pisagua, a un pequeño foco en las 20 mn de punta Grande y en el extremo norte de la península, entre las 10 y 20 mn frente a Mejillones.

En el sector costero es donde se encontraron las mayores diferencias en las concentraciones. En este sentido, un núcleo de OD  $>6$  ml/l se registró en el extremo norte, midiéndose el valor más alto del muestreo frente a Arica, mientras que hacia el sur tres focos de menor tamaño se ubicaron en punta Patache, en las 5 mn en punta



Grande y en el sector costero de punta Hornos. En el extremo opuesto del rango de concentraciones, varios focos de valores  $<5$  ml/l se registraron: entre los  $19^{\circ}\text{S}$  y los  $19^{\circ}40'\text{S}$ , al sur de Pisagua; entre los  $20^{\circ}\text{S}$  y caleta Patillos,  $20^{\circ}40'\text{S}$ ; desde punta Lobos hasta el sur de Tocopilla,  $22^{\circ}10'\text{S}$ ; y en un foco costero al sur de punta Grande,  $22^{\circ}40'\text{S}$ . En este sector las concentraciones m3s bajas,  $<3$  ml/l, se registraron en el entorno costero de caleta Patillos -T14 (2,6 ml/l) y T15 (2,3 ml/l)-, y en punta Arenas (2 ml/l). Al sur de Antofagasta las concentraciones de OD se mantuvieron entre  $>5$  ml/l y  $<6$  ml/l, salvo en el extremo sur, caleta Botija, con un foco costero  $<4$  ml/l.

## 1.2.2 Condiciones hidrogr3ficas verticales

### a) Profundidad de la Isotherma de $15^{\circ}\text{C}$

La profundidad de la isoterma (**Figura 8c**) registr3 un valor m3ximo de 77 m en la estaci3n de 50 mn en la secci3n de  $18^{\circ}40'\text{S}$ . Las mayores profundidades se ubican hacia el sector oeste, registr3ndose un foco de m3ximos entre Arica y punta Argolla que es donde se realizaron las estaciones m3s oce3nicas. En los  $22^{\circ}40'\text{S}$  se registr3 un segundo foco que supera los 50 m centrado en las 20 mn. En el 3rea costera de las primeras 10 mn la profundidad de esta isoterma es menor a 20 m, excepto en bah3a Moreno que es donde aumenta a profundidades entre 20 y 40 m.

La anomal3a de esta variable (**Figura 8d**) tuvo un valor m3ximo negativo de 26 m en la estaci3n de 1 mn en los  $21^{\circ}\text{S}$ . El m3ximo de anomal3a positivo, 34 m, estuvo en la estaci3n de 50 mn asociado al m3ximo valor de profundidad ya se3alado. Entre Arica y Mejillones se present3 en la franja costera de las primeras 10 mn valores negativos de anomal3a, as3 tambi3n en toda el 3rea entre Iquique y bah3a Chipana. Al sur de caleta Chipana se encuentran nuevamente anomal3as positivas que superan los 20 m en el borde oeste de la zona.



## b) Profundidad de la isolínea de 1 ml/l

La profundidad de la isolínea de 1 ml/l (**Figura 9a**) estuvo entre 8 y 115 m. En el sector costero entre Arica y Mejillones la variación tuvo un rango entre <10 y 40 m, registrándose en la mayoría de las estaciones costeras profundidades <20 m: en el entorno de Arica, en caleta Buena, desde Iquique hasta Tocopilla, más punta Grande y el entorno de Mejillones. La menor profundidad del muestreo se registró en punta Arenas. En el extremo norte del sector oceánico, 50 mn, se observó un máximo >90 m, lo que originó un fuerte gradiente local de hasta 50 m entre costa y océano, mientras que entre Iquique y punta Lobos la variación disminuyó a aproximadamente 20 m entre la costa y la estación más oceánica (20 mn), con profundidades en general <40 m. Hacia el sur el gradiente se intensifica, con un foco de profundidades >50 m frente a punta Arenas y otro que se extendió desde el sur de punta Grande hasta Antofagasta, con un máximo >60 m en Mejillones.

En el extremo sur se observa una disminución de las profundidades en punta Amarilla, registrándose en toda la transecta profundidades <40 m, mientras que en la última transecta-T37, al norte de caleta Botija, se registró un foco de >100 m en las 10 mn, máxima profundidad del muestreo, el que originó un fuerte gradiente zonal, ya que en la costa las profundidades estuvieron entre 20 y 40 m, mientras que en las 20 mn alcanzó los 50 m.

## c) Capa de mezcla

La capa de mezcla presentó un espesor máximo de 10 m (**Figura 9b**). Toda la franja de al menos las primeras 10 mn registra un espesor menor a 5 m, franja que ocupa una área mayor de sur a norte. Las máximas CM se ubicaron hacia el sector más oeste. El máximo señalado se ubicó frente a Pisagua, Punta Hornos y Punta amarilla.



#### d) Características de la termoclina

El espesor de la termoclina tuvo un máximo de 33 m, ubicado en la estación de 20 mn frente a punta Amarilla (**Figura 9c**). En general, la franja de las primeras 5 mn registró los menores espesores de esta variable que van entre 5 y 10 m. Áreas como Arica, Iquique, caleta Chipana y principalmente Antofagasta, registran un aumento del espesor de la termoclina a valores mayores a 10 m, siendo la última localidad señalada la que registra el máximo de hasta  $> 20$  m. Entre Antofagasta y caleta El Cobre hubo un foco de mayores espesores en el sector más oeste donde se supera los 30 m. El área de Tocopilla a Mejillones y frente a caleta Palillos, es donde se registran los menores ET, pues no se supera los 15 m.

La temperatura base de la termoclina (TBT) tuvo un rango total de entre  $13,1^{\circ}$  a  $19,3^{\circ}\text{C}$  (**Figura 9d**). Si bien el rango de valores fue amplio, en la zona predominan TBT entre  $14^{\circ}$  y  $16^{\circ}\text{C}$ . Se presentan tres focos de máximas TBT ( $> 17^{\circ}\text{C}$ ), siendo el de mayor área el ubicado en el sector oceánico entre Arica y punta Argolla, mientras el máximo del rango señalado se ubicó en el foco frente a punta Grande, él que parece abarcar una amplia área del sector oceánico. Un tercer foco, pero que está formado por una sola estación se ubicó pegado a la costa de la península de Mejillones. Frente a punta Lobos y desde punta Coloso hasta caleta El Cobre se registra una baja TBT,  $< 15^{\circ}\text{C}$ , tanto en la costa como en el sector más oeste de la zona.

La profundidad de la base de la termoclina (PBT) tuvo un rango de 4 a 49 m, con los mínimos en el sector costero y el máximo en el borde oeste frente a Pisagua y Antofagasta (**Figura 10a**). La franja costera de las primeras 10 mn registra PBT entre 10 y 20 m, excepto en los  $19^{\circ}\text{S}$ , punta Patache, punta Horno y Antofagasta, donde hay PBT  $> 20$  m pegadas a la costa. El área de mayor PBT es aquella ubicada desde la península de Mejillones al sur, en donde hay PBT  $> 20$  m y se superan, en un foco más al oeste, valores de 40 m.



El gradiente de temperatura promedio de la termoclina (GPT) (**Figura 10b**) registró un máximo de  $0,6^{\circ}\text{C}/\text{m}$  en la estación de 1 mn frente a punta Hornos. En general, hay un amplio predominio de GPT de entre  $0,2$  a  $0,3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ , formándose focos aislados de GPT de  $0,3$  a  $0,4^{\circ}\text{C}/\text{m}$ , como los ubicados frente a Arica, caleta Patillos y punta Coloso, destacándose el foco pegado a la costa donde está el máximo frente a punta Hornos, pero que no tiene una gran cobertura espacial.

El máximo gradiente de temperatura en la termoclina (MGT) (**Figura 10c**) tuvo un valor mínimo de  $0,16$  y un máximo de  $2,37^{\circ}\text{C}/\text{m}$ . El mínimo se presentó en la costa de punta Argolla y punta Lobos, mientras que el máximo se ubicó frente a punta Hornos, a 1 mn de la costa. En general, el área de Arica a Tocopilla es la que registra los mayores gradientes máximos, superando los  $0,6^{\circ}\text{C}/\text{m}$ , con tres focos de valores mayores a  $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$  frente a Arica, punta Camarones y punta Lobos. De Tocopilla al sur hay un predominio de valores menores a  $0,8^{\circ}\text{C}/\text{m}$ , pero se ubica un foco de  $\text{MGT} > 1^{\circ}\text{C}/\text{m}$  en punta Hornos, que contienen el máximo señalado, otro en la península de Mejillones y uno de menor área en punta Coloso.

La profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (PGMT) (**Figura 10d**) tuvo un rango de 2 a 36 m. De Arica a caleta Chipana hay un predominio de valores  $< 10$  m en la costa y  $> 20$  m en el sector más oeste. Al sur de caleta Chipana hay un aumento de las PGMT, donde la franja de profundidades menores a 10 m se mantiene pegada a la costa pero es más estrecha que en el área al norte, mientras que núcleos de niveles mayores a 20 m aparecen hasta el límite sur de la zona. Dos puntos de  $\text{PGMT} > 30$  m se ubicaron en el sector oeste frente a punta Grande y punta Coloso.



### e) Temperatura Vertical

La distribuci3n de temperatura en la columna de agua se presenta en las **Figuras 11 y 12**. En general, las secciones perpendiculares a la costa presentan una capa de agua superficial bien estratificada en los primeros 50 m, condici3n que es marcada por la cercanía de las isotermas en la vertical. En las dos primeras secciones del norte de la zona se supera los 75 m con estratificaci3n t3rmica.

En casi todas las secciones un n3cleo de agua superficial m3s c3ldo se ubica hacia el lado oeste, mientras hacia la costa se aprecia un descenso de las temperaturas en superficie. Algunas de las secciones registran una profundizaci3n de las isotermas en la costa, destac3ndose aquellas de punta Argolla (T5) a Pisagua (T9), Iquique (T11) a caleta Patillos (T15), Tocopilla (T23) y caleta El Cobre (T37). Las secciones de Arica (T1) y de los 18°40'S (T3) tuvieron un ascenso de las isotermas en la costa muy d3bil.

En general, las isotermas tienden a ubicarse paralelas a la superficie, sin embargo en algunas secciones la isoterma de 13°C, centrada en los 100 m de profundidad aproximadamente, muestra un aumento del nivel en las primeras 10 mn de la costa. Tal es el caso de las secciones de Pisagua (T9), la de los 22°20'S (T25) y punta Hornos (T29). As3 tambi3n se destaca en la vertical la profundizaci3n de las isotermas ubicadas bajo los 100 m que ocurre en las secciones T9 a T13, T21, T27 y T33, en esta 3ltima transecta la isoterma de 12°C se profundiz3 r3pidamente desde los 200 a 300 m entre las 20 y 10 mn de la costa.



## f) Salinidad vertical

La distribuci3n de salinidad en la vertical se presenta en las **Figuras 13 y 14**. En todas las secciones se ven desarrollados tres n3cleos. Uno salino superficial que tiene un amplio predominio en la capa de los primeros 50 m, con salinidades  $> 34,9$ , que se presenta en la mayor3a de las secciones al oeste de las 10 mn. Las secciones 11 a 17 y de la 35 a 37, no muestran este n3cleo, o es muy d3bil, dentro de las primeras 20 mn de la costa. Entre las secciones que tienen este n3cleo se destacan las secciones 2 y 5 en el norte y las 27, 31 y 33 en la mitad sur, por presentarlo m3s desarrollado en comparaci3n a las otras.

El n3cleo de baja salinidad,  $< 34,8$ , se encuentra en general pegado a la costa entre los niveles de superficie y 75 m, desplaz3ndose bajo el n3cleo salino superficial, se3alado anteriormente, hacia el sector m3s oce3nico. En las secciones ubicadas m3s al sur de la zona, este n3cleo estuvo m3s desarrollado, abarcando incluso hasta los 110 m de profundidad, como se ve en la secci3n 33, mientras que en la secci3n 37 se forma un n3cleo de salinidad menores a 34,7, muy compacto, que va desde superficie hasta los 100 m.

El tercer n3cleo de salinidad m3xima relativa, desde 34,8, se ubica a nivel subsuperficial bajo el de m3nima, y centrado entre los 150 m y 200 m de profundidad en todas las secciones, disminuyendo su espesor de norte a sur para encontrarse dividido por el n3cleo de m3nima en la secci3n 37. Las secciones 1 a la 21, Arica a caleta Chipana, registran participaci3n de este n3cleo en la capa superficial en las primeras 10 mn. El l3mite inferior de este n3cleo, como valor de 34,8, se localiza entre los 300 y 350 m.



### g) Densidad vertical como sigma-t

La densidad en la vertical se presenta en las **Figuras 15 y 16**. La vertical de las secciones muestra una estratificaci3n o piconclina en la capa superficial de los primeros 100 m. Las densidades m1s bajas,  $26,4 \text{ kg/m}^3$ , se presentan en superficie del sector m1s oeste de cada secci3n, mientras que en el nivel de 500 m est1n las m1s altas con un valor cercano a  $26,8 \text{ kg/m}^3$ . Las isopicnas tienen una pendiente hacia la superficie en el sector costero de la mayor1a de las secciones, siendo una excepci3n a ello las transectas 1, 9 y 19, las que no tienen pendiente o 3sta es muy baja. La isopicna de  $26,4 \text{ kg/m}^3$ , ubicada a nivel subsuperficial bajo el nivel de 100 m, tiene una pendiente negativa en las transectas 5 a 9, 13, 25, 27 y 33, siendo esta 3ltima secci3n la que presenta la mayor inclinaci3n hacia la costa, pues se profundiza cerca de 150 m.

### h) Distribuci3n vertical de OD

La distribuci3n vertical del OD se presenta en las **Figuras 17 y 18**. En diciembre de 2009 el OD tuvo como es habitual en todas las transectas fuertes gradientes verticales, concentraciones entre 1 y 5 ml/l, el que se ubic3 por sobre los 100 m. Bajo este gradiente se desarroll3 la capa de m1nimo OD, con un espesor que super3 los 500 m del muestreo, con concentraciones  $< 0,25 \text{ ml/l}$ . S3lo en unas pocas transectas se alcanz3 a detectar concentraciones mayores a  $0,25 \text{ ml/l}$  en el l1mite inferior del muestreo, esto es en: T3, T5, T9, T11, T31 y T37.

La capa superficial bien oxigenada,  $> 5 \text{ ml/l}$ , tuvo un espesor variable que no super3 los 50 m como m1ximo, y lleg3 a tener menos de 15 m como m1nimo en el caso de T7, T13 y T15. Dentro de esta capa bien oxigenada concentraciones mayores a  $6 \text{ ml/l}$  s3lo se observaron a nivel superficial en Arica-T1 y punta Grande-T25 y como un foco subsuperficial en caleta Chipana-T19.



En general, en la mayoría de las transectas el gradiente mostr3 una pendiente positiva desde la estaci3n m3s oce3nica hacia la costera, lo que se observ3 mejor en las transectas m3s largas, tanto en Arica-T1 como en T3, donde se nota claramente que el ascenso del gradiente parte desde las 50 mn, donde el espesor de la capa bien oxigenada,  $> 5$  ml/l, tiene un espesor de 32 m, hasta unos pocos metros en la costa. Algo distinto fue el caso de T9 y T19 donde el gradiente tendi3 a mantenerse paralelas a la superficie fuera de las 10 mn.

En las estaciones costeras el gradiente 3xico intercept3 la superficie con concentraciones  $< 5$  ml/l en 11 de las 19 transectas, esto se observ3 entre T5 y T23 m3s T27. De 3stas, los ascensos m3s importantes se observaron en T7, T9, T13, T15 y T21, donde el efecto del ascenso se percibi3 hasta al menos las 5 mn.

Dos situaciones particulares, de todas las transectas s3lo una, T37, present3 una profundizaci3n las isolíneas en la estaci3n de las 10 mn, lo que implic3 que esta transecta tuviese el mayor espesor de la capa oxigenada, 50 m, y la mayor profundidad de la isolínea de 1 ml/l,  $> 100$  m. En tanto que en Mejillones-T29 ocurri3 lo contrario, con una elevaci3n de las isolíneas  $\geq 2$  ml/l en la estaci3n de 10 mn, registr3ndose una concentraci3n superficial  $< 4$  ml/l, manteni3ndose la isolínea de 1 ml/l en el nivel visto en las 20 mn, 70 m. Hacia la costa el OD superficial aument3 hasta  $> 6$  ml/l, generando un gradiente inverso hacia la costa.

Por otra parte, una situaci3n atípica se observ3 en el sector m3s oce3nico del extremo norte entre T3, T5 y T9, donde se registr3 una capa de OD de concentraciones  $> 4$  ml/l a nivel superficial, profundizando la capa m3s oxigenada de  $> 5$  ml/l, situaci3n m3s marcada en T3 al extenderse esto entre las 20 y 50 mn. Una similar distribuci3n, aunque menos apreciable ocurre en las 20 mn de T25.



## i) Masas de agua

Los diagramas TS de todas las secciones se muestran en las **Figuras 19 y 20**. Los diagramas muestran la participación de tres masas de agua en la zona, que son: Agua subtropical (AST), agua subantártica (ASAA) y ecuatorial subsuperficial (AESS). El AST, ubicado en la capa más superficial se ve presente en todas las secciones, con un máximo en las transectas 1 a 9, mientras que en las restantes ubicadas hacia el sur disminuye su presencia, aunque mantiene relativamente similar la participación en al menos una estación de cada sección. El ASAA se presenta también en todas las secciones de forma relativamente constante, excepto en la sección 37 en que todas las estaciones registran una mayor participación, particularmente una que se separa notoriamente del grupo. Así también en la sección 35, una estación muestra una mayor presencia del núcleo de ASAA en relación al resto de las estaciones. El AESS también se presenta en todas las secciones de forma similar en su participación, no obstante hay algunas excepciones como las transectas 1 y 3, en donde participa de mayor forma que en el resto, mientras que en la transecta 37 disminuye su participación relativa.

Los porcentajes de participación de estas masas de agua (PPMA) se entregan en la **Figuras 21 a 26**.

El AST (**Figuras 21 y 22**) se ubica en la capa superficial de las secciones con un valor máximo de PPMA > 90% en algunas de ellas, mientras el valor de 10% de ubica, en general, entre 50 y 75 m y con un nivel máximo de 100 m en la sección 2. Esta masa de agua participa en la mezcla hasta un nivel máximo de 100 a 150 m. La presencia de AST es variable en la zona, estando participativa con PPMA > 90 en las secciones 3 y 5 en la mitad norte e incluso en las secciones 31 y 33 de la mitad sur. El PPMA mínimo en superficie del sector oceánico es de 60%, sin embargo en la costa siempre disminuye, por ascenso de las isolíneas, alcanzándose el valor más



bajo en la secci3n 15 con un PPMA de 10 a 20% dentro de las primeras 5 mn de la costa.

El ASAA (**Figuras 23 y 24**) tiene, en general, valores m1ximos de PPMA menores a 30%, siendo la secci3n 37 la 1nica que registra un n1cleo en donde se supera este porcentaje. El n1cleo de mayor PPMA en cada secci3n (> 20%) es variable en tama1o y ubicaci3n. En las secciones 1 a 7 1ste es peque1o y en general subsuperficial, mientras que hacia el sur se presenta en superficie y/o subsuperficial pero cruza toda la secci3n. El nivel de profundidad m1xima del PPMA 10% es variable en la vertical, pues en general no supera los 150 m en las secciones 1 a 25, pero si en las secciones ubicadas m1s al sur, particularmente la 33 y 37 en donde llega a 250 m. La secci3n 3 es la 1nica en que el PPMA en superficie no supera el 10%. La isol1neas de 0% se ubica en un nivel m1ximo de entre 400 y 450 m. El mayor n1cleo de ASAA se present3 centrado en las 10 mn en la secci3n 37 y supera el 30% con un m1ximo > 40%, abarcando tambi3n gran parte de la capa superficial de los primeros 100 m.

El AEES (**Figuras 25 y 26**) se destaca por ocupar en la columna de agua una importante 1rea con niveles de PPMA altos. En todas las secciones se presenta un n1cleo de al menos un 80%, donde la secci3n 37 es la 1nica que presenta este n1cleo dividido en dos, mientras que las secciones 1 y 3 son tambi3n las 1nicas que tienen un n1cleo de PPMA > 90%. El n1cleo principal de AEES (> 80%) est1 centrado en el nivel de 150 a 200 m. En superficie, el nivel de PPMA es menor a 10%, sin embargo, hacia la costa de algunas secciones los niveles de PPMA aumentan, lo que es mostrado por el ascenso de las isol1neas, con un m1ximo de 60% en la secci3n 21. En el nivel de 500 m el PPMA medido supera el 60% en toda la zona.



### 1.2.3 Clorofila y feopigmentos

#### a) Distribuci3n superficial de clorofila y feopigmentos

La clorofila-a (cloa) superficial (**Figura 27a**) present3 un rango de concentraciones superficiales de entre 0,1 y 12,7  $\mu\text{g/L}$ , encontr3ndose los n3cleos m3s importantes de cloa entre Arica y Mejillones. De este rango las concentraciones  $> 1 \mu\text{g/L}$  se registraron en pr3cticamente todo el sector costero, con las excepciones de T30 y T31 en la pen3nsula de Mejillones, y T34 en los  $23^{\circ}50'S$ , donde la cloa incluso fue  $< 0,5 \mu\text{g/L}$ .

En general la franja productiva estuvo restringida a las primeras 10 mn, salvo al sur de Iquique donde se extendi3 hasta las 20 mn ( $> 1 \mu\text{g/L}$ ). Dentro de esta franja, n3cleos de cloa  $> 5 \mu\text{g/L}$  se registraron en Arica, caleta Patillos, en un extenso foco entre punta Arenas y el sur de Tocopilla  $22^{\circ}10'S$ , entre T26 y T27 al sur de punta Grande y en Mejillones, en tanto que el m3ximo  $> 10 \mu\text{g/L}$  se registr3 en T18, al sur de punta Lobos.

Desde el extremo sur de la pen3nsula de Mejillones al sur, las concentraciones productivas fueron inferiores a lo visto en la parte centro norte, registr3ndose los mayores valores,  $> 2 \mu\text{g/L}$ , en el sector de Antofagasta y en la estaci3n costera de punta Amarilla, manteni3ndose s3lo  $> 1 \mu\text{g/L}$  entre punta Agua Salada y caleta Botija.

Los feopigmentos (feop) superficiales (**Figura 27b**) presentaron valores muy inferiores a la cloa con un rango entre 0 y  $1,6 \mu\text{g/L}$ , del cual los  $> 1 \mu\text{g/L}$  se observaron en el sector de Arica y en la estaci3n costera de Punta Lobos. Algunos focos de concentraciones  $> 0,5 \mu\text{g/L}$  se repartieron en sector costero norte hasta punta Lobos, mientras que hacia el sur de esta localidad las concentraciones m3s altas s3lo fueron  $> 0,2 \mu\text{g/L}$ .



## b) Distribuci3n superficial de fluorescencia *in vivo*

La fluorescencia *in vivo* (fliv) superficial (**Figura 27c**) present3 un rango de valores superficiales de entre 0,05 y 20,6 volt. N3cleos de valores de fliv > 2 volt se registraron hasta las 10 mn a lo largo de casi todo el sector costero norte hasta Mejillones, salvo el 3rea entre Iquique y caleta Patillos donde los valores > 3 volt se extendieron hasta las 20 mn. Fliv < 2 volt se registr3 en las estaciones costeras de: T2, T6, T12, T20 y T25.

En el extremo norte un n3cleo de > 5 volt abarc3 las dos primeras transectas, registr3ndose en Arica el valor m3s alto del muestreo. Otros n3cleos > 5 volt se ubicaron en caleta Argolla, en las 10 mn de T9 al sur de Pisagua, en T11 en los 20°S, en las 5 mn de T13, en las 10 mn de T15, en las estaciones costeras de T17-T18 que corresponde a punta Lobos y entre T25 a T28, superando los 10 volt en T27. De la pen3nsula al sur disminuyen los valores de fliv, con un foco > 1 volt en la punta sur de la pen3nsula y un foco > 3 volt en punta Amarilla, los dem3s sitios presentaron valores < 1 volt. En el sector oce3nico la fliv se mantuvo con valores < 0,5 volt.

## c) Distribuci3n superficial de clorofila y feopigmentos integrados

La clorofila-a integrada (cloaint) (**Figura 27d**) tuvo un rango entre 10 y 297 mg/m<sup>2</sup>, observ3ndose los valores m3s altos concentrados en el sector central de la zona de estudio. En el extremo norte hasta Iquique los valores de cloaint del sector costero se mantuvieron entre 20 y 60 mg/m<sup>2</sup>. Hacia el sur se registraron valores > 100 mg/m<sup>2</sup>, en un peque3o foco en la estaci3n de 5 mn de T13-20°20'S y luego en una extensa franja costera entre caleta Patillos-T15, y T28 al norte de punta Hornos, disminuyendo luego a menos de 80 mg/m<sup>2</sup> en el sector de Mejillones.



Dentro de la franja mencionada se registraron, en la mayoría de las estaciones costeras, valores  $> 150 \text{ mg/m}^2$  e incluso  $> 200 \text{ mg/m}^2$ , esto en: T20, T22 (máximo valor del muestreo), T24 y T26. Desde Mejillones hacia el sur los valores de cloaint disminuyen, a  $60 \text{ mg/m}^2$  observándose un sólo foco  $> 100 \text{ mg/m}^2$  en las 5 mn de la transecta 37 ubicada en los  $24^{\circ}20'S$ . En el sector oceánico la cloaint fluctuó en torno a los  $20 \text{ mg/m}^2$ , valor que aumentó a  $> 80 \text{ mg/m}^2$  en un foco ubicado en las 20 mn de T17-punta Lobos.

Los feopigmentos integrados (feopint) (**Figura 27e**) presentaron bajos valores, con un rango entre 5 y  $46 \text{ mg/m}^2$ . De este rango, se registró sólo un foco de feopint  $> 40 \text{ mg/m}^2$ , esto es en el extremo sur desde punta Amarilla a caleta Botija, mientras que en el resto de la zona de estudio los feopint presentaron focos  $> 20 \text{ mg/m}^2$  repartidos sin una tendencia clara en: Arica, desde los  $19^{\circ}S$  hasta los  $22^{\circ}S$ , un foco costero entre los  $22^{\circ}20$  y  $22^{\circ}40'S$  y desde Mejillones al sur.

#### **d) Distribuci3n vertical de clorofila**

La distribuci3n vertical de cloa se presenta en las **Figuras 28 y 29**. Esta tuvo un rango total de concentraciones entre 0,01 y  $17,08 \mu\text{g/L}$ . La cloa presentó en todas las transectas núcleos de concentraciones  $> 1 \mu\text{g/L}$ , los que tendieron a aumentar su espesor hacia el sur. En este sentido desde Arica-T1 hasta T11 al norte de Iquique, los núcleos tuvieron espesores entre 10 y 20 m, mientras que hacia el sur varios de ellos sobrepasaron en su punto máximo los 30 m profundidad, como fue el caso de T13, T17, T21 a T27, y de T31a T37, alcanzando un máximo de 50 m en las estaciones costeras de T33 y T37. Dentro de estos núcleos las concentraciones más altas por lo general se ubicaron entre los 5 y 10 m.



Hacia la estaci3n m1s oce1nica de la mayor1a de las transectas, se observ3 una prolongaci3n y profundizaci3n del n1cleo productivo costero, lo que es m1s notorio en las prolongaciones de las concentraciones  $> 0,5 \mu\text{g/L}$  de las transectas de mayor distancia de la costa, T1, T3, T9 y T19. Con respecto a la extensi3n de los n1cleos de concentraciones  $> 1 \mu\text{g/L}$  hacia el oeste, la mayor1a de ellos sobrepasaron las 10 mn, siendo s3lo cuatro las excepciones T3, T5 y T11 con menos de 5 mn y T37 con menos de 10 mn. Mientras que los m1s extensos,  $\geq 20$  mn, correspondieron a las transectas T9, T13, T17 y T25. En este muestreo destacan adem1s dos n1cleos subsuperficiales  $> 1 \mu\text{g/L}$  ubicados a 30 m en las 40 mn de T19 y a 50 m en las 20 mn de T23.

Las concentraciones m1s altas del muestreo  $> 5 \mu\text{g/L}$ , se registraron en los n1cleos costeros entre las transectas de caleta Patillos (T15-20°40'S) y caleta Hornos (T29-23°S), alcanzando m1ximos  $> 10 \mu\text{g/L}$  en caleta Patillos-T15, punta Lobos-T17 y punta Grande-T25. Mientras que en las estaci3nes m1s oce1nicas, los valores m1s altos,  $> 3 \mu\text{g/L}$ , se registraron en los n1cleos subsuperficiales ubicados a 10 m de T13 y a 20 m de T17. Por otra parte, las menores concentraciones del muestreo correspondieron a las transectas en el entorno entre punta Argolla y caleta Camarones, T3 ( $> 1 \mu\text{g/L}$ ), T5 y T7 ( $> 2 \mu\text{g/L}$ ), y en el extremo sur en la punta sur de la pen1nsula y Antofagasta, T31 y T33 con  $> 2 \mu\text{g/L}$ .

#### e) Distribuci3n vertical de feopigmentos

La distribuci3n vertical de feopigmentos se presenta en las **Figuras 30 y 31**. Los feop en la vertical al igual que en superficie presentaron bajas concentraciones, fluctuando la mayor1a de las estaci3nes en torno a los  $0,2 \mu\text{g/L}$ . Las concentraciones m1s altas,  $> 1 \mu\text{g/L}$ , se registraron en tres transectas con un n1cleo ubicado en las 5 mn de T1, y n1cleos costeros en T17 y T37, este 1ltimo subsuperficial. De las transectas



restantes, en nueve de ellas los m3ximos superaron los 0,5  $\mu\text{g/L}$ , T5, T7, T11 a T15 en n3cleos que no sobrepasaron los 30 m, m3s de T31 a T35 con n3cleos hasta los 50 m, m3s un n3cleo subsuperficial ubicado a 50 m en las 40 mn de T9. En las siete restantes: T3, y entre T21 y T29 se registraron valores m3ximos  $> 0,2 \mu\text{g/L}$ .

#### f) Distribuci3n vertical de fluorescencia *in vivo*

La distribuci3n vertical de la fluorescencia *in vivo* (fliv) se presenta en las **Figuras 32 y 33**. La fliv present3 poca variaci3n bajo los 30 m con valores entre  $< 0,2$  y  $> 1$  volt, y en la capa de los primeros 20-30 m se registraron n3cleos de fliv  $> 2$  volt en todas las transectas. Estos n3cleos en su mayor3a estuvieron presentes a trav3s de las 20 mn, y tuvieron una clara tendencia a profundizarse a medida que se alejan de la costa, siendo esto m3s evidente en las transectas T3, T5, T9, T11 y T17 a T37, donde la prolongaci3n subsuperficial del n3cleo se ubic3 entre los 15 y 50 m de las estaciones m3s oce3nicas. Los valores m3s altos de las estaciones oce3nicas se observaron en T19,  $> 5$  volt, 40 mn y en T17,  $> 10$  volt, 20 mn.

Los n3cleos costeros de mayores valores,  $> 5$  volt, estuvieron presentes en la mayor3a de las transectas, esto es en: T1, T5, desde T9 a T19 y de T 23 a T29. Estos n3cleos tuvieron una extensi3n variable abarcando una estaci3n, como los costeros en T5, T11 y T17, en las 5 mn como en T13, en las 10 mn como en T9, hasta abarcar las 20 mn como en T17. Los valores m3s altos,  $> 10$  volt, se registraron en la estaci3n E2 de T1, E40 de T15, E44 (20 mn) y E46 (5 mn) de T17, y E78 de T29.

Los n3cleos de menores valores se registraron en las transectas T3 y T37 con m3ximos  $> 2$  y  $> 3$  volt respectivamente.



### **g) Asociaci3n cloa v/s fliv**

El ploteo de los datos de la distribuci3n superficial (**Figura 34a**) muestra claramente que hay dos tendencias superpuestas. En la nube de puntos de la izquierda la cloa tiene notoriamente valores m1s altos que la fliv, mientras que en la nube de la derecha la asociaci3n es inversa, los valores de fliv son mayores que la cloa, siendo adem1s la que agrupa la mayor cantidad de datos. En este sentido, llama la atenci3n que los datos de la izquierda en la figura corresponden s3lo a estaciones costeras, las que se ubicaron entre punta Hornos y caleta Camarones, sin ser todas las del sector, de hecho s3lo fueron contiguas en el sector costero aquellas entre los 21°30' y 22°30'S.

Por otra parte, el gr1fico de distribuci3n de todos los datos disponibles de la vertical (**Figura 34b**) muestra una gran dispersi3n de los datos ( $R^2 = 0,5$ ). Aunque no se ve claramente la presencia de dos grupos de estaciones como en la distribuci3n superficial, queda claro que a medida que la concentraci3n de cloa aumenta o el valor de fliv, la dispersi3n tambi3n, es por esto, y como no podemos establecer la raz3n de esta situaci3n a partir de los datos disponibles, es que se decidi3 utilizar la informaci3n de fliv s3lo como una referencia en la distribuci3n pigmentaria.

## **1.3 Informaci3n satelital del periodo del crucero**

### **a) Temperatura superficial del mar**

La TSM satelital promedio semanal se muestra en la **Figura 35**. En la primera semana del mes, el sector oce1nico entre Arica e Iquique present3 las mayores temperaturas superficiales (TSM) de la zona de estudio, las que fueron mayores a 22°C hasta los 73°W. Una banda costera con TSM de 17° a 19°C se observ3 entre el sur de Per3 y Mejillones. Esta banda costera de agua m1s fr3a se proyect3 hacia el oeste en forma



de lengua de surgencia en una peque1a 1rea al sur de Iquique. Desde Antofagasta al sur se registran bajas TSM en la costa que fueron menores a 16°C.

En la segunda semana se mantiene la distribuci3n b1sica de TSM, es decir las mayores en el sector oce1nico y las menores en la costa, sin embargo se aprecia un aumento de los valores en general en toda la zona, pues aparece un peque1o foco de 23°C en los 19°S, mientras que la isoterma de 21°C se ha desplazado hacia el sur hasta los 23°30'S. La costa mantiene una distribuci3n de TSM similar a la semana anterior, con TSM de 16° a 18°C, destac1ndose no obstante una lengua de agua fr1a (< 20°C) que se adentra hacia el sector oce1nico al sur de Iquique.

En la tercera semana del mes se incrementan las TSM, pues aparecen varios focos de 23°C, como tambi3n aumentan las temperaturas superficiales al oeste de los 74°W. En la costa, la temperatura tiene tambi3n un leve aumento a valores entre 17° y 19°C, pero manteni3ndose cercanos a 16°C al sur de Antofagasta.

La 1ltima semana presenta un foco de 23°C mucho m1s amplio que en la semana anterior, form1ndose adem1s focos de 24°C de menor 1rea frente a Iquique. As1 tambi3n se ve incrementada la TSM al oeste de los 73°W y tambi3n hacia el sur de Antofagasta centrado en los 71°W, donde se forma un foco de TSM de 20°C por primera vez en el mes. Las TSM costeras frente a Arica y hasta los 19°S aumentaron a cerca de 20°C, pero hacia el sur se mantienen similares a las semanas anteriores.

#### **b) Anomal1a del Nivel del mar y circulaci3n geostrofica superficial**

La figura de velocidad geostrofica superficial y anomal1a del nivel del mar de un d1a de cada semana del mes, durante el crucero, se presentan en la **Figura 36**. Durante la primera semana del mes hay dominio de una corriente de tipo meandro, donde el flujo es hacia el oeste en los puntos donde est1n presentes los filamentos observados en



TSM y clorofila. Este tipo de circulaci3n fue favorecida por la presencia de anomalías del nivel medio del mar (ANMM) negativas hacia el oeste ( $< -5$  cm) y positivas hacia el sector costero ( $\sim 4$  cm). El área de la península de Mejillones fue la de mayor divergencia desde la costa. Una corriente hacia el sur se marca a lo largo entre la costa y hasta los  $72^{\circ}\text{W}$ , con ANMM positivas que aumentan de norte a sur desde  $+3$  cm hasta  $> +5$  cm en el sector de Antofagasta. El flujo geostrófico fue menos intenso en el sector norte,  $5$  cm/s, y aumenta hasta  $> 10$  cm/s en una estrecha franja centrada en los  $71^{\circ}\text{W}$  entre Iquique y el límite sur de la zona. En el sector oceánico hubo un amplio predominio de valores negativos de ANMM que dieron forma a estructuras de meso escala de tipo ciclónicas centradas en el eje de los  $74^{\circ}\text{W}$ .

La estructura general de meso escala señalada para la primera semana tiende a mantenerse en las siguientes tres semanas del mes, con algunas variaciones en la ANMM y en las velocidades, principalmente. Es así como en la segunda semana las anomalías positivas en la costa se debilitan desde Iquique al sur, principalmente entre Tocopilla y Mejillones, y hay un incremento de ellas en el borde norte, lo que aumenta la velocidad del flujo geostrófico hasta cerca de  $25$  cm/s. El sector oceánico se mantiene similar a lo observado en la semana anterior, diferenciándose no obstante en que hay velocidades del flujo mayores frente a Arica, en la franja de anomalías cercana a cero, en donde se llega hasta  $20$  cm/s.

La tercera y cuarta semana se incrementan las anomalías positivas en la costa, respecto de la segunda semana, condici3n que se expande hacia el oeste, principalmente hacia la última semana, y que abarca al menos hasta los  $73^{\circ}\text{W}$ . Las estructuras ciclónicas se ubicaron más al oeste y también fueron más débiles entre el límite norte y los  $20^{\circ}\text{S}$ . En el área entre los  $20^{\circ}\text{S}$  y  $22^{\circ}30'\text{S}$ , centrado en los  $74^{\circ}\text{W}$ , se incrementó notoriamente la velocidad del flujo hacia el sur desde  $10$  cm/s hasta  $20$  cm/s.



### c) Clorofila satelital

La cloa satelital promedio semanal se muestra en la **Figura 37**. En la primera semana, la distribuci3n horizontal de la concentraci3n de clorofila satelital mostr3 el desarrollo de una banda costera de concentraciones, en general,  $> 1 \mu\text{g/L}$  con focos m3ximos que superan los  $> 5 \mu\text{g/L}$ . Las 3reas con mayores concentraciones fueron Arica, desde los  $19^{\circ}30'S$  hasta  $20^{\circ}30'S$  Iquique y en el 3rea de Antofagasta. En el 3rea al sur de Iquique, una lengua de concentraciones  $> 1 \mu\text{g/L}$  se prolonga hacia el oeste coincidiendo esto con las estructuras observadas en TSM. En el sector oce3nico de toda la zona predominaron concentraciones mayores a  $0,25 \mu\text{g/L}$ .

La segunda semana registra un aumento de la cloa a lo largo de toda la franja costera productiva, principalmente en el sector de Tocopilla que incrementa hasta cerca de  $1 \mu\text{g/L}$ , mientras que frente a Antofagasta se extiende una lengua de cloa  $> 1 \mu\text{g/L}$  hasta los  $71^{\circ}W$ .

La tercera semana, la cobertura nubosa dificulta la observaci3n, sin embargo se aprecia una tendencia hacia una disminuci3n de la cloa a nivel general en la franja costera, excepto en Arica. Sin embargo, en el sector m3s oce3nico se mantienen niveles de cloa  $> 0,25 \mu\text{g/L}$ , destac3ndose el 3rea oce3nica de Iquique a Tocopilla en donde se supera el valor de  $0,5 \mu\text{g/L}$ .

La cuarta semana disminuye la cloa en Arica pero aumenta hacia el sur en toda la franja costera productiva, destac3ndose esta semana una extensi3n de cloa  $> 1 \mu\text{g/L}$  en los  $21^{\circ}S$  hacia el oeste, como tambi3n frente a la península de Mejillones. En el sector oce3nico aumenta la cloa en el 3rea m3s norte a valores  $> 0,25 \mu\text{g/L}$  con un foco  $> 1 \mu\text{g/L}$  frente a Arica, centrado en los  $72^{\circ}W$ .



## 1.4 Informaci3n satelital hist3rico en los periodos primavera-verano correspondientes a los cruceros RECLAN

### a) Temperatura Superficial del Mar (TSM) satelital y anomalía de TSM de cruceros.

Resultados de cruceros RECLAN anteriores han mostrado que las observaciones de TSM proveniente de satélites (**Figura 38**) est3n cualitativamente dentro de los rangos de TSM obtenidas por mediciones directas en crucero ( $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) donde las mediciones tienen una mayor exactitud pero de menor resoluci3n espacio temporal que los datos satelitales. S3lo en el a3o 1998, con un evento c3lido extremo, se observan algunas diferencias importantes ya que este tipo de mediciones entregan anomalías entre los  $18^{\circ}\text{S}$  y  $23^{\circ}\text{S}$  del orden de  $+5^{\circ}\text{C}$  a  $+6^{\circ}\text{C}$  por sobre la media, mientras que las satelitales s3lo del orden de  $+4^{\circ}\text{C}$ . Una comparaci3n hist3rica resulta compleja con datos de TSM considerando que los cruceros se han realizado en meses distintos. Por otro lado, las anomalías de temperatura *in situ* (**Figura 39**) pueden entregar una mejor descripci3n del desarrollo de eventos an3malos como El Ni3o o La Ni3a ya que las TSM se comparan con promedios hist3ricos mensuales.

En las ATSM, durante diciembre de 2007, con un intenso evento frío La Ni3a, se observa que s3lo el 3rea entre Iquique y caleta Chipana present3 anomalías negativas importantes ( $-2^{\circ}$  a  $-4^{\circ}\text{C}$ ). La limitada extensi3n del muestreo (crucero) hacia el oeste y la alta variabilidad costera, s3lo hace posible notar esta 3rea como una de penetraci3n de aguas oce3nicas de menor temperatura que el promedio hist3rico, conducidas por corrientes que convergen hacia la costa. La imagen satelital de TSM muestra el desarrollo de surgencias, especialmente al sur de Iquique y la formaci3n de una banda costera de aguas frías. Esta banda present3 temperaturas s3lo comparables a las observadas durante enero de 1996. Por otro lado, las anomalías de TSM no son tan intensas como las de crucero pero si significativas ( $-1^{\circ}$



a  $-2^{\circ}\text{C}$ ). En diciembre de 2008, se observaron anomalías negativas de hasta  $-2^{\circ}$  asociadas a la proyección de lenguas de surgencia hacia el oeste ( $19^{\circ}$ - $20^{\circ}\text{C}$ ) en  $21^{\circ}\text{S}$  (punta Lobos) y  $23^{\circ}\text{S}$  (Mejillones). Se presentó también una penetración de aguas del tipo Subtropical hacia la costa ( $\sim 22^{\circ}\text{C}$ ) frente a Antofagasta. En diciembre de 2009 se midieron anomalías negativas en una estrecha franja costera entre el límite norte y los  $23^{\circ}\text{S}$ , con una extensión hacia el oeste entre los  $20^{\circ}$  y  $21^{\circ}30'\text{S}$ . Sin embargo, se destacan focos de anomalías positivas de  $+2^{\circ}$  en los  $19^{\circ}\text{S}$  y otro desde los  $22^{\circ}30'\text{S}$  hasta el límite sur, con máximos de hasta  $+3^{\circ}$  y  $+4^{\circ}\text{C}$  frente a Antofagasta.

## b) Anomalía de Salinidad

La distribución espacial de las anomalías de salinidad (**Figura 40**) muestran un comportamiento asociado a la diferencia entre el sector costero y oceánico, donde las anomalías mayores aparecen en la banda muy costera ( $\pm 0,1$  a  $\pm 0,3$ ) en forma de frente. Estos valores observados se incrementan positivamente en enero de 1995 ( $+0,5$ ) y especialmente intenso es en enero de 1998 con valores del orden de  $+0,5$  a  $+0,9$ . El resto de los cruceros se comporta relativamente neutro ( $\pm 0,1$ ) o con valores negativos asociados a focos costeros ( $0$  a  $-0,3$ ). En el mes de diciembre de 2007 se registraron anomalías de hasta  $-0,4$  en el sector central de la zona, mientras que en el extremo norte, Arica, predominaron anomalías negativas de  $-0,2$  a  $-0,3$ .

Durante diciembre de 2008, los mayores valores positivos de anomalías de salinidad observadas fueron  $<0,1$ , asociadas a área de Tocopilla, y representando la entrada de agua oceánica hacia la banda costera. En forma inversa valores del orden de  $-0,4$  fueron observados entre el sur de Iquique y punta Lobos asociados a la advección de agua de menor salinidad hacia fuera de la costa producto de la surgencia costera. Diciembre de 2009 marca una condición distinta a la encontrada en los cruceros de diciembre de los últimos 7 cruceros, ya que presenta anomalías positivas de hasta



+0,2 en la parte norte y de hasta +0,4 en la parte sur, valores que, junto a la extensa área que abarcan, señala una condición clara de un periodo de mayor salinidad. Sólo el sector entre caleta Buena y punta Lobos registra anomalías negativas, coincidentes éstas con las anomalías negativas de TSM.

### **c) Profundidad de la isoterma de 15°C (cruceros RECLAN)**

La anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C (**Figura 41**) señala que durante enero y noviembre de 1996, enero y diciembre de 2000 y diciembre de 2001 fueron periodos de ascenso de las isolíneas, especialmente fuera del talud, mientras que en noviembre de 1998 y enero de 1995, se produjo una profundización de las isolíneas, siendo extremo este hundimiento durante el crucero realizado en enero de 1998. Una situación contraria, pero no tan intensa, ocurre en diciembre de 2007 donde en general la 15°C tuvo anomalías de 10 a 30 m, sobre el nivel promedio (anomalías negativas), entre Arica y punta Arenas. Durante diciembre de 2008, la anomalía presentó rasgos de hundimiento (~10 a 30 m de su profundidad típica) en el área frente a Tocopilla y a península de Mejillones, mientras que procesos de ascenso (~ -10 a -30 m) fueron observados en las áreas entre Arica e Iquique, el sur de Iquique y en punta Lobos. Diciembre de 2009 presenta dos focos principales de anomalías positivas de hasta +20 m, uno en el sector oceánico entre Arica y los 19°30'S y el otro entre punta Grande y punta Coloso. Un foco de anomalías negativas significativas de -10 hasta -20 m se posicionó entre Iquique y caleta Chipana.



#### **d) Circulaci3n geostr3fica cruceros RECLAN**

A partir del crucero RECLAN de diciembre de 2001 existe informaci3n de anomalía de nivel del mar y de velocidad geostr3fica derivados de altimetría satelital. La informaci3n de esta variable para todos los cruceros se presenta en la **Figura 42**.

Diciembre de 2001 se caracterizó por la entrada de un flujo hacia la costa al sur de Arica que predominó durante la mitad del período de muestreo, asociada a este, una semicircunferencia ciclónica mostr3 la posible presencia de un filamento que no fue registrado en la TSM. Entre los 21° y 22°S un flujo divergente sali3 del sector costero provocando la presencia de una lengua de reducido tamaño de aguas frías que se proyect3 desde la costa. Adem3s, estuvo presente un giro anticicl3nico justamente en el extremo de la península de Mejillones asociado probablemente a una lengua de surgencia. Al sur de Antofagasta, nuevamente, se present3 una corriente hacia la costa. Este tipo de corrientes, que presionan contra la costa, tienden a debilitar la surgencia costera y su manifestaci3n en TSM y cloa, al generar anomalías positivas de TSM y acercar aguas pobres en nutrientes a la costa.

En febrero de 2007, con una surgencia intensa, la zona de estudio muestra 3 áreas. Al norte de los 21° S la corriente geostr3fica principal apunt3 hacia fuera de la costa, por lo tanto la divergencia del flujo fue consistente con la proyecci3n desde la costa de grandes lenguas de aguas surgentes. Entre los 21° y 23°S el flujo principal de la corriente fue hacia la costa, generando una convergencia en la costa por lo que la banda costera de aguas frías est3 comprimida tal como lo muestra la TSM y las anomalías de TSM.

Durante diciembre de 2007, los valores variaron entre -6 y 6 cm asociados a estructuras de mesoescala especialmente ciclónicas. Durante la primera quincena de diciembre entre Arica y los 21°S las corrientes convergieron hacia la costa, para



posteriormente prevalecer la direcci3n sur asociados al desprendimiento de un giro cicl3nico. En los 22°S, se present3 un 3rea de divergencia asociada a una estructura anticicl3nica que vuelve hacia la costa desde Antofagasta al sur.

Para diciembre de 2008, se repiti3 un esquema de circulaci3n similar al observado en diciembre de 2007. Durante la primera quincena, corrientes hacia el sur se observaron entre Arica y los 21°S, una importante divergencia desde la costa se observ3 entre los 21°y 22°S. Esta divergencia esta asociada a una estructura anticicl3nica que produjo que las corrientes se volvieran hacia la costa desde Antofagasta hacia el sur. A partir del d3a 10 de diciembre esta estructura se desprende de la costa en forma de un giro anticicl3nico.

Diciembre de 2009 muestra una predominancia de valores positivos de anomal3a del nivel del mar entre la costa y los 71°30'W, con un m3ximo en los extremos norte y sur y con una tendencia hacia valores m3s neutros el sector costero de los 21° a 23°S. Al oeste de los 71°30'S las anomal3as son negativas pero en general menores a 5 cm. La velocidad del flujo es en general menor a 10 cm/s en toda la zona, aunque se presentan mayores valores en la figura de la primera semana. Se caracteriza este mes por presentar un flujo principalmente hacia el sur. No hay presencia de estructuras de meso escala bien desarrolladas o intensas.

#### **e) Ox3geno Disuelto**

Al comparar resultados de los cruceros RECLAN, tomando en cuenta que los eventos de surgencia son episodios locales, los focos de bajo OD que han sido m3s frecuentes son los presentados en la **Tabla 7**.

El ox3geno disuelto habitualmente ha presentado focos de concentraciones < 5 ml/l a lo largo de la costa, los que var3an en intensidad y ubicaci3n entre los a3os, mientras



que, la isolínea de 1 ml/l como representaci3n del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto, en años promedio se ha ubicado entre los 50 y 100 m. En enero de 1996 (frío), la mayor parte del sector costero presentó bajas concentraciones de OD a nivel superficial a completa diferencia del crucero de enero 1998 donde los valores > 5 ml/l ocuparon los primeros 25 a 50 m replegando la capa de mínimo oxígeno bajo los 100 m, situaci3n similar a lo observado en noviembre del mismo año.

En general, observando las distribuciones de los distintos cruceros desde 1995 a 2009, los sectores desde Arica a caleta Chipana y desde la península de Mejillones a Antofagasta, son donde ha sido más frecuente la presencia de aguas pobres en OD, seña de actividad de surgencia con participaci3n de AESS en la mezcla.

En lo que respecta al crucero de diciembre de 2007, éste presentó un similar comportamiento al observado en febrero del mismo año y al de diciembre de 2001. En diciembre de 2008 a pesar de que el gradiente óxico en gran parte del sector costero estuvo en general cercano a la superficie, las concentraciones bajas de OD no llegaron a este nivel, repitiéndose sólo punta Lobos como sector de afloraci3n de aguas con bajo OD. En diciembre de 2009 prácticamente toda la banda costera de las primeras 5 mn entre los 19°S y los 23°S presentó focos de menor OD, indicando una participaci3n de AESS en la zona, similar a lo observado en enero 1996 y diciembre de 2000 años fríos.

#### **f) Clorofila-a**

En cuanto a la distribuci3n de clorofila-a (cloa) en estos cruceros, por lo general ha sido habitual registrar focos costeros de valores > 1 µg/L, observándose las mayores concentraciones en los años 1995, 2000 y 2007 (**Tabla 8**).

Una característica de las distribuciones de cloa ha sido el presentar una mayor



proporci3n de m3ximos subsuperficiales, observ3ndose en enero de 1998 una situaci3n at3pica donde la mayor parte de los n3cleos de cloa se ubicaron claramente m3s profundos, con concentraciones m3ximas centradas en los 25 m. En los restantes periodos, habitual ha sido encontrar estos n3cleos de m3ximas concentraciones a una menor profundidad, principalmente entre los 5 y 10 m.

La clorofila integrada observada durante los cruceros, muestra variaciones entre a3os y entre costa y oc3ano. En general, los valores observados fuera de las 10 mn de la costa var3an entre 10 a 50 mg/m<sup>2</sup>, mientras que en la costa los valores fluct3an entre 60 y > 200 mg/m<sup>2</sup>. En enero de 1995 y febrero de 2007 se presentaron valores m3s altos al promedio, con 50 a 100 mg/m<sup>2</sup> en el sector oce3nico y 250 a > 500 mg/m<sup>2</sup> en la costa. Estos altos valores en ambos casos, corresponden a un solo parche los que se localizaron en punta Lobos y Tocopilla respectivamente. Le siguen en importancia de concentraci3n los cruceros de diciembre de 2007 y enero de 2000 donde los m3ximos se ubicaron en Pisagua e Iquique respectivamente. El crucero de diciembre de 2008 a pesar que presenta una amplia cobertura de n3cleos importantes, 3stos casi en su totalidad est3n en el rango > 1 a < 10 µg/L, lo que lo hace similar a lo observado en los cruceros de diciembre de 2000 y 2001. El crucero de diciembre de 2009, aunque con una menor cobertura, present3 mayores concentraciones que el de 2008, superando los 150 mg/m<sup>2</sup> entre punta Patache y los 22°40'S, pero sin llegar la los niveles de diciembre de 2007.

La distribuci3n espacial ha sido en general en forma de bandas paralelas a la costa con n3cleos importantes asociados a 3reas caracter3sticas a trav3s de los a3os como: entre Arica a Pisagua, Iquique a punta Lobos, punta Arenas a Tocopilla y en menor medida Mejillones y Antofagasta.



## 1.5 Condiciones regionales (Pacífico Ecuatorial)

El a1o 2009 comenz3 con condiciones superficiales frías en el Pacífico Ecuatorial (**Figura 43**) como consecuencia de una reactivaci3n del evento La Ni1a 2007/2008, el cual parecía haber entrado en declinaci3n hacia mediados de 2008, lo que es mostrado por la disminuci3n de las anomalías negativas y del Índice Multivariado Ecuatorial (MEI) (**Figuras 43 y 44**). Anomalías negativas de TSM se presentaron en todos los sectores Ni1o desde el mes de noviembre de 2008 y se mantuvieron hasta marzo de 2009, sin embargo en febrero se había dado inicio a una notable tendencia hacia una normalizaci3n del sistema, donde sólo el sector Ni1o 1+ 2 tuvo una alternancia en el tipo de anomalía en los tres primeros meses del a1o (**Figura 43**). A partir del mes de abril de 2009 ya todos los sectores Ni1o presentaron anomalías de TSM positivas, lo que marc3 el fin del evento frío entrando desde ahí en una condici3n normal (valores de anomalías menores a 0,5°C), como así también el MEI cambio a un valor positivo a partir de ese mes (**Figura 44**).

A partir de abril el Océano Pacífico Ecuatorial entr3 claramente en una condici3n neutra, donde la mayor parte de los indicadores volvieron a valores normales. Solamente la costa sudamericana (costa peruana) present3 condiciones propias de un evento frío. El MEI ese mes marc3 valores positivos por primera vez desde mediados del 2008 (**Figura 42**).

Aun cuando en los meses siguientes se dieron condiciones neutras en la mayor parte del Océano Pacífico, las condiciones oceanográficas y meteorológicas tuvieron un rápido tránsito hacia una condici3n más cálida como respuesta a un debilitamiento de los vientos alisios en la regi3n. La evoluci3n presentada por parámetros utilizados para caracterizar El Ni1o marc3 condiciones típicas de la etapa previa al inicio de un nuevo evento cálido, registrándose en junio una tendencia firme hacia el evento cálido, con desviaciones térmicas de hasta + 1°C en las tres regiones Ni1o (**Figura**



**43).** Valores positivos se mantuvieron en el MEI desde abril y 3stos se prolongaron hasta el fin de la serie (mayo 2010), con un m3ximo en el mes de febrero de 2010 (**Figura 44**).

En julio de 2009, las condiciones oceanogr3ficas y meteorol3gicas indicaron el inicio de El Ni3o de intensidad d3bil en el Oc3ano Pac3fico ecuatorial, sin embargo en agosto las condiciones fueron m3s fr3as que lo normal en la parte occidental. En este sentido, de oeste a este en el sector ecuatorial, los valores del 3ndice semanal de anomal3as de TSM fluctuaron desde  $-0,4^{\circ}\text{C}$  en la regi3n del El Ni3o 4,  $-0,8^{\circ}\text{C}$  en el El Ni3o 3+4, hasta  $+0,7^{\circ}\text{C}$  en la regi3n del El Ni3o 1+2 (**Figura 43**).

Hacia octubre de 2009, las anomal3as de la TSM en el Pac3fico ecuatorial central (Ni3o 3, 4 y 3.4) superaron  $+1^{\circ}\text{C}$ , sin embargo ese mismo mes en el sector Ni3o 1+2 se registraron anomal3as negativas cercanas a  $-1^{\circ}\text{C}$ . Hacia noviembre de 2009 se presentaron anomal3as positivas en el sector Ni3o 1+2 que alcanzaron los  $+1,5^{\circ}\text{C}$ . En este sentido, se destaca el sector Ni3o 1+2 que present3 una condici3n variable desde septiembre de 2009, registrando anomal3as en general positivas pero con eventos de fase negativa a principios de octubre, a mediados de diciembre, y en el 2010 a principios de febrero y en marzo, para mantenerse en esa fase desde mediados de mayo. S3lo el sector Ni3o 4 mantuvo anomal3as positivas hasta fines de mayo de 2010, pero en los sectores Ni3o 3 y 3.4 ya son negativas desde mediados de mayo (**Figura 44**).

Utilizando el MEI (**Figura 44**) para una comparaci3n hist3rica del marco ambiental en el momento de la realizaci3n de los cruceros RECLAN, el indicador se3ala que aquellos realizados en enero y noviembre de 1996, diciembre de 1998, enero y diciembre de 2000 estaban en una fase fr3a del 3ndice. Por otro lado, los cruceros realizados en enero de 1995 y 1998 estaban en per3odos c3lidos del oc3ano, especialmente notorio es enero de 1998 que present3 uno de los eventos El Ni3o



m3s intenso que se haya registrado. Diciembre de 2001 y febrero de 2007 representan per3odos de transici3n hacia los valores positivos y negativos del 3ndice, respectivamente. A partir de marzo de 2007 el 3ndice se proyect3 hacia valores negativos, indicando el desarrollo de un intenso evento de La Niña. Este 3ndice muestra que La Niña alcanz3 el pico m3ximo en los meses del verano austral de 2008 y a continuaci3n la entrada del oc3ano Ecuatorial a una fase fr3a de duraci3n mayor a 1 aña, por lo que el crucero de diciembre de 2008 se realiz3 dentro de un periodo fr3o. El crucero RECLAN de diciembre de 2009 se inserta en el centro de un periodo c3lido El Niño, el cual va desde mayo de 2009 a mayo de 2010 y alcanza una intensidad moderada.

## **2. *Determinaci3n de la oferta ambiental de alimento entre la XV y II Regiones durante la primavera de 2009 (Objetivo B3)***

### **2.1 Componente Microfitoplanct3nica**

Se identific3 un total de 122 especies microfitoplanct3nicas (20-200  $\mu\text{m}$ ), de las cuales 41 correspondieron a diatomeas formadoras de cadena y 15 a diatomeas solitarias. Entre las formas en cadena los g3neros m3s importantes, por el n3mero de representantes, fueron *Chaetoceros* (12 especies) y *Rhizosolenia*, mientras que *Coscinodiscus* represent3 a especies solitarias. Los tamaños de las diatomeas en cadenas fluctuaron entre 45 y 803  $\mu\text{m}$ , con un promedio cercano a 300  $\mu\text{m}$ . Las formas solitarias exhibieron menores magnitudes, pero en promedio tambi3n alcanzaron tamaños cercanos a 300  $\mu\text{m}$  debido a la presencia de las especies del g3nero *Lioloma* (**Tabla 9**).

Los microflagelados estuvieron representados por 64 especies y 2 g3neros, destacando el dominio de los representantes tecados. Los g3neros m3s importantes



fueron *Ceratium*, *Protoperdinium* y *Dinophysis*, con 20, 12 y 7 especies respectivamente. El espectro de tamaño de este grupo fluctuó entre 25 y 775  $\mu\text{m}$ , con un promedio cercano a 140  $\mu\text{m}$ , destacando el género *Ceratium* con las mayores longitudes (**Tabla 10**).

La abundancia fitoplanctónica total, considerando los valores integrados por estación, fluctuó entre 2,2 y 1.016,4 cél/mL (**Tabla 11**). Las diatomeas exhibieron las mayores concentraciones celulares, con un máximo de 955,7 cél/mL, realizando un aporte porcentual promedio al total superior al 80%. Los flagelados presentaron un máximo de 325,4 cél/mL con un aporte promedio a la abundancia total de 15%. Este grupo alcanzó mayores densidades en el sector norte del área de estudio (entre Arica y Chipana) donde su aporte porcentual promedio fue cercano al 30% (**Tabla 11**).

El espectro de tamaño promedio fluctuó entre un mínimo de 91 y un máximo de 339  $\mu\text{m}$ . Las diatomeas, dada la dominancia de formas en cadena, exhibieron un rango promedio entre 98,1 y 500,7  $\mu\text{m}$ , mientras que los flagelados presentaron tamaños entre 84,2 y 177,4  $\mu\text{m}$  (**Tabla 12**).

El análisis de la distribución espacial de la abundancia de diatomeas, reveló la presencia de las mayores concentraciones celulares ( $> 500$  cél/mL) en el sector entre Tocopilla y Mejillones y entre 1 y 10 mn de la costa. Hacia el norte, en la zona costera predominaron concentraciones cercanas a 100 cél/ml las que disminuyeron a 10 cél/ml en las estaciones localizadas entre 20 y 50 mn. Sólo un pequeño núcleo mayor a 300 cél/ml fue registrado a 1 mn frente al sector de Pta. Lobos ( $21^{\circ}00'S$ ). Hacia el sur de Mejillones las densidades celulares se mantuvieron en el rango de 300 cél/ml, entre 1 y 10mn, y 10 cél/ml en las estaciones localizadas a 20 mn (**Figura 45A**).

Al analizar la distribución del espectro de tamaños, se observó que las formas con tamaños promedio inferiores a 200  $\mu\text{m}$  estuvieron asociados a las mayores



concentraciones, mientras que las diatomeas que dieron cuenta de las menores densidades presentaron longitudes promedio que fluctuaron entre 250 y 400  $\mu\text{m}$  (**Figura 45B**).

La distribuci3n vertical de este grupo revel3 la presencia de un gradiente latitudinal caracterizado por el aumento de las abundancias. En general las m3ximas se localizaron en el estrato entre la superficie y los 10 m de profundidad y fueron repleg3ndose hacia las estaciones m3s costeras hacia el sur de los 21°00'S. En todas las transectas fue evidente, adem3s, un pronunciado gradiente de disminuci3n vertical que se manifest3 desde los 10 m de profundidad entre Arica e Iquique, y a partir de los 20 m desde Iquique al sur (**Figura 46**).

Respecto de la distribuci3n vertical de los tamaños, tambi3n fue posible observar un gradiente latitudinal, pero caracterizado por la disminuci3n de las longitudes de las diatomeas. No obstante, en la zona costera (1-10 mn) la columna de agua de toda el 3rea de estudio estuvo dominada por formas de menor tamaño, excepto desde Antofagasta al sur, donde la distribuci3n fue m3s homog3nea. De igual manera las diatomeas de mayor tamaño se localizaron en las estaciones m3s alejadas de la costa entre Arica e Iquique, y hacia el sur se detectaron a mayor profundidad (**Figura 47**).

La distribuci3n horizontal de la abundancia de los flagelados revel3 la presencia de un n3cleo con concentraciones superiores a 300 c3l/ml localizado en el 3rea circundante a Pta. Lobos, entre 20°40' y 21°10'S, generando un fuerte gradiente costa afuera que alcanz3 10 c3l/ml a 20 mn. Estas bajas concentraciones dominaron el resto del 3rea, repleg3ndose hacia la costa al norte y sur de los 21°00', s3lo en Arica se registr3 a 1 mn un foco cercano a 100 c3l/ml (**Figura 48A**).

En cuanto al espectro de tamaños de las formas flagelados, en general toda la zona costera estuvo dominada por organismos de tamaño inferior a 120  $\mu\text{m}$ , las cuales



frente a Arica fueron registradas hasta 50 mn de la costa (**Figura 48B**).

La distribuci3n vertical de la abundancia de los flagelados se caracteriz3 por presentar las m3ximas muy restringidas a los primeros 5 m de profundidad y a las estaciones costeras (1-5 mn). Si bien este grupo exhibi3 tambi3n un gradiente de disminuci3n de las concentraciones con la profundidad, debido a sus menores magnitudes 3ste no fue tan pronunciado, excepto en la zona donde el grupo exhibi3 las mayores abundancias (**Figura 49**).

La estructura de tama1o de los flagelados en la componente vertical no exhibi3 un patr3n com3n. En el sector norte, entre Arica y norte de Pisagua (Transectas 1-8), las formas de mayor tama1o se registraron en toda la columna de agua aproximadamente hasta 40 mn de la costa. Entre Pisagua y Mejillones (Transectas 9-32) los individuos de menor longitud se distribuyeron en el sector costero, mientras que las formas grandes se presentaron en las estaciones m3s oce3nicas y a mayor profundidad. Hacia el sur de Antofagasta, los flagelados de tama1o inferior a 120  $\mu\text{m}$  fueron localizados principalmente en el estrato superficial y entre 1 y 10 mn de la costa (**Figura 50**).

### 2.1.1 An3lisis de la informaci3n

Las diatomeas m3s importantes por sus porcentajes de aporte a la abundancia total por transecta, se presentan en la **tabla 13**. Las especies *Bacteriastrum delicatulum*, *Chaetoceros compressus*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* y *Thalassiosira angustilineata* ocurrieron en toda el 3rea de estudio, exhibiendo variaciones latitudinales en sus abundancias que permitieron, junto a otras especies de ocurrencia m3s limitada, caracterizar los grupos definidos por el an3lisis de agrupaci3n.



Los flagelados más importantes se presentan en la **tabla 14**. Las especies que destacaron por presentar las mayores abundancias fueron *Ceratium furca var. berghii*, *C. declinatum* y *Distephanus speculum*.

Al agrupar la comunidad microfitoplanctónica en función de la abundancia de estas especies importantes, se definieron tres grupos dentro del área de estudio. Un grupo comprendió toda el área de estudio, extendiéndose entre la costa y la región más oceánica desde Arica a Iquique, y ocupando sólo la región de las 20 mn desde Iquique al sur. Esta agrupación se caracterizó por presentar abundancias inferiores a 60 cél/ml y sólo estuvo representado por diatomeas que presentaron concentraciones similares, con *Chaetoceros compressus* como la especie más representativa. Un segundo grupo muy pequeño se localizó entre Iquique y Punta Lobos y reunió a diatomeas y flagelados, con dos especies que exhibieron proliferaciones de carácter mono-específico, *Thalassiosira angustilineata* y *Ceratium furca var. berghii*. El tercer grupo se presentó entre Tocopilla y Mejillones, y reunió a las diatomeas con las mayores abundancias, destacando *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros compressus*, *Bacteriastrum delicatulum* y *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, con densidades celulares promedio superiores a 100 cél/ml (**Figura 51**).

Los resultados del análisis de varianza indicaron la existencia de diferencias significativas entre la abundancia de los flagelados del presente crucero con aquellas registradas en todos los cruceros anteriores (**Tabla 15**), las cuales se debieron a que en febrero de 2007 este grupo presentó concentraciones más altas, y en 2009 superaron a las informadas en diciembre de 2007 y 2008. El análisis también reveló diferencias entre el tamaño de diatomeas de 2009 con 2007, las cuales se generaron por la presencia de ejemplares de mayor longitud durante 2007. Lo mismo ocurrió con las formas flageladas, pero éstas durante 2009 exhibieron tamaños mayores (**Tabla 15**).



## 2.2 Componente Zooplanct3nica

### 2.2.1 Abundancia y espectro de tama1o

La abundancia total de zooplancton fluctu3 entre 24,0 ind/m<sup>3</sup> y 3.198,0 ind/m<sup>3</sup> (**Tabla 16**). La distribuci3n horizontal revel3 la presencia de altos valores restringidos a la franja entre 1 y 10 mn en la mayor parte del 1rea de estudio, con n1cleos que alcanzaron magnitudes superiores a 1.000 ind/m<sup>3</sup>, excepto en la zona circundante a Tocopilla, donde se registr3 el m3nimo a 5 mn (22°20'S). La mayor abundancia se detect3 a 20 mn frente a Arica (3.198,0 ind/m<sup>3</sup>), la que represent3 el 6% de la abundancia total. Al sur de Antofagasta la distribuci3n fue m1s homog3nea (**Figura 52**).

El grupo de los cop3podos de peque1o tama1o fue el que present3 la mayor abundancia (39.988 ind/m<sup>3</sup>), seguidos por huevos esf3ricos de peces, larvas de anelida, y cop3podos grandes que superaron los 1.000 ind/m<sup>3</sup> (**Tabla 17**). El resto de los componentes zooplanct3nicos presentaron abundancia menores a 500 ind/m<sup>3</sup> (**Figura 53**).

El espectro de tama1o fluctu3 entre 0,25 y 10,25 mm. Las mayores abundancias promedio se vieron reflejadas en el rango de tama1o entre 0,25 y 0,75, con 451,7 y 31,4 ind/m<sup>3</sup> respectivamente. Los individuos con tama1os mayores o iguales menores a 2,25 mm exhibieron abundancias medias inferiores a 1 ind/m<sup>3</sup> (**Tabla 18**).



La distribución horizontal de la abundancia de organismos de tamaño inferior a 2,25 mm siguió la misma tendencia que la de las abundancias totales, ya que estas fracciones contribuyeron con más del 80% a la abundancia total (**Figura 54**). Las abundancias de las fracciones mayores mostraron un patrón de distribución caracterizado por el aumento de los valores hacia las estaciones más alejadas de la costa, observándose altos valores al sur de Antofagasta, a 20 mn de la costa, del cual los copépodos grandes fueron responsables (**Figura 55**).

### 2.2.2 Biomasa zooplanctónica

La biomasa promedio del zooplancton fue de 331,3 g/1000 m<sup>3</sup>, exhibiendo un rango entre un mínimo de 34,4 y un máximo de 1.184,0 g/1000 m<sup>3</sup>, valores registrados a 5 mn a los 19°00'S y a 1 mn n los 20°00'S respectivamente.

Longitudinalmente la biomasa media estuvo en el rango de 188,7 g/1000m<sup>3</sup> (40 mn) y 428,5 g/1000m<sup>3</sup> (1 mn) (**Tabla 19**). Latitudinalmente, la menor biomasa media fue observada a 23°20'S con 183,2 g/1000 m<sup>3</sup> y la mayor a 18°25'S con 554,4 g/1000 m<sup>3</sup> (**Tabla 20**). Al examinar el campo de biomasa global se observan los mayores valores asociados a la franja costera (**Figura 56**).



### **3. Caracterizaci3n de los componentes tr3ficos planct3nicos de la dieta de *Engraulis ringens* del norte de Chile.**

Se analiz3 un total de 126 est3magos de anchoveta, distribuidos en 10 lances de pesca para la zona considerada entre Arica y Antofagasta (**Figura 57**). El total de est3magos analizados se distribuy3 en tres clases de talla, correspondiendo 18 ejemplares menores a 80 mm de longitud total, 58 entre 80 y 120 mm y 50 mayores a 120 mm. Dado el n3mero de muestras que se obtuvo en las capturas, no se pudo cumplir con el tama1o m3nimo de 30 ejemplares por rango de talla en cada lance (**Tabla 21**). Los lances 12 y 28 no fueron considerados en el an3lisis de la composici3n tr3fica de anchoveta en forma particular debido a que en cada lance se obtuvo 3 ejemplares.

#### **3.1 Componente Microfitoplanct3nico de la dieta**

Se identific3 un total de 38 taxa de presa fitoplanct3nicos en el total de est3magos analizados, de los cuales 21 correspondieron a diatomeas y 17 a formas flageladas. En t3rminos de abundancia, las presas dominantes fueron las diatomeas con dos especies, *Coscinodiscus centralis* y *Thalassiosira angustelineata*, que dieron cuenta de m3s del 60% de la concentraci3n total, con valores de 3.729,4 y 4.770,3 c3lulas respectivamente. Los taxa presa correspondientes a flagelados exhibieron abundancias en orden de magnitud inferiores realizando un aporte porcentual promedio inferior a 1%. Entre 3stos *Ceratium declinatum*, *C. furca* var. *berghii* y *Protoperdinium depressum* presentaron concentraciones superiores a 100 c3lulas. Estas especies, tanto de diatomeas como de flagelados, mostraron los mayores 3ndices de importancia num3rica, siendo superiores a un 8% y 3% respectivamente (**Tabla 22**).



Respecto de la frecuencia de ocurrencia, las especies de diatomeas que presentaron las m3ximas abundancias exhibieron los mayores porcentajes de ocurrencia (76,1 y 63,0% respectivamente), destacando adem3s, con porcentajes superiores a 10%, *Actinocyclus curvatulus*, *Coscinodiscus radiatus*, *Planktoniella sol* y *Proboscia indica*, cuyos 3ndices de importancia num3rica estuvieron entre 3 y 4%. En el grupo de los flagelados *Ceratium declinatum* present3 el mayor porcentaje de ocurrencia (34,8%), y *Protoperidinium conicum* con *Protoperidinium depressum* se presentaron en m3s del 20% de los est3magos analizados. Otras especies, con una ocurrencia superior al 10%, fueron *C. furca var. berghii*, *Prorocentrum micans* y *Protoperidinium claudicans* (**Tabla 22**).

El an3lisis latitudinal por zonas de pesca, revel3 que las mayores abundancias estuvieron en la zona de Arica (18°24'S), Chipana (21°18'S) y Punta Hornos (23°00'S), donde destacaron *Coscinodiscus centralis* y *Thalassiosira angustelineata* con concentraciones superiores a 2.000 c3lulas (**Tabla 23**).

Estas zonas de alta concentraci3n, exhibieron, adem3s, la mayor riqueza de presas con un m3ximo de 25 en Punta Hornos (23°00'S). Otras zonas de pesca con riqueza superior a 10 presas se localizaron al norte de Arica, en los 18°27'S, y al sur frente a los 23°24'S (**Tabla 24**). La diversidad tr3fica en anchoveta por zona de pesca fluctu3 entre 0 y 2,95. El valor m3nimo se debi3 a que en la latitud 18°35'S se registr3 s3lo una especie presa, probablemente por el bajo n3mero de est3magos analizados, mientras que el m3ximo, detectado en la zona de Chipana (21°18'S) se debi3 a la mayor uniformidad en la abundancia de las presas presentes en los est3magos. Una situaci3n similar se detect3 en las zonas de pesca localizadas a 18°27'S y a 23°24'S. Por el contrario, en aquellos sectores donde los est3magos presentaron las concentraciones m3s altas, la diversidad tr3fica fue baja (**Tabla 24**), ya que s3lo una especie dio cuenta de m3s del 70% de la abundancia.



El análisis de la contribución porcentual de los principales taxa de presa fitoplanctónicas por zona de pesca, considerando diatomeas con un aporte a la dieta superior a 5% y flagelados con un aporte mayor a 2% (**Figura 58**), corrobora los valores de diversidad trófica registrados. En la figura se observa que en la zona de Arica (18°24'S) la dieta de la anchoveta estuvo dominada por *Coscinodiscus centralis* y en Punta Hornos (23°00'S) por *Thalassiosira angustelineata*, ambas con porcentajes de aporte superior al 70%, a diferencia de lo detectado en las zonas de pesca intermedias, donde las contribuciones porcentuales entre las presas fueron similares.

El dendrograma resultante del análisis de similitud dietaria entre zonas de pesca, reveló la existencia de una baja sobreposición, con valores de similitud inferiores al nivel de similitud trófica significativa (60%). Sin embargo, se habrían conformado dos grupos tróficos. El primero grupo (GI-54,3%) correspondió a las zonas de pesca localizadas al sur, entre los 21°18'S y 23°14'S, las cuales compartieron la mayor riqueza de presas y abundancia, con un total de 11 presas comunes con concentraciones similares, entre las que destacó *T. angustelineata*. El segundo grupo (GII-53,8%) reunió las zonas de pesca del extremo norte (18°24'S y 18°27'S) y el área entre Pta. Lobos y Cta. Chipana (21°13'S) las cuales presentaron una riqueza de presas inferior a 16 y una abundancia más baja. Las presas comunes fueron 5, entre las que destacó *C. centralis*. El resto de las zonas de pesca no formaron ninguna agrupación y mostraron una similitud trófica inferior al 43% (**Figura 59**).

Al examinar la conducta trófica de la anchoveta por clase de talla, los individuos de tamaño inferior a 80 mm presentaron los estómagos con un bajo contenido de presas, aunque no de abundancia. Por el contrario, la clase de talla entre 80 y 120 mm exhibió un amplio espectro trófico con altas concentraciones de presas, donde destacó la presencia de las formas flageladas. Los ejemplares mayores a 120 mm



revelaron un espectro trófico similar a la clase inferior a 80 mm, pero con menores abundancias (**Tabla 25**).

La diversidad trófica de la clase de talla menor presenta el valor más bajo ( $H' = 1,0$ ), en comparación con los grupos de talla mayores, aunque la riqueza de presas alcanzó un valor de 17, la abundancia de *C. centralis* generó el menor valor de diversidad en este grupo. La diversidad trófica del grupo entre 80 y 120 mm alcanzó un valor de 2,9, sin embargo, aunque la riqueza presas fue la más alta (35) y la mayoría de las presas presentó abundancias entre 100 y 300 células, las magnitudes alcanzadas por *T. angustelineata* redujeron la diversidad. Por el contrario, en los individuos de mayor tamaño, la riqueza de presas fue similar a la de la clase de talla menor, pero este grupo alcanzó la mayor diversidad, debido a la uniformidad en la abundancia de sus presas (**Tabla 26**).

La **Figura 60** muestra la contribución porcentual de los principales taxa presa fitoplanctónicos por clase de talla. En ella se observa la dominancia de *C. centralis* en los individuos de menor tamaño, y un mayor espectro de presas hacia las tallas superiores con abundancias similares, excepto por la presencia de *T. angustelineata* en la clase de talla entre 80 y 120 mm.

Al analizar la sobreposición trófica mediante el análisis de similitud, el dendrograma resultante reveló que los individuos con tamaños inferiores a 80 mm y aquellos con tallas superiores a 120 mm tuvieron un comportamiento trófico similar (similitud 63,3%) conformando un grupo trófico. Ambos se caracterizaron por la presencia de un bajo número de presas fitoplanctónicas en bajas abundancias. La clase de talla entre 80 y 120 mm se segrega de los otros dos grupos de talla a un nivel de similitud de 46,7%. Este grupo exhibió la mayor riqueza, y, excepto por *T. angustelineata*, casi la mayoría de las presas (~50%), que incluyó un número importante de flagelados, presentaron abundancias que fluctuaron entre 100 y 400 células (**Figura 61**).



### 3.2 Componente Zooplanct3nico de la dieta

El an3lisis cualitativo y cuantitativo de la componente zooplanct3nica de la dieta de la anchoveta present3 un amplio espectro tr3fico, determin3ndose 47 taxa de presas las que contribuyeron con una abundancia total 24.488 presas. Se destaca a nivel de grupos mayores la contribuci3n num3rica de Copepoda, aportando con 21 taxa de presas que en total contribuyen con el 81,2% al total de presas. En forma secundaria destacan las contribuciones de los grupos Apendicularia (6,8%) Euphausidae (2,18%) y huevos de invertebrados (2%). Dentro del grupo Copepoda, las mayores abundancias correspondieron a Calanoida, *Oncaea*, Calanidae y *Microsetella* aportando con un 19,8%, 19,1%, 12,8 y 10%, respectivamente (**Tabla 27**).

En t3rminos de la frecuencia de ocurrencia de las taxa de presas en los contenidos estomacales, corresponden a los mismos grupos que presentaron los mayores aportes en n3mero de individuos, siendo 3stos *Oncaea* (88,1%), *Microsetella*, Calanidae y Calanoida indeterminados (58,7%) (**Tabla 27**), los cuales, este 3ltimo grupo, por su estado de digesti3n no fue posible determinarlos a niveles taxon3micos m3s bajo. En general, el grupo Copepoda se present3 en el 100% de los est3magos analizados.

El 3ndice de importancia num3rica que es una medida pr3ctica de la importancia en n3mero de las taxa de presas, da cuenta que *Oncaea* es el taxa de mayor importancia con un valor de 5,9%, seguido nuevamente de los grupos Calanoida y Calanidae con un 4,9% y 4,8%, respectivamente (**Tabla 27**).



Con respecto al análisis latitudinal, en los estómagos de anchoveta, las mayores concentraciones de zooplancton se registraron al norte de Arica (18°24'S), Caleta Camarones (19°12'S) y Chipana (21°18'S) con abundancias totales de presas de 9.180, 4.165 y 3.839. El grupo Copepoda presentó la mayor contribución, en términos numéricos y de riqueza de taxa de presas en todas las zonas de pesca, siendo los grupos dominantes dentro de éste, Calanidae *Oncaea*. Ejemplares del grupo Calanoida no fueron registrados al sur frente a Pta. Hornos (23°00'S) (**Tabla 28**).

En términos de la contribución numérica porcentual agrupando las taxa de presas en grupos mayores (**Figura 62**), el grupo Copepoda fue dominante en casi todas las zonas de pesca, aportando a la dieta sobre el 60%. El taxa de presa Apendicularia contribuyó a la dieta de la anchoveta presente en los 23°00'S con el 61%, mientras que el grupo Copepoda con el 26,8% (**Figura 62**).

El análisis de similitud trófica entre zonas de pesca (**Figura 63**), reveló un considerable grado de separación, con una similitud promedio de 44,8%, valor que está por debajo del nivel de sobreposición significativa (60%). Sin embargo, se habrían conformado dos grupos tróficos entre zonas de pesca. El primer grupo con un valor de similitud de 55,7%, entre los 18°30'S y 18°26'S, correspondientes al norte y frente a Arica. Ambas zonas presentaron la misma riqueza de especies ( $S = 25$ ) y compartieron prácticamente los mismos taxa de presas (18), principalmente los pertenecientes al grupo Copepoda. El segundo grupo trófico se conformó al sur entre los 23°00'S y 23°24'S, con una similitud de 50,4%. Estas zonas también presentaron la misma riqueza de especies ( $S = 27$ ), compartiendo presas del grupo Copepoda, Apendicularia y larvas de invertebrados. En ambas zonas se destaca la presencia de huevos de anchoveta, pero con aporte numérico en total de 5 huevos.

La diversidad trófica latitudinal registró su valor más bajo de 1,8 en los 18°01'S (sur de Punta Argolla) y el más alto de 3,7 en los 23°24'S (Antofagasta). El valor mas bajo



de diversidad sería producto del bajo número de estómagos analizados en esa zona (N = 5), registrando a la vez el valor más bajo de riqueza de taxa de presas (13) y de abundancia total (**Tabla 29**).

En el resto de las zonas de pesca, los valores de riqueza de taxa de presas fluctuaron entre 25 y 29, con valores de diversidad trófica que reflejan una tendencia en la dieta a la eurifagia al predar la anchoveta sobre amplios espectros tróficos (**Tabla 29**).

La composición trófica por clase de talla de anchoveta (**Tabla 30**) muestra que las tres clase de talla predan sobre los grupos de presas que aportan las mayores contribuciones numérica a la dieta, siendo estos *Oncaea*, Calanoida, Calanidae y secundariamente grupos como *Microsetella*, Paracalanidae. Se destaca la presencia de crustáceos como Ostracoda, Cladocera, larvas zoea decapada, huevos de invertebrados e indeterminados en los tres grupos de talla.

La **Figura 64** muestra la contribución porcentual de los principales taxa presa zooplanctónicos por clase de talla. En ella se observa claramente la dominancia del grupo Copepoda en todos los grupos de talla, siendo el aporte en el grupo < 80 mm de longitud de un 93%, en 80-120 mm de 78,8% y de 84,6% en el grupo > 120 mm.

La diversidad trófica del componente zooplanctónico por clase de talla fue de 2,95 en prereclutas, 3,57 en reclutas y de 3,67 en adultos, con valores de riqueza de taxa de presas de 25, 41 y 45 respectivamente, indicando que los grupos de tallas mayores a 80 mm predan sobre un mayor espectro trófico (**Tabla 31**).

El análisis de la sobreposición trófica interespecífica, sobre la base de la contribución numérica de los taxa de presa, mostró una asociación significativa entre ejemplares menores a 80 mm de longitud total y ejemplares mayores a 120 mm, con un valor de



similitud de un 63% (**Figura 65**), las cuales comparten presas que aportan las mayores abundancias relativas a la dieta, como por ejemplo *Oncaea*, Calanidae y Calanoida. El grupo de talla 80-120 mm, también accede a las mismas presas, sin embargo se segrega del resto a un nivel de similitud de 56,3%, al parecer por las altas abundancia relativa que aportan la mayoría de las presas que consumen en común (**Tabla 30**).

Al realizar un análisis comparativo de la componente fitoplanctónica y zooplanctónica en términos de la riqueza de taxa presas, diversidad trófica y abundancia por clase de talla de anchoveta (**Tabla 32**), se desprende que la abundancia de la componente zooplanctónica es dominante en varios ordenes de magnitud respecto de la componente fitoplanctónica, sobre todo en las tallas mayores a 120 mm de longitud total, situación que también es reflejada en la riqueza de taxa de presas entre ambos componentes.

#### **4. *Estimar la composición de talla, peso, edad y proporción sexual del stock de anchoveta en el área de estudio y elaborar las respectivas claves talla-edad***

##### **4.1 Selectividad de la red de arrastre a 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, fue una red de arrastre de media agua de cuatro paneles de diseño Engel, con un tamaño de malla en el copo de 12 mm, que está diseñada específicamente para operar en el B/C Abate Molina con peces de pequeño tamaño.

Debido a la imposibilidad de efectuar un estudio de selectividad en la red de arrastre Engel, la efectividad en la captura de ejemplares pequeños de anchoveta en el



crucero (RECLAN152 0912), se analiz3 mediante la comparaci3n de la estructura de talla obtenida en el B/C Abate Molina respecto a las tallas obtenidas por la flota cerquera artesanal, que oper3 simult3neamente en el per3odo en que se realiz3 el crucero. Para el presente estudio, se utilizaron las estructuras de talla obtenidas en el marco del Proyecto Seguimiento del estado de situaci3n de las principales Pesquer3as nacionales.

La comparaci3n de las estructuras de tallas obtenidas a trav3s de cerco y arrastre, se realiz3 con lances con correspondencia tanto espacial como temporal. Los lances utilizados son aquellos realizados en una zona com3n con un margen espacial de 3 millas y de 1 d3a como margen temporal. En este caso la evaluaci3n se realiz3 entre el 1 al 20 de diciembre del 2009, en la zona com3n entre los paralelos 18°28'S – 23°05'S, cercanos a la costa entre 70°13.25'W -70°45'W.

Los lances de arrastre realizados en la zona com3n fueron 1, 2, 5, 21, 24, 25, 48 y para cerco 2, 3, 5, 6, 8, 10 (lances realizados en el marco del proyecto del Seguimiento del Estado de Situaci3n de las Principales Pesquer3as Nacionales, a3o 2010) (**Tabla 33**).

La comparaci3n se realiz3 mediante los rangos de captura y la frecuencia acumulada, que se pudo considerar como la ojiva de selectividad, determin3ndose la talla de retenci3n (L50%) y el rango de selecci3n que se calcul3 como la diferencia entre la L25% y L75%.

#### **a. Estructura de tallas capturadas con red de cerco**

La estructura de talla observada en cerco, present3 una estructura multimodal con tallas entre 9,5 cm y 17 cm, con un rango modal entre 14,5 y 15,5 cm, una moda secundaria en 13 cm (**Fig. 66**).



## **b. Estructura de tallas capturadas con red arrastre de media agua**

Para arrastre de media agua, la estructura de talla fue construida a partir de los lances de pesca realizados por B/C Abate Molina en el marco del crucero de investigaci3n RECLAN152 0912. La anchoveta capturada vari3 entre 6,5 y 17 cm con una estructura bimodal, con una moda principal centrada en 14 cm y otra secundaria centrada en 8 cm. (**Fig. 66**).

### **4.1.1 Comparaci3n estructura de tallas entre cerco y arrastre**

En general las tallas estimadas para la anchoveta con la ojiva al L25%, L50%, mostraron diferencias que no superan el 1 cm, sin embargo la longitud al L75%, mostr3 diferencia de 1 cm (**Tabla 34**).

## **4.2 Composici3n de tallas y pesos de anchoveta en el 3rea y periodo de estudio.**

Durante el crucero realizado entre el 01 y el 20 de diciembre de 2009, se llevaron a cabo un total de 56 lances de pesca de identificaci3n dirigidos a la captura del recurso anchoveta (**Fig. 67**), a bordo del B/C Abate Molina. Del total de lances realizados en 42 de ellos (75%) se obtuvo captura de anchoveta, las que oscilaron entre los 0,2 a 609,5 kg por lance, y con una captura promedio de 150,2 kg por lance (**Tabla 35**).

Para el total de lances realizados se obtuvo una captura de 48.297 kg, compuesta principalmente de medusa en un 73,08% (35.296,5 kg), seguida de anchoveta con un 13,06% (6.309 kg), de langostino pel3gico con un 8,29% (4.005,3 kg), de mote con



un 3,38% (1.634,8 kg), de eufáusidos con un 0,94% (453,6 kg), de vinciguerría con un 0,92% (444,7 kg) y otras especies con un 0,32% (153,2 kg) correspondiente principalmente a calamar, jibia y salpa (**Tabla 36**).

Del total de lances con capturas de anchoveta, en 9 se captur3 exclusivamente anchoveta y en los restantes estuvo mezclada con otras especies en porcentajes que variaron entre 0,02 y 99,6%. Las mayores capturas de esta especie se registraron en la II regi3n, con capturas que alcanzaron los 2.962 kg (47% del total capturado), seguida de la XV Regi3n con 1.877 kg (30%), y por último la I regi3n 1.471 kg (27%) (**Tabla 35**).

Operacionalmente, los lances de arrastre a media agua tuvieron una duraci3n entre 6 y 61 minutos, rastreando a una velocidad promedio de 4,4 nudos, con distancias rastreadas entre 0,4 y 3,9 mn (**Tabla 35**).

#### 4.2.1 Estructura de tallas de anchoveta

Al considerar el total de lances realizados, la talla de la anchoveta capturada vari3 entre 6,5 y 17 cm, presentando los ejemplares una distribuci3n del tipo bimodal, con una moda principal centrada en 14 cm y otra secundaria centrada en 8 cm. Los ejemplares presentaron una talla promedio de 13,2 cm ( $s^2= 3,74$ ) y un peso promedio de 18,1 g ( $s^2= 0,55$ ), siendo el aporte porcentual de reclutas del 30,4% para toda el área de estudio (18°25' S a 24°40' S) (**Figura 67 y Tabla 37**).

En todo el rango latitudinal del área de estudio, se observ3 que los ejemplares de anchoveta se distribuyeron en forma casi unimodal concentrados principalmente en torno a los 12,5 y 14,5 cm, con un muy bajo aporte de reclutas. No obstante se apreci3 una estructura multimodal en una pequeña



zona comprendida cerca de la costa no superior a las 6 mn de distancia, al norte del 1rea de estudio, entre los 18°35' S y 19°25' S (sur de Arica y norte de Pisagua), con una moda principal centrada en 8 cm y otras secundarias centradas en 10 y 13,5 cm y que present3 un alto contenido de ejemplares reclutas (84,1%) (**Fig. 67 a 78**).

#### 4.2.1.1 Estratificaci3n de las estructuras de tallas

Las estructuras de tallas por lance (**Figuras 68 a 78**) se agruparon en 3 zonas (**Fig. 67**), (**Tabla 38**).

- Zona 1: Corresponde a la zona m1s amplia, comprendida entre los 18°25' S y 24°40' S, con excepci3n de las zonas costeras entre 18°35' S - 19°25' S con l1mite longitudinal en 70°26'W y la zona entre 21°12' S y 22°28' S con l1mite longitudinal en 70°15'W y que contiene los lances 1, 2, 4, 6, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 24, 25, 27, 29, 30, 33, 34, 35, 37, 38, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 53, 54, 55, 56, con la mayor captura de anchoveta de 4.363 kg que corresponde al 69,2% (**Tabla 38**). Esta zona presenta una estructura de tallas casi unimodal concentrada en 14,5 cm y con un rango de distribuci3n comprendido entre 7,5 y 17 cm (**Figuras. 67 a 75**). La longitud y peso promedio de los ejemplares fue de 13,8 cm ( $s^2= 2,36$ ) y 19,9 g ( $s^2= 0,75$ ) (**Tabla 38**). El aporte porcentual de reclutas de esta zona solo alcanzo un 4% los cuales presentaron una talla media de 10 cm y un peso promedio de 8 g. (**Tabla 38**).
- Zona 2: Ubicada en la parte costera entre los paralelos 18°35' S - 19°25' S con l1mite longitudinal en 70°26'W. Esta zona incluye los lances 5, 7, 10 y 11 en los cuales se obtuvo una captura total de anchoveta de 796 kg (12,6% del total de anchoveta) (**Tablas 37 y 38**). En esta zona el rango de



distribución de los ejemplares de anchoveta estuvo entre 6,5 y 15,5 cm y la estructura de tallas fue de tipo multimodal con una moda principal centrada en 8 cm y dos modas secundarias centradas en 10 y 13,5 cm (**Figs. 67 y 76**). Los ejemplares de esta zona presentaron una talla y peso promedio de 10,4 cm ( $s^2= 5,85$ ) y 8,8 g ( $s^2= 0,22$ ), respectivamente, siendo el aporte de los ejemplares reclutas del 84,1% del total de la zona, presentando una longitud promedio de 8,8 cm y un peso promedio de 5 g. (**Tabla 38**).

- Zona 3: Esta última zona se ubica, al igual que en el caso anterior, en la parte costera, comprendida entre las latitudes 21°12' S y 22°28' S con límite longitudinal en 70°15'W, incluye los lances 28, 31, 32, 36, 39 y 40, los cuales arrojaron una captura de anchoveta de 1.150 kg (18,2% del total capturado de esta especie) (**Tablas 37 y 38**). En esta zona los individuos se distribuyeron de forma practicamente unimodal, centrada en 12,5 cm y con un rango de cobertura entre 8 y 16 cm (**Figs. 67, 77 y 78**). Los ejemplares ubicados en esta zona presentaron una talla y peso promedio de 12,7 cm ( $s^2= 1,09$ ) y 15,5 g ( $s^2= 0,67$ ), en tanto que los reclutas presentaron una talla promedio de 11,6 cm y un peso promedio de 11 g y con aporte de reclutas del 16,7% (**Tabla 38**).

En resumen, aunque la cantidad de ejemplares reclutas fue bastante reducida, en las tres zonas hubo presencia de ejemplares reclutas de anchoveta en las capturas, observándose un patrón de disminución hacia el sur del área de estudio y hacia el oeste.



#### 4.2.1.2 Análisis estadístico de la estratificación de las subzonas mediante la Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG)

Se realizó la prueba estadística DHG (dócima de heterogeneidad generalizada,  $\alpha = 0,05$ ), con el objetivo de verificar las divisiones establecidas en el área total de estudio obtenidas a partir de la estratificación de las estructuras de talla observadas en los lances de identificación.

El análisis estadístico para las tres zonas establecidas a partir de la estratificación de tallas observadas durante el actual crucero para esta especie, mostró que solo la zona 3 cumplió el supuesto de homogeneidad en sus estructuras, en tanto que las dos zonas restantes no cumplieron el supuesto de homogeneidad, rechazando la hipótesis nula ( $H_0$ ) (**Tabla 39**). Es decir, la estructura de talla de las zonas 1 y 2 presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto de la estructura de talla global generada por el total de zonas, lo que implicó que las estructuras de estas zonas fueron estadísticamente distintas entre sí. En cambio la zona 3 no presentó diferencias significativas con la zona global, pero presentó una estructura relativamente diferente de las demás zonas, por lo que se decidió considerarla como zona diferente.

- Para la zona 1, la zona de mayor tamaño, la prueba estadística indicó que el 90,63% de los lances incluidos en ella (lances 1, 2, 4, 6, 12, 13, 17, 18, 19, 21, 24, 25, 27, 29, 30, 33, 34, 35, 37, 38, 44, 45, 46, 48, 50, 53, 54, 55 y 56), cumplieron con el supuesto de homogeneidad en la estructura de tallas, aceptando la hipótesis nula, mientras que sólo los lances 15, 47 y 51 rechazaron  $H_0$ , mostrando una estructura estadísticamente distinta a la estructura general formada por el conjunto de lances de esta zona. No obstante, estos se consideraron dentro de la zona 1 debido a que por si



mismos no determinaron zonas distintas y por su cercanía geográfica con los demás lances (**Tabla 40**).

- Para la zona 2 (lances 5, 7, 10 y 11), la prueba estadística indic3 que el 50% de los lances incluidos en ella, cumpli3 con el supuesto de homogeneidad en la estructura de tallas, aceptando la hip3tesis nula, mientras que los lances 5 y 7, rechazaron  $H_0$ , mostrando una estructura estadísticamente distinta a la estructura general formada por el conjunto de lances de esta zona. Sin embargo, 3sta se consider3 dentro de la zona 2 debido a su cercanía geográfica con los demás lances. (**Tabla 41**).
- En la zona 3 (lances 28, 31, 32, 36, 39 y 40, (**Tabla 42**), la prueba estadística mostr3 que el 83,33% de los lances de pesca asignados, cumplieron el supuesto de homogeneidad en sus estructuras de talla, aprobando la hip3tesis nula ( $H_0$ ). Solo el lance 31 no cumpli3 el supuesto, rechazando la hip3tesis nula, presentando una estructura estadísticamente distinta a la generada por el conjunto de lances, no obstante lo anterior este lance se incluy3 dentro de esta zona debido a su cercanía geográfica con los demás lances.

#### 4.2.2 Relaci3n longitud-peso de anchoveta

Con los datos de longitud y peso, obtenidos de los lances de pesca en las zonas 1, 2 y 3, se estim3 la relaci3n longitud-peso para anchoveta en toda el 3rea de estudio, mediante el m3todo lineal. La estimaci3n se realiz3 ajustando una regresi3n lineal para todos los pares de datos disponibles (**Fig. 79**).



El modelo lineal present3 un grado de ajuste similar en la zona 2 y total, 0,950 ( $s^2=5,3-03$ ) y 0,946 ( $s^2=2,9E-03$ ). En tanto las zonas 3 y 1 presentaron los menores ajustes 0,819 ( $s^2=2,7E-03$ ) y 0,919 ( $s^2=2,3E-03$ ) respectivamente. Las pendientes de la regresi3n al igual que el grado de ajuste presentaron valores similares en la zona 2 y total con una pendiente de 3,1645 ( $s^2=6,6E-04$ ) y 3,105 ( $s^2=7,5E-05$ ) respectivamente, la zona 3 present3 la mayor pendiente en relaci3n a la zona 1  $b=3,077$  ( $s^2=2,1E-03$ ) y  $b= 2,896$  ( $s^2=1,4E-04$ ) respectivamente (**Tabla 43** y **Fig.79**).

Para el modelo no lineal se observ3 un mayor grado de ajuste en todas las zonas evaluadas en relaci3n al modelo lineal, siendo la zona 2 donde se observ3 el mayor grado de ajuste con un  $R^2= 0,9783$ , en tanto en el 3rea total se present3 un  $R^2= 0,9512$ . Contrario a lo observado para el grado de ajuste la pendiente en las zonas de estudios es menor en el modelo no lineal con una magnitud entre un 0,0806 (zona 2) y 0,2107 (zona total).

El an3lisis de varianza (Andeva) para anchoveta se muestra en la **tabla 44**. El an3lisis muestra que los modelos ajustados para la relaci3n longitud-peso de cada zona, no cumplieron con la hip3tesis de igualdad, rechaz3ndose la hip3tesis nula ( $H_0$ ). El an3lisis en detalle, comparando pares de zonas entre s3, mostraron que las zonas 1-2, 2-3, no cumplieron con el supuesto de igualdad, ya que en su estructura de tallas no estuvieron presentes las tallas mayores a 15,5 cm, en tanto la comparaci3n entre la zona 1-3 cumpli3 con este supuesto.

Mediante el an3lisis de varianza, de la relaci3n longitud-peso para cada zona (**Tabla 45**), se determin3 que el modelo ajustado en las zonas, explica de forma adecuada el ajuste de las variables longitud –peso utilizados, encontrando un ajuste significativo de las variables con un 95% de confianza (**Tabla 45**). De lo anterior, se tiene que el



modelo total de la relaci3n longitud-peso, serfa representativo de toda la estructura de talla presente en la zona total de estudio.

La comparaci3n de los pesos medios por talla y zona, estimados a partir de los par3metros de la regresi3n lineal y no lineal, indic3 un mayor peso por el modelo no lineal en el rango de tallas (**Tabla 46**).

La comparaci3n de los pesos promedio estimados por ambos modelos, indic3 que el modelo no lineal present3 mayores pesos en las 3 zonas en tallas menores a 13 cm, en tallas superiores los mayores pesos estuvieron dados por el modelo lineal (**Tabla 46**).

Para la zona total los mayores pesos se observaron en el modelo no lineal en el rango de tallas entre 6,5 cm a 14 cm, con diferencias entre 0,062 g a 0,526 g, en tanto en el rango entre 14,5 cm a 17 cm los mayores pesos fueron estimados por el modelo lineal con diferencia entre 0,096 g y 1,362 g (**Tabla 46**).

#### **4.2.2.1 An3lisis de covarianza para la relaci3n longitud-peso anchoveta**

Se realiz3 un an3lisis de covarianza de las relaciones longitud-peso de cada zona mediante el test Tukey, con hip3tesis nula ( $H_0$ ) que las regresiones son iguales e hip3tesis alternativa ( $H_1$ ) que las regresiones son distintas, entre zonas. Se compararon los par3metros de las regresiones por zona en pares (**Tabla 47**).

El an3lisis indica que la zona 2 comparada con las zona 1 y 3, hay diferencias rechaz3ndose la hip3tesis nula (**Tabla 47**). La comparaci3n de pendientes mediante el test Tukey ( $\alpha=0,05$ ), mostr3 que s3lo entre la zona 1- 2, y 1-3, las pendientes de regresi3n fueron estadisticamente diferentes, rechaz3ndose la hip3tesis nula (**Tabla**



47). Esto se explica por la estratificación que muestran las estructuras de tallas de anchoveta, por lo que en cada zona se presentaron diferentes rangos de tallas.

#### 4.2.3 Indicadores de madurez sexual de anchoveta en la primavera del 2009

##### 4.2.3.1 Proporción sexual de anchoveta.

Para toda la zona de estudio el porcentaje de individuos indeterminados sexualmente alcanzó un 0,53%. De los individuos restantes, las hembras contribuyeron con el 48,05% (**Tabla 37**) las que predominaron en el rango de tallas 9,5 a 13,5 cm. Los machos representaron el 53,95% predominando en las tallas menores a 9,5 y mayores a 13,5 cm. La varianza de las proporciones fue de 7,5E-05 para machos y 6,4E-05 para hembras (**Fig. 80**) (**Tabla 37**).

En la zona 1, no se registraron individuos indeterminados sexualmente, correspondiendo el 55,99% de los individuos a machos (**Tabla 37**), la fracción restante correspondió a hembras con el 44,01%. Las hembras predominaron en las tallas entre 11 a 13,5 cm y los machos entre 14,5 a 17 cm. La varianza de las proporciones fue de 1,0E-04 para machos y 8,2E-05 para hembras (**Fig. 80**) (**Tabla 37**).

En la zona 2, los individuos indeterminados correspondieron al 4,68%. Las hembras representaron el 49,54% las que predominaron en el rango de talla 9,5 a 13 cm. Los machos representaron el 50,46% los que presentaron sus mayores ocurrencias en el rango de tallas 13,5 a 15,5 cm. La varianza de las proporciones fue de 6,7E-04 para machos y 6,6E-04 para hembras (**Fig. 80**) (**Tabla 37**).



En la zona 3, los individuos indeterminados correspondieron al 0,1%. Del total de los individuos 54,46% correspondi3 a hembras, las que fueron predominantes en el rango de tallas 11,5 a 13,5 cm. La fracci3n restante correspondi3 a machos (45,54%), los que fueron predominantes en el rango de tallas 14 a 16 cm (**Fig. 80**). La varianza de las proporciones fue de 4,6E-04 para machos y 5,5E-04 para hembras (**Tabla 37**).

#### 4.2.3.2 **Índice Gonadosomático (IGS) y estados de madurez de la anchoveta**

Para la zona de estudio el valor promedio de IGS fue de 7,2% ( $s^2=4E-03$ ) (**Tabla 37**), con un m3nimo de IGS de 1,51% en 10 cm y 8,57% en 17 cm (**Fig. 81**). En general los valores de IGS presentaron una relaci3n indirecta a longitudes menores a 11 cm, sin embargo a longitudes mayores esta relaci3n fue directa. Para las hembras el IGS promedio fue de 7,3% ( $s^2=8E-03$ ) (**Tabla 37**) con un comportamiento similar al total, con valor m3nimo en 10,5 cm (1,24%) y m3ximo en 17 cm (8,57%). Los machos presentaron valores de IGS promedio de 7,1% ( $s^2=4E-03$ ) con un m3nimo en 10 cm (1,47%) y un m3ximo en 16 cm (8,04%) (**Fig. 81**).

En la zona total, la anchoveta present3 estados de madurez 2, 3 y 4 con una representaci3n de 27,31%, 68,25% y 4,44% respectivamente. En general los estados de madurez 2 y 3 predominaron para machos y hembras en la zona total (**Fig. 82**). En machos el estado de madurez 2 (17,53%), se present3 en individuos con tallas < 12 cm, el estado 3 (28,79%) se present3 en individuos con tallas mayores a 12 cm, el estado 4 (0,14%) se present3 en rango de tallas de 11,5 a 12,5 cm. En hembras el estado de madurez 2 (9,34%), se present3 en individuos entre 7 a 11,5 cm, el estado 3 (38,37%) se present3 en individuos con tallas > a 11,5 cm, el estado 4 (4,7%) se observ3 en un rango de talla entre 12 a 16,5 cm, el estado 5 (0,61%) se present3 en tallas entre 12 a 14,5 cm, (**Fig. 82**). En la zona de



estudio los valores de IGS se relacionan con los estados de madurez, se observ3 un IGS mayor en el estado de madurez 4 seguido por el estado 3. Lo anterior se reflej3 por el mayor desarrollo gonadal de los individuos que presentaron este estado (**Fig. 83**).

En la zona 1 se registr3 un IGS promedio de 7,4% ( $s^2=5E-03$ ), (**Tabla 37**), con un m3nimo de 1,49% en 10 cm y un m3ximo de 8,57% en 17 cm (**Fig. 81**). Los machos presentaron un IGS promedio de 7,2% ( $s^2=8E-03$ ), con un m3nimo de 1,48% en 10 cm y un m3ximo de 8,05% en 16 cm. Las hembras presentan un IGS promedio de 7,6% ( $s^2=1E-02$ ), con un m3nimo en 11,5 cm que corresponde a 1,11% y un m3ximo en 17 cm para las hembras de 8,57% (**Fig. 81**).

En la zona 1, la anchoveta present3 estados de madurez 2, 3 y 4 con una representaci3n de 20,40%, 73,97% y 5,63% respectivamente. En general los estados de madurez 2 y 3 predominaron para machos y hembras en la zona (**Fig. 84**). En machos el estado de madurez 2 (14,59%), se present3 en todo el espectro de tallas entre 7,5 y 17 cm, mientras que el estado 3 (32,13%) se registr3 en tallas entre 11 a 16 cm. En hembras el estado de madurez 2 (5,81%), estuvo en tallas entre 7,5 a 12 cm, el estado 3 (41,83%) se present3 en tallas 12,5 a 17 cm y el estado 4 (5,6%) se present3 en tallas entre 12,5 a 16 cm (**Fig. 84**). En la zona 1, los valores de IGS se relacionaron con los estados de madurez, habiendo un IGS mayor en el estado de madurez 4, seguido por el estado 3 (**Fig. 83**).

En la zona 2 se registr3 un IGS promedio de 4,7% ( $s^2=4E-02$ ) (**Tabla 37**), se observ3 un m3nimo en 11 cm con IGS de 0,92% y en 14,5 cm un m3ximo de 10,64%. Los machos presentaron un IGS promedio de 4,2% ( $s^2=8E-02$ ), con un m3ximo de 7,86% en 14 cm y un m3nimo de 1,24% en 11 cm. Las hembras presentaron un IGS



promedio de 5,2% ( $s^2=6E-02$ ), con un m3ximo de 10,64 % en 15 cm y un m3nimo de 0,92% en 11,5 cm (**Fig. 81**).

En la zona 2, se observaron estados de madurez 2 y 3, con una representaci3n de 67,54% y 32,46% respectivamente. En machos predomin3 el estado de madurez 2 (47,12%), se present3 en tallas menores 13,5 cm, en tanto el estado 2 (3,66%) se present3 en individuos en tallas mayores a 13,5 cm (**Fig.85**). En hembras el estado de madurez 2 (20,42%), correspondi3 con tallas menores a 11,5 cm, el estado 3 (28,80%) se present3 en individuos con tallas > 11,5 cm (**Fig. 85**). Para la zona 2, los valores de IGS se relacionaron con los estados de madurez, con un IGS mayor en el estado de madurez 3 seguido por el estado 2 (**Fig. 83**).

En la zona 3, se observ3 un IGS promedio de 7,1% ( $s^2=2E-02$ ) (**Tabla 37**), los machos presentaron un IGS promedio de 7,9% ( $s^2=4E-02$ ) y hembras 6,4% ( $s^2=5E-02$ ) (**Fig. 81**). En esta zona, la anchoveta present3 el estado 2 con 34%, el estado 3 con 64,32% y el estado 4 con 1,68% predominando los estados de madurez 3 y 2 para machos y hembras. (**Fig. 86**). En machos el 15,58% se present3 en estado 2 en el rango de tallas entre 9 a 12,5 cm y en estado 3 hubo un 34,51% registr3ndose en ejemplares con tallas mayores a 11,5 cm. En hembras un 18,43% se present3 en estado 2, entre 8 y 14 cm, un 29,82% en estado 3 en individuos > a 12 cm y por ultimo el estado 4 con un 1,68% en ejemplares entre 12 a 14 cm (**Fig. 86**). En la zona 3, los valores de IGS se relacionaron con los estados de madurez, con un IGS mayor en el estado de madurez 3 seguido por el estado 2 (**Fig. 83**).



### 4.3 Determinaci3n de las estructuras de edad de anchoveta

#### 4.3.1 Clave edad-talla

Para la elaboraci3n de la clave edad-talla en anchoveta se analiz3 un total de 225 pares de otolitos de tallas comprendidas entre los 6,5 y 17 cm de longitud total. Los grupos de edad (GE) se distribuyeron entre el grupo 0 y III, de los cuales el grupo 0 que corresponde a la clase anual 2009 represent3 el 47,1% de la muestra analizadas, en tanto que GE I registr3 una frecuencia equivalente al 31,1%.

En las **tablas 48 y 49** se presentan las claves edad talla y su varianza respectiva.

### 5. *Estimaci3n de la abundancia (en n3mero) y la biomasa (en peso) de la fracci3n juvenil de anchoveta que se incorporan en el per3odo de m3ximo reclutamiento a la pesquer3a (Objetivo B1).*

#### 5.1 Calibraci3n hidroac3stica

El 29 de mayo y el 29 y 30 de diciembre del 2009 se efectu3 en la bah3a de Valpara3so la calibraci3n del sistema SIMRAD EX-60 del B/C Abate Molina, de acuerdo a los m3todos est3ndar para estos efectos (**Tabla 50**).

Los resultados de las calibraciones, var3an dentro de los rangos hist3ricos, pudiendo calificarse que los par3metros operativos de los equipos funcionaron en forma normal. Es importante mencionar que las calibraciones del ecosonda se realizan *ex ante* del crucero, quedando establecidos en los par3metros de captura de datos, por lo que no es necesario aplicar procedimientos de correcci3n *ex post*.



## 5.2 Calibraci3n de la intensidad de blanco TS *in situ* de anchoveta

En esta secci3n se han incluido las mediciones realizadas en los cruceros RECLAN152 0912 (FIP 2009-02) y RECLAN34 1002 (FIP 2009-03). En ambos cruceros se recolect3 informaci3n de la intensidad de blanco (TS) de anchoveta en la frecuencia de 38 khz en lances de pesca utilizándose el pulso de trabajo de 1.024 ms y en estaciones de TS con el buque detenido o navegando a bajas velocidades (<2 nudos) con los pulsos 256 (extra corto), 512 (corto) y 1.024 (medio).

En ambos cruceros se consideraron los lances en que la anchoveta fue la especie principal (>90%). De este modo en el crucero RECLAN152 0912 se procesaron los datos recopilados en 16 lances de pesca (lances 1, 5, 13, 15, 17, 18, 19, 29, 30, 33, 37, 38, 44, 45, 46 y 48) y 3 estaciones de TS, asociadas a los lances 19, 21 y 44, mientras que en el crucero RECLAN34 1002, se almacen3 informaci3n en 3 lances (lances 4, 5 y 7).

Los resultados se presentan en la **figura. 87**, de ellos se deduce que ning3n lance o estaci3n de TS presentaron la condici3n de blanco resuelto, requerida para asociarla con la talla. Esta situaci3n ya se haba presentado en los trabajos realizados en el proyecto FIP 2008-02 EVALUACI3N HIDROAC3STICA DEL RECLUTAMIENTO DE ANCHOVETA ENTRE LA XV y IV REGIONES, AÑO 2009 en que s3lo se logr3 filtrar informaci3n en 2 lances (47 y 58) y 2 estaciones de TS (TS 46 c y 46 M), provenientes de un rango estrecho de tallas (8; 8,5 y 16) no pudiéndose lograr un ajuste de regresi3n con un adecuado nivel de confiabilidad. Sin embargo los TS obtenidos se encontraban dentro del rango de variaci3n del modelo ajustado por Castillo *et al.*, 2008 ( $TS=20,95 \text{ Log } L - 74,6102$ ), que a su vez proviene de una compilaci3n de la informaci3n entre 1996 y 2007, seg3n se muestra en las **Tablas 51 y 52**.



Es as3 como la ecuaci3n del TS –L considerada para anchoveta (**Fig. 88**) fue la obtenida por Castillo *et al.* (2008), seg3n:

$$TS = 20,95 \text{ Log } (L) - 74,61$$

$$r^2 = 0,9064; n=281; F=2702,7; p<0,05$$

La ecuaci3n estandarizada de esta especie fue:

$$TS = 20 \text{ Log } (L) - 73,55$$

### 5.3 An3lisis del sesgo de orilla

El estudio del sesgo de orilla en la evaluaci3n ac3stica, comprometido en el proyecto, no pudo ser realizado debido a que en el periodo que se program3 el trabajo, la anchoveta se encontraba en temporada de pesca, siendo insuficientes los incentivos ofrecidos a los armadores para preferir participar en la investigaci3n en desmedro de sus actividades de pesca habituales. Los incentivos ofrecidos fueron una cuota de pesca de anchoveta imputable a fines de investigaci3n de 300 t, dividida en 180 t para la embarcaci3n que efect3a la prospecci3n ac3stica y 120 t para la que efect3a la pesca de reconocimiento y muestreo. Adem3s se ofreci3 un aporte en dinero por costos de operaci3n diario para cada nave participante.

A objeto de permitir la participaci3n de todos los armadores artesanales eventualmente interesados en este estudio se hizo una invitaci3n p3blica mediante un aviso en el Diario La Estrella de Iquique, sin resultados positivos.



Dado lo anterior, se puso especial 3nfasis en la prospecci3n con el B/C Abate Molina de los sectores costeros y se aplic3 un procedimiento alternativo, basado en la relaci3n entre la intensidad del muestreo acústico acumulado en 3reas costeras respecto a las densidades acústicas locales.

### **5.3.1 Intensidad de muestreo y densidades acústicas locales de anchoveta respecto a la distancia de costa**

En la **figura 89** se muestra la cobertura espacial de la prospecci3n acústica del B/C Abate Molina. El límite oriental de la prospecci3n vari3 entre 0,5 y 1,0 mn de la costa, mientras que el límite occidental lleg3 hasta las 50,5 mn en la parte norte de la zona en estudio. La prospecci3n acústica en general privilegi3 los recorridos en las cercanías de la costa debido a la distribuci3n costera de la especie en estudio.

La **figura 90** muestra la frecuencia acumulada (%) de observaciones acústicas (ESDU) y densidades locales de anchoveta (NASC) respecto a la distancia a la costa para toda la zona prospectada. En esta figura se aprecia que el 50% de la energía acústica total se encontr3 dentro de las 3 primeras millas náuticas de costa, zona donde se acumul3 el 27,9% del esfuerzo de muestreo y mostr3 la mayor pendiente de la curva acumulada de ESDU, llegando a un promedio de 0,11. A las 5 mn de costa se acumulaba el 55,3% de la energía acústica con un 35,5% de esfuerzo de muestreo. Entre las 5 y 10 mn de costa se acumul3 el 13,8% de la energía acústica con un 14,5% de la intensidad de muestreo y una pendiente de la curva acumulada de ESDU de 0,03. Entre las 10 y 15 mn se realiz3 el 13,3% del esfuerzo de muestreo, con una pendiente en torno a 0,03, y un 6,4% de la energía acústica. Entre las 15 y 20 mn se acumula el 5,1% de la energía acústica con el 15,1% del esfuerzo de muestreo manteniendo la pendiente en torno a 0,03. La franja entre los 20 y 30 mn de costa represent3 el 15,7% de la energía acústica y el 12,8%



del esfuerzo de muestreo con una pendiente en declinación que llegó a un promedio de 0,013. La franja entre los 30 y 40 mn de costa representó el 3,1% de la energía acústica total con un 6,3% del esfuerzo de muestreo y una pendiente de la curva acumulada de ESDU en torno a los 0,006. Por fuera de las 40 mn se detectó solo el 0,5% de energía acústica y un 3% del esfuerzo de muestreo.

En el sentido latitudinal se agruparon las observaciones cada un grado (**Figura 91**). De este modo, queda en evidencia que el mayor esfuerzo de muestreo se aplicó en las primeras 5 mn de costa, representando entre un 31,1 y un 41,7% de las observaciones realizadas en cada sector agrupado por grado de latitud. Al norte del 19° S, zona que representó el 34,2% de toda la energía, fue donde el recurso se mostró más costero, encontrándose el 85,4% de la energía de dicha zona dentro de las primeras 5 mn de costa.

La zona entre los 19° y 20° S, que representó el 19,7% de la energía total, fue donde el recurso se mostró más oceánico, presentando un notorio incremento en la energía acústica entre las 20 y 25 mn de costa.

Entre las latitudes 20° y 21° S casi no hubo presencia de anchoveta (0,5% de la energía total).

Entre el 21° y 22° S se detectó el 12,6% de la energía acústica total. De este porcentaje el 45,7% se encontró dentro de las primeras 5 mn de costa. Caso similar ocurrió en la zona comprendida entre el 22° y 23° S que concentró el 9,4% de la energía total, y que el 49,7% de ésta se ubicó dentro de las primeras 5 mn de costa.

En la zona comprendida entre el 23° y 24° S, que representó el 12,6% de la energía total, el recurso anchoveta se mostró bastante costero acumulando el 77,4% de la energía dentro de las primeras 5 mn de costa.



Finalmente en la zona comprendida entre el 24° y 25° S, que represent3 el 11% de la energa total, el recurso estuvo presente tanto en la orilla, con un 40,3% de la energa ac3stica dentro de las 5 mn, como en sectores cercanos a las 10 mn donde se evidencia un salto en la curva de energa acumulada.

### 5.3.2 Estimaci3n del Sesgo de orilla

En la **tabla 53** se muestran los valores de P y los distintos estadsticos asociados a los sectores divididos por grado de latitud. De acuerdo al procedimiento y a los criterios establecidos, las zonas comprendidas entre los 18°20'-19°S, 22°-23° S, 23°-24° S y 24°-25° S presentan sesgo de orilla, siendo el sector m3s importante entre 18°20'- 19°00'S. Se entregan las 3reas correspondientes a la franja costera entre el l3mite oriental de la prospecci3n y las 0,3 mn.

### 5.4 Estimaci3n de la abundancia y biomasa de anchoveta

La abundancia y biomasa de anchoveta se estimaron aplicando la ecuaci3n ajustada por Castillo *et al.*, (2008)  $TS = -74,61 + 20,95 \text{ Log}(L)$ , correspondiente a una compilaci3n de las relaciones TS-L de anchoveta en la zona norte desde los a3os 1996 al 2008. La relaci3n longitud-peso utilizada en el crucero RECLAN152 0912 (diciembre de 2009) fue  $P = 0.0055 L^{3,1054}$  ( $N = 7.187$ ;  $r^2 = 0,95$ ).

La abundancia total de anchoveta incluyendo la correcci3n por sesgo de orilla, vari3 entre 25.735,4 y 26.926,3 millones de ejemplares, seg3n el m3todo utilizado, siendo el mayor con el m3todo Bootstrap y el menor con Geoestadstico. De este total, el 39,4% correspondi3 a reclutas (< 12 cm) (10.596,9 millones de ejemplares) (**Fig. 92; Tabla 54 a 55**). El 27,7% de la abundancia total (7.138,8 millones de ejemplares) y el 56,3% de la abundancia de reclutas (5.968 millones



de ejemplares) se localiz3 entre punta Barrancos y norte de Pisagua ( $18^{\circ}35' S - 19^{\circ}25' S$ ), distribuidos en un 3rea de  $306 \text{ mn}^2$ , lo que determin3 densidades de  $27,7 \times 10^6$  ejemplares/ $\text{mn}^2$  para el total y  $19,5 \times 10^6$  ejemplares/ $\text{mn}^2$  para los reclutas. Las otras subzonas estuvieron dominadas por ejemplares de tallas mayores (14 cm para las zonas 1-1 y 1-2 y 12,5 cm, para la zona 3), con densidades entre  $2,7$  y  $4,1 \times 10^6$  ejemplares/ $\text{mn}^2$ . En general la correcci3n por sesgo de orilla alcanz3 al 4,4% de la abundancia total con 1.188,3 millones de ejemplares y en el sector de mayor concentraci3n de juveniles (zona 2) el 9,7% de la abundancia estuvo en el sector costero.

Esta distribuci3n de los reclutas coincide con la situaci3n registrada el 2009, en que las mayores concentraciones relativas de esta fracci3n estuvieron entre Arica ( $18^{\circ}22' S$ ) y punta Barrancos ( $20^{\circ}37' S$ ) y en las cercan3as de Antofagasta.

La biomasa total de anchoveta vari3 entre 377.363,4 t y 382.696,2 t seg3n el m3todo aplicado, siendo el mayor con el Bootstrap y el menor con el conglomerados, el 15,5% de esta biomasa correspondi3 a la fracci3n juvenil con 59.422 t (**Fig. 92; Tabla 56 a 57**). El 44,9% de la biomasa de los reclutas se localizaron entre punta Barrancos y norte de Pisagua ( $18^{\circ}35' S - 19^{\circ}25' S$ ). Las biomasa de anchoveta se localizaron en una amplia extensi3n que cubri3 pr3cticamente toda el 3rea de estudio (Zonas 1-1 y 1-2), exceptuando solamente las 3reas costeras (zonas 2 y 3), donde se registraron los juveniles. La amplia 3rea en que se distribuy3 la anchoveta determin3 densidades entre 47,7 y 54,4 t/ $\text{mn}^2$ . La mayor densidad de anchoveta se registr3 en la zona 2 (punta Barrancos a Pisagua), donde se concentraron los juveniles con 153,6 t/ $\text{mn}^2$ .

En general la estructura de tallas de anchoveta fue multimodal con una moda principal centrada en 13,5 cm y una secundaria en 8,0 cm, sugiri3ndose una segunda moda secundaria en 10 cm, el rango vari3 entre 6,5 y 17 cm. En el sentido



norte a sur, se aprecia que los juveniles estuvieron presentes principalmente en los sectores costeros entre punta Barrancos ( $18^{\circ}35'S$  y norte de Pisagua  $19^{\circ}25'S$ ) (zonas 2), mientras que en los otros sectores su presencia fue escasa.

#### 5.4.1 Precisión de los estimados de biomasa

Los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la abundancia total de anchoveta en el crucero RECLAN152 0912 variaron entre 0,08 y 0,17 (**Tabla 58 a 59**), siendo los menores y bastante similares entre ellos los logrados con los métodos estratos agrupados y Bootstrap y el mayor con el método geoestadístico, representando coeficientes de error entre 12,9 y 27,6%. Los CV de los estimados de biomasa total de anchoveta variaron entre 0,0639 y 0,16 según el método de estimación utilizado (**Tabla 60 a 61**), obteniéndose la mayor precisión con el método Bootstrap y estratos agrupados (Wolter); mientras que los alcanzados con el método Conglomerados presentó los mayores CV. Estos niveles del coeficiente de variación se reflejaron en errores entre 10,4 y 26%.

Es importante resaltar que para cada talla evaluada y en cada zona se entregan las varianzas de cada uno de los niveles de información (acústico, estructura de tallas, TS, peso), según lo establecido en la metodología.

#### 5.5 Estructura de edad de la Abundancia

La estructura de edad fue analizada para la zona total de estudio, expandiendo a la edad las abundancias estimadas por los métodos Bootstrap, Geoestadístico, Hansen y Kish. Con los cuatro métodos señalados la estructura de edad para la anchoveta de la zona norte (XIV, I y II regiones) se distribuyó entre el grupo de edad 0 y III (**Fig. 93**). La mayor abundancia correspondió al GE I con un 45,1 a 47,1%, en tanto que el GE 0 alcanzó entre el 32 y 35%. El GE II registró una abundancia cercana al 20%,



considerando los distintos métodos de cálculo de abundancia (**Tablas 62 a la 65**). La talla y peso promedio por grupo de edad no mostraron diferencias entre métodos de estimación de abundancias. En relación con el crucero del año anterior, se aprecia un aumento de la abundancia del Grupo 0 en aproximadamente un 54%, aumentando la proporción correspondiente a los grupos de edad I y II. Sin embargo, el número de ejemplares del GE 0 es menor que el registrado el 2007 que alcanzó cerca de los 24.000 millones de peces (**Fig. 93**).

La fracción de ejemplares bajo los 12 cm de longitud total, alcanzó entre el 32 y 35% los que equivalen aproximadamente a 4.107 millones de ejemplares, el mismo porcentaje y número que presentó el GE 0. De acuerdo a la abundancia registrada en este grupo de edad, se puede considerar que el reclutamiento fue mayor que el observado el 2008.

## **6. Distribución espacial de los recursos**

### **6.1 Distribución geográfica**

#### **a) Total de especies**

Las lecturas acústicas totales detectadas en el crucero se dividieron en las principales especies según: anchoveta con un 37,0%, pez linterna con 38,5%; langostino pelágico con 17,5%, medusa con 4,5% y mote con 2,5%, no se registró la presencia de jurel.



## b) Anchoveta

En el presente caso, en varias ocasiones la anchoveta se present3 hacia el oeste del l3mite occidental de la prospecci3n llegando hasta las 40 mn frente a Arica, debiendo extenderse el 3rea de estudio m3s all3 de las 20 mn de la costa programadas.

En general la anchoveta se registr3 en bajas densidades en forma casi continua en pr3cticamente toda la zona de estudio, con algunos focos de peque1o tama1o de densidad relativamente mayores, los sectores que se destacaron por su densidad relativamente mayores se localizaron: entre 30 y 35 mn al oeste de los paralelos 19°20'S a 19°30'S; 30 mn al oeste de Arica; 35 mn al oeste de punta Chomache (21°10'S); entre 5 y 12 mn de punta Chileno (21°30'S); 20 mn de punta Blanca (22°10'S); a 5 mn del paralelo 23°10'S; en la bah3a Moreno; y entre la costa y las 15 mn desde el paralelo 23°50'S a caleta Botija 24°30'S (**Fig. 94**).

La anchoveta se present3 espacialmente estructurada, ajust3ndose a modelos esf3ricos simples en las zonas 1-1; 1-2 y 2 y exponencial en la zona 3. S3lo la zona 1-2 present3 variabilidad de microescala, que explica el 25,9% de la variabilidad, mientras que el modelo explic3 el 74,1% de la varianza (**Tabla 66**).

Los variogramas ajustados a las densidades de anchoveta en cada zona (**Fig. 95**) (**Tabla 66**) muestran estructuras espaciales entre 1,2 y 2,4 mn.

En general se registran altos valores de varianza de las densidades locales de anchoveta, especialmente en la zona 2, donde se concentr3 la mayor densidad de anchoveta (**Tabla 67**).

La variabilidad de microescala, determinada desde el nugget (pepita) en los variogramas, corresponde a datos distribuidos al azar 3 debido a que el tama1o del lag supera el tama1o 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 anchoveta, aunque estas fueron de tamaño relativamente pequeño (entre 1,2 y 2,4 mn).

Los índices de Ocupación (IOC) para el total de anchoveta (adultos y reclutas) alcanzó el 47% del área prospectada lo que indicaría que la repartición espacial presentó índices mayores que los años anteriores (Castillo *et al.*, 2009 y 2008). De todas maneras en este año también se repite que los principales porcentajes son ocupados por las categorías de bajas densidades, a su vez el estrato de mayores densidades ( $>300$  t/mn<sup>2</sup>), presentó un IOC de sólo un 0,2% (**Tabla 68**).

Los ejemplares adultos exhibieron un IOC de un 47,0%, mientras que los juveniles alcanzaron a 45,4%, en este sentido se destaca que si bien los IOC fueron mayores que años anteriores, la especie vuelve a ubicarse preferentemente en las primeras millas de la costa con agregaciones muy definidas (**Fig. 94**). Así es posible distinguir que la distribución espacial de los adultos registraron un foco principal frente de Arica y otro en las proximidades de Antofagasta, en tanto que los reclutas presentaron un solo núcleo principal al SW de Arica, destacándose que en ambos casos se asocian a isotermas de 16-19 °C y a gradientes térmicos moderados.

### c) Langostino pelágico.

Esta especie se registró entre el límite norte de la prospección y el paralelo 20° S, presentando un patrón de distribución semejante a una cuña con su base en el norte donde se detectó desde la costa hasta las 50 mn y su vértice en las primeras 5 mn de caleta Buena. Sus mayores densidades se presentaron en las primeras 5 mn de la costa entre Arica y caleta Camarones (**Fig. 94**).



#### **d) Pez Linterna**

Esta especie present3 una importante cobertura en la zona estudiada registr3ndose en focos de alta densidad en el borde occidental de la zona de estudio, sugiriendo que la distribuci3n y las mayores densidades estuvieron ubicadas al oeste de la zona de estudio. Esta especie present3 dos 3reas de distribuci3n, la primera se localiz3 entre Arica e Iquique, con una distribuci3n m3s continua y de alta densidad entre las 15 y 50 mn y en bajas densidades en una franja entre la costa y las 5 mn. La segunda gran 3rea se ubic3 entre caleta Chipana y caleta Agua Salada (24°10'S) apreci3ndose una mayor vinculaci3n con la costa de los sectores de mayor concentraci3n, especialmente en las cercan3as de la pen3nsula de Mejillones.

Esta distribuci3n espacial es bastante t3pica, puesto que en general esta especie se distribuye en aguas oce3nicas apreci3ndose que en esta oportunidad se increment3 la cobertura espacial de esta especie hacia la mitad sur del 3rea de estudio (**Fig. 96**).

#### **e) Medusa**

En esta oportunidad la medusa se registr3 al sur de punta de Lobos entre la costa y las 40 mn. Su distribuci3n se caracteriz3 por sus bajas densidades, aunque es necesario tener presente que las densidades detectadas por el ecosonda pueden estar subestimadas debido a la frecuencia de trabajo del equipo y a su ubicaci3n muy cerca de la superficie en la zona muerta del equipo (**Fig. 96**).



## 6.2 Distribuci3n batim3trica de la anchoveta

La distribuci3n batim3trica de la anchoveta vari3 desde 7 a 55 m de profundidad, con una marcada preferencia por los primeros 20 metros (85% de agregaciones), lo que coincide a lo registrado en a3os precedentes (Castillo *et al.*, 2009 y 2008).

En general la anchoveta se distribuy3 entre las 0,8 y 49,9 mn de la costa (**Fig. 97**), la localizaci3n m3s costera se registr3 entre 18°-19°S con medianas de 2,1 mn, mientras que la m3s oce3nica se present3 en el sector 19°-20° S con una mediana en 20,2 mn. Al sur de los 20° S, la mediana de la distancia vari3 entre 2,1 y 9,6 mn.

La profundidad media de la anchoveta vari3 entre 12 y 14 m, excepto en el sector 19°-20°S, donde la mitad de las observaciones se ubica en 21 m con m3ximos de 42 m. Observaciones at3picas muestran que anchoveta alcanza una profundidad m3xima de 55 m (**Fig. 97**). Esta distribuci3n batim3trica estuvo vinculada con la termoclina, por cuanto la profundidad media de la anchoveta coincidi3 con sectores de gradiente t3rmica relativamente mayor (**Fig. 98**). En la **Fig. 98** se presentan la localizaci3n de los l3mites de las termoclinas y los registros de anchoveta en algunas transectas representativas para toda la zona de estudio. De esta figura destaca la profundidad somera del inicio de la termoclina, especialmente en las primeras 10 mn de la costa la que vari3 entre 2,3 y 4,3 m, profundiz3ndose hacia el oeste hasta alcanzar 17,59 m (**Figura 97 y 98**).

La anchoveta se localiz3 en temperaturas entre 13,5 y 20,9 °C centr3ndose entre 15,2 y 16,5 °C, siendo ligeramente menor en el sector 20°-21°S (14-16 °C), sector que a la vez muestra un baja variabilidad. Por otra parte, la zona entre 21°-22°S muestra la mayor variabilidad, con un m3nimo de 14,11 °C y m3ximo de 20,9 °C (**Fig. 97**).



La salinidad que limitó a la anchoveta varió entre 34,64 y 35,1 psu. Las medianas de la salinidad presentan tres sectores: Entre el límite norte de la prospección y los 20° S con valores levemente superiores a 34,9 psu; entre 20 y 24° S entre >34,8 y menores a 34,9 psu y al sur de los 24° S con salinidades de 34,75 psu (**Fig. 97**).

La densidad varió entre 24,58 y 26,15 sigma-t. La mediana fluctuó entre 25,48 y 25,78 sigma-t, siendo levemente mayor en el sector 20-21° S y mínimo al sur de 24° S (**Fig. 99**).

El oxígeno que limitó la distribución vertical de anchoveta fluctuó entre 0,6 y 6,05 ml/l, destacándose el sector entre 20 y 21° S por registrar los mínimos, con una mediana de 2,2 ml/l (**Fig. 97**). En los otros sectores las medianas latitudinales de esta variable variaron entre 3,5 y 5 ml/l. Es posible observar que la mínima de oxígeno (1 ml/l) fue también más somera en las cercanías de la costa, alcanzando hasta los 20 m de profundidad en las primeras 5 mn, sumergiéndose hacia el oeste hasta superar los 40 m en el límite oeste de las transectas (**Fig. 98**).

En general las medianas de la clorofila (**Fig. 97**) asociada a los registros de anchoveta fueron discretamente bajos, siendo inferiores a 2,5 mg/m<sup>2</sup>, los valores relativamente mayores de esta variable se registraron entre cta Pabellón de Pica (21°S) y pta Angamos (23°S) variando entre 0,23 y 11,32 mg/m<sup>2</sup>.

La abundancia de diatomeas (**Fig. 99**), principal aporte a la abundancia del fitoplancton, aumentó hacia el sur de la zona hasta un máximo en los 22°S. Las mayores concentraciones se registraron entre los 22-23°S, mientras que las mínimas estuvieron entre el límite norte y los 20°S. Por su parte, los flagelados son sustancialmente menos abundantes que diatomeas, mostrando una baja concentración y una restringida distribución. Sin embargo, entre los 21-22°S se observan las mayores abundancias relativas.

El zooplancton registró las mayores concentraciones en el sector de más al norte



(18°20'-19° S) (**Fig. 99**), con medianas levemente superiores a las otras zonas y una alta variabilidad, entre 21-22° S y 24-25°S también se presentaron medianas de esta variables relativamente altas. Por el contrario los mínimos se presentaron en 19-20°S y entre 22-23°S.

### **6.3 Relaciones entre la distribución de anchoveta y las variables ambientales físicas y oferta de alimento**

#### **6.3.1 Relación entre la distribución espacial de la anchoveta y las variables bio-oceanográficas, mediante Sistemas de Información Geográfica.**

Para el análisis visual entre la densidad de los adultos y reclutas de anchoveta y las variables bio-oceanográficas, se calcularon las variables ambientales a la profundidad promedio de los cardúmenes de la especie, mediante la utilización de SIG (**Fig. 100**). Dichas profundidades variaron entre los 7 y 55 metros. Además, se establecieron tabulaciones cruzadas con el propósito de estimar los rangos óptimos de preferencia de la especie respecto a los parámetros ambientales; se calculó la frecuencia acumulada de variables ambientales y densidad del recurso y también se estimó el coeficiente  $V(Cramer)$ .

##### **6.3.1.1 Relación con la temperatura**

Las isotermas que restringieron la distribución vertical del recurso fluctuaron entre 13,5 y 21,0 °C, así la repartición horizontal presentó un gradiente norte-sur con aguas más cálidas en el extremo norte, lo que se corresponde con la climatología local.



Los gráficos de frecuencia acumulada indicaron que tanto adultos como reclutas tienen un rango preferente entre los 15-17,9 C donde se concentr3 sobre el 76% de los registros de la especie (**Figs. 101 y 102**), lo que difiere de los dos cruceros anteriores en los cuales la mayoría de los píxeles se present3 en torno a los 14 C (**Fig. 103**). La asociaci3n entre la temperatura y la frecuencia de cardúmenes es consistente con los resultados derivados de la aplicaci3n del estadístico de prueba  $\chi^2$  que mostr3 un buen grado de asociaci3n entre la temperatura y la presencia de cardúmenes. A partir de la aplicaci3n de esta prueba se rechaz3 la hip3tesis de independencia entre las variables ( $H_0$ ). La medida de la intensidad de asociaci3n entre los niveles de temperatura fue obtenida a través del cálculo del ndice  $V(Cramer)$ , la evaluaci3n de dicho índice exhibi3 que en el rango preferencial se obtuvo un coeficiente  $V(Cramer)$  de 0,36 y 0,38 tanto para adultos como para reclutas, respectivamente (**Tabla 69**).

Por otra parte, la anchoveta tiende a situarse en los bordes de gradientes térmicos moderados debido probablemente a un menor gasto energético. El análisis de los índices  $V(Cramer)$  de los gradientes térmicos también reflejaron significativas correlaciones, las cuales aumentaron levemente al analizar solamente el rango 3ptimo ( $< 0,3$  C/m) (**Tabla 69**).

### 6.3.1.2 Relaci3n con la salinidad

Las isohalinas que limitaron la repartici3n de los ejemplares estuvieron comprendidas entre 34,64 y 35,15 psu, con un comportamiento espacial que indic3 aguas más salinas en los sectores oceánicos y en el extremo norte. Los gráficos de frecuencia acumulada señalan que tanto adultos como reclutas poseen un estrato dominante entre los 34,8 y 34,99 psu donde se concentra sobre un 80% de los ejemplares,



situación que es distinta a lo sucedido en los dos cruceros precedentes donde la ventana óptima estuvo en un estrato inferior (**Fig. 104**).

Al igual que con la temperatura, se analizó la asociación entre los niveles de salinidad y la frecuencia de cardúmenes haciendo uso de la prueba de asociación  $\chi^2$  y del índice  $V(Cramer)$ . Los resultados de la prueba de  $\chi^2$  muestran en general buenas asociaciones con un índice de 0,32 (adultos y reclutas); sin embargo, dichos valores aumentaron en el rango predilecto a 0,37; por lo que existe una significativa asociación entre las variables (**Tabla 69**).

El análisis de los índices  $V(Cramer)$  de los gradientes salinos también reflejaron buenas asociaciones (**Tabla 69**), y al igual que para los gradientes térmicos los ejemplares tienden a ubicarse en sectores aledaños a zonas de frentes salinos fuertes. A su vez, al analizar solamente el rango óptimo ( $< 0,01$  psu/m) los índices aumentaron y alcanzaron los 0,39 (adultos) y 0,38 (reclutas) lo que indicaría buenas correlaciones entre las variables.

### **6.3.1.3 Relación con el oxígeno disuelto**

Los valores de oxígeno que delimitaron la distribución de los adultos y reclutas variaron entre los 0,33-6,33 ml/l, señalándose que la distribución geográfica de los ejemplares se corresponde con sectores de aguas bien oxigenadas (**Fig. 100**). Los histogramas de frecuencia indicaron que ambas fracciones se emplazaron en aguas de 2,0 y 4,9 ml/l (80%) (**Figs. 101 y 102**), dicha situación difiere levemente del crucero precedente, en que la especie se localizó en aguas de más bajo contenido de oxígeno.



Los cuocientes  $V(Cramer)$  indicaron que los ejemplares adultos exhibieron valores m1s altos siendo el principal aporte causante del rechazo de la hip3tesis de independencia entre las variables ( $H_0$ ) (**Tabla 69**), cabe destacar que este a1o los ejemplares se presentaron en aguas bien oxigenadas. Al estimar los cuocientes  $V(Cramer)$  se observ3 que los ejemplares adultos exhibieron valores m1s altos siendo el principal aporte causante del rechazo de la hip3tesis de independencia entre las variables ( $H_0$ ) (**Tabla 69**), destac1ndose que los 1ndices  $V(Cramer)$  registrados son los m1s altos entre todas las variables ambientales y alcanzaron a un 0,43.

#### 6.3.1.4 Relaci3n con la densidad del agua de mar

Las isol1neas de densidad que definieron la distribuci3n del recurso estuvieron entre 24,58 y 26,15 kg/m<sup>3</sup>, en este sentido la estructura lateral de la densidad del agua mostr3 isopichnas m1s densas en el sector costero (**Fig. 100**), lo que coincide con los cruceros precedentes. El histograma de frecuencias se1al3 que la especie se situ3 en un amplio rango de concentraciones de esta variable en un rango de entre 24,6 y 26,1  $\sigma_t$  con una ventana preferencial en isopichnas de 25,2-25,79  $\sigma_t$ , lo que es similar a lo mencionado en el crucero anterior (**Figs. 101 y 102**).

El c1lculo del indicador  $V(Cramer)$  para todo el rango de distribuci3n de densidad indic3 buenas correlaciones para adultos y reclutas alcanzando ambas porciones un valor de 0,42, que aumenta levemente al considerar solamente el rango 3ptimo, lo anterior da cuenta de una significativa asociaci3n entre ambas variables, con un tipo de asociaci3n directa. En este sentido se se1ala que para a1os anteriores tambi3n se registr3 un rango preferente relacionado con aguas m1s densas.



### 6.3.1.5 Relación con la clorofila a

Los niveles de clorofila que condicionaron la distribución de las agregaciones variaron entre 0,05 y 11,32  $\mu\text{g/L}$ , en general la biomasa pigmentaria evidenció altos registros en la zona costera entre Iquique y Mejillones, sin embargo dicho sector no se relacionó con las mayores densidades de anchoveta (**Fig.100**).

A su vez el histograma de frecuencias de la clorofila señaló que los ejemplares de la especie se localizaron en un amplio rango de valores del parámetro ambiental (**Figs. 101 y 102**). Los índices  $V(\text{Cramer})$  dan cuenta de una moderada correspondencia entre la anchoveta y la cloa, sin embargo los índices aumentan si se considera la ventana óptima (**Tabla 69**). En este sentido es importante destacar que los resultados son similares a los encontrados por otros autores que incluso indican una relación inversa entre las concentraciones de adultos y reclutas de anchoveta y la abundancia de la clorofila, se señala que en estudios de anchoveta en la zona Arica-Antofagasta también se han encontrado asociaciones inversas entre ambas variables.

### 6.3.1.6 Relación con el zooplancton

Con respecto al zooplancton, se advirtió que presentaron grandes abundancias con un núcleo principal localizado al SW de Arica que coincide con las mayores abundancias de la anchoveta. El análisis indicó una significativa relación entre el zooplancton respecto de adultos y reclutas de la especie, así el mayor número de celdas positivas de anchoveta se registraron en densidades de zooplancton entre 100 y 500 ( $\text{g}/1000 \text{ m}^3$ ) estrato que concentra el 73 y 75% de la presencia de adultos y reclutas, respectivamente (**Figs. 101 y 102**).



Cabe destacar que el zooplancton ha sido mencionado por diversos autores como parte de la dieta de la especie. Finalmente, el cálculo de los índices  $V(Cramer)$  mostró una alta asociación entre las variables (**Tabla 69**).

#### **6.3.1.7 Relación con el fitoplancton**

En el caso del fitoplancton, desde el punto biológico, se registraron bajas abundancias con solamente un foco principal que se localizó entre Tocopilla y Mejillones, en un sector de bajas concentraciones de anchoveta (**Fig. 100**).

El gráfico de frecuencias de abundancia de fitoplancton señaló que la especie se localizó en un amplio rango de concentraciones de fitoplancton desde 1 hasta 500 (cél/ml), no obstante el 73% (adultos) y el 78% (reclutas) de las celdas positivas se ubicaron en concentraciones menores a las 50 (cél/ml) (**Figs. 101 y 102**). Al analizar las asociaciones entre la distribución de la especie y la composición del fitoplancton se da una relación inversa entre las variables, es decir que las mayores agregaciones de la especie se asocian a bajos registros de la variable ambiental, sin embargo los valores de los índices  $V(Cramer)$  dan cuenta de asociaciones significativas al rechazar la hipótesis de independencia entre las variables.

#### **6.3.1.8 Distribución espacial de la anchoveta en los cruceros de primavera-verano (período 1996 – 2010)**

En el período 1996 a 2010 se han efectuado 11 cruceros para cuantificar hidroacústicamente la anchoveta en el periodo del máximo reclutamiento. En la **Figura 105** se presentan las cartografías de las distribuciones de adultos y juveniles de anchoveta clasificado por categoría de densidad.



En los primeros cuatro cruceros (9601-9811) las superficies en que se distribuía la anchoveta era superior a la que se encontró en los cruceros posteriores (0001 y 0012), especialmente la porción adulta. En dichos cuatro cruceros se observaron dos focos principales: frente a Arica y en los alrededores de punta Lobos (en el caso de adultos). No obstante lo anterior, hay cierta tendencia a que en un área mayoritaria ambas fracciones compartan idénticos espacios. Una excepción a lo anterior la presenta el crucero realizado en enero del año 2000 donde en el 87% del área se presentaron sólo ejemplares adultos.

Respecto de los últimos años (RECLAN 0702, 0712 y 0812), en la parte adulta se siguen registrando altas concentraciones en Arica; en tanto que para los ejemplares reclutas adicionalmente se apreció una zona de grandes registros en las proximidades de punta Lobos (**Fig. 105**). Durante el año RECLAN152 0912, tanto adultos como reclutas presentaron una gran repartición espacial, siendo de las mayores del período analizado, en este sentido los adultos presentaron un foco principal frente a Arica y otro secundario en las proximidades de Antofagasta; en tanto que los reclutas registraron un solo foco principal frente a Arica.

#### **6.3.1.8.1 Determinación de los centros de gravedad (CG) de la biomasa de anchoveta**

El análisis de los CG indicó claras variaciones interanuales en ambas fracciones. De esta manera, para detectar un patrón de comportamiento de adultos y reclutas se estimaron dichos CG por crucero (**Fig. 106**). Se puede observar que en el crucero 9601 los reclutas tienden a ubicarse más al norte que los adultos, sin embargo en los dos años siguientes este patrón varía drásticamente y los CG de adultos exhibieron un fuerte desplazamiento hacia el norte, que coincide con una localización en registros de temperatura y salinidad más altos. Se destaca el crucero 9801 en el cual la especie se ubicó en los rangos más altos de temperatura y salinidad de todo el



per3odo analizado debido a la influencia del evento ENOS de ese a3o. Por su parte el RECLAN 0001 present3 un comportamiento at3pico con CG localizados en la regi3n norte del 3rea de estudio y que est3 influenciado por las grandes concentraciones que se registraron en los alrededores de dicho puerto, especialmente el CG de los reclutas que alcanz3 el SW de Arica.

En los RECLAN 0702 y 0712, los CG de ambas fracciones se desplazaron en direcci3n sur-oeste alcanzando la cuadra de Tocopilla, y las proximidades de punta Lobos (**Fig. 105**). En los RECLAN 0812 y 0912, se apreci3 que los CG de adultos mantienen una posici3n m3s bien meridional y se ubicaron al SW de punta Lobos, lo que confirma a este sector como uno de los principales n3cleos de distribuci3n de la especie y un foco relevante de reclutamiento; en cambio los CG de reclutas migraron hacia el norte y alcanzaron la cuadra de Iquique en el RECLAN152 0912 (**Fig. 106**).

### **6.3.2 Modelamiento estad3stico de la densidad de anchoveta y las condiciones ambientales**

En el modelamiento GAM de la densidad ac3stica de anchoveta, la variable respuesta ( $s_A$ ) fue transformada a una escala logar3tmica en orden de reducir la asimetr3a (Bertrand *et al*, 2004), aproxim3ndola a una distribuci3n normal. Se aplic3 la prueba de Lilliefors que es una adaptaci3n del test de Kolmogorov-Smirnov (Lilliefors, 1967), acept3ndose la hip3tesis nula que la variable transformada se distribuye normalmente ( $p\text{-value} = 0,082$ ,  $\alpha = 0,05$ ). En cuanto a los predictores, estos se agruparon como: espaciales (latitud, distancia a la costa); oceanogr3ficos (temperatura, salinidad, ox3geno, densidad); batim3tricos (profundidad media de las agregaciones, profundidad de termoclina y profundidad capa m3nima de ox3geno) y biol3gicos (abundancia de fitoplancton, biomasa zooplancton y clorofila). Las variables que m3s aportaron a la variabilidad del modelo ajustado seg3n el criterio de m3xima verosimilitud,



complementado con el criterio de Akaike (AIC) fueron: distancia a la costa, profundidad media de las agregaciones de anchoveta, latitud, profundidad inicio de la mínima de oxígeno, abundancia total fitoplancton, abundancia diatomeas, salinidad y oxígeno.

La **tabla 70** muestra las covariables y su significancia al ser incorporadas al modelo con la densidad de anchoveta ( $\log(s_A + 1)$ ). La devianza de los residuales decrece conforme aumenta el número de predictores disminuyendo un total de 1.414,67 por la incorporación de 8 variables al modelo nulo, estas 8 variables explican un 18,8% de la devianza total. Los predictores distancia a la costa y profundidad media de la agregación reducen en un 10,03% la devianza. Ambas variables representan el 53,13% de la variabilidad total explicada por el modelo. En segundo orden de aporte a la variabilidad total, se encuentran la latitud y profundidad de la capa mínima de oxígeno con un aporte conjunto de un 3,9% de la devianza. El mínimo AIC se obtiene con la variable oxígeno (**tabla 70**), descartándose las variables profundidad de inicio y término de la termoclina aunque fueron significativas en el modelo ( $\Pr(F)=2,91E-04$  y  $1,60E-06$ ), según la prueba de razón de verosimilitud.

El resto de los predictores contribuyen marginalmente con un máximo individual del 2% (**tabla 70**). Finalmente para el modelo, el pseudo coeficiente de determinación obtenido es de 0,1887, lo que indica que se explica aproximadamente un 19% de la variabilidad de anchoveta observada.

En la **figura 107** se presentan gráficamente las covariables y su influencia relativa sobre la densidad de anchoveta con la función de suavización loess y sus intervalos de confianza al 95% en líneas segmentadas.

La variable distancia a la costa se relaciona inversamente con la densidad de anchoveta, disminuyendo las densidades del recurso con el aumento de la distancia. Se observa para distancias a la costa menores a 9 mn que la función de densidad



tiende a maximizarse mientras menor sea la distancia, caracterizando la distribuci3n costera del recurso (**Figura 107**).

La profundidad media presenta un efecto positivo con la densidad de anchoveta, hasta un m3ximo entre 14-26 m, a mayores profundidades (>30 m) los l3mites de confianza tienden a divergir hacia sus extremos, dado el escaso n3mero de observaciones (**Figura 107**).

Durante el crucero de diciembre las mayores densidades de anchoveta se observan hacia el sur de la zona de estudio a partir de los 22°S, con un m3ximo alrededor de los 24°S. Al norte de los 22°S, el recurso tiende a disminuir su densidad (**Figura 107**).

Respecto a la relaci3n con la profundidad de la capa m3nima de ox3geno, se observa que el aumento en la profundidad disminuye la presencia de anchoveta hasta alcanzar un m3nimo en la densidad entre 48-50 m de profundidad, desde este punto el aumento de la profundidad afecta positivamente la densidad de anchoveta hasta los 60 m, mayores profundidades muestran una alta variabilidad.

En cuanto a las variables de oferta ambiental, la abundancia total de fitoplancton durante el crucero muestra una relaci3n lineal con anchoveta, donde el efecto sobre el recurso es negativo con el aumento del fitoplancton, mostrando que la densidad de anchoveta es mayor mientras la concentraci3n del fitoplancton es menor. En tanto, para la abundancia de diatomeas se observa un efecto inverso al de fitoplancton, la relaci3n muestra que el aumento en la abundancia de diatomeas aumenta la densidad de anchoveta (**Figura 107**).



Respecto a la salinidad, se observa una ventana ambiental 3ptima para un intervalo entre 34,8-34,97 psu. Salinidades fuera del intervalo 3ptimo afectan negativamente la densidad de anchoveta, presentando amplias bandas de confianza lo que refleja una alta incertidumbre en la estimaci3n (**Figura 107**).

En cuanto a la relaci3n entre el logaritmo de anchoveta y ox3geno se observa un intervalo con efecto negativo. La relaci3n muestra que el aumento de ox3geno disminuye la densidad de anchoveta hasta los 4ml/l, nivel de concentraci3n que representa la densidad m3nima alcanzada por anchoveta respecto a la variable ox3geno. Concentraciones mayores a 4 ml/l tienden a aumentar la densidad. Fuera de este rango la variabilidad sobre la densidad de anchoveta aumenta considerablemente (**Figura 107**).

## **7. Caracterizar y analizar las agregaciones del recurso anchoveta (Obj B4)**

Se proces3 y analiz3 un total de 1.938 agregaciones de anchoveta mediante el programa SonarData Echoview<sup>®</sup>, informaci3n extra3da de las transectas de prospecci3n ac3stica y navegaciones orientadas a la b3squeda de card3menes. La muestra fue separada en agregaciones diurnas y nocturnas, consider3ndose para el primer per3odo el horario comprendido entre las 06:45 horas y las 20:00 horas, mientras que las agregaciones nocturnas fueron consideradas en el per3odo restante para completar las 24 horas, resultando en el d3a 1.639 detecciones, mientras que para la noche se detectaron 299 agregaciones de anchoveta.

### **7.1 Resultados agregaciones diurnas y nocturnas**

La **Tablas 71 y 72** entregan los resultados para las agregaciones diurnas y nocturnas de anchoveta, respectivamente.



Los resultados del an3lisis de varianza (ANDEVA), para la comparaci3n de los valores medios de los descriptores, factor d3a-noche, se entrega en la **Tabla 73**. En 3sta se observa que todos los descriptores excepto los valores del alto y de la energ3a retrodispersada ( $s_A$ ), presentan diferencias significativas entre el d3a y la noche.

### 7.1.1 Descriptores morfol3gicos

Las agregaciones diurnas de anchoveta presentaron un largo promedio de 21 m ( $\pm 28$ ), en donde el valor entre par3ntesis corresponde a la desviaci3n est3andar. En la noche el largo alcanz3 un valor promedio superior y con mayor rango de variaci3n que en el d3a, resultando en 225 m ( $\pm 635$ ) (**Fig. 108**). El alto de las agregaciones alcanz3 para per3odo diurno un promedio de 3,0 m ( $\pm 0,6$ ), en la noche el promedio fue muy similar resultando en 2,9 m ( $\pm 1,5$ ) (**Fig. 109**).

La elongaci3n (relaci3n largo/alto de las agregaciones), alcanz3, al igual que el largo, mayor valor en ambiente nocturno. Durante el d3a el promedio fue de 8,0 con desviaci3n de  $\pm 9$ , en la noche el valor aument3 a 64 ( $\pm 168$ ). (**Fig. 110**).

Los descriptores referidos al tama3o de las agregaciones tambi3n evidenciaron un mayor tama3o de 3stas en ambiente nocturno. Durante el d3a los valores de per3metro y 3rea fueron de 62 m ( $\pm 101$ ) y 68 m<sup>2</sup> ( $\pm 143$ ), respectivamente, mientras que en la noche los valores aumentan a 864 m ( $\pm 2.615$ ) y 932 m<sup>2</sup> ( $\pm 3.179$ ) para per3metro y 3rea, respectivamente (**Fig. 111 y 112**). El valor de la dimensi3n fractal, que es una medida de la complejidad de la forma de la agregaci3n, tambi3n fue menor durante el d3a con un valor de 1,35 y 1,46 para el d3a y la noche, respectivamente (**Fig. 113**), reflejando la tendencia de anchoveta de formar agregaciones m3s irregulares o alargadas durante el per3odo nocturno.



### 7.1.2 Descriptores batim3tricos

La profundidad promedio de las agregaciones de anchoveta durante el d3a fue de 11 m ( $\pm 5$ ), aumentando su profundidad promedio en la noche a 13 m ( $\pm 6$ ) (**Fig. 114**). La profundidad promedio del fondo en que fueron detectadas las agregaciones fue de 937 m ( $\pm 902$ ), mientras que en la noche fue de 1.291 m ( $\pm 873$ ) (**Fig. 115**). Los altos valores promedio se explican dada la gran cobertura longitudinal realizada en el crucero, se debe consignar que se asumi3 una profundidad m3xima de 2.000 m cuando se perdi3 la se3al de fondo, pudiendo ser mayor en algunos casos.

El descriptor 3ndice de altura que refleja la posici3n relativa de las agregaciones con respecto al fondo, alcanz3 el 95% ( $\pm 5$ ) en el d3a, y el 97% ( $\pm 4$ ) durante la noche (**Fig. 116**). El bajo valor de dispersi3n de los datos refleja que casi la totalidad de las agregaciones presentaron valores altos de este 3ndice, dado el alto valor de los fondos detectados, aun as3 se observan diferencias estad3sticas entre el d3a y la noche, siendo superior durante per3odo nocturno.

### 7.1.3 Distancia a la costa

Se observ3 que en promedio las agregaciones durante el d3a se encuentran m3s cercanas a la costa que durante la noche, a una distancia de 8 mn ( $\pm 8$ ) durante el d3a, apreci3ndose una migraci3n nocturna alej3ndose de la costa a un promedio de 15 mn ( $\pm 12$ ) (**Fig. 117**).

### 7.1.4 Descriptores de energ3a

Aun cuando estad3sticamente no se registr3 diferencias significativas en los valores de energ3a entre el d3a y la noche, el valor promedio registrado durante el d3a fue levemente menor que el de la noche con 395  $s_A$  ( $\pm 1.698$ ) y 523  $s_A$



( $\pm 1.648$ ) para el d3a y la noche, respectivamente. El alto rango de variaci3n de los registros de energ3a provoca que el intervalo de confianza para la aceptaci3n de la hip3tesis sea m3s amplio. (**Fig. 118**). Los valores de la densidad ac3stica ( $s_A/m^2$ ) fueron mayores durante el d3a que la noche, con promedio diurno de  $6 s_A/m^2 (\pm 10)$  disminuyendo en la noche a  $3 s_A/m^2 (\pm 4)$  repiti3ndose lo observado en a3os anteriores respecto a la formaci3n de agregaciones m3s densas durante la noche (**Fig. 119**).

### 7.1.5 Valores promedio descriptores por rango de hora

Se agrup3 los valores observados de los descriptores por rangos de 1 hora, y abarcando 21 horas del d3a. Los resultados muestran una tendencia a presentar mayores valores en el largo de las agregaciones en ambiente nocturno, especialmente entre las 22 y 03 horas, entre las 06 y 19 horas mantiene valores menores y estables en el largo (**Fig. 120**). El alto de las agregaciones tiende a aumentar su valor en horario diurno, especialmente entre la 07 y 13 horas llegando a un peak a las 08 horas. (**Fig. 121**), mientras que la elongaci3n presenta, al igual que el largo, sus mayores valores en ambiente nocturno (**Fig. 122**).

Los valores de per3metro y 3rea por rango de hora (**Fig. 123 y 124**), presentan el mismo patr3n observado en los valores de la elongaci3n para ambos cruceros respecto a las variaciones en sus valores promedio, con sus mayores valores en horario nocturno, patr3n que se refleja tambi3n en los valores de la dimensi3n fractal, en donde se observa una coincidencia entre los mayores valores de los descriptores referidos al tama3o de las agregaciones y el referido a la regularidad en la forma de los card3menes (**Fig. 125**).

La profundidad de agregaciones no permite asociar una tendencia horaria de las agregaciones con este descriptor dada la forma de las curvas promedio, la cual



entrega la máxima y mínima profundidad en horario nocturno (**Fig. 126**). La profundidad del fondo presenta una curva totalmente irregular con los máximos y mínimos en horario nocturno, sí se puede inferir al menos una menor variabilidad en ambiente diurno (**Fig. 127**). El índice de altura presenta valores muy altos en todo el período horario, observándose el menor valor del descriptor en ambiente diurno (**Fig. 128**).

La distancia a la costa de las agregaciones de anchoveta observada en el crucero presentó sus mayores valores promedio y mayor variabilidad en horario nocturno. A partir de las 06 hrs. y hasta las 19 hrs. (ambiente diurno) la variabilidad es menor y con una leve tendencia a disminuir su valor (**Fig. 129**).

La energía retrodispersada presenta sus máximos valores en ambiente nocturno, con peaks muy marcados a las 03 y 21 horas. Sin considerar ambos valores, el resto del período los  $S_A$  promedio no presentan valores tan disímiles con un rango acotado de variación entre 100 y 800  $S_A$  (**Fig. 130**). La densidad acústica presenta sus mayores valores en horario diurno, observándose la tendencia contraria a los  $S_A$ , (valores altos nocturnos dado el mayor tamaño de las agregaciones observada en horario nocturno, observándose diferencias significativas entre el período diurno y nocturno (**Fig. 131**).

#### 7.1.6 Valores promedio descriptores según distancia a la costa

Se agrupó los descriptores según la distancia a la costa en rangos de 1 mn, comprendiendo este rango desde 1 mn hasta 1,99 mn y así sucesivamente. A partir de las distribuciones de frecuencia acumulada del número de observaciones en ambiente diurno (**Fig. 132**), se determinó la mediana de la distancia a la costa, a fin de poder separar las agregaciones en categoría costera y no-costera. En ambiente diurno el 50% de los datos se encontró a 6 mn, por lo que a fin de separar las agregaciones bajo un mismo criterio para ambos períodos, se definió como



agregaciones costeras a aquellas ubicadas hasta 6 mn de la costa ( $\leq 5$  mn) y como no-costeras a aquellas ubicadas sobre 6 mn de la costa ( $> 5$  mn).

Las **Tablas 74 y 75** entregan los resultados de la ANDEVA realizada al comparar los valores medios de los descriptores separando las agregaciones en costeras y no-costeras, para ambiente diurno y nocturno, respectivamente. En éstas se observa que en ambiente diurno, todos los descriptores presentan diferencias significativas entre las agregaciones costeras y no-costeras. En ambiente nocturno la situaci3n varía, observándose que los descriptores morfométricos largo, elongaci3n, perímetro, área y dimensi3n fractal no presentan diferencias estadísticas, independiente de la distancia a la costa. Todos los descriptores batimétricos continúan presentando diferencias en ambiente nocturno, mientras que los descriptores de energía ( $s_A$  y densidad) son similares entre agregaciones costeras y no-costeras.

Considerando las variables morfométricas, se observa que en el caso diurno las agregaciones costeras presentan mayor valor promedio de largo, alto y elongaci3n que las agregaciones no-costeras. En el caso nocturno, se observa similitud entre las agregaciones costeras y no-costeras en los descriptores largo y elongaci3n, siendo el alto de mayor valor en las agregaciones costeras, manteniéndose la tendencia diurna observada con agregaciones costeras de mayor valor promedio (**Fig. 133**).

Las variables perímetro, área y dimensi3n fractal, reflejan al igual que el caso anterior, que en el caso diurno las agregaciones de mayor tamaño se presentan en la zona costera, con valores superiores a los encontrados en la zona no-costera. En el caso nocturno no se observan diferencias significativas entre agregaciones costeras y no-costeras, pero los valores promedio mantienen la tendencia de presentar agregaciones de mayor tamaño en la zona costera respecto a la zona no-costera (**Fig. 134**).



Las variables batimétricas en el caso diurno presentan las agregaciones costeras a menor profundidad y a menores fondos promedio que las agregaciones no-costeras, por ende mayor valor de índice de altura en la zona no-costera. En el caso nocturno, se acentúan las diferencias observadas en la profundidad de agregaciones y la profundidad del fondo, con las agregaciones no-costeras a mayor profundidad promedio que en el caso diurno (**Fig. 135**).

Los descriptores de energía en el caso diurno presentaron diferencias significativas, resultando en ambos casos agregaciones de mayor energía y densidad acústica en la zona costera respecto a la no-costera. En el caso nocturno no se registraron diferencias estadísticas pero en promedio en el día las agregaciones con mayores valores de  $s_A$  se registraron en la zona costera, mientras que en la noche las agregaciones con mayor densidad acústica se registraron en la zona no-costera. (**Fig. 136**).

### 7.1.7 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 el crucero en ambiente diurno y nocturno, los resultados se entregan en la **Tabla 76**.

El mayor número de observaciones ocurrió en la zona 1, tanto en ambiente diurno (981) como nocturno (220), siendo esta zona la de mayor área, abarcando latitudinalmente toda el área de estudio, esto genera que las agregaciones en promedio en esta zona presenten, en ambiente diurno y nocturno la mayor distancia a la costa y por ende la mayor profundidad del fondo. La zona 2, zona costera y al norte del área, presentó el menor número de agregaciones en ambiente diurno (152)



y nocturno (11), sin embargo fue la zona que present3 las agregaciones de mayor tama1o (1rea en el d1a y largo, alto, elongaci3n, per1metro y 1rea en la noche) y las de mayor  $s_A$  y densidad en ambiente diurno y nocturno. Esta zona present3 adem1s la menor distancia promedio a la costa y las menores profundidades del fondo en ambos ambientes. La zona 3, zona costera al centro del 1rea de estudio, present3 valores intermedios entre las zonas anteriores, tanto en el n1mero de agregaciones (506 en el d1a y 68 en la noche), como en los descriptores referidos a morfometr1a, batimetr1a y energ1a.

## 7.2. An1lisis de componentes principales

### 7.2.1 Agregaciones diurnas

El resumen de la informaci3n de cada descriptor o variable original se entrega en la **Tabla 71** donde se incluye el valor m1ximo, m1nimo, promedio y desviaci3n est1ndar para las caracter1sticas morfom1tricas, batim1tricas y de energ1a de las agregaciones diurnas.

La matriz de correlaciones entre las variables originales se entrega en la **Tabla 77**, las asociaciones m1s fuertes se presentan entre las variables morfom1tricas largo-per1metro, largo-1rea, per1metro-1rea, largo-elongaci3n, seguida de las asociaciones entre las variables batim1tricas fondo – 1ndice de altura y fondo – distancia a la costa, finalmente por la asociaci3n entre las variables  $s_A$ -densidad y  $s_A$ -1rea. Esta matriz, al igual que en todos los casos, es utilizada como matriz de entrada para la aplicaci3n de an1lisis de componentes principales (ACP).

El ACP arroj3 cuatro componentes principales que en conjunto explican el 80,0% de la variabilidad total. El componente 1 es el m1s importante con un valor propio de 3,6 explicando el 30,0% de la variabilidad total, seguido del componente 2 con valor



propio igual a 2,6 explicando el 21,4% de la variabilidad. El tercer componente explica el 19,5% de la variabilidad con un valor propio de 2,3 y el cuarto con valor propio de 1,1 explicando el 9,1% de la variabilidad. La **Tabla 78** entrega los valores propios y la proporci3n de la variabilidad explicada, total y acumulada por todos los componentes.

Los valores correlacionados de las variables originales con los componentes principales se aprecian en la **Tabla 79**, en 3sta se observa que la componente 1 asocia principalmente a los descriptores morfol3gicos largo, per3metro, 3rea y elongaci3n. El componente 2 asocia positivamente a la variable 3ndice de altura y negativamente a las variables alto y  $s_A$ . El tercer componente asocia a los descriptores batim3tricos tales como fondo e 3ndice de altura con la distancia a la costa. El componente 4 se asocia preferentemente con la densidad de agregaciones.

La **figura 137** representa la asociaci3n de las variables originales con los dos primeros componentes, se aprecia la asociaci3n entre largo, elongaci3n, per3metro y 3rea, as3 como la correlaci3n entre el alto y la energ3a  $s_A$  todas orientadas en el mismo sentido, tambi3n se refleja la fuerte asociaci3n positiva entre la profundidad del fondo, 3ndice de altura y la distancia a la costa, aumentos en una implicaran aumentos en las otras.

### 7.2.2 Agregaciones nocturnas

La **Tabla 72** incluye el valor m3ximo, m3nimo, promedio y desviaci3n est3ndar para las caracter3sticas morfom3tricas, batim3tricas y de energ3a de las agregaciones nocturnas detectadas en el crucero.

La matriz de correlaciones se entrega en la **Tabla 80**, las asociaciones m3s fuertes se presentan entre las variables morfom3tricas largo-per3metro, elongaci3n-per3metro, largo-elongaci3n largo-3rea y, tambi3n hay una fuerte asociaci3n entre la



variable de energa retrodispersada  $s_A$  y las variables morfomtricas rea, largo, permetro, elongaci3n y alto, respectivamente. Al igual que en las situaciones anteriores, tambi3n est3 la asociaci3n entre la distancia a la costa, profundidad del fondo e ndice de altura.

El ACP arroj3 tres componentes principales que en conjunto explican el 75,6% de la variabilidad total. El componente 1 con un valor propio de 4,9 explicando el 40,9% de la variabilidad total es el m3s importante, seguido del componente 2 con valor propio igual a 2,5 explicando el 22,8% de la variabilidad. El tercer componente explica el 12,2% de la variabilidad con un valor propio de 1,5. La **Tabla 81** entrega los valores propios y la proporci3n de la variabilidad explicada, total y acumulada por todos los componentes.

Los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales que se aprecian en la **Tabla 82**, observ3ndose que el componente 1 asocia principalmente a los descriptores morfol3gicos largo, permetro, rea y elongaci3n junto al de energa  $s_A$ . El componente 2 asocia principalmente a las variables batimtricas fondo, profundidad de agregaciones e ndice de altura con la distancia a la costa, mientras que el tercer componente relaciona a las variables alto con dimensi3n fractal y densidad, 3stas 3ltimas negativamente.

La correlaci3n grfica de las variables originales con los dos primeros componentes (**Fig. 138**), muestra la fuerte asociaci3n entre el tamao de las agregaciones y su respuesta ac3stica, la cual es mayor que en ambiente diurno, esta mayor asociaci3n nocturna de variables en el componente 1 explica el mayor porcentaje de variabilidad explicada de la noche con respecto al daa en el primer componente. El componente 2 asocia fuertemente a las variables batimtricas junto a la distancia a la costa, similar al comportamiento diurno.



## VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 1. Análisis de la hidrografía

Dentro del contexto regional, el crucero se realizó dentro de un periodo cálido El Niño, evento que se dio como iniciado el mes de Julio (NOAA, 2009). El MEI y el IOS se mantuvo en su fase cálida desde el mes de abril de 2009, sin embargo hasta el mes de octubre se mantuvieron en la costa sudamericana, sector Niño 1+2, condiciones frías mostradas por anomalías negativas de TSM de hasta  $-1^{\circ}\text{C}$ . Ese mismo mes, la zona de estudio registró, en general, una condici3n de normalidad incluso con una tendencia ligeramente fría y de baja salinidad al sur de Antofagasta, mientras que frente a Arica se registraron anomalías positivas significativas en temperatura y salinidad asociadas a una entrada de agua Subtropical sólo por condiciones locales de viento (Braun *et al*, 2010).

Sin embargo, a partir del mes de noviembre se presentó en la zona una marcada tendencia hacia una condici3n cálida y salina, la cual indicaba los primeros efectos de El Niño, manifestándose en anomalías positivas de temperatura y salinidad en el rango de  $+1^{\circ}$  a  $+2^{\circ}\text{C}$  y 0,1 a 0,2 psu, respectivamente (C3rdova *et al*, 2009).

La informaci3n de TSM recopilada en el crucero RECLAN, señaala que ya en el mes de diciembre se presentó en la zona de estudio una condici3n cálida y salina anormal debido a una intensa presencia de agua Subtropical. En este sentido, las anomalías respectivas alcanzaron valores extremos de  $+3^{\circ}\text{C}$  y  $+0,4$  en salinidad. Las áreas de mayor anormalidad fueron las de Arica a Pisagua, con  $+2^{\circ}\text{C}$  y  $+0,2$  y desde punta Arenas hasta el límite sur con hasta  $+3^{\circ}$ , con un foco costero de  $+4^{\circ}\text{C}$ , y de hasta  $+0,4$  con un pico de  $+0,5$  en salinidad.



Las anomalías del nivel del mar muestran un fuerte predominio de anomalías positivas en la franja costera hasta al menos los 71°W, con un predominio también de un flujo geostrófico hacia el sur, lo que ha sido encontrado también en condiciones El Niño intenso (Blanco *et al.*, 2002; Letelier *et al.*, 2010).

En la comparación histórica de la altura del nivel medio del mar (satelital), la distribución del tipo de anomalías y la dirección del flujo predominante sólo es similar al encontrado en el crucero Reclan de febrero de 2007, momento en que finalizaba un evento cálido débil. Así también se observa, respecto a todos los cruceros RECLAN, que hay en general una mayor presencia de giros y estructuras de mesoescala anticiclónicas en la zona de estudio durante todo el mes y que se intensifican hacia la última semana, al menos hasta los 72°W, como así también las anomalías positivas de ANMM. Una característica similar, respecto de lo señalado anteriormente, ha sido descrita para El Niño 1997-98, sin embargo, al presentarse un predominio de giros ciclónicos durante El Niño débil 2002-2003, no puede indicarse que esto sea una característica del sistema bajo condiciones cálidas Letelier *et al.*, 2010.

La condición cálida superficial, junto al paso de ondas atrapadas a la costa, originó una profundización de la isoterma de 15°C (indicadora de la profundidad de la termoclina en la zona), la cual en algunas áreas como Arica a caleta Camarones y entre punta Grande a punta Coloso, se supera los 20 m más profunda que lo indicado por el promedio histórico del mes. Sin embargo, la profundidad del límite superior de la capa de mínimo OD, en general, no mostró la profundización característica de evento cálido (Morales *et al.*, 1999, Blanco *et al.*, 2002). Sólo en el sector entre Arica y Pisagua hubo una profundización en más de 40 m en relación al año 2008, mientras que en relación a los cruceros de febrero y diciembre de 2007, esto no se observó.



Una excepci3n a la condici3n c3lida y salina se3alada es el 3rea entre las localidades de Iquique a bah3a Chipana (secciones 11 a 17), en donde procesos locales de surgencia originaron la presencia de aguas de baja temperatura en la costa, las cuales se extienden al menos hasta el l3mite oeste (20 mn), produciendo en ese sector anomal3as neutras o negativas significativas  $> -2^{\circ}\text{C}$  en la franja m3s costera y de  $-1^{\circ}\text{C}$  en la m3s oeste.

El proceso de surgencia indicado fue de intensidad d3bil durante el momento del muestreo en el crucero. En este sentido, las isotermas e isohalinas muestran una escasa pendiente hacia la costa, encontr3ndose adem3s la masa de agua AESS en baja participaci3n, con un m3ximo de 40%, en la secci3n 17 (punta Lobos), lo que se tradujo finalmente en una estrecha franja costera, no mayor a 5 mn, que se manifest3 en concentraciones de ox3geno menores o iguales a 4 ml/l. En la surgencia se3alada participa agua de tipo ASAA y AESS. La informaci3n de TSM satelital muestra, no obstante, que el proceso de surgencia se debilita aun m3s hacia fines de mes, momento en que queda una estrecha franja de aguas m3s fr3as en la costa y avanza hacia ella la isoterma de  $22^{\circ}\text{C}$ . Durante las dos primeras semanas del mes, sin la ocurrencia de este proceso de surgencia, en esta 3rea se habr3an presentado probablemente tambi3n condiciones similares a las encontradas en el resto de la zona.

Por el contrario, en el 3rea de bah3a Moreno, una disminuci3n del proceso de afloramiento permite un ingreso de agua m3s oce3nica hacia la costa que origin3 anomal3as significativas positivas en las tres variables informadas.

El viento medido durante el crucero da cuenta de un predominio de viento favorable a la surgencia y de intensidad d3bil a moderada, sin registrarse mediciones de viento mayor a 10 m/s. Tal condici3n del viento es consistente con las caracter3sticas de la



surgencia observada en la zona, pues en general el proceso de afloramiento fue de intensidad débil, lo que es mostrado por la estrecha franja costera de agua más fría en las imágenes satelitales de TSM. El IS tuvo un máximo de sólo 543 m<sup>3</sup>/s en el extremo sur de la zona, dando cuenta este valor sobre lo ocurrido en este proceso local. En el crucero de diciembre de 2008, el IS máximo llegó cerca de los 1000 m<sup>3</sup>/s (Letelier *et al.*, 2009), mientras que en 2007 fue cerca de 700 m<sup>3</sup>/s (Letelier *et al.*, 2008). En general, el viento en esta zona es de intensidad débil y favorable a la surgencia (Bakun & Nelson, 1991), lo que es consistente con lo encontrado en el actual crucero.

El área con entrada de agua Subtropical mostró también una relativa disminución de OD superficial en relación a los tres muestreos anteriores, ya que prácticamente no se detectaron focos > 6,5 ml/l y los focos de concentración < 5 ml/l fueron más numerosos y con una mayor distribución, esto al estar presentes en la mayor parte del sector costero de las primeras 5 mn. Este resultado es consistente con la presencia de AESS que participa en la surgencia pero que permanece muy pegada a la costa en focos de surgencia definidos.

Pese a la entrada de AST, y a que el crucero se realizó durante un Niño, fuera de las 5 mn en el área entre los 21°20' y 24°S, la capa de mínimo OD se ubicó a menor profundidad que lo observado en los tres muestreos anteriores, con una diferencia de hasta 40 m menor, principalmente en las áreas de Tocopilla y Antofagasta, mientras que entre los 19°40' y los 21°S, la profundidad del límite no presentó diferencias con los tres cruceros anteriores, coincidiendo también con el sector de surgencia más activa.

Por otra parte, este año el sistema estuvo muy productivo, principalmente entre caleta Patillos y punta Hornos, con un pico en el extremo sur del área de estudio (T37), en tanto las menores concentraciones de clorofila-a (cloa) aunque siempre con



núcleos  $> 1 \mu\text{g/L}$ , se ubicaron en las secciones T3 a T5 y de Mejillones-Antofagasta. Esto contrasta con lo observado el año anterior ya que aunque en 2009 se presentaron menores concentraciones (0,01 a 9,3), éstas estuvieron más ampliamente distribuidas que en el actual muestreo. En general, este año hubo una tendencia más clara, que aquella de los muestreos anteriores, en la profundización de los núcleos hacia el oeste, lo que se acentuó en las transectas desde caleta Chipana al sur.

Al incorporar la medición de fiv como un indicador indirecto de la biomasa fitoplanctónica se debe considerar, en el momento de interpretar los resultados, la composición específica del fitoplancton, las condiciones ambientales y de fotoadaptación, entre otros aspectos (Schlüter *et al.*, 2000). En los resultados de este crucero hubo notables diferencias en la asociación de la fluorescencia (fliv) y la cloa. La fliv superficial a 1 mn señala menores valores en el sector donde se detectó la mayor concentración de cloa superficial ( $> 5 \mu\text{g/L}$ ), esto es entre Patillos y Punta Hornos, y también en Camarones, Caleta Buena e Iquique. Así también en el resto del área, hubo una tendencia contraria, pues valores de clorofila menores a  $3 \mu\text{g/L}$  estuvieron asociados a altos registros de fliv.

Tal diferencia en la asociación fliv/cloa puede deberse a causas tan diversas como, por ejemplo, que la declinación del espectro de absorción específico de la cloa desde aguas oceánicas a costeras ha estado fuertemente correlacionada con el incremento en el tamaño celular y el contenido intracelular de cloa, y una reducción de los carotenoides fotosintéticos relativos a la cloa (Staeher *et al.*, 2004). Así también influye la proporción dinoflagelados, diatomeas y cianobacterias, pues diferentes grupos de pigmentos (clorofilas, carotenoides y ficobiliproteínas, éstos últimos exclusivos de cianobacterias), determinan diferentes propiedades bioópticas (Johnsen *et al.*, 1994), mostrando grandes diferencias en la absorción y fluorescencia debido a la distribución diferente de la clorofila entre fotosistemas (Lutz *et al.*, 2001). La



fotoadaptación de los organismos a las condiciones de luz imperante también es un factor, siendo acá entonces importante la ubicación, en la vertical, de los organismos por ende la mezcla de la columna de agua (Reynolds, 2006). Por lo tanto, un cambio en la distribución espacial, vertical y/o proporción de especies influye en las diferencias entre la fliv y cloa.

En la zona norte más del 50% de los valores de biomasa están dados por la presencia de diatomeas (Morales *et al.*, 1996), pero en el actual crucero, el área a 1 mn de la costa entre Patillos y Punta Hornos, y en los otros sitios al norte, hubo presencia de dinoflagelados en abundancias similares o mayores a las de diatomeas, siendo ésta la más probable razón de las diferencias encontradas entre fliv y cloa, ya que por otra parte, la fotoadaptación en este caso no sería significativa pues la CM en el sector costero fue inferior a los 5 m, mientras los máximos de cloa se registraron entre los 5 y 10 m.

## 1.1 Análisis ambiental Histórico

En el contexto de la variabilidad de las condiciones ambientales en el Océano Pacífico, los cruceros RECLAN se han llevado a cabo en diferentes condiciones regionales. La zona norte de Chile ha estado influenciada por eventos cálidos, fríos y de transición los que están originados en la zona Ecuatorial. El índice multivariado de eventos El Niño - Oscilación del Sur, presentado en los resultados, es un buen indicador de las condiciones que están presentes en el Océano Ecuatorial y que afectan la zona norte de Chile.

Así los períodos de enero de 1995, 1998 y diciembre de 2009, son considerados eventos cálidos, donde el del año 1998 es calificado como un período cálido más intenso. Por otro lado, enero y noviembre de 1996, diciembre de 1998, enero y diciembre de 2000, diciembre de 2007 y 2008, se consideran períodos fríos.



Mientras que diciembre de 2001 y febrero de 2007 son per3odos de transici3n fr3o-c3lido y c3lido-fr3o, respectivamente.

Con la informaci3n regional a largo plazo se ve c3mo la distribuci3n espacial de la TSM, salinidad, profundidad de la Isotherma de 15°C (I15), y sus respectivas anomal3as, observadas durante los cruceros responde a una combinaci3n de los procesos regionales (El Ni3o – La Ni3a) y locales (viento-surgencia costera-giros), presentes durante las mediciones (Letelier, 1998; Hormazabal *et al.*, 2001).

### **1.1.1 Eventos c3lidos**

Una caracter3stica de las condiciones oceanogr3ficas en la zona norte de Chile durante los eventos c3lidos El Ni3o de intensidad d3bil, como enero 1995 y diciembre de 2009, es que junto con observarse anomal3as positivas de esta variable en el sector m3s oce3nico, en el sector costero son cercanas a la neutralidad, mientras que la banda costera de aguas fr3as caracter3stica fue muy d3bil. Sin embargo, en condiciones El Ni3o de intensidad fuerte, como en enero de 1998, se forma tambi3n una banda costera y se observan filamentos caracter3sticos de ella, pero las anomal3as positivas de temperatura de hasta +5°C revelan que las aguas surgentes son Subtropical y por ello mucho m3s c3lidas a las que com3nmente se encuentran en el sector costero

En los casos se3alados, los procesos de surgencia se mantienen pero s3lo produce el afloramiento de aguas c3lidas subsuperficiales debido a la profundizaci3n de las isotermas aumentando el espesor de la capa superior (Huyer *et al.*, 1987; Hormazabal *et al.*, 2001). Lo anterior ocurre especialmente durante el paso de ondas atrapadas a la costa, las cuales se intensifican en per3odos c3lidos y especialmente en eventos El Ni3o (Brink, 1997).



En los per3odos c3lidos la salinidad es m3s alta a la observada t3picamente en la zona, dependiendo esto de la intensidad de El Ni3o. Es as3 como en enero de 1995 y diciembre de 2009 se ven anomal3as de +0,5 en el sector oce3nico y +0,3 a 0,4 en el costero, mientras que en enero de 1998 es de  $> 0,5$  en ambos sectores.

El aumento de la temperatura y de la salinidad en superficie de toda la zona viene dado por una mayor presencia de aguas de tipo Subtropical que incrementa el espesor de la capa superior, disminuyendo tambi3n la contribuci3n del agua Subant3rtica y Ecuatorial Subsuperficial en la zona del norte de Chile (Reyes, 2004). As3 tambi3n, el aumento de la TSM superficial va acompa3ado por un incremento en la profundidad de la termoclina tanto en la costa como el oce3no (Huyer *et al.*, 1987) y tal como se ve en las figuras de esta variable en los dos a3os indicados.

La mayor participaci3n de AST provoca que en estos periodos c3lidos el n3mero de focos de concentraci3n de ox3geno  $< 5$  ml/l sean mucho menores a los observados en periodos fr3os o de transici3n. En este caso, enero de 1995 tiene s3lo dos y enero de 1998 no presenta. Un caso especial ha sido el crucero de diciembre de 2009, en que se observa un n3mero mayor de focos de baja concentraci3n de OD, pero muy pegados a la costa ocupando s3lo las primeras 5 mn.

La clorofila, por otra parte, mostr3 comportamientos notablemente distintos entre per3odos c3lidos, pues enero de 1995 tiene un bajo n3mero de transectas con focos de concentraci3n altos de clorofila, manteniendo la caracter3stica de periodo productivo en relaci3n a los otros periodos. As3 tambi3n diciembre de 2009, que tiene focos de concentraciones de cloa  $> 1$   $\mu\text{g/L}$  en casi todas las secciones. Enero de 1998 es tambi3n productivo, pero los n3cleos son m3s subsuperficiales ya que se ubican en un promedio de 25 m, mientras que en los a3os fr3os estos lo hacen entre 5 y 10 m de profundidad. Lo anterior podr3a ser una indicaci3n de que procesos



locales como la surgencia priman en la distribuci3n de cloa por sobre los procesos de mayor escala, similar a lo encontrado por Santander *et al.* (2001) quienes indicaron que aunque el per3odo de su estudio coincidi3 con la presencia del evento El Ni3o 1997-1998, los resultados en la distribuci3n de cloa para el sector de Iquique no reflejaron una condici3n an3mala asociada a dicho evento.

En cuanto a la anomal3a del nivel del mar y la circulaci3n se puede se3alar que durante el periodo c3ldo de diciembre de 2009 se presentaron preferentemente anomal3as positivas del nivel del mar, al menos a lo largo de toda la franja costera, con una mayor presencia de giros y estructuras de meso escala anticicl3nica, respecto a la observada en condiciones fr3as, mientras que predomina un flujo hacia el sur. Lo anterior es coincidente con lo se3alado para el flujo geostr3fico en la zona bajo las condiciones c3ldas de 1997-98 (Blanco *et al.*, 2002), como tambi3n para las anomal3as positivas del nivel del mar y el predominio de estructuras anticicl3nicas durante el mismo periodo (Letelier *et al.*, 2010).

### 1.1.2 Eventos fr3os

En enero de 1996 y de 2000, aun cuando se present3 el mismo rango de TSM que en enero de 1995, la presencia de importantes anomal3as negativas cerca de la costa ( $< -2^{\circ} \text{C}$ ) en algunos sectores revelan una surgencia activa que hizo aflorar aguas relativamente m3s fr3as a los promedios en ambos periodos. La surgencia se manifiesta al observar la banda costera de menores TSM y mayores salinidades que abarca una zona de mayor extensi3n hacia fuera de la costa respecto, por ejemplo, de enero de 1995. Se agrega a esto la proyecci3n, desde esta banda costera, de filamentos y lenguas de surgencia de gran extensi3n.

En los periodos fr3os de diciembre de 1996, 1998, 2000 y 2008, a diferencia de lo indicado en el p3rrafo precedente, en general no se form3 una banda costera



significativa en las variables superficiales a lo largo de toda la costa, lo que significó que algunas áreas mostraran anomalías térmicas positivas importantes ( $> 1^{\circ}\text{C}$ ) en el periodo, principalmente de Mejillones al sur. El rango de salinidades superficiales observado en los cruceros efectuados en estos cuatro periodos fríos fue relativamente constante en la estación de verano, con y sin surgencia (34,6-34,8 psu), con anomalías de salinidad que son cercanas a la neutralidad, una profundidad de la termoclina en la costa entre 10 y 20 m y con la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  a no más de 10 m de profundidad en la costa. De estos cuatro periodos, el de diciembre de 1998 es el que presenta condiciones más cálidas que los otros tres, posiblemente debido al intenso evento El Niño 1997-98 que había finalizado hacía sólo unos meses.

El evento frío La Niña del año 2007 fue catalogado como uno de los más intensos de las últimas dos décadas. Sus efectos sobre la zona norte de Chile fueron notorios pues generó en diciembre de 2007 anomalías superficiales significativas en temperatura ( $-3^{\circ}$  a  $-1^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad ( $-0,2$  a  $-0,4$  psu), lo que produjo un efecto en la vertical hasta casi los 100 m de profundidad. Durante este evento, los procesos físicos característicos de la zona norte, surgencia costera, lenguas de surgencia y filamentos, frentes y giros de meso escala, entre otros, estuvieron presentes y actuaron sobre la distribución de las propiedades oceanográficas de la zona (Strub *et al.*, 1998).

En los eventos fríos señalados anteriormente no se observa una predominancia de algún flujo característico, ya que se presentan giros de meso escala en el sector más oceánico en la zona, generalmente ciclónicos, mientras que en la costa estos fueron principalmente anticiclónicos. La existencia de giros y que estos sean de distinto tipo provoca que el flujo geostrofico superficial sea de variadas direcciones, sin presentar un patrón específico. Blanco *et al.*, (2002), con datos hidrográficos, indicaron la predominancia de flujo hacia el norte bajo condiciones frías de La Niña de 1996-97.



### 1.1.3 Periodos de transición

Diciembre de 2001 y febrero de 2007, aunque se encuentran en un período de transición de frío-cálido y cálido-frío, respectivamente, presentan situaciones sinópticas totalmente diferentes. Diciembre de 2001 presenta la formación de una banda costera débil, las anomalías asociadas a esta banda no muestran valores muy negativos por lo que se asocia este crucero a la presencia de una surgencia débil o un proceso de relajación de ésta. Por el contrario, en febrero de 2007 es evidente el desarrollo de una surgencia intensa, con diferencias de más de 2 °C entre la costa y el océano, es decir una banda costera de bajas temperaturas, con notoria presencia de filamentos de agua fría de más de 50 km de largo que penetran en el sector oceánico desde la banda costera. Paralelamente, las anomalías de TSM ( $< -2$  °C) confirman la intensidad de esta banda costera y de la surgencia durante este crucero y que abarca toda la zona de estudio. Esta banda costera se repite durante diciembre de 2007, evidenciando que a pesar de la influencia de La Niña la surgencia costera sigue presente en la zona, de hecho, las asociadas a capas profundas aparecen decenas de metros por sobre su nivel típico (profundidad isoterma de 15°C, límite de la mínima de oxígeno, AST, entre otros).

Las anomalías del nivel del mar para el periodo de transición cálido/frío de febrero de 2007 fueron positivas y las mayores de todos los periodos con información de este tipo, sin embargo, el flujo en algunas semanas fue tanto hacia el norte en unas como también en variadas direcciones en otras, dado la presencia de giros y estructuras de meso escala en la zona.

### 1.1.4 General

Para todos los cruceros RECLAN analizados se puede indicar que la distribución espacial de clorofila en la zona norte de Chile no aparece en parches sino que más



bien asociada a la banda costera de aguas frías, con focos de cloa que se encuentran en los centros de surgencia característicos de la zona y asociados también al desarrollo de filamentos (Fonseca y Farías, 1987; Braun *et al.*, 2007). En general, las concentraciones de clorofila integrada en la costa tienden a ser relativamente más altas en períodos de transición e inferiores en períodos fríos, pero las más bajas se han medido en condiciones cálidas extremas, como lo visto en enero de 1998.

La distribución y concentraciones de clorofila en estos cruceros no parecen guardar relación con la intensidad de la surgencia observada en ese momento. La posible explicación a lo anterior es el desfase que tienen los incrementos repentinos de fitoplancton (y por ende clorofila) con respecto de la surgencia que ocurre, así cuando la intensidad de la surgencia disminuye tiene el potencial de desarrollar un incremento acelerado de la clorofila, pero el completo desarrollo puede ser interrumpido o puede interactuar con el comienzo de otro evento de surgencia inducido por un incremento del viento.

La distribución espacial y los rangos de TSM observados durante los cruceros permiten ver algunas diferencias entre fases cálidas y frías del océano en la zona, sin embargo durante los eventos más intensos el evento El Niño 1997-1998 (enero 1998) y La Niña 2007 (junio a noviembre), donde cambia drásticamente la estructura térmica superficial, las diferencias son absolutamente evidentes pues las anomalías térmicas y salinas son también extremas.

Los resultados muestran que todos los cruceros RECLAN han sido realizados bajo condiciones favorables a la surgencia, pero que estos eventos tienden a ser más intensos en algunos periodos, siendo especialmente notorios los de enero de 1996 y diciembre de 2007. Entonces, la actividad de la surgencia costera está presente tanto en fases cálidas y frías del océano, con una intensidad sinóptica que está dada por la



interacción de vientos locales y regionales (ej., enero de 1998 y 2000), sin embargo, tomando en cuenta sólo las TSM, las características asociadas a las aguas que afloran varían considerablemente.

En este sentido, durante un intenso período cálido las aguas surgentes no generan anomalías negativas en la costa y disminuyen también la intensidad de los frentes térmicos costa-océano. Esto significa que la capa calida superficial aumenta su espesor, situación que es favorecida por la presencia de ondas atrapadas a la costa que son más frecuentes durante la fase El Niño. Paralelamente, durante los eventos calidos más intensos se observaron salinidades superiores a las típicas, con anomalías significativamente mayores y también ocurre una fuerte profundización de la isoterma de 15°C que llega a más de 100 m sobre el promedio.

En el caso de La Niña 2007, éste evento generó importantes anomalías negativas, especialmente en la salinidad que revela un cambio en la composición del tipo de agua superficial presente en la zona, así como también afectó la duración del verano de 2008. Al mismo tiempo, la surgencia durante La Niña, aunque sigue dependiendo del viento, genera la presencia de anomalías significativamente negativas en la banda costera indicando que tanto las aguas superficiales como las aguas fuente de la surgencia podrían estar bajo un sistema perturbado.

La complejidad de las corrientes se caracteriza por la alta variabilidad espacial que presentan, y que muestran como están dominadas principalmente por procesos de escala intra estacional, como surgencia, meandros, filamentos y giros. A pesar de lo anterior se puede ver en las figuras de los cruceros una tendencia muy general a que durante los periodos cálidos, que incluye el presente crucero de diciembre de 2009, las anomalías del nivel del mar son positivas, con giros o estructuras de meso escala anticiclónicos, en tanto que el flujo general es hacia el sur, similar a lo encontrado en eventos cálidos intensos (Blanco *et al.*, 2002; Letelier *et al.*, 2010), aunque esto no



pueda darse como un patrón característico de este tipo de eventos, pues es aun motivo de estudios.

## **2. Oferta ambiental de alimento**

Dentro de la componente microfitoplanctónica, las diatomeas mantuvieron su importancia al exhibir las mayores abundancias, las cuales si bien no resultaron estadísticamente diferentes a las registradas en cruceros anteriores, sí presentaron diferencias en cuanto a la distribución latitudinal. En este sentido cabe destacar la zona entre Arica e Iquique que resultó ser la de menores densidades celulares, mientras que en todos los registros previos las concentraciones de diatomeas en este sector superaron las 500 cél/ml. Por el contrario, el área entre Tocopilla y Mejillones, de concentraciones normalmente medias, ésta vez presentó las mayores abundancias. En la distribución vertical se detectó nuevamente un pronunciado gradiente caracterizado por el descenso de las densidades celulares, el cual fue más evidente en aquellas estaciones en las que se detectaron las mayores abundancias.

En cuanto a las formas flageladas, el incremento de sus abundancias (excepto respecto de febrero de 2007) se debió a proliferaciones mono-específicas generadas por una especie en particular, la cual habitualmente produce este tipo de eventos. La distribución de este grupo también reveló cambios, detectándose las mayores concentraciones en el sector frente a Punta Lobos, mientras que en cruceros anteriores éstas se restringieron a Arica y Mejillones. Dada las bajas abundancias de este grupo, en general, no se registraron fuertes gradientes verticales, excepto en la zona de alta concentración.

Respecto de la composición específica, las especies más importantes por su aporte porcentual no variaron respecto de los otros cruceros, pero las diferencias en su



distribución modificaron las áreas definidas latitudinalmente. Durante el presente crucero, las zonas más importantes en términos de concentración microfitoplanctónica se distribuyeron entre los 20°S y 21°S, y entre los 22°S y 23°S, a diferencia de años anteriores en los cuales el sector Arica-Iquique siempre se constituyó como una de las áreas más representativas de esta comunidad.

La comunidad zooplanctónica no exhibió mayores diferencias respecto de años anteriores. Se mantuvo la dominancia del grupo de los copépodos representados principalmente por formas de tamaño inferior a 2,25 mm, con una distribución asociada a la franja costera y las mayores abundancias principalmente frente a Arica, Iquique y Mejillones, siendo el máximo superior al detectado en el crucero de diciembre de 2008. El foco principal registrado a 20 mn, podría ser explicado por las condiciones físicas y/o biológicas imperantes durante el período de muestreo, asociadas a procesos advectivos, considerados como uno de los factores claves que controlan las poblaciones principalmente de copépodos (Peterson *et al.*, 1998).

La biomasa no exhibió diferencias respecto de cruceros anteriores, excepto al compararla con febrero de 2007. Los mayores valores presentaron diferencias latitudinales en cuanto a su distribución, desplazándose desde la zona costera en el norte hacia las estaciones localizadas a 20 mn al sur de Antofagasta. La biomasa zooplanctónica en el área norte de Chile enseña una variabilidad estacional relacionada con el ciclo anual de surgencia, el standing stock normalmente es alto en la franja costera a través de todo el año, con los mayores valores en verano (Oliva, 1997a, b). De igual modo en el plano espacial la biomasa zooplanctónica exhibe, como tendencia global, una disminución en función de la distancia a la costa, pero no en el plano latitudinal.



### **3. Caracterizaci3n de los componentes tr3ficos planct3nicos de la dieta de *Engraulis ringens* del norte de Chile.**

La composici3n tr3fica cualitativa y cuantitativa de la anchoveta analizada durante el periodo de diciembre del 2010, pone en evidencia un comportamiento planct3voro con predominancia de organismos zooplanct3nicos (principalmente cop3podos) y en menor grado los fitoplanct3nicos (diatomeas y flagelados). Si bien ambos componentes son parte de la dieta, las diferencias de tama1o en varias ordenes de magnitud del grupo Copepoda, dominante del zooplancton, por sobre el fitoplancton, dan cuenta de la importancia del zooplancton en su alimentaci3n. Esto ya ha sido se1alado en Castillo *et. al.* (2002), al analizar la dieta de la anchoveta de la misma zona de estudio entre noviembre y diciembre del 2001.

En este estudio la anchoveta pred3 sobre un amplio espectro tr3fico, mostrando tendencias hacia la eurifagia, en donde la componente zooplanct3nica estuvo conformada por 47 unidades taxon3micas, mientras que la componente fitoplanct3nica por 38 unidades divididas en 21 taxa de presas de diatomeas y 17 flagelados.

Dentro de la componente zooplanct3nica se destaca la contribuci3n a la dieta del grupo Copepoda con taxa de presas como Calanidae, *Oncaea*, *Microsetella*, Paracalinidae, *Corycaeus* y Calanoida, mientras que entre las unidades taxon3micas del meroplancton, Apendicularia, Euphausidae, larvas decapoda, larvas de molusco, huevos de invertebrados e indeterminados registraron las mayores importancias num3ricas. Castillo *et al.* (op. cit) dan cuenta de 51 taxa de presas de la componente zooplanct3nica, predominando el grupo Copepoda con las especies *Paracalanus parvus*, *Centropages brachiatus*, *Acartia tonsa*, *Calanus chilensis*, *Oncaea* y *Corycaeus*, mientras que en el meroplancton dominaron estadios larvales bent3nicos.



En lo que respecta a la componente fitoplanctónica presente en la dieta de la anchoveta de este estudio, se caracterizó por la dominancia de presas correspondientes al grupo de las diatomeas. De este grupo las especies *Coscinodiscus centralis* y *Thalassiosira angustilineata*, presentaron las máximas abundancias, mayores porcentajes de ocurrencia e índices de importancia numérica. Esto coincide con Castillo *et al.* (2002), quienes registraron 46 unidades taxonómicas, siendo el aporte de especies de diatomeas de un 96% a la dieta.

En estudios realizados en la alimentación de la anchoveta del Perú, a través de varias décadas, coinciden en señalar que la anchoveta presenta una conducta principalmente zooplanctófaga, predando sobre un amplio espectro trófico, siendo la componente zooplanctónica predominante en la dieta, principalmente el grupo Copepoda, a la vez que las diatomeas serían predominantes en la componente fitoplanctónica. Diferencias espaciales y temporales en la dieta, tanto en la diversidad de especies presas, riqueza, como en sus abundancias estarían asociados a las fluctuaciones oceanográficas del ambiente, como por ejemplo periodos fríos y cálidos, los cuales alteran la oferta de alimento (Alamo *et al.*, 1996; Alamo y Espinoza, 1998; Blaskovic *et al.*, 1998; Espinoza *et al.*, 1999; Espinoza y Blaskovic, 2000).

En este estudio los taxa presa fitoplanctónicos presentes en los estómagos, como las abundancias también son coincidentes con las especies y con las concentraciones registradas de la oferta ambiental en la gradiente latitudinal que han sido analizadas paralelamente como parte de los objetivos del actual proyecto.

De igual forma el componente fitoplanctónico dominante concuerda con lo observado por Rojas de Mendiola (1980), Alamo (1981), Alamo *et al.*, (1996) y Blaskovic *et al.* (1998) en Perú, siendo estas especies también dominantes en las aguas del ecosistema de surgencia del norte de Chile (Merino *et al.* 1990).



Los componentes tróficos principales del zooplancton se corresponden con las unidades taxonómicas más importantes que se registran en el área de surgencia del norte Chile, como ya ha sido señalado por Oliva (1997a y b) y Oliva *et al.* (2007). Siendo el grupo más importante Copepoda representado por los subordenes Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida, coincidente además, con la oferta de alimento zooplanctónica en la gradiente latitudinal analizada dentro de este mismo Proyecto FIP 2009-02.

La componente trófica zooplanctónica y fitoplanctónica mostraron variaciones latitudinales exhibiendo una baja sobreposición trófica. Sin embargo, se habrían conformado dos unidades tróficas, una hacia el norte (Arica) y otro hacia el sur (Antofagasta) del área de estudio. Estas unidades tróficas presentaron valores de diversidad trófica y riqueza de taxa de presas muy similares.

Oliva (1997a y b) y Oliva *et al.*, (2007), no observaron diferencias en función de la latitud ni distancia a la costa en la misma área de estudio. Tampoco encontraron relación entre la distancia a la costa con la diversidad trófica, riqueza de taxa de presas y abundancias de presas.

La similitud dietaria por intervalos de talla, tanto para la componente zooplanctónica como fitoplanctónica mostró que individuos prereclutas (< 80 mm) y adultos (> 120 mm de longitud total) conformaron una unidad trófica, segregándose de los reclutas (80 y 120 mm) por debajo del nivel de significancia trófica (60%). La contribución de los taxa de presas zooplanctónicas habría sido mayor en las tres clases de talla, pero con un aporte menor en los prereclutas a diferencia de la componente fitoplanctónica que fue menor en los adultos. La segregación trófica de los reclutas podría estar asociada al mayor número de estómagos analizados.



En la anchoveta peruana se ha verificado cambios en la dieta conforme el individuo crece, reflejándose la presencia de dos unidades tróficas, la primera comprende individuos de 4 a 9,9 cm y la otra de 10 a 16,9 cm con características zooplanctófagas la primera y fitoplanctófagas la segunda (Rojas de Mendiola, 1980; Espinoza y Blaskovic, 2000).

Espinoza *et al.* (1999) señalan que el incremento en el consumo de copépodos hasta 9,9 cm y la disminuci3n a partir de los 10 cm, probablemente se deba a la capacidad de retener estos elementos del zooplancton por la mayor distancia entre las branquiespinas en individuos juveniles y la menor distancia entre las branquiespinas en individuos adultos, dando a entender que la anchoveta adulta es más eficiente para filtrar su alimento. Esto es apoyado por lo informado en Tsukayama (1966 en Espinoza *et al.*, op cit.), sobre el incremento en el número de branquiespinas de manera acelerada hasta los 8 cm, haciéndose mínimo el incremento hasta los 11 cm.

El canibalismo y la predaci3n de huevos y larvas es usual en peces clupeiformes (Hunter y Kimbrell, 1980, Rojas de Mendiola, 1980, Santander *et al.*, 1983, entre otros). Konchina (1990) indica que estos constituyen un alimento energéticamente beneficioso para los peces. Sin embargo, del total de est3magos analizados en este estudio (126) sólo 5 de ellos presentaron huevos de anchoveta con un promedio de 2 huevos/est3mago, en anchovetas capturadas en los 21°18' hacia el sur. Esto se debe a que el canibalismo estaría condicionado a la presencia de huevos en la columna de agua, siendo más alta la tasa de consumo en áreas y épocas reproductivas (Alamo *et al.*, op.cit.).

De los resultados obtenidos en este estudio sobre la composici3n tr3fica de la anchoveta por clase de talla y zonas de pesca, en conjunto con la literatura analizada, se verifica que la anchoveta puede cambiar su dieta en funci3n de la oferta



ambiental de alimento, la que es influenciada por las fluctuaciones oceanográficas del medio, siendo por lo tanto categorizada como un predador oportunista (.Espinoza *et al.*, 1999; Espinoza y Blaskovic, 2000). Sin embargo, es necesario aumentar el conocimiento sobre la dinámica trófica de la anchoveta realizando nuevos estudios tendientes a actualizar y/o generar nueva información referente a cambios en la dieta espacial y temporalmente, tasas de ingestión y evacuación gástrica, ración diaria, aporte energético de los componentes tróficos principales, consumo población y relaciones tróficas intra e interespecífica en el ecosistema pelágico del norte de Chile.

#### **4. Biología pesquera**

En el actual crucero la talla de anchoveta capturada varió entre 6,5 y 17 cm, con una distribución bimodal, con moda principal en 14 cm y secundaria en 8 cm, esta distribución presenta diferencias con el crucero RECLAN12 0812 en el cual la talla varió entre 4,5 y 18,5 cm, presentando los ejemplares una distribución del tipo multimodal, concentrándose en torno a dos modas principales (8 y 15,5 cm) y a varias secundarias (9; 11,5; 12,5 y 13 cm). El menor rango de tallas en el presente crucero explica el bajo porcentaje de reclutas observados en el año 2009 en comparación al 2008 (19 y 45%, respectivamente).

Al analizar las estructuras de tallas obtenidas por arrastre y cerco en el presente crucero, se observan diferencias. Estas diferencias se aprecian en el menor rango observado en cerco, donde no existe presencia de ejemplares menores a 9,5 cm, por otro lado la moda observada en arrastre presenta un desplazamiento de 1,5 cm en relación al rango modal observado en cerco (14,5 y 15,5 cm). Las longitudes estimadas con la ojiva (25, 50 y 75%) son menores en los ejemplares capturados con red de arrastre con diferencias entre 0,1 y 1 cm, con respecto al cerco. Estos resultados nos sugieren selectividad en los artes de pesca, similar a lo observado en



el RECLAN 34, sin embargo estos resultados son contrarios a lo observado en evaluaciones en la zona centro sur (RECLAS), esto podr3a ser explicado porque aun cuando se cumple a cabalidad con el supuesto de temporalidad de los lances, el margen espacial entre ellos en algunos casos no es posible de cumplir por falta de informaci3n, situaci3n que no se presenta en las evaluaciones en la zona sur (RECLAS), ya que se realiza un an3lisis de sesgo de orilla con naves artesanales que operan cumpliendo estos supuestos.

En el actual crucero el 0,53% de los ejemplares muestreados resultaron indeterminados sexualmente, observando una relaci3n directa entre los individuos indeterminados y el porcentaje de reclutas que solo alcanz3 un 19%, en tanto en el crucero anterior se observa un 19,2% de indeterminados y un 45% de reclutas cifra mayor a lo observado en el actual crucero. Por otro lado del total de ejemplares sexados las hembras correspondieron al 53,95% y los machos al 46,05%, situaci3n similar a lo observado en el crucero anterior donde la proporci3n de hembras alcanz3 un 52,8% y los machos un 47,2%.

Para toda la zona de estudio el valor promedio de IGS fue de 7,2% valor superior a los obtenidos en los cruceros RECLAN 0812 (5,78%), 0712 (4,58%); 0702(1,94%) y a lo observado en los a3os 2005 (5%) y 2006 (4,6%). En la zona se present3 estados de madurez 2, 3 y 4, con predominio del estado 2 y 3 (27,31% y 68,25% respectivamente). Los resultados anteriormente expuestos en relaci3n a una mayor proporci3n de hembras, predominio de estados de madurez 2 y 3 junto al mayor valor del IGS, nos sugieren una actividad de pre- desove de la especie en la zona. Esto es concordante con lo reportado para la zona, en cuanto a la presencia de un desove secundario en febrero disminuyendo la actividad reproductiva a finales de febrero y marzo con un repunte en mayo hasta alcanzar un m3ximo entre junio a agosto (Mart3nez *et al.*, 2007).



El factor de condición (FC) muestra un valor promedio de 0,733 (RECLAN152-0912), valor superior al obtenido en los cruceros RECLAN 0812, 0712 y 0702 (0,682, 0,694 y 0,682%) (**Figura 139**). Al analizar la evolución del factor de condición por talla, se observa una alta variabilidad en tallas menores a 10,5 cm, en tallas entre 10,5 a 15,5 cm se observa un máximo de 0,75%, en tallas mayores a 15,5 cm el FC se mantiene constante (**Figura 140**).

El factor de condición en la anchoveta está relacionado con la tasa de maduración gonadal, ya que la anchoveta destina gran cantidad de energía a la producción de ovocitos en la etapa reproductiva, por lo tanto un factor importante podría ser la condición oceanográfica reinante en la zona, esto es coincidente ya que los mayores valores en la serie de IGS están dados en periodos con condiciones frías que favorecen la surgencia local y la abundancia de alimento.

## 5. Relaciones de la intensidad de blanco (TS) de anchoveta utilizadas

En el presente caso, la anchoveta presentó escasas oportunidades con distribución tipo estratos, que son los casos más adecuados para realizar mediciones de TS, variando desde una condición de cardumen en el día a una dispersión superficial en la noche, ubicándose en la zona muerta superficial. En las escasas oportunidades en que se observó la condición de distribución favorable, se realizaron las estaciones de TS (TS 256-19; TS 512-19; TS 1.024-19; TS 256-21; TS 512-21; TS 1.024-21 TS 256-44; TS 512-44 y TS 1.024-44) pero hubo una muy alta mezcla con otras especies, especialmente, medusas, que en este crucero fueron particularmente abundantes, situación que finalmente impidió obtener blancos resueltos para asociarlos con las tallas de anchoveta. Dado lo anterior y considerando que en otras oportunidades los TS de anchoveta han presentado coherencia con valores históricos se aplicó la ecuación ajustada por Castillo *et al* (2008) ( $TS = -74,61 + 20,95 \text{ Log}(L)$ ).



Uno de los elementos a considerar para explicar eventuales diferencias en los TS a la misma talla corresponden a los cambios interanuales en los factores de condición de las especies estudiadas, así como los distintos estados de madurez registrados durante los periodos de medición, puesto que se puede apreciar una disminución de la respuesta acústica de los peces a medida que hay un aumento de tejidos grasos y que a su vez se reflejan en incrementos del peso individual. Lo anterior, ya se había detectado al analizar las distintas ecuaciones de TS-L ajustadas en los proyectos realizados en la zona norte, en que junto a una sistemática pérdida del peso individual entre los diferentes años, se registró un incremento de las intensidades acústicas (TS) de anchoveta (Castillo *et al.*, 2002). En el presente caso y debido a que la medición se realiza durante el periodo de reclutamiento y de un descanso reproductivo, los efectos biológicos mencionados tienen un bajo efecto, especialmente en el caso de peces de pequeña talla. Además se debe tener presente que al utilizar datos históricos se recogen distintas características de factor de condición de los peces, pudiendo considerarse que la ecuación TS-L obedece a un promedio.

A modo de validación de la ecuación ajustada, se contrasta la ecuación estandarizada de anchoveta con las obtenidas por otros autores en especies similares, apreciándose que es alrededor de 1,65 dB menor que la informada por Foote (1987) ( $TS = 20 \text{ Log } (L) - 71,9$ ) para clupeidos y entre 1,4 y 1,8 dB mayor que la informada por Barange (1994) para la anchoveta del Cabo (*Engraulis capensis*), a la misma talla (-57,84, L=7,5 cm y -57,73 dB, L= 7,34 cm).

Respecto a la relación ajustada para la anchoveta de la zona centro sur Castillo *et al* (2007) los TS predichos son alrededor de 0,3 dB mayor ( $TS=20 \text{ LOG } (L)-73,277$ ; n=116) que para la zona norte, diferencias que podrían explicarse en los factores de condición entre los dos stocks.



De cualquier modo, estas diferencias se encuentran dentro de los rangos normales esperados para este tipo de mediciones, demostrando un importante nivel de robustez en la ecuaci3n ajustada.

Del an3lisis anterior se desprende que las ecuaciones TS-L ajustadas para la anchoveta en Chile, se ubican en un valor intermedio entre las obtenidas para clupeidos en general y la anchoveta del Cabo en Sud3frica, con algunas diferencias que se explican debido a las distintas caracter3sticas biol3gicas entre las especies.

## **6. Sesgo de orilla en la estimaci3n de la biomasa**

La prospecci3n ac3stica en 3reas costeras tendiente a evaluar el sesgo de orilla en la evaluaci3n de la biomasa de anchoveta no fue posible de realizar en el presente caso debido a la falta de inter3s de parte de los armadores. Sin embargo, el m3todo aplicado basado en los an3lisis de la frecuencia de observaciones (intensidad de muestreo) y las densidades ac3sticas respecto a la distancia a la costa, demuestran que hubo un importante esfuerzo de muestreo en las 3reas costeras logr3ndose una adecuada prospecci3n de la anchoveta y fue posible aplicar un factor de correcci3n en los 4 sectores que suger3an la proyecci3n hacia la costa m3s all3 del l3mite oriental de la prospecci3n. Esta correcci3n vari3 entre 3,2 y 9,7% y fue mayor en el sector en que se concentraron los juveniles. Este resultado es coherente con el patr3n de distribuci3n de la anchoveta, que en este caso fue m3s costera que el 2009, periodo en que no hubieron indicios de localizaci3n costera de la anchoveta.



## 7. Estimaciones de biomasa y abundancia de anchoveta

Los estimados de abundancia de anchoveta en la zona Arica-Antofagasta, para el periodo 1996-2002 (**Fig. 141**), fluctuaron entre 2.160 y 44.065 millones de ejemplares obteniéndose el valor mayor en enero de 1998 (RECLAN 9801), correspondiente a la temporada 1998 y el menor en enero de 1996 (RECLAN 9601), asociado a la temporada 1996. En el periodo 2007-2009, se han evaluado abundancias entre 8.802,85 millones el 2009 (RECLAN 0812) y 29.601,812 millones el 2008 (RECLAN 0712). El valor alcanzado en el presente caso (diciembre del 2010) (26.926,34 millones de ejemplares) representa un incremento de poco más de 200% (205,9%) respecto al mínimo del año anterior, estando entre los registrados en 2007 (25.443,25 millones) y el máximo del 2008.

La fracción reclutas en número ha tenido un comportamiento similar al de la abundancia total, con un mínimo histórico en 1996 de 649,1 millones y un máximo de 33.600 millones en 2002, con niveles mínimos secundarios en 2000 (6.470,1 millones) y 2001 (3.328,4 millones) otro valor cercano al máximo se registró en 2002 con 38.454,57 millones. El resultado alcanzado en el presente crucero (RECLAN152 0912) (10.596,88 millones) representa un incremento del 178% respecto a la primavera del 2008, siendo aún uno de los más bajos de la serie, junto a 2007 y 2001.

Las biomásas estimadas en las primavera-verano del periodo 1996- 2002 han fluctuado entre 102.100 t en 1996 y 647.760 t en 1998, estabilizándose en el periodo 1999- 2002 entre 306.655 t en 2000 y 356.773 t en el 2001. Entre las temporadas de los años 2007 y 2009 se ha verificado una tendencia negativa en las biomásas de anchoveta variando entre 415.780 t el 2007 a 135.040 t el 2009. El resultado obtenido en el presente caso (382.696 t) representa un aumento relativo de 1,8 veces respecto a la primavera del 2009 y casi el 32% en relación al 2008, manteniéndose levemente



por abajo del resultado alcanzado la temporada del 2007. Del mismo modo que con la biomasa total y la abundancia de los reclutas, esta fracción en peso también representó un importante aumento de más de 2,1 veces respecto al 2009, aunque sigue siendo uno de los más bajos de la serie, junto al 2001, 2007 y 2009.

Las capturas de anchoveta en la zona norte, también han presentado una tendencia negativa a partir de 2004 variando entre 1,4 millones en 2004 y 440 mil ton en 2009 (**Fig. 142**). En los primeros cinco meses del 2010 se han registrado capturas en la misma tendencia, con valores inferiores a 263 mil ton (Bohm *et al*, 2010).

La distribución espacial del reclutamiento de anchoveta en la zona norte de Chile (XV, I y II Región) típicamente se caracteriza por una estratificación temporal y geográfica en el sentido latitudinal, iniciándose en Arica durante noviembre, para finalizar hacia fines de febrero en Mejillones, con la sola excepción de la primavera de 1998 en que dicho comportamiento tuvo un sentido inverso. La evolución mensual de las tallas de anchoveta capturadas por mes y por zona en el periodo 2001-2009 muestra una alteración en el patrón temporal del reclutamiento entre 2002 y 2006, respecto al que podría considerarse típico, puesto que a fines del 2002 y principios del 2003 se evidenció una fuerte caída del reclutamiento entre Arica y Antofagasta al no detectarse la presencia de juveniles en la pesquería, situación similar a la registrada en el centro-norte de Perú, tendiendo a desaparecer en la primavera e intensificándose en la segunda mitad del verano.

A finales del 2006 esta situación tendió a normalizarse con un incremento importante de la presencia de peces juveniles (< 12 cm) en las capturas de la flota cerquera entre noviembre y diciembre y una declinación hacia febrero del 2007 (Martínez *et al.*, 2008). En el 2009 es posible apreciar que se registró la presencia de los juveniles prácticamente durante todo el segundo semestre (Bohm *et al*, 2010), habiendo coherencia con los resultados alcanzados en el presente crucero.



En base a esta información, los cruceros realizados los años 2006 a 2009 se han centrado a la presencia de la mayor frecuencia de juveniles en las capturas, teniendo presente que esta es la fuente de información de mayor cobertura temporal y que permite establecer de buena manera la estacionalidad de esta fracción.

Al respecto, los cruceros de evaluación de la biomasa recluta de anchoveta en la zona norte previos al periodo 2007, se han realizado en primavera (fines de noviembre-diciembre) y verano (enero), con resultados dispares que no permiten detectar un periodo estable para asegurar que se prospecta la mayor fracción de los juveniles. Es así como los mayores valores de juveniles se alcanzaron en el verano de 1998 y primaveras de 1996; 1998 y 2001. En sentido inverso los mínimos se alcanzaron en el verano del 2001 y primavera del 2000. En este último caso, es necesario señalar que en la primavera del 2000 se detectó un importante desplazamiento de la abundancia total y reclutas hacia el límite sur de la segunda región, registrándose una alta fracción en las cercanías de Taltal.

La variabilidad interanual de las biomazas total, reclutas y de las capturas, sugiere que la pesquería de anchoveta en la zona norte se sustenta en distintas cohortes que ingresan a la zona, por lo cual la evaluación de la población que se realiza en la primavera, para proyectar al año siguiente sería parcial y no sería capaz de explicar las capturas que se obtienen durante todo el año. Considerando esta evidencia y teniendo presente que la biomasa evaluada en la primavera-verano sería objeto de pesca en los meses inmediatamente posteriores, es necesario validar temporalmente este resultado para el siguiente año pesquero.



## 8. Precisión de los estimados de biomasa

El mayor aporte a la variabilidad total proviene del muestreo acústico, el que a su vez es reflejo del patrón de distribución de los recursos. De allí entonces que en general el método de las variables regionalizadas, entrega indicadores de la variabilidad menor que en los otros métodos, puesto que incorpora el factor espacial de la distribución de los recursos. Los métodos de los Estratos Agrupados y Bootstrap entregan mejores indicadores en distribuciones de mayor variabilidad, mientras que los indicadores de la precisión (Coeficientes de error y de Variación) obtenidos con el método de los Conglomerados son menores cuando presentan una menor variabilidad dentro de las transectas.

En el presente caso (RECLAN152 0912) los Coeficientes de Variación de la abundancia de anchoveta variaron entre 0,08 y 0,17, dependiendo del método aplicado, con errores entre 12,9 y 27,6%, alcanzándose la mayor precisión con el método Bootstrap y estratos agrupados y la menor con el geoestadístico. Los CV calculados para la biomasa variaron entre 0,060 (10,46%) y 0,16 (26%), siendo también el más bajo el obtenido con el método Bootstrap.

El nivel de gregarismo registrado por la anchoveta influyeron notoriamente en la precisión de los estimados de abundancia y biomasa de anchoveta, de igual modo, esta misma situación determinó que el método geoestadístico fuera incapaz de reducir las varianzas, puesto que en la mayoría de los casos, se obtuvieron altos valores de varianza de microescala. Este mismo motivo determinó que el método Bootstrap registrara un mejor comportamiento en la estimación de la precisión.



## 9. Relaciones entre la distribuci3n de anchoveta y las variables bio-oceanogr3ficas

A trav3s de los SIG, se observ3 que los ejemplares adultos y reclutas se distribuyeron a lo largo de toda la costa, a su vez, los resultados indicaron que el recurso se report3 en la columna de agua entre 7-55 metros. Los ejemplares adultos exhibieron un IOC de un 47,0%, mientras que la porci3n recluta alcanz3 solo un 45,4%; la distribuci3n espacial se1al3 que adultos y reclutas registraron un foco principal frente de Arica (adultos y reclutas) y otro en las proximidades de Antofagasta (solo adultos).

Por su parte, el an3lisis integrado de la informaci3n generada por SIG, revel3 que el recurso se localiz3 en estratos bien definidos de las variables ambientales. As3, las isotermas que limitaron la distribuci3n fluctuaron entre 13,5 y 21,0 °C con una clara preferencia por aguas de 15-17,9 °C, con un  $V(Cramer)$  de 0,36 (adultos) y 0,38 (reclutas), que da cuenta de buenas asociaciones, en este sentido es importante destacar que Y3ñez *et al.*, (2003) indicaron que la disponibilidad y/o abundancia del recurso es favorecida por per3odos c3lidos. En el caso de la salinidad, ambas fracciones se reportaron entre los 34,64 y 35,15 psu, con una inclinaci3n por el rango de 34,8-34,99 psu, resultado que difiere a lo mencionado para a1os anteriores donde la ventana 3ptima estuvo en registros menores (Castillo *et al.*, 2008 y 2009). En cuanto al ox3geno disuelto, la especie exhibi3 una clara preferencia por aguas de buen contenido de ox3geno (entre 2 y 4,9 ml/l).

Asimismo, los adultos y reclutas se presentaron en zonas aleda1as a focos surgentes y asociada a diferenciales t3rmicos y salinos bajos. Este resultado coincide con Y3ñez *et al.*, (2005) quienes estudiaron la distribuci3n y abundancia del recurso en Arica-Antofagasta. A su vez, Braun *et al.*, (2005 y 2008) mencionaron que los huevos



y larvas de la especie tambi3n se ubican en gradientes t3rmicos moderados. Sin embargo, Silva *et al.*, (2003) indicaron que los adultos de anchoveta se concentran en las primeras millas de la costa relacionados con altos gradientes t3rmicos. Tambi3n es importante destacar las significativas relaciones que se encontraron entre la distribuci3n del recurso y el zooplancton, en este contexto Balbontin *et al.*, (1979) se3alaron que el zooplancton es parte de la dieta de la anchoveta, sin embargo concluyeron asociaciones inversas entre la oferta de alimento y el recurso.

Del an3lisis de los CG se observaron claras variaciones interanuales, los ejemplares adultos exhiben, en los primeros a3os, CG localizados al norte de la latitud 21°S (punta Lobos), con excepci3n del a3o 1996, en cambio en los 3ltimos a3os se observ3 un desplazamiento en direcci3n sur que se reflej3 en los CG de los a3os 2008 y 2009 que se mantienen en una posici3n m3s bien meridional y se ubicaron al SW de punta Lobos, lo que confirma a este sector como uno de los principales n3cleos de concentraci3n de la especie, en este sentido Pizarro *et al.*, (1998) plantean que las cercan3as de punta Lobos, son un sector de alta producci3n biol3gica y mencionan que se han encontrado hist3ricamente altas concentraciones de huevos y larvas de la especie. Por otra parte, en los 3ltimos a3os los CG de reclutas se desplazaron hacia el norte hasta alcanzar la cuadra de Iquique en el crucero RECLAN152 0912.

En general, en toda la zona de estudio se observ3 una variaci3n latitudinal tanto de las variables oceanogr3ficas como de oferta ambiental, destac3ndose los sectores entre los 20°-21°S y al sur de los 24°S, los cuales se caracterizan por presentar diferentes condiciones respecto al resto de la zona. El primer sector presenta las menores temperaturas, salinidades y valores de ox3geno, estas se3ales indican un proceso local de surgencia con intensidad fuerte promoviendo el afloramiento de masas de aguas m3s profundas que seg3n los valores observados en el an3lisis latitudinal corresponder3an al tipo Ecuatorial Subsuperficial (AESS) (Schneider *et al.*,



2004; Fuenzalida *et al.*, 2007). El segundo se distingue por altas magnitudes de oxígeno y temperatura, con una variación hacia menores salinidades, características que corresponden a aguas subantárticas (ASAA) (Fuenzalida *et al.*, 2007). La vinculación entre estas diferencias oceanográficas y el recurso indican que la densidad de anchoveta tiende a ser menor en estos sectores, especialmente entre los 20°-21°S, ya que la fuerte intensidad de la surgencia conlleva una mayor turbulencia, condiciones que son limitantes para anchoveta. Lo anterior coincide con lo propuesto por Castillo *et al.*, 2007, donde se vincula la distribución de anchoveta con frentes térmicos y gradientes someros.

Con respecto a la oferta ambiental el análisis latitudinal muestra que la mayor abundancia y distribución de anchoveta coincide con los sectores de alta concentración de fitoplancton, principalmente respecto a la componente abundancia de diatomeas.

La aplicación del modelamiento GAM para anchoveta en años anteriores revela en general que el nivel de explicación de los modelos es similar y bajo, no superando el 25% de la variabilidad total. También se destaca que la componente espacial ha tenido un rol importante en la explicación de estos modelos. En el presente caso, los predictores espaciales representan el 62,28% del total explicado por el modelo (18,87% de la variabilidad total). Al respecto, algunas excepciones se han observado en los resultados obtenidos en el Crucero RECLAN 0812 donde hubo un aporte marginal y homogéneo de todas las variables consideradas, aprox. 2% cada una, no destacándose ninguna de ellas. El mayor aporte de las componentes espaciales a los modelos, se puede explicar precisamente en que la anchoveta se distribuye cubriendo una amplia área, lo que determina una mayor variabilidad, mientras que las variables oceanográficas en las que se distribuyó la anchoveta son más monótonas, con rangos estrechos y por ende con menor variabilidad.



Es interesante destacar que en el presente caso, la salinidad presenta un rango óptimo entre 34,8-34,97 psu, que es definido por Bakun (1996) como ventana ambiental. En este sentido, dentro de la zona de ventana ambiental óptima es posible distinguir tres sectores que maximicen la variable, según: mínima, moderada y máxima. Según esta clasificación, en el presente caso, las densidades de anchoveta se maximizan en valores moderados de la salinidad, cercanos a 34,89 psu.

También se destaca la importancia relativa de la profundidad de la capa del mínimo de oxígeno disuelto y su relación con la densidad de anchoveta, puesto que aportó con un 3% a la explicación de la variabilidad total. Esta asociación seguramente se produce debido a la presencia de anchoveta en sectores cercanos a aguas vinculadas con surgencias, que se caracterizan por bajos valores de oxígeno en aguas someras.



## IX. CONCLUSIONES

- Las principales especies detectadas en la prospecci3n acústica fueron: anchoveta, con un 37,0% de las lecturas acústicas totales, pez linterna con 38,5%; langostino pelágico con 17,5%; medusa con 4,5% y mote con 2,5%, no se registr3 la presencia de jurel.
- La abundancia total de anchoveta, incluyendo la correcci3n por sesgo de orilla, vari3 entre 25.735,4 ( $\pm 27,6\%$ ) y 26.926,3 ( $\pm 12,9\%$ ) millones de ejemplares, segú el m3todo utilizado, siendo el mayor con el m3todo Bootstrap y el menor con Geoestadístico. De este total, el 39,4% correspondi3 a juveniles ( $\leq 12$  cm) (10.596,9 millones de ejemplares). El 27,7% de la abundancia total y el 56,3% de la abundancia de reclutas se localiz3 entre punta Barrancos y norte de Pisagua ( $18^{\circ}35' S - 19^{\circ}25' S$ )
- La biomasa total de anchoveta vari3 entre 377.363,4 t ( $\pm 14,1\%$ ) y 382.696,2 t ( $\pm 10,4\%$ ) segú el m3todo aplicado, siendo el mayor con el Bootstrap y el menor con las conglomerados. El m3todo Bootstrap present3 la mejor relaci3n Biomasa-varianza. El 15,5% correspondi3 a juveniles.
- La estructura de tallas de anchoveta fue multimodal con una moda principal centrada en 13,5 cm y una secundaria en 8,0 cm, sugiriéndose una segunda moda secundaria en 10 cm, el rango vari3 entre 6,5 y 17 cm. En el sentido norte a sur, se aprecia que los juveniles estuvieron presentes principalmente en los sectores costeros entre punta Barrancos ( $18^{\circ}35' S$  y norte de Pisagua  $19^{\circ}25' S$ ) (zona 2), mientras que en los otros sectores su presencia fue escasa.



- La anchoveta se registró en bajas densidades en forma casi continua en prácticamente toda la zona de estudio llegando hasta las 35 mn de la costa, con algunos focos de pequeño tamaño de densidad relativamente mayores.
- La clave edad talla de anchoveta en el periodo y área que abarcó el crucero, estuvo conformada por cuatro grupos de edad 0 al III, para una distribución de tallas desde los 6,5 a 17 cm de longitud total.
- La abundancia de anchoveta distribuida por grupo de edad, correspondiente a las estimaciones hechas por los cuatro métodos (método Bootstrap, Geoestadístico y Hansen & Kish), se caracterizó por un predominio del grupo de edad I, con una abundancia entre el 45,1 a 47,1%, en tanto que el GE 0 alcanzó entre el 32 y 35%.
- Los ejemplares reclutas ( $\leq 12$  cm) correspondieron en su mayoría al grupo de edad 0 y alcanzaron el 35% del total de la abundancia.
- Durante el periodo del crucero se registró una condición cálida tipo El Niño con anomalías térmicas superficiales de  $+2^{\circ}\text{C}$ ; salinidad  $+0,2$  y una profundización de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$ . La distribución vertical del mínimo de oxígeno mantuvo su condición típica profundizándose solamente entre Arica y Pisagua. Sin perjuicio de la condición El Niño, la zona registró vientos de intensidad débil a moderada lo que permitió procesos locales de surgencia débil con participación de agua tipo Subantártica y Ecuatorial Subsuperficial. Se verificó en áreas costeras (hasta  $73^{\circ}$  W) la presencia de giros anticiclónicos y un flujo geostrófico hacia el sur.



- El microfitoplancton estuvo dominado por diatomeas que aportaron con el 80% de la abundancia, los m3ximos (>500 c3l/ml) se localizaron restringidas a la costa (1 y 10 mn) desde Tocopilla al sur. Verticalmente los m3ximos se presentaron entre la superficie y los 10 m de profundidad. Las diatomeas exhibieron tambi3n mayores tama1os respecto a a1os anteriores, principalmente por las formas en cadena. Las especies m3s importantes permitieron definir tres regiones dentro del 3rea de estudio, que revelaron un gradiente latitudinal norte-sur caracterizado por el aumento de las abundancias.
- El zooplancton estuvo dominado por cop3podos principalmente de tama1o inferior a 2,25 mm. La biomasa present3 un valor promedio de 331,3 g/1000m<sup>3</sup>, superior a la de diciembre de 2008, y exhibi3 diferencias latitudinales en su distribuci3n, asociadas a la presencia de las mayores magnitudes al norte del 3rea de estudio.
- La anchoveta presenta una conducta principalmente zooplanct3faga, predando sobre un amplio espectro tr3fico, siendo la componente zooplanct3nica predominante en la dieta, principalmente el grupo Copepoda y las diatomeas en la componente fitoplanct3nica. Las diferencias tr3ficas por grupo de talla estar3an determinadas por las contribuciones de la oferta de alimento del ambiente, habiendo un aporte levemente menor de la componente fitoplanct3nica en los adultos. Los taxa de presa fitoplanct3nicos y zooplanct3nicos presentes en los est3magos de anchoveta y sus abundancias, ser3an coincidente con la oferta ambiental disponible en la zona.
- El an3lisis integrado realizado con SIG, revel3 que los ejemplares adultos y reclutas de anchoveta se localizaron en estratos bien definidos de las variables ambientales. De esta manera, ambas fracciones poseen rangos preferentes que se asocian a aguas de entre 15 y 17,9°C, con salinidades



entre 34,8-34,99 psu, en sectores de buen contenido de ox3geno y con altos niveles de zooplancton.

- Los ejemplares adultos y reclutas tienden a concentrarse en los bordes de gradientes t3rmicos y salinos moderados. Espec3ficamente, la intensidad de asociaci3n entre los diferenciales t3rmicos respecto de adultos y reclutas reflejaron significativas correlaciones.
- Del an3lisis hist3rico de los CG realizado con SIG, se concluye que 3stos tienen variaciones interanuales importantes, destac3ndose la localizaci3n, en los a3os 2008 y 2009, de los CG de adultos al SW de punta Lobos. Por su parte, en los 3ltimos a3os los CG de reclutas se desplazan hacia el norte hasta la cuadra de Iquique.
- La densidad de anchoveta a trav3s del modelamiento GAM es explicado en orden de significancia por las variables distancia a la costa, profundidad media de la agregaci3n, latitud, profundidad m3nima de ox3geno, abundancia total fitoplancton, abundancia de diatomeas, salinidad y ox3geno. El modelo explica el 18,8% de la variabilidad total siendo la distancia a la costa, profundidad media de las agregaciones y latitud las que mayormente aportan a la explicaci3n de la variabilidad total (11,75%).
- La salinidad describe una relaci3n tipo ventana ambiental 3ptima con anchoveta, con un rango entre 34,8-34,97 psu, maximiz3ndose la funci3n de densidad del recurso en torno a magnitudes de 34,89 psu.
- Las agregaciones de anchoveta nocturnas fueron m3s profundas; de mayor tama3o, m3s alargadas y de menor densidad ac3stica que en el d3a, manteniendo una altura similar durante ambos per3odos.



## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Aguayo M. y V. Ojeda, 1981.** Elaboración de claves edad-talla de Merluza común (*Merluccius gayi*), para los años 1968-1971 (Coquimbo-Talcahuano) y determinación de la composición de edades de esta especie en las capturas obtenidas en los cruceros de prospección del B/I ITZUMI durante 1980.
- Aguilera 2001.** Cuadernos de Estadística. Tablas de Contingencia Bidimensionales. Edit La Muralla, Madrid, España. 212 pág.
- Alamo, A. 1981.** Estudio sobre la alimentación de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* J. durante los años 1976 y 1977. Instituto del Mar del Perú. Bol. Extraordinario Investigación Cooperativa de la anchoveta y su ecosistema ICANE. 258-263
- Alamo, A., I, Navarro, P. Espinoza y P. Zubiato. 1996.** Espectro alimentario y ración de alimento de *Engraulis ringens* y de *Sardinops sagax*, y mortalidad de huevos de la anchoveta peruana por prelación. Inf. Inst. Mar Perú N° 119:34-42.
- Alamo, A. y P. Espinoza. 1998.** Variaciones alimentarias en *Engraulis ringens* y otros recursos pelágicos durante invierno-primavera de 1997. Inf. Ist. Mar Perú N° 130: 45-52.
- Bakun, A. 1973.** Coastal Upwelling Índices, 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 upwelling 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 & R. Parrish. 1982.** Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru current systems. CALCOFI Rep. 23:99-112.
- Bakun, A. & C. S. Nelson. 1991.** The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. *Journal of Physical Oceanography*. 21: 1815 - 1834.
- 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.
- Barbieri, M. A., M. Bravo, M. Farías, A. González, O. Pizarro y E. Yáñez. 1995.** Fenómenos asociados a la estructura térmica superficial del mar observados a través de imágenes satelitales en la zona norte de Chile. *Invest. Mar.*, Valparaíso, 23:99-122.
- Barría P., R. Gili, B. Morales-Nin, 1998.** Evaluación indirecta y análisis de la variabilidad del crecimiento de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur. Informe Final. FIP 97-10. IFOP: p. (más Tablas y Figuras).



- Berg J. 1979.** Discussion of methods of investigating the food of fishes with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). Mar. Biol. 50:263-273.
- Bertrand A., M. Segura, M. Gutiérrez y L. Vásquez. 2004.** From small-scale habitat loopholes to decadal cycles: a habitat-based hypothesis explaining fluctuation in pelagic fish populations off Peru. Fish and Fisheries 5 (4), 296–316.
- Blanco, J. L. 1996.** Variabilidad termica y salina en la zona norte de Chile. Informe interno. IFOP.
- Blanco, J. L. A. C. Thomas, M. E. Carr y P. T Strub. 2001.** Seasonal climatology of hydrographics conditions in the upwelling region off northern Chile. J. Geophys. Res., 106, C6, 11451-11467.
- Blanco J. L., M. Carr, A. Thomas & P. Strub, 2002.** Hydrographic conditions off northern Chile during the 1996-1998 La Niña and El Niño events. J. Geophys. Res., 107, C3.
- Blaskovic, V., F. Torriani y I. Navarro. 1998.** Características tróficas de las principales especies pelágicas durante el otoño 1998. Crucero BIC José Olaya Balandra 9805-06 de Tacna a Máncora. Inf. Inst. Mar Perú N° 137: 72-79.
- Bloom SA 1981.** Similarity indices in community studies: potential pitfalls. Mar. Ecol. Prog. Ser. 5: 125-128.
- Bohm, G., C. Hernández, L. Ossa, E. Díaz, R. Aravena y M. Troncoso. 2010.** Programa: Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Proyecto: Investigación de la Situación de la



Pesquería Pelágica de la Zona Norte, 2006 – Informe Avance. Convenio SUBPESCA - IFOP. Instituto Fomento Pesquero Valparaíso, Chile.

**Boltovskoy, D. 1981.** Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 936 pp.

**Braun, M., J. castillo, J. Blanco, S. Lillo y H. Reyes. 1994.** Monitoreo hidroacústico y oceanografico de los recursos pelagicos en la I y II Regiones. Primavera 1993 y verano y Otoño 1994. Informe Final Proyecto. Instituto de Fomento Pesquero. 334 pp.

**Braun, M., H. Reyes; J. Osses, J. Castillo & V. Catasti. 2002.** Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP N°2001-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).

**Braun, M., H. Reyes; E. Pizarro, J. Castillo, J. Saavedra, V. Catasti y V. Valenzuela. 2005.** Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y IV Regiones, año 2004. Informe Final FIP N°2004-01. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile. 300 pp + Anexos.

**Braun, M., V. Valenzuela, H. Reyes, J. Castillo, M. Pizarro, V. Catasti, J. Saavedra, E. Pizarro & J. Letelier. 2007.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV regiones, año 2005. Informe Final Corregido. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 336.

**Braun, M., H. Reyes, V. Valenzuela, J. Castillo, J. Letelier, M. Pizarro, V. Catasti, J. Saavedra y F. Espindola. 2008.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV regiones, año 2006. Informe Final 2006-01. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 327.



- Braun M., H. Reyes, V. Valenzuela, L. Herrera, E. Pizarro, J. Castillo, F. Espíndola & J. Saavedra. 2010.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la XV y IV Regiones, año 2009. Pre – informe Final FIP 2009-38. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 260 p + Figuras y anexos.
- Brink, K. 1997. Observational coastal oceanography. Vol. 1998: Brink, K. Fonseca, T., & Farías, M. 1987.** Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. Investigaciones Pesqueras, 34, 33 - 46.
- Carpenter, J. H. 1965.** The chasepeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. Limnol. and Oceanogr., 10: 141-143.
- Castillo, J., M. Braun y J. Blanco .1993.** Cuantificación estacional de la biomasa de los recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica. Zona Norte. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 165 p + Anexos
- Castillo, J., M. Barbieri, J. Córdova, S. Lillo, U. Parker, J. L. Blanco, M. Braun y J. Osses. 1996.** Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española, de las Regiones I a IV. IFOP. Informe final de proyecto al FIP. 165p + Anexos
- Castillo, J., M. Espejo, S. Lillo y J. Cordova. 1997.** Evaluación y distribución espacial de reclutamiento anchoveta. En: Evaluación y distribución espacial de reclutamiento anchoveta, regiones I y II. Informe final proyecto FIP 96-02. IFOP. 126p+anexos.



- Castillo, J. M. Barbieri, M. Espejo, V. Cataste, S. Rosales, J. Osses, P. Barría, G. Daneri, H. González. 1998.** estimación del Reclutamiento de Anchoveta en las regiones I y II. Informe Final 97-51. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 181 pp + Tablas y Figuras.
- Castillo, J., J. Córdova, M. Espejo. 2000.** Evaluación y distribución espacial del reclutamiento de anchoveta. En: Evaluación del reclutamiento de anchoveta en la I y II Regiones, 1999. Informe Final de Proyecto FIP 99-11. Inst. Fom. Pesq., Chile, 136 p + anexos Figuras y tablas.
- 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., A. Saavedra, M. Espejo, J. Córdova, P. Gálvez, M. A. Barbieri. 2003.** Evaluación acústica, georreferenciación y análisis conjunto. Verano 2002 EN: Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2001. Fondo de Investigación Pesquera, Proyecto FIP 2001-13. 208 p +Figuras y Anexos.
- Castillo, J., A. Saavedra, F. Leiva, C. Hernández, C. Lang, H. Reyes, M. Pizarro, F. Cerna, A. López, L. Herrera y G. Claramunt. 2007.** Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta entre la I y II Regiones, 2007. Informe final Proyecto FIP 2006-39. Inst. Fom., Pesq., Valparaíso, Chile. 116 p+anexos.



**Castillo, J. A. Saavedra, C. Hern3ndez, V. Catasti, F. Leiva, J. Letelier, H. Reyes, M.Pizarro, F. Esp3ndola, B. Leiva, F. Cerna, A. L3pez, L. Herrera, G. Claramount y E. Oliva. 2008.** Evaluaci3n hidroac3stica reclutamiento anchoveta entre la I y II Regiones, a3o 2008. Informe Final. FIP 2007-02. 237 pp + Figuras, Tablas y Anexos

**Castillo, J. A. Saavedra, C. Hern3ndez, V. Catasti, F. Leiva, J. Letelier, H. Reyes, M.Pizarro, B. Leiva, F. Cerna, A. L3pez, L. Herrera, G. Claramount, A. Mujica y E. Uribe. 2009a.** Evaluaci3n hidroac3stica reclutamiento anchoveta entre la XV y IV Regiones, a3o 2009. Informe Final. FIP 2008-02. 285 pp + Figuras, Tablas y Anexos.

**Castillo, J., M. San Mart3n, C. Lang, F. Leiva. 2009b.** Evaluaci3n hidroac3stica del reclutamiento de anchoveta y sardina com3n entre la V y X Regiones, a3o 2008. En: Informe de Avance Proyecto Evaluaci3n hidroac3stica del reclutamiento de anchoveta y sardina com3n entre la V y X Regiones. Fondo de Investigaci3n Pesquera, Proyecto FIP N3 2007-04. 51 p + Figuras, Tablas y Anexos.

**Clark M. 1985.** Feeding relationship of seven fish species from the Campbell Plateau, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol. 19:365-374.

**Cressie, N. A. C. 1993.** *Statistics for spatial data.* John Wiley and Son, Inc.

**Conover, M.R. 1981.** *Practical nonparametric statistics.* John Wiley & Sons, New York, New York, USA. 493 pp.



- C3rdova, J., J. Castillo, A. Paillam3n y S. Lillo, 1995.** Evaluaci3n del reclutamiento de anchoveta de la zona norte ( I y II Regiones). En: Evaluaci3n hidroac3stica y distribuci3n de recurso. FIP-IFOP. 100 pp.
- C3rdova, J., Reyes H. y J. Letelier. 2009.** Evaluaci3n hidroac3stica de jurel en la XV, I y II Regiones, a3o 2009. Diciembre de 2009. Informe de Avance. Proyecto FIP 2009-07. 43 pp + Figuras y Anexos.
- 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.
- Einarsson, H. y B. Rojas de Mendiola.1963.** Descripci3n de Huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) J. Bol.Inst.Rec.Mar., Callao, 1(1):1-23.
- Espejo, M. y J. Castillo. 1997.** SIMBAD un nuevo enfoque de procesamiento de datos ac3sticos. En Resumenes XVII. Congreso de Ciencias del Mar. pp 186-187.
- Espinoza P, V Blaskovic, F Torriani y I Navarro. 1999.** Dieta de la anchoveta *Engraulis ringens* seg3n intervalos de talla. Crucero BIC Jos3 Olaya Balandra y BIC Humboldt 9906. Inf. Inst. Mar Per3 N3 149: 41-84.
- Espinoza P, V Blaskovic. 2000.** Cambios en la dieta de la anchoveta *Engraulis ringens* y su influencia en la din3mica de alimentaci3n. Inf. Inst. Mar Per3 N3 19: 21-27.



- Fisher, J. B. & M. J. S. Tevesz. 1958.** Distribution and population density of *Elliptio complanata* (Mollusca) in Lake Pocotopang. Connecticut. *The Veliger* 18: 332- 338.
- Foote, K. 1987.** Fish target strengths for use in echo integrator surveys. *J. Acoust. Soc. Am.* 82 (3) September 981-987.
- Fonseca, T. & M. Farías. 1987.** Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. *Investigaciones Pesqueras.* 34: 33 - 46.
- Francis R.I.C.C. 1984.** Variability in hidroacoustic biomass estimate (comment). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 825-826.
- Fuenzalida, R., Schneider, W., Blanco, J.L., Garcés-Vargas, J., Bravo, L., 2007.** Sistema de corrientes Chile-Perú y masas de agua entre Caldera e Isla de Pascua. *Ciencia y Tecnología del Mar* 30(2), 5-16.
- 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.
- Grosjean, Ph.; M. Picheral; C. Warembourg and G. Gorsky. 2004.** Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the ZOOSCAN digital imaging system. *ICES Journal Marine Science*, 61: 518-525.
- Hansen, R., W. Madow & W. Huwitz. 1953.** Sample survey methods and theory. Volume I and II. Methods and applications: John Wiley and Sons, INC.



- Hasle G. 1969.** An Analysis of Phytoplankton of the Pacific Southern Ocean: Abundance, Composition and Distribution during the Brategg Expedition, 1947-1948. Hvalradets skrifter, 52: 1-168.
- Hastie, T. J. & R. Tibshirani, 1990.** Generalized Additive Models. London. Chapman and Hall.
- Hillebrand H, C-D Dürselen, D Kirschtel, U Pollinger & T Zohary. 1999.** Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. J. Phycol. 35, 403-424.
- 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, J. Letelier & O. Ulloa. 2001.** Local and remote forcing of the sea temperature in the coastal upwelling system off Chile. Journal of Geophysical Research. 106 (C8): 16657-16671.
- Hunter, J. & C. Kimbrell. 1980.** Egg cannibalism in the northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish Bull.*, U.S., 78:811-816
- Huyer, A., R. Smith & T. Paluszkiwicz. 1987.** Coastal upwelling off Perú during normal and El Niño times, 1981-1984. Journal of Geophysical Research. 92 (C13): 14297-14307.
- Hyslop E.J. 1980.** Stomach contents analysis. A review of methods and their application. *J. Fish. Biol.* 17: 411-429.
- Isaaks, E. and M. Srivastava. 1989.** An introduction to applied geostatistics. New York, Oxford University Press. 561 p.



**Jaksic F & L Marone. 2007.** Ecología de comunidades. Segunda Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. 336 pp.

**Jeffrey, S. W., R. F. C. Mantoura y S. W. Wright. 1997.** Phytoplankton pigments in oceanography: methods. Monographs on Oceanographic Methodology. SCOR and UNESCO.

**Johnsen G, O Samset, L. Granskog & E. Sakshaug. 1994.** In vivo absorption characteristics in 10 classes of bloom-forming phytoplankton: taxonomic characteristics and responses to photoadaptation by means of discriminant and HPLC analysis. Mar. Ecol. Prog. Ser. 105:149-157.

**Kleckner, D. 1996.** Surfer for Windows user guide. Golden Software Inc. 458 pp

**Konchina, Yu. V.1990.** Feeding ecology of pseudoneritic fishes from the Nazca Ridges. VORP IKHTIOL 30(6): 983-993.

**Letelier, J. 1998.** Estudio de variabilidad diaria de los eventos de surgencia, entre Arica y Tocopilla observada en imágenes de satélite durante febrero y marzo de 1991 y 1992. Tesis para optar al grado de Oceanógrafo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile. 68 pp.

**Letelier J., H. Reyes, M. Pizarro & F. Espíndola. 2008.** Condiciones hidrográficas, distribución y abundancia de pigmentos en la I y II regiones durante diciembre 2007. En: Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta entre la I y II regiones, año 2008. Informe Final proyecto FIP 2007-02.

**Letelier J., H. Reyes & M. Pizarro. 2009.** Condiciones hidrográficas, distribución y abundancia de pigmentos entre la XV y IV regiones durante la primavera de 2008 y verano del 2009. En: Evaluación hidroacústica del



reclutamiento de anchoveta entre la XV y IV regiones, a1o 2009.  
Informe Final proyecto FIP 2008-02.

**Letelier J., O. Pizarro, L. Soto-Mardones, S. Hormazabal & H. Reyes. 2010.**  
Seasonal and interannual variability of the mesoscale eddy activity off  
Chile. Enviado a: Journal of Geophysical Research. Agosto 2010.

**Lilliefors, H. (1967).** On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and  
variance unknown. Journal of the American Statistical Association,  
62(318):399-402.

**Lohrenz, S.E., D. Weisenburg, I.P. De Palma, K.S. Jhonson and D.E. Gustafson,  
Jr. 1988.** Interrelationships among primary production chlorophyll and  
environmental conditions in frontal regions of the western mediterranean  
sea. Deep-Sea Res. 35(5):793 – 810 p.

**Lutz V.A., S. Sathyendaranath, E.J.H. Head & W.K.W. Li. 2001.** Changes in the in  
vivo absorption and fluorescence excitation spectra with growth  
irradiance in three species of phytoplankton. Journal of Plankton  
Research, 23(6):555-569.

**Mac Lennan, D. & J. Simmonds. 1992.** Fisheries Acoustics. Published by Chapman  
& Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK. 325 p.

**Mamayev, O. I. 1975.** Water masses of the south East Pacific Ocean. En: R. Fraser,  
(ed.). Oceanography of the South Pacific 1972. Papers presented at the  
International Symposium on the Oceanography of the South Pacific,  
Wellington.

**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.

**Martínez, C., G. Böhm., E. Díaz., F. Cerna., M. Ayala., R. Aravena., H. Reyes., M. Troncoso., V. Bocic., C. Machuca y L. Muñoz. 2007.** Programa: Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Proyecto: Investigación de la Situación de la Pesquería Pelágica de la Zona Norte, 2006 – Informe Final. Convenio SUBPESCA - IFOP. Instituto Fomento Pesquero Valparaíso, Chile.

**Martínez, C., M. Ayala y G. Böhm, 2008.** Monitoreo del reclutamiento de anchoveta, Regiones I y II, 2006-2007. Informe Final. IFOP.

**Matheron, G. 1971.** The theory of regionalised and their applications. Les cahiers du Centre de Morphologie Matemática, fasc. 5, Centre de Geostatistique, Fontainebleau, 212 p.

**Maynou FX, Sardà F, Conan GY .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.

**Morales C.E., J.L. Blanco, M. Braun, H. Reyes & N. Silva 1996.** Chlorophyll-a distribution and associated oceanographic conditions in the upwelling region off northern Chile during the winter and spring 1993. *Deep-Sea Res. I*, 43, 3: 267-289.



**Morales C. E., S. Hormazabal & J. L. Blanco. 1999.** Interannual variability in the mesoscale distribution of the upper boundary of the oxygen minimum layer off northern Chile (18°-24°S). implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. *J. Mar. Res.* 57. 909-932.

**Nielsen and Schoch. 1980.** Errors in estimating mean weight and other statistic from mean length. *Trans. of the Am. Fish. Soc.* 109 : 319 - 322.

**Narváez, D. 2000.** Observaciones de v3rtices de meso escala frente a la costa norte de Chile utilizando altimetría satelital y datos hidrográficos. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 47 pp.

**NOAA 2009.** <http://www.cdc.noaa.gov>

**NODC. 1991.** Key to Oceanographic Record Documentation N°14. National Oceanographic Data Center. NOAA. USA.

**Oliva E. 1997a.** Variabilidad intra e interanual de la estructura comunitaria del zooplankton en el área de surgencia costera del norte de Chile (20,50°S – 22,00°S): 1990-1992. Tesis Magíster Biología Marina. Universidad de Oriente, 220 pp.

**Oliva, E. 1997b.** Variabilidad espacio temporal del campo de biomasa zooplanctónica y su relación con el régimen de surgencia costera en el norte de Chile (20,50°S – 22,00°S): 1990-1992. VII COLACMAR, Sao Paulo, Brasil. II: 232-234.

**Oliva, E., L. Herrera, C. Andrade & C. Lillo. 2007.** La alimentación de la anchoveta y su relación con el tamaño del espectro de partícula del alimento



planct3nico en el 3rea de surgencia costera del norte de Chile. XXVII Congreso de Ciencias del Mar Chile., Libro de Res3menes, 121.

- Oliver S. y C. A. Gotway. 2005.** Statistical Methods for Spatial Data Analysis. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC. ISBN 1-58488-322-7. xvii + 488 pp.
- Parsons, T. R., Y. Maita & C. M. Lalli. 1984.** A Manual of chemical and biological methods for seawater analysis 172 pp. Pergamon Press.
- Pienaar L. and W. Ricker, 1968.** Estimating mean weight from length statistic. J. Fish. Res. Board of Can. 25: 2743 - 2747.
- Peterson W, Arcos D, McManus G. 1998.** The nearshore zone during coastal upwelling: daily variability and coupling between primary and secondary production off Central Chile. Prog. Oceanogr., 20, 1–40.
- Petitgas, P. 1991.** Contributions geostatistiques a la biologie des peches maritimes. Th3se de doctorat, Centre de Geostatistique, Fontainebleau, 211 pp.
- Petitgas, P. 1993.** Geostatistics for fish stock assessment: a review and an acoustic application. ICES J. Marine Sci. 50: 285-298.
- Petitgas, P. y T. Lafont. 1997.** EVA2: Estimation variance. A geostatistical software on windows 95 for the precision of fish stock assesment surveys. ICES CM 1997/Y:22.
- Petitgas, P. and A. Prampart. 1993.** EVA (Estimation variance) Logiciel de geostatistique puor IBM-PC effectuant l'analyse structurale et les calculs de variance d3stimation es quantities totales pour des donnees geographiquement correlees. ICES C.M. 1993/D:65.



- Pizarro J., W. Palma y Claudio Flores. 1998.** Validaci3n de la hip3tesis de mortalidad por inanici3n en larvas de *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 (Pisces: Engraulidae), utilizando el criterio histol3gico en un 1rea de surgencia costera en el norte de Chile. En: Invest. Mar., Valpara3so, 26: 97-108.
- Pizarro, O., S. Hormaz1bal, A. Gonz1lez y E. Y1nez. 1994.** Variabilidad del viento, nivel del mar y temperatura en la costa norte de Chile. Invest. Mar., Valpara3so, 22: 83 - 101.
- Pool H, F Balbont3n, C Montenegro, N Cortes & M Arriaza. 1997.** Interacciones tr3ficas en recursos demersales en la zona sur- austral. Informe Final Proyecto FIP-IT/94-32.
- Quijada P & C C1ceres. 2000.** Patrones de abundancia, composici3n tr3fica y distribuci3n espacial del ensamble de peces intermareales de la zona centro-sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 73:739-747.
- Rencher, A. C. 1995.** Methods of Multivariate Analysis, New York: Wiley.
- Reyes, H. 2004.** Variaci3n espacio-temporal de las masas de agua Subtropical, Subant1rtica y Ecuatorial Subsuperficial en la zona norte de Chile (18°15'S-24°00'S) en el per3odo 1980 – 2001. Tesis para optar al t3tulo de ocean3grafo. Universidad Cat3lica de Valpara3so, 114 pp.
- Reynolds, R. 1982.** A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Technical Report NNS-31, National Metereological Center, NOAA, Silver Springs, Md.
- Reynolds C. 2006.** Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press. UK. 535 pp.



- Ricker W., 1958.** Handbook of computations for biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Bd. Can., N° 119.
- 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, J.C. Guti3rrez-Estrada, I. Pulido-Calvo. 2008.** Identificaci3n ac3stica de especies pel3gicas peque1as en la zona centr-sur de Chile mediante an3lisis discriminante y redes neuronales artificiales. En: Nuevas aproximaciones metodol3gicas para el an3lisis de pesquer1as. Guti3rrez y Y3nez Eds. 2008.
- Robotham, H., P. Bosch, J.C. Guti3rrez-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. y J. Castillo. 1990.** The Bootstrap method: an alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacoustic techniques. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 189: 421 - 424.
- Rojas, R. & N. Silva. 1996.** Atlas Oceanogr3fico de Chile. Vol. 1. Primera Edici3n. Servicio Hidrogr3fico de la Armada de Chile. 130 p.
- Rojas de Mendiola, B. 1980.** Summary of the studies about food and feeding habits of the anchovy (*Engraulis ringens* J.). In: Workshop on the effects of environmental variation in the survival of larval pelagic fishes (G. Sharp, ed.). Intergovernmental Oceanographic Commission, WORKSHOP Report 28. IOC/UNESCO, Paris, 221-231



- Santander, H., G. Lugo, S. Carrasco, H. Veliz & O. Castillo. 1981.** Catálogo de Zoopláncton en el Mar Peruano. Boletín del IMARPE. Vol. 6. 75 pp.
- Santander H, J Alheit, A MacCall y A Alamo. 1983.** Egg mortality of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) caused by cannibalism and predation by sardines (*Sardinops sagax*). FAO Fisheries Report 291(3): 1011-1025.
- Santander, E., L. Herrera y J. Pizarro. 2001.** Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18'S): I. Biomasa Pigmentaria. Revista de Biología Marina y Oceanografía 36 (2): 141 - 153
- Scalabrin, C. 1991.** Recherche d'une méthodologie pour la classification et l'identification automatiques des detections acoustiques des bancs de poissons. Rapp. IFREMER, DITI/NPA 91.23.
- Scalabrin, C. and J. Massé. 1993.** Acoustic detection of the spatial and temporal distribution of fish shoals in the Bay of Biscay. Aquat. Living Resour., 1993, 6,269-283.
- Shannon, C. E. y W. Weaver. 1949.** The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana. 117 pp.
- 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.
- Schlüter L, Møhlenberg F, Havskum H & Larsen S. 2000.** The use of hytoplankton pigments for identifying and quantifying phytoplankton groups in coastal areas: testing the influence of light and nutrients on pigment/chlorophyll a ratios. Mar. Ecol. Prog. Ser. 192:49–63.



- Schneider, W., Fuenzalida, R., Garc3s, J., 2004.** Corrientes Marinas y Masas de Agua. In: Werlinger, C. (Eds.), *Biolog3a Marina y Oceanograf3a: Conceptos y Procesos* Vol. I. Universidad de Concepci3n, Chile, pp. 177-194.
- Simpson J., G. y E. Gil. 1967.** Maduraci3n y desove de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en Chile. *Bolet3n Cient3fico Instituto de Fomento Pesquero*, Stgo., Chile (4):55.
- 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, J., N. Williamson, F. Gerlotto y A. Aglen. 1992.** Survey design and analysis procedures: A comprehensive review of good practices. ICES C.M. 1991, 113 p.
- Simmonds, E, y D. MacLennan. J. 2005.** Fish and Fisheries Series, 5: Fisheries acoustics. Chapman and Hall, London. 438 pp.
- Sparre, P. and S. Venema. 1992.** Introduction to tropical fish stock assessment. Part I - Manual. FAO Fish. Tech. Paper 306/1.
- Stæhr PA, S Markager & K Sand-Jensen. 2004.** Pigment specific in vivo light absorption of phytoplankton from estuarine, coastal and oceanic waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 275:115-128.
- Strub, P., J. Mes3as, V. Montecino, J. Rutlland & S. Salinas. 1998.** Coastal ocean circulation off western south America. Chapter 10. En. *The sea: The global coastal ocean, regional studies and synthesis.* 11 A. R. Robinson, & K. H. Brink (Eds.). John Wiley and Sons, Inc., New York. 273-313 pp.



- Swartzman G, Stuetzle W, Kulman K, Wen N. 1994.** Modeling the distribution of fish schools in the Bering Sea: morphological school identification. Nat Res Model 8:177–194
- 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, 1981 c.** Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.
- Villafañe VE & FMH Reid. 1995.** M3todos de microscopía para la cuantificaci3n del fitoplancton. En: Manual de M3todos Ficol3gicos. K Alveal, ME Ferrario, EC Oliveira y E Sar (eds.). Universidad de Concepci3n, Concepci3n. 169-185 pp.
- Wallace R. 1981.** An assesment of the diet – overlap indexes. Trans. A. Fish. Soc., 110(1):72-76
- Wilkinson L y L Engelman. 2005.** SYSTAT 11.0: Statistics I. SYSTAT Software, Inc., CA, USA. 470 pp.
- Windell JT. 1968.** Food analysis and rate of digestion. En: Ricker WE (ed). Methods for assessment of fish production in freshwaters, IBP Handbook 3: 197-203.
- Wolter, K. M. 1985.** Introduction to Variance Estimation xii, 428 page, 1985.
- Zaret T y S Rand. 1971.** Competition in tropical stream fishes: Support for the competitive exclusion principle. Ecology, 52:336-342



## **XI. TALLER DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

---

### **PROYECTO FIP 2009-02 EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DEL RECLUTAMIENTO DE ANCHOVETA EN LA XV, I y II REGIONES, AÑO 2010.**

De acuerdo a las Bases Administrativas y Especiales del proyecto, se realizaron dos talleres. En el primero se realizó la presentación de la metodología y principales actividades a desarrollar durante el crucero de prospección acústica y en el segundo taller se entregaron los resultados del proyecto (**Taller 2**).

#### **1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS (Taller 2)**

El Taller se realizó el 28 de septiembre del 2010, en el Auditorio Marcos Espejo V. dependencia del Instituto de Fomento Pesquero. Se enviaron invitaciones a los profesionales, técnicos y a personas relacionados con el tema. En total asistieron 27 personas provenientes del ámbito institucional, productivo (artesanal e industrial), de investigación y académico.

Para efecto de poder comparar los resultados obtenidos en los dos cruceros desarrollados en la zona norte, diciembre del 2009 para las regiones XV, I y II con los de febrero del 2010 (III y IV Regiones) se determinó de importancia el analizar los resultados en un único taller en conjunto. La discusión y principales observaciones de los resultados expuestos se resumen a continuación.

Un mayor detalle de este taller se entrega en el **Anexo 3**.



## **XII. BASE DE DATOS**

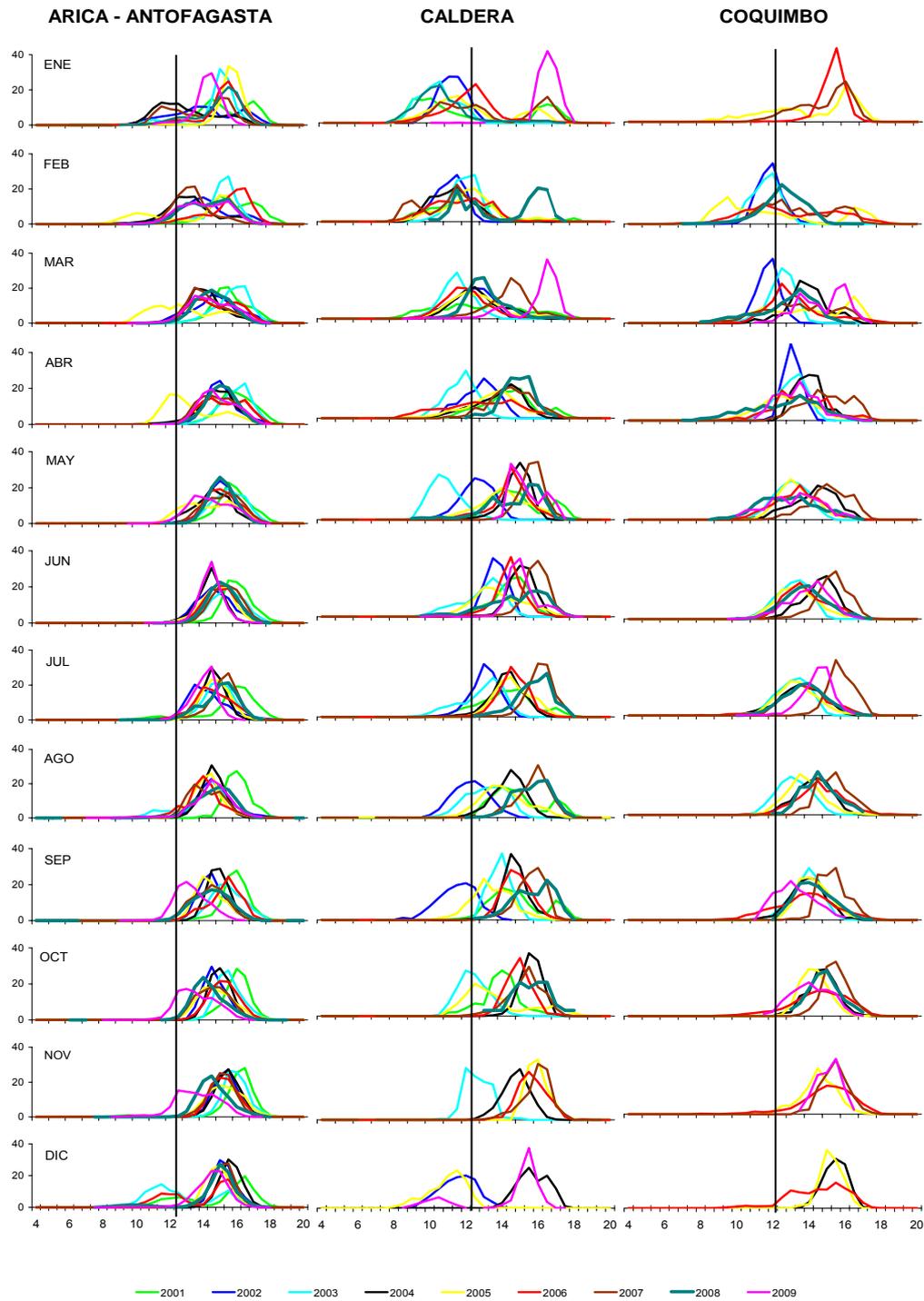
---

En archivo Base de Datos se entregan las bases de los datos obtenidos en el Crucero RECLAN152 0912 segun descriptores sealados y de acuerdo a los requerimientos del Fondo de Investigaci3n Pesquera.

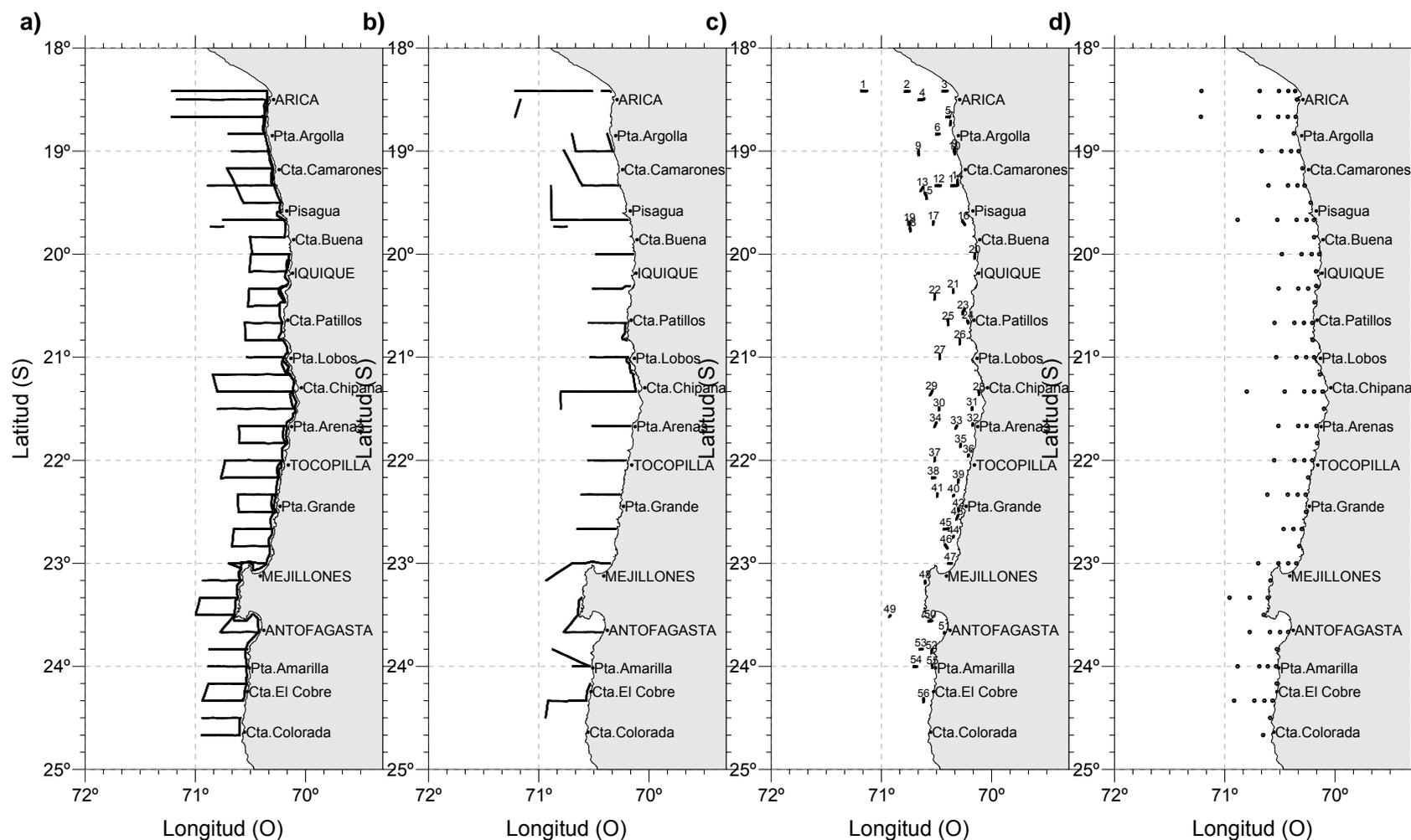
# FIGURAS

---

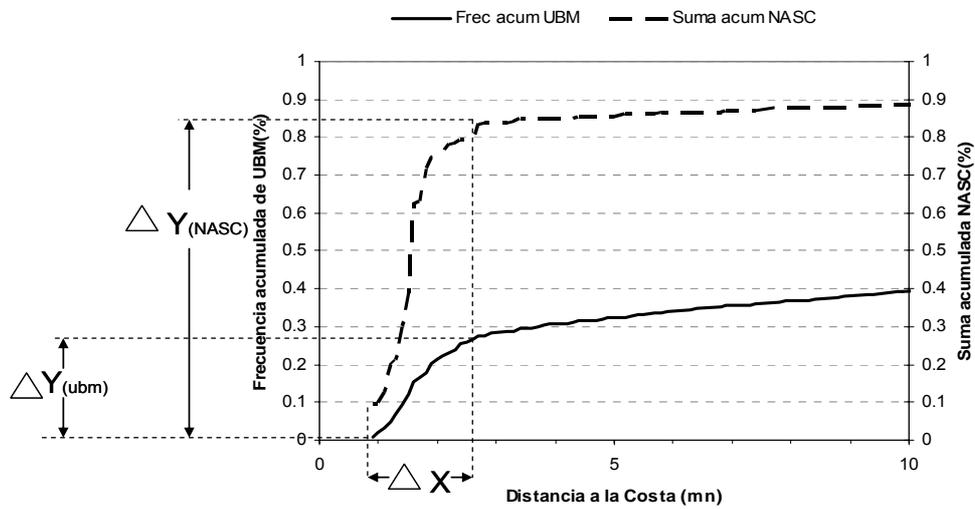




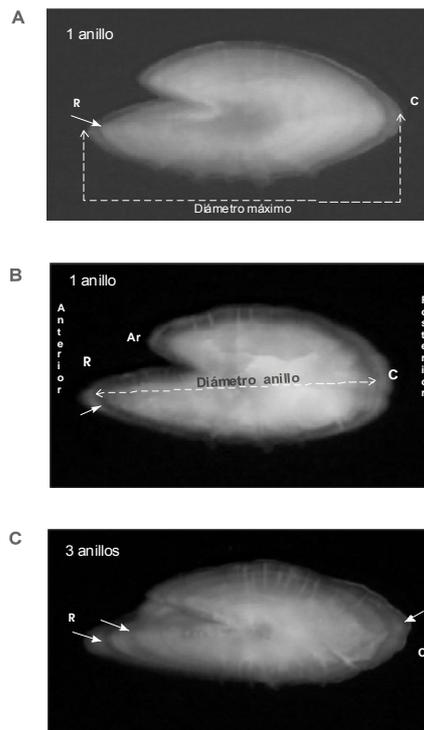
**Figura 1.** Distribuci3n de frecuencias de longitudes en las capturas de anchoveta. Zona Arica - Coquimbo, Flota Total. Años 2001 a 2009.



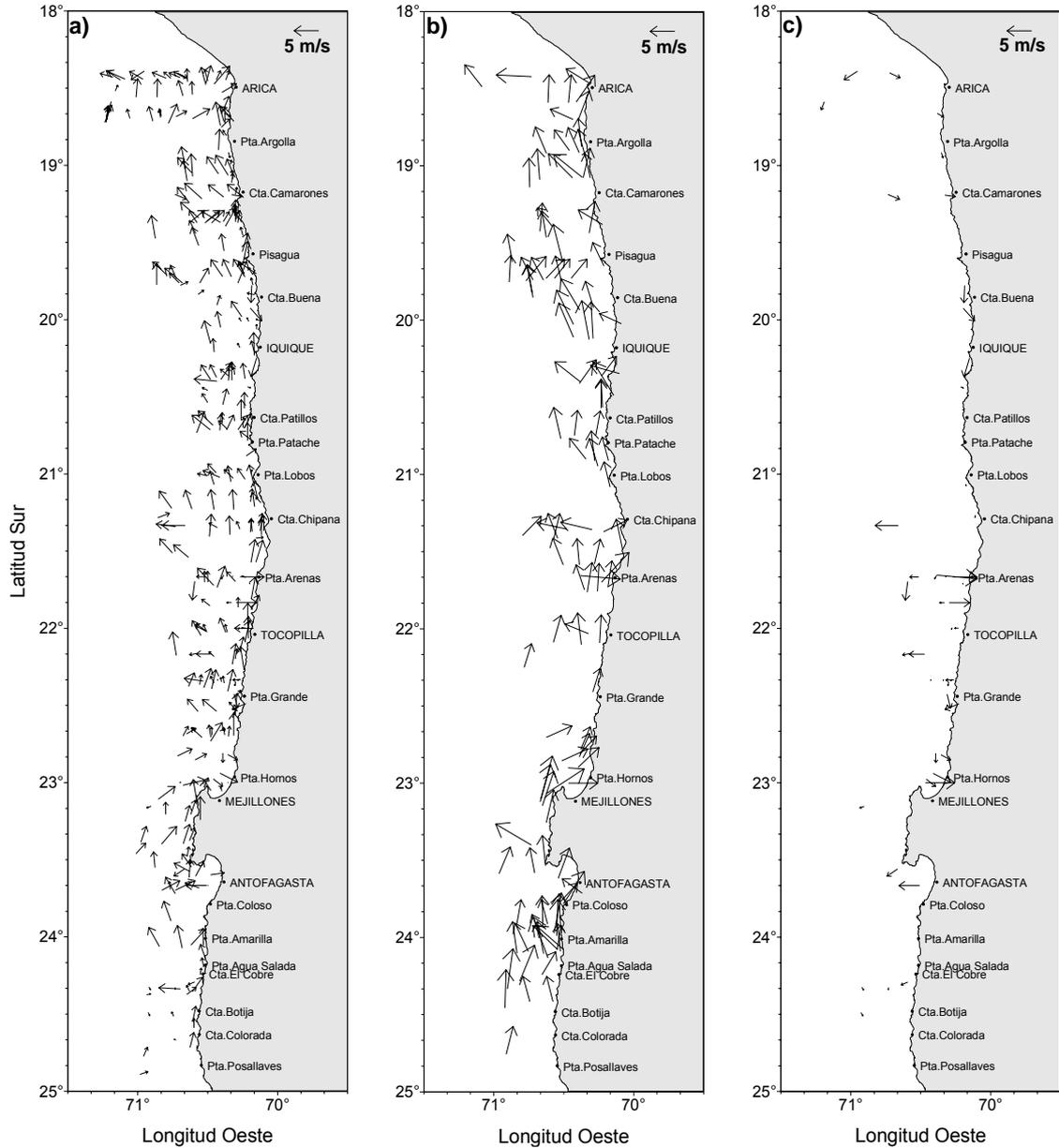
**Figura 2.** a) Localizaci3n de las transectas ac3sticas diurnas y las prospecciones costeras. b) Localizaci3n de las transectas ac3sticas nocturnas. c) Localizaci3n de los lances de pesca realizados por B/I Abate Molina (56) y d) Localizaci3n de las estaciones bio-oceanogr3ficas (98) realizadas durante crucero RECLAN152 0912.



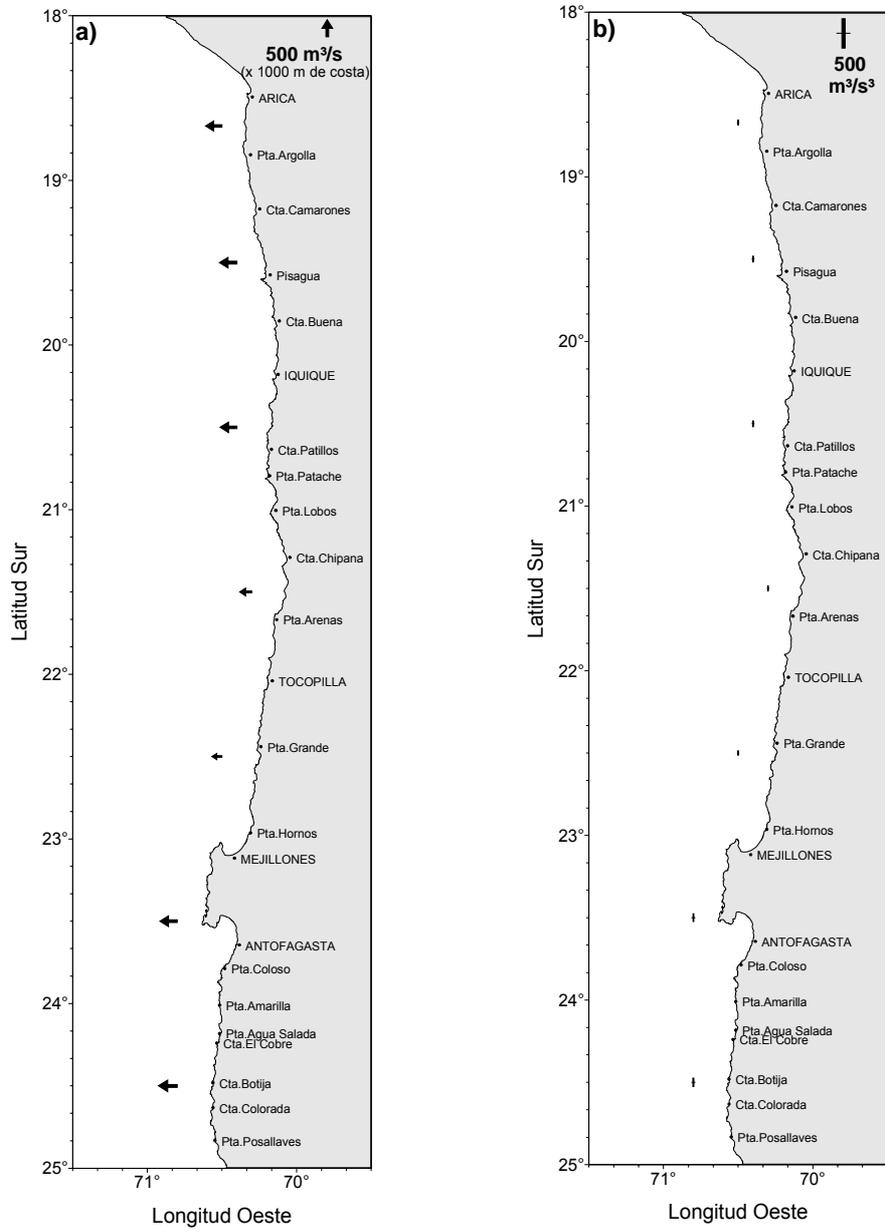
**Figura 3.** Diagrama para c3lculo de las pendientes de las curvas de frecuencia acumulada de UBM y de Suma acumulada de NASC.



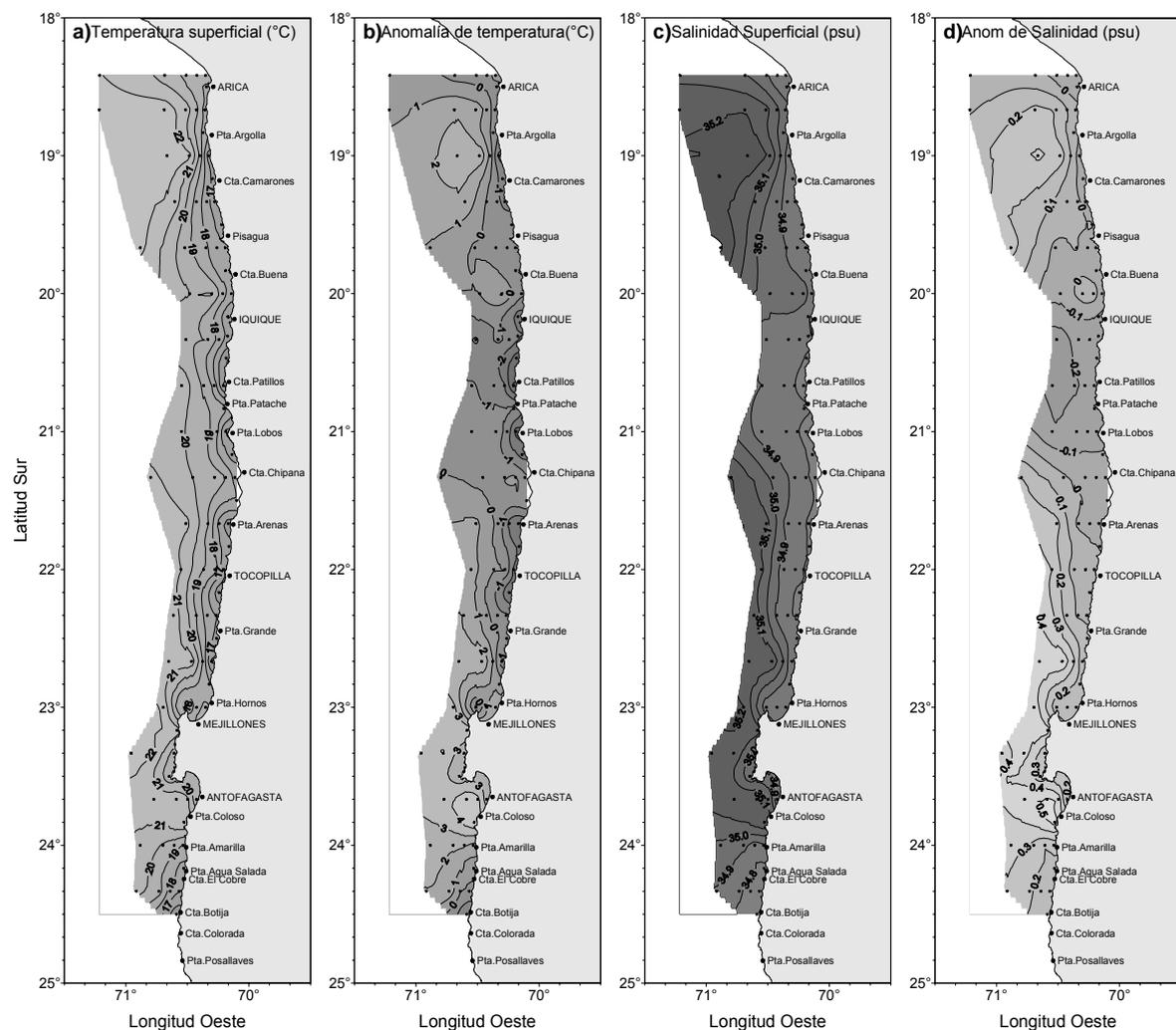
**Figura 4.** Otolitos de anchoveta en que se indica con flechas los anillos de crecimiento considerados para asignar edad. R=rostror; C=cauda; Ar=antirrostror. Las im3genes muestran (A) otolito de un pez de 10 cm; (B)= de un pez de 11 cm y (C) pez de 14,5 cm de longitud total.



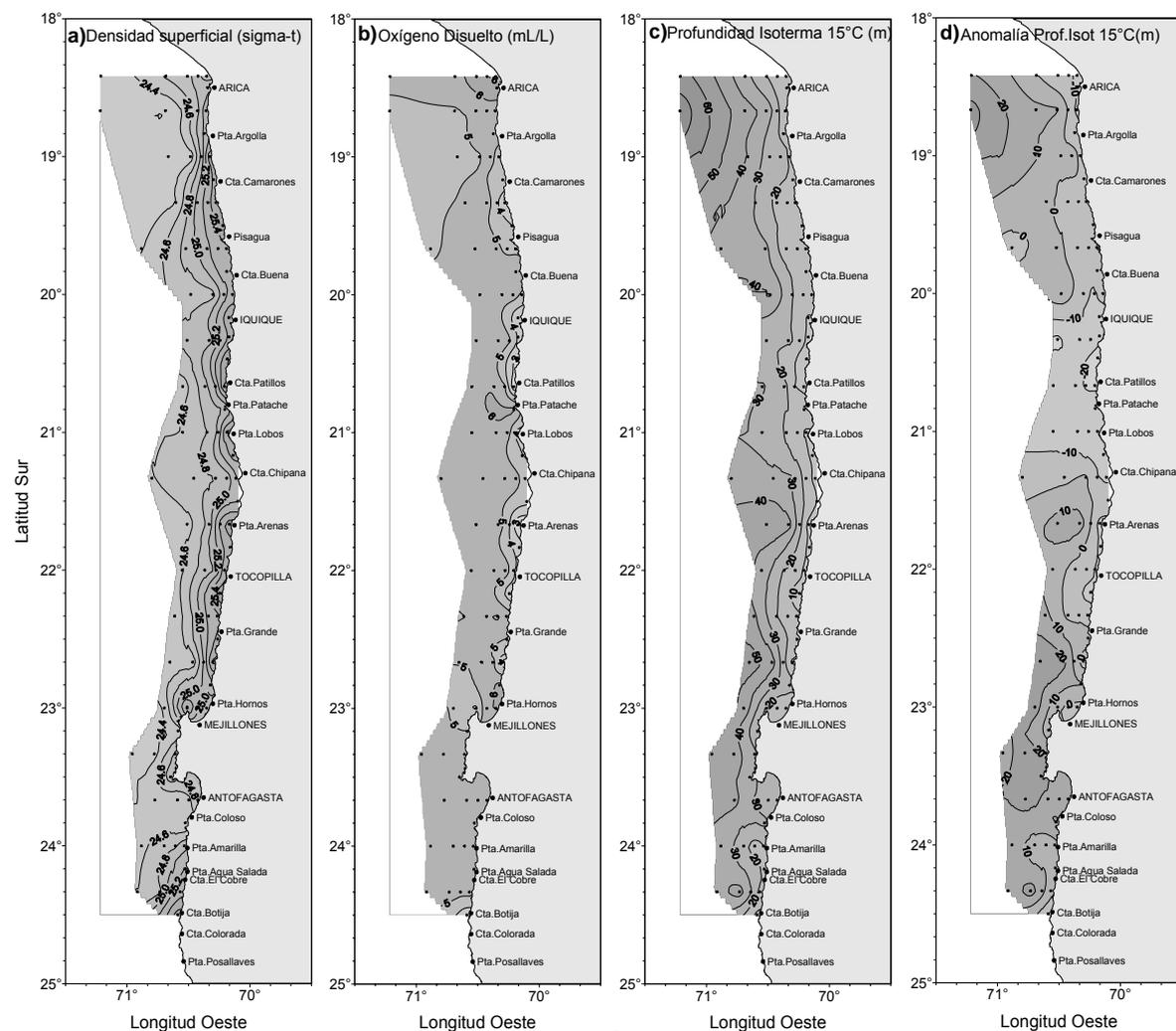
**Figura 5.** Informaci3n del viento predominante medido cada una hora sobre el track de navegaci3n: a) direcci3n e intensidad del viento menor a 5 m/s, b) direcci3n e intensidad del viento entre 5 y 10 m/s y c) direcci3n e intensidad del viento del primer y tercer cuadrante. Crucero RECLAN152 0912.



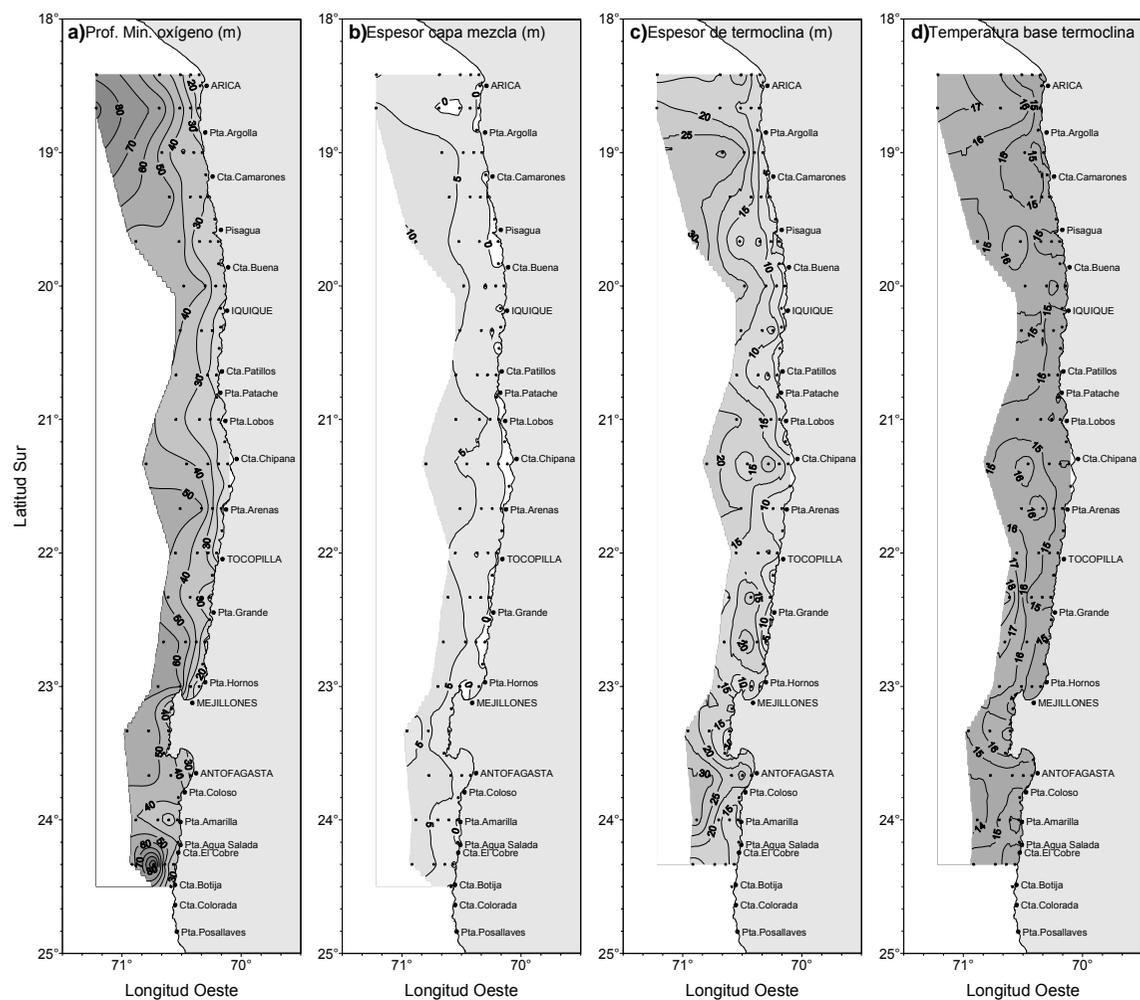
**Figura 6.** Índice promedio por grado de latitud de a) surgencia y b) turbulencia. Crucero RECLAN152 0912.



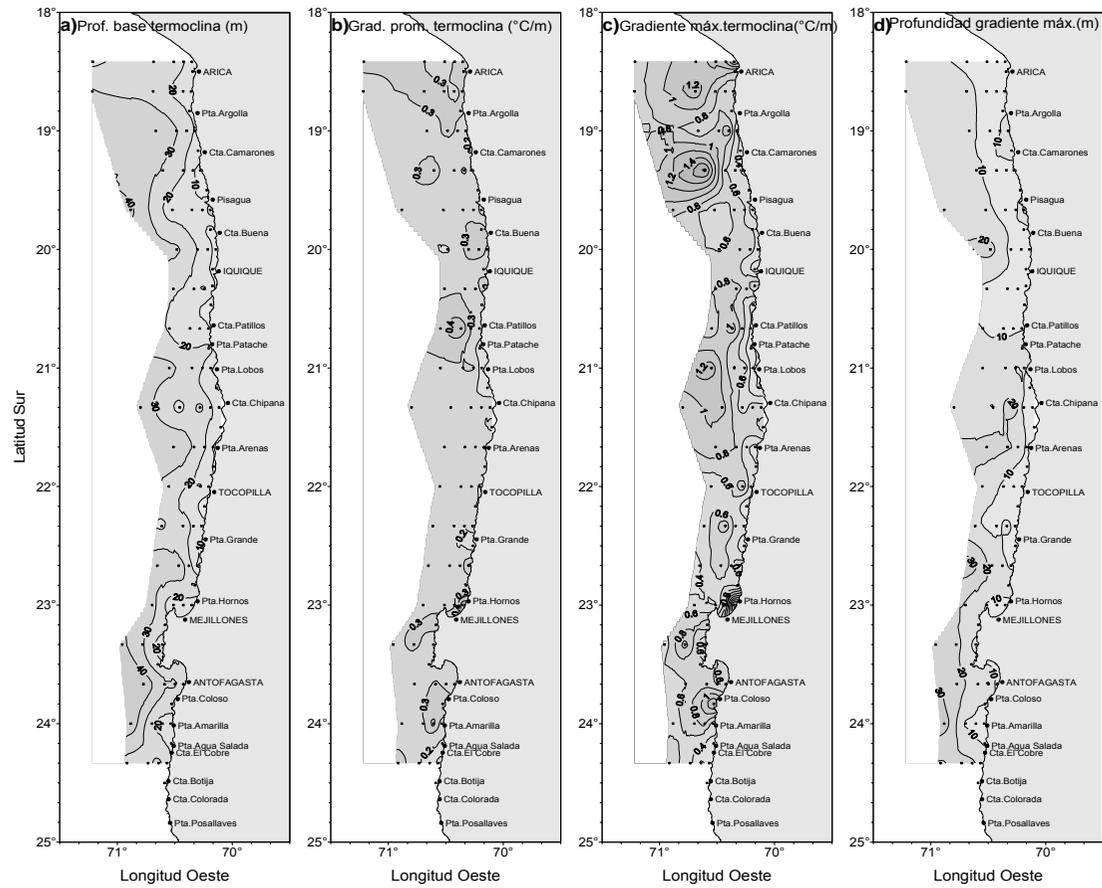
**Figura 7.** Distribuci3n superficial de a) temperatura (°C), b) anomalia de temperatura (°C), c) salinidad (psu) y d) anomalia de salinidad (psu). Crucero RECLAN152 0912.



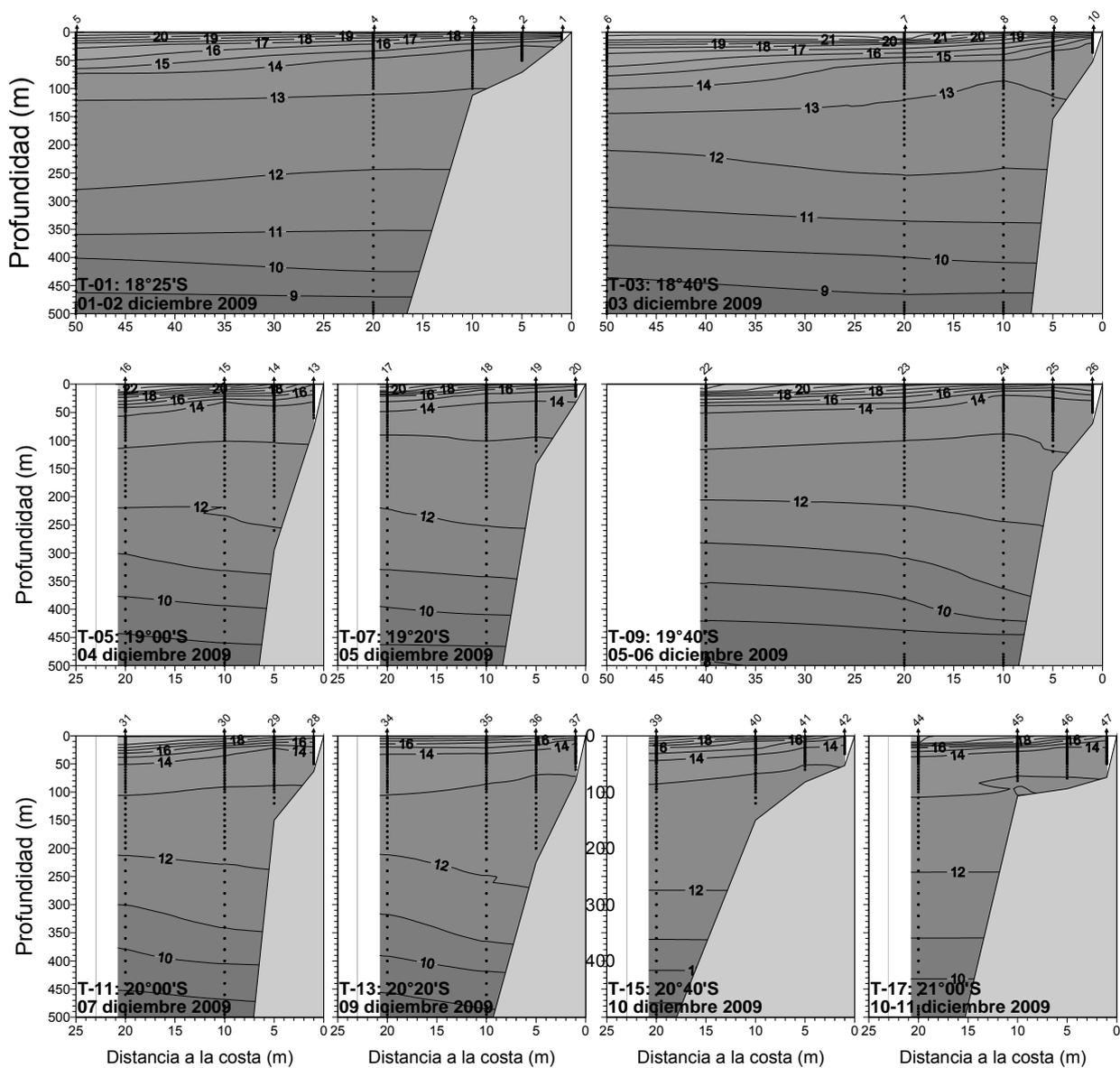
**Figura 8.** Distribuci3n superficial de a) densidad (sigma-t) ( $\text{kg/m}^3$ ), b) contenido de ox3geno disuelto ( $\text{mL/L}$ ), c) profundidad de la isoterma de  $15^\circ\text{C}$  (m) y d) anomal3a de profundidad de la isoterma  $15^\circ\text{C}$  (m) Crucero RECLAN152 0912.



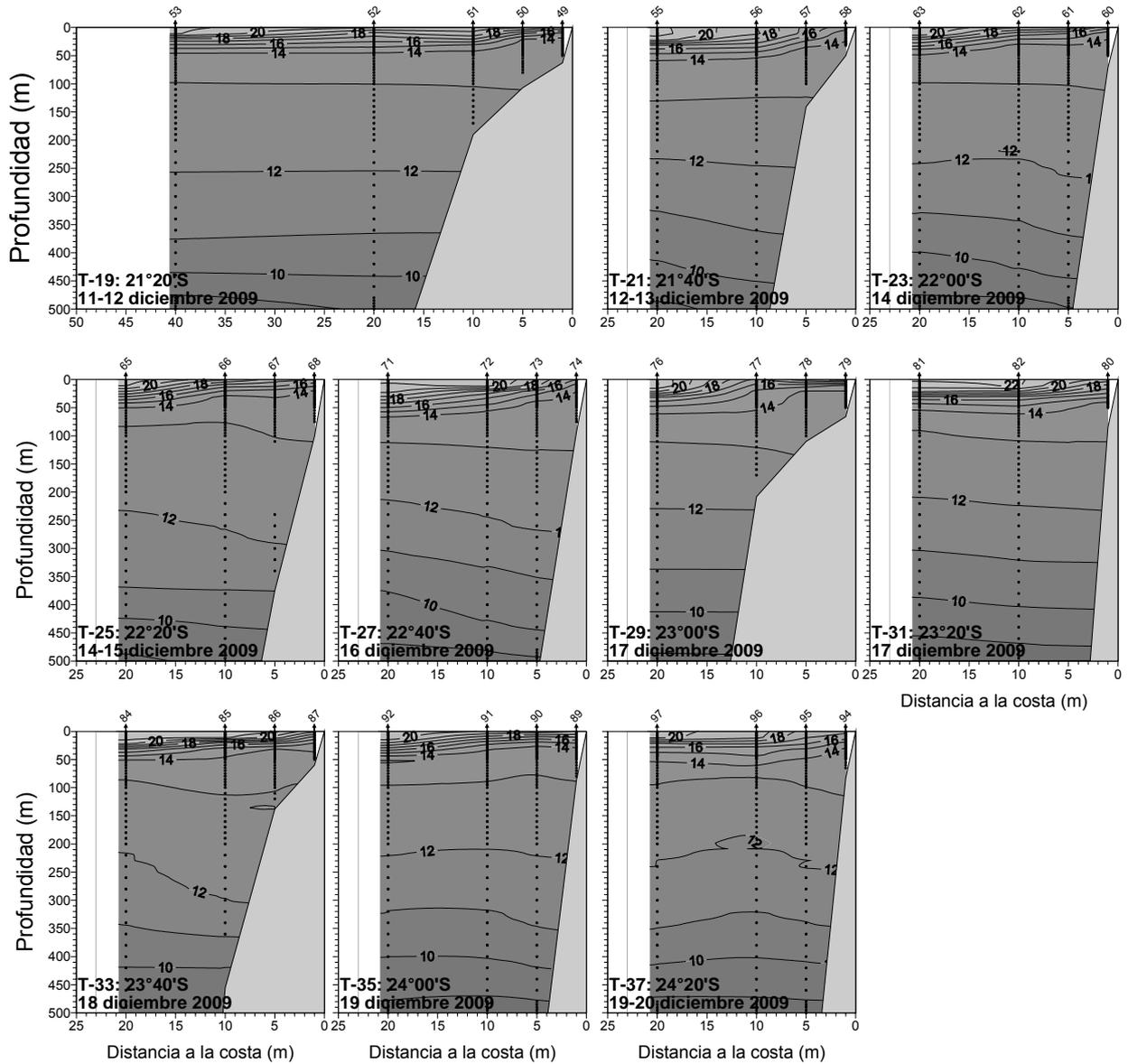
**Figura 9.** Distribuci3n de a) profundidad (m) de la isolnea de oxigeno correspondiente a la concentraci3n de 1 mL/L, como indicadora del l3mite superior de la capa de m3nimo oxigeno disuelto, b) espesor de la capa de mezcla (m), c) espesor de la termoclina (m) y d) temperatura base de la termoclina ( $^{\circ}$ C). Crucero RECLAN152 0912.



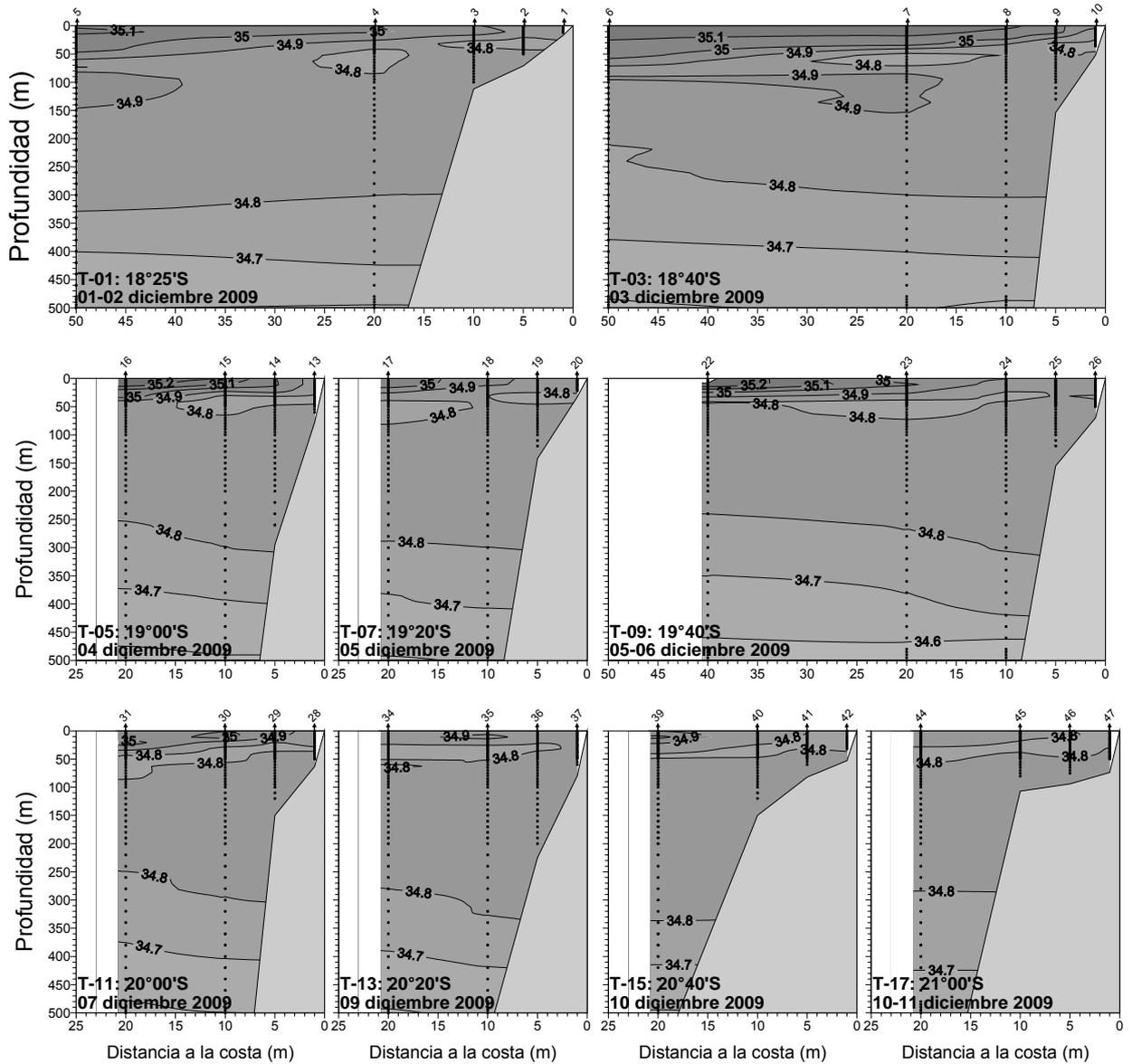
**Figura 10.** Distribuci3n de a) Profundidad de la base de la termoclina (m), b) gradiente de temperatura promedio de la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ), c), m3ximo gradiente de temperatura en la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) y d) profundidad del m3ximo gradiente de temperatura en la termoclina (m). Crucero RECLAN152 0912.



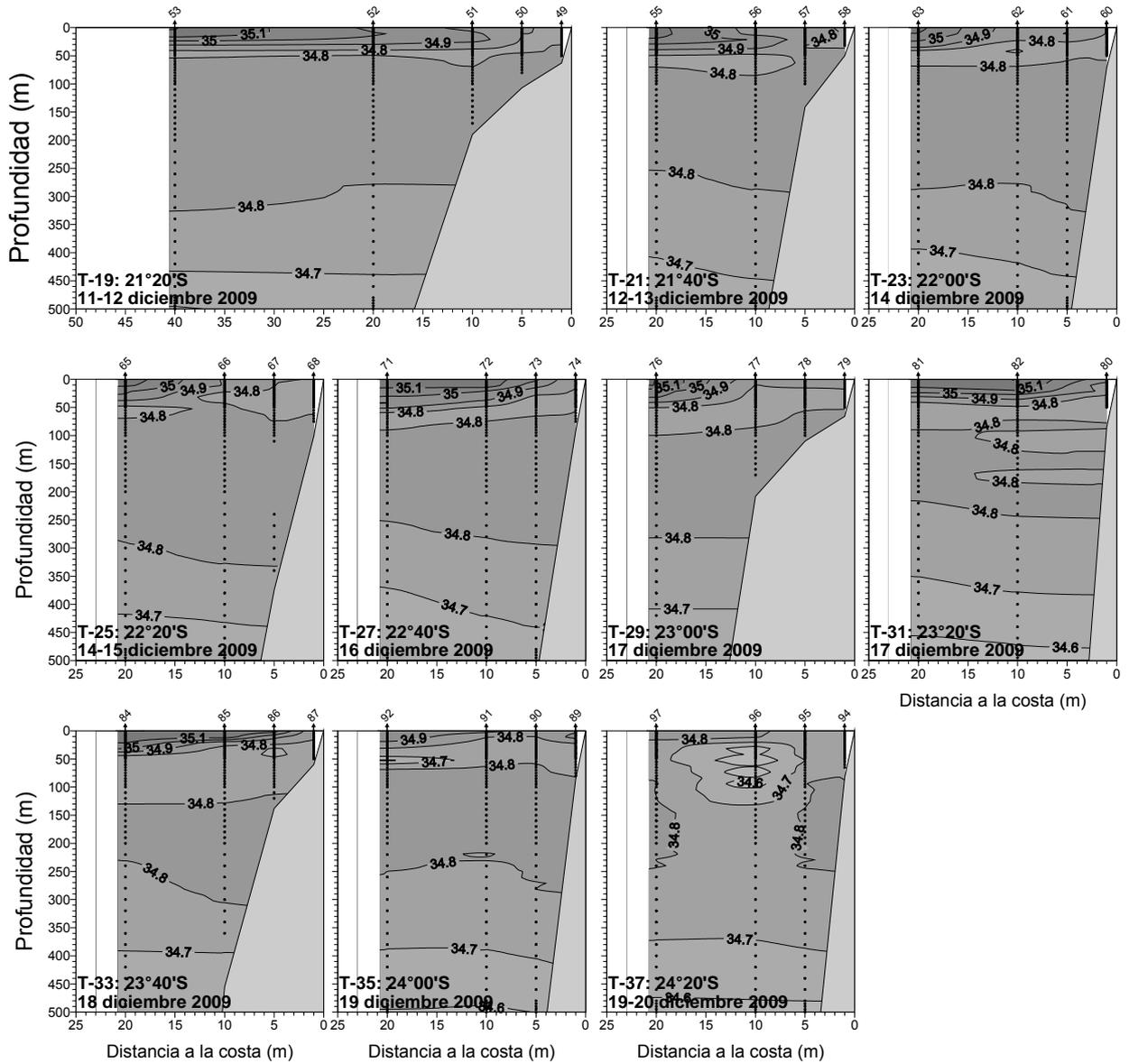
**Figura 11.** Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas oceanográficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.



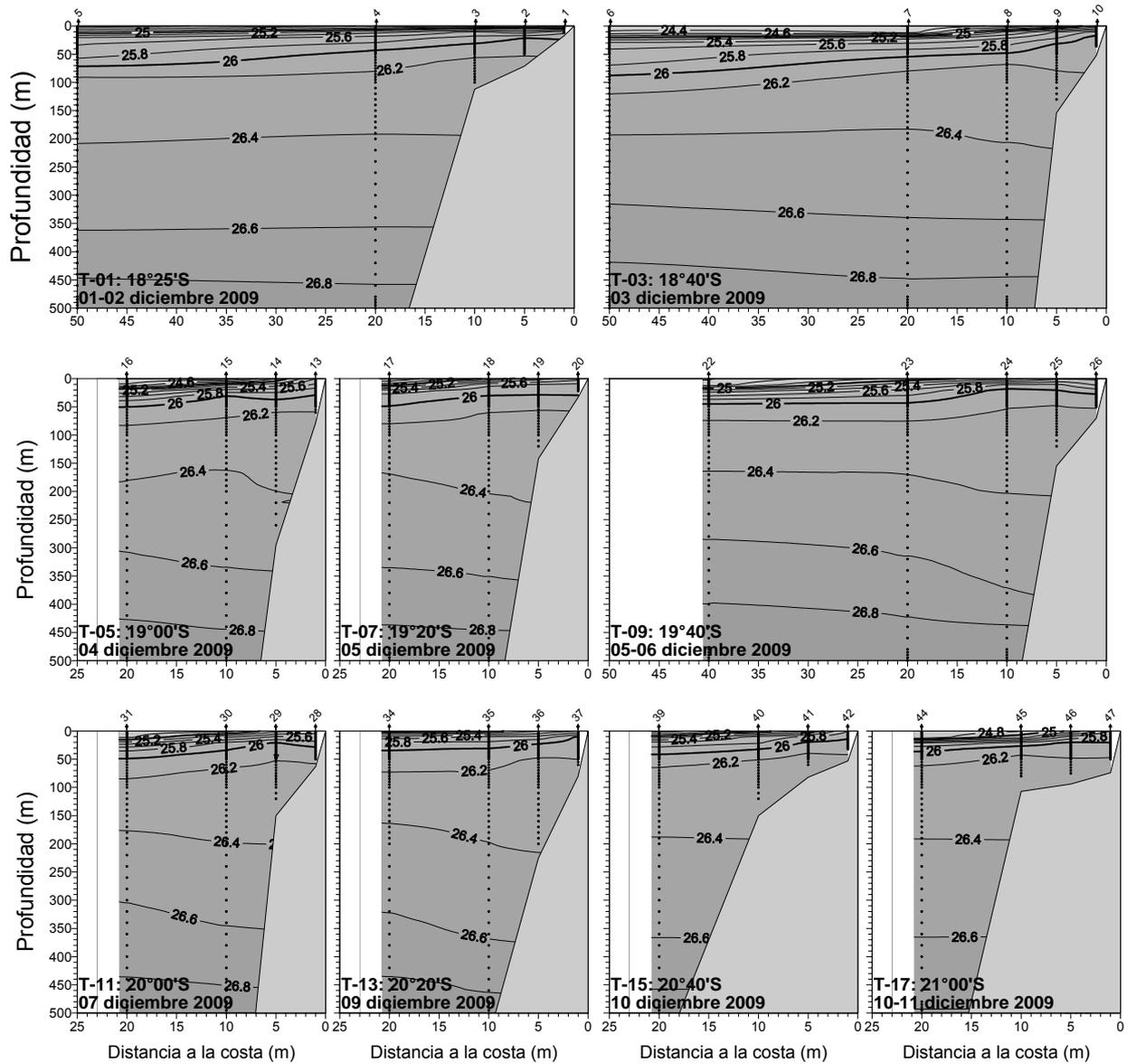
**Figura 12.** Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas oceanográficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.



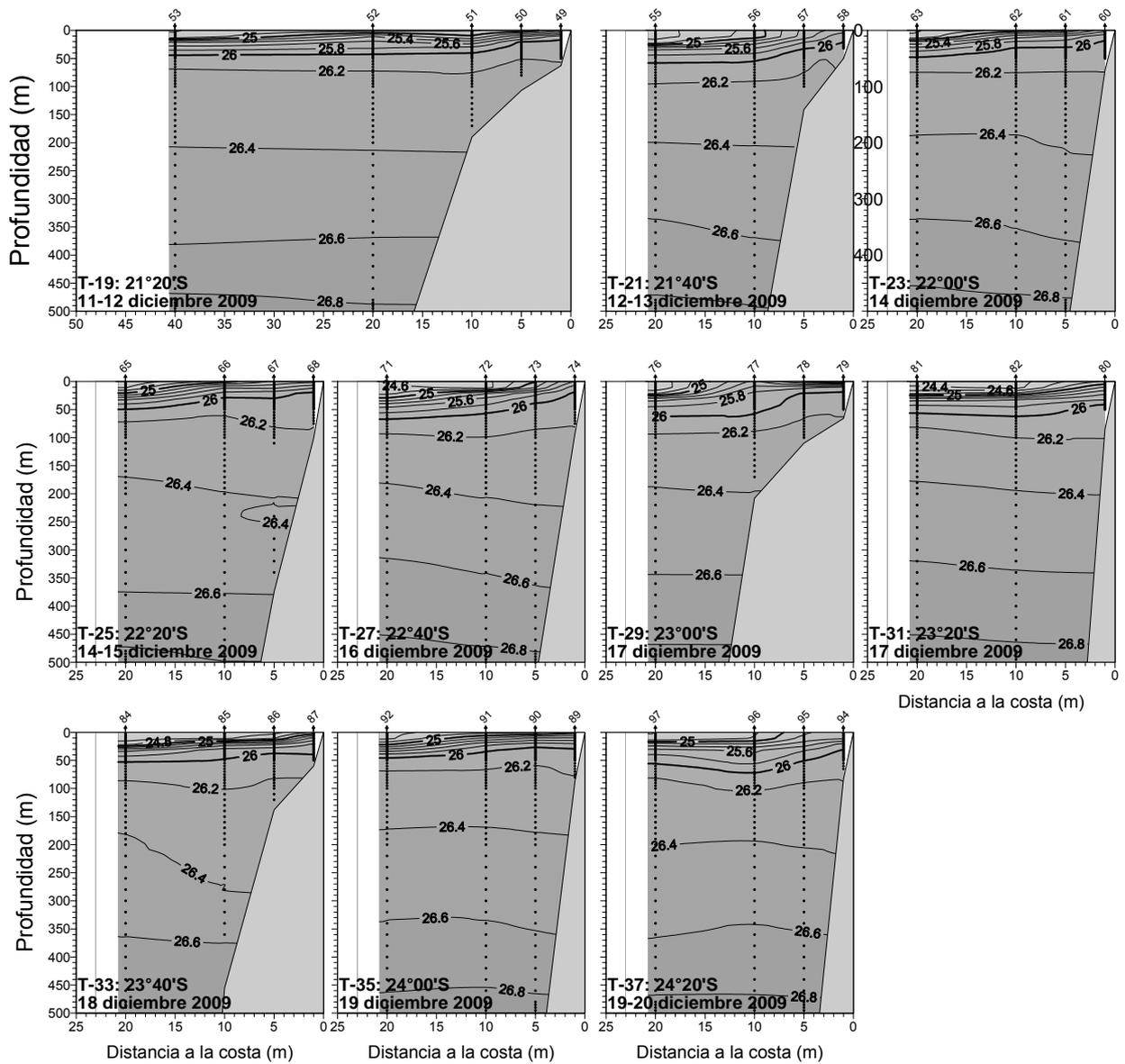
**Figura 13.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas oceanográficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.



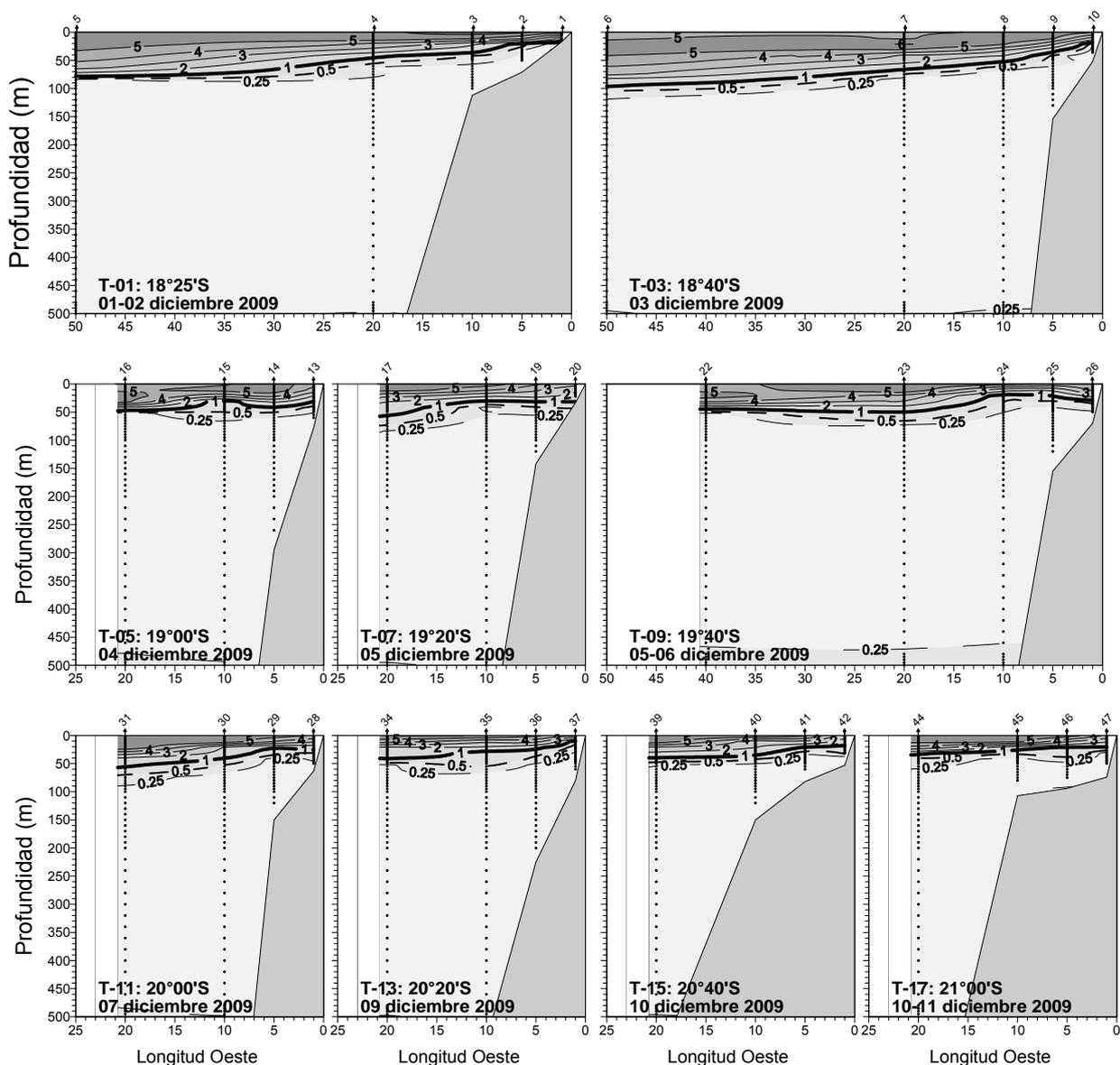
**Figura 14.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas oceanográficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.



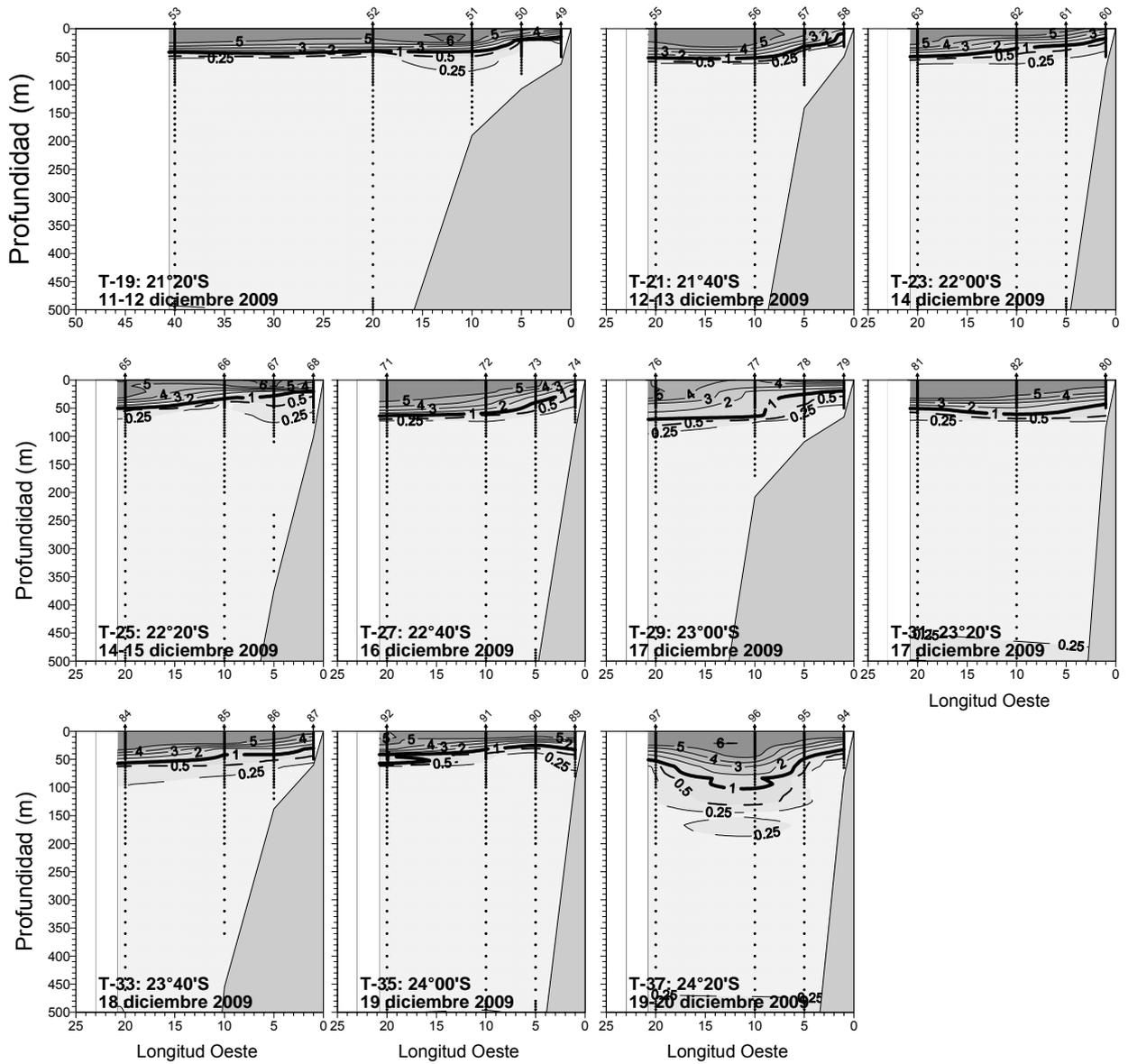
**Figura 15.** Distribución vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas oceanográficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.



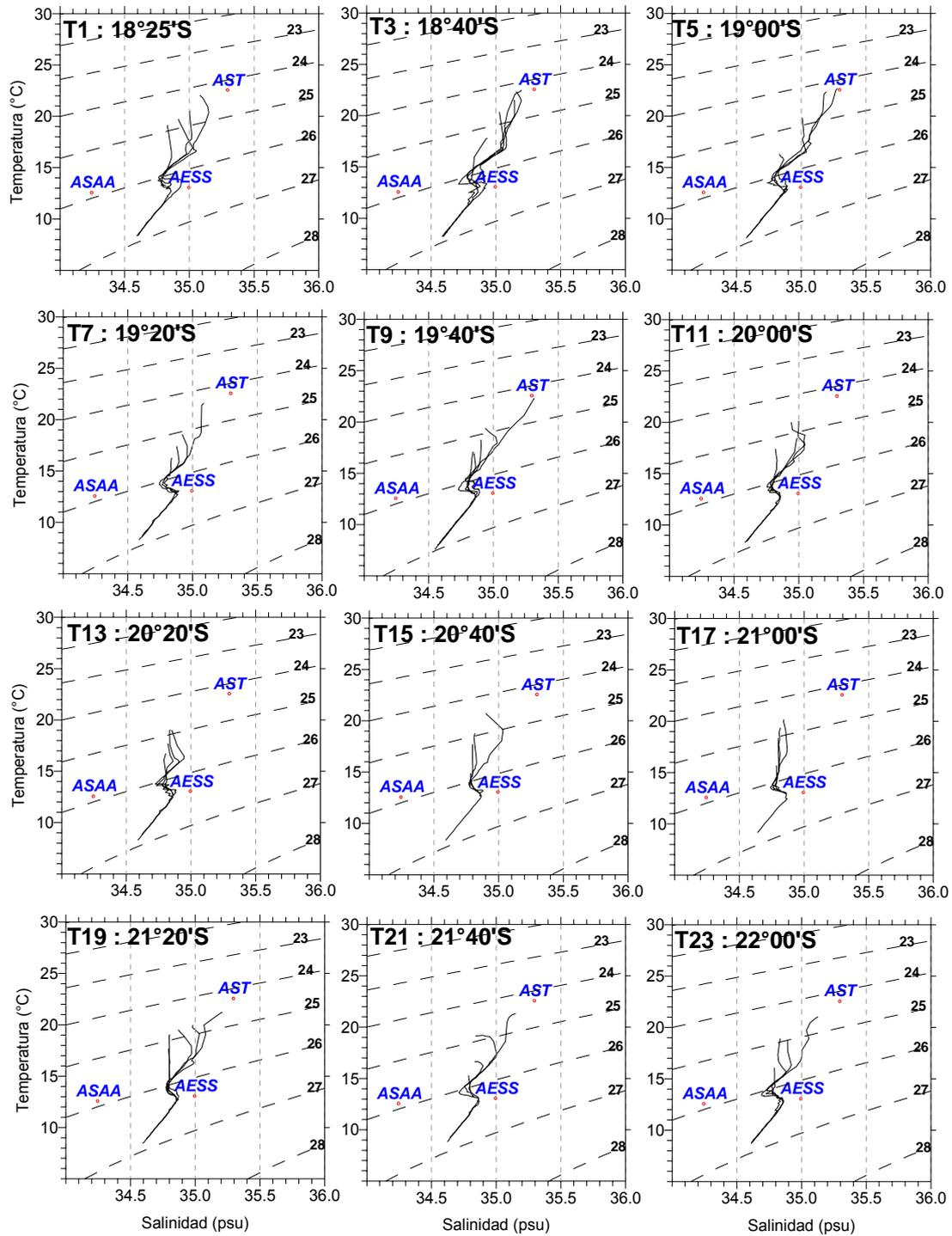
**Figura 16.** Distribución vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas oceanográficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.



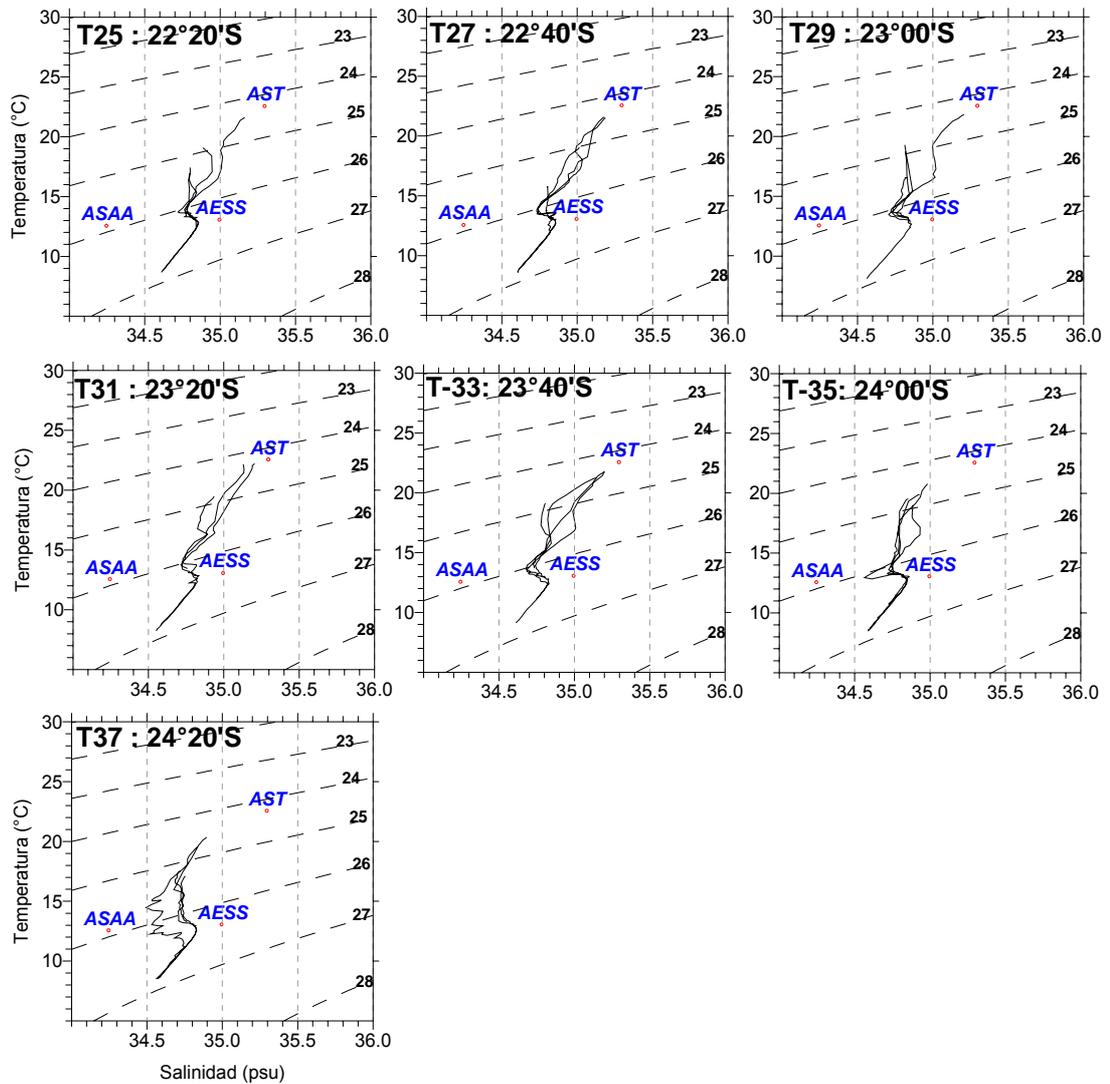
**Figura 17.** Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas oceanográficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.



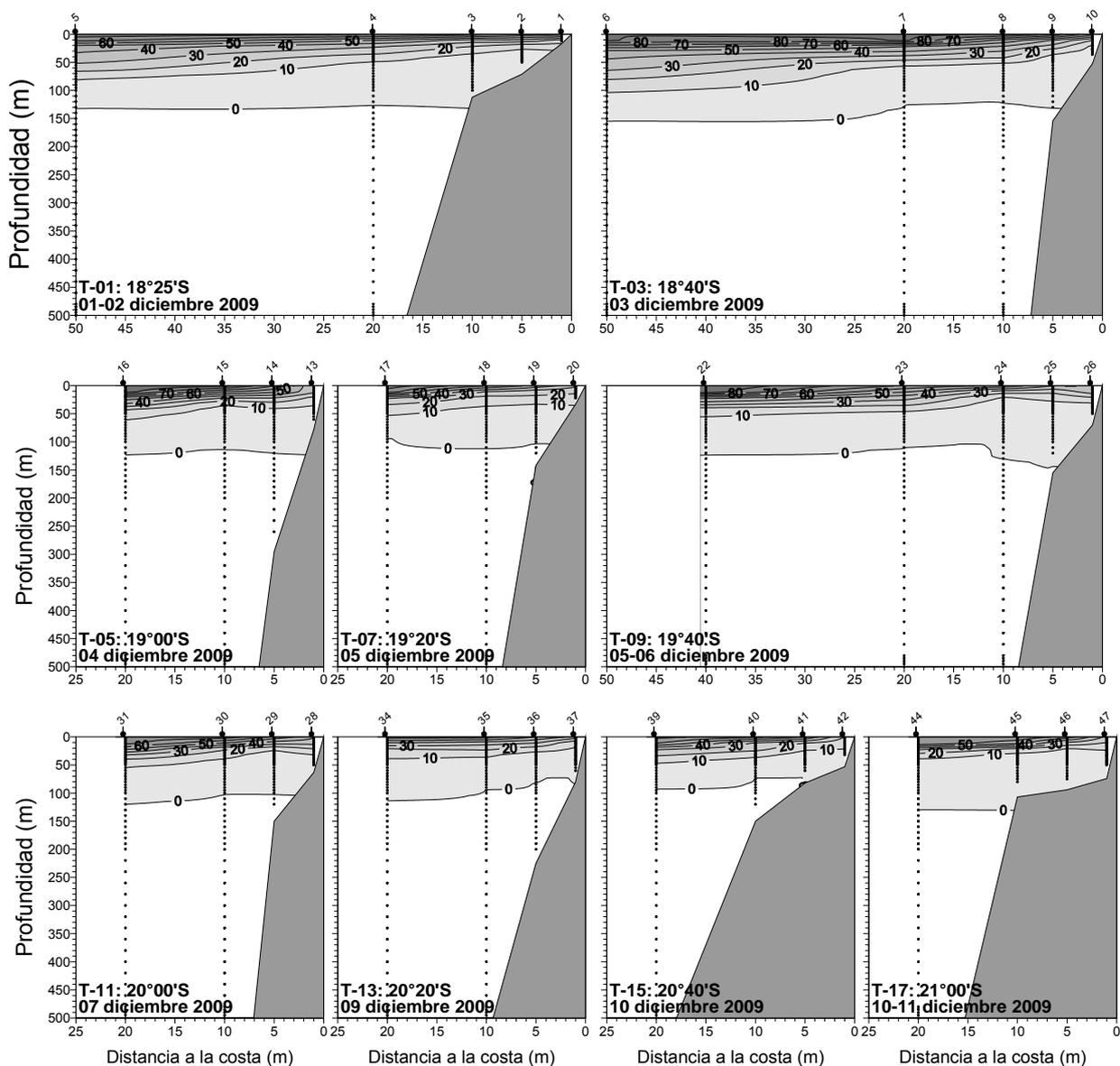
**Figura 18.** Distribuci3n vertical del contenido de ox3geno disuelto (mL/L) en las transectas oceanogr3ficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.



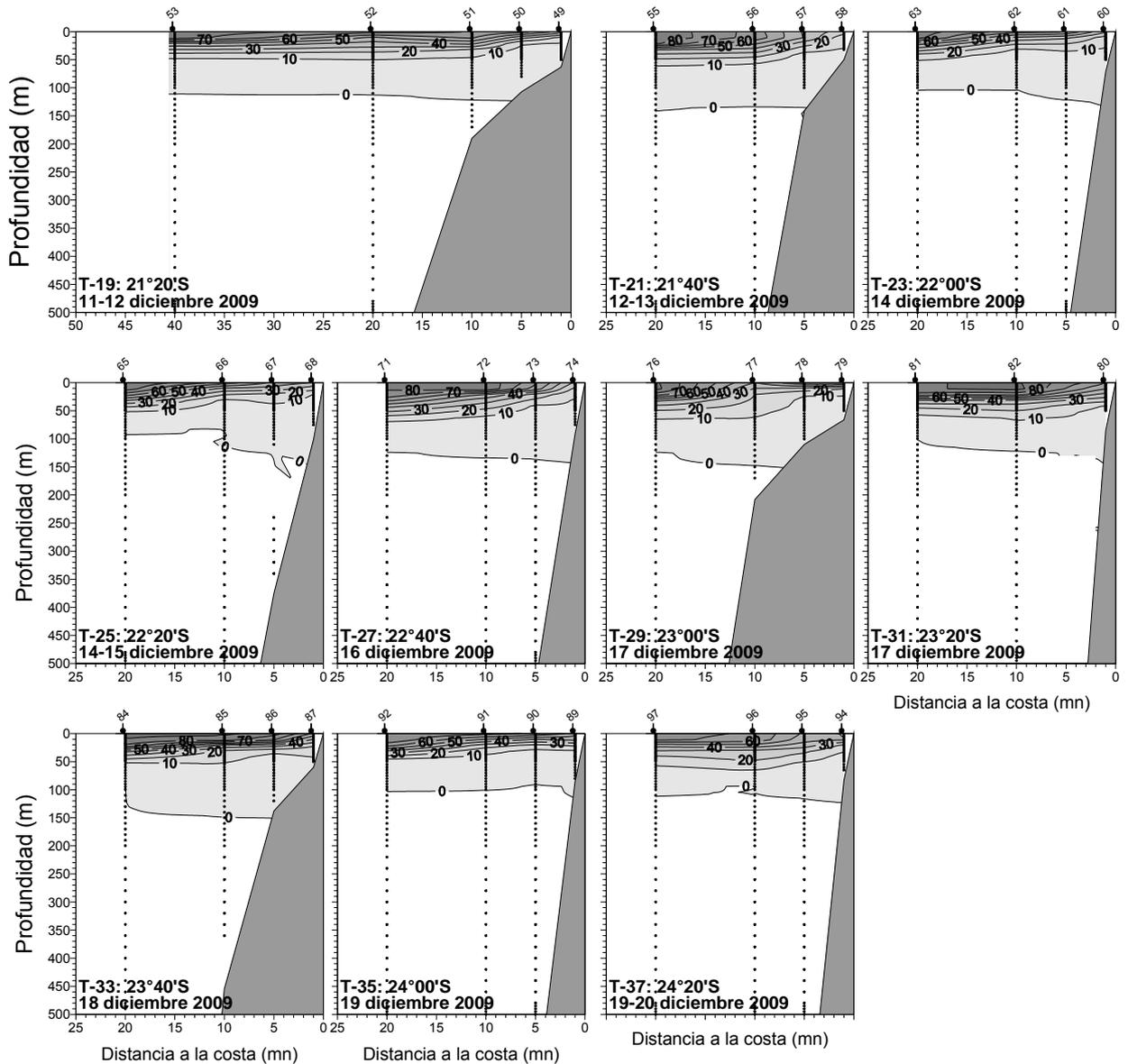
**Figura 19.** Diagramas T-S en las transectas oceanográficas 1 a 23. Crucero RECLAN152 0912.



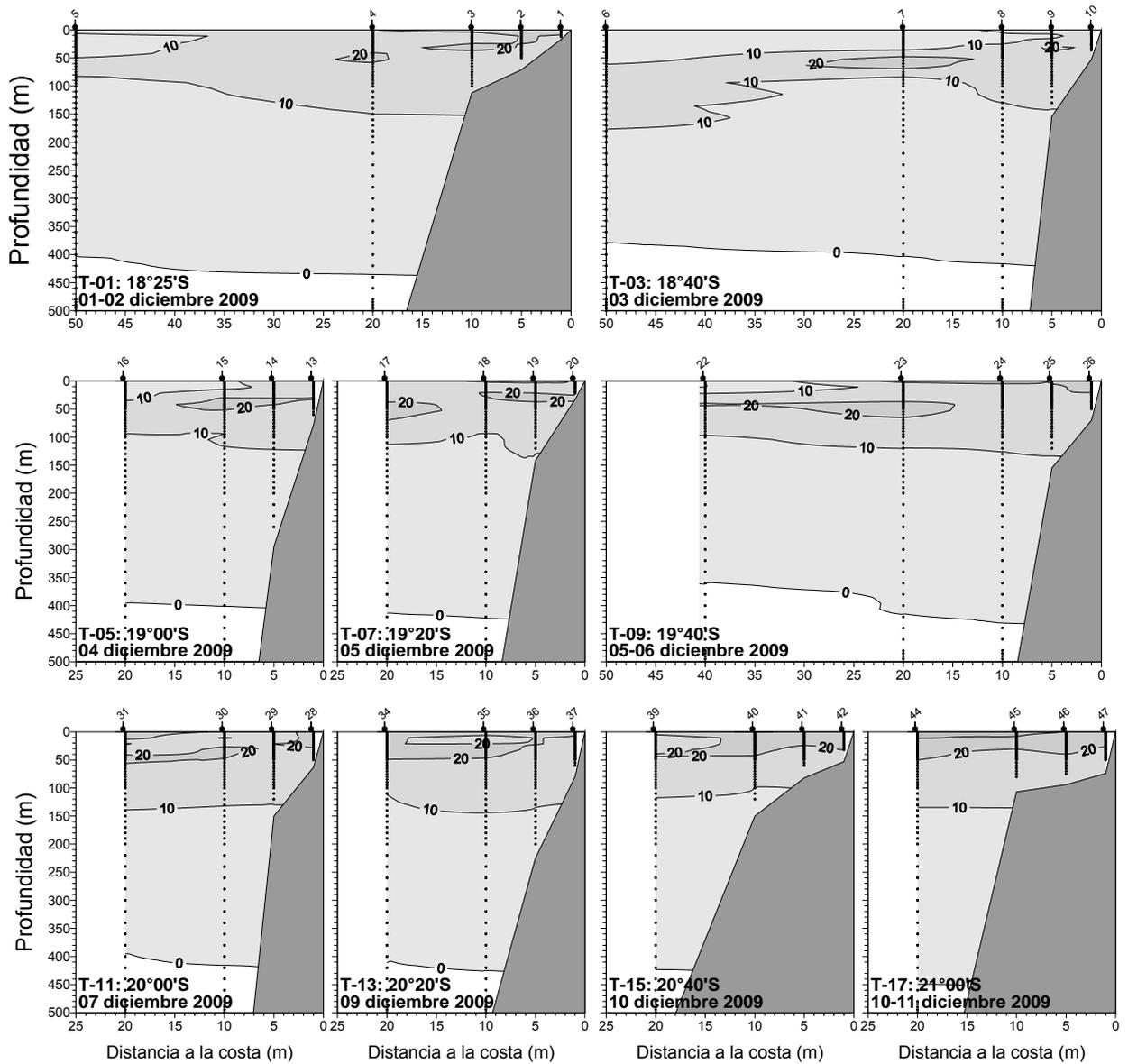
**Figura 20.** Diagramas T-S en las transectas oceanográficas 25 a 37. Crucero RECLAN152 0912.



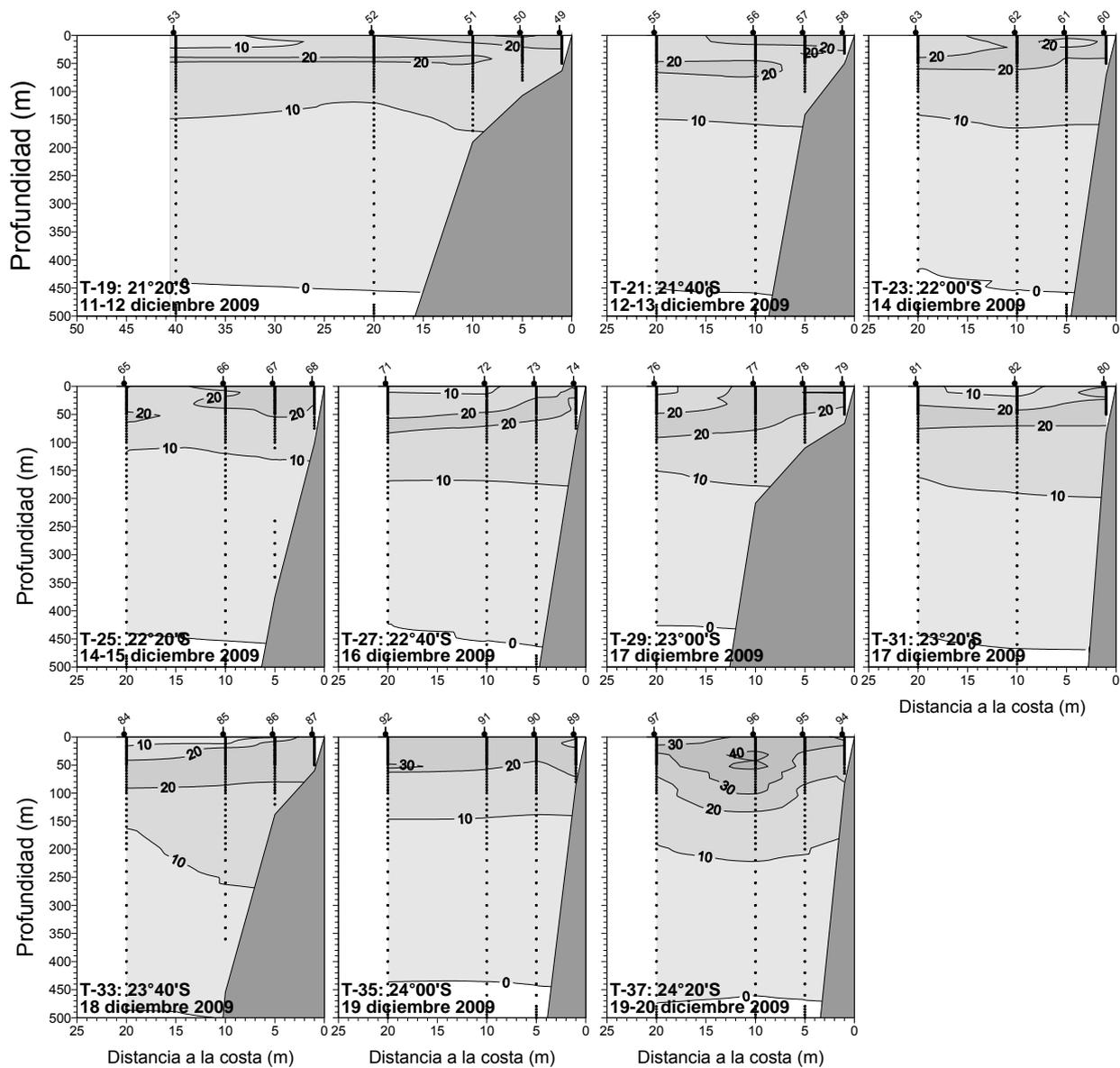
**Figura 21.** Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST) en las transectas oceanográficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.



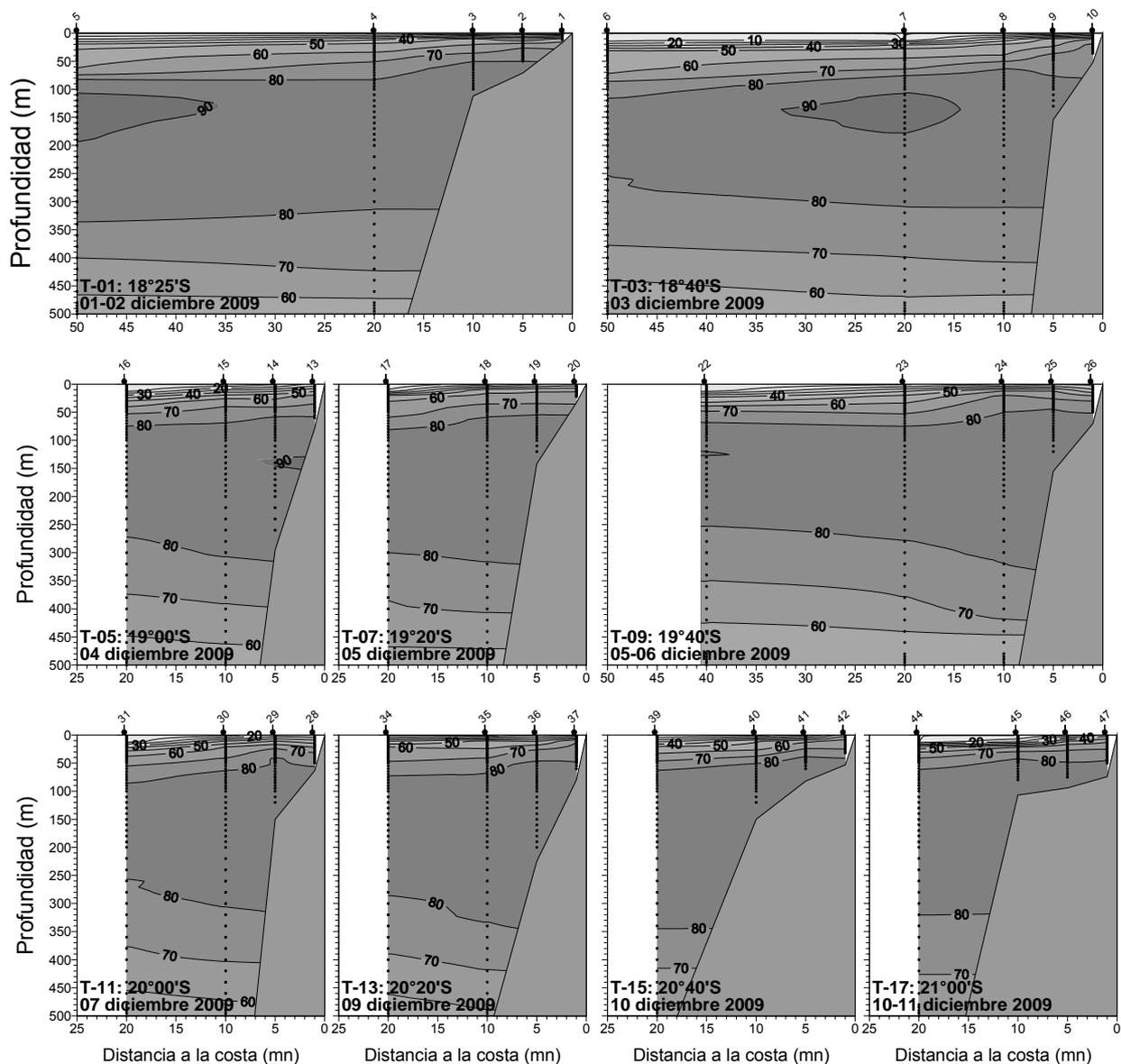
**Figura 22.** Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST) en las transectas oceanográficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.



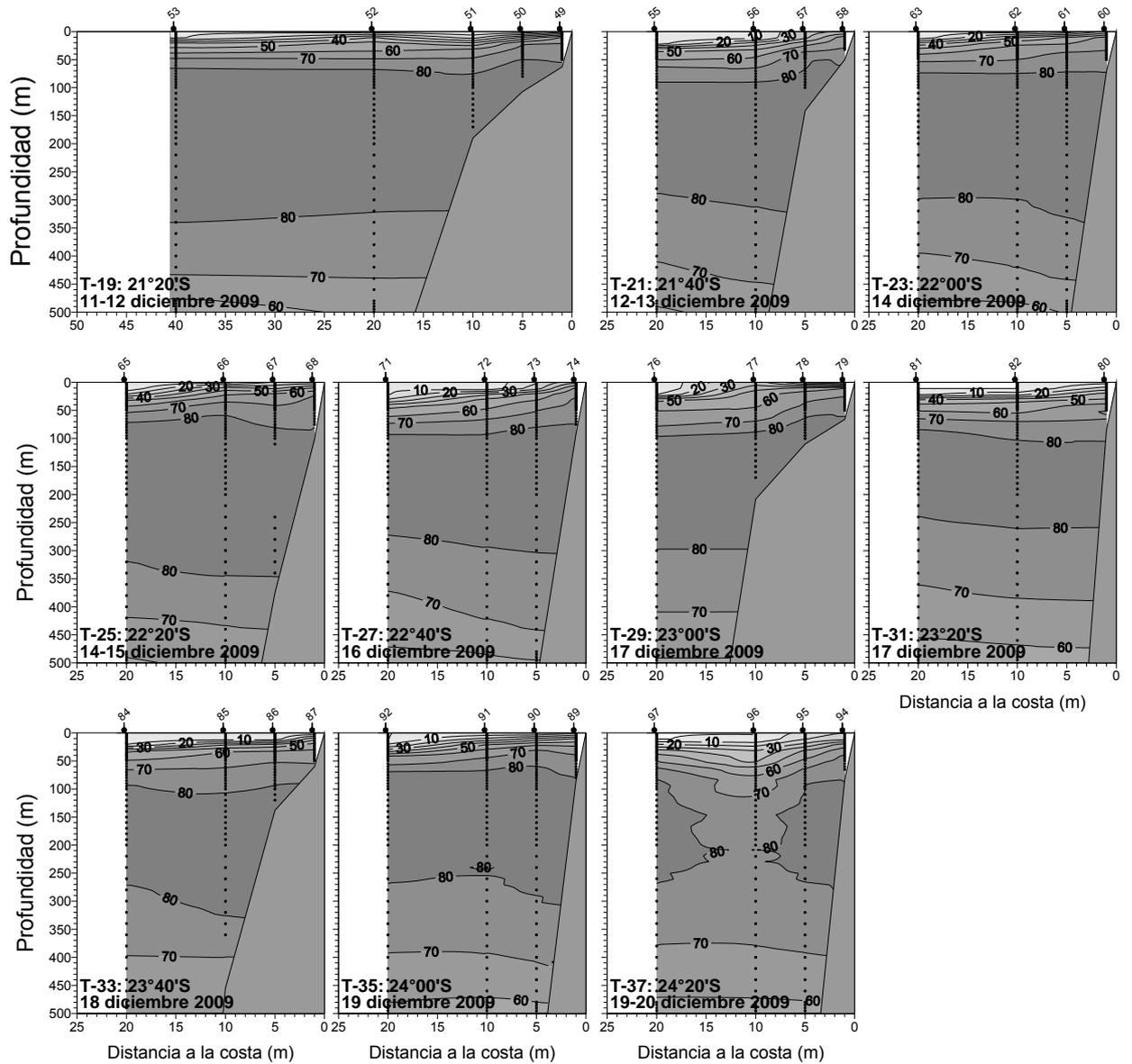
**Figura 23.** Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subantártica (ASAA) en las transectas oceanográficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.



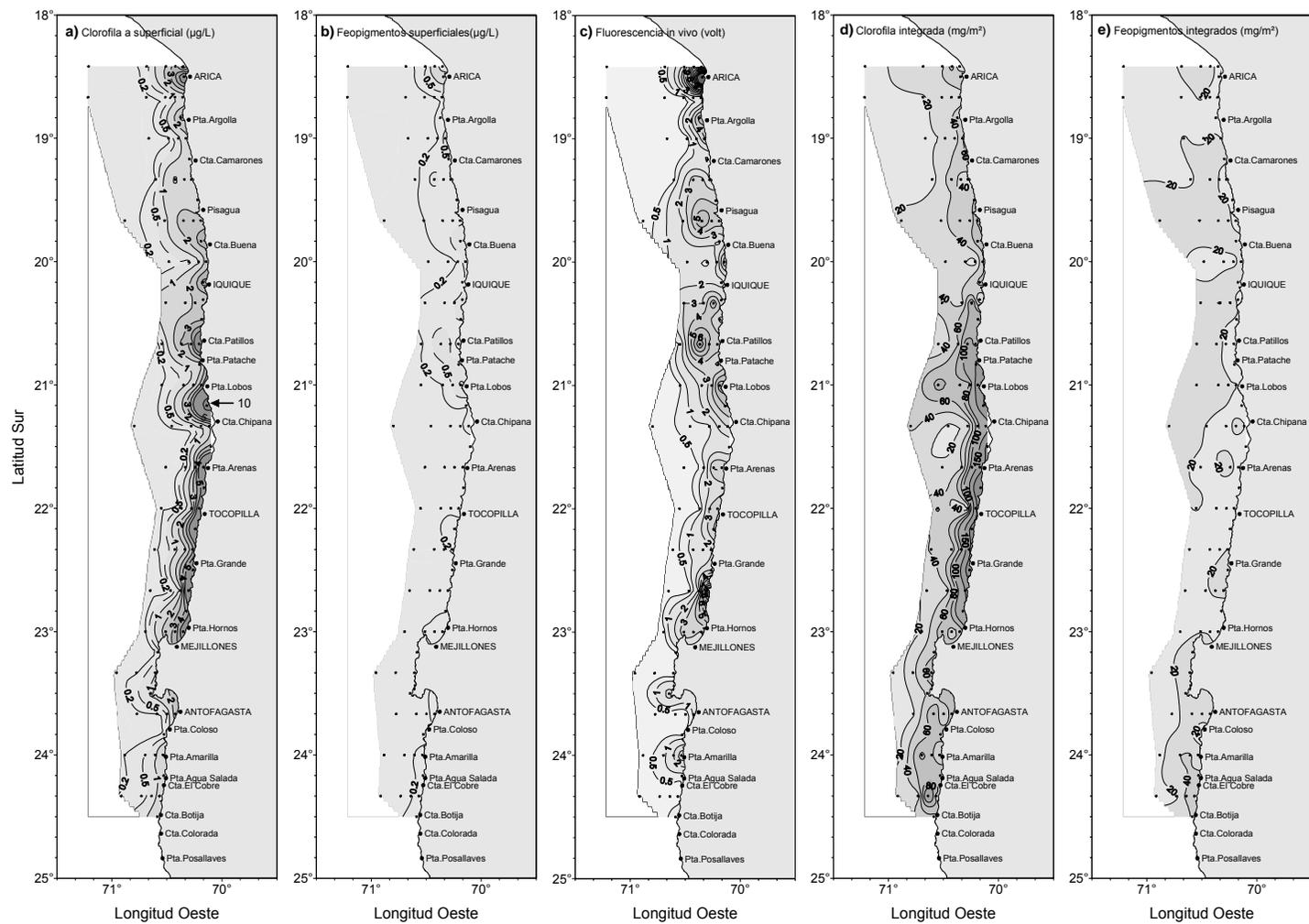
**Figura 24.** Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subantártica (ASAA) en las transectas oceanográficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.



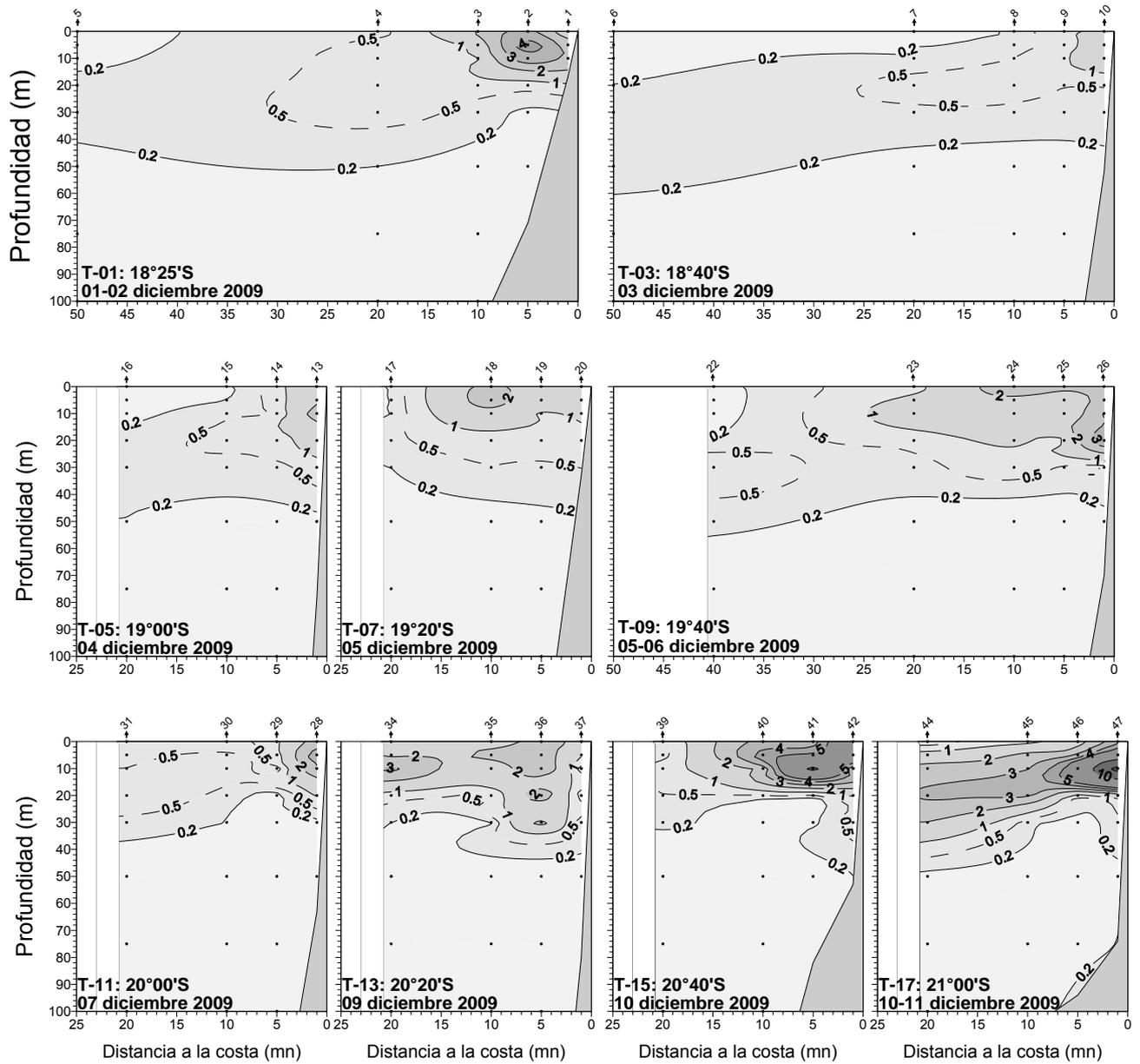
**Figura 25.** Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas oceanográficas 1 a 17. Crucero RECLAN152 0912.



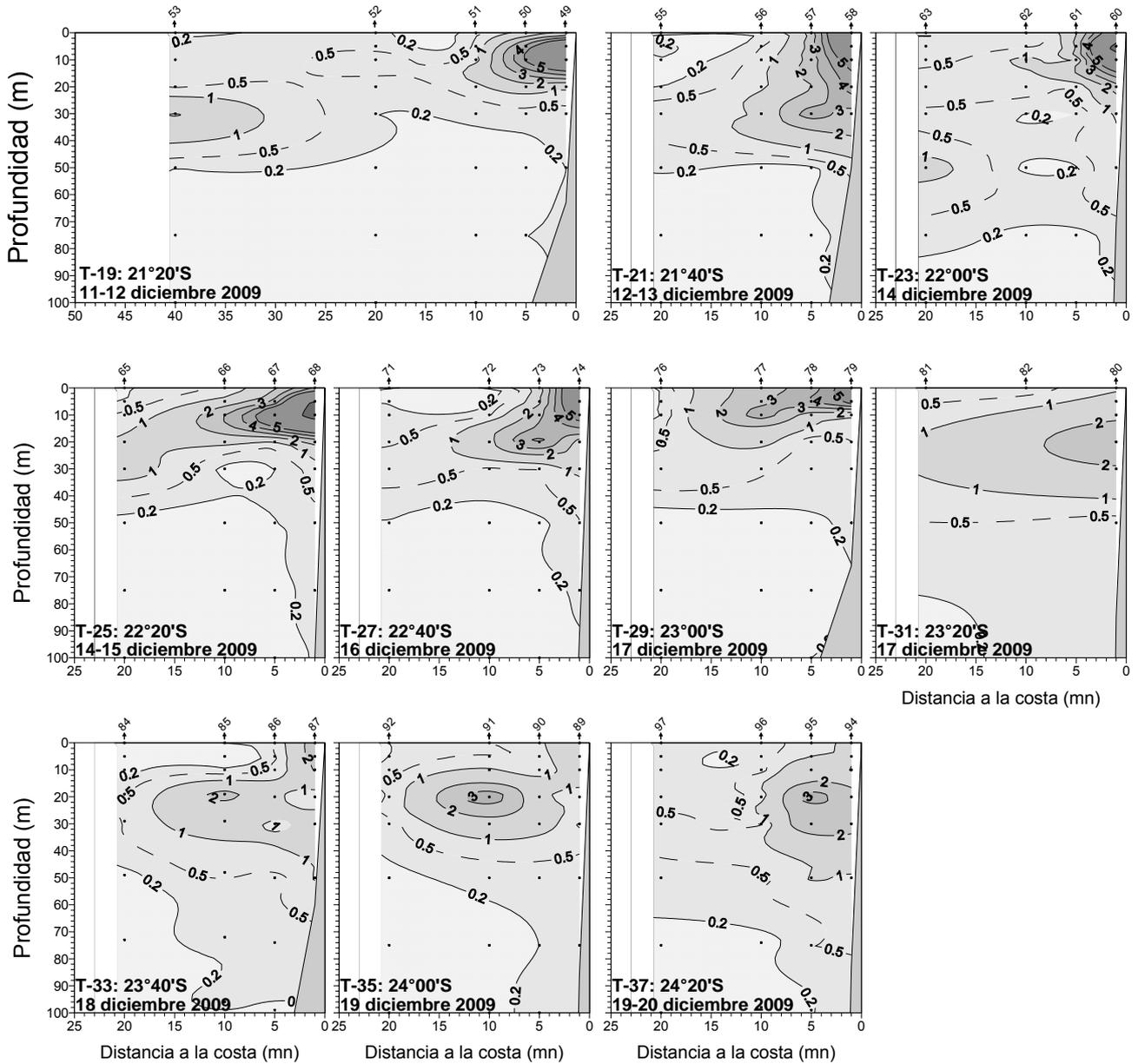
**Figura 26.** Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas oceanogr3ficas 19 a 37. Crucero RECLAN152 0912.



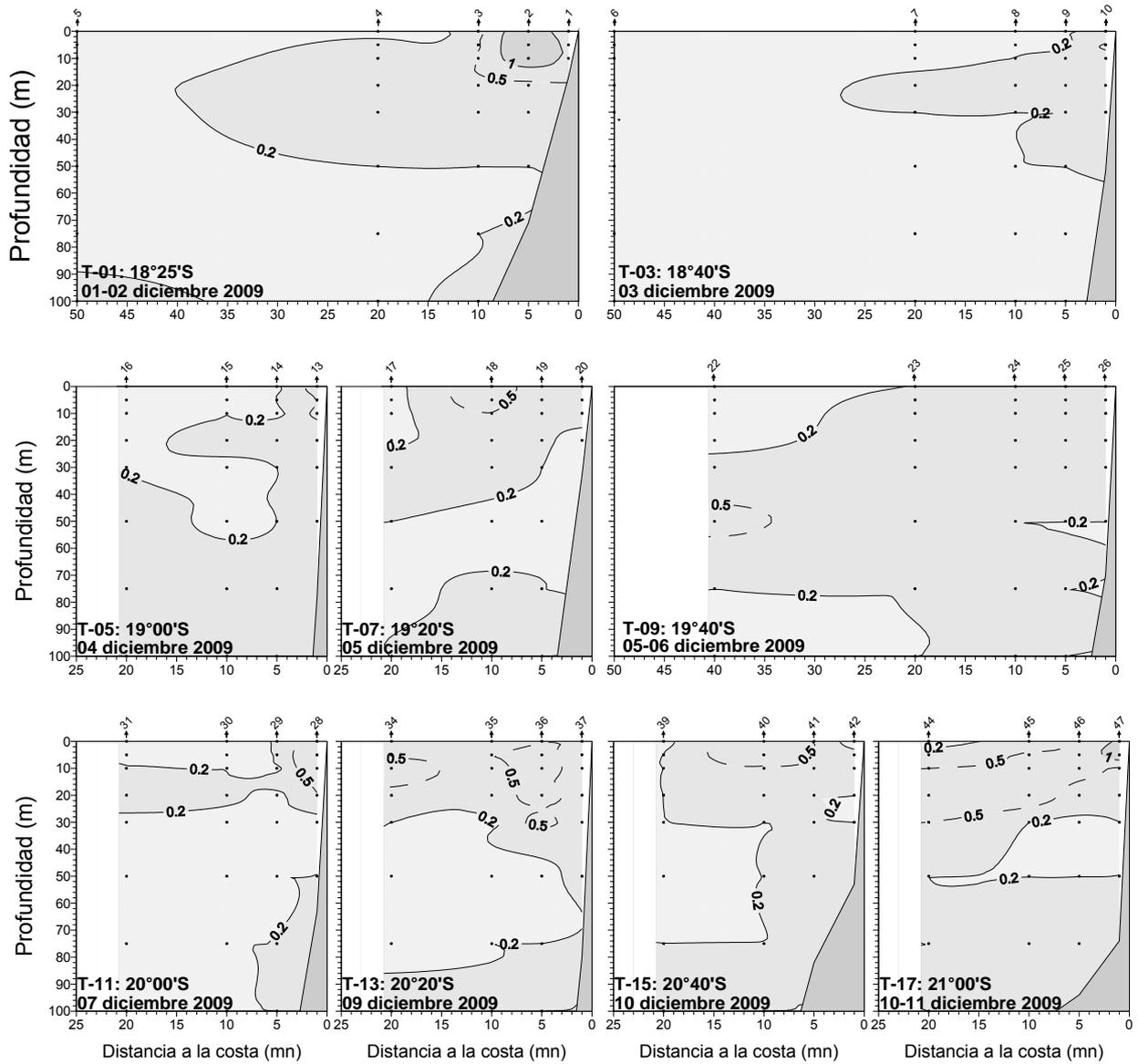
**Figura 27.** Distribuci3n de a) clorofila-a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ), b) feopigmento superficial ( $\mu\text{g/L}$ ), c) fluorescencia *in vivo* (volt), d) clorofila integrada ( $\text{mg/m}^2$ ), y e) feopigmentos integrados ( $\text{mg/m}^2$ ). Crucero RECLAN152 0912.



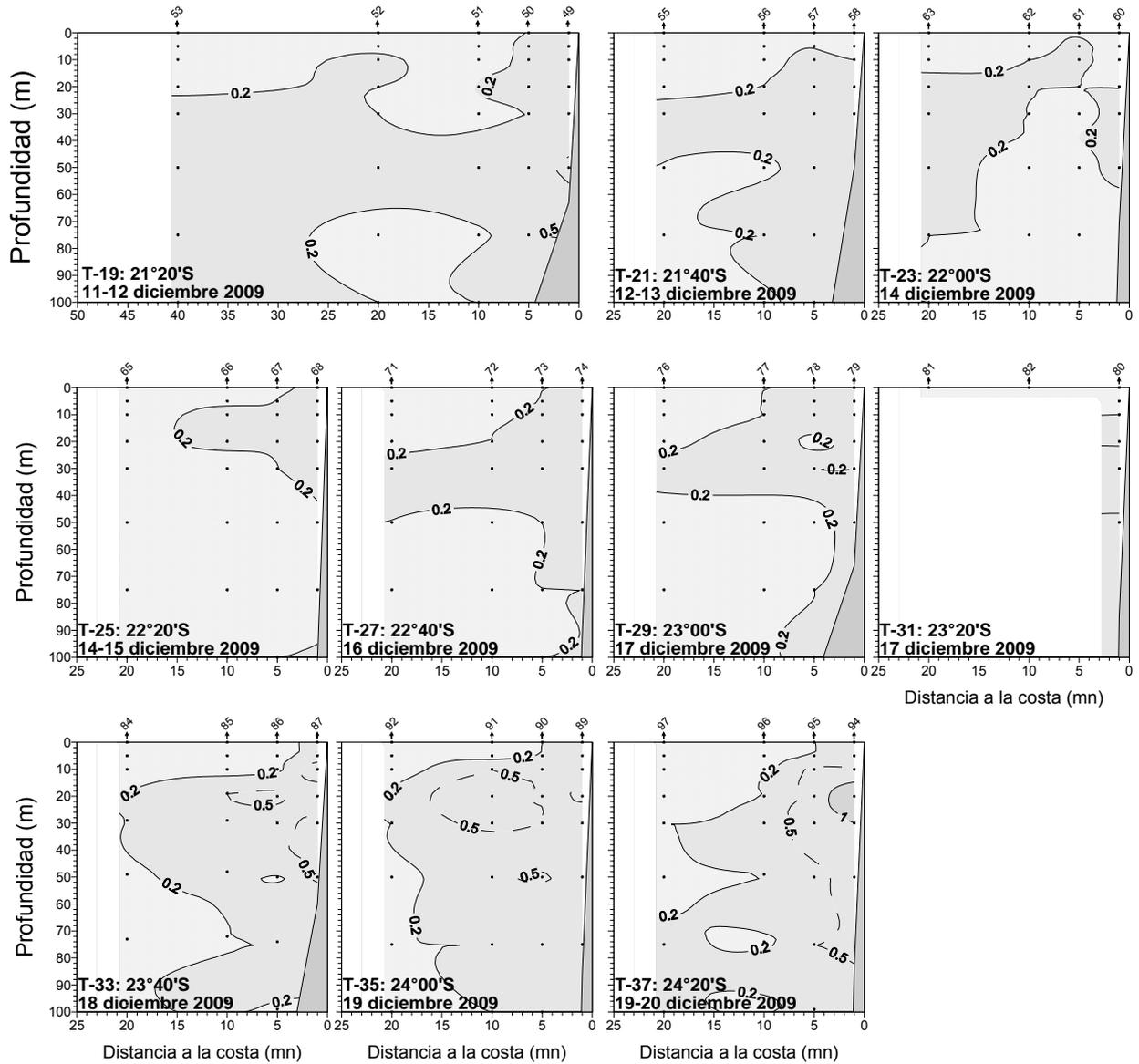
**Figura 28.** Distribución vertical de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas oceanográficas 1 A 17. Crucero RECLAN152 0912.



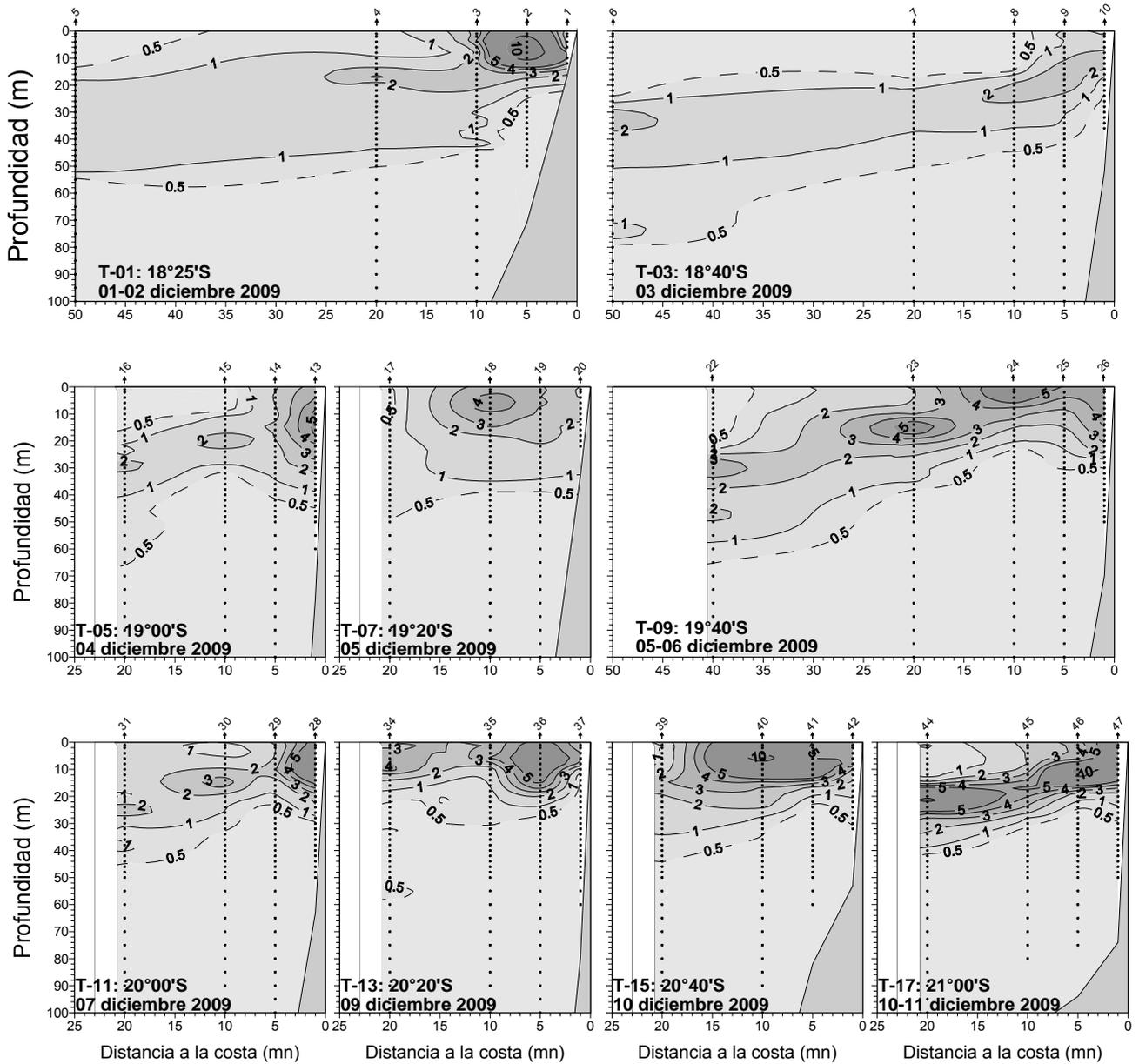
**Figura 29.** Distribuci3n vertical de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en todas transectas oceanogr3ficas 19 A 37. Crucero RECLAN152 0912.



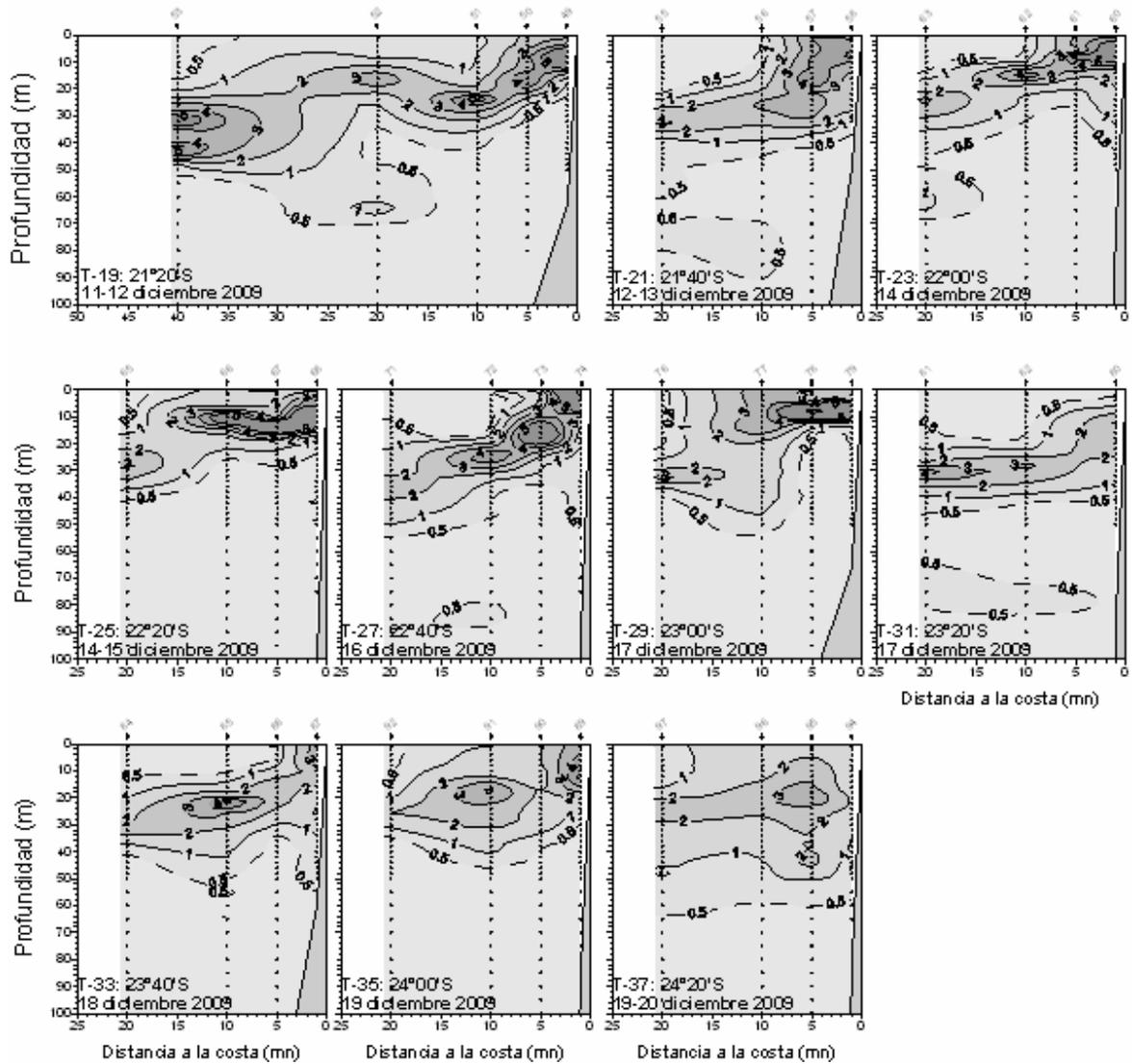
**Figura 30.** Distribuci3n vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas oceanogr3ficas 1 A 17. Crucero RECLAN152 0912.



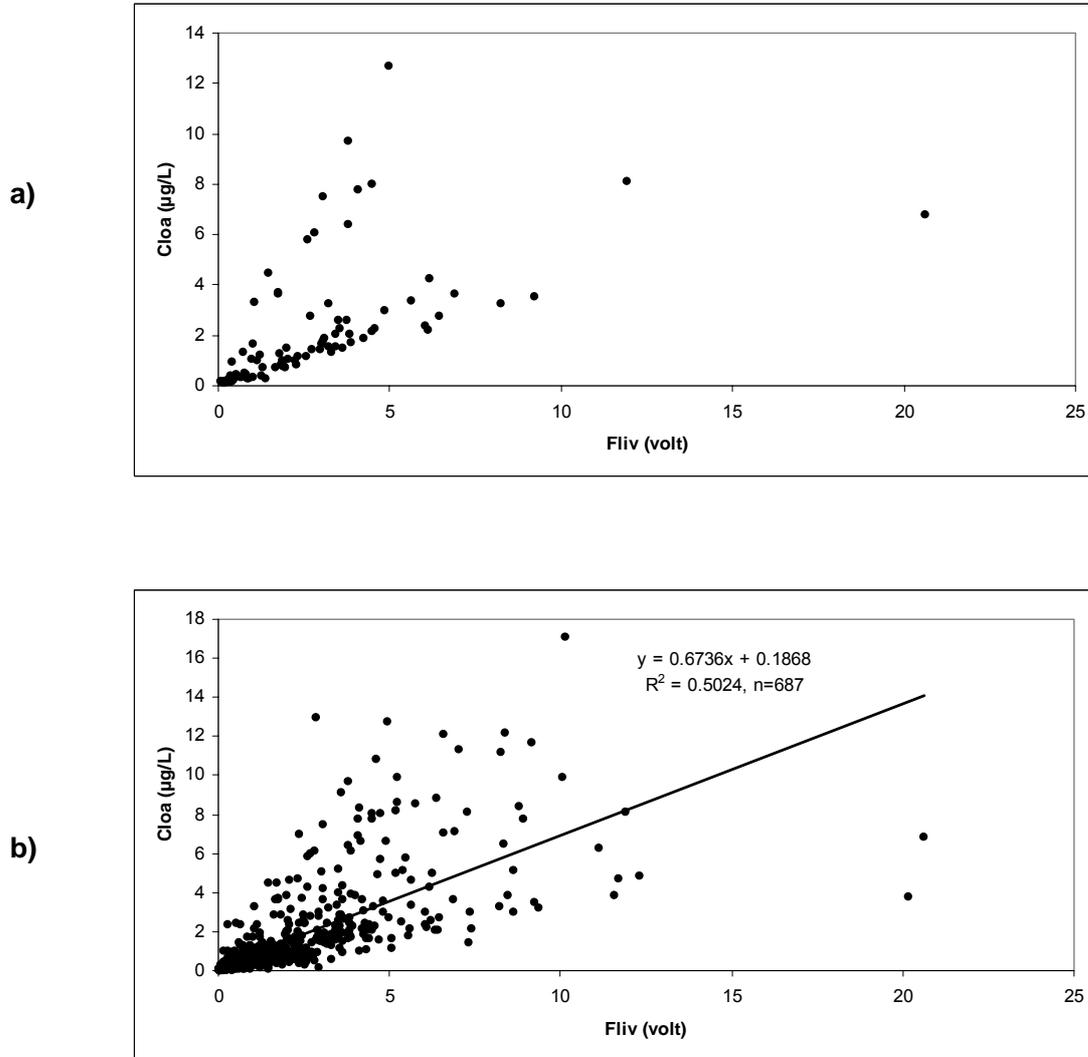
**Figura 31.** Distribuci3n vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas oceanogr3ficas 19 A 37. Crucero RECLAN152 0912.



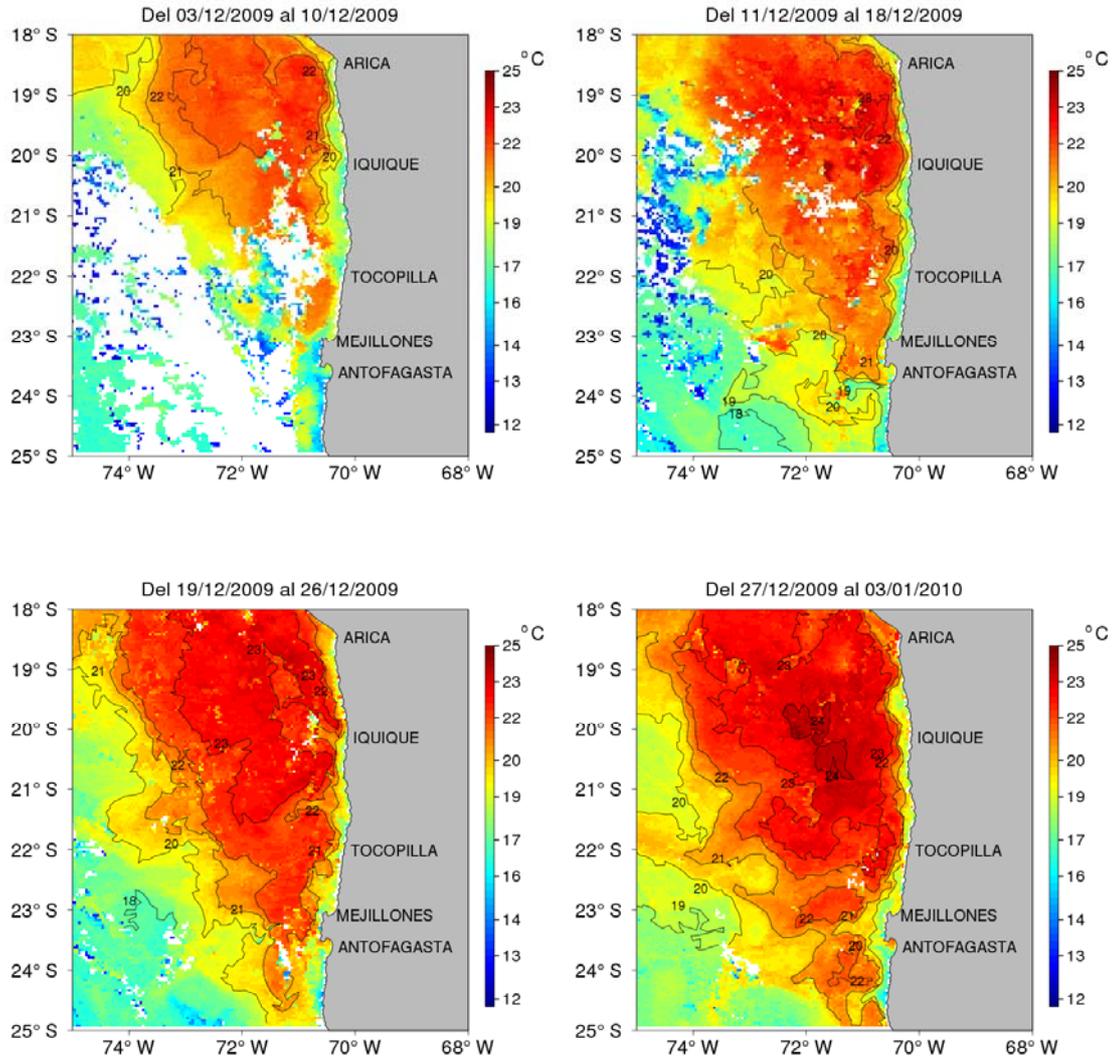
**Figura 32.** Distribuci3n vertical de fluorescencia *in vivo* (volt) en las transectas oceanogr1ficas 1 A 17. Crucero RECLAN152 0912.



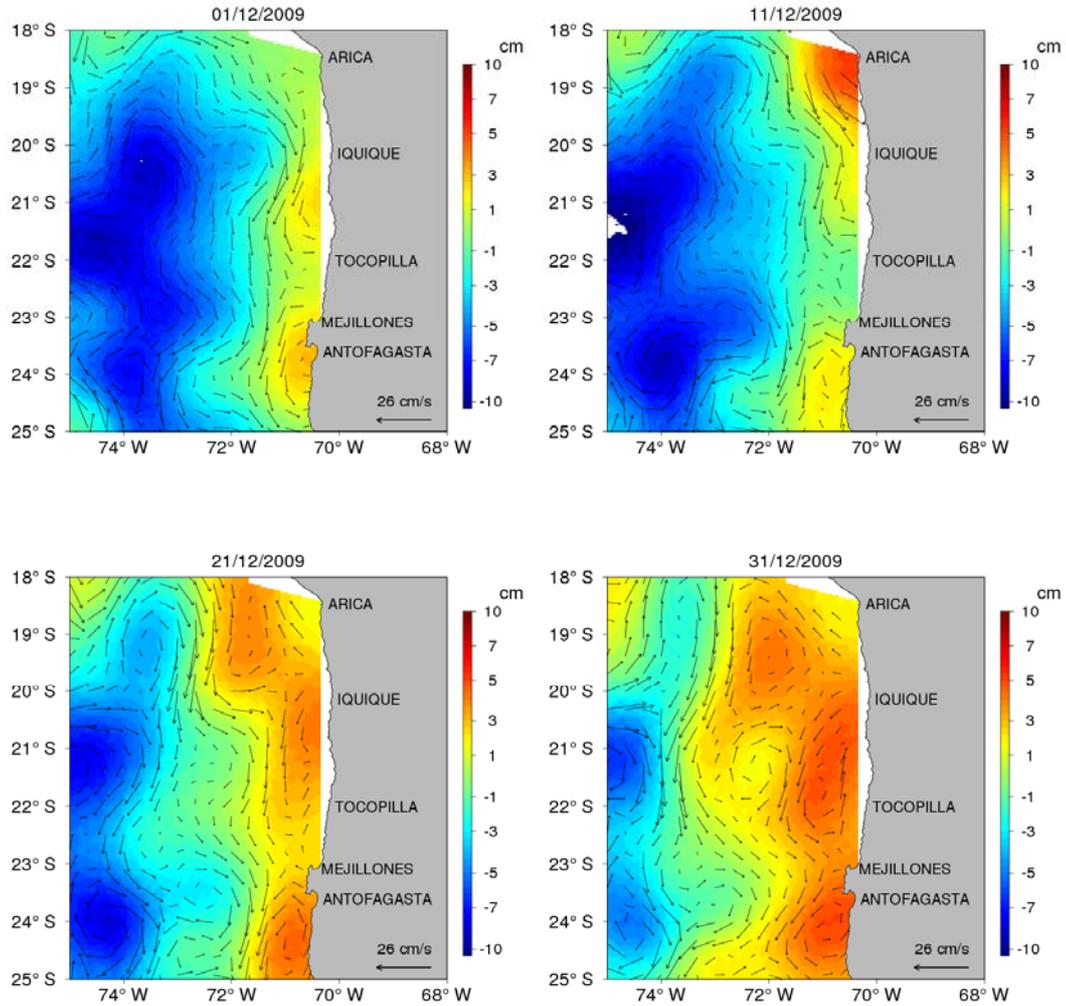
**Figura 33.** Distribuci3n vertical de fluorescencia *in vivo* (volt) en las transectas oceanogr3ficas 19 A 37. Crucero RECLAN152 0912.



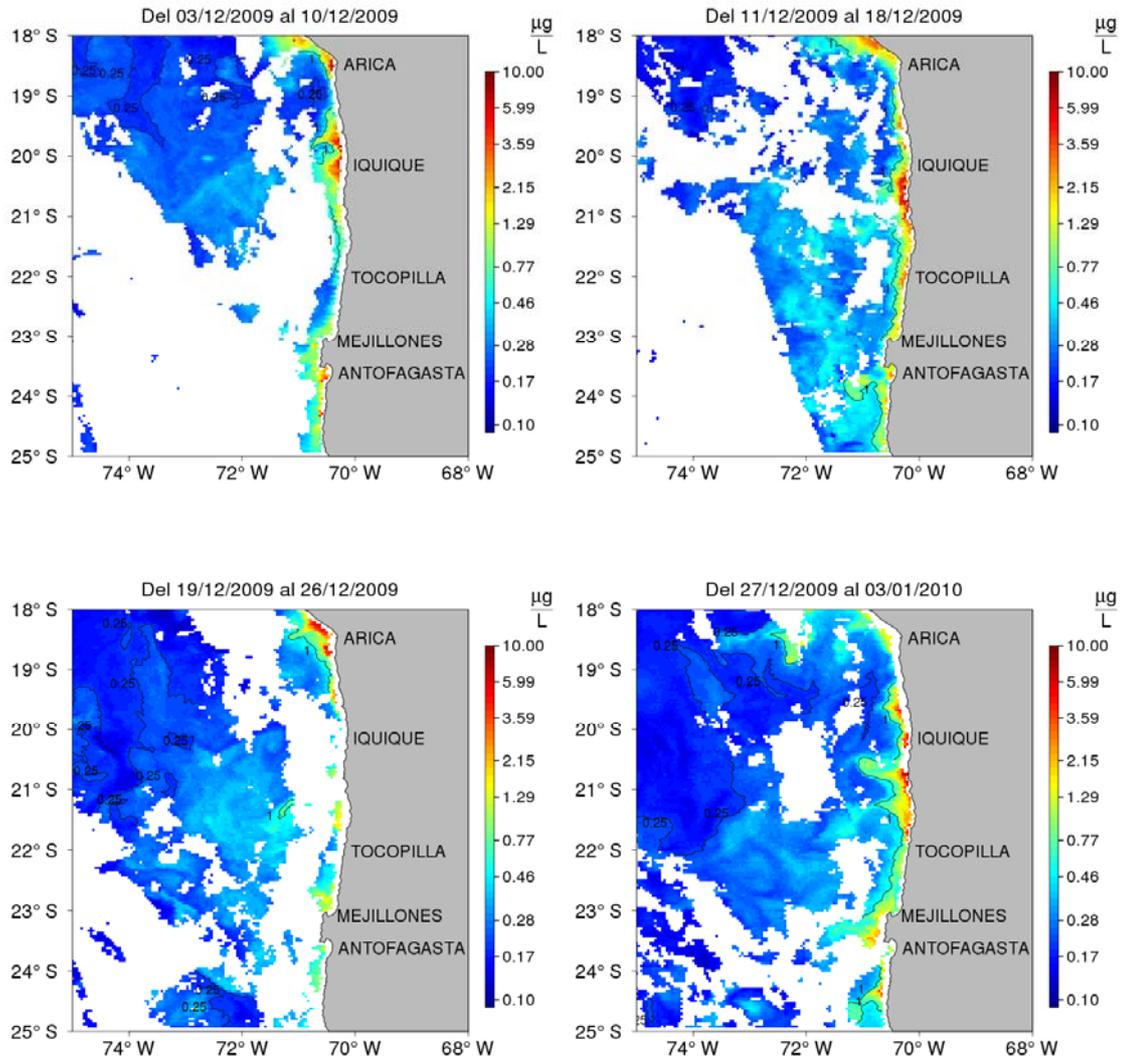
**Figura 34.** Asociaci3n entre clorofila-a y fluorescencia *in vivo* (volt) a) datos superficiales, b) todos los datos disponibles. Crucero RECLAN152 0912.



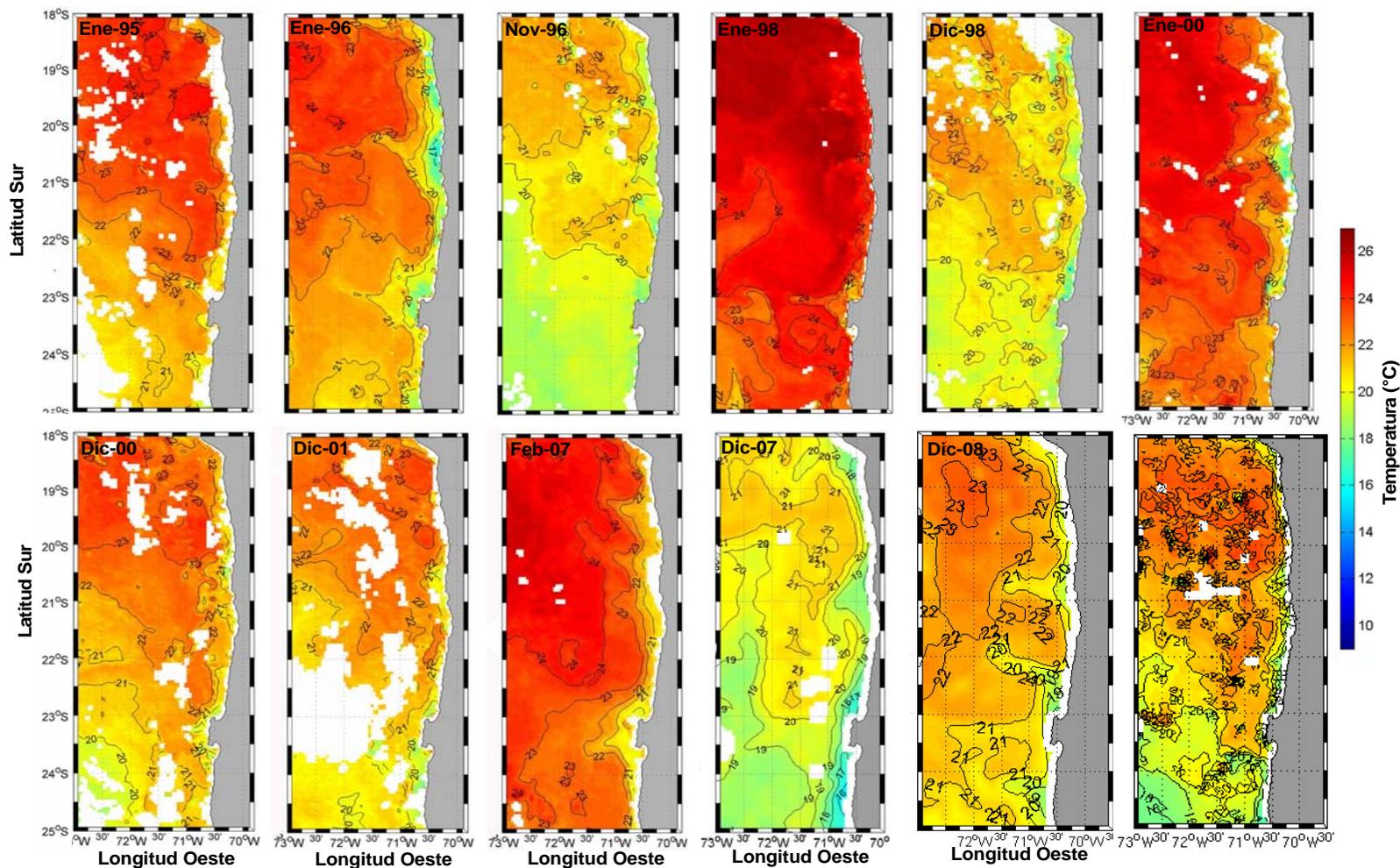
**Figura 35.** Promedios semanales de TSM satelital de la zona norte de Chile entre los días 3 y 10, 11 y 18, 19 y 26, y 27 de diciembre del 2009 al 3 de enero del 2010 (Fuente: MODIS-A).



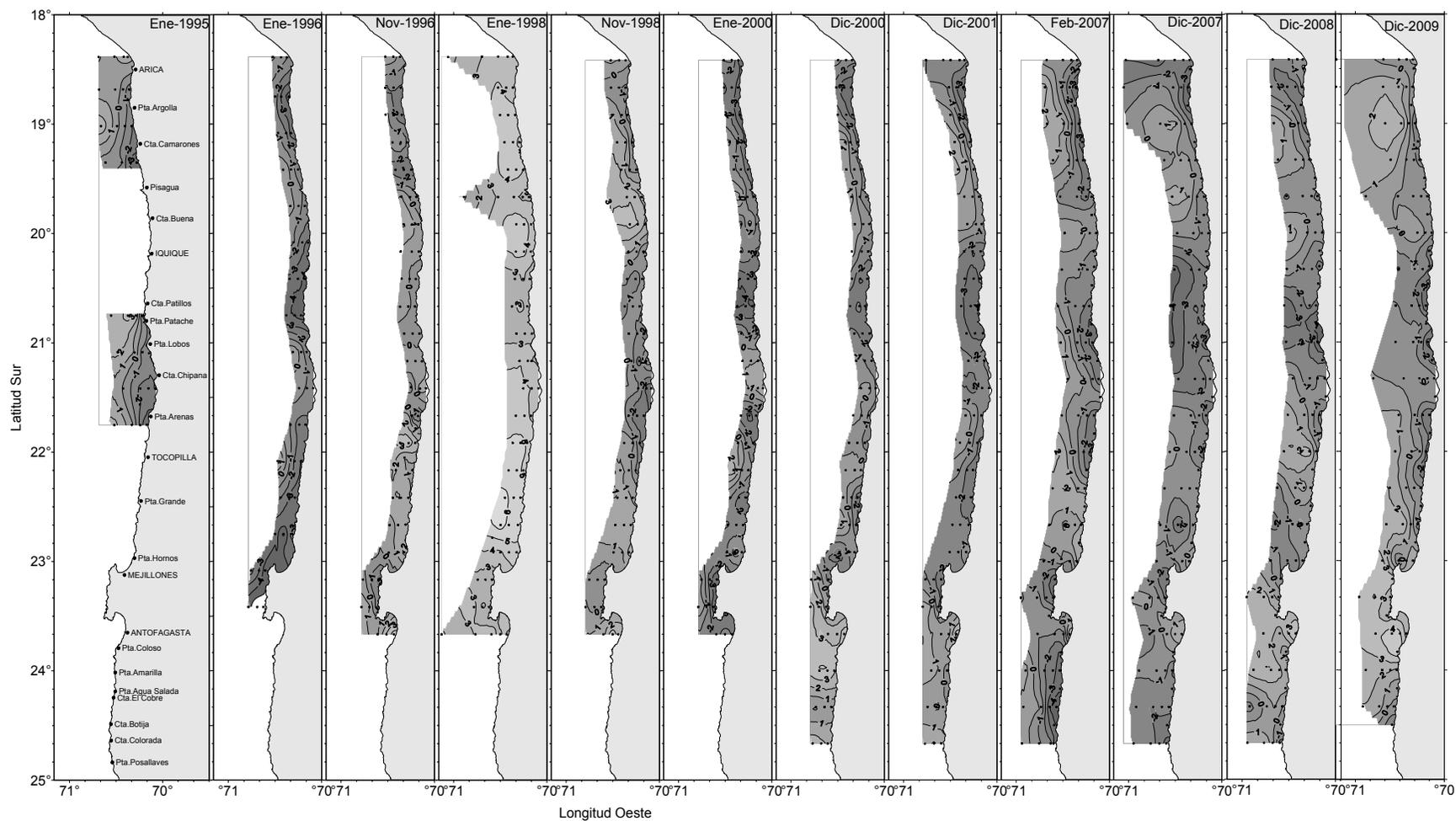
**Figura 36.** Imágenes diarias de anomalía del nivel del mar y velocidades geostróficas (satelital) representativas del período del crucero en los días 1, 11, 21 y 31 de diciembre del 2009 (Fuente: Aviso).



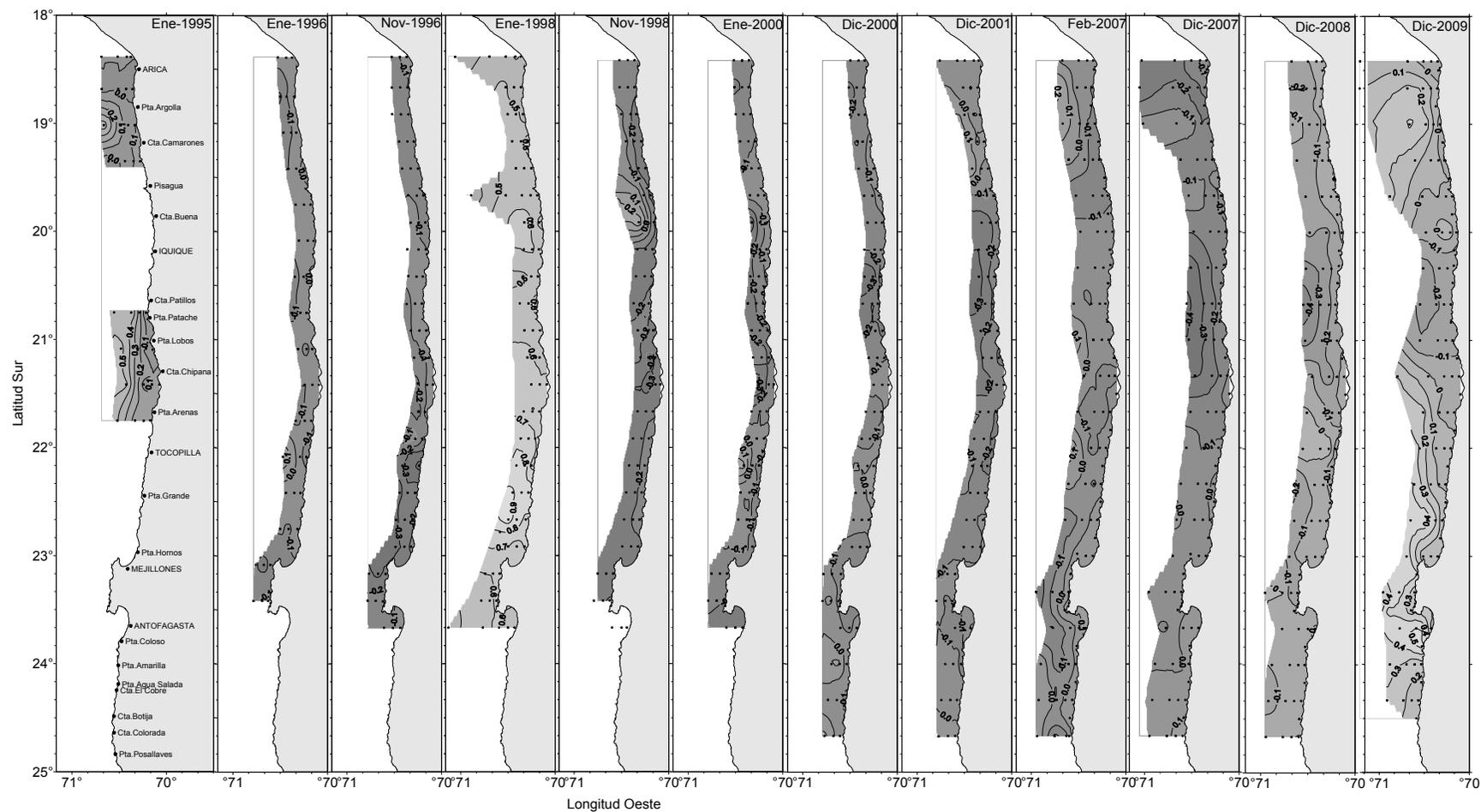
**Figura 37.** Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) de imágenes de satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales calculados entre los días 3 al 10, del 11 al 18, del 19 al 26 y del 27 de diciembre del 2009 al 3 de enero del 2010. La línea negra gruesa marca la isolínea de  $1 \mu\text{g/L}$  y la línea negra delgada marca la isolínea de  $0,25 \mu\text{g/L}$ .



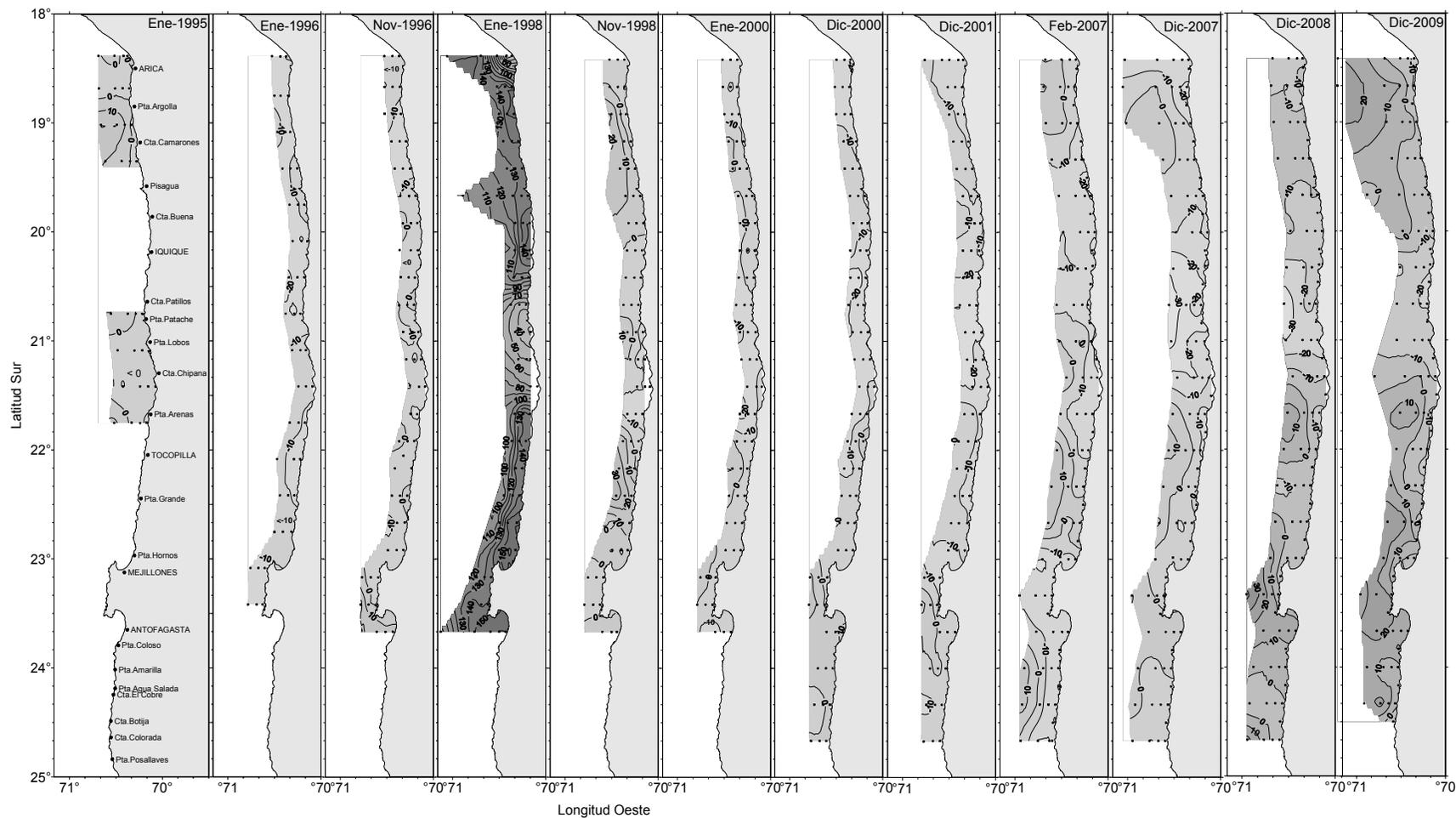
**Figura 38.** Imágenes de TSM satelital promedio de una semana del mes en que se realizaron cruceros RECLAN en la I y II Región. Las fechas de la semana promedio se indican en la Tabla 2 y la fecha de los cruceros en la Tabla 3.



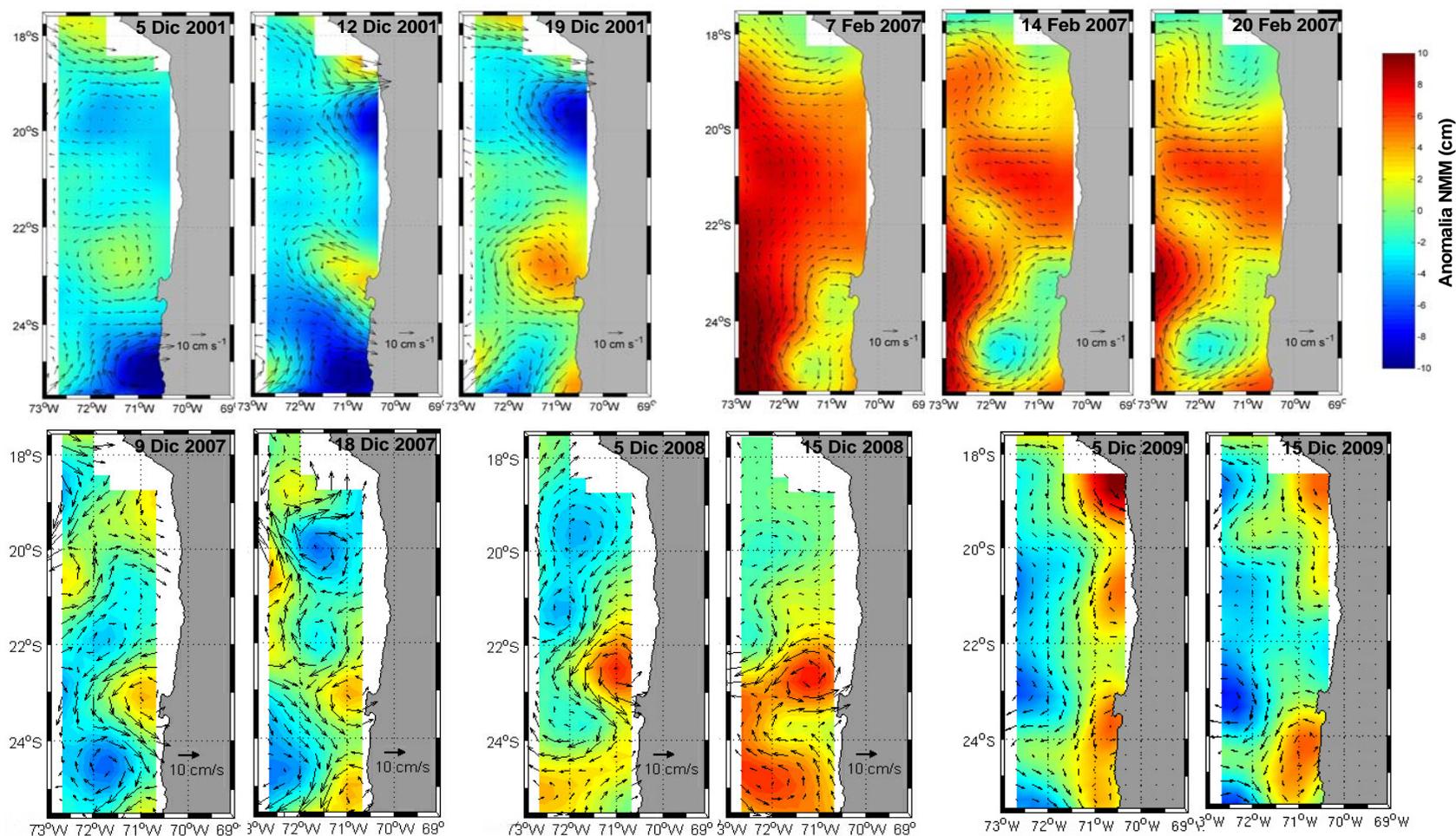
**Figura 39.** Distribuci3n superficial de anomalía de temperatura de los cruceros RECLAN en la I y II Regi3n. La fecha de los cruceros se indica en la Tabla 3.



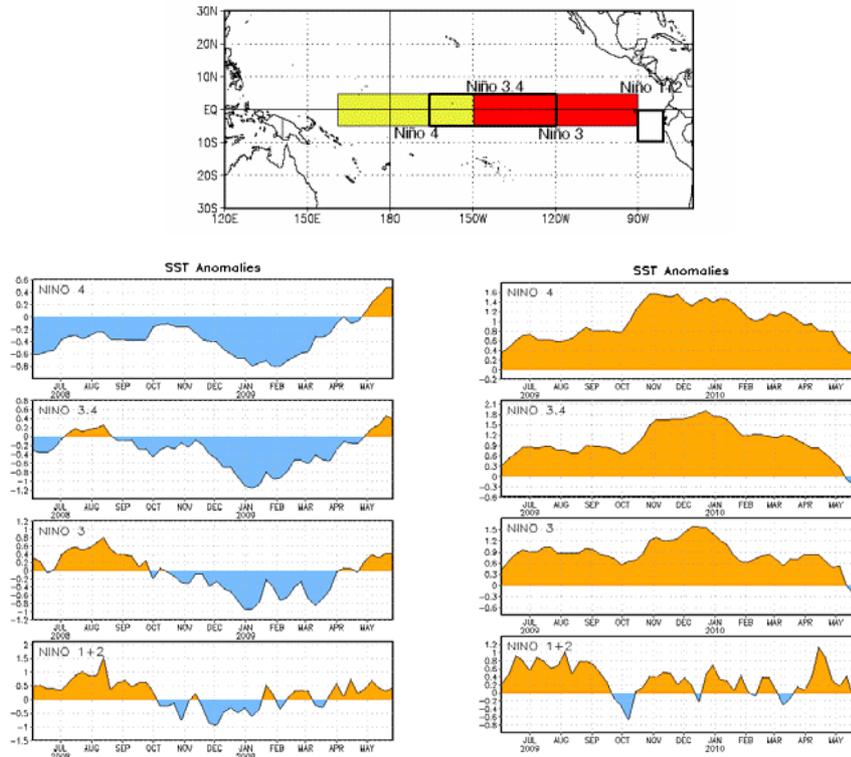
**Figura 40.** Distribuci3n superficial de anomalía de salinidad de los cruceros RECLAN en la I y II Regi3n. La fecha de los cruceros se indica en la Tabla 3.



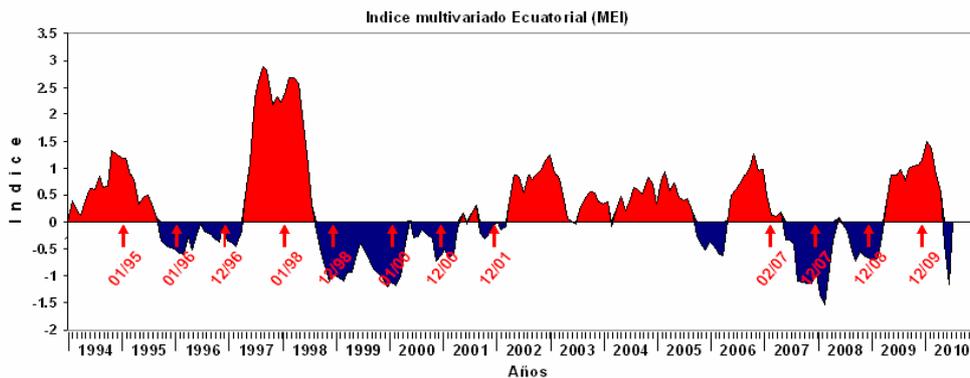
**Figura 41.** Distribución superficial de anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C de los cruceros RECLAN en la I y II Región. La fecha de los cruceros se indica en la Tabla 3.



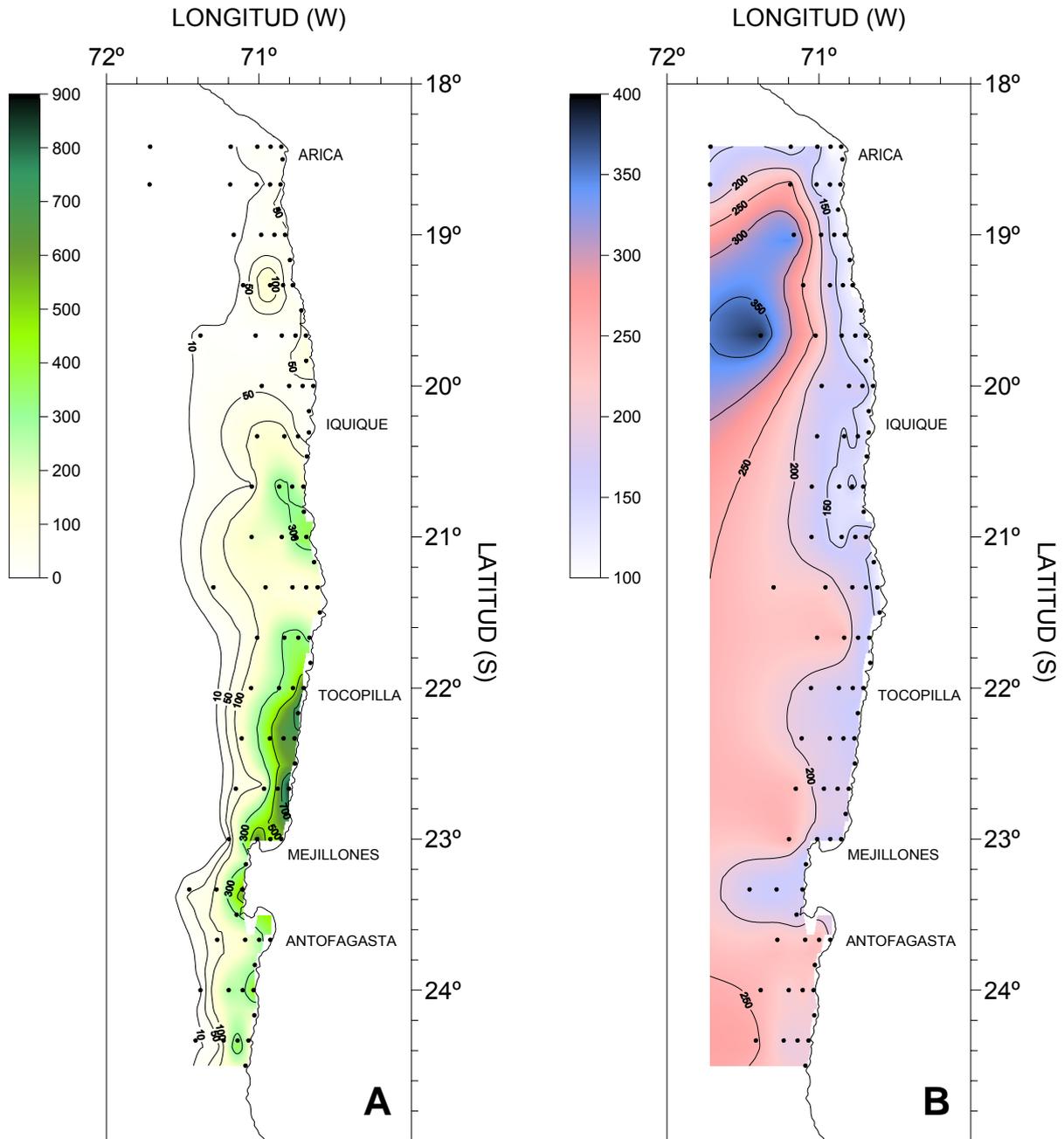
**Figura 42.** Imágenes de circulación geostrófica superficial y altura del mar medidas con satélite para 3 días del mes de diciembre de 2001 y febrero de 2007 y de 2 días de febrero de 2007 y 2009.



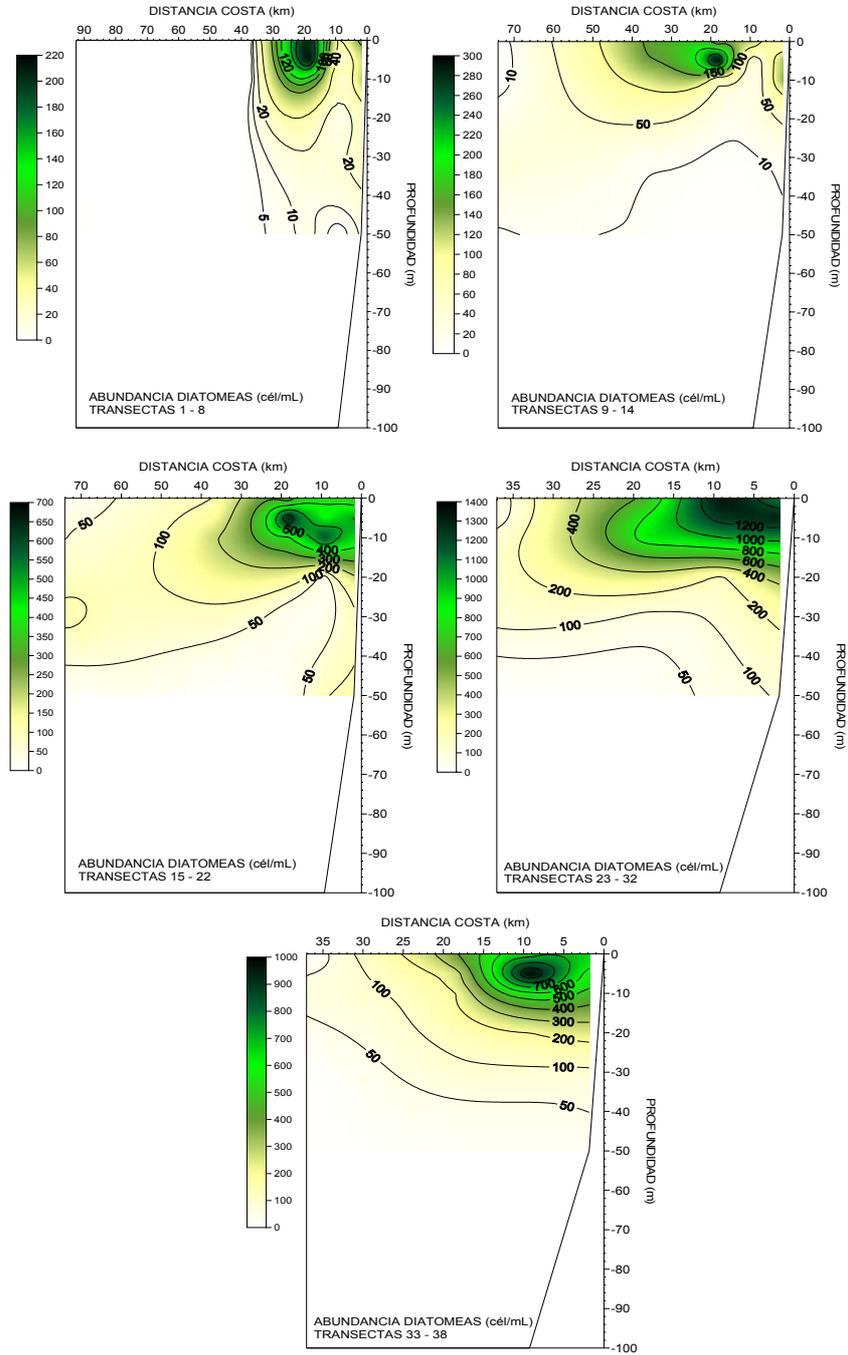
**Figura 43.** Mapa indicando las diferentes regiones de El Niño en el Océano Pacífico y serie de tiempo de anomalía de la Temperatura Superficial del mar (°C) de cada una de ellas en los periodos junio 2008 a mayo 2009 y de junio 2009 a mayo 2010 (note que las escalas para los gráficos son distintas). Las anomalías están computadas respecto al periodo 1971-2000. Fuente: CPC/NCEP)



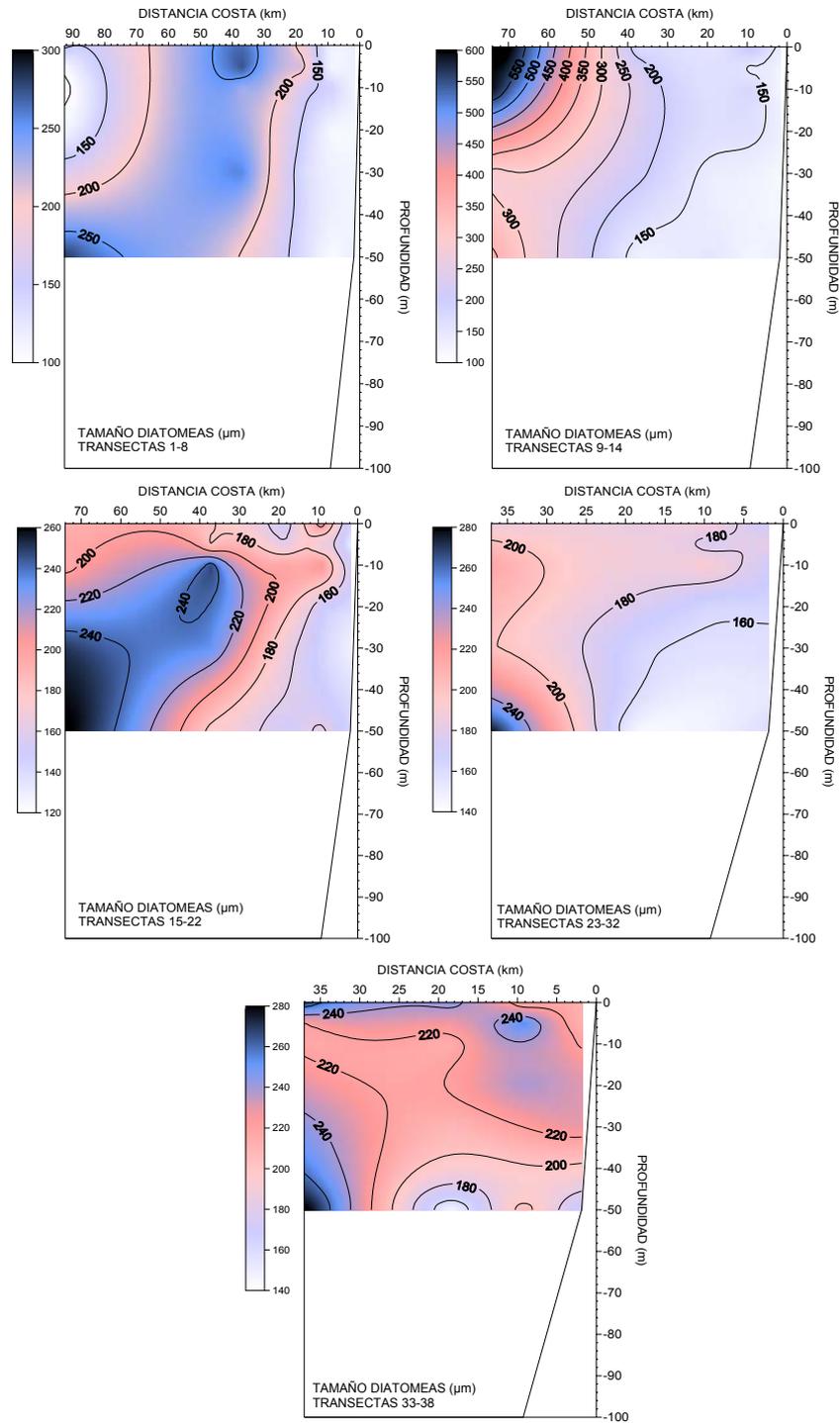
**Figura 44.** Valores históricos del Índice Multivariado Ecuatorial entre el periodo enero 1994 – 2010. Se incluyen las fechas en que fueron realizados los cruces RECLAN. (Fuente: Earth system research Laboratory). <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/>



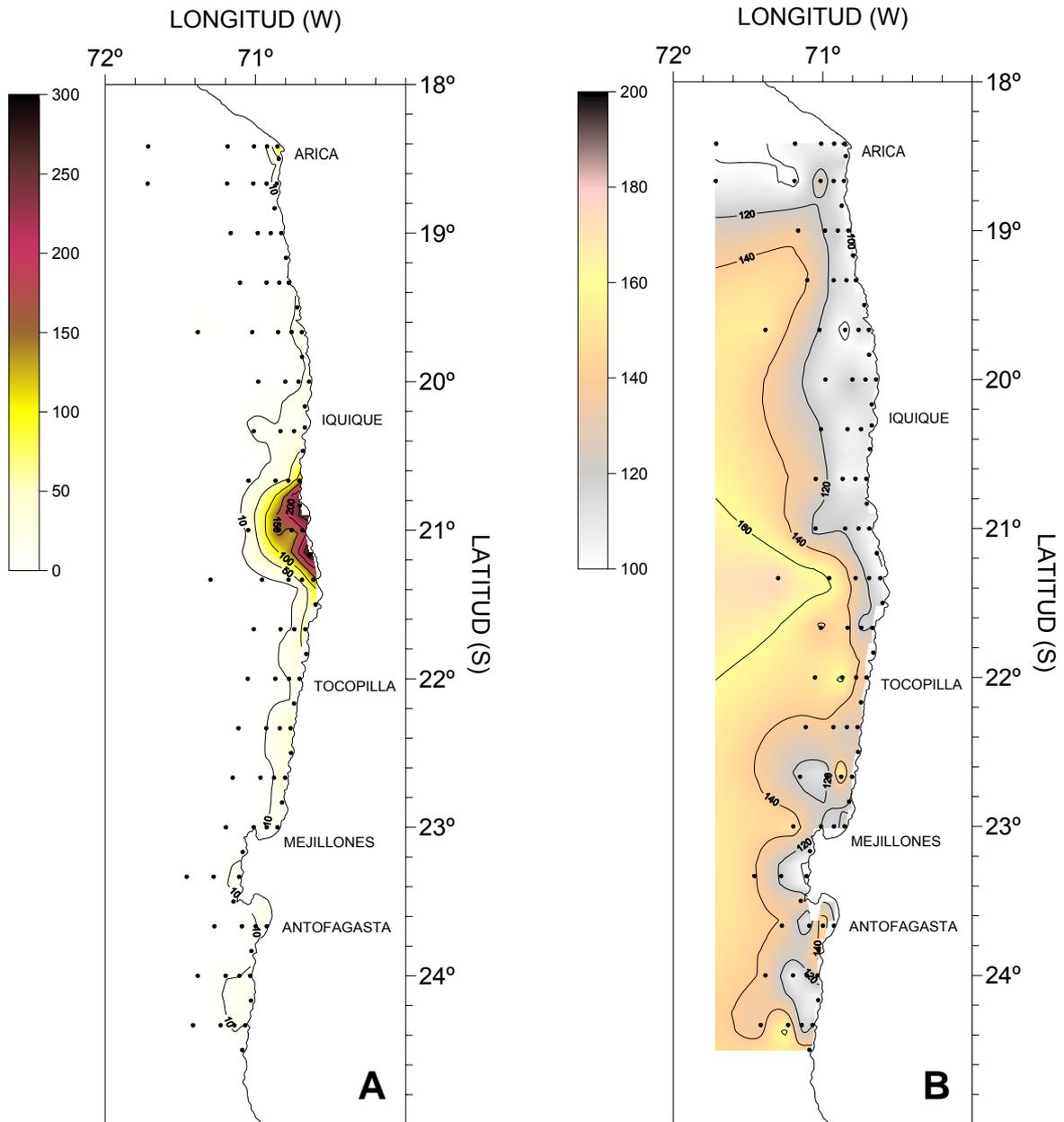
**Figura 45.** Distribuci3n horizontal de diatomeas A: abundancia (cél/mL), B: tama1o ( $\mu\text{m}$ ). Crucero RECLAN152 0912.



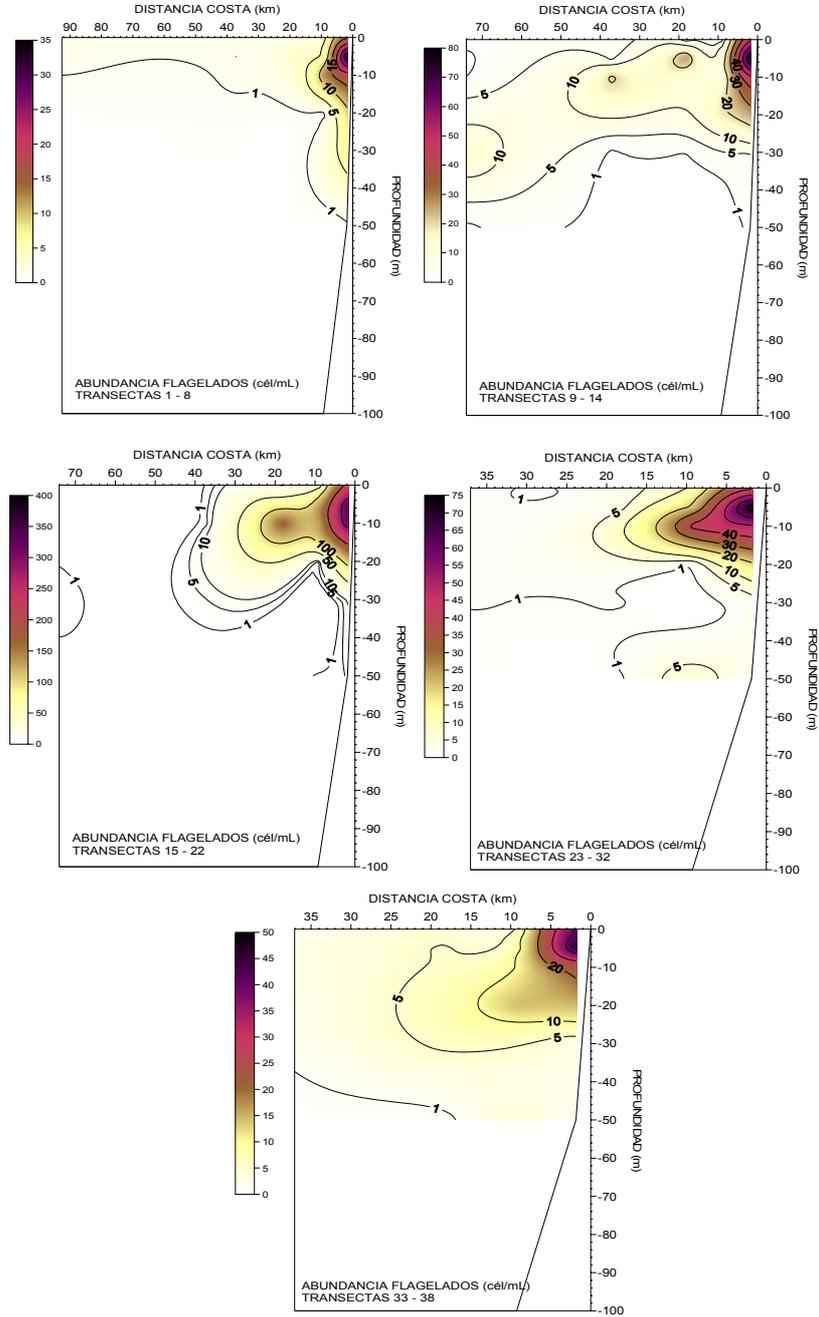
**Figura 46.** Distribuci3n vertical de la abundancia (cél/mL) de diatomeas. Crucero RECLAN152 0912.



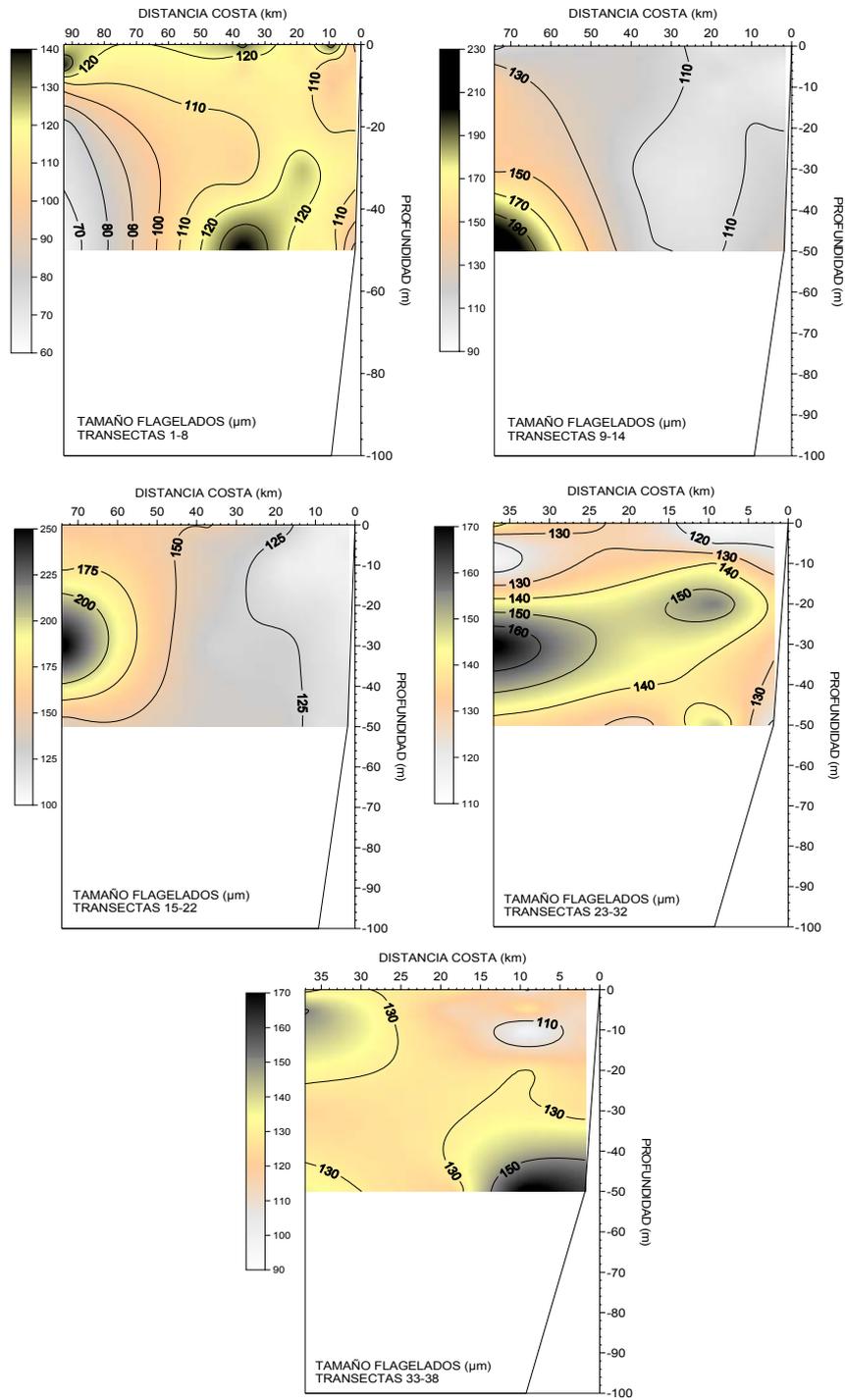
**Figura 47.** Distribuci3n vertical del espectro de tamaño (µm) de diatomeas. Crucero RECLAN152 0912



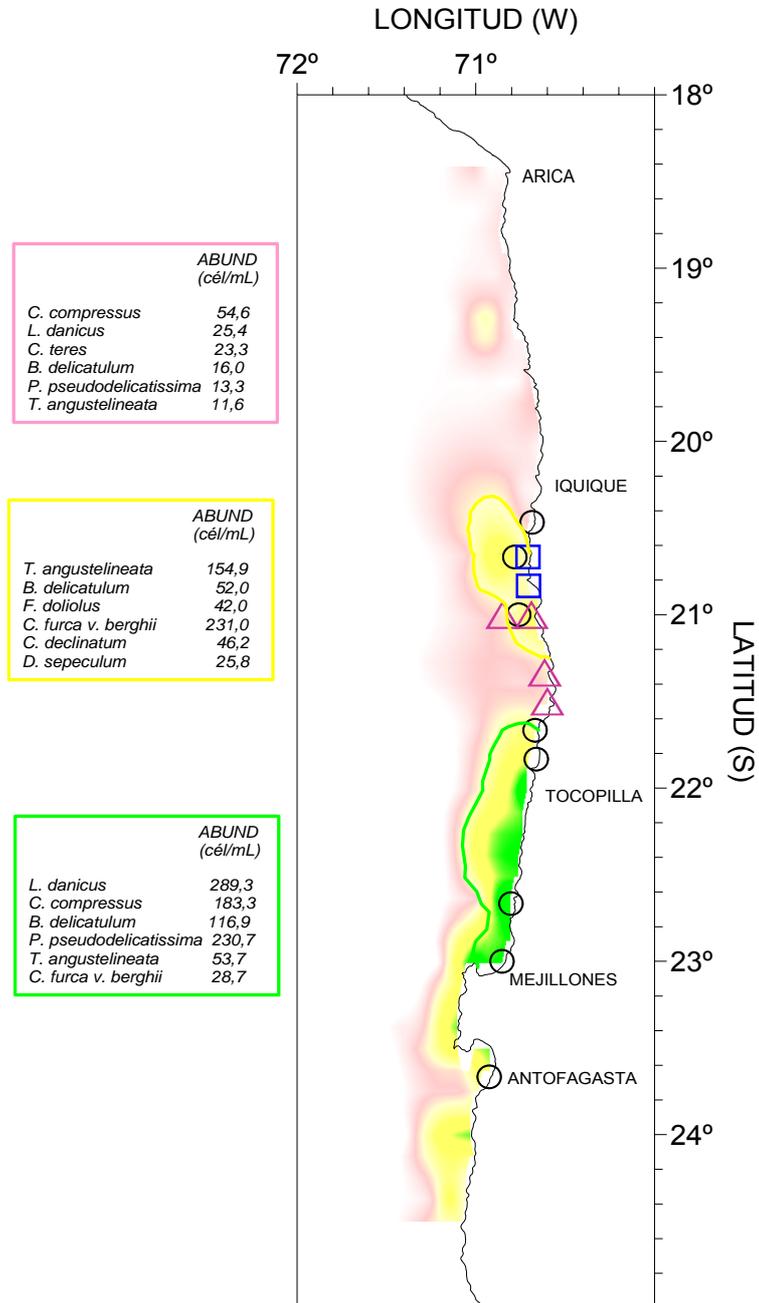
**Figura 48.** Distribuci3n horizontal de flagelados A: abundancia (cél/mL), B: tama1o ( $\mu\text{m}$ ). Crucero RECLAN152 0912.



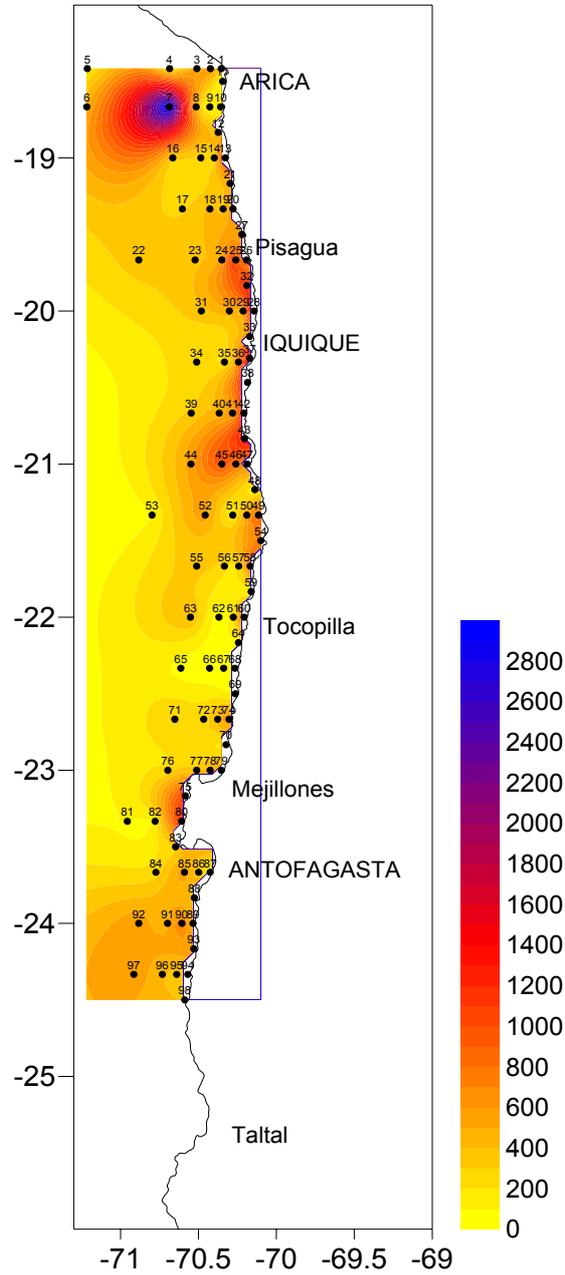
**Figura 49.** Distribuci3n vertical de la abundancia (cél/mL) de flagelados. Crucero RECLAN152 0912.



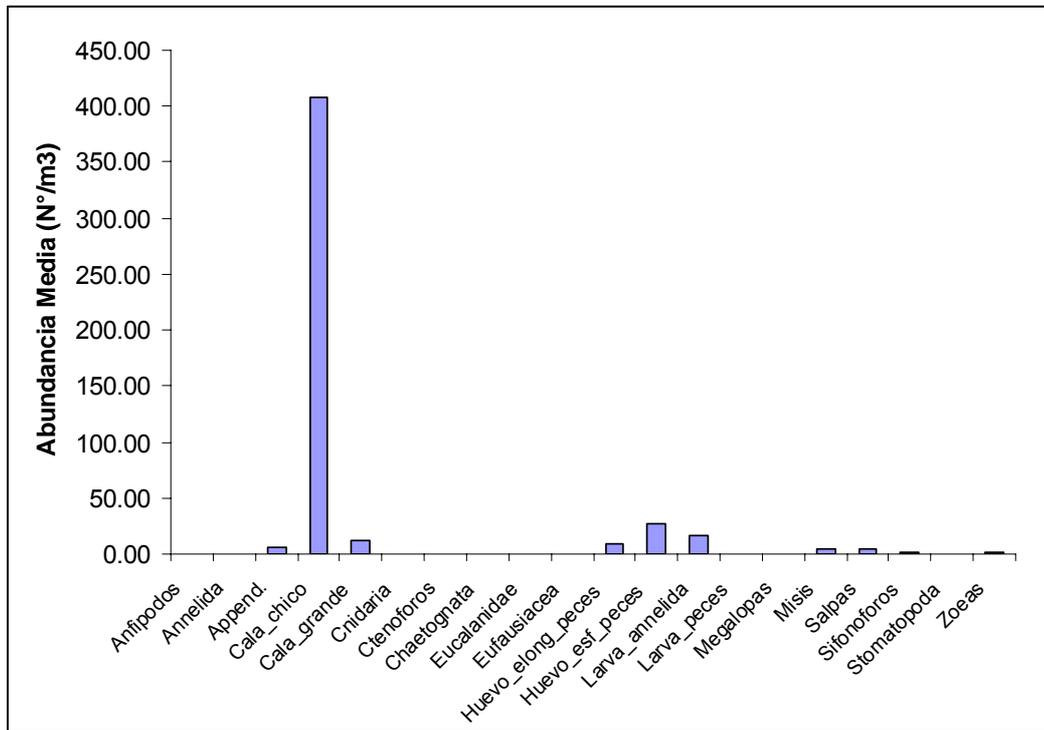
**Figura 50.** Distribuci3n vertical del espectro de tama1o ( $\mu\text{m}$ ) de flagelados. Crucero RECLAN152 0912.



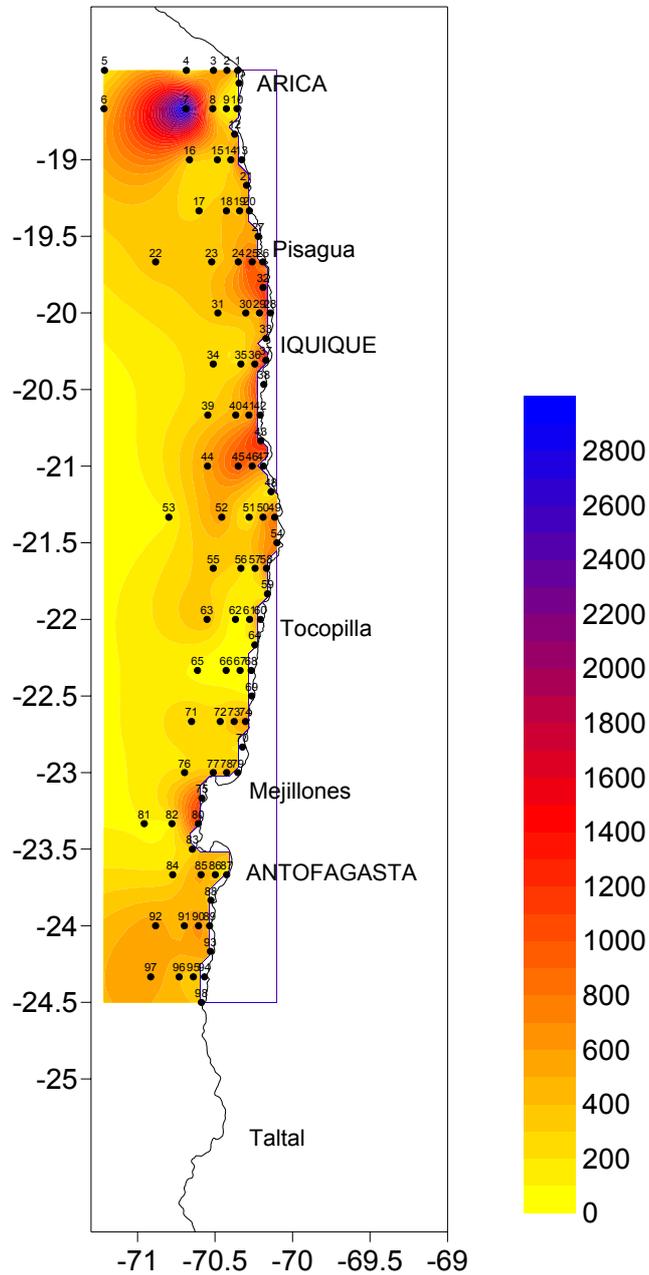
**Figura 51.** Áreas de abundancia microfitoplanctónica resultantes del análisis de agrupación. En los recuadros las especies de diatomeas y flagelados más importantes y sus abundancias promedio (cél/mL). Crucero RECLAN152 0912.



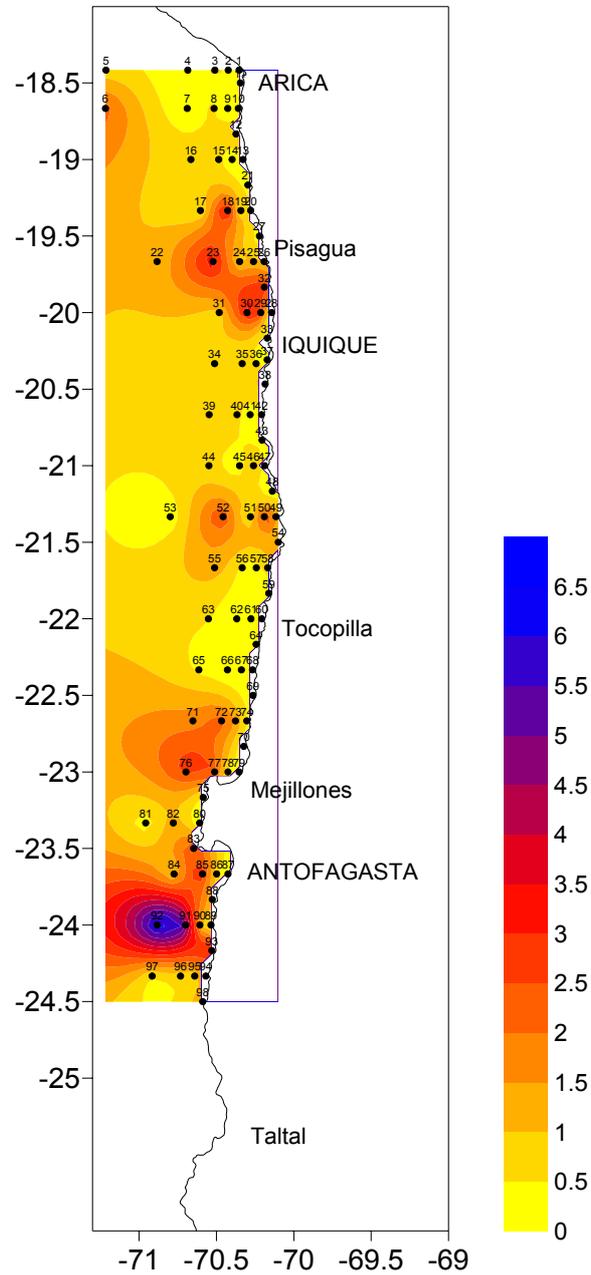
**Figura 52.** Distribución horizontal de la abundancia total de zooplancton ( $N^{\circ}/m^3$ ). Crucero RECLAN152 0912.



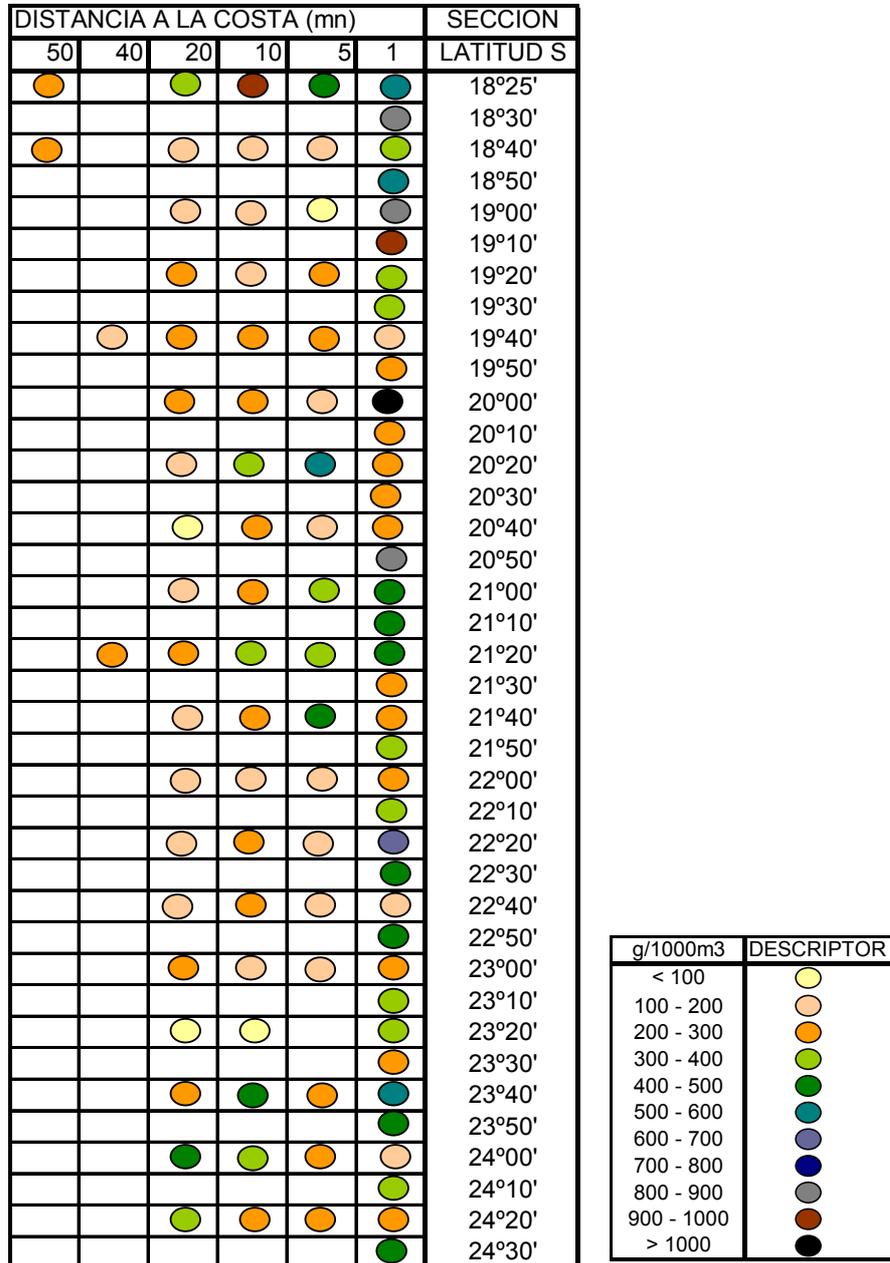
**Figura 53.** Abundancia media (Nº/m<sup>3</sup>) por grupo zooplanctónico. Crucero RECLAN152 0912.



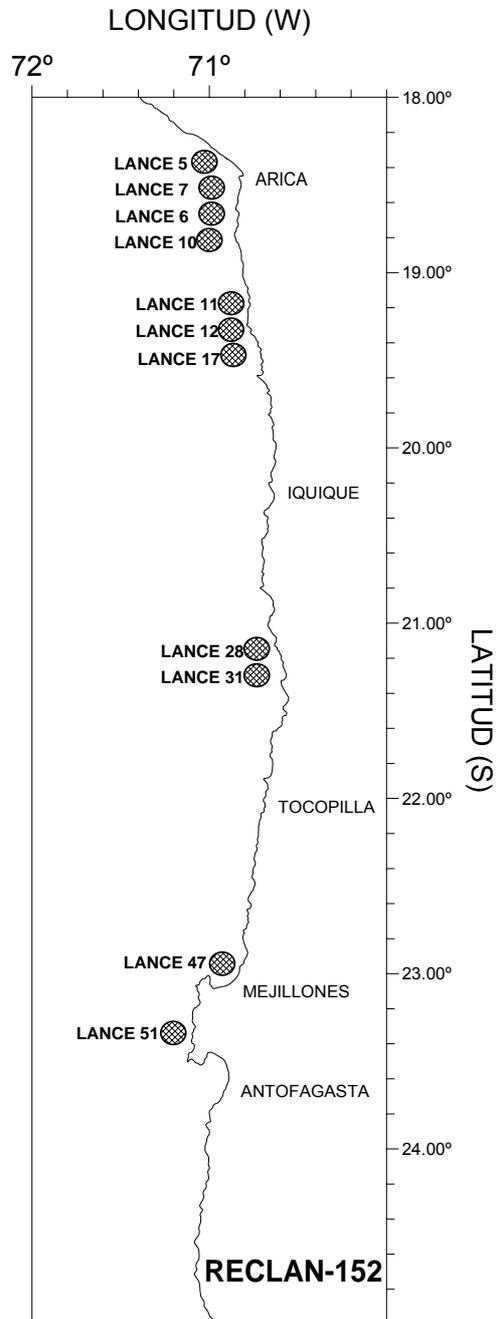
**Figura 54.** Distribuci3n horizontal de la abundancia ( $\ln N^0/m^3$ ) de los organismos zooplanct3nicos menores a 2,25 mm de longitud. Crucero RECLAN152 0912.



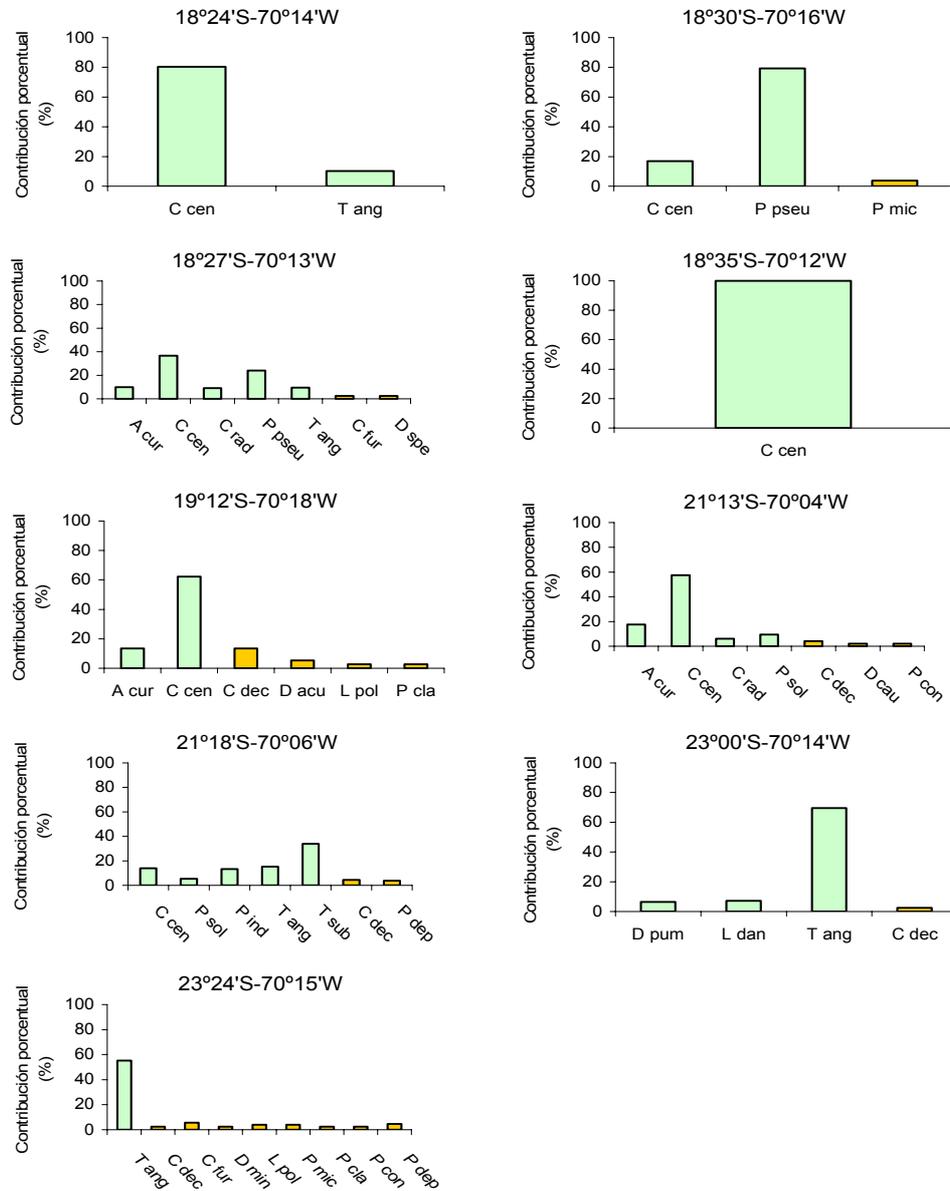
**Figura 55.** Distribución horizontal de la abundancia ( $\ln N^{\circ}/m^3$ ) de los organismos zooplanctónicos mayores a 2,25 mm de longitud. Crucero RECLAN152 0912.



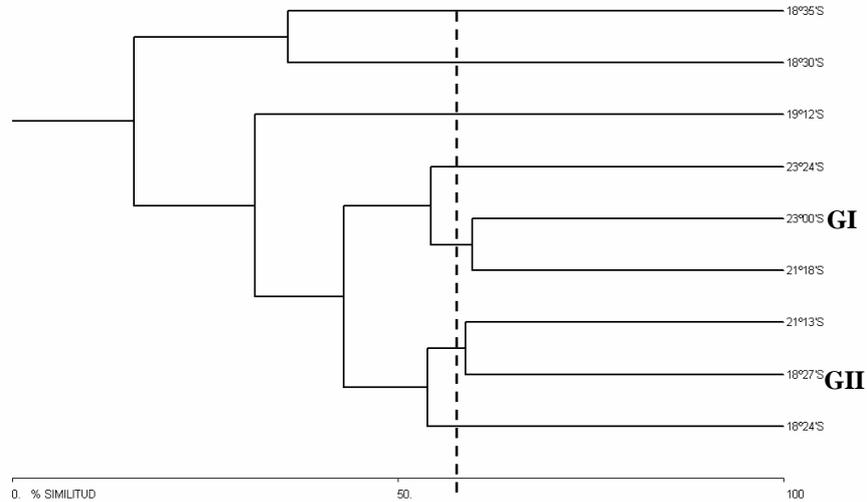
**Figura 56.** Biomasa (g/1000 m<sup>3</sup>) por transecta y estación de muestreo. Crucero RECLAN152 0912.



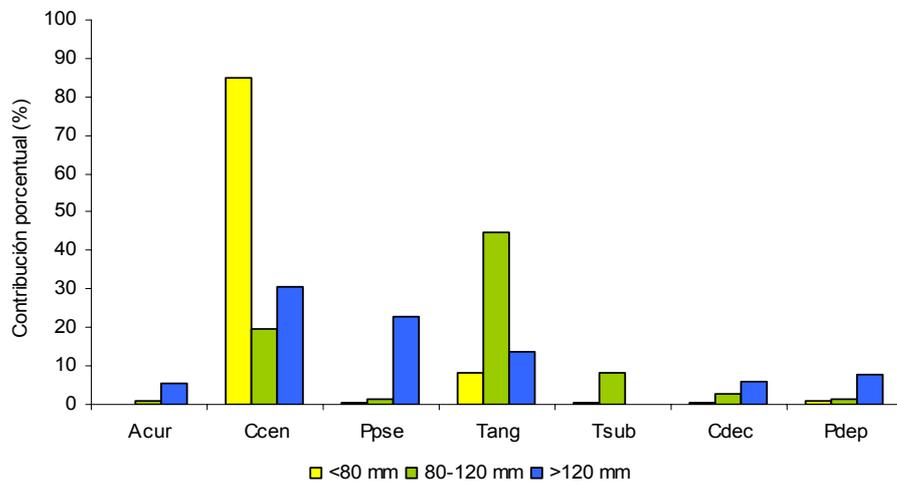
**Figura 57.** rea de estudio y localizaci3n de las zonas de pesca durante el crucero RECLAN152 0912.



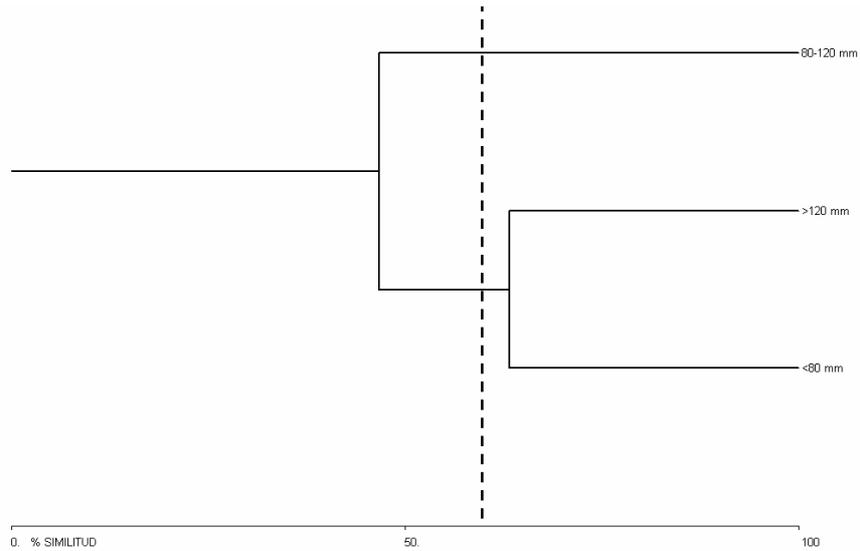
**Figura 58.** Contribuci3n porcentual de los principales taxa de presa fitoplanct3nicos por zona de pesca. (Diatomeas A cur: *Actinocyclus curvatus*, C cen: *Coscinodiscus centralis*, C rad: *C. radiatus*, D pum: *Detonula pumila*, L dan: *Leptocylindrus danicus*, P sol: *Planktoniella sol*, P ind: *Proboscia indica*, P pseu: *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, T ang: *Thalassiosira angustilineata*, T sub: *T. subtilis*. Flagelados C dec: *Ceratium declinatum*, C fur: *C. furca*, D acu: *Dinophysis acuminata*, D cau: *D. caudata*, D min: *Diplopsalis minor*, D spe: *Distephanus speculum*, L pol: *Lingulodinium polyedrum*, P mic: *Prorocentrum micans*, P cla: *Protoperidinium claudicans*, P con: *P. conicum*, P dep: *P. depressum*). Crucero RECLAN152 0912.



**Figura 59.** Dendrograma de similitud trófica de *Engraulis ringens* para la componente fitoplanctónica por zona de pesca. La línea punteada indica el nivel de significancia de la similitud ( $\geq 60\%$ ). Crucero RECLAN152 0912.



**Figura 60.** Contribución numérica porcentual de los principales taxa presa fitoplanctónicas por clase de talla (mm). (Diatomeas A cur: *Actinocyclus curvatus*, C cen: *Coscinodiscus centralis*, P pseu: *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, T ang: *Thalassiosira angustilineata*, T sub: *T. subtilis*. Flagelados C dec: *Ceratium declinatum*, P dep: *Protoperdinium depressum*. Crucero RECLAN152 0912.



**Figura 61.** Dendrograma de similitud trófica de *Engraulis ringens* para la componente fitoplanctónica por clase de talla (mm). La línea punteada indica el nivel de significancia de la similitud ( $\geq 60\%$ ). Crucero RECLAN152 0912.

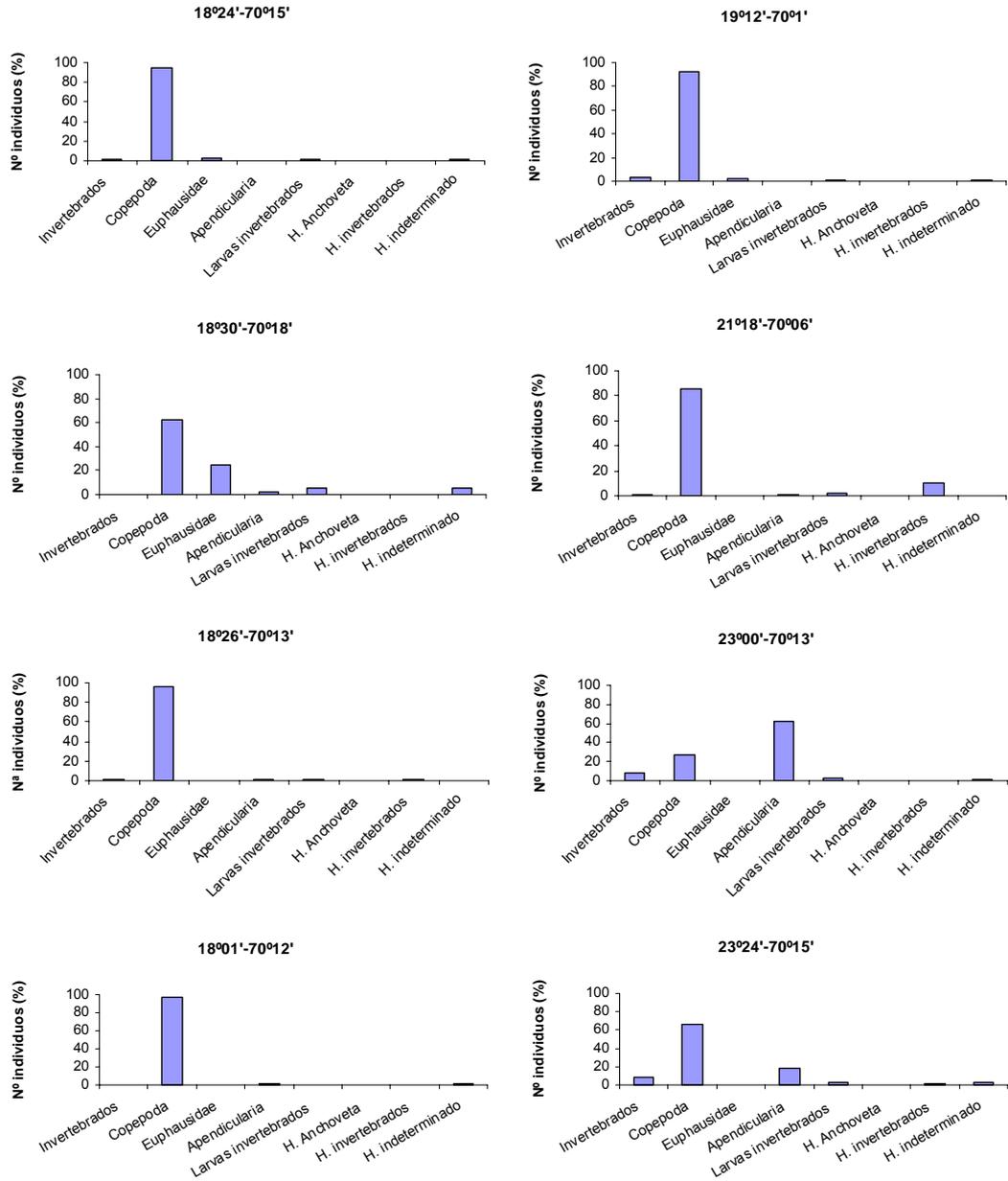
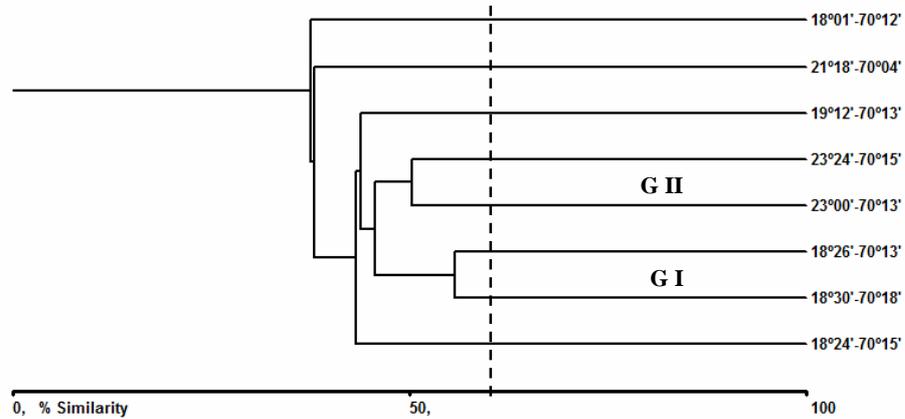
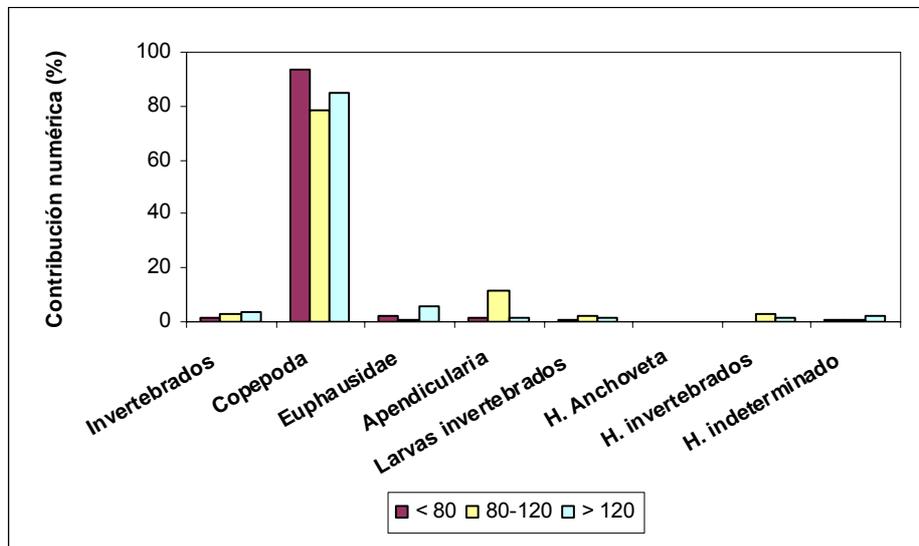


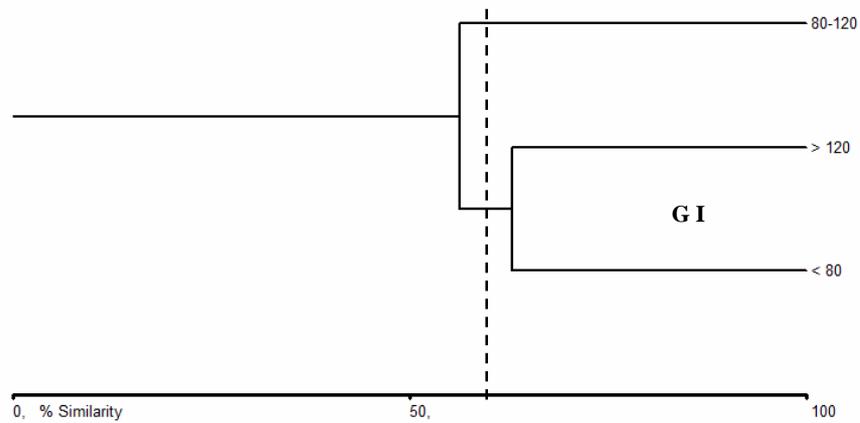
Figura 62. Contribuci3n numérica porcentual de los principales taxa de presa zooplanct3nicos por zona de pesca. Crucero RECLAN152 0912.



**Figura 63.** Dendrograma de similitud tr3fica de *Engraulis ringens* para la componente zooplanct3nica por zona de pesca. La lnea punteada indica el nivel de significancia de la similitud ( $\geq 60\%$ ). Crucero RECLAN152 0912.



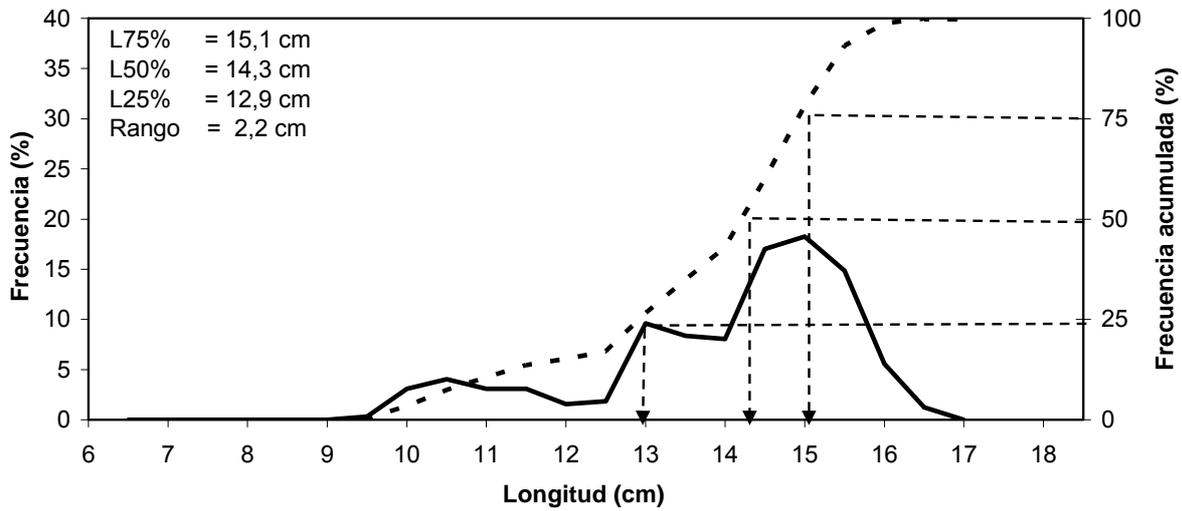
**Figura 64.** Contribuci3n num3rica porcentual de los principales taxa presa zooplanct3nicos por clase de talla (mm). Crucero RECLAN152 0912.



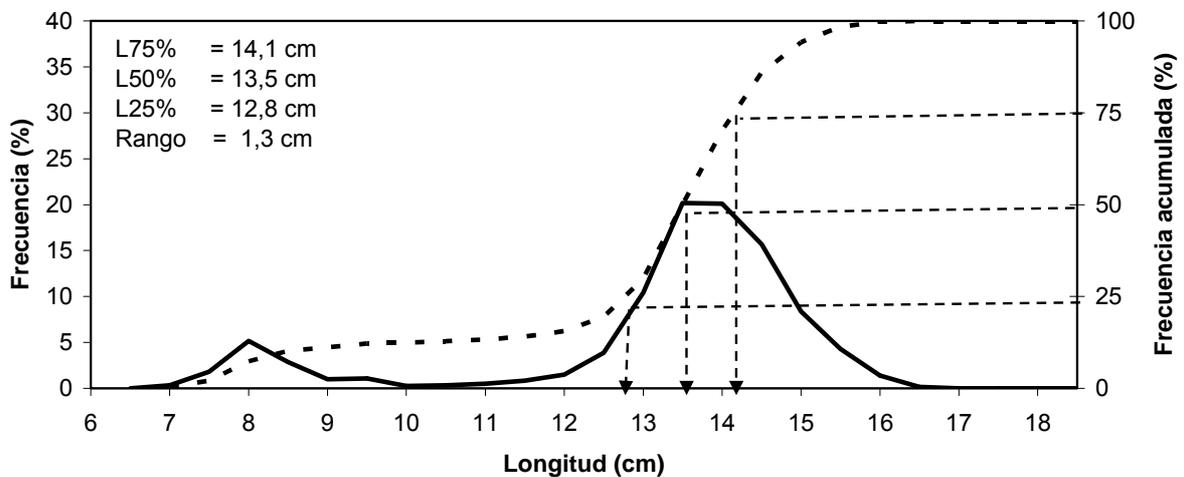
**Figura 65.** Dendrograma de similitud trófica de *Engraulis ringens* para la componente zooplanctónica por clase de talla (mm). La línea punteada indica el nivel de significancia de la similitud ( $\geq 60\%$ ). Crucero RECLAN152 0912.



### Cerco



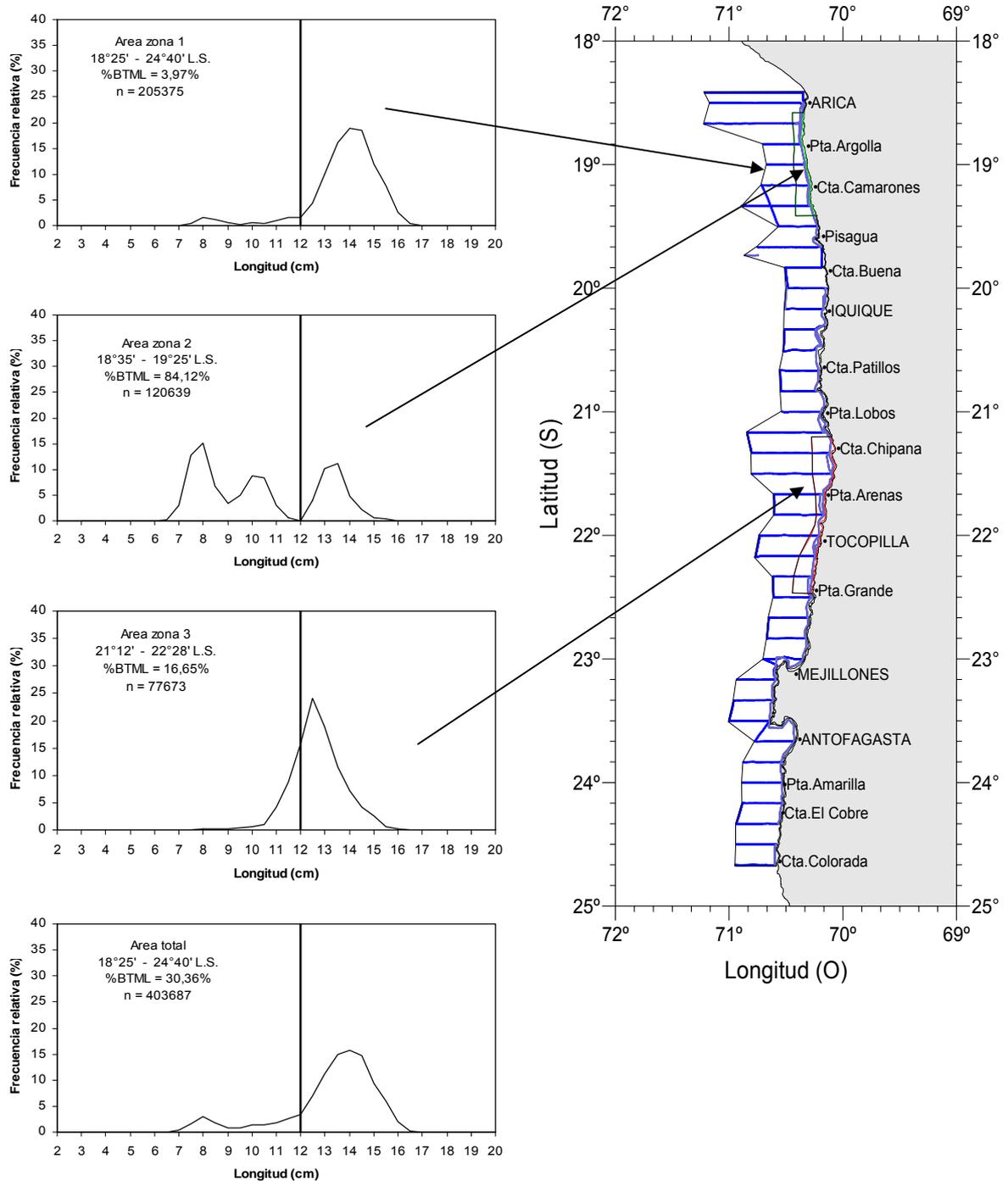
### Arrastre a media agua



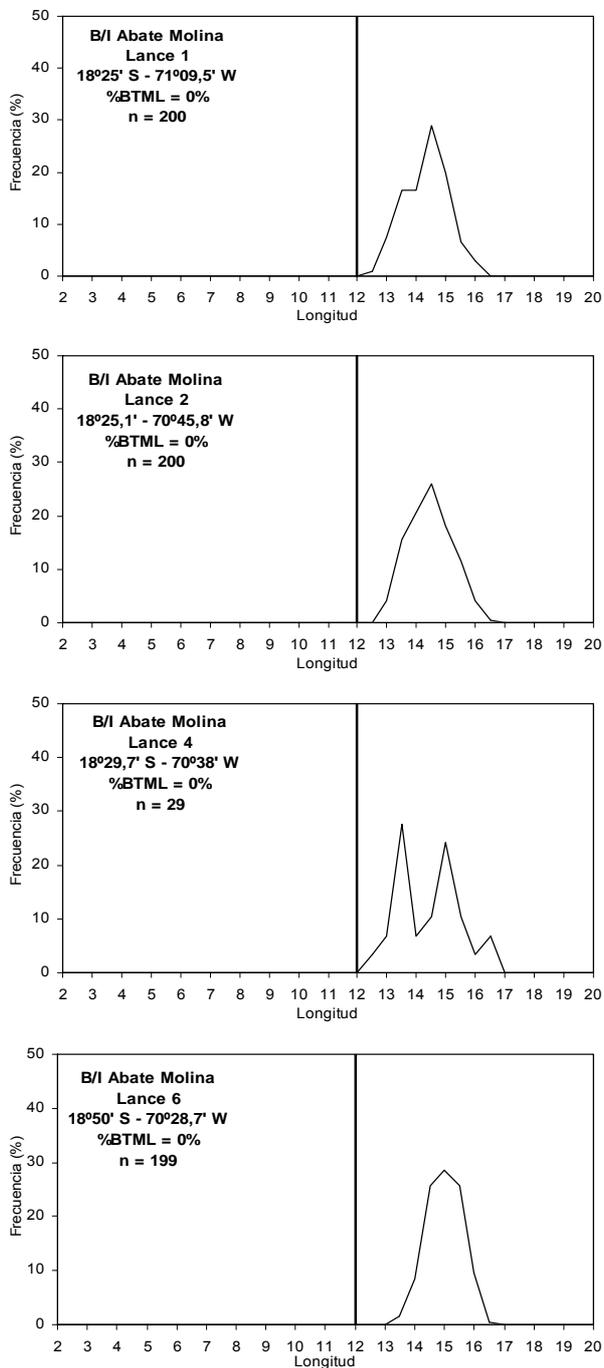
— Frecuencia (%)

### Anchoveta

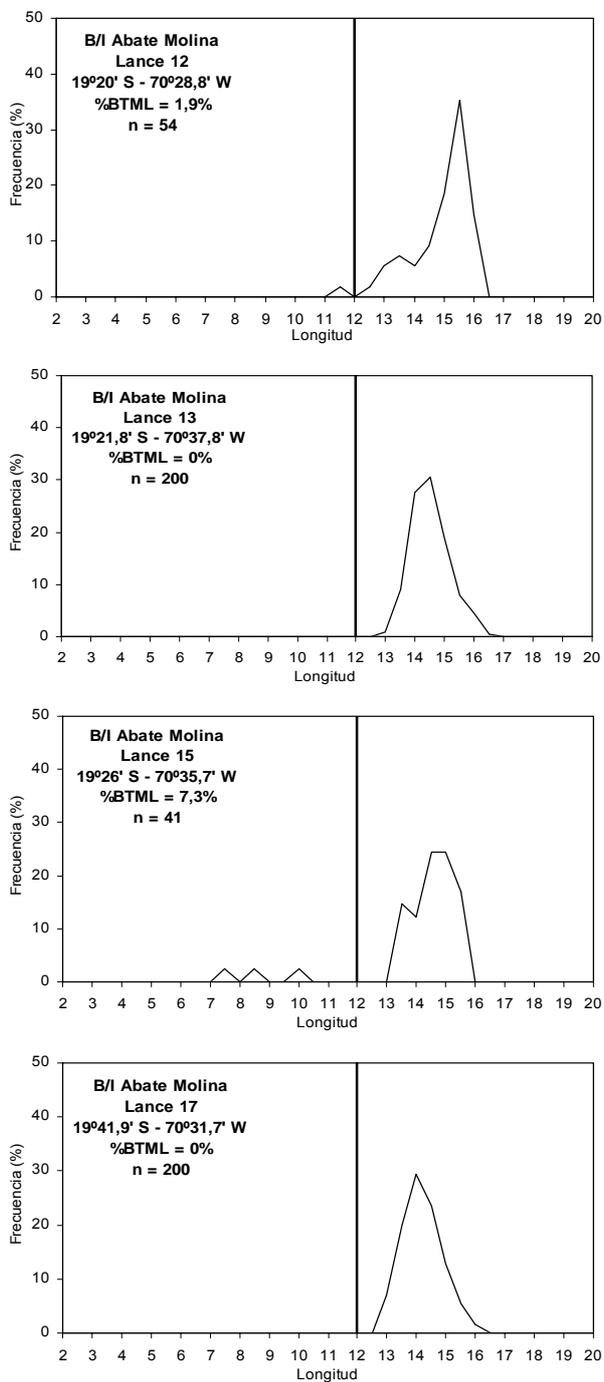
**Figura 66.** Estructura de tallas y ojivas de selectividad de anchoveta obtenida en los lances de arrastre a media agua (B/C Abate Molina) y cerco realizados por L/M en el marco del proyecto seguimiento de las principales pesquería en la zona norte. Crucero RECLAN152 0912.



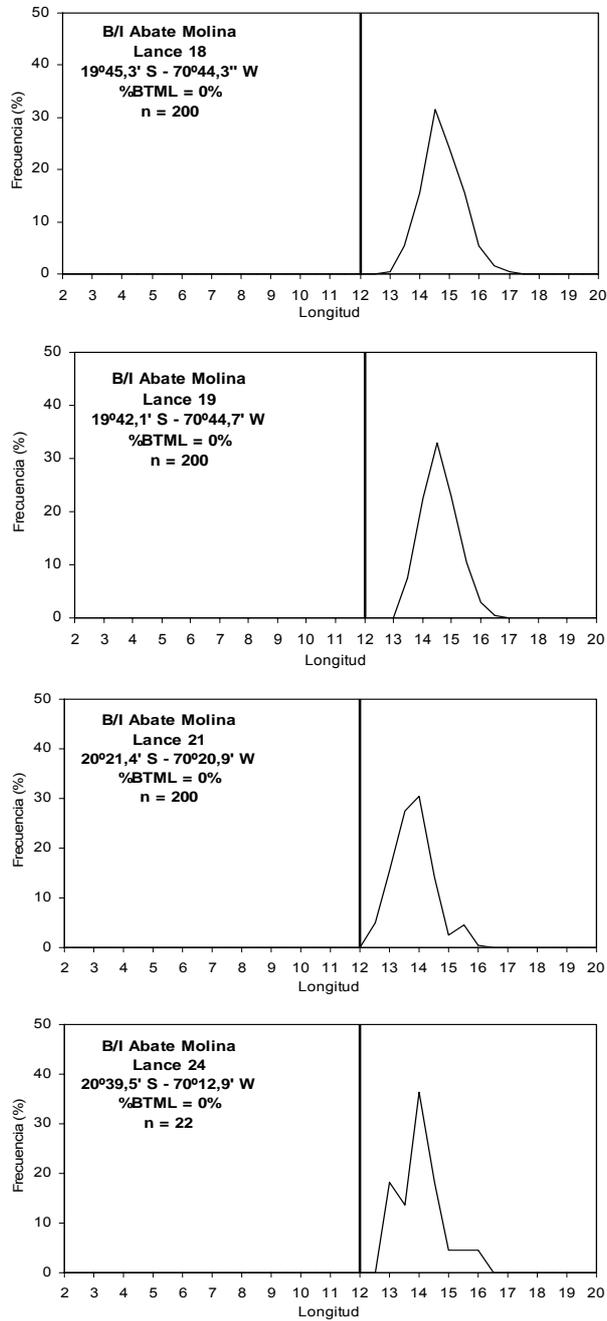
**Figura 67.** Estructura de tallas de anchoveta para las zonas establecidas en el área de estudio. Crucero RECLAN152 0912.



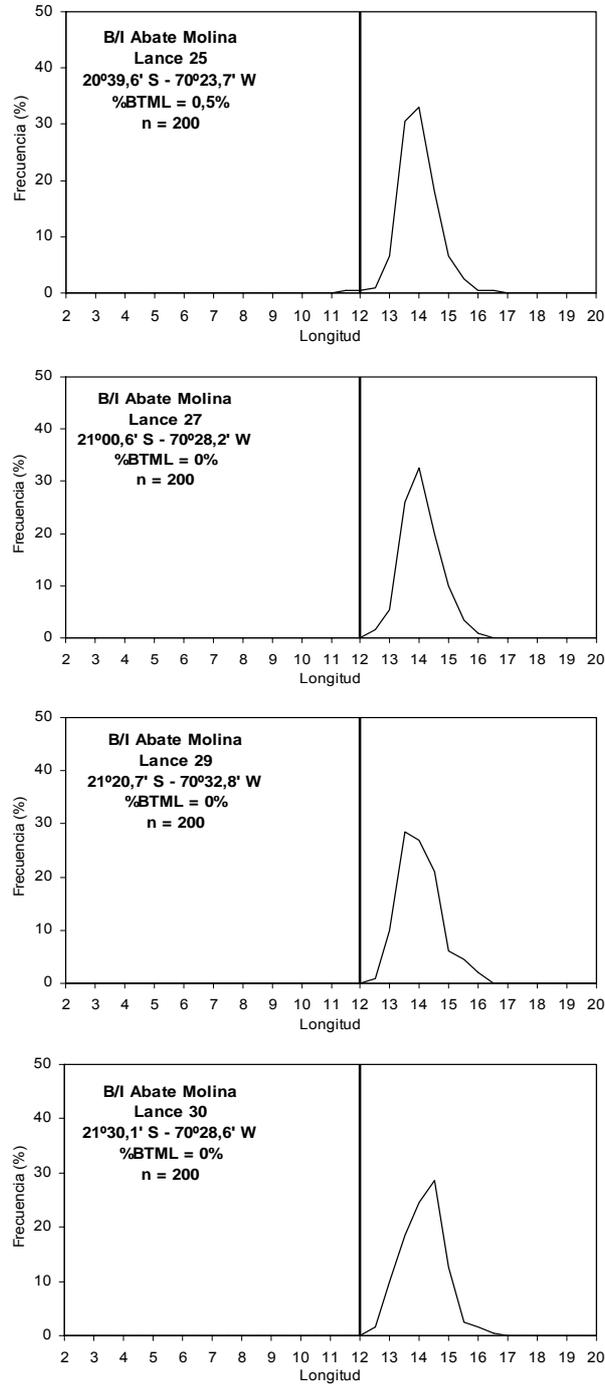
**Figura 68.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 1, 2, 4 y 6, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



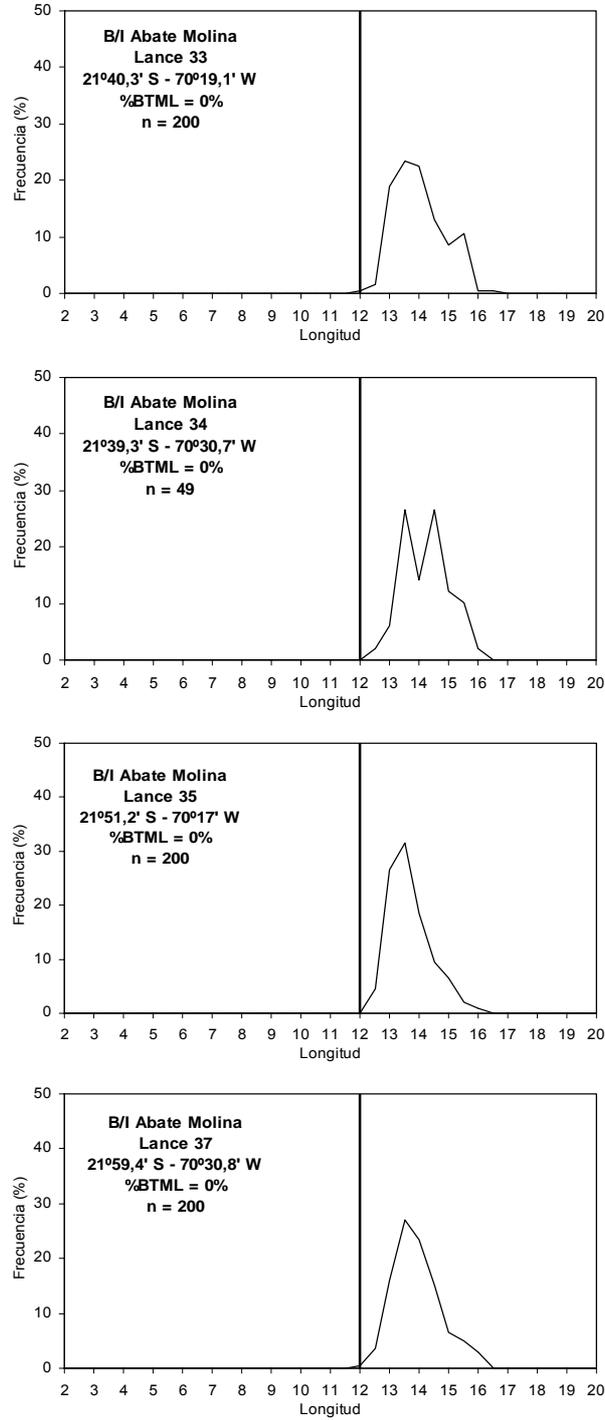
**Figura 69.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 12, 13, 15 y 17, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



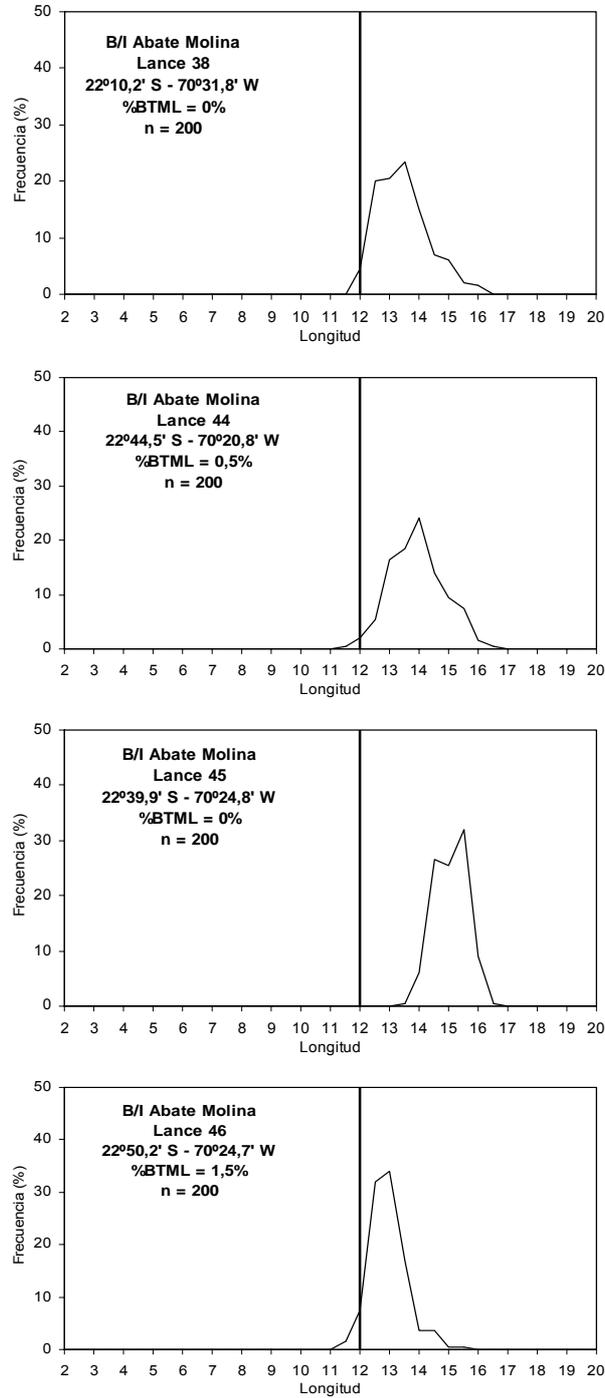
**Figura 70.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 18, 19, 21 y 24, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



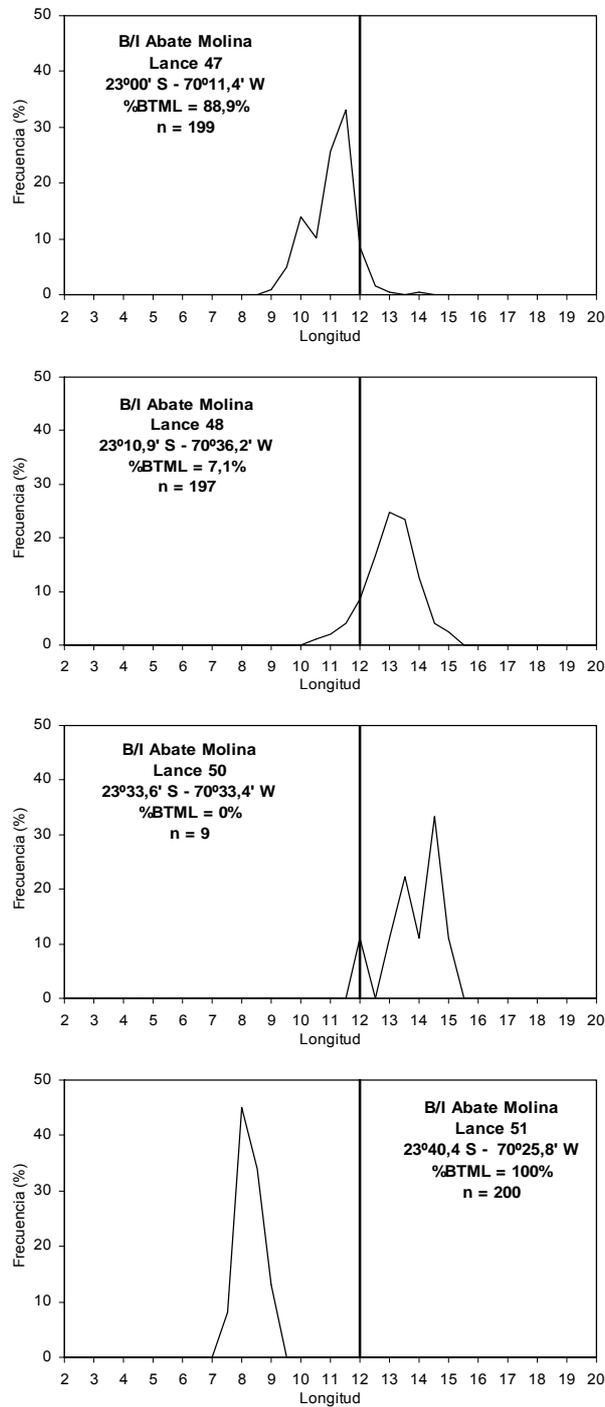
**Figura 71.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 25, 27, 29 y 30, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



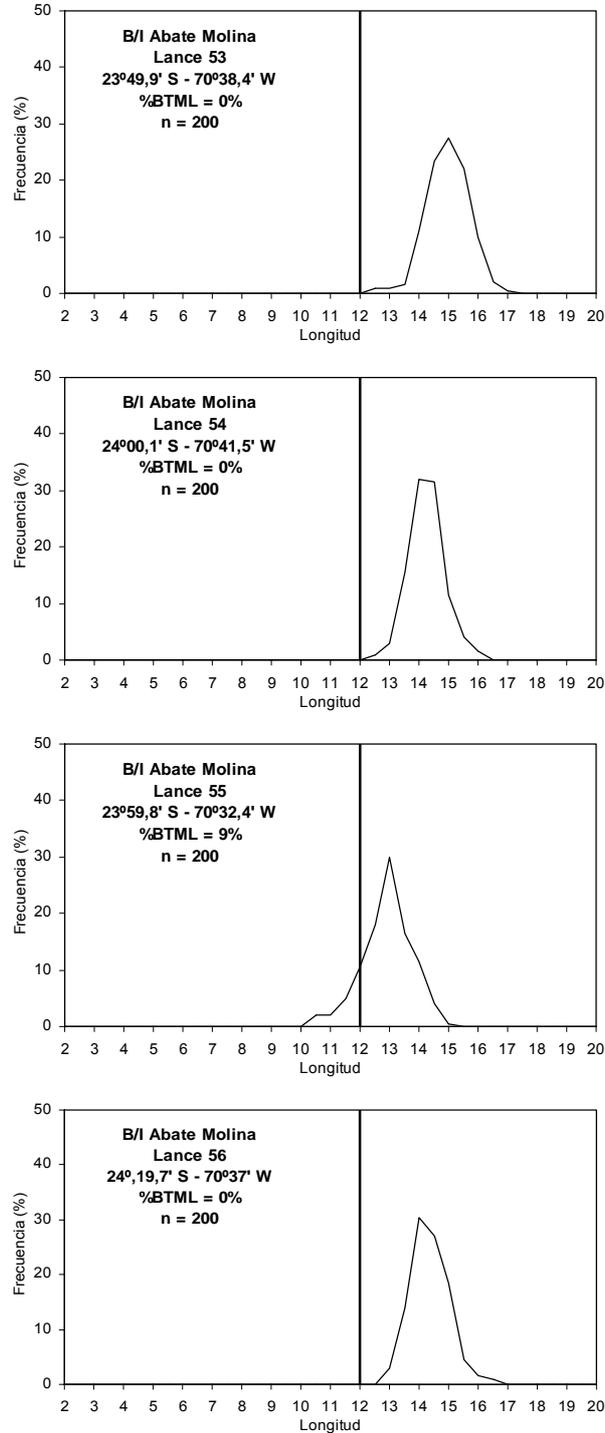
**Figura 72.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 33, 34, 35 y 37, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



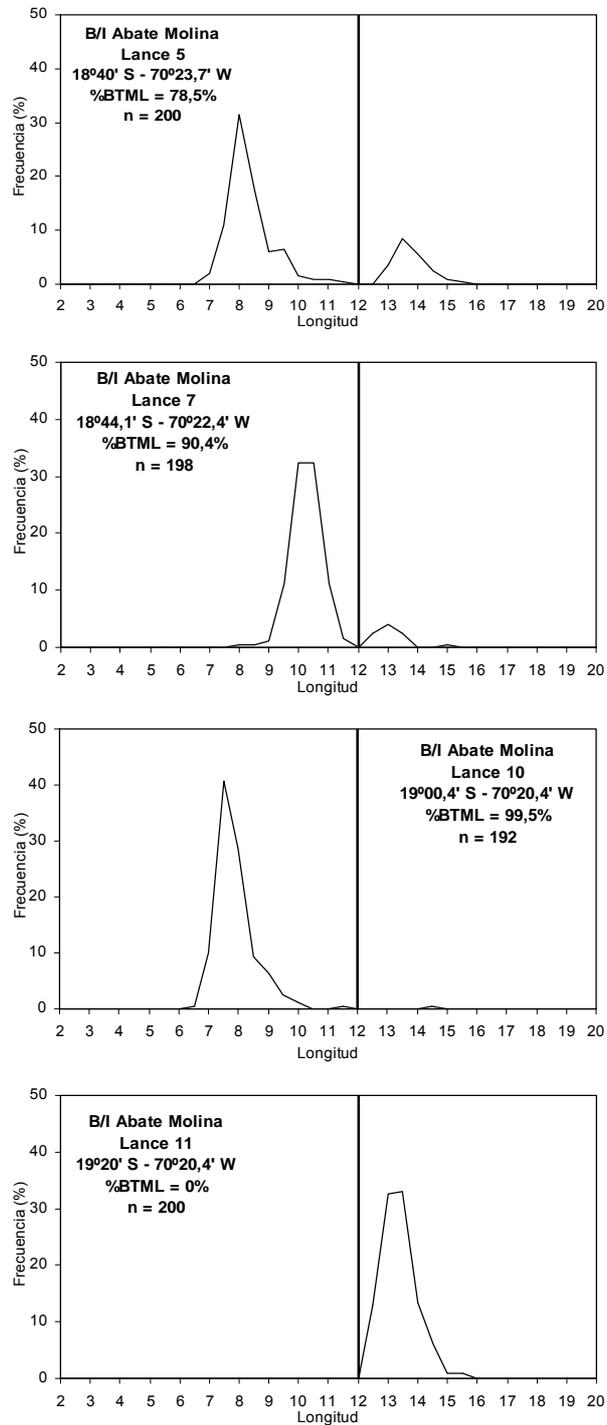
**Figura 73.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 38, 44, 45 y 46, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



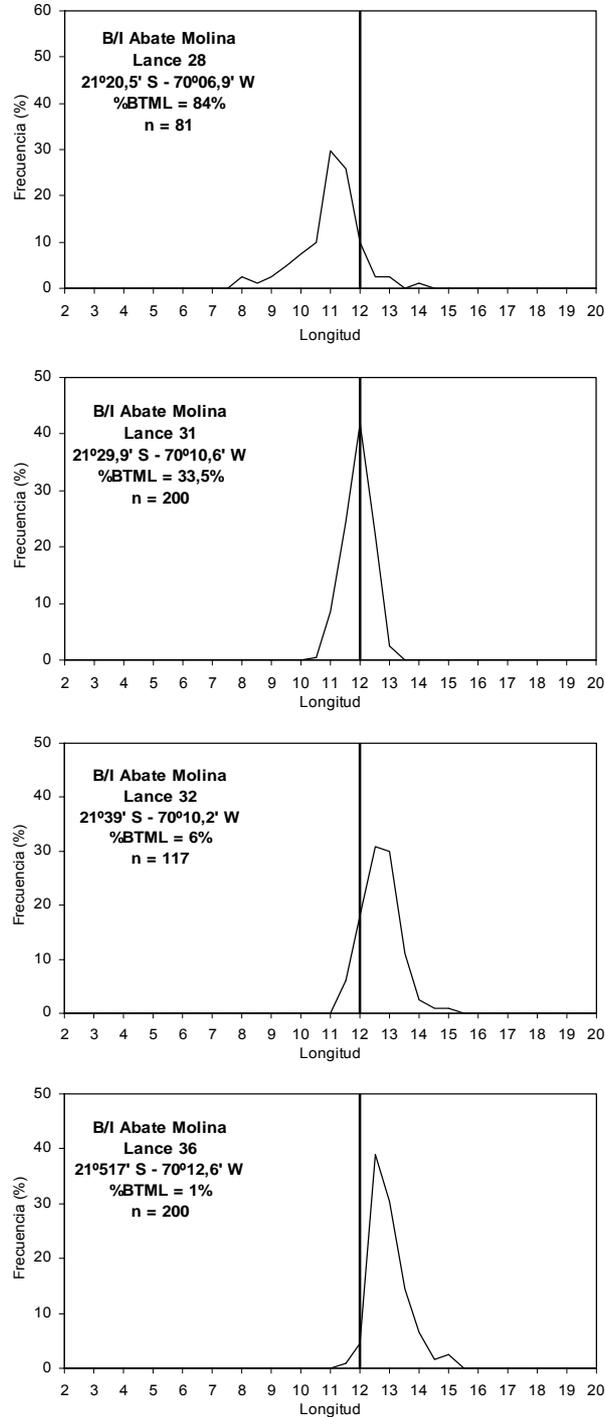
**Figura 74.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 47, 48, 50 y 51, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



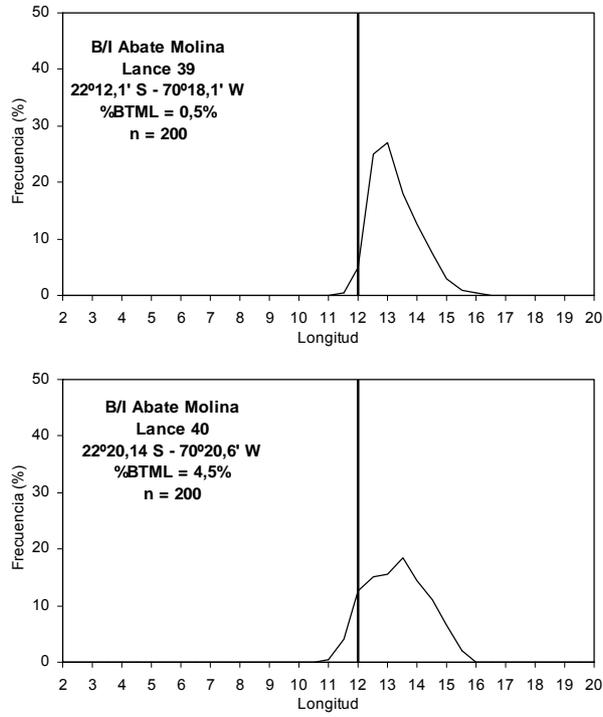
**Figura 75.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 1, lances 53, 54, 55 y 56, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



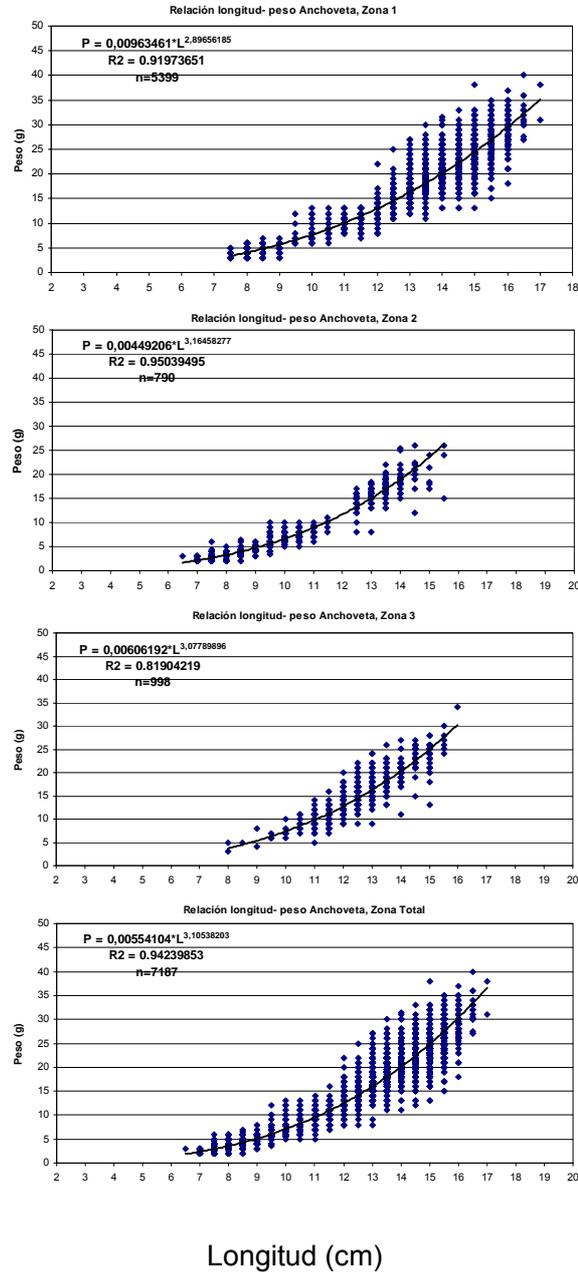
**Figura 76.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 2, lances 5, 7, 10 y 11 realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



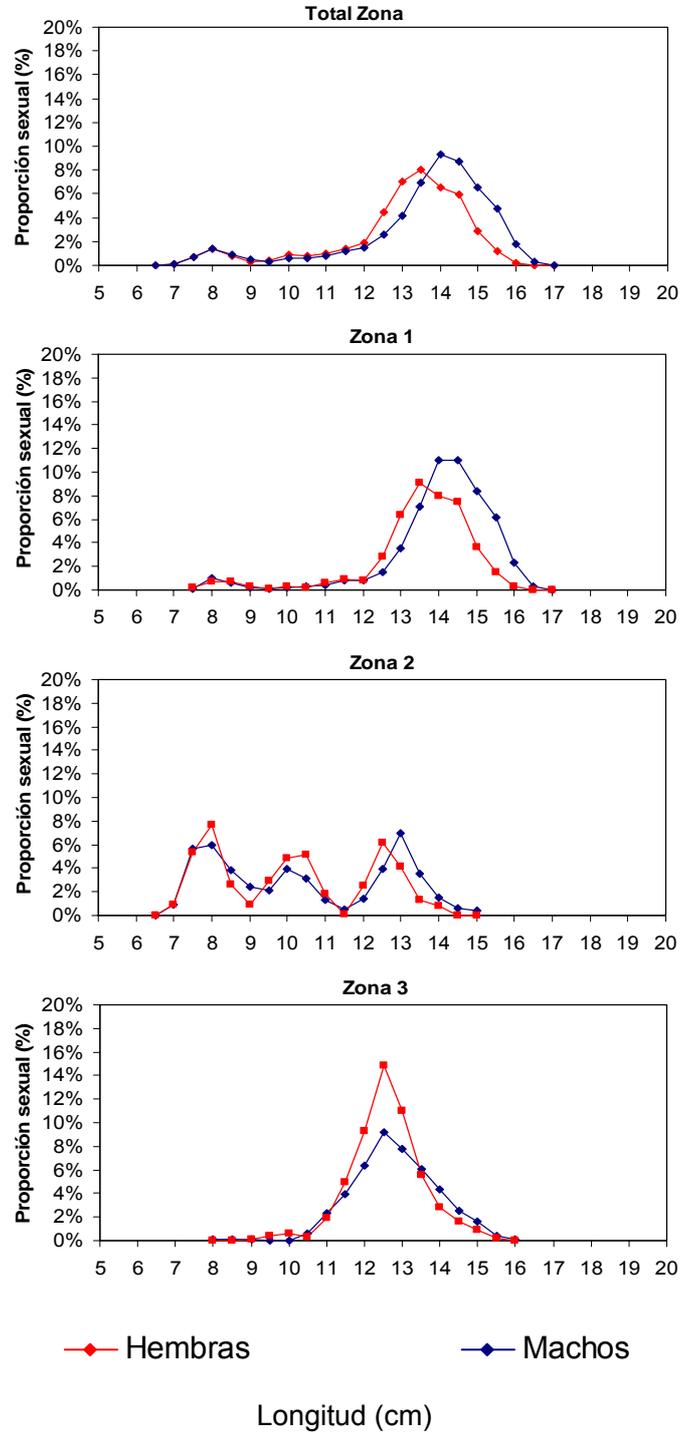
**Figura 77.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 3, lances 28, 31, 32 y 36, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



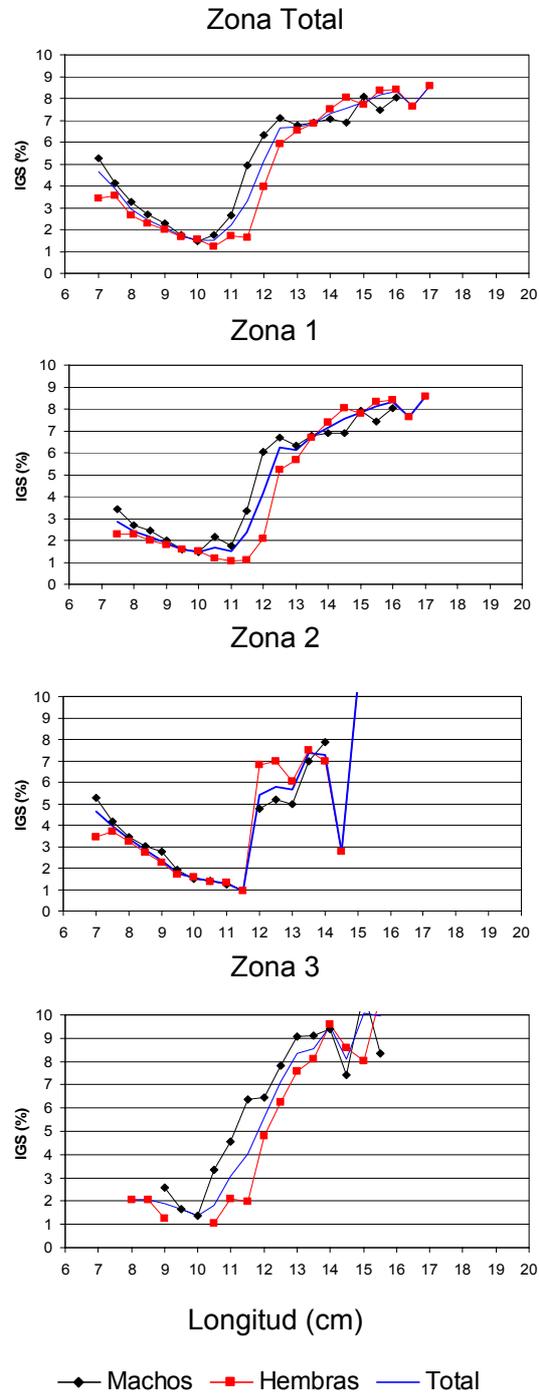
**Figura 78.** Estructura de tallas para anchoveta en la zona 3, lances 39 y 40, realizados por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



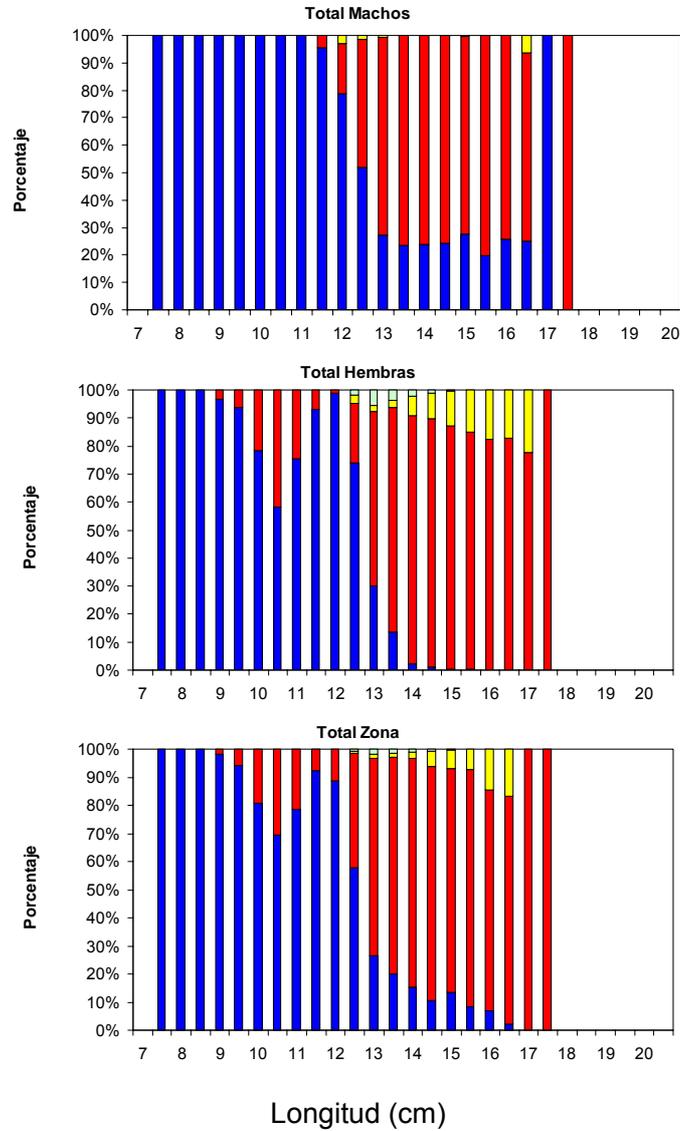
**Figura 79.** Relaci3n longitud-peso y par3metros de regresi3n para Anchoveta por zonas. Crucero RECLAN152 0912



**Figura 80.** Proporci3n de hembras y machos del total de ejemplares sexuales de anchoveta por zona y total. Cruce RECLAN152 0912.

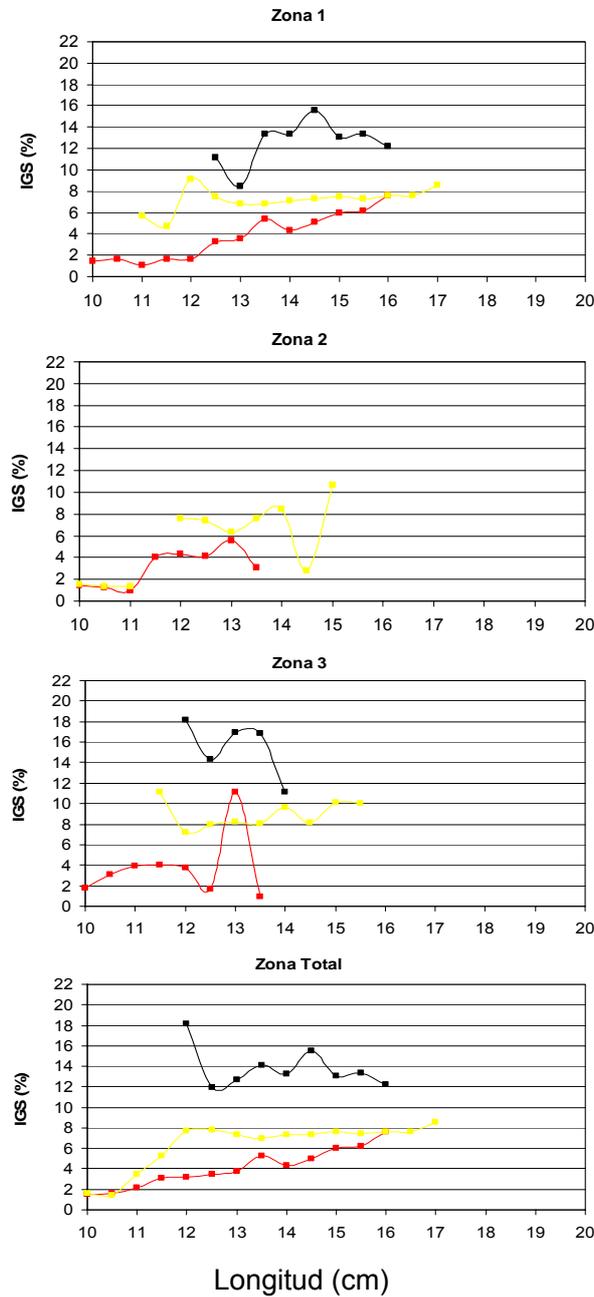


**Figura 81.** Índice gonadosomático de Anchoveta por sexo y zona. Crucero RECLAN152 0912.



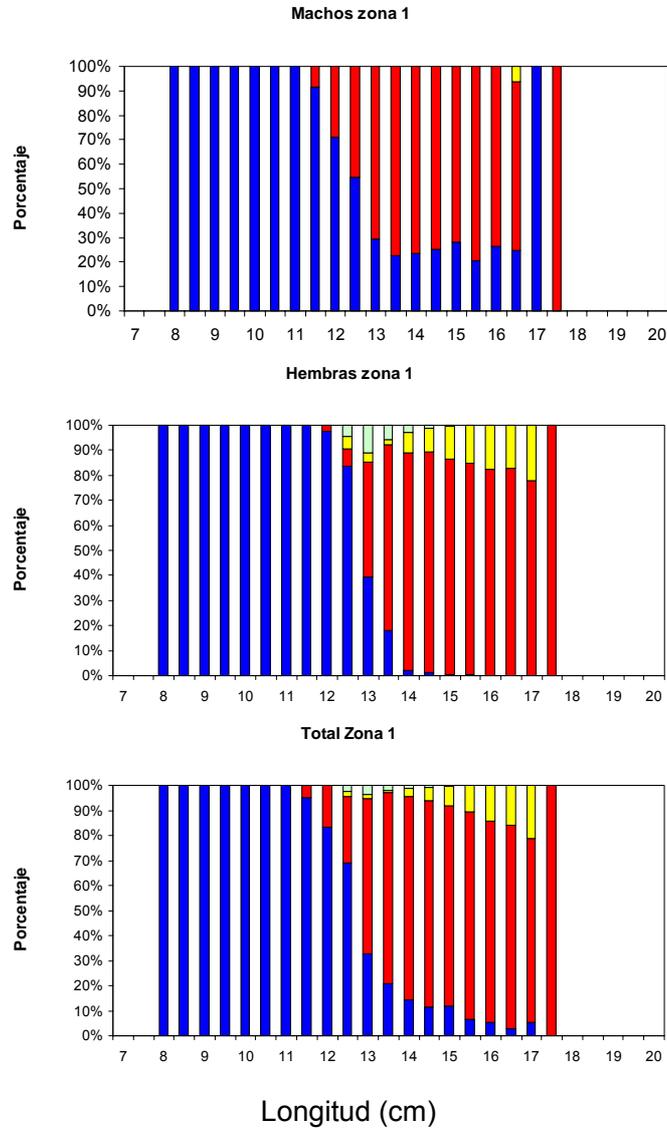
□ Estado 1   ■ Estado 2   ■ Estado 3   ■ Estado 4   □ Estado 5   ■ Estado 6

**Figura 82.** Estados de madurez sexual (%) de anchoveta por sexo, zona total. Crucero RECLAN152 0912.



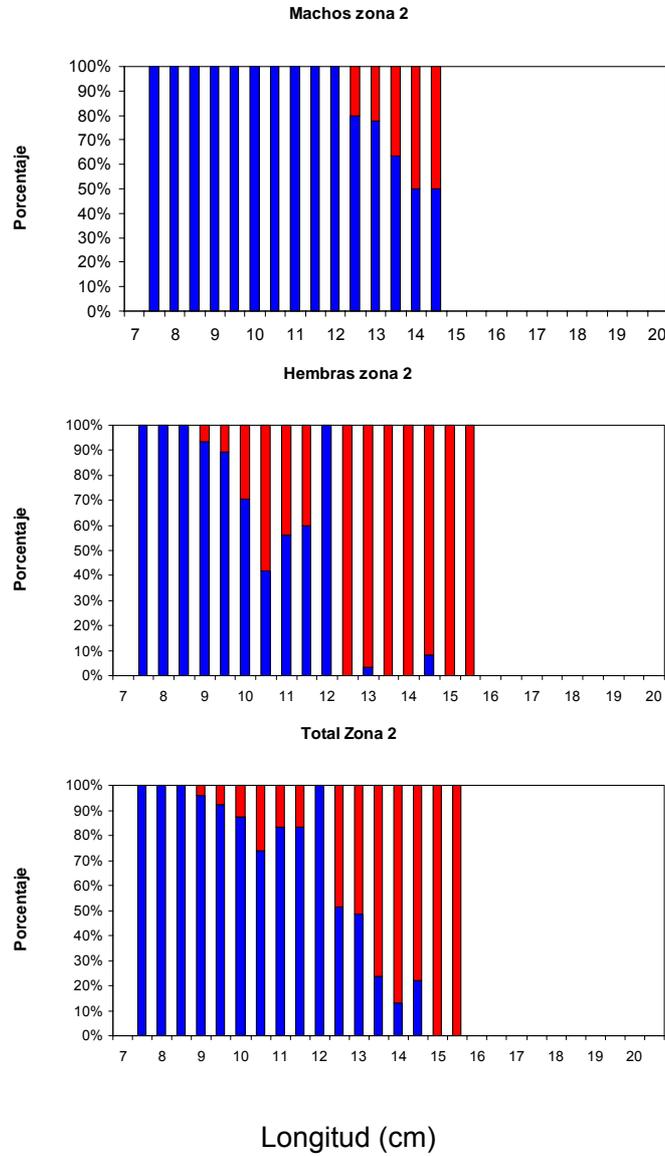
■ Estado 1   ■ Estado 2   ■ Estado 3   ■ Estado 4   ■ Estado 5

**Figura 83.** IGS de anchoveta para cada zona de estudio, en relaci3n al estado de madurez. Crucero RECLAN152 0912.



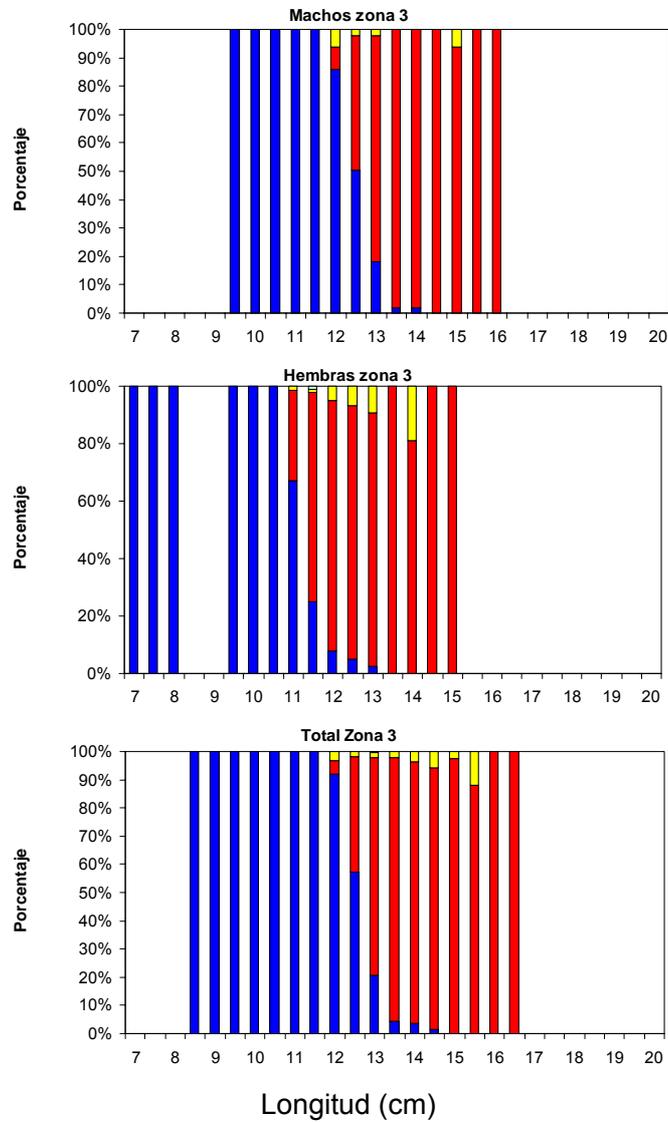
□ Estado 1   ■ Estado 2   ■ Estado 3   ■ Estado 4   □ Estado 5   ■ Estado 6

**Figura 84.** Estados de madurez sexual (%) de anchoveta por sexo, zona 1. Crucero RECLAN152 0912.



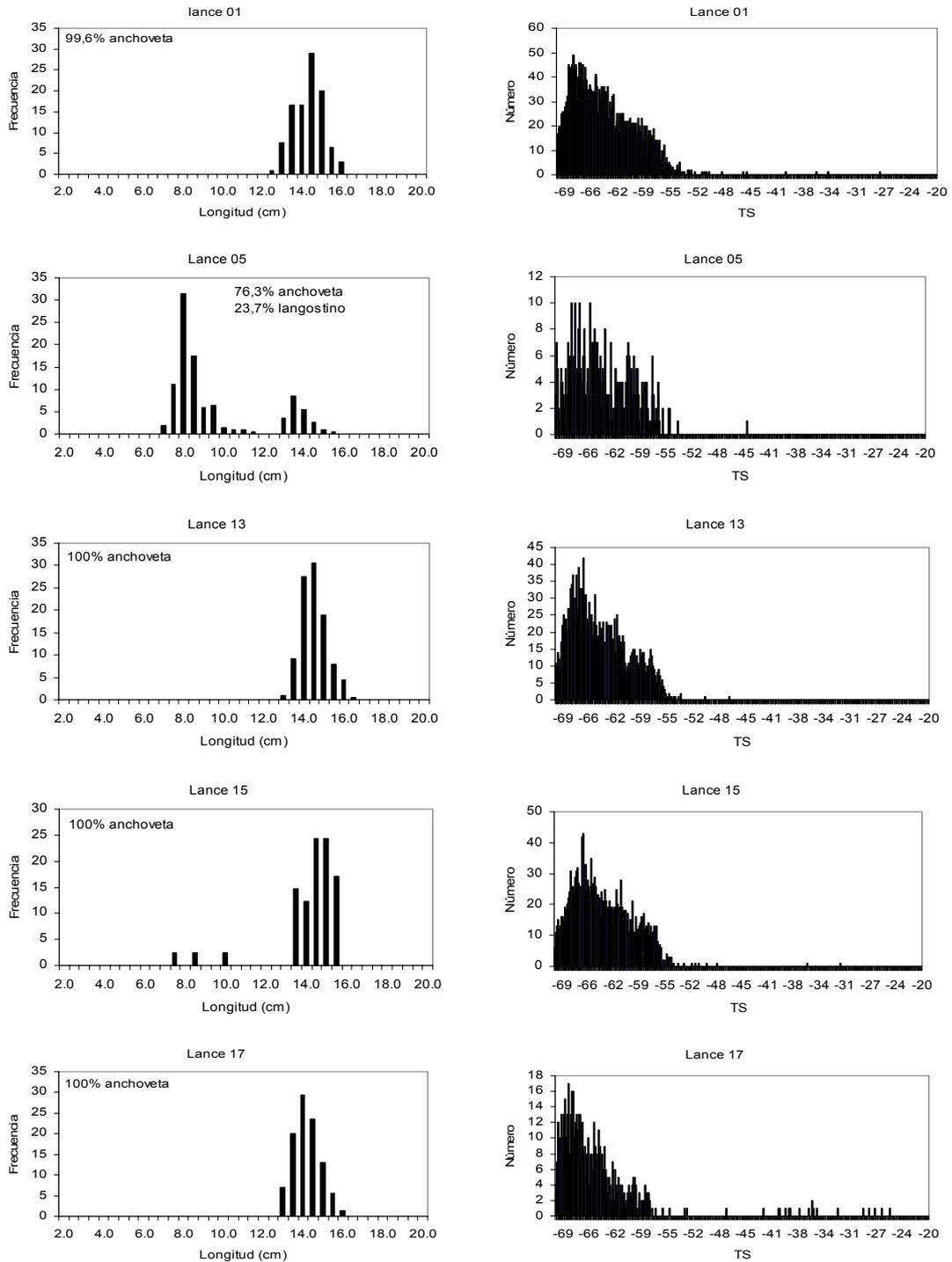
□ Estado 1   ■ Estado 2   ■ Estado 3   ■ Estado 4   □ Estado 5   ■ Estado 6

**Figura 85.** Estados de madurez sexual (%) de anchoveta por sexo, zona 2. Crucero RECLAN152 0912.

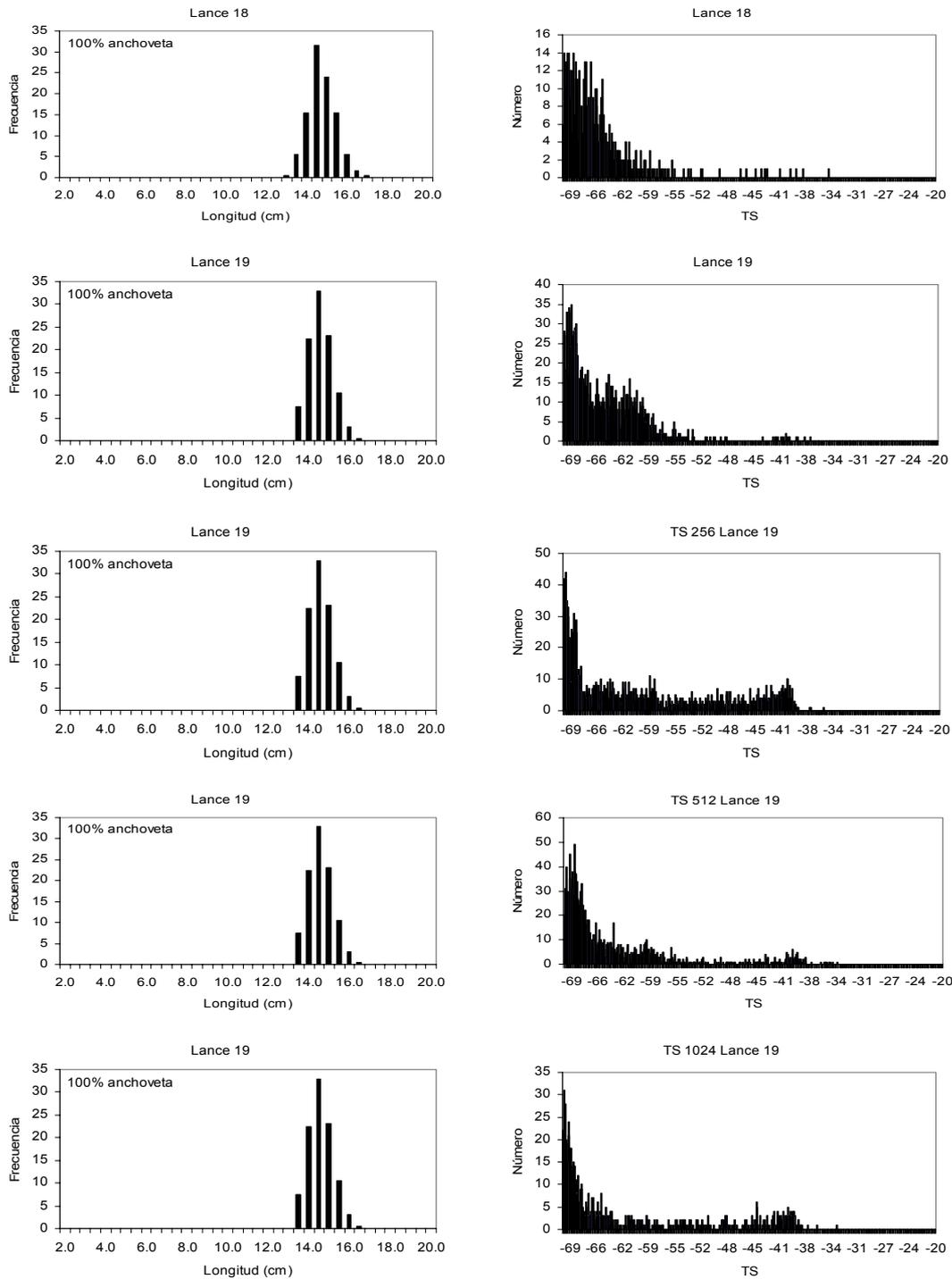


Estado 1   Estado 2   Estado 3   Estado 4   Estado 5   Estado 6

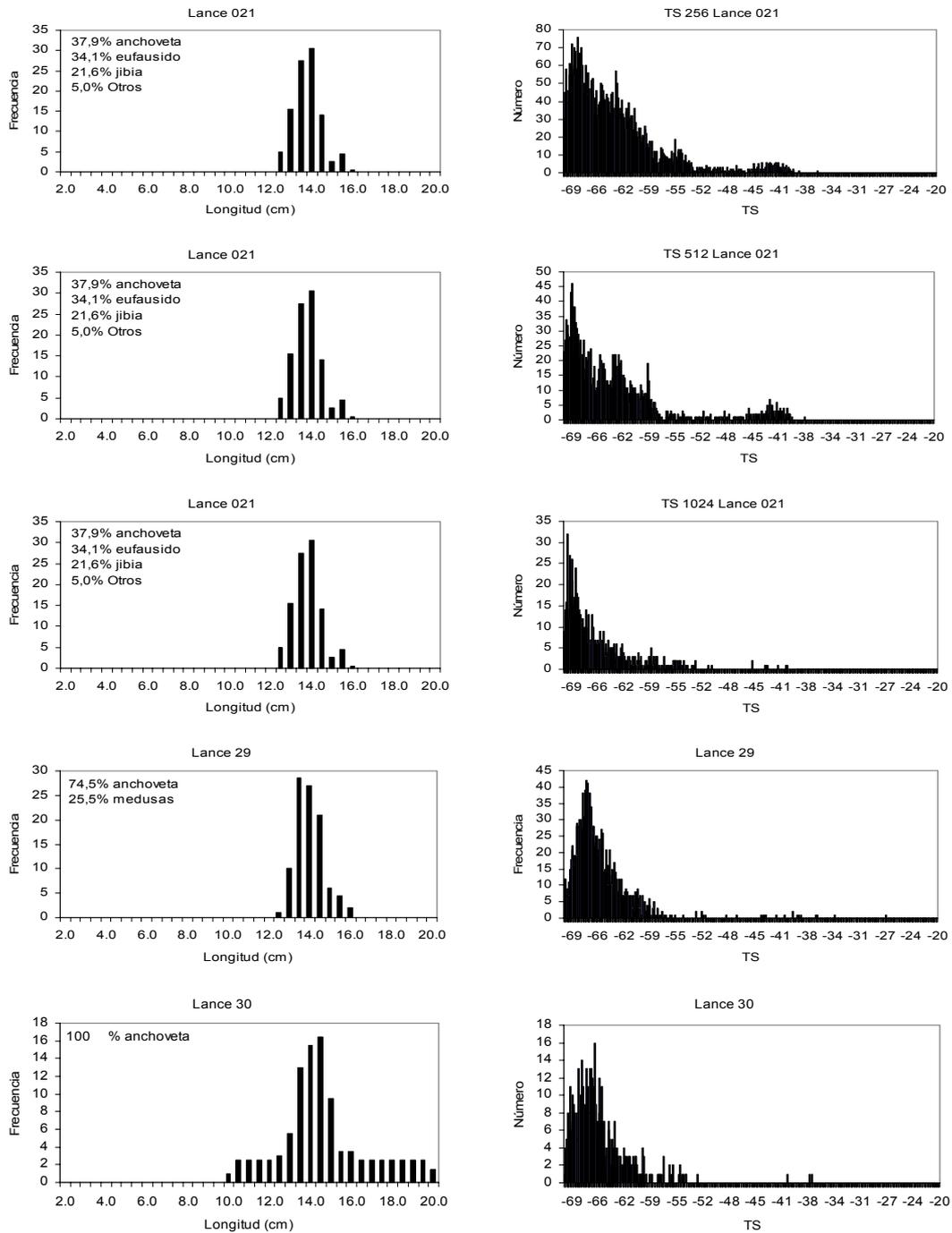
**Figura 86.** Estados de madurez sexual (%) de anchoveta por sexo, zona 3. Crucero RECLAN152 0912.



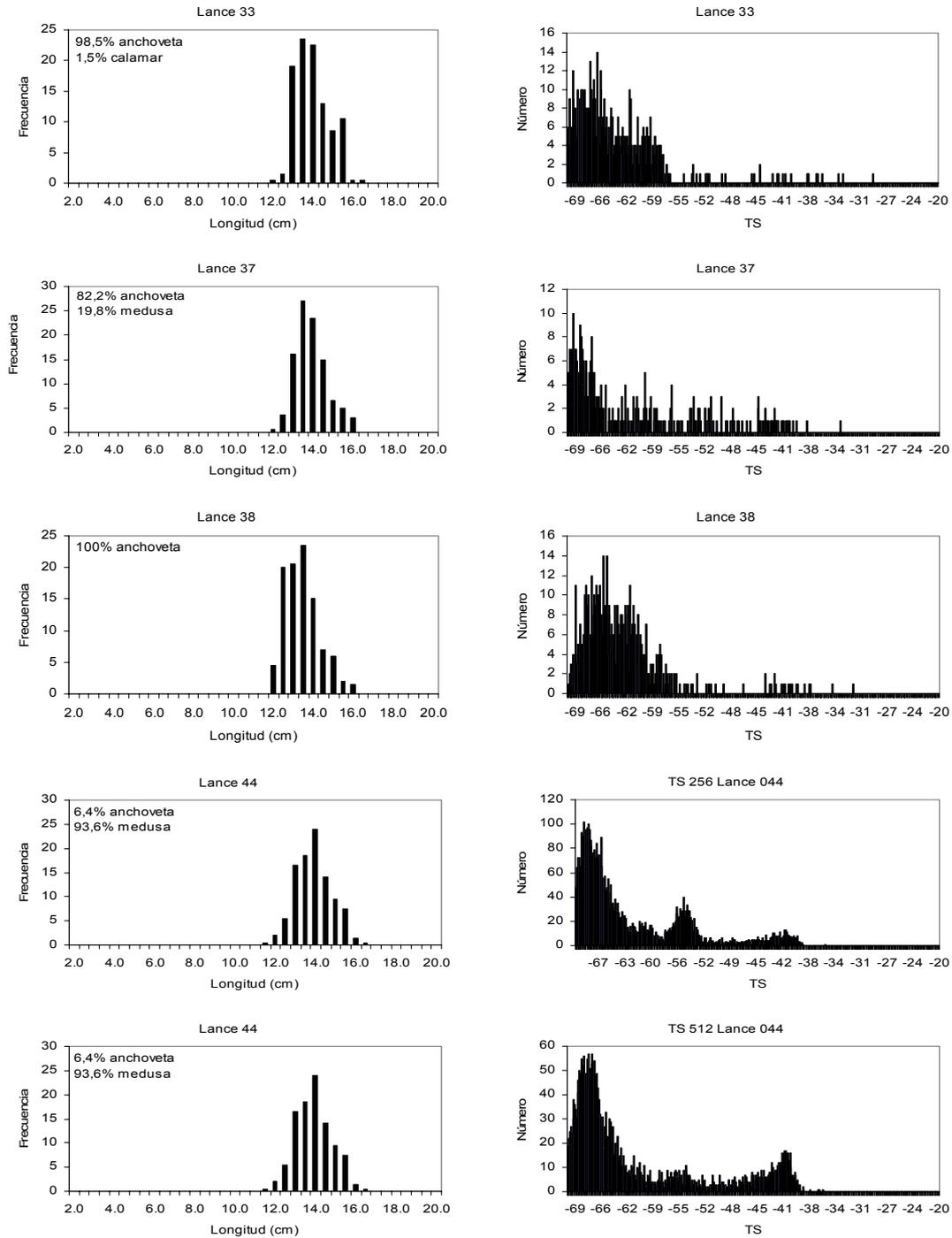
**Figura 87.** Distribuci3n de frecuencia de talla y de TS en lances con dominio de anchoveta en la captura (>75%). Crucero RECLAN152 0912.



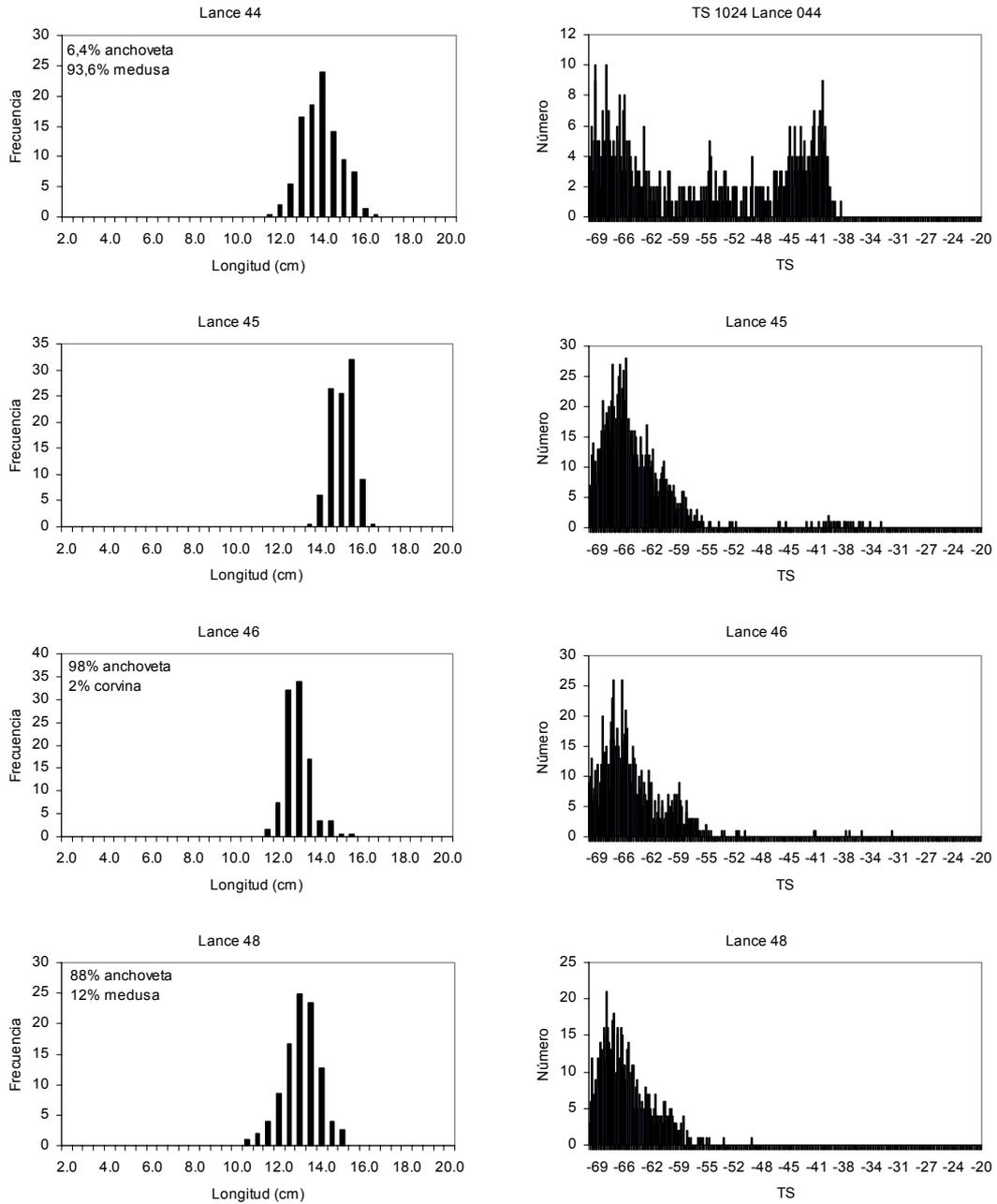
**Figura 87 (cont.).** Distribuci3n de frecuencia de talla y de TS en lances con dominio de anchoveta en la captura (>75%). Crucero RECLAN152 0912.



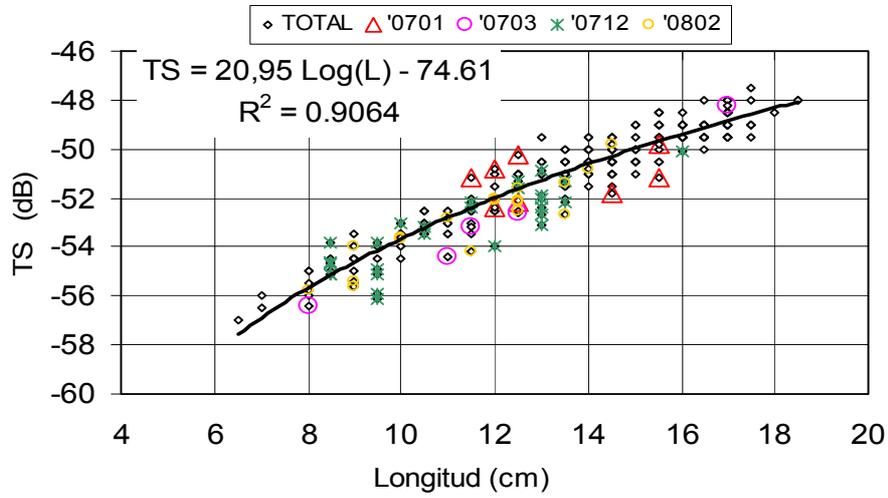
**Figura 87 (cont.).** Distribuci3n de frecuencia de talla y de TS en lances con dominio de anchoveta en la captura (>75%). Crucero RECLAN152 0912.



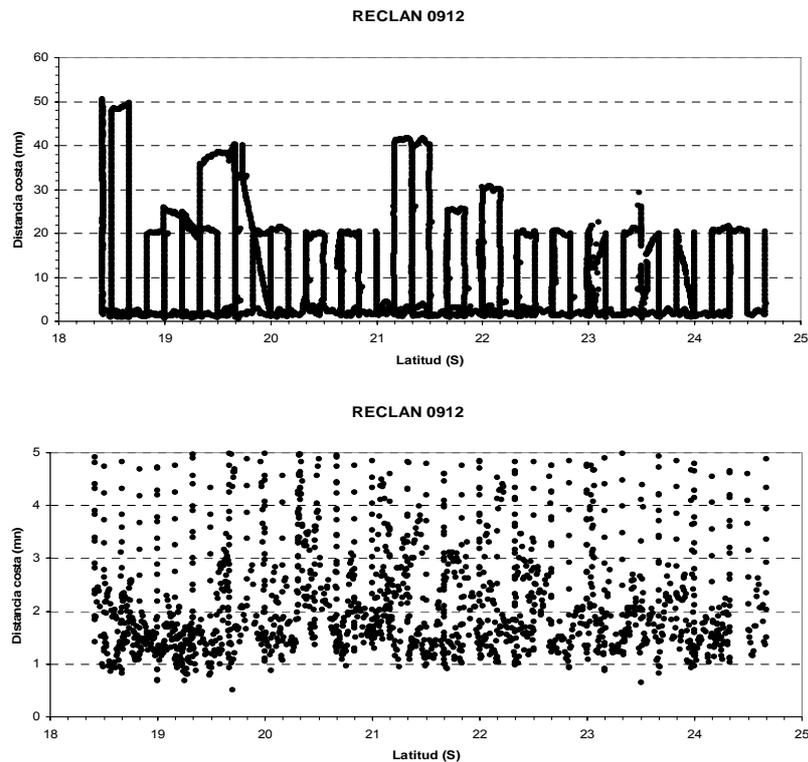
**Figura 87 (cont.).** Distribuci3n de frecuencia de talla y de TS en lances con dominio de anchoveta en la captura (>75%). Crucero RECLAN152 0912.



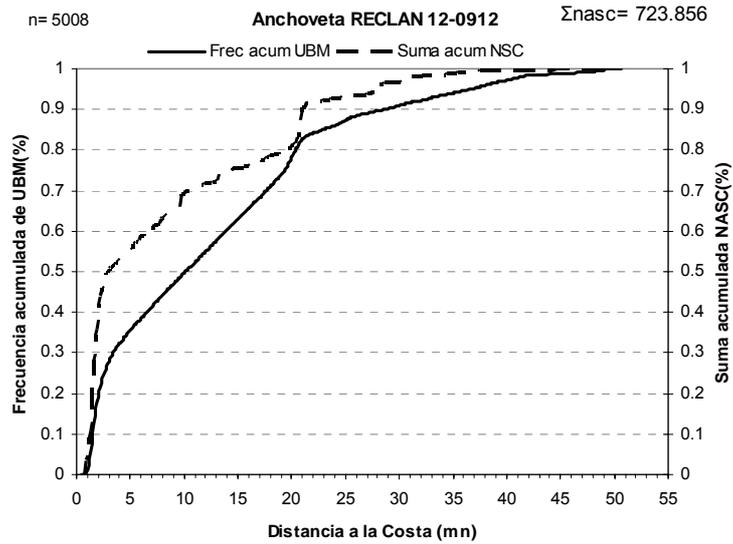
**Figura 87 (cont.).** Distribuci3n de frecuencia de talla y de TS en lances con dominio de anchoveta en la captura (>75%). Crucero RECLAN152 0912.



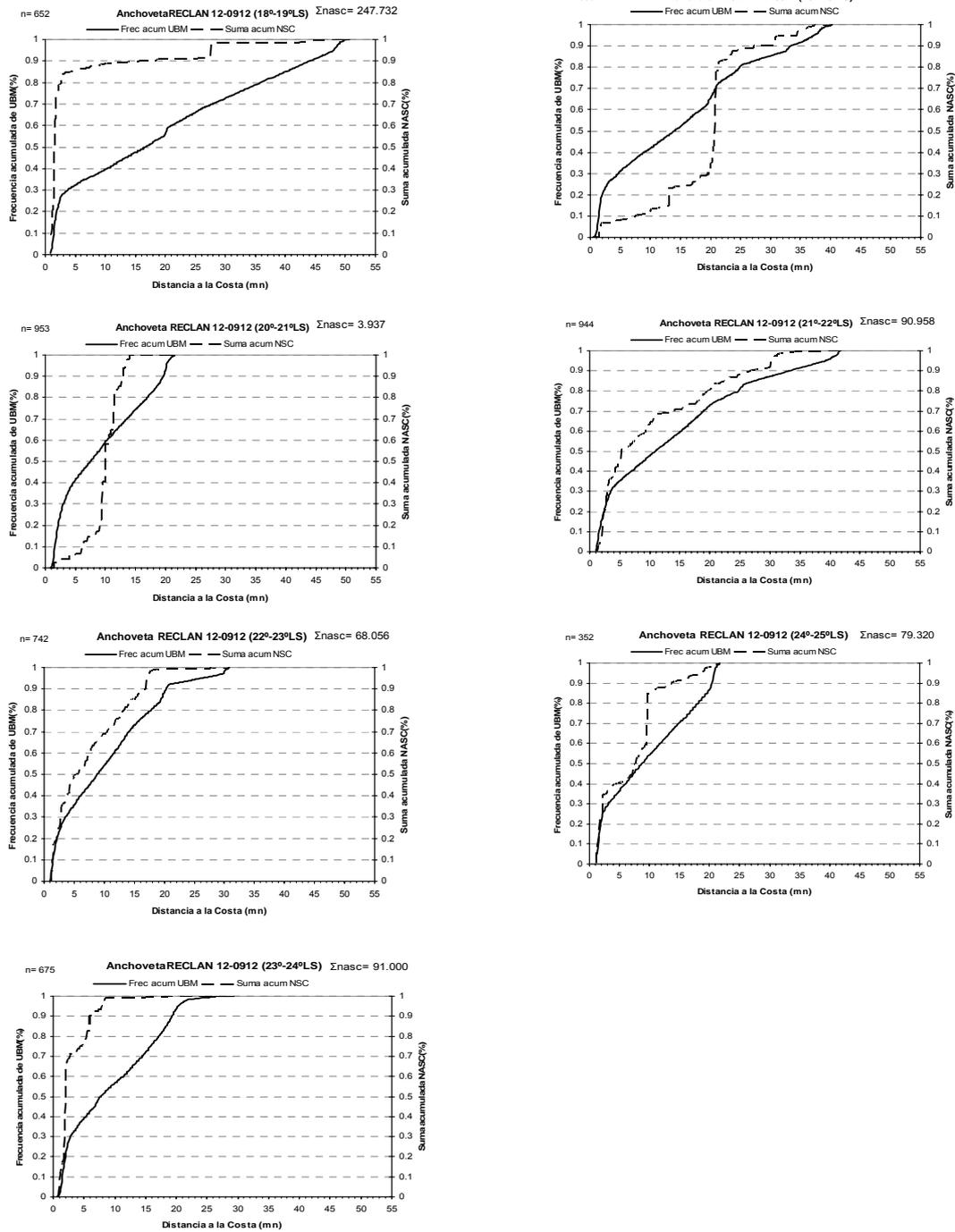
**Figura 88.** Relaci3n funcional de la intensidad de blanco (TS) de anchoveta por talla modal para la serie completa de datos disponible en la zona norte desde 1996.



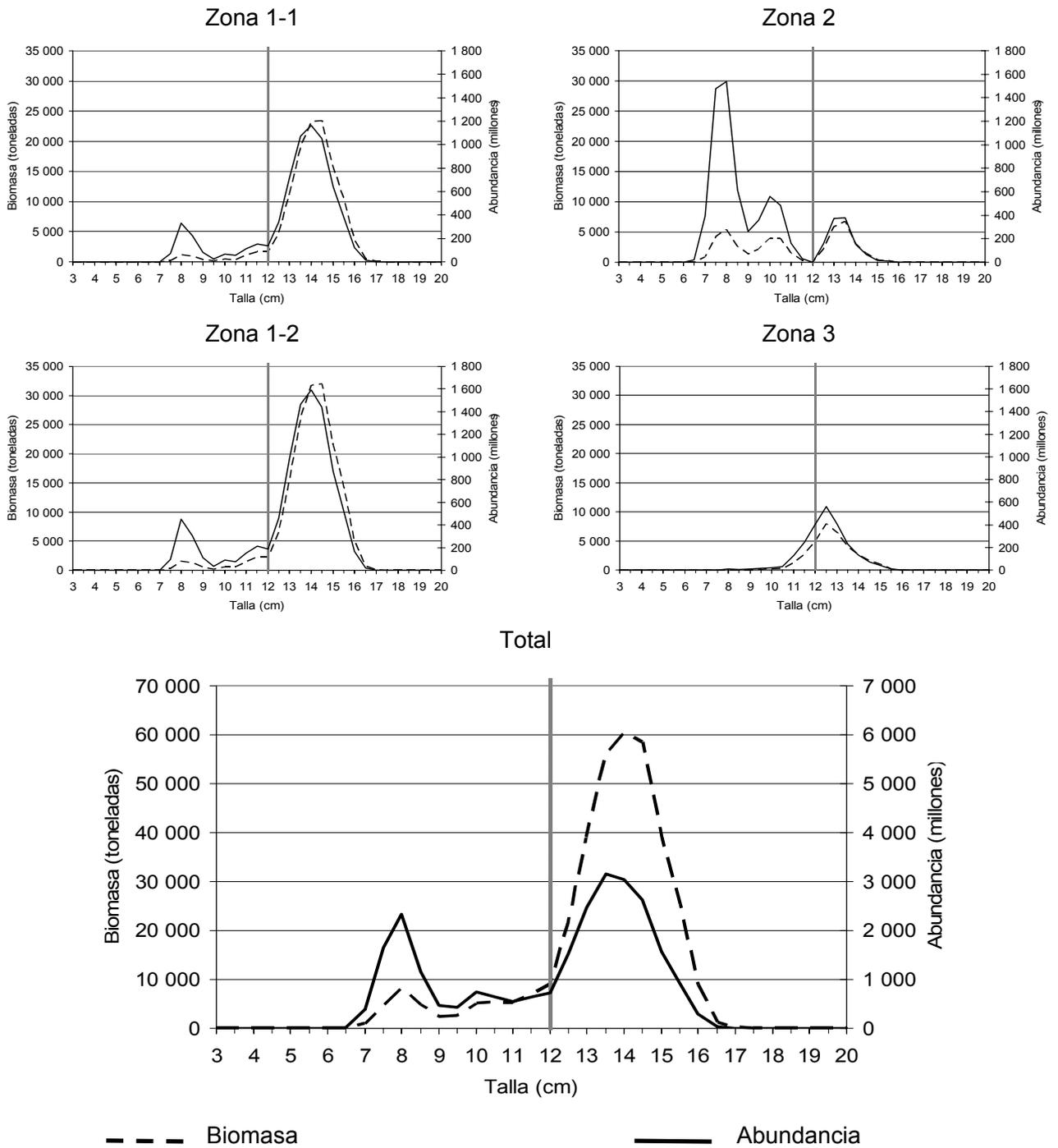
**Figura 89.** Cobertura espacial de la prospecci3n acústica realizada por el B/C Abate Molina durante el crucero RECLAN152 0912.



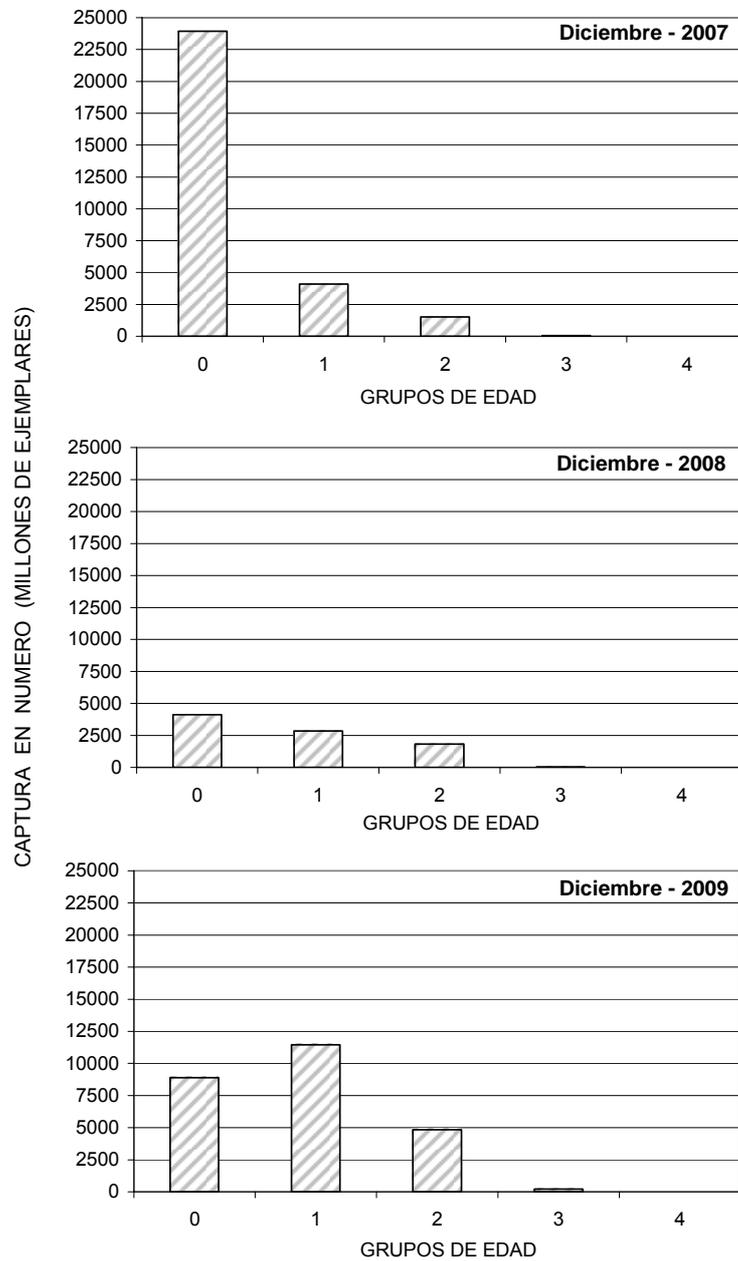
**Figura 90.** Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica de anchoveta en la prospección realizada por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



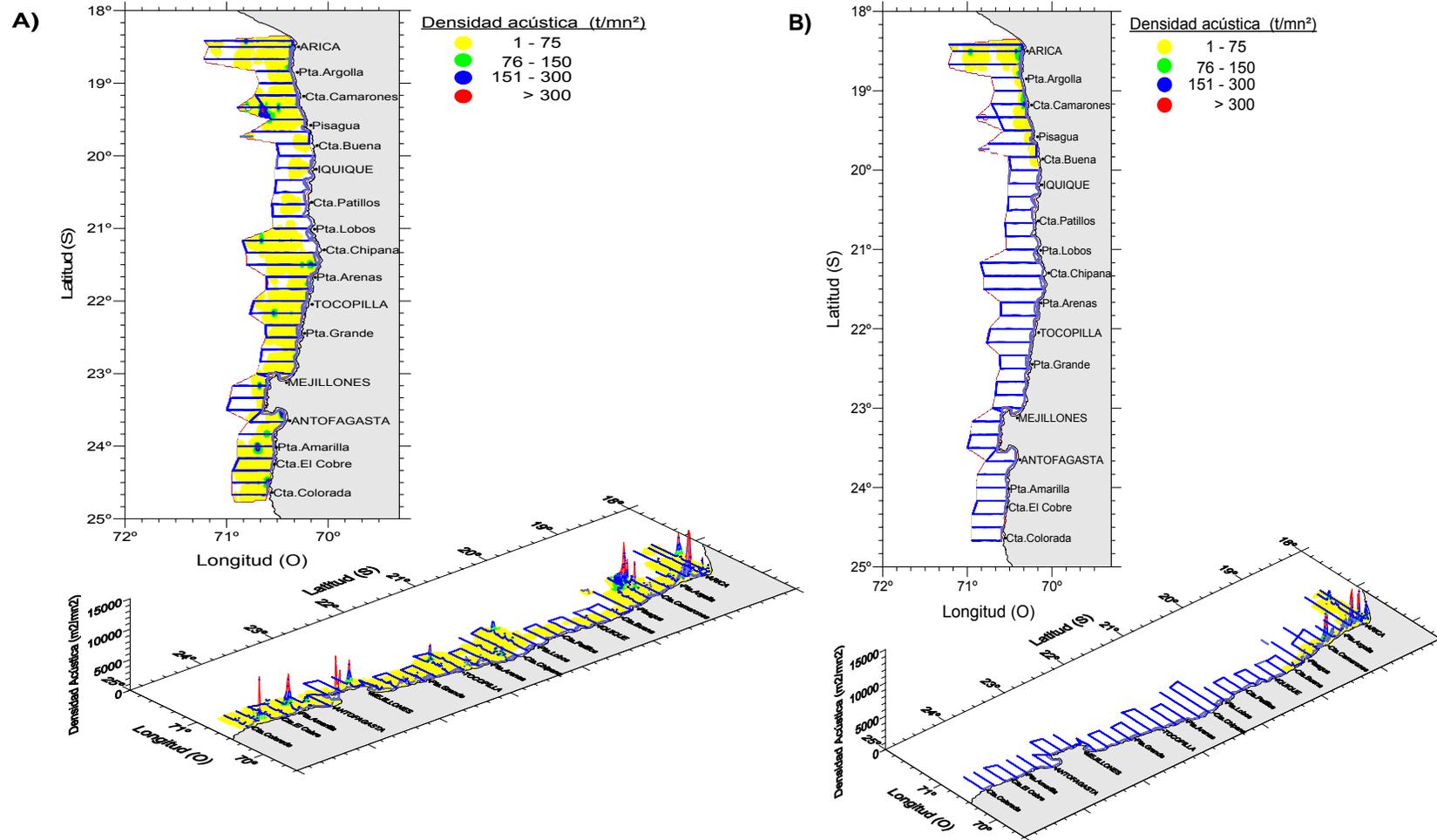
**Figura 91.** Frecuencia acumulada de intensidad de muestreo y de energía acústica para anchoveta agrupada por grado de latitud proveniente la prospección realizada por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.



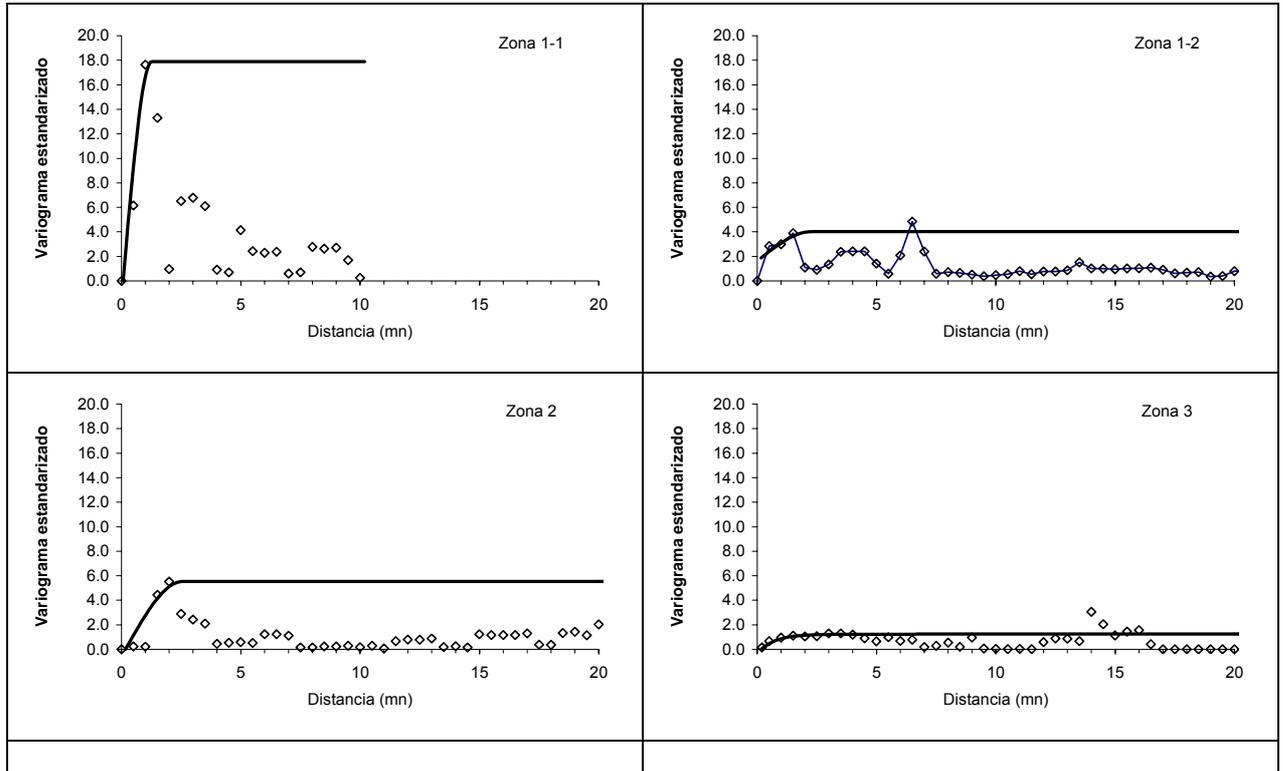
**Figura 92.** Abundancia y biomasa a la talla de anchoveta por subzona y total entre Arica y punta Buitre (24° 40'S) durante la primavera del 2009. Crucero RECLAN152 0912. Se indica la talla de primera madurez sexual (12 cm)



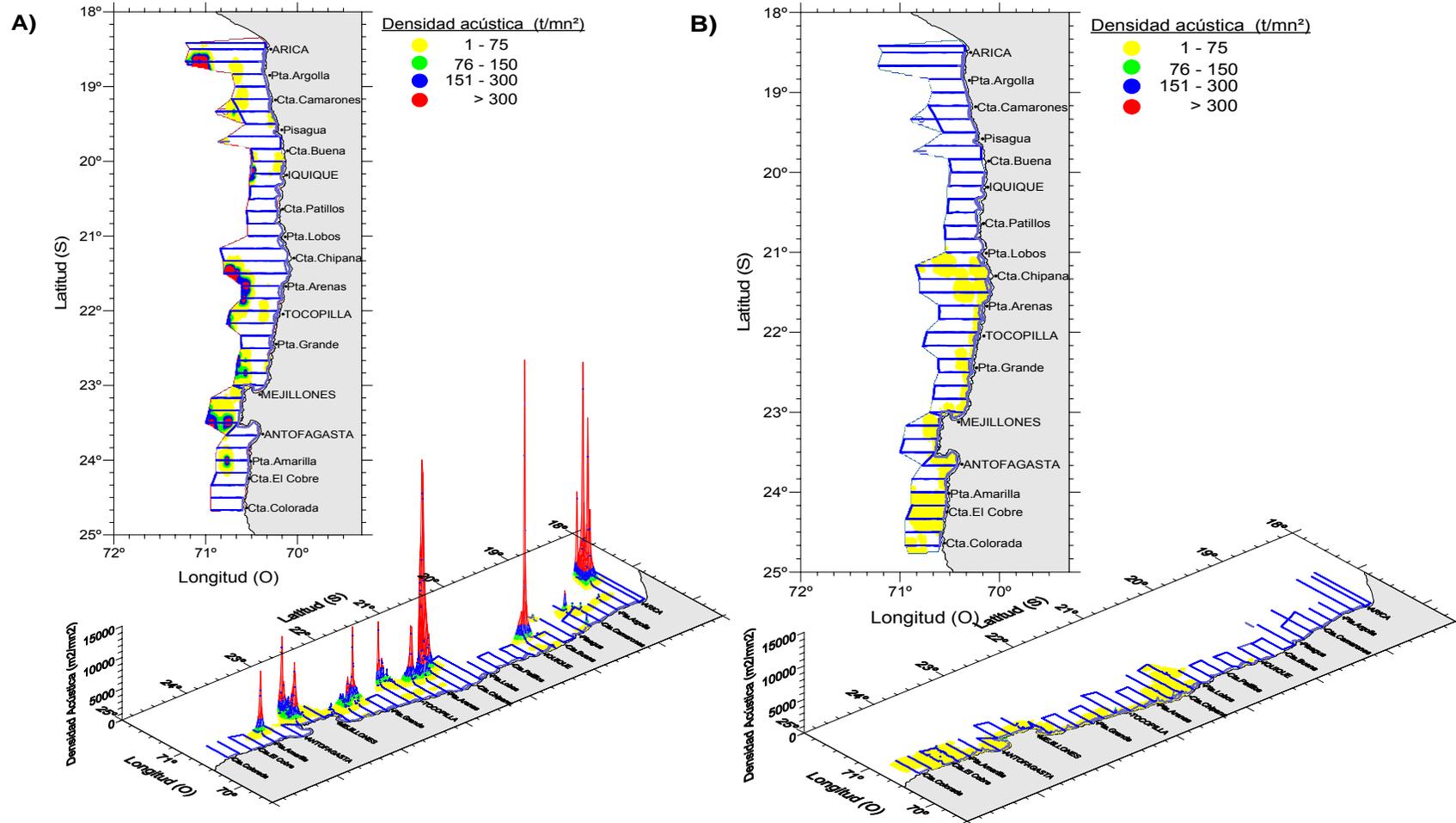
**Figura 93.** Composici3n de captura en n3mero por grupo de edad de anchoveta. Cruceros de evaluaci3n hidroac3stica Zona Norte (XV, I y II regi3n), diciembre 2007 al 2009.



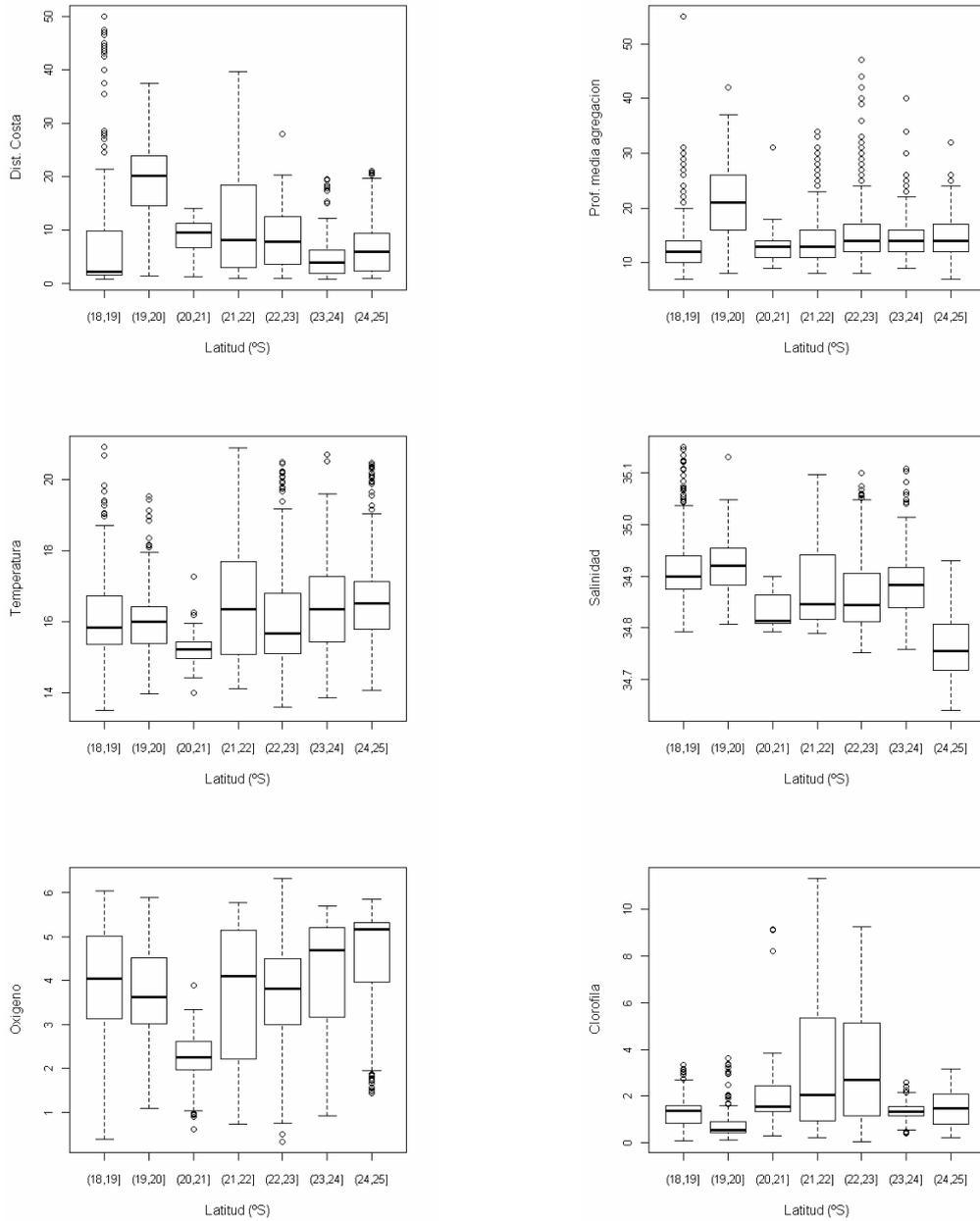
**Figura 94.** Distribuci3n espacial de la densidad acústica ( $t/mn^2$ ) de anchoveta (a) y langostino (b) durante el Crucero RECLAN152 0912.



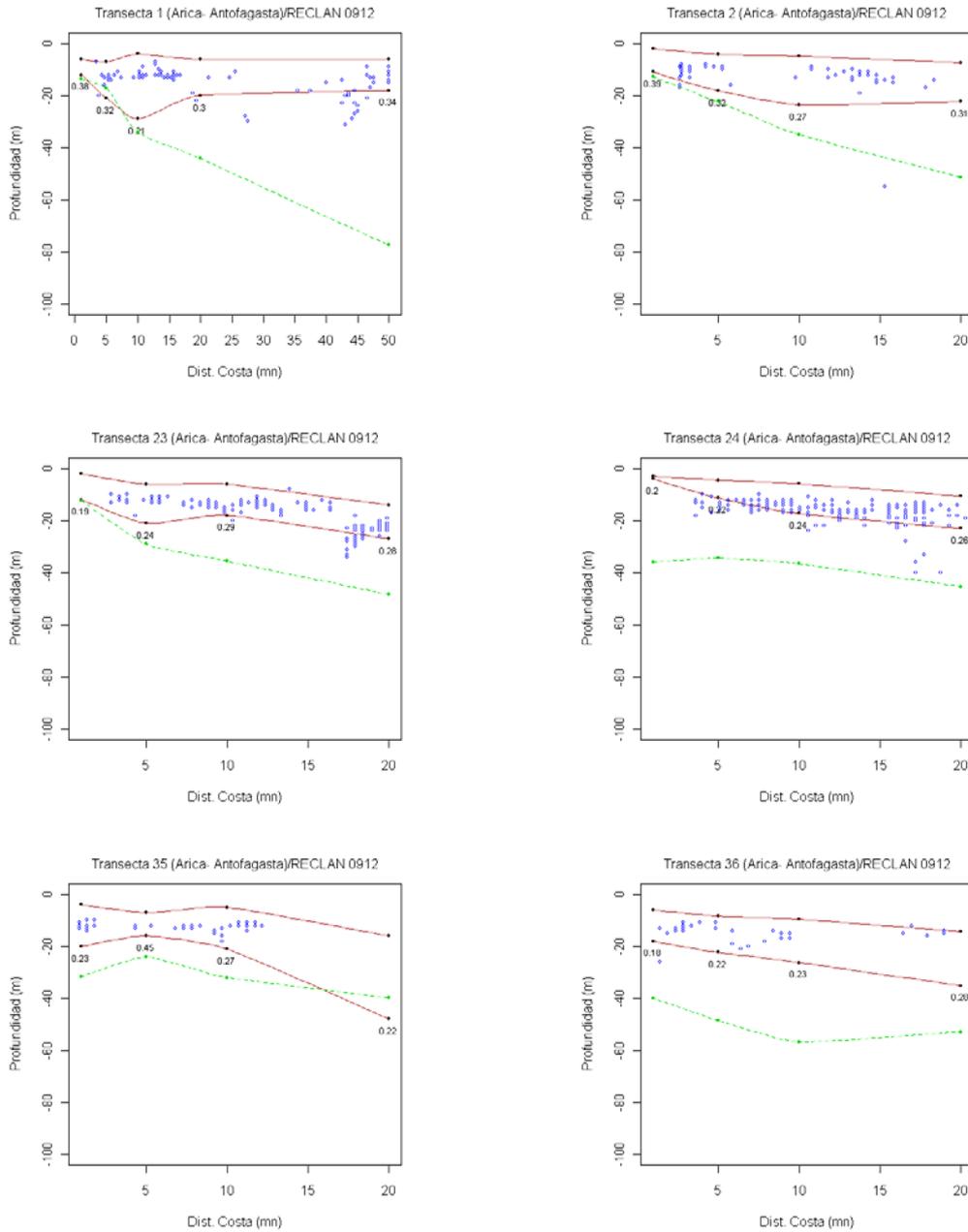
**Figura 95** Variogramas de la densidad acústica de anchoveta retrotransformados según la metodología propuesta por Rivoirad *et al* y estandarizados por las varianzas muestrales. Crucero RECLAN152 0912.



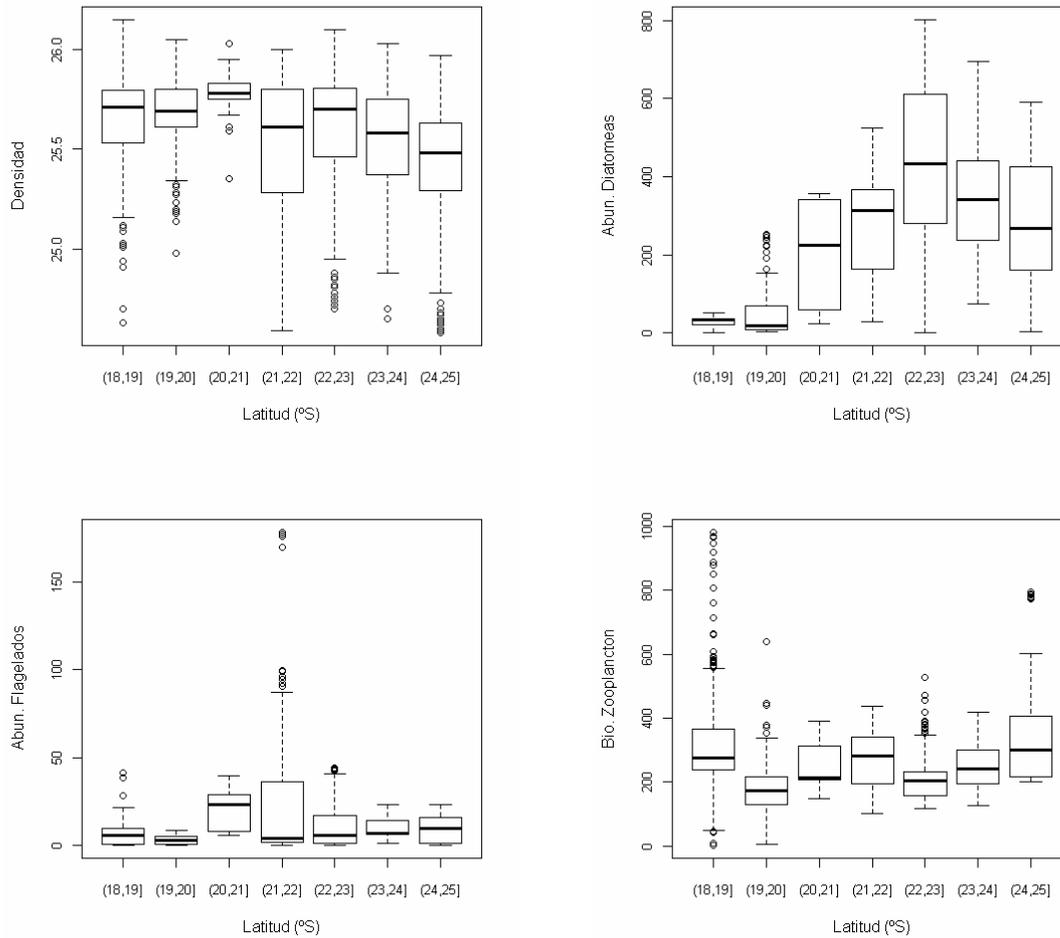
**Figura 96.** Distribuci3n espacial de la densidad acústica ( $t/mn^2$ ) de vinciguerría (a) y medusa (b) durante el Crucero RECLAN152 0912.



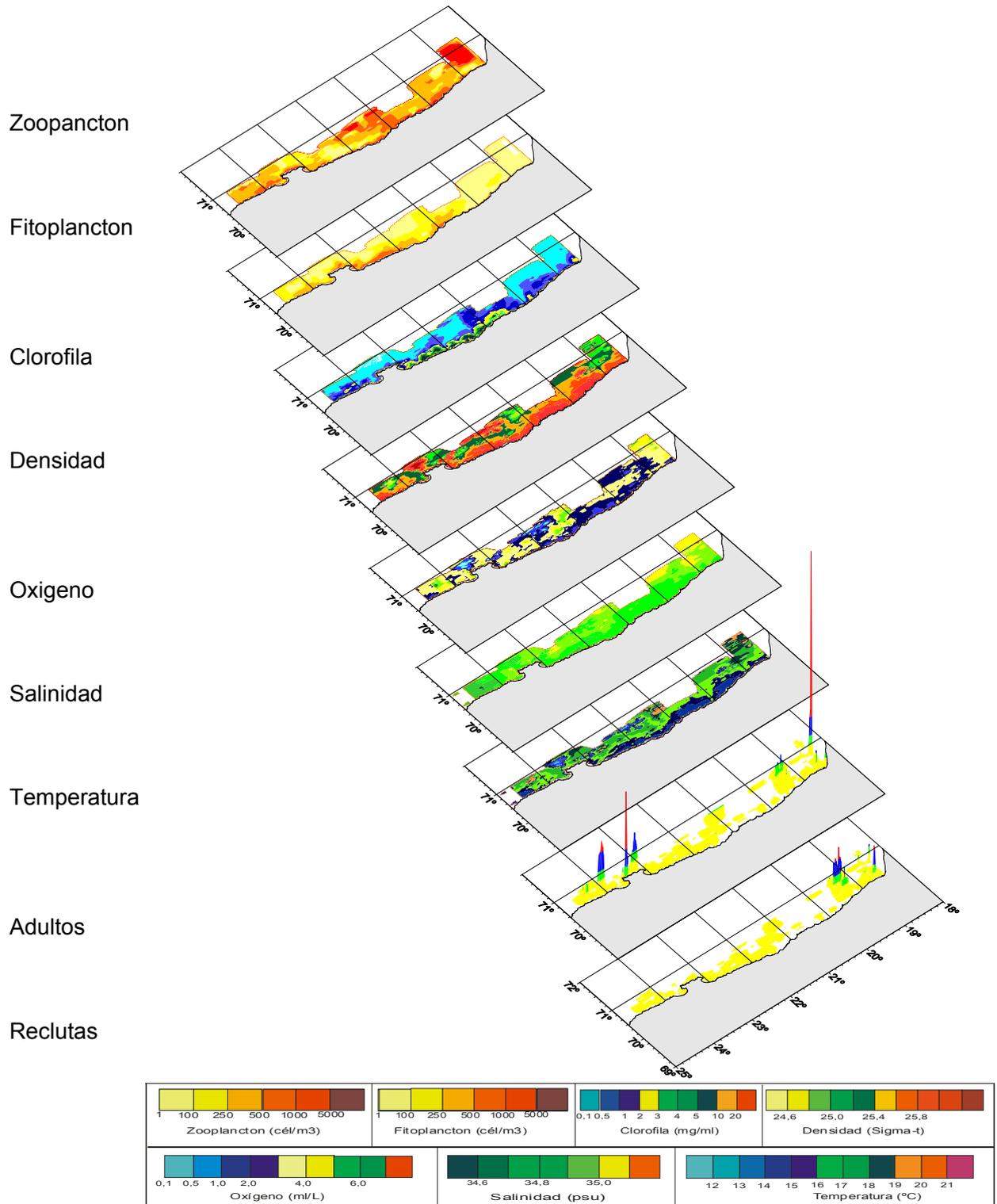
**Figura 97.** Box plot de las variables distancia a la costa (mn), profundidad media de las agregaciones (m), temperatura (°C), salinidad (psu), oxigeno (ml/l) y clorofila (mg/m<sup>2</sup>), en que se distribuyeron las agregaciones de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.



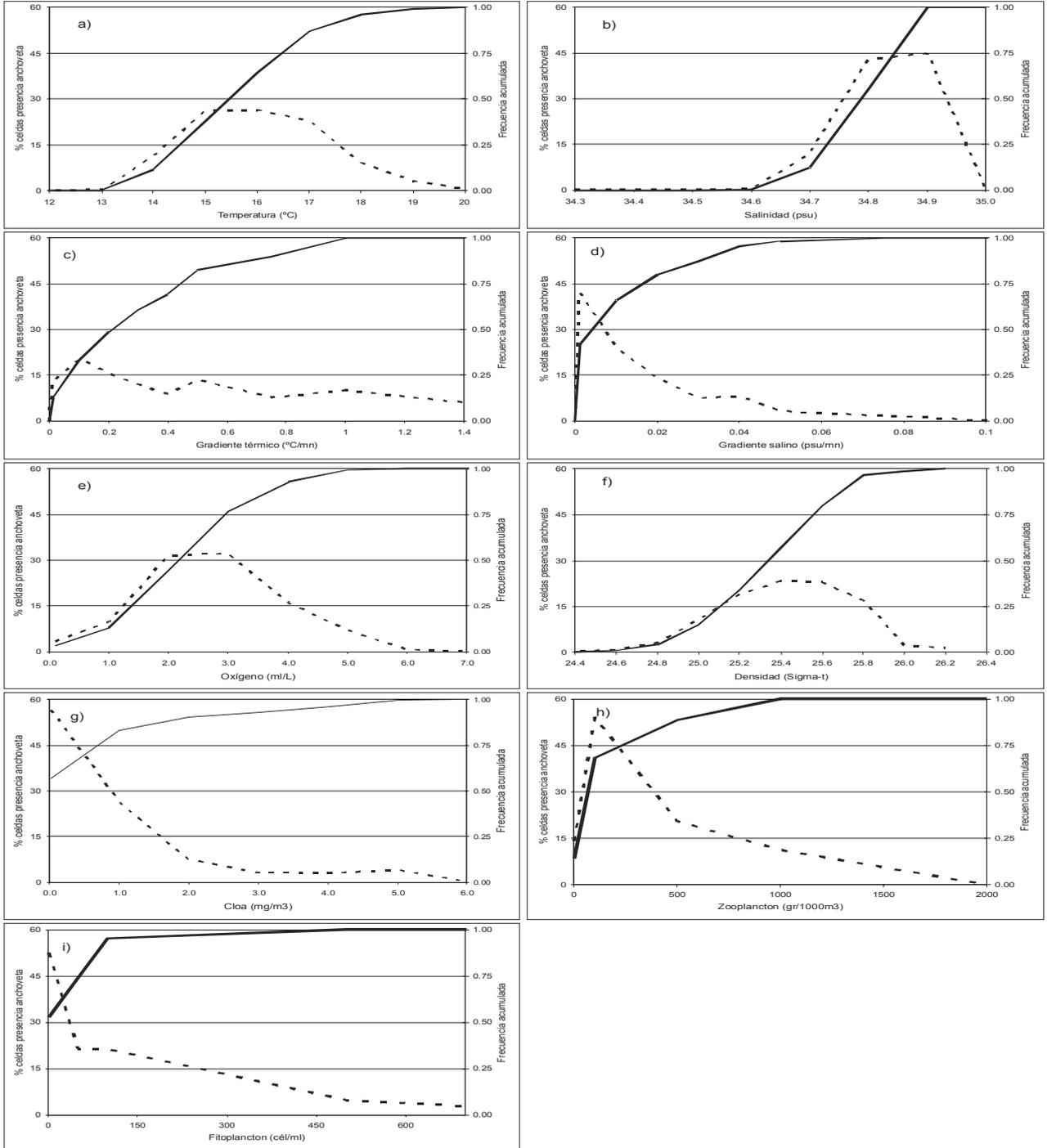
**Figura 98.** Distribuci3n vertical de las agregaciones de anchoveta ( o ), l3mites de la termoclina ( — ) y zona de la m3nima de ox3geno (ZMO) ( - - - ) respecto a la distancia a la costa. Crucero RECLAN152 0912.



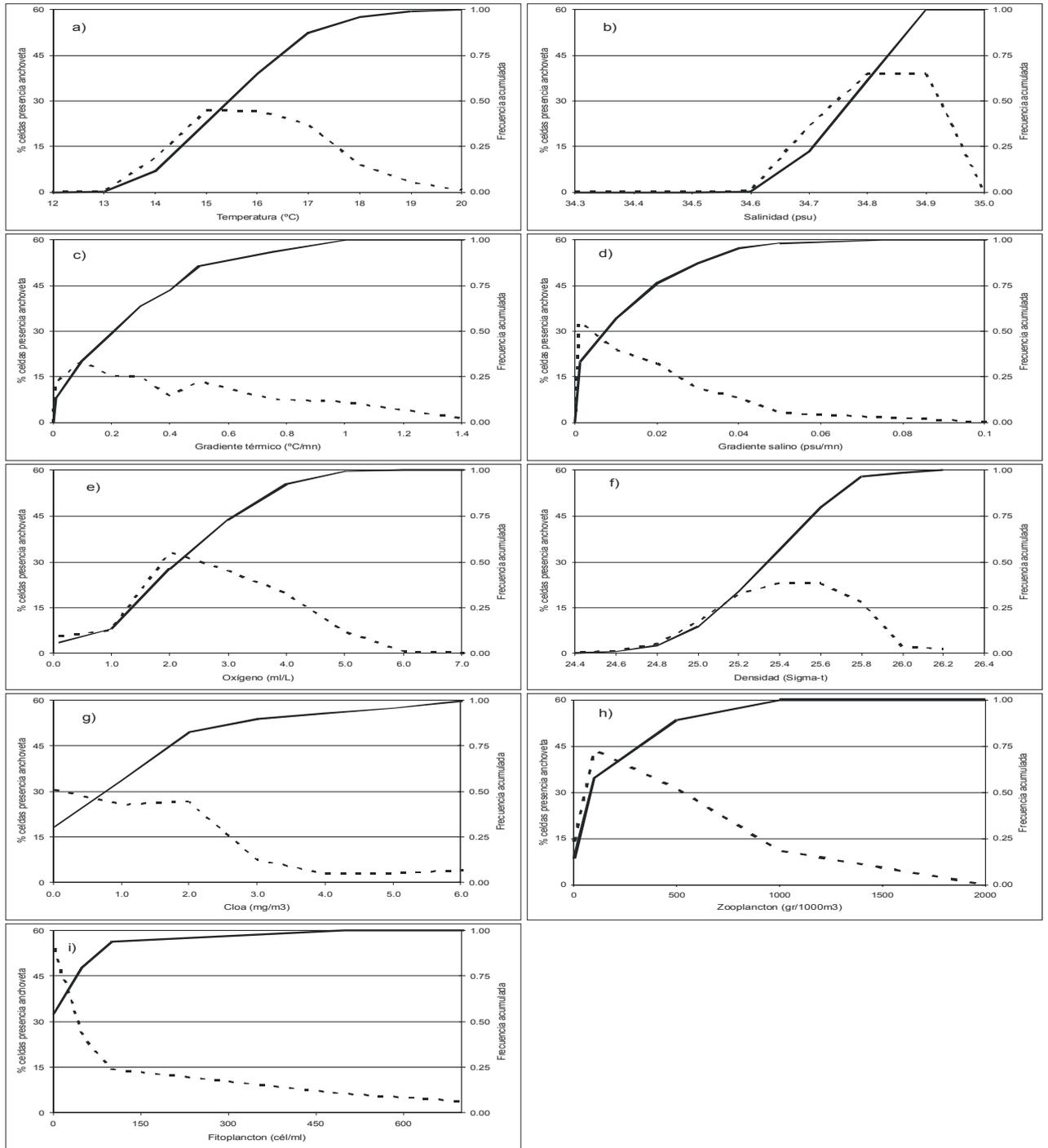
**Figura 99.** Box plot de las variables densidad (kg/m<sup>3</sup>), abundancia de diatomeas (cel/ml), abundancia de flagelados (cel/ml) y biomasa de Zooplancton en que se distribuyeron las agregaciones de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.



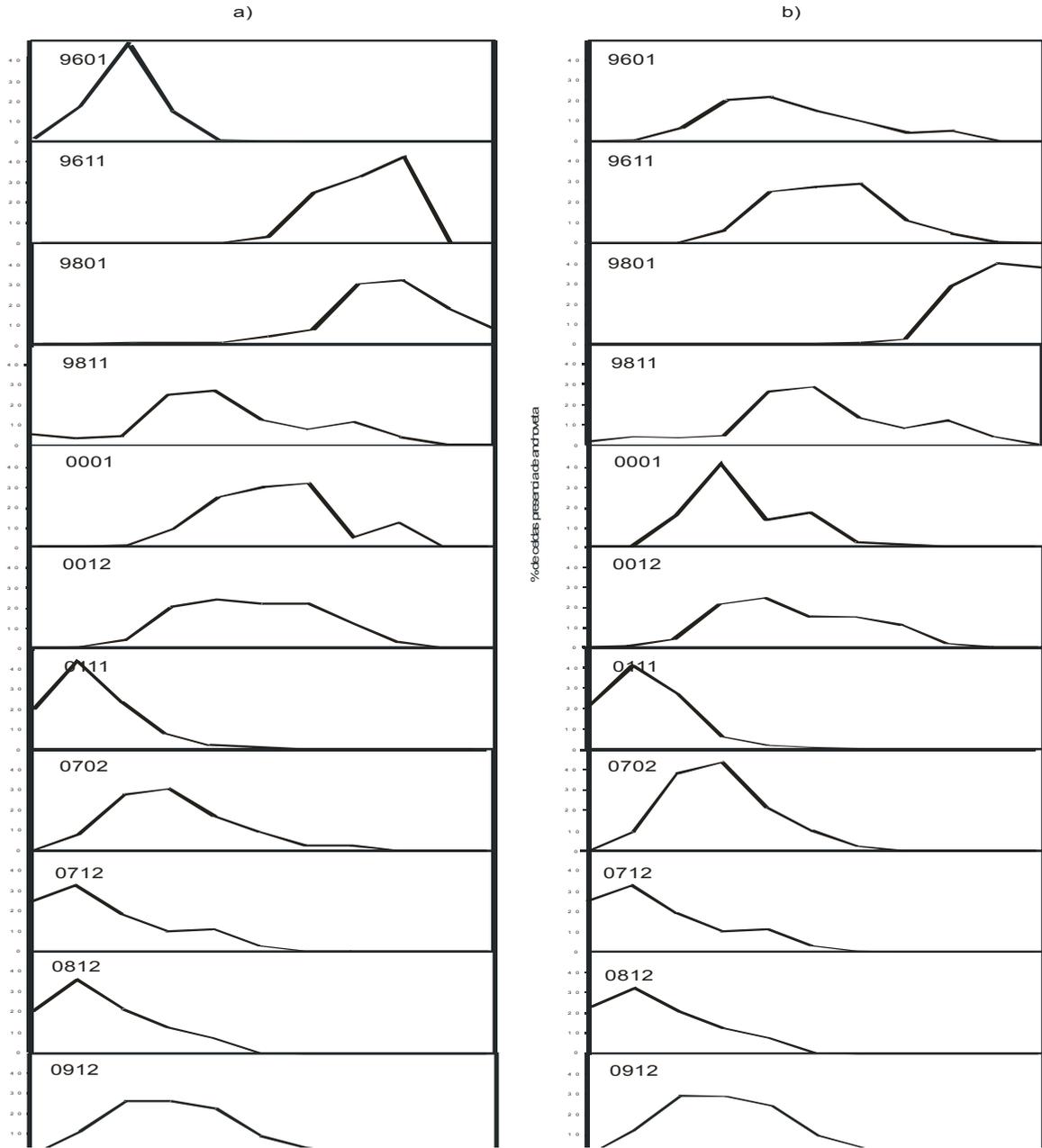
**Figura 100.** Distribución espacial de los adultos y reclutas y de las variables variables bio-oceanográficas. Crucero RECLAN152 0912



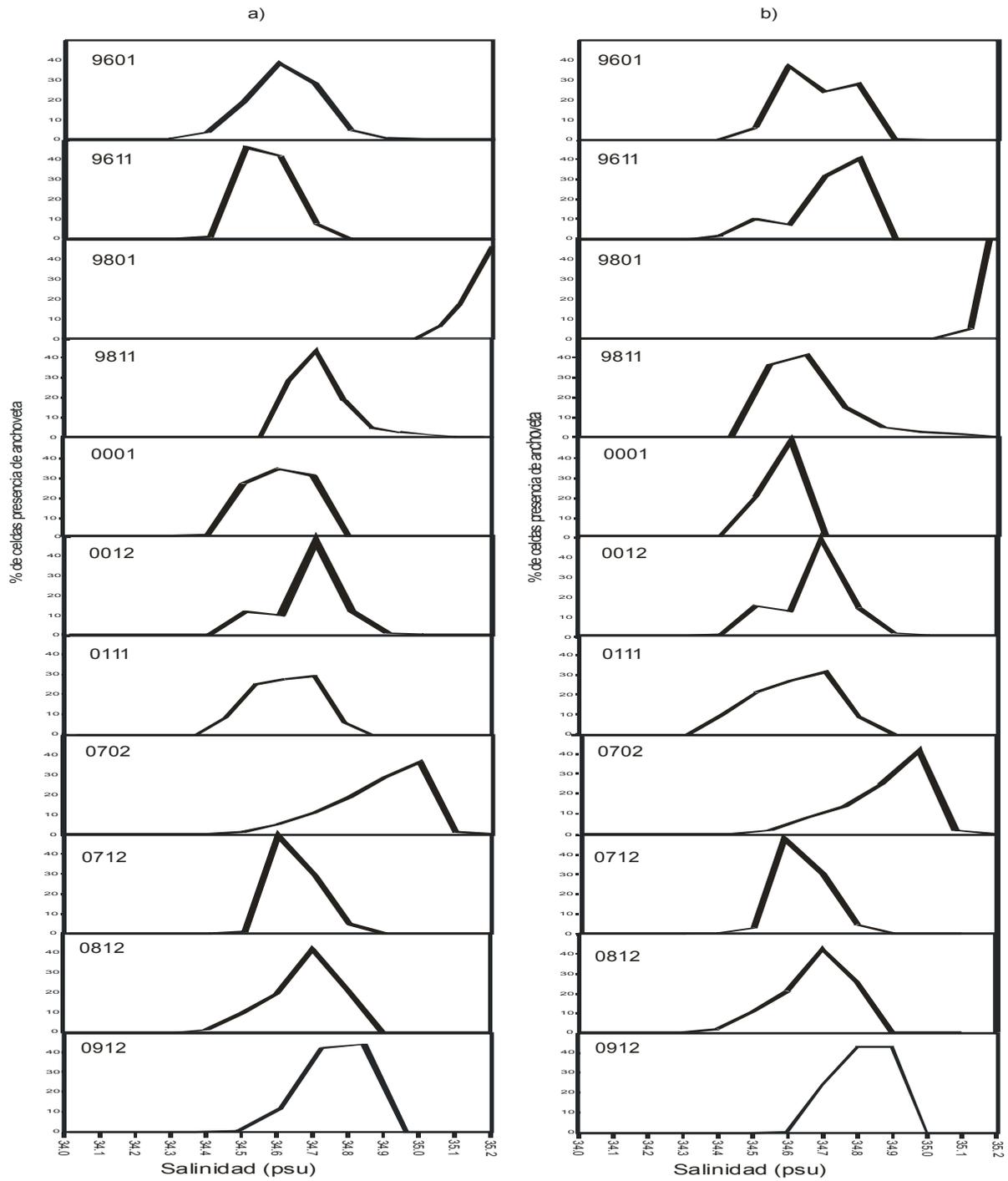
**Figura 101.** Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de adultos de anchoveta en relación a las variables bio-oceanográficas. Crucero RECLAN152 0912.



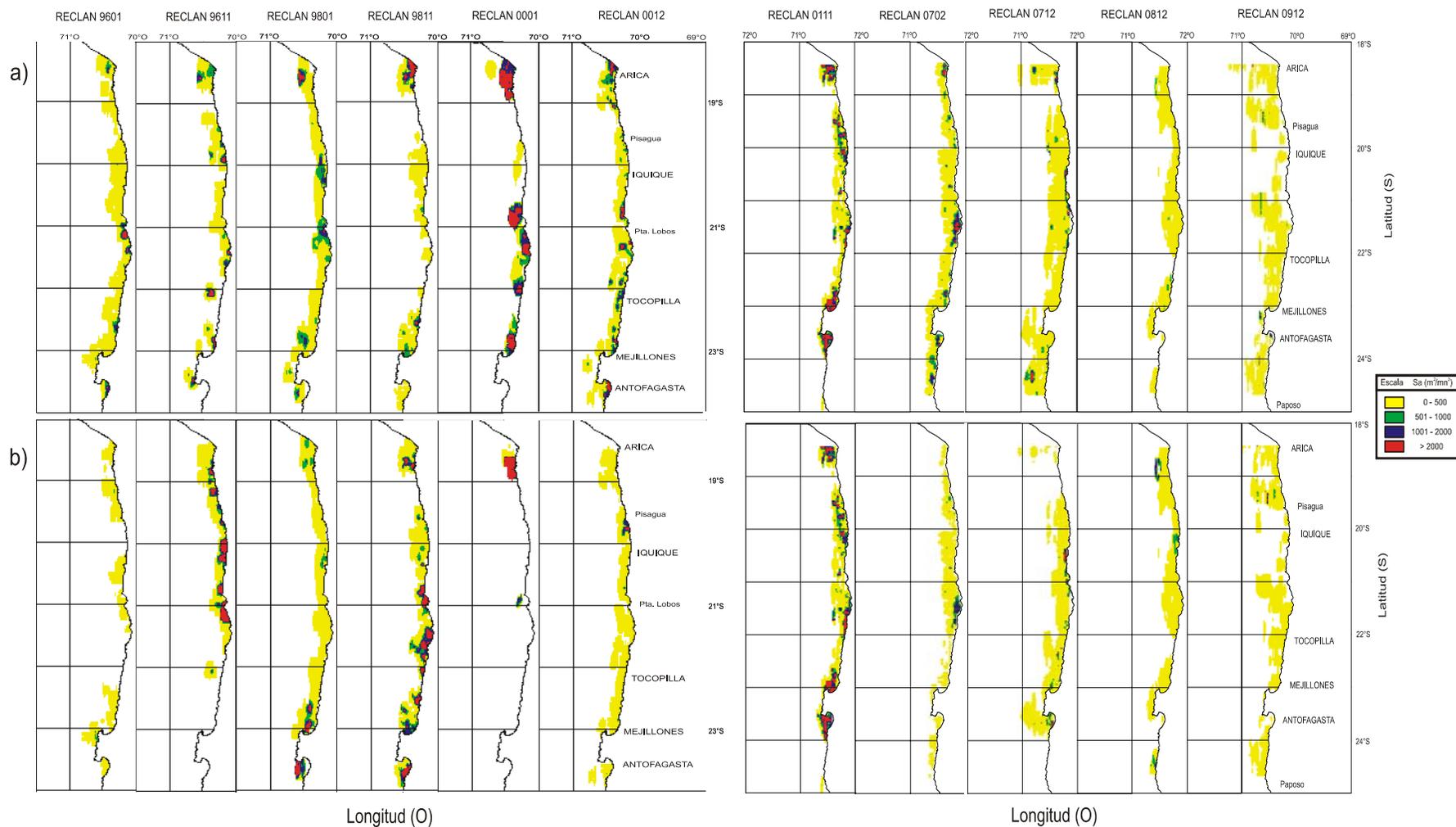
**Figura 102.** Frecuencia acumulada y rangos de preferencia de adultos de anchoveta en relaci3n a las variables bio-oceanogr3ficas. Crucero RECLAN152 0912.



**Figura 103.** Rangos de distribución históricos respecto de la temperatura a) adultos y b) reclutas.



**Figura 104.** Rangos de distribución histórica respecto de la salinidad a) adultos y b) reclutas.



**Figura 105.** Distribuci3n espacial de las distribuciones de: a) adultos y b) reclutas en la zona norte de Chile.

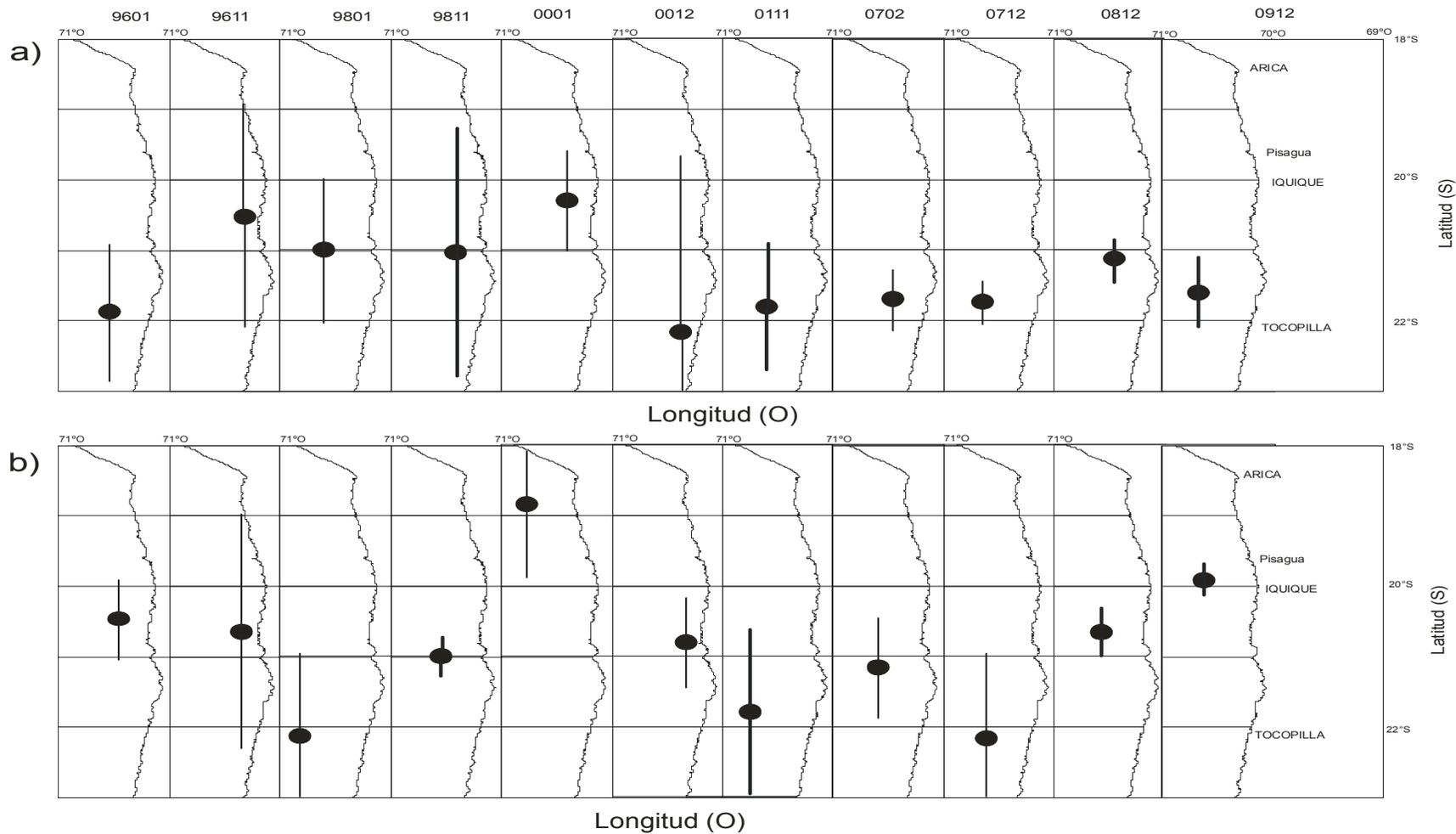
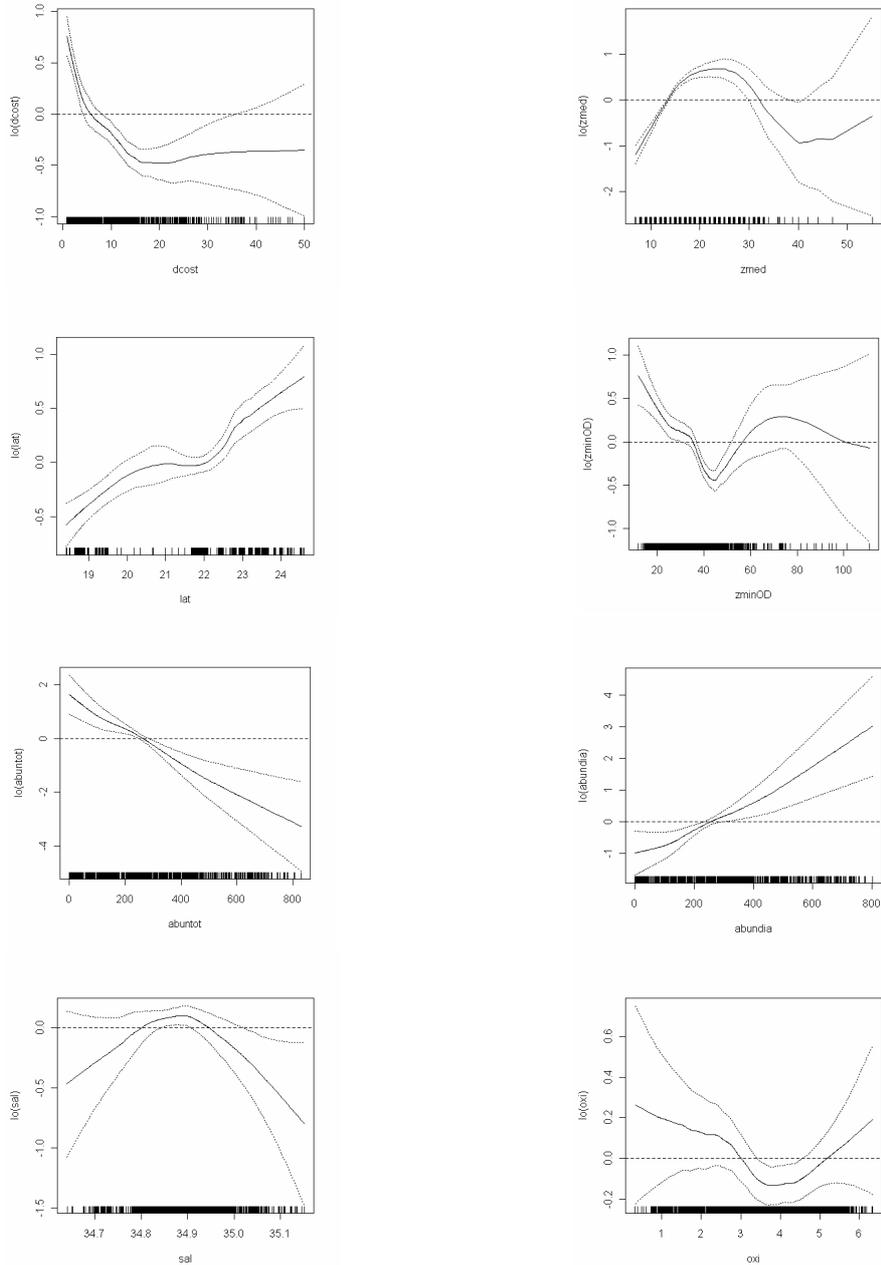
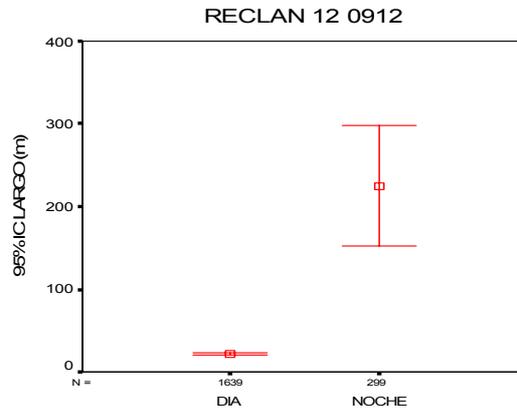


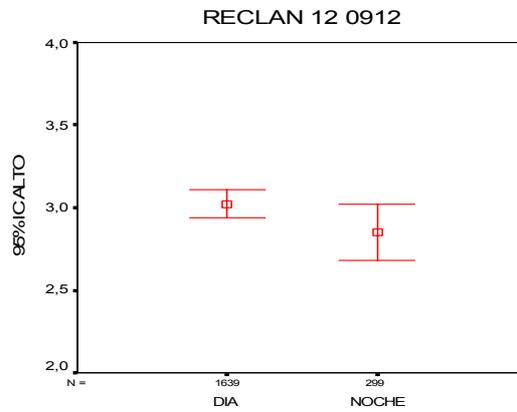
Figura 106. Localizaci3n de los centros de gravedad hist3ricos de las distribuciones de a) adultos y b) reclutas.



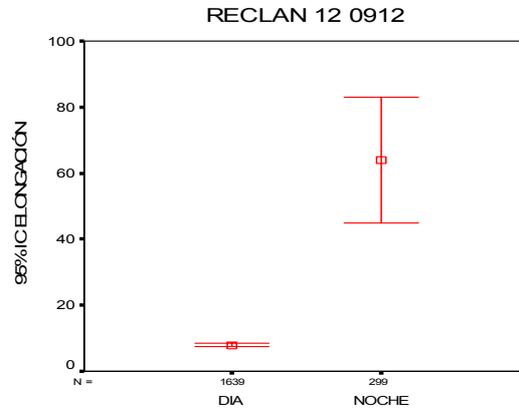
**Figura 107.** Efectos de los predictores Distancia a la costa (dcost), profundidad media de la agregación (zmed), latitud (lat), profundidad mínima de oxígeno (zminOD), abundancia total (abuntot), abundancia de diatomeas (abundia), salinidad (sal) y oxígeno (oxi) sobre la variable logaritmo de la densidad de anchoveta, ajustado a un modelo GAM. Líneas segmentadas corresponden a bandas de confianza y lo(predictor) función suavizadora loess. Crucero RECLAN152 0912.



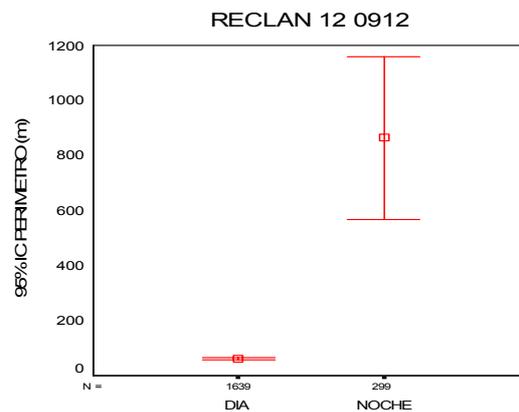
**Figura 108.** Valores promedio e Intervalo de confianza del largo de agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.



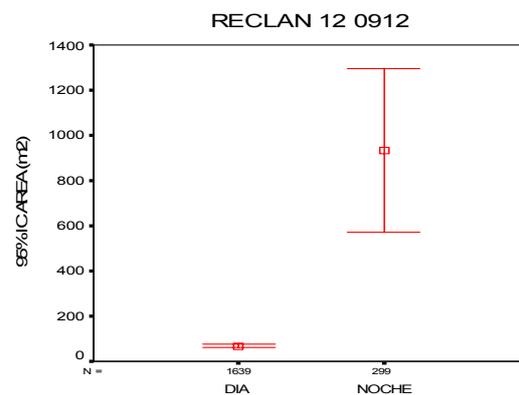
**Figura 109.** Valores promedio e Intervalo de confianza del alto de, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.



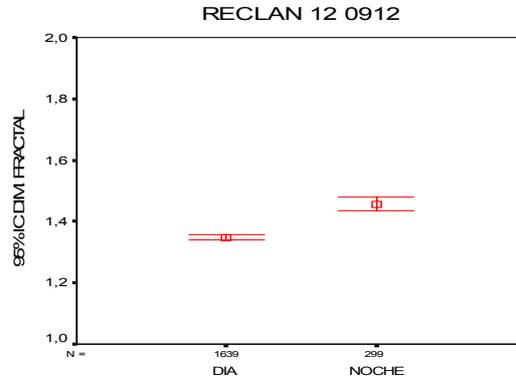
**Figura 110.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la elongaci3n de anchoveta por cruceo, caso diurno y nocturno. Cruceo RECLAN152 0912.



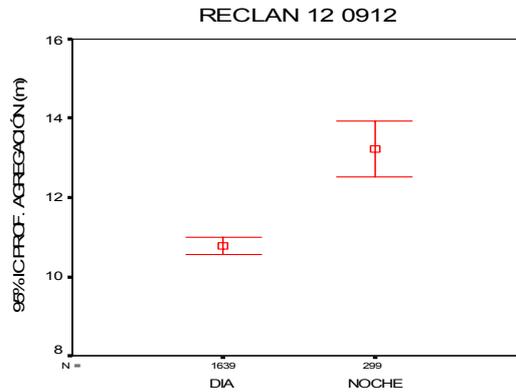
**Figura 111.** Valores promedio e Intervalo de confianza del perimetro de, caso diurno y nocturno. Cruceo RECLAN152 0912.



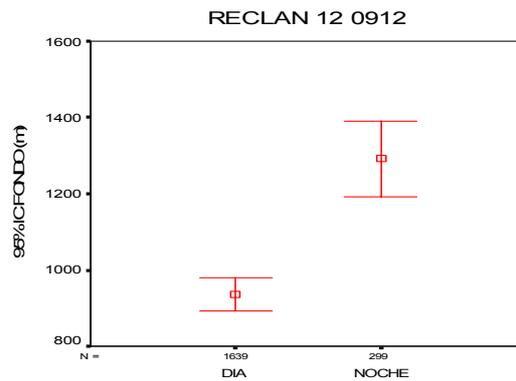
**Figura 112.** Valores promedio e Intervalo de confianza del área de anchoveta por cruceo, caso diurno y nocturno. Cruceo RECLAN152 0912.



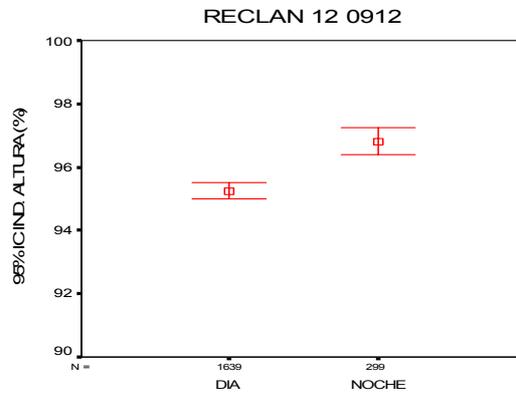
**Figura 113.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la dimensi3n fractal, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.



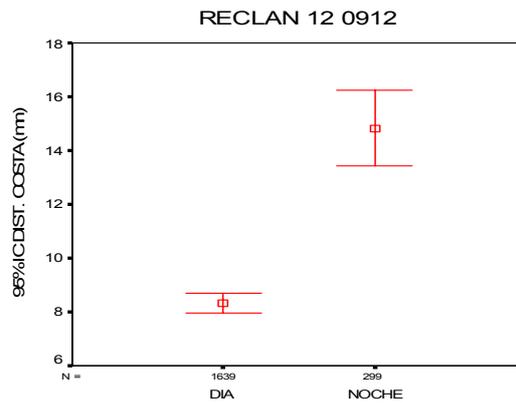
**Figura 114.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad de agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.



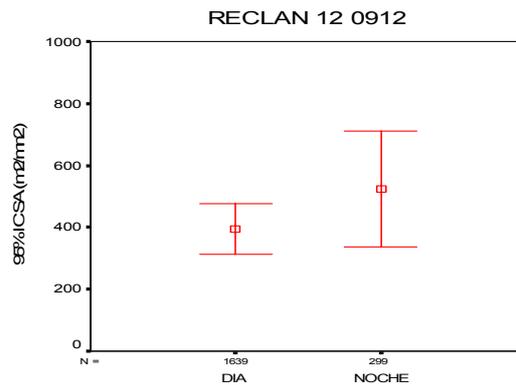
**Figura 115.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad del fondo, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.



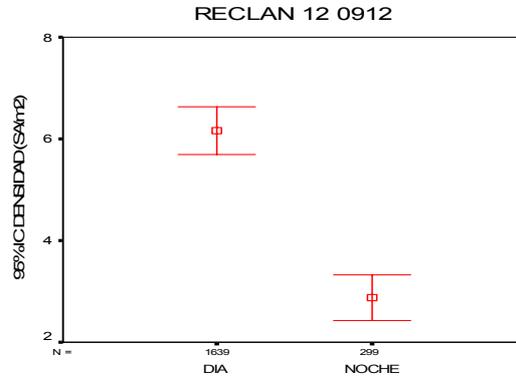
**Figura 116.** Valores promedio e Intervalo de confianza del índice de altura, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.



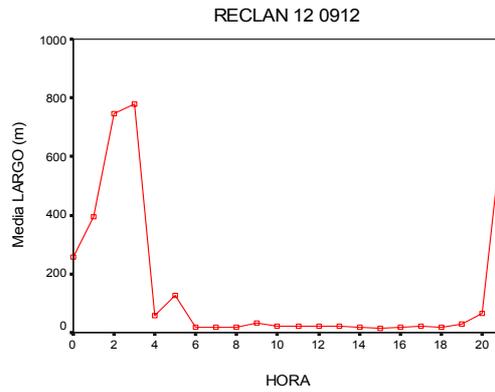
**Figura 117.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la distancia a la costa de las agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.



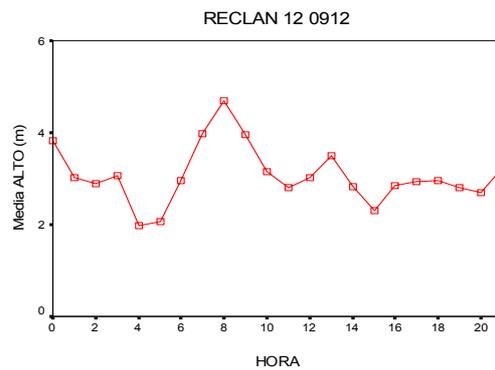
**Figura 118.** Valores promedio e Intervalo de confianza de los valores de  $s_A$  ( $m^2/mn^2$ ) de agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.



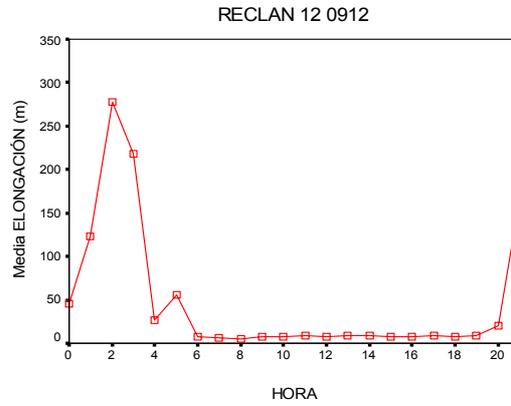
**Figura 119.** Valores promedio e Intervalo de confianza de la densidad acústica ( $s_A/m^2$ ) de agregaciones, caso diurno y nocturno. Crucero RECLAN152 0912.



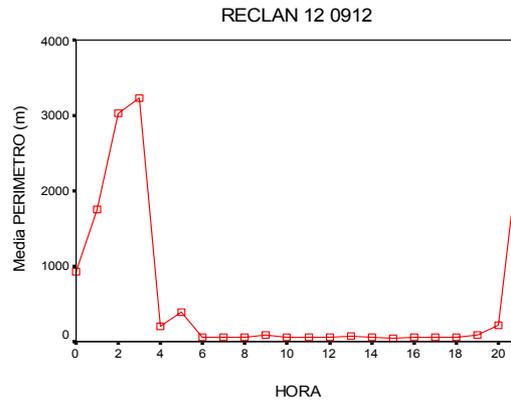
**Figura 120.** Promedio del largo de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



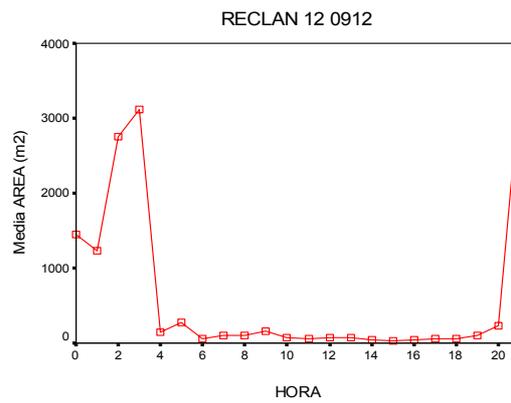
**Figura 121.** Promedio del alto de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



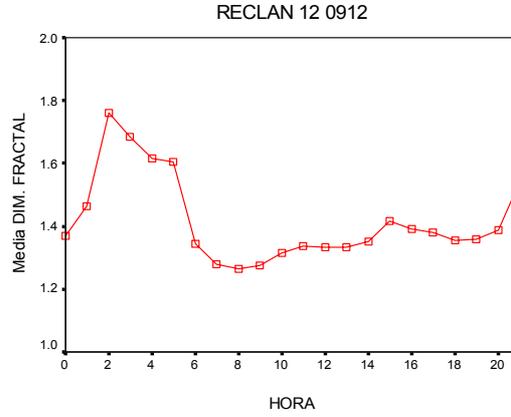
**Figura 122.** Promedio de elongaci3n de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



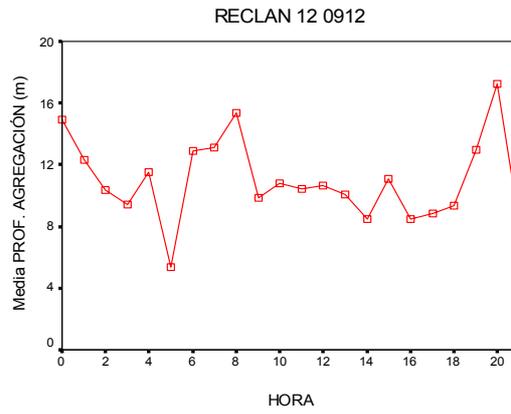
**Figura 123.** Promedio de per3metro de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



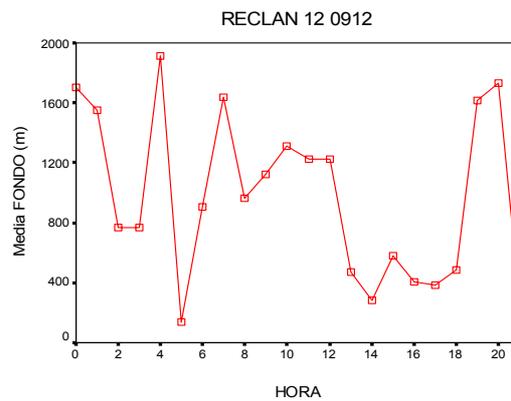
**Figura 124.** Promedio de 3rea de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912



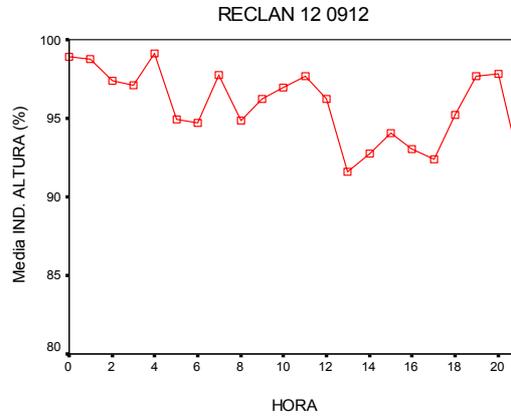
**Figura 125.** Promedio de la dimensi3n fractal por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



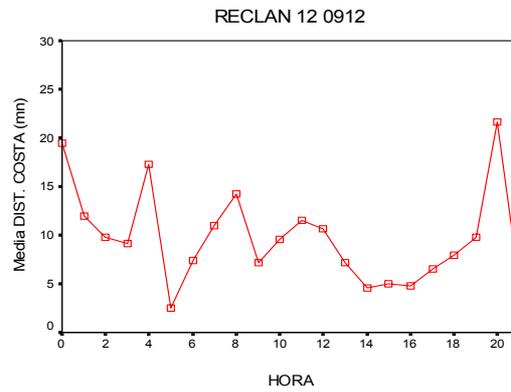
**Figura 126.** Promedio de la profundidad de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



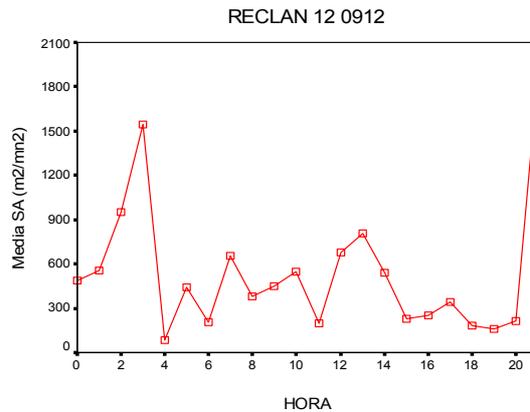
**Figura 127.** Promedio de la profundidad del fondo por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



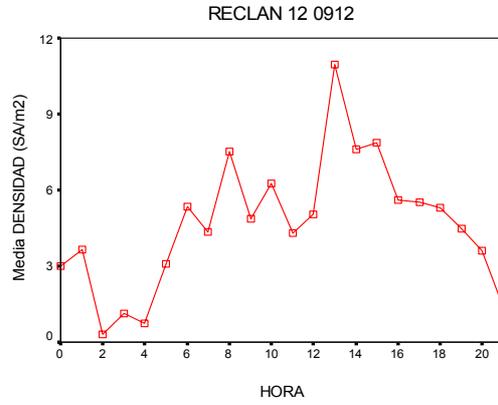
**Figura 128.** Promedio del 3ndice de altura por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



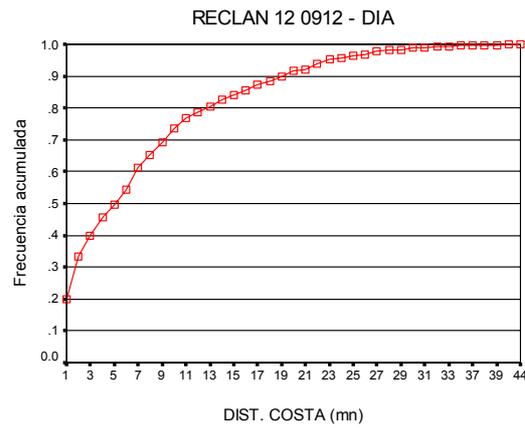
**Figura 129.** Promedio de la distancia a la costa de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



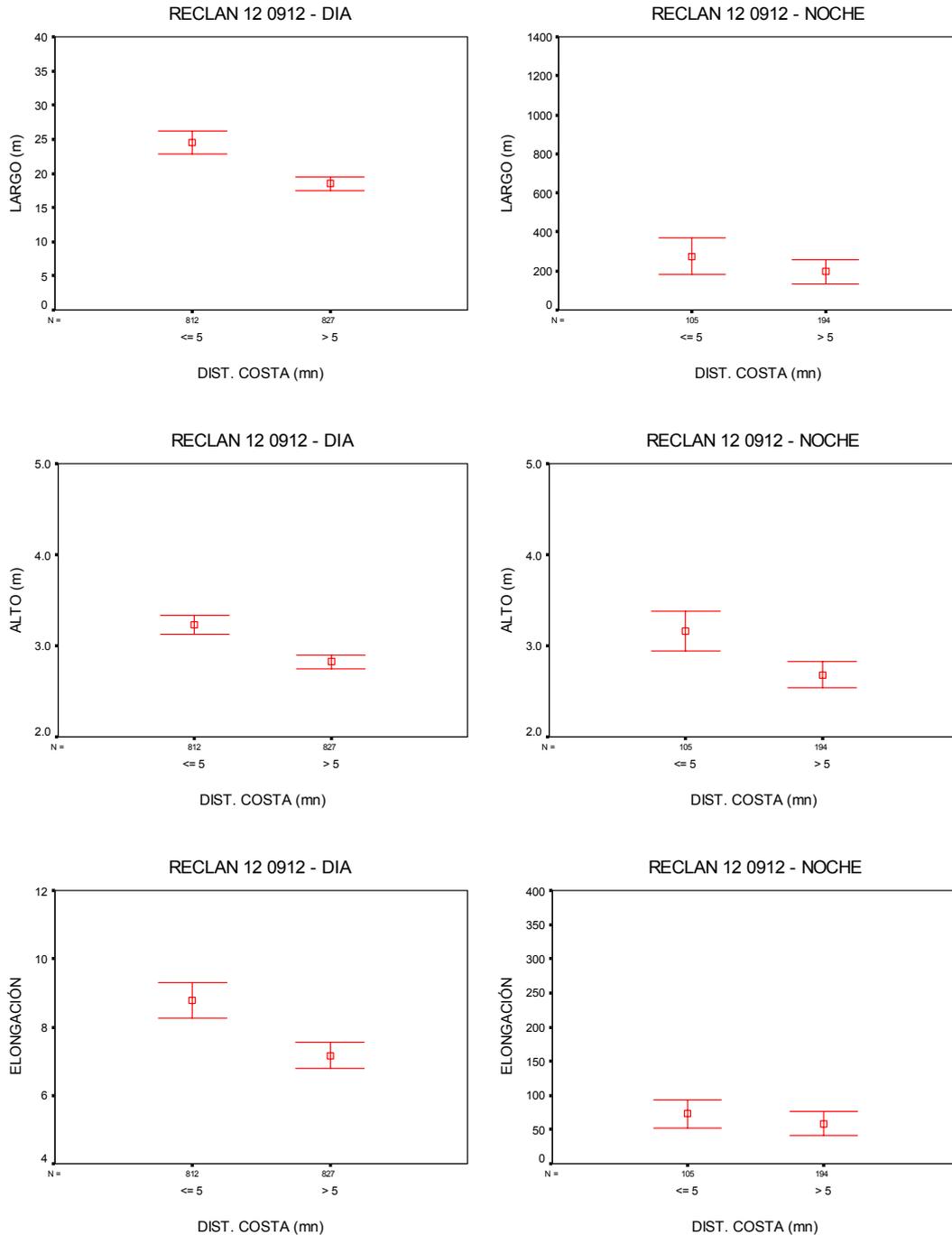
**Figura 130.** Promedio de energ3a retrodispersada  $s_A$  (m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



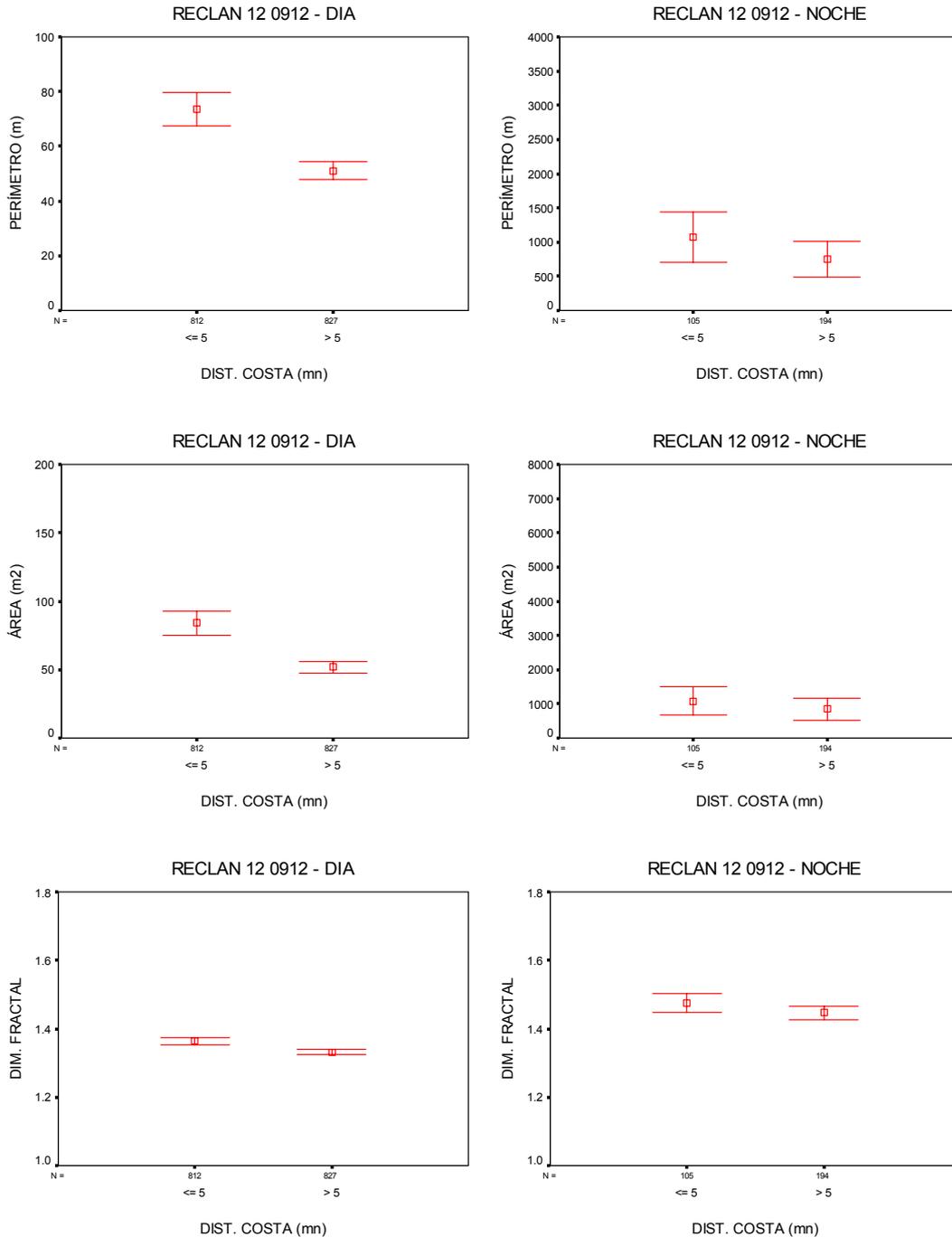
**Figura 131.** Promedio de densidad ( $s_A/m^2$ ) de agregaciones por rango de hora. Crucero RECLAN152 0912.



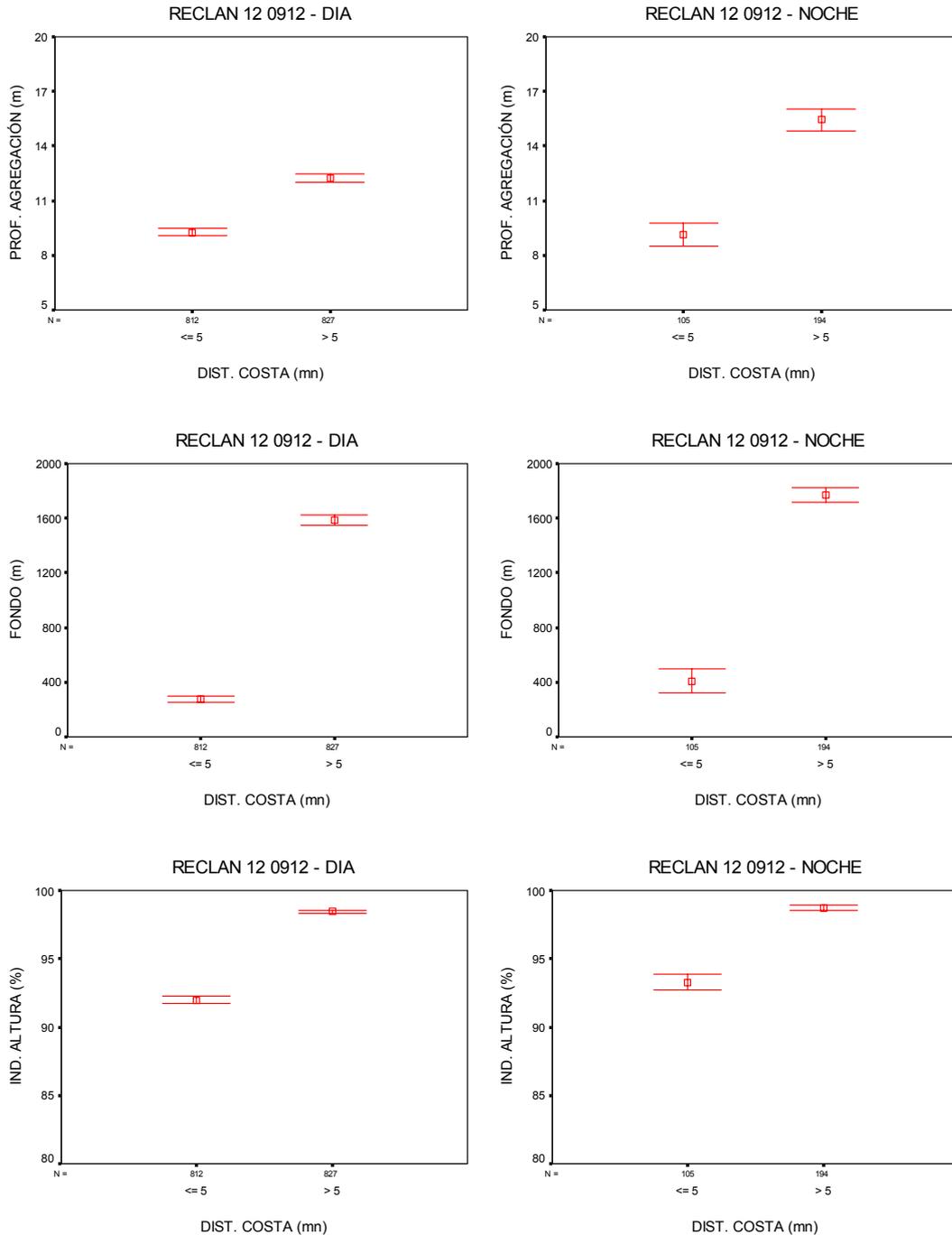
**Figura 132.** Frecuencia acumulada del n3mero de observaciones por rango de distancia a la costa, condici3n diurna. Crucero RECLAN152 0912.



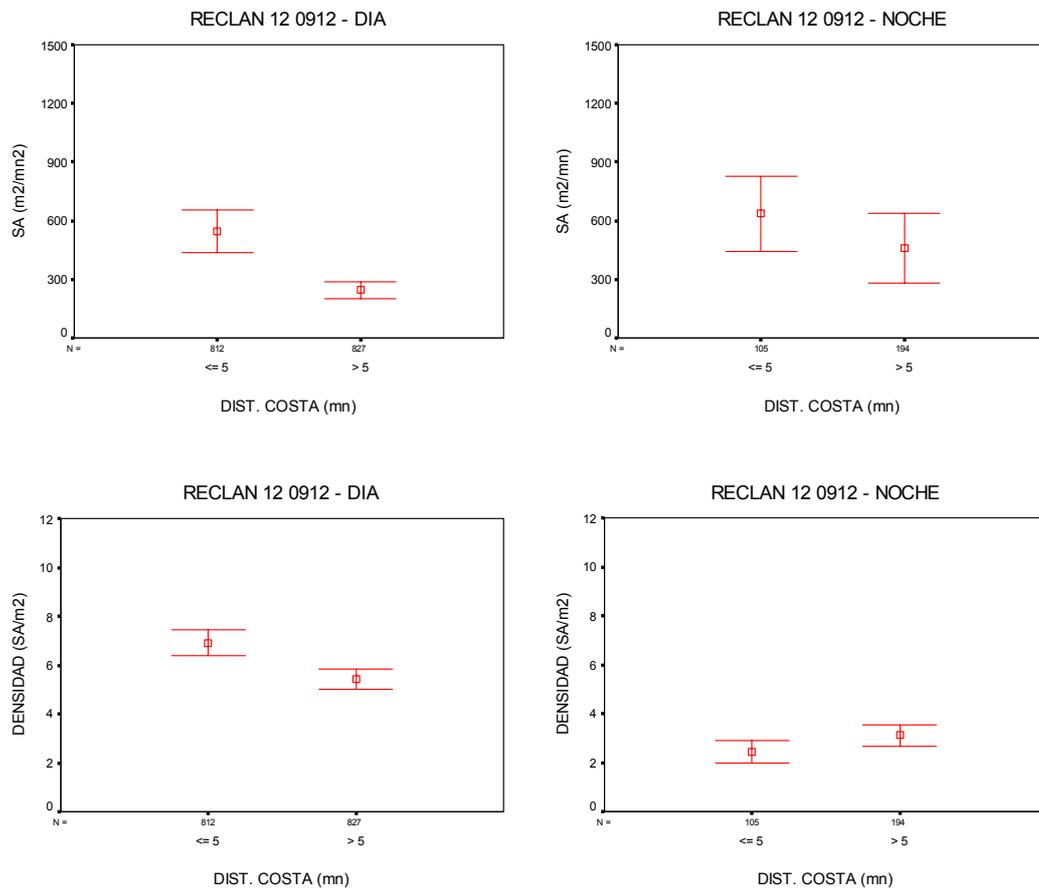
**Figura 133.** Promedio de largo, alto y elongaci3n de agregaciones segun distancia a la costa, condici3n diurna y nocturna. Crucero RECLAN152 0912.



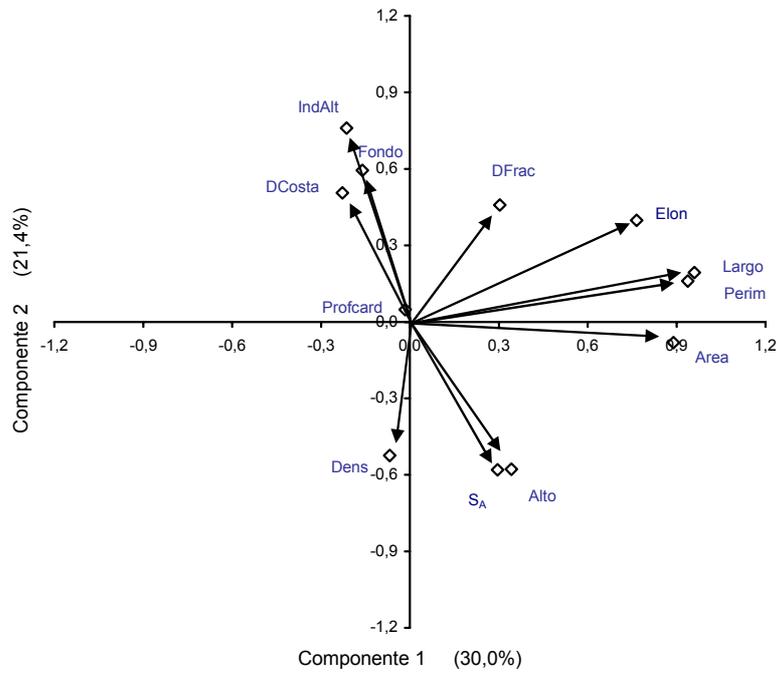
**Figura 134.** Promedio de perímetro, área y dimensión fractal según distancia a la costa, condición diurna y nocturna. Crucero RECLAN152 0912.



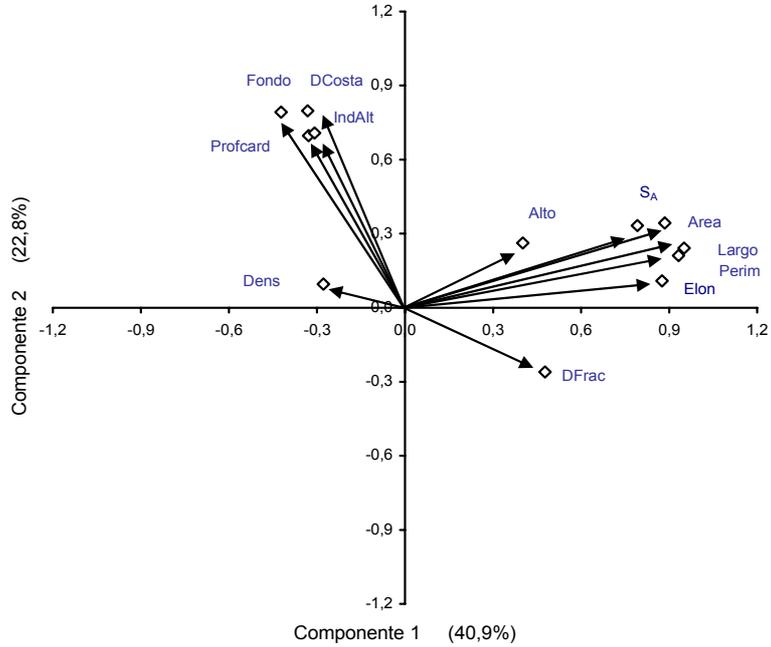
**Figura 135.** Promedio profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 3ndice de altura seg3n distancia a la costa, condici3n diurna y nocturna. Crucero RECLAN152 0912.



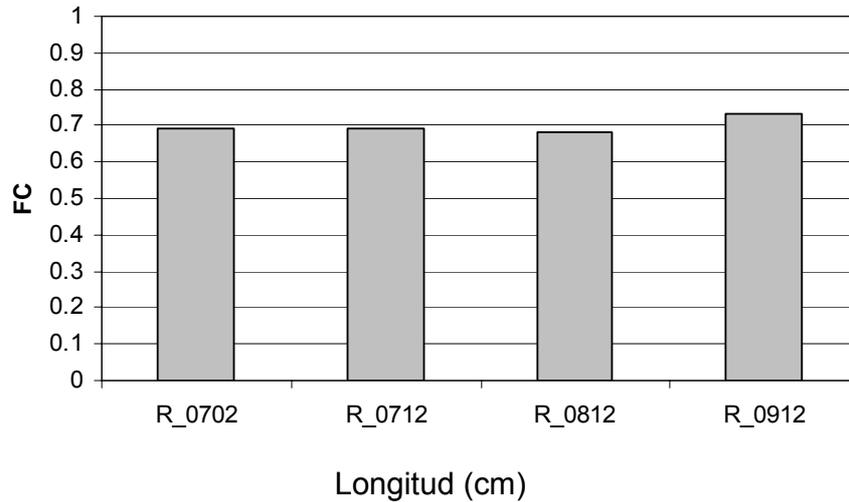
**Figura 136.** Promedio de  $s_A$  ( $m^2/mn^2$ ) y de densidad de agregaciones ( $s_A/m^2$ ) segun distancia a la costa, condici3n diurna y nocturna. Crucero RECLAN152 0912.



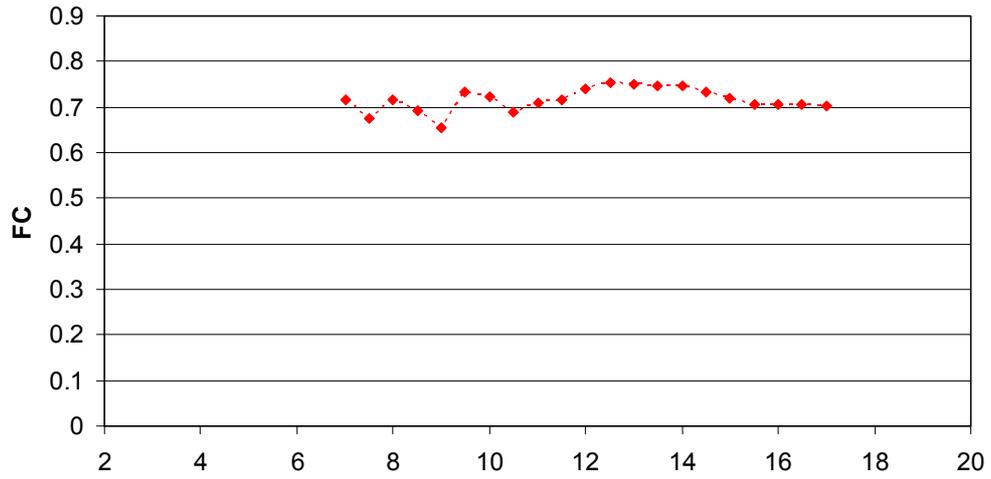
**Figura 137.** Correlaci3n de las variables originales con los dos primeros componentes, agregaciones diurnas de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.



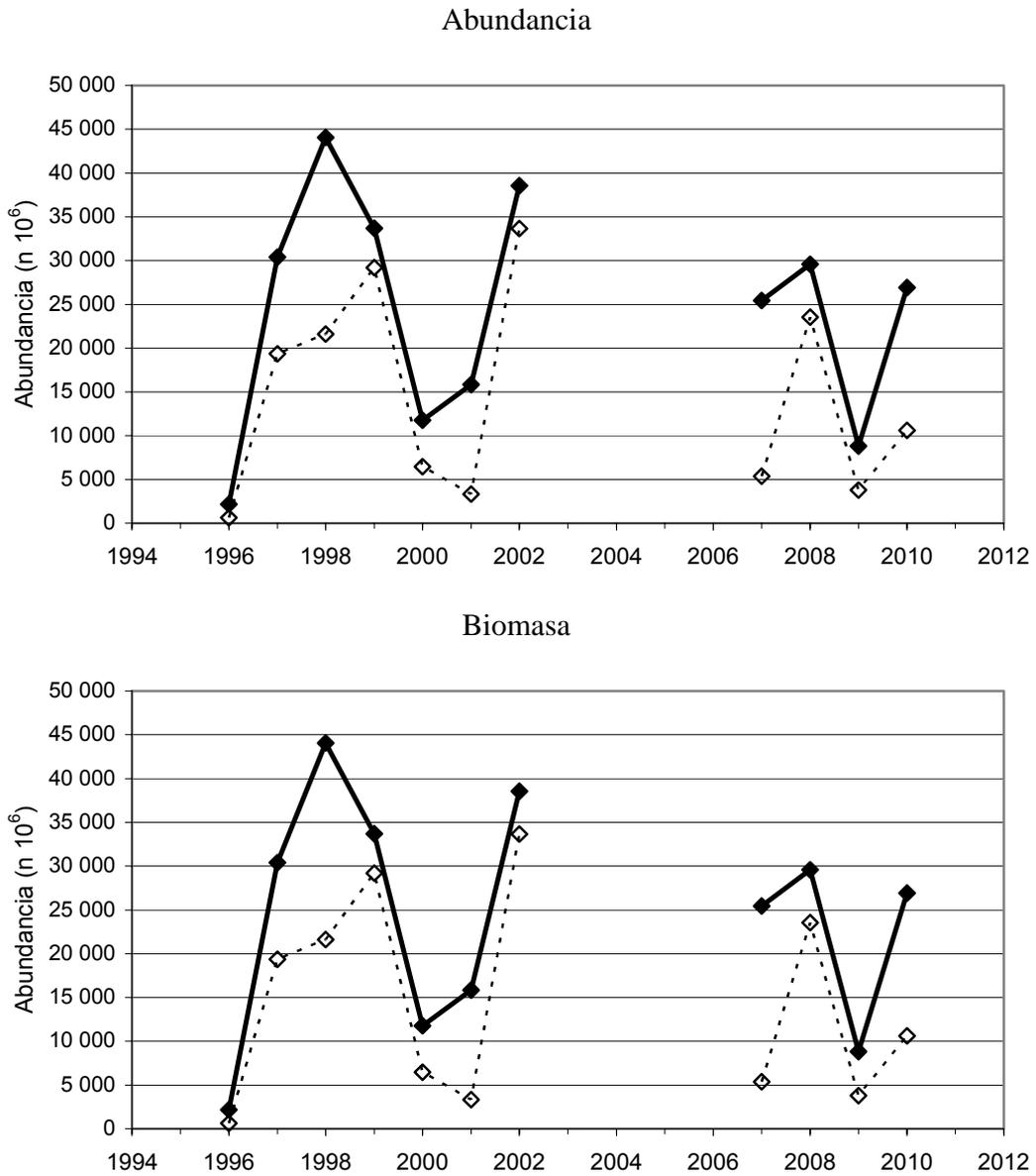
**Figura 138.** Correlaci3n de las variables originales con los componentes principales, agregaciones nocturnas de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.



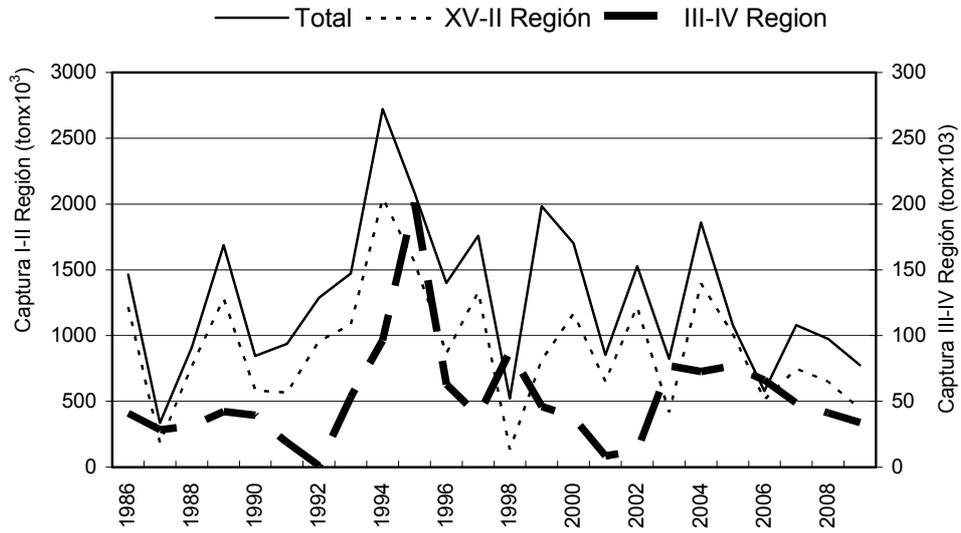
**Figura 139.** Factor de condici3n (FC) promedio de anchoveta. Seguimiento 2003 a 2007 Cruceros RECLAN I y II Regiones 0912.



**Figura 140.** Factor de condici3n (FC) promedio de anchoveta por talla. Cruces RECLAN I y II Regiones 0912.



**Figura 141.** Abundancia (n) y biomasa (t) total y reclutas ( $\leq 12$  cm) de anchoveta entre Arica y punta Buitre en las primaveras-veranos del periodo 1996-2010.



**Figura 142.** Capturas del total de pelágicos entre la XV y IV regiones y de anchoveta para la XV-II y III-IV Regiones en el periodo 1986-2009

# T A B L A S

---





**Tabla 1.**  
Categorías de densidades acústicas. Crucero RECLAN152 0912.

Categoría	Intervalo ( $t/mn^3$ )	Calificación de densidad
I	1 - 75	Muy baja
II	76 - 150	Baja
III	151 - 300	Densa
IV	301 - >	Muy densa

**Tabla 2.**  
Valores de los pares T-S de las aguas tipo de primavera, utilizados en los triángulos de mezcla.

AGUA TIPO	SIGLA	PRIMAVERA	
		T°C	SAL.
SUBTROPICAL	AST	22,50	35,30
SUBANTARTICA	ASAA	12,50	33,80
ECUATORIAL SUBSUPERFICIAL	AESS	13,00	35,00
INTERMEDIA ANTARTICA	AIAA	3,00	34,00
PROFUNDA DEL PACIFICO	APP	1,75	34,68

**Tabla 3.**  
Fecha y tipo de imagen satelital de TSM consideradas para el análisis histórico de cruceros RECLAN.

Año	fecha de inicio	fecha de termino	tipo dato
1995	1 de enero	8 de enero	Pathfinder
1996	17 de enero	24 de enero	Pathfinder
1996	24 de enero	1 de diciembre	Pathfinder
1998	25 de enero	1 de febrero	Pathfinder
1998	3 de diciembre	10 de diciembre	Pathfinder
2000	25 de enero	1 de febrero	Pathfinder
2000	18 de diciembre	25 de diciembre	Pathfinder
2001	19 de diciembre	26 de diciembre	Pathfinder
2007	10 de febrero	17 de febrero	MODIS
2007	1 de diciembre	20 de diciembre	MODIS
2008	10 de diciembre	17 de diciembre	MODIS
2009	7 de diciembre	14 de diciembre	MODIS



**Tabla 4.**

Fechas de los cruceros RECLAN realizados en la XV, I y II Regi3n.

<b>Año</b>	<b>Fecha de inicio</b>	<b>Fecha de t3rmino</b>
1995	5 de enero	20 de enero
1996	2 de enero	21 de enero
1996	18 de noviembre	9 de diciembre
1998	6 de enero	29 de enero
1998	25 de noviembre	12 de diciembre
2000	13 de enero	2 de febrero
2000	2 de diciembre	23 de diciembre
2001	27 de noviembre	19 de diciembre
2007	1 de febrero	20 de febrero
2007	29 de noviembre	19 de diciembre
2008	1 de diciembre	20 de diciembre
2009	1 de diciembre	20 de diciembre

**Tabla 5.**

Variables utilizadas en la comparaci3n hist3rica de cruceros RECLAN

<b>CRUCEROS HISTORICOS (<i>in situ</i>)</b>
<b>variables</b>
Anomali3 Temperatura superficial
Anomali3 Salinidad superficial
Anomali3 de Profundidad de la isoterma de 15°C
Ox3geno superficial
Clorofila a superficial
<b>SATELITAL HISTORICOS</b>
<b>variables</b>
Temperatura Superficial del Mar
Nivel Medio del Mar y Circulaci3n Geopotencial superficial

**Tabla 6.**

N3mero de ejemplares por zona, lance y clase de talla seleccionados para an3lisis del contenido estomacal en *Engraulis ringens*. Crucero RECLAN152 0912

<b>Nº</b>	<b>ZONA DE PESCA</b>		<b>CLASE DE TALLA (mm)</b>			<b>TOTAL</b>	
	<b>LANCE</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>&lt; 80</b>	<b>80-120</b>		<b>&gt; 120</b>
5		18°24'S	70°15'W	9	15		24
6		18°30'S	70°18'W			26	26
7		18°26'S	70°13'W		16	1	17
10		18°01'S	70°12'W	5			5
11		19°12'S	70°13'W			15	15
12		19°25'S	70°19'W			3	3
28		21°12'S	70°04'W			3	3
31		21°18'S	70°06'W		6	2	8
47		23°00'S	70°13'W		7		7
51		23°24'S	70°15'W	4	14		18
<b>TOTAL</b>				<b>18</b>	<b>58</b>	<b>50</b>	<b>126</b>



**Tabla 7.**

Localidades donde se presentaron focos superficiales de concentración de oxígeno (x) < 5 ml/l en los cruceros RECLAN.

Localidades	Años											
	Ene-95	Ene-96	Dic-96	Ene-98	Dic-98	Ene-00	Dic-00	Dic-01	Feb-07	Dic-07	Dic-08	Dic-09
Arica-Pisagua	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x
Iquique-caleta Patillos		x	x			x	x	x		x		x
Punta Lobos-Chipana	x	x	x				x		x	x	x	x
Tocopilla-punta Grande		x					x	x				x
Península de Mejillones-bahía Moreno		x					x	x	x	x		x
Caleta El Cobre-caleta Colorada									x	x		x

**Tabla 8.**

Número de transectas perpendiculares a la costa por rango de concentración máximas de clorofila-a ( $\mu\text{g/l}$ ) en cada crucero. Se indica además los rangos de clorofila integrada ( $\text{mg/m}^2$ ) para cada crucero RECLAN I-II.

Rangos de clorofila-a	Años											
	Ene-95	Ene-96	Dic-96	Ene-98	Dic-98	Ene-00	Dic-00	Dic-01	Feb-07	Dic-07	Dic-08	Dic-09
< 1 $\mu\text{g/L}$			1	2	1		4	3		1	1	
$\geq 1$ a < 5 $\mu\text{g/L}$		2	13	14	15	6	8	11	1	7	6	11
$\geq 5$ a < 10 $\mu\text{g/L}$	3	10	8	6	4	9	12	11	4	6	13	4
$\geq 10$ a < 30 $\mu\text{g/L}$	4	4			2	6	1		12	6		4
$\geq 30$ $\mu\text{g/L}$	1					1			3			
n° Transectas totales	8	16	22	22	22	22	25	25	20	20	20	19
clorofila integrada ( $\text{mg/m}^2$ )	< 50 a > 600	< 50 a > 200	< 50 a > 400	< 50 a < 200	< 50 a > 200	< 50 a > 600	< 50 a > 500	< 50 a < 200	< 50 a < 300			



**Tabla 9.**  
Especies de diatomeas con sus rangos de tamaño. Crucero RECLAN152 0912.

DIATOMEAS EN CADENA	TAMAÑO (µm)		DIATOMEAS SOLITARIAS	TAMAÑO (µm)	
	mín	máx		mín	máx
<i>Bacteriastrum delicatum</i>	50	225	<i>Actinocyclus curvatulus</i>	60	125
<i>Bacteriastrum elongatum</i>	175	400	<i>Actinoptychus senarius</i>	40	100
<i>Cerataulina pelagica</i>	50	150	<i>Actinoptychus splendens</i>	100	100
<i>Chaetoceros affinis</i>	100	425	<i>Asteromphalus arachne</i>	50	90
<i>Chaetoceros atlanticus</i>	100	300	<i>Asteromphalus heptactis</i>	60	100
<i>Chaetoceros compressus</i>	50	175	<i>Corethron criophilum</i>	150	150
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	75	213	<i>Coscinodiscus centralis</i>	108	225
<i>Chaetoceros danicus</i>	160	350	<i>Coscinodiscus concinnus</i>	190	390
<i>Chaetoceros decipiens</i>	90	425	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	35	55
<i>Chaetoceros didymus</i>	150	325	<i>Cylindroteca closterium</i>	60	150
<i>Chaetoceros messanensis</i>	175	300	<i>Ditylum brightwellii</i>	210	355
<i>Chaetoceros protuberans</i>	100	375	<i>Lioloma delicatum</i>	1110	2140
<i>Chaetoceros socialis</i>	138	138	<i>Lioloma pacificum</i>	605	1050
<i>Chaetoceros teres</i>	98	525	<i>Nitzschia longissima</i>	140	340
<i>Chaetoceros tetrastrichon</i>	250	310	<i>Planktoniella sol</i>	65	150
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	73	285			
<i>Detonula pumila</i>	50	532			
<i>Fragilariopsis doliolus</i>	45	100			
<i>Guinardia flaccida</i>	100	225			
<i>Guinardia striata</i>	93	440			
<i>Lauderia annulata</i>	75	268			
<i>Leptocylindrus danicus</i>	60	370			
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	75	400			
<i>Lithodesmium undulatum</i>	100	252			
<i>Odontella longicuris</i>	92	325			
<i>Proboscia indica</i>	310	803			
<i>Pseudonitzschia multiseris</i>	83	415			
<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i>	50	283			
<i>Pseudosolenia calcaravis</i>	400	400			
<i>Rhizosolenia acuminata</i>	435	580			
<i>Rhizosolenia bergonii</i>	310	560			
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	175	635			
<i>Rhizosolenia imbricata var. minuta</i>	135	510			
<i>Rhizosolenia setigera</i>	225	325			
<i>Stephanopyxis turris</i>	125	310			
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	50	282			
<i>Thalassiosira aestivalis</i>	100	685			
<i>Thalassiosira angustilineata</i>	48	160			
<i>Thalassiosira minuscula</i>	80	225			
<i>Thalassiosira subtilis</i>	125	490			
<i>Thalassiotrix frauenfeldii</i>	130	375			



**Tabla 10.**  
Especies y géneros de flagelados con sus rangos de tamaño. Crucero RECLAN152 0912.

FLAGELADOS	TAMAÑO (µm)		FLAGELADOS	TAMAÑO (µm)	
	mín	máx		mín	máx
<i>Actiniscus pentasterias</i>	25	35	<i>Diplopsalis minor</i>	60	93
<i>Brachidinium capitatum</i>	75	115	<i>Distephanus speculum</i>	40	60
<i>Ceratium azoricum</i>	100	125	<i>Distephanus speculum var. octonarius</i>	40	55
<i>Ceratium belone</i>	200	250	<i>Distephanus speculum var. polyactis</i>	40	50
<i>Ceratium contortum</i>	265	775	<i>Distephanus speculum var. septenarius</i>	40	50
<i>Ceratium declinatum</i>	150	245	<i>Goniodoma polyedricum</i>	70	75
<i>Ceratium furca var. bergonii</i>	143	243	<i>Gonyaulax grindleyii</i>	50	60
<i>Ceratium furca var. eugrammun</i>	105	165	<i>Gonyaulax polygramma</i>	65	80
<i>Ceratium fusus var. seta</i>	168	390	<i>Gymnodinium sp.</i>	43	150
<i>Ceratium inflatum</i>	268	360	<i>Gyrodinium sp.</i>	60	190
<i>Ceratium lineatum</i>	115	175	<i>Kofooidinium splendens</i>	120	385
<i>Ceratium macroceros</i>	270	680	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	70	75
<i>Ceratium massiliense</i>	157	340	<i>Oxytoxum scolopax</i>	100	100
<i>Ceratium minutum</i>	65	95	<i>Podolampas bipes</i>	90	125
<i>Ceratium pentagonum</i>	175	300	<i>Podolampas palmipes</i>	90	125
<i>Ceratium pulchellum</i>	175	188	<i>Podolampas spinifera</i>	135	190
<i>Ceratium symmetricum</i>	200	395	<i>Polykrikos kofooidii</i>	78	350
<i>Ceratium trichoceros</i>	360	550	<i>Prorocentrum micans</i>	55	55
<i>Ceratium tripos</i>	200	260	<i>Protopteridinium brochii</i>	70	90
<i>Ceratium vultur</i>	625	658	<i>Protopteridinium claudicans</i>	100	165
<i>Corythodinium diploconus</i>	80	100	<i>Protopteridinium conicum</i>	80	100
<i>Corythodinium longiceps</i>	68	75	<i>Protopteridinium depressum</i>	125	200
<i>Corythodinium reticulatum</i>	63	80	<i>Protopteridinium divergens</i>	75	100
<i>Corythodinium sceptrum</i>	60	70	<i>Protopteridinium leonis</i>	70	85
<i>Corythodinium tessellatum</i>	65	78	<i>Protopteridinium oceanicum</i>	150	200
<i>Dictyocha fibula</i>	40	75	<i>Protopteridinium pellucidum</i>	50	70
<i>Dinophysis acuminata</i>	50	60	<i>Protopteridinium pentagonum</i>	117	225
<i>Dinophysis caudata</i>	90	90	<i>Protopteridinium pyrum</i>	50	80
<i>Dinophysis mitra</i>	55	55	<i>Protopteridinium steinii</i>	78	100
<i>Dinophysis punctata</i>	40	40	<i>Protopteridinium tenuissimum</i>	75	75
<i>Dinophysis rotundata</i>	50	60	<i>Ptychodiscus noctiluca</i>	63	83
<i>Dinophysis schuettii</i>	90	90	<i>Pyrocystis lunula</i>	100	135
<i>Dinophysis tripos</i>	110	125	<i>Pyrophacus horologium</i>	120	150



**Tabla 11.**

Abundancia celular integrada total (cél/ml) y aporte porcentual (%) de diatomeas (DIATO) y flagelados (FLAGE). DDC: distancia de la costa (mn). Crucero RECLAN152 0912.

TRANSECTA	ESTACION	DDC	TOTAL	DIATO	FLAGE	%DIATO	%FLAGE
1	1	1	120,6	25,5	95,1	21,1	78,9
	2	5	21,8	12,2	9,6	56,1	43,9
	3	10	38,8	38,0	0,8	97,9	2,1
	4	20	3,9	3,4	0,5	86,7	13,3
	5	50	2,4	1,9	0,5	81,0	19,0
IT-2	11	1	47,8	34,1	13,7	71,3	28,7
3	6	50	3,2	2,6	0,5	82,6	17,4
	7	20	3,9	3,4	0,5	87,6	12,4
	8	10	2,4	1,7	0,8	68,8	31,2
	9	5	16,2	15,1	1,0	93,5	6,5
	10	1	67,2	46,7	20,6	69,4	30,6
IT-4	12	1	69,8	67,7	2,0	97,1	2,9
5	13	1	48,5	46,5	2,0	95,9	4,1
	14	5	4,1	3,5	0,6	85,7	14,3
	15	10	19,2	18,5	0,7	96,5	3,5
	16	20	3,2	2,4	0,8	75,4	24,6
IT-6	21	1	39,9	34,1	5,8	85,5	14,5
7	17	20	2,2	1,3	0,9	59,7	40,3
	18	10	223,5	220,2	3,3	98,5	1,5
	19	5	12,5	11,5	1,0	92,0	8,0
	20	1	43,1	34,2	8,9	79,4	20,6
IT-8	27	1	59,8	51,1	8,8	85,4	14,6
9	22	40	23,6	17,2	6,5	72,7	27,3
	23	20	4,9	4,6	0,4	92,9	7,1
	24	10	10,0	5,8	4,2	58,2	41,8
	25	5	24,6	14,4	10,2	58,5	41,5
	26	1	113,1	84,1	29,0	74,4	25,6
IT-10	32	1	119,5	115,3	4,2	96,5	3,5
11	28	1	39,4	17,5	21,9	44,3	55,7
	29	5	25,8	24,6	1,2	95,2	4,8
	30	10	31,9	26,0	5,9	81,4	18,6
	31	20	44,1	43,4	0,7	98,3	1,7
IT-12	33	1	68,1	37,1	31,1	54,4	45,6
13	34	20	142,1	124,9	17,2	87,9	12,1
	35	10	148,9	139,0	9,9	93,4	6,6
	36	5	51,5	27,5	24,0	53,4	46,6
	37	1	17,4	10,2	7,2	58,6	41,4
IT-14	38	1	150,6	94,4	56,2	62,7	37,3
15	39	20	43,5	42,5	1,0	97,8	2,2
	40	10	386,4	356,6	29,8	92,3	7,7
	41	5	332,4	284,1	48,3	85,5	14,5
	42	1	254,7	132,5	122,2	52,0	48,0
IT-16	43	1	665,7	340,3	325,4	51,1	48,9
17	44	20	196,9	186,0	10,9	94,9	5,6
	45	10	323,4	150,2	173,3	49,6	57,2
	46	5	451,2	337,6	113,6	74,8	25,2
	47	1	563,9	396,4	167,5	70,3	29,7
IT-18	48	1	526,3	217,0	309,3	41,2	58,8



Continuación Tabla 11

TRANSECTA	ESTACION	DDC	TOTAL	DIATO	FLAGE	%DIATO	%FLAGE
19	49	1	237,6	115,5	122,2	48,6	51,4
	50	5	98,4	79,0	19,4	80,3	19,7
	51	10	76,2	72,8	3,4	95,6	4,4
	52	20	125,6	124,3	1,4	98,9	1,1
	53	40	67,1	65,7	1,4	97,9	2,1
IT-20	54	1	197,8	119,6	78,1	60,5	39,5
21	55	20	87,4	85,8	1,6	98,2	1,8
	56	10	337,9	335,0	2,9	99,1	0,9
	57	5	382,6	371,1	11,6	97,0	3,0
	58	1	330,3	256,2	74,1	77,6	22,4
IT-22	59	1	487,3	426,4	60,9	87,5	12,5
23	60	1	748,3	724,8	23,5	96,9	3,1
	61	5	378,7	369,5	9,1	97,6	2,4
	62	10	290,2	286,3	3,9	98,7	1,3
	63	20	135,1	134,2	0,9	99,3	0,7
IT-24	64	1	795,5	783,7	11,8	98,5	1,5
25	65	20	130,4	129,7	0,7	99,4	0,6
	66	10	464,7	460,4	4,3	99,1	0,9
	67	5	781,6	740,8	40,9	94,8	5,2
	68	1	646,2	604,5	41,8	93,5	6,5
IT-26	69	1	614,0	585,2	28,7	95,3	4,7
27	71	20	73,7	72,2	1,5	97,9	2,1
	72	10	60,9	59,0	1,8	97,0	3,0
	73	5	599,5	597,4	2,1	99,6	0,4
	74	1	1.016,4	955,7	60,7	94,0	6,0
IT-28	70	1	749,4	732,6	16,7	97,8	2,2
29	76	20	16,3	15,1	1,2	92,8	7,2
	77	10	700,3	697,4	2,8	99,6	0,4
	78	5	393,2	383,9	9,3	97,6	2,4
	79	1	538,9	512,9	26,0	95,2	4,8
IT-30	75	1	183,2	182,3	1,0	99,5	0,5
31	80	1	713,0	689,6	23,4	96,7	3,3
	82	10	75,2	74,0	1,2	98,4	1,6
	81	20	70,4	69,6	0,8	98,9	1,1
IT-32	83	1	290,5	288,0	2,5	99,1	0,9
33	84	20	75,2	74,0	1,2	98,4	1,6
	85	10	117,4	114,2	3,1	97,3	2,7
	86	5	238,2	234,4	3,7	98,4	1,6
	87	1	401,3	368,4	33,0	91,8	8,2
IT-34	88	1	264,8	261,2	3,5	98,7	1,3
35	89	1	472,4	458,7	13,7	97,1	2,9
	90	5	271,8	262,3	9,5	96,5	3,5
	91	10	280,8	271,3	9,5	96,6	3,4
	92	20	4,0	2,4	1,6	59,3	40,7
IT-36	93	1	150,0	125,4	24,6	83,6	16,4
37	94	1	67,6	61,7	5,9	91,3	8,7
	95	5	606,8	589,2	17,6	97,1	2,9
	96	10	13,9	13,2	0,7	94,9	5,1
	97	20	7,1	5,1	2,0	72,2	27,8
IT-38	98	1	175,5	174,5	0,9	99,5	0,5



**Tabla 12.**

Tama1o ( $\mu\text{m}$ ) promedio de diatomeas (T-DIATO) y flagelados (T-FLAGE).  
DDC: distancia de la costa (mn). Crucero RECLAN152 0912.

TRANSECTA	ESTACION	DDC	T-DIATO	T-FLAGE
1	1	1	112	97
	2	5	98	103
	3	10	173	105
	4	20	121	107
	5	50	148	98
IT-2	11	1	111	119
3	6	50	151	103
	7	20	262	94
	8	10	124	130
	9	5	137	112
	10	1	117	100
IT-4	12	1	118	108
5	13	1	117	98
	14	5	112	123
	15	10	199	116
	16	20	352	138
IT-6	21	1	123	99
7	17	20	242	143
	18	10	176	114
	19	5	117	111
	20	1	121	105
IT-8	27	1	112	105
9	22	40	501	152
	23	20	245	119
	24	10	144	94
	25	5	133	112
	26	1	155	113
IT-10	32	1	116	96
11	28	1	128	112
	29	5	191	109
	30	10	173	123
	31	20	165	105
IT-12	33	1	118	111
13	34	20	169	121
	35	10	143	100
	36	5	170	108
	37	1	123	113
IT-14	38	1	128	112
15	39	20	184	135
	40	10	126	101
	41	5	162	105
	42	1	134	102
IT-16	43	1	114	118
17	44	20	177	113
	45	10	127	119
	46	5	181	110
	47	1	187	103
IT-18	48	1	128	99



Continuaci3n Tabla 12

TRANSECTA	ESTACION	DDC	T-DIATO	T-FLAGE
19	49	1	110	102
	50	5	188	117
	51	10	177	134
	52	20	221	167
	53	40	219	177
IT-20	54	1	140	114
21	55	20	233	136
	56	10	245	149
	57	5	163	111
	58	1	152	121
IT-22	59	1	145	133
23	60	1	164	135
	61	5	177	138
	62	10	168	165
	63	20	185	148
IT-24	64	1	151	130
25	65	20	188	135
	66	10	188	140
	67	5	163	118
	68	1	175	136
IT-26	69	1	167	123
27	71	20	242	114
	72	10	169	107
	73	5	189	172
	74	1	177	114
IT-28	70	1	187	115
29	76	20	255	151
	77	10	173	120
	78	5	164	112
	79	1	170	130
IT-30	75	1	139	112
31	80	1	175	84
	82	10	150	113
	81	20	162	143
IT-32	83	1	176	139
33	84	20	236	140
	85	10	220	94
	86	5	261	171
	87	1	185	112
IT-34	88	1	232	148
35	89	1	206	133
	90	5	228	116
	91	10	207	103
	92	20	243	138
IT-36	93	1	205	99
37	94	1	207	122
	95	5	202	96
	96	10	194	172
	97	20	264	131
IT-38	98	1	201	147



**Tabla 13.**  
Aporte porcentual (%) de las especies de diatomeas con las mayores abundancias por transecta (T) e intertransecta (IT). Crucero RECLAN152 0912.

<b>DIATOMEAS</b>	<b>T1</b>	<b>IT2</b>	<b>T3</b>	<b>IT4</b>	<b>T5</b>	<b>IT6</b>	<b>T7</b>	<b>IT8</b>	<b>T9</b>	<b>IT10</b>
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>							8,7		1,2	4,8
<i>Chaetoceros compressus</i>						2,8	11,5			
<i>Chaetoceros teres</i>								1,6	53,0	50,7
<i>Detonula pumila</i>								2,5		
<i>Fragilariopsis doliolus</i>						3,7		9,7		
<i>Leptocylindrus danicus</i>				2,3		9,4	28,7			
<i>Pseudonitzschia multiseriis</i>	9,7		15,5	18,7	23,3	7,1	6,8		3,2	
<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i>	65,9	20,7	63,8	68,2	66,3	25,9	19,6		2,8	
<i>Thalassiosira angustelineata</i>	12,3	53,2	11,5	7,1	4,9	44,6	9,3	77,0	10,8	19,8
	<b>T11</b>	<b>IT12</b>	<b>T13</b>	<b>IT14</b>	<b>T15</b>	<b>IT16</b>	<b>T17</b>	<b>IT18</b>	<b>T19</b>	<b>IT20</b>
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>	3,7		6,0		13,4	36,2	26,2	15,9		1,4
<i>Chaetoceros compressus</i>	43,5		16,0		30,4		4,8		13,9	
<i>Fragilariopsis doliolus</i>		8,4		33,9		3,2		17,3		4,2
<i>Leptocylindrus danicus</i>	7,2		1,3						7,8	
<i>Pseudonitzschia multiseriis</i>	6,9		15,4		7,1		2,0		1,6	
<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i>	20,1		17,7		8,1		4,6		16,0	
<i>Thalassiosira angustelineata</i>	4,2	75,0	4,8	42,2	22,1	43,7	18,7	52,4	33,4	88,8
	<b>T21</b>	<b>IT22</b>	<b>T23</b>	<b>IT24</b>	<b>T25</b>	<b>IT26</b>	<b>T27</b>	<b>IT28</b>	<b>T29</b>	<b>IT30</b>
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>					1,9		4,6	12,1	5,1	18,7
<i>Chaetoceros compressus</i>	16,2		6,7		16,3	13,9	24,0	42,4	15,8	50,5
<i>Detonula pumila</i>	1,8	1,8	18,0	34,0	9,9	3,6	8,7	2,0	5,9	
<i>Fragilariopsis doliolus</i>										
<i>Leptocylindrus danicus</i>	30,5	33,8	41,3	32,2	54,5	62,2	49,6	29,8	60,1	19,4
<i>Pseudonitzschia multiseriis</i>								1,3		
<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i>	15,7	24,3	22,4	17,9	7,1	6,8	2,7	4,8	1,0	3,5
<i>Thalassiosira angustelineata</i>	20,7	28,3	7,4	12,6	6,1	10,6	5,4	1,7	6,8	3,9
	<b>T31</b>	<b>IT32</b>	<b>T33</b>	<b>IT34</b>	<b>T35</b>	<b>IT36</b>	<b>T37</b>	<b>IT38</b>		
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>	16,4	30,9	32,9	15,1	44,8	11,6	6,3	3,9		
<i>Chaetoceros compressus</i>	62,4	41,1	43,1	24,5	26,6	20,1	34,9	27,8		
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1,9	4,4				26,2		12,4		
<i>Pseudonitzschia multiseriis</i>		1,1		4,9	2,4	7,9	21,1	18,4		
<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i>	3,3	9,1	7,8	19,0	14,8	18,5	23,7	23,1		
<i>Thalassiosira angustelineata</i>	4,4	3,9	5,0	17,9	1,2			2,0		



**Tabla 14.**

Aporte porcentual (%) de las especies y géneros de flagelados con las mayores abundancias por transecta (T) e intertransecta (IT). Crucero RECLAN152 0912.

<b>FLAGELADOS</b>	<b>T1</b>	<b>IT2</b>	<b>T3</b>	<b>IT4</b>	<b>T5</b>	<b>IT6</b>	<b>T7</b>	<b>IT8</b>	<b>T9</b>	<b>IT10</b>
<i>Ceratium declinatum</i>				2,0	1,4	1,0	3,6	3,7	11,6	11,1
<i>Ceratium furca</i>	58,7	71,2	44,3	17,2	7,3	21,2	56,3	59,5	54,9	39,4
<i>Diplopsalis minor</i>	7,9	8,9	10,6	8,3	8,4	6,1	5,1	4,8	6,0	18,1
<i>Distephanus speculum</i>	1,4		2,6	32,5	32,8	57,6	10,0	12,7	11,9	14,1
<i>Gymnodinium sp.</i>										1,2
<i>Prorocentrum micans</i>	9,6	12,1	14,9	10,9	2,8					
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	2,3		1,3	2,0	3,0	1,2			1,7	1,4
	<b>T11</b>	<b>IT12</b>	<b>T13</b>	<b>IT14</b>	<b>T15</b>	<b>IT16</b>	<b>T17</b>	<b>IT18</b>	<b>T19</b>	<b>IT20</b>
<i>Ceratium declinatum</i>	10,9	9,0	7,7	11,3	28,1	6,7	11,9	13,2	19,2	20,6
<i>Ceratium furca</i>	64,4	45,7	52,6	70,8	54,0	78,3	61,9	72,9	33,1	65,5
<i>Diplopsalis minor</i>	2,6	3,1	2,3	1,3	4,2	6,6		1,5	1,1	1,5
<i>Distephanus speculum</i>	6,8	35,6	15,6	10,0	6,3	2,0	12,2	7,0	30,6	
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	1,2		1,1			2,1			1,1	1,3
	<b>T21</b>	<b>IT22</b>	<b>T23</b>	<b>IT24</b>	<b>T25</b>	<b>IT26</b>	<b>T27</b>	<b>IT28</b>	<b>T29</b>	<b>IT30</b>
<i>Ceratium declinatum</i>	22,9	15,6	12,7	11,8	14,3	4,0	4,3	6,7	13,3	34,5
<i>Ceratium furca</i>	58,7	72,5	52,7	48,8	63,0	75,1	80,2	58,3	63,2	
<i>Diplopsalis minor</i>	2,2	2,3	5,2	6,4	7,6	10,5	1,2	10,1	7,6	22,4
<i>Distephanus speculum</i>	1,9									
<i>Gyrodinium sp.</i>								2,6		
<i>Kofooidinium splendens</i>										6,9
	<b>T31</b>	<b>IT32</b>	<b>T33</b>	<b>IT34</b>	<b>T35</b>	<b>IT36</b>	<b>T37</b>	<b>IT38</b>		
<i>Ceratium declinatum</i>	2,3	5,1	1,1	3,8	4,3		33,0	3,0		
<i>Ceratium furca</i>	61,3	17,8	25,5	6,5	16,8	26,0	6,7	9,0		
<i>Diplopsalis minor</i>	16,8	3,4	9,8	2,2	8,0	19,9	2,9	3,0		
<i>Distephanus speculum</i>	1,1	3,4	0,0	5,4	1,0	3,5	9,9	15,9		
<i>Gymnodinium sp.</i>		10,2		8,6						
<i>Gyrodinium sp.</i>		8,5		7,5				4,0		
<i>Kofooidinium splendens</i>		7,6		10,8						
<i>Prorocentrum micans</i>			39,8	6,5	15,6	41,5				
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	2,5		7,7		6,3		1,6	26,9		

**Tabla 15.**

Resultados del análisis comparativo entre la abundancia y tamaño del fitoplancton del crucero de diciembre de 2009 y los de febrero y diciembre de 2007 y diciembre de 2008. *K*: estadístico de Kruskal-Wallis.

<b>Parámetros</b>	<b>Cruceros</b>	<b>K</b>	<b>Valor-p</b>
Tamaño Diatomeas	FEB07 - DIC09	10,22	0,001
Abundancia Flagelados	FEB07-DIC09	21,11	0,000
	DIC07-DIC09	4,92	0,027
	DIC08-DIC09	8,31	0,004
Tamaño Flagelados	FEB07-DIC09	58,66	0,000
	DIC07-DIC09	37,43	0,000
	DIC08-DIC09	54,19	0,000



**Tabla 16.**  
Abundancia total (ABTOT) ( $N^{\circ}/m^3$ ) del zooplancton. TRAN:  
transecta, DDC: distancia de la costa, EST: estación. Crucero RECLAN152 0912.

TRAN	DDC	EST	ABTOT	TRAN	DDC	EST	ABTOT	
1	1	1	237,2	19	1	49	883,7	
	5	2	710,4		5	50	603,5	
	10	3	529,9		10	51	52,6	
	20	4	53,4		20	52	594,3	
	50	5	143,4		40	53	83,5	
IT-2	1	11	44,8	IT-20	1	54	738,0	
3	50	6	467,2	21	20	55	346,9	
	20	7	3.189,9		10	56	288,2	
	10	8	291,5		5	57	40,4	
	5	9	53,2		1	58	1.029,2	
	1	10	133,6		IT-22	1	59	80,2
IT-4	1	12	383,2	23	1	60	992,5	
5	1	13	1.275,5		5	61	52,2	
	5	14	70,5		10	62	24,8	
	10	15	281,3		20	63	438,3	
	20	16	264,6		IT-24	1	64	75,3
IT-6	1	21	424,3	25	20	65	53,0	
7	20	17	280,4		10	66	43,3	
	10	18	451,5		5	67	23,8	
	5	19	333,4		1	68	36,5	
	1	20	616,3		IT-26	1	69	56,4
IT-8	1	27	538,5	27	20	71	340,8	
9	40	22	354,6		10	72	207,6	
	20	23	379,3		5	73	483,9	
	10	24	449,7		1	74	658,5	
	5	25	1.443,1		IT-28	1	70	108,0
	1	26	220,8	20	76	225,2		
IT-10	1	32	1.244,3	29	10	77	305,3	
11	1	28	1.621,0		5	78	491,9	
	5	29	337,3		1	79	484,0	
	10	30	491,6		IT-30	1	75	1.127,7
	20	31	386,0		1	80	1.239,9	
IT-12	1	33	511,4	31	10	82	90,9	
13	20	34	291,0		20	81	103,5	
	10	35	189,3		IT-32	1	83	267,2
	5	36	444,7		20	84	235,7	
	1	37	1.796,2		10	85	625,6	
IT-14	1	38	1.408,4	33	5	86	301,4	
15	20	39	318,2		1	87	39,9	
	10	40	464,1		IT-34	1	88	358,1
	5	41	432,4		1	89	320,4	
	1	42	1.128,4		5	90	873,0	
IT-16	1	43	1.368,6	35	10	91	368,1	
17	20	44	548,8		20	92	594,3	
	10	45	1.052,2		IT-36	1	93	577,4
	5	46	755,0		1	94	356,0	
	1	47	678,3		5	95	359,5	
IT-18	1	48	60,7	37	10	96	400,7	
IT-18	20	97	583,0		20	97	583,0	
	1	98	394,2		IT-38	1	98	394,2

**Tabla 17.**Abundancia media (N°/m<sup>3</sup>) por grupo zooplanct3nico. Crucero RECLAN152 0912.

<b>Grupo Zooplancton</b>	<b>Abundancia Total (N°/m3)</b>	<b>Abundancia media (N°/m3)</b>
<b>Total</b>	48456	494.45
<b>Anfipodos</b>	33	0.33
<b>Annelida</b>	4	0.04
<b>Append.</b>	636	6.49
<b>Cala_chico</b>	39988	408.04
<b>Cala_grande</b>	1109	11.31
<b>Cnidaria</b>	43	0.44
<b>Ctenoforos</b>	20	0.20
<b>Chaetognata</b>	52	0.53
<b>Eucalanidae</b>	26	0.26
<b>Eufausiacea</b>	25	0.26
<b>Huevo_elong_peces</b>	900	9.18
<b>Huevo_esf_peces</b>	2718	27.73
<b>Larvaannelida</b>	1646	16.80
<b>Larva_peces</b>	17	0.18
<b>Megalopas</b>	11	0.11
<b>Misis</b>	497	5.08
<b>Salpas</b>	499	5.09
<b>Sifonoforos</b>	104	1.06
<b>Stomatopoda</b>	20	0.21
<b>Zoas</b>	109	1.11

**Tabla 18.**Abundancia media (N°/m<sup>3</sup>) por espectro de tamaños del zooplancton. Crucero RECLAN152 0912.

<b>Espectro Tamaños</b>	<b>Abundancia media</b>
0,25	451,699
0,75	31,375
1,25	5,399
1,75	1,788
2,25	0,701
2,75	0,348
3,25	0,226
3,75	0,106
4,25	0,075
4,75	0,055
5,25	0,017
5,75	0,034
6,25	0,014
6,75	0,013
7,25	0,005
7,75	0,018
8,25	0,010
8,75	0,014
9,25	0,006
9,75	0,014
10,25	0,003



**Tabla 19.**

Biomasa zooplanct3nica media (g/1000 m<sup>3</sup>) en funci3n de la distancia de la costa. Crucero RECLAN152 0912.

	1 mn	5 mn	10 mn	20 mn
Ni	38	19	19	19
Biomasa media	428,5	248,5	262,7	207,5
M3nimo	131,9	34,4	97,0	89,0
M3ximo	1.184,0	584,2	932,1	412,3
Desviaci3n est3ndar	213,4	136,9	183,7	78,7
Coefficiente de variaci3n	0,5	0,6	0,7	0,4

**Tabla 20.**

Biomasa zooplanct3nica media (g/1000 m<sup>3</sup>) en funci3n de la latitud. Crucero RECLAN152 0912.

LATITUD SUR SECCION	BIOMASA MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION
18°25' S	554,35	265,73	0,48
18°40'	204,81	106,50	0,52
19°00'	265,33	365,25	1,38
19°20'	233,21	105,07	0,45
19°40'	219,93	63,22	0,29
20°00'	454,09	486,75	1,07
20°20'	336,29	170,66	0,51
20°40'	187,33	85,23	0,45
21°00'	311,90	136,82	0,44
21°20'	331,96	114,60	0,35
21°40'	263,56	126,36	0,48
22°00'	197,70	68,31	0,35
22°20'	307,91	208,18	0,68
22°40'	187,28	32,52	0,17
23°00'	199,75	50,95	0,26
23°20'	183,23	156,35	0,85
23°40'	334,28	145,35	0,43
24°00'	315,48	102,37	0,32
24°20'	261,19	45,96	0,18

**Tabla 21.**

N3mero de ejemplares por zona, lance y clase de talla seleccionados para an3lisis del contenido estomacal en *Engraulis ringens*. Crucero RECLAN152 0912.

N3 LANCE	ZONA DE PESCA		CLASE DE TALLA (mm)			TOTAL
	Latitud	Longitud	< 80	80-120	> 120	
5	18°24'S	70°15'W	9	15		24
6	18°30'S	70°18'W			26	26
7	18°26'S	70°13'W		16	1	17
10	18°01'S	70°12'W	5			5
11	19°12'S	70°13'W			15	15
12	19°25'S	70°19'W			3	3
28	21°12'S	70°04'W			3	3
31	21°18'S	70°06'W		6	2	8
47	23°00'S	70°13'W		7		7
51	23°24'S	70°15'W	4	14		18
TOTAL			18	58	50	126



**Tabla 22.**

Abundancia, frecuencia de ocurrencia e 3ndice de importancia num3rica de los taxa presa fitoplanct3nicos presentes en el contenido estomacal de *Engraulis ringens*. N: abundancia, %N: aporte porcentual a la abundancia total, F: frecuencia de ocurrencia, %F: porcentaje de ocurrencia, IIN: 3ndice de importancia num3rica (%). Crucero RECLAN152 0912.

<b>DIATOMEAS</b>	<b>N</b>	<b>%N</b>	<b>F</b>	<b>%F</b>	<b>IIN</b>
<i>Actinocyclus curvatulus</i>	151,2	1,2	20	21,7	4,0
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	6,7	0,1	1	1,1	0,9
<i>Chaetoceros affinis</i>	13,4	0,1	2	2,2	1,3
<i>Chaetoceros compressus</i>	16,8	0,1	1	1,1	0,9
<i>Chaetoceros decipiens</i>	23,5	0,2	1	1,1	0,9
<i>Coscinodiscus centralis</i>	3.729,4	29,5	70	76,1	8,5
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	60,5	0,5	7	7,6	2,4
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	198,2	1,6	26	28,3	4,5
<i>Cylindrotheca closterium</i>	53,8	0,4	5	5,4	2,0
<i>Detonula pumila</i>	336,0	2,7	7	7,6	2,7
<i>Ditylum brightwellii</i>	6,7	0,1	2	2,2	1,2
<i>Lauderia annulata</i>	6,7	0,1	1	1,1	0,9
<i>Leptocylindrus danicus</i>	369,6	2,9	2	2,2	1,9
<i>Odontella longicruris</i>	67,2	0,5	9	9,8	2,7
<i>Planktoniella sol</i>	171,4	1,4	14	15,2	3,4
<i>Proboscia indica</i>	356,2	2,8	15	16,3	3,6
<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i>	272,2	2,2	8	8,7	2,7
<i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>minuta</i>	6,7	0,1	1	1,1	0,9
<i>Thalassiosira angustelineata</i>	4.770,3	37,8	58	63,0	8,2
<i>Thalassiosira subtilis</i>	829,9	6,6	5	5,4	2,9
<i>Thalassiotrix frauenfeldii</i>	188,2	1,5	7	7,6	2,5
<b>FLAGELADOS</b>					
<i>Ceratium declinatum</i>	315,8	2,5	32	34,8	5,1
<i>Ceratium furca</i> var. <i>berghii</i>	110,9	0,9	15	16,3	3,4
<i>Ceratium fusus</i> var. <i>seta</i>	13,4	0,1	4	4,3	1,8
<i>Ceratium massiliense</i>	30,2	0,2	5	5,4	2,0
<i>Dictyocha fibula</i>	3,4	0,0	1	1,1	0,9
<i>Dinophysis acuminata</i>	6,7	0,1	2	2,2	1,2
<i>Dinophysis caudata</i>	10,1	0,1	3	3,3	1,5
<i>Diplopsalis minor</i>	33,6	0,3	8	8,7	2,5
<i>Distephanus speculum</i> var. <i>octonarius</i>	20,2	0,2	4	4,3	1,8
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	37,0	0,3	8	8,7	2,5
<i>Prorocentrum micans</i>	57,1	0,5	12	13,0	3,0
<i>Protoperidinium claudicans</i>	57,1	0,5	13	14,1	3,2
<i>Protoperidinium conicum</i>	87,4	0,7	21	22,8	4,0
<i>Protoperidinium depressum</i>	191,5	1,5	24	26,1	4,4
<i>Protoperidinium divergens</i>	16,8	0,1	4	4,3	1,8
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	3,4	0,0	1	1,1	0,9
<i>Ptychodiscus noctiluca</i>	6,7	0,1	2	2,2	1,2
<b>TOTAL</b>	<b>12.635,8</b>	<b>100,0</b>			<b>100,0</b>



**Tabla 23.**  
Abundancia total de los taxa presa fitoplanctónicos por zonas de pesca. Crucero  
RECLAN152 0912.

TAXA PRESA	ZONAS DE PESCA								
	18°24'S	18°30'S	18°27'S	18°35'S	19°12'S	21°13'S	21°18'S	23°00'S	23°24'S
<b>DIATOMEAS</b>									
<i>Actinocyclus curvatulus</i>	13,4		40,3		16,8	57,1	20,2	3,4	
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>								6,7	
<i>Chaetoceros affinis</i>							13,4		
<i>Chaetoceros compressus</i>									16,8
<i>Chaetoceros decipiens</i>								23,5	
<i>Coscinodiscus centralis</i>	2.727,10	15,1	148,5	3,4	77,7	186,5	325,9	231,8	13,4
<i>Coscinodiscus concinnus</i>							16,8	40,3	3,4
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	77,3		37			20,2	63,8		
<i>Cylindrotheca closterium</i>	10,1							40,3	3,4
<i>Detonula pumila</i>							6,7	329,3	
<i>Ditylum brightwellii</i>								6,7	
<i>Lauderia annulata</i>								6,7	
<i>Leptocylindrus danicus</i>								369,6	
<i>Odontella longicruris</i>							50,4	16,8	
<i>Planktoniella sol</i>	16,8					30,2	124,3		
<i>Proboscia indica</i>							312,5	16,8	26,9
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	94,1	70,6	97,4			3,4			6,7
<i>R. imbricata var. minuta</i>	6,7								
<i>Thalassiosira angustelineata</i>	346,1		38,6				356,1	3.572,80	456,6
<i>Thalassiosira subtilis</i>							786,2	33,6	10,1
<i>Thalassiotrix frauenfeldii</i>	6,7						20,2	121	40,3
<b>FLAGELADOS</b>									
<i>Ceratium declinatum</i>	26,9				16,8	13,4	104,2	124,3	20,2
<i>Ceratium furca var. berghii</i>			10,1					63,8	47
<i>Ceratium fusus var. seta</i>								13,4	
<i>Ceratium massiliense</i>								16,8	13,4
<i>Dictyocha fibula</i>									3,4
<i>Dinophysis acuminata</i>					6,7				
<i>Dinophysis caudata</i>			3,4			6,7			
<i>Diplopsalis minor</i>			3,4				3,4	6,7	20,2
<i>D. speculum var. octonarius</i>	10,1		10,1						
<i>Lingulodinium polyedrum</i>					3,4				33,6
<i>Prorocentrum micans</i>	20,2	3,4							33,6
<i>Protoperdinium claudicans</i>	10,1		3,4		3,4		3,4	16,8	20,2
<i>Protoperdinium conicum</i>	13,4		6,7			6,7	20,2	20,2	20,2
<i>Protoperdinium depressum</i>	13,4						90,7	50,4	37
<i>Protoperdinium divergens</i>	3,4						6,7	6,7	
<i>Protoperdinium pellucidum</i>								3,4	
<i>Ptychodiscus noctiluca</i>			6,7						
<b>TOTAL</b>	3.395,8	89,1	405,6	3,4	124,8	324,2	2.325,1	5.141,8	826,4



**Tabla 24.**

Diversidad tr3fica (H'), riqueza de los taxa presa fitoplanct3nicos (S) y abundancia total (N) por zona de pesca. Crucero RECLAN152 0912.

ZONA DE PESCA		H'	S	N
18°24'S	70°14'W	1.21	16	3.395,7
18°30'S	70°16'W	0.88	3	89,0
18°27'S	70°13'W	2.63	12	405,5
18°35'S	70°12'W	0.00	1	3,4
19°12'S	70°18'W	1.71	6	124,7
21°13'S	70°04'W	1.96	8	324,2
21°18'S	70°06'W	2.95	18	2.325,1
23°00'S	70°14'W	1.93	25	5.142,0
23°24'S	70°15'W	2.72	19	826,2



**Tabla 25.**

Abundancia (c3l/est3mago) y aporte porcentual de los taxa presa fitoplanct3nicos por clase de talla. N: abundancia; %N: aporte porcentual. Crucero RECLAN152 0912.

TAXA	CLASE DE TALLA (mm)					
	N			%N		
DIATOMEAS	<80	80-120	>120	<80	80-120	>120
<i>Actinocyclus curvatulus</i>	3,4	114,2	33,6	0,2	1,2	6,8
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>		6,7			0,1	
<i>Chaetoceros affinis</i>		13,4			0,1	
<i>Chaetoceros compressus</i>	16,8			0,9		
<i>Chaetoceros decipiens</i>		23,5			0,3	
<i>Coscinodiscus centralis</i>	1.559,1	1.981,4	188,8	87,9	21,2	38,2
<i>Coscinodiscus concinnus</i>		60,5			0,6	
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	20,2	168,0	10,1	1,1	1,8	2,0
<i>Cylindrotheca closterium</i>		53,8			0,6	
<i>Detonula pumila</i>		336,0			3,6	
<i>Ditylum brightwellii</i>		6,7			0,1	
<i>Lauderia annulata</i>		6,7			0,1	
<i>Leptocylindrus danicus</i>		369,6			3,9	
<i>Odontella longicruris</i>		63,8	3,4		0,7	0,7
<i>Planktoniella sol</i>		151,2	20,2		1,6	4,1
<i>Proboscia indica</i>	6,7	336,0	13,4	0,4	3,6	2,7
<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i>	6,7	124,3	141,1	0,4	1,3	28,5
<i>Rhizosolenia imbricata var, minuta</i>		6,7			0,1	
<i>Thalassiosira angustelineata</i>	150,8	4.535,6	83,8	8,5	48,4	16,9
<i>Thalassiosira subtilis</i>	10,1	819,8		0,6	8,8	
<i>Thalassiotrix frauenfeldii</i>		188,2			2,0	
<b>FLAGELADOS</b>						
<i>Ceratium declinatum</i>	10,1	268,8	37,0	17,6	32,8	29,7
<i>Ceratium furca var, berghii</i>	3,4	107,5		5,9	13,1	
<i>Ceratium fusus var, seta</i>		13,4			1,6	
<i>Ceratium massiliense</i>		30,2			3,7	
<i>Dictyocha fibula</i>	3,4			5,9		
<i>Dinophysis acuminata</i>			6,7			5,4
<i>Dinophysis caudata</i>		6,7	3,4		0,8	2,7
<i>Diplopsalis minor</i>		30,2	3,4		3,7	2,7
<i>Distephanus speculum var, octonarius</i>		13,4	6,7		1,6	5,4
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	6,7	26,9	3,4	11,8	3,3	2,7
<i>Prorocentrum micans</i>	6,7	47,0	3,4	11,8	5,7	2,7
<i>Protoperidinium claudicans</i>	6,7	43,7	6,7	11,8	5,3	5,4
<i>Protoperidinium conicum</i>	3,4	77,3	6,7	5,9	9,4	5,4
<i>Protoperidinium depressum</i>	13,4	131,0	47,0	23,5	16,0	37,8
<i>Protoperidinium divergens</i>	3,4	13,4		5,9	1,6	
<i>Protoperidinium pellucidum</i>		3,4			0,4	
<i>Ptychodiscus noctiluca</i>		6,7			0,8	



**Tabla 26**

Diversidad tr3fica ( $H'$ ), riqueza de taxa de presa fitoplanct3nicos ( $S$ ) y abundancia total ( $N$ ) por clase de talla (mm). Crucero RECLAN152 0912.

CLASES DE TALLA (mm)	$H'$	$S$	$N$
<80	1,0	17	1.830,9
80-120	2,9	35	10.186,2
>120	3,0	18	618,7



**Tabla 27.**

Abundancia, frecuencia de ocurrencia e 3ndice de importancia num3rica de los taxa presa zooplanct3nicos presentes en el contenido estomacal de *Engraulis ringens*. N: abundancia, %N: aporte porcentual, F: frecuencia de ocurrencia, %F: porcentaje de ocurrencia, %IIN: 3ndice de importancia num3rica (%). Crucero RECLAN152 0912.

TAXA PRESA	N	%N	F	%F	%IIN
Hidromedusae	4	0,02	2	1,59	0,72
Ostracoda	97	0,40	25	19,84	2,56
Cladocera	253	1,03	27	21,43	2,70
Amphipoda Hiperidea	2	0,01	1	0,79	0,51
Isopoda	1	0,00	1	0,79	0,51
Calanidae	3143	12,83	74	58,73	4,82
<i>Eucalaus</i>	392	1,60	43	34,13	3,40
<i>Lucicutia</i>	4	0,02	1	0,79	0,51
Aetideidae	13	0,05	3	2,38	0,89
<i>Euaetideus</i>	46	0,19	11	8,73	1,70
<i>Euchaeta</i>	53	0,22	9	7,14	1,55
<i>Scolecithricella</i>	37	0,15	6	4,76	1,26
Paracalanidae	1098	4,48	63	50,00	4,20
<i>Centropages</i>	230	0,94	33	26,19	2,97
<i>Acartia</i>	2	0,01	2	1,59	0,72
Candacidae	23	0,09	6	4,76	1,26
<i>Pleuromamma</i>	25	0,10	5	3,97	1,15
Calanoida	4853	19,82	69	54,76	4,92
Harpacticoida	809	3,30	41	32,54	3,41
<i>Oncaea</i>	4689	19,15	111	88,10	5,90
<i>Corycaeus</i>	442	1,80	47	37,30	3,56
<i>Oithona</i>	301	1,23	25	19,84	2,61
<i>Clytemnestra</i>	8	0,03	4	3,17	1,02
<i>Microsetella</i>	2580	10,54	74	58,73	4,74
Sapphirinidae	60	0,25	8	6,35	1,46
Copepodito	173	0,71	20	15,87	2,32
Copepoda indet.	1429	5,84	52	41,27	3,91
Euphausiidae	534	2,18	49	38,89	3,65
Apendicularia	1678	6,85	44	34,92	3,68
Taxa indet.	292	1,19	17	13,49	2,18
Chaetognata	7	0,03	2	1,59	0,72
Larva Polychaeta	7	0,03	7	5,56	1,35
Larva veliger	13	0,05	6	4,76	1,25
Larva Gastropoda	11	0,04	6	4,76	1,25
Larva Pelecypoda	43	0,18	14	11,11	1,91
Pteropoda	21	0,09	4	3,17	1,03
Nauplii	56	0,23	14	11,11	1,92
Zoea decápoda	172	0,70	36	28,57	3,08
Megalopa decápoda	1	0,00	1	0,79	0,51
Larva crustácea	68	0,28	13	10,32	1,85
Crustácea indet.	26	0,11	3	2,38	0,90
Larva Tele3steo	1	0,00	1	0,79	0,51
Huevo Anchoveta	10	0,04	5	3,97	1,14
Huevo sardina	2	0,01	1	0,79	0,51
Huevo Tele3steo	4	0,02	2	1,59	0,72
Huevo invertebrados	490	2,00	27	21,43	2,76
Huevo indet.	285	1,16	54	42,86	3,78
<b>TOTAL</b>	<b>24.488</b>	<b>100,00</b>			<b>100,00</b>



**Tabla 28.**  
Contribución numérica de los taxa presa zooplanctónicos por zona de pesca. Crucero RECLAN152 0912.

TAXA PRESA	ZONA DE PESCA							
	18°24'S	18°30'S	18°26'S	18°01'S	19°12'S	21°18'S	23°00'S	23°24'S
Hidromedusae		3				1		
Ostracoda			4			2	6	80
Cladocera	1		1			22	132	94
Amphipoda Hiperidea					2			
Isopoda		1						
Calanidae	1.14	20	51	7	1.291	66	242	223
<i>Eucalaus</i>	7		13	2	32	55	39	205
<i>Lucicutia</i>					4			
Aetideidae	1				12			
<i>Euaetideus</i>	10		2		12	20		2
<i>Euchaeta</i>	4			1	28	15	5	
<i>Scolecithricella</i>	9				26	2		
Paracalanidae	119	28	54	54	223	437		153
<i>Centropages</i>	84	6	7	1	40	81	1	4
<i>Acartia</i>						1	1	
Candacidae	1	1	7		12		2	
<i>Pleuromamma</i>					22			
Calanoida	1.486	305	238	160	392	1.855		357
Harpacticoidea	572	8	79	4		8	16	83
<i>Oncaea</i>	2.794	224	311	12	639	430	48	75
<i>Corycaeus</i>	4	5	17	3	223	147	7	24
<i>Oithona</i>	10	5	15	3	176	67	7	18
<i>Clytemnestra</i>			1			7		
<i>Microsetella</i>	2.28	28	121	5	65	19		61
Sapphirinidae					60			
Copepodito	12	12	4		40	62	2	41
Copepoda indet.	208	11	146		548		104	333
Euphausiidae	185	256			84		2	1
Apendicularia		18	8	5	5	37	1.09	451
Taxa indet.	46		4		131	8	8	36
Chaetognata						7		
Larva Polychaeta			1				4	2
Larva veliger	2							11
Larva Gastropoda		1			2	2	1	4
Larva Pelecypoda						12	16	13
Pteropoda		1			4			
Nauplii		1	1			28	10	15
Zoea decapoda	85	44	5		14	6	2	11
Megalopa decapoda							1	
Larva crustacea	22	6	3		8	27	2	
Custacea indet.	22				4			
Larva Teleosteo					1			
Huevo Anchoveta		1				4	3	2
Huevo sardina							2	
Huevo Teleosteo		4						
Huevo invertebrados	5	2	15		4	411		49
Huevo indet.	71	61	6	2	61		15	61
<b>TOTAL</b>	<b>9.18</b>	<b>1.052</b>	<b>1.114</b>	<b>259</b>	<b>4.165</b>	<b>3.839</b>	<b>1.768</b>	<b>2.409</b>



**Tabla 29.**

Diversidad trófica (H'), riqueza de los taxa presa zooplanctónicos, (S) y abundancia total (N) por zona de pesca. Crucero RECLAN152 0912.

ZONA DE PESCA		H'	S	N
18°24'S	70°15'W	2,72	26	9.180
18°30'S	70°18'W	2,89	25	1.052
18°26'S	70°13'W	3,13	25	1.114
18°01'S	70°12'W	1,88	13	259
19°12'S	70°13'W	3,33	31	4.165
21°18'S	70°06'W	2,71	29	3.839
23°00'S	70°13'W	2,11	27	1.768
23°24'S	70°15'W	3,71	27	2.409

**Tabla 30.**

Contribución numérica (N) y porcentual (%N) de los taxa presa zooplanctónicos por clase de talla. Crucero RECLAN152 0912.

TAXA PRESA	CLASE DE TALLA (mm)					
	N			%N		
	< 80	80-120	> 120	< 80	80-120	>120
Hidromedusae		1	3		0,01	0,05
Ostracoda	10	85	2	0,19	0,65	0,03
Cladocera	23	215	15	0,44	1,65	0,24
Amphipoda Hiperidea			2			0,03
Isopoda			1			0,02
Calanidae	887	853	1403	17,12	6,55	22,32
<i>Eucalanus</i>	57	245	90	1,10	1,88	1,43
<i>Lucicutia</i>			4			0,06
Aetideidae		1	12		0,01	0,19
<i>Euaetideus</i>		30	16		0,23	0,25
<i>Euchaeta</i>	4	18	31	0,08	0,14	0,49
<i>Scolecithricella</i>		11	26		0,08	0,41
Paracalanidae	156	560	382	3,01	4,30	6,08
<i>Centropages</i>	35	138	57	0,68	1,06	0,91
<i>Acartia</i>		1	1		0,01	0,02
Candacidae		10	13		0,08	0,21
<i>Pleuromamma</i>			25			0,40
Calanoida	919	2950	984	17,74	22,65	15,66
Harpacticoidea	298	466	45	5,75	3,58	0,72
<i>Oncaea</i>	1334	2390	965	25,75	18,35	15,35
<i>Corycaeus</i>	8	146	288	0,15	1,12	4,58
<i>Oithona</i>	4	111	186	0,08	0,85	2,96
<i>Clytemnestra</i>		7	1		0,05	0,02
<i>Microsetella</i>	1011	1470	99	19,52	11,29	1,58
Sapphirinidae			60			0,95
Copepodito		111	62		0,85	0,99
Copepoda indet.	137	733	559	2,64	5,63	8,89
Euphausiidae	97	91	346	1,87	0,70	5,51
Apendicularia	91	1492	95	1,76	11,46	1,51
Taxa indet.	12	86	194	0,23	0,66	3,09
Chaetognata		4	3		0,03	0,05
Larva Polychaeta	1	6		0,02	0,05	
Larva veliger	4	9		0,08	0,07	
Larva Gastropoda		8	3		0,06	0,05
Larva Pelecypoda	1	42		0,02	0,32	
Pteropoda		10	11		0,08	0,18
Nauplii	2	45	9	0,04	0,35	0,14
Zoea decapoda	28	79	65	0,54	0,61	1,03
Megalopa decapoda		1			0,01	
Larva crustácea		51	17		0,39	0,27
Crustácea indet.	18	4	4	0,35	0,03	0,06
Larva Teleósteo		0	1		0,00	0,02
Huevo Anchoveta		9	1		0,07	0,02
Huevo sardina		2			0,02	
Huevo Teleósteo			4			0,06
Huevo invertebrados	1	418	71	0,02	3,21	1,13
Huevo indet.	42	114	129	0,81	0,88	2,05

**Tabla 31.**

Diversidad tr3fica (H'), riqueza de taxa presa zooplanct3nicos (S) y abundancia total (N) por clase de talla (mm). Crucero RECLAN152 0912.

CLASE DE TALLA (mm)	H'	S	N
< 80	2,95	25	5.180
80-120	3,57	41	13.023
> 120	3,67	42	6.285

**Tabla 32.**

Resumen de la riqueza de taxa presas (S), diversidad tr3fica (H') y abundancia total del componente fitoplanctonico y zooplanct3nico por clase de talla de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.

CLASE DE TALLA (mm)	FITOPLANCTON			ZOOPLANCTON		
	S	H'	N	S	H'	N
< 80	17	1	1.830,9	25	2,95	5.180
80-120	35	2,9	10.186,2	41	3,57	13.023
> 120	18	3	618,7	42	3,67	6.285
TOTAL			12.635,8			24.488

**Tabla 33.**

Lances de arrastre (B/C Abate Molina Crucero RECLAN152 0912) y lances de cerco (Flota cerquera. Proyecto Seguimiento 2009. Ppales. Pesquerías Nacionales-Pelágicos Zona Norte) utilizados para comparar estructura de tallas de las capturas de anchoveta.

Arte de Pesca	Lance	Fecha	Hora	Latitud	Longitud	n° muestra	Captura anchoveta (kg)
Cerco	2	02-12-2009	13:21	23,083	70,750	50	s/i
Cerco	3	10-12-2009	14:00	18,467	70,983	50	s/i
Cerco	5	16-12-2009	14:00	20,467	70,300	28	64,488
Cerco	6	17-12-2009	14:00	18,467	70,900	50	s/i
Cerco	8	16-12-2009	15:00	18,467	70,400	95	s/i
Cerco	10	16-12-2009	12:20	20,420	70,221	50	50
Arrastre	1	02-12-2009	6:47	18,417	71,133	200	11
Arrastre	2	02-12-2009	11:10	18,418	70,733	200	22
Arrastre	5	03-12-2009	17:40	18,665	70,378	200	545
Arrastre	21	08-12-2009	21:44	20,372	70,347	200	63
Arrastre	24	09-12-2009	19:19	20,667	70,212	22	0,5
Arrastre	25	09-12-2009	20:20	20,683	70,393	200	39
Arrastre	48	17-12-2009	10:28	23,193	70,602	200	118



**Tabla 34.**

Tallas al 25, 50 y 75% de anchoveta capturadas con redes de cerco y arrastre a media agua por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912

Frecuencia Acumulada	Anchoveta	
	Cerco	Arrastre
25%	12,9	12,8
50%	14,3	13,5
75%	15,1	14,1



**Tabla 35.** Resumen operacional y capturas realizadas por el B/C Abate Molina. Crucero RECLAN152 0912.

Lance N°	Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Tiempo de Arrastre (hr)	Velocidad Arrastre	Distancia Arrastre	Captura (kg)		Proporci3n (%)	
								Anchoveta	Fauna Acompa~ante	Anchoveta	Fauna Acompa~ante
1	2/12/2009	6:47	1825	7108	38	4	2.8	11	0	100	0
2	2/12/2009	11:10	1825.1	7044	33	4.6	2.5	22	55	45	55
3	2/12/2009	14:49	1825	7024.1	39	4.3	2.8	0	100	0	100
4	2/12/2009	19:33	1830	7039.3	37	4.3	2.7	1	97	3	97
5	3/12/2009	17:40	1839.9	7022.7	23	4	1.5	545	24	76	24
6	4/12/2009	8:28	1850	7027.3	39	4.7	3.1	435	0	100	0
7	4/12/2009	11:24	1845.7	7022.5	42	5.3	3.7	160	40	60	40
8	4/12/2009	15:55	1900	7019.8	30	4.2	2.1	0	100	0	100
9	4/12/2009	19:57	1902.1	7039.66	39	3.5	2.3	0	100	0	100
10	5/12/2009	8:40	1858.9	7020.8	50	4.3	3.6	76	87	13	87
11	5/12/2009	13:08	1920	7019.1	32	4.5	2.4	15	72	28	72
12	5/12/2009	15:30	1920	7029.9	30	4.2	2.1	2	90	10	90
13	5/12/2009	18:00	1922.7	7038.4	30	4.5	2.3	610	0	100	0
14	6/12/2009	10:20	1915.9	7018.6	61	4	4.1	0	100	0	100
15	6/12/2009	18:13	1927.6	7035.1	40	4.7	3.1	1	0	100	0
16	7/12/2009	14:45	1942.7	7014.5	50	4	3.3	0	100	0	100
17	7/12/2009	16:15	1942.8	7031.7	20	4.4	1.5	134	0	100	0
18	7/12/2009	19:24	1946	7044.2	21	4.4	1.5	524	0	100	0
19	7/12/2009	22:39	1942.6	7044.7	16	4.7	1.3	500	0	100	0
20	8/12/2009	17:17	1959.8	7009.1	31	4.9	2.5	0	100	0	100
21	8/12/2009	21:44	2022.3	7020.8	31	4.1	2.1	63	62	38	62
22	9/12/2009	9:22	2026.1	7031	36	4.5	2.7	0	100	0	100
23	9/12/2009	18:06	2034.5	7016	39	4.7	3.1	0	100	0	100
24	9/12/2009	20:19	2040	7012.7	18	4.4	1.3	0	100	0	100
25	9/12/2009	20:20	2041	7023.6	40	4.2	2.8	39	72	28	72
26	10/12/2009	07:18	2052	7017.3	36	4.5	2.7	0	100	0	100
27	10/12/2009	21:10	2101	7028.2	37	4.5	2.8	211	58	42	58
28	11/12/2009	6:53	2121.5	7006.8	36	3.8	2.3	1	100	0	100
29	11/12/2009	17:53	2121.8	7033.4	30	4.7	2.4	31	0	100	0
30	12/12/2009	8:52	2130.8	7028.5	18	4.5	1.4	96	0	100	0
31	12/12/2009	11:55	2130.4	7010.6	20	3.8	1.3	448	46	54	46
32	12/12/2009	17:51	2139.27	7010.2	7	4.8	0.6	2	100	0	100
33	12/12/2009	19:46	2140.9	7019.4	17	4.7	1.3	42	2	98	2
34	12/12/2009	22:15	2140.4	7031.1	32	4.7	2.5	1	98	2	98
35	13/12/2009	11:55	2151.8	7017	20	4	1.3	49	89	11	89
36	13/12/2009	18:09	2157.3	7012.6	7	4.6	0.5	314	24	76	24
37	13/12/2009	21:37	2200.3	7031.1	20	4.8	1.6	600	20	80	20
38	14/12/2009	11:00	2210.2	7031.2	15	4.8	1.2	18	0	100	0
39	14/12/2009	13:45	2213	7018.2	23	4.2	1.6	307	87	13	87
40	14/12/2009	19:47	2220.6	7020.6	6	4.3	0.4	78	59	41	59
41	14/12/2009	21:35	2220.7	7029.6	11	4.7	0.9	0	100	0	100
42	15/12/2009	14:12	2229.5	7017.9	33	4	2.2	0	100	0	100
43	15/12/2009	16:44	2234.1	7019	26	4.5	2.0	0	100	0	100
44	15/12/2009	21:11	2244.7	7021	7	4	0.5	185	94	6	94
45	16/12/2009	07:34	2240	7025.8	26	4.3	1.9	18	10	90	10
46	16/12/2009	13:27	2251.2	7024	33	4.4	2.4	18	2	98	2
47	16/12/2009	16:37	2300	7023	17	4.5	1.3	66	80	20	80
48	17/12/2009	10:28	2311.6	7036.1	20	4.3	1.4	119	12	88	12
49	17/12/2009	16:34	2330.8	7055.5	7	4.8	0.6	0	100	0	100
50	18/12/2009	11:48	2333.5	7032.5	20	4.4	1.5	0	100	0	100
51	18/12/2009	15:05	2340.6	7025.8	9	4.3	0.6	2	100	0	100
52	18/12/2009	18:07	2351.9	7032.7	21	4.7	1.6	0	100	0	100
53	18/12/2009	20:16	2349.9	7039	15	5.4	1.4	226	30	70	30
54	19/12/2009	8:14	2400.1	7040.7	18	4.3	1.3	110	75	25	75
55	19/12/2009	11:28	2400.6	7032.2	32	4.2	2.2	221	48	52	48
56	19/12/2009	23:19	2420.6	7037	31	4.2	2.2	11	95	5	95



**Tabla 36**

Captura (kg) por especie y total realizada por el B/C Abate Molina con red de arrastre de media agua. Crucero RECLAN152 0912.

Lance	Captura especies en el lance (kg)														Captura Total (kg)	
	Anchoveta	Jurel	Calamar	Agujilla	Mote	Pampanito	Medusa	Eufausidos	Jibia	Cojinoba	Argonauta	Salpa	Langostino pelagico	Vinciguerra		Otros
1	10.7									0.0						11
2	21.9									2.1	24.1					48
3			0.2						0.04			0.0				80
4	0.6									4.9	7.1					24
5	545.0															714
6	434.6															435
7	160.1															268
8																895
9																22
10	76.3													16.1		608
11	15.0					0.05	0.9									53
12	2.0										3.7					20
13	609.5															610
14													1680.0			1680
15	0.9															1
16							3.1						387.6			391
17	133.5															134
18	523.8															524
19	500.0															500
20																204
21	63.2		1.9				4.4	56.9	36.0					203.7		204
22														4.4		167
23							4560.0								0.0	4560
24	0.5				1634.8		272.5									1908
25	38.6		3.9					97.5								140
26							234.0									234
27	210.5							292.6								503
28	0.7						15000.0									15001
29	30.6															31
30	96.0															96
31	448.5		55.4				307.5			0.4			17.4			829
32	1.8						4000.0									4002
33	42.3		0.7													43
34	1.0		0.2					6.7		2.6				42.5	0.1	53
35	49.1						416.0									465
36	313.5						96.6									410
37	600.0						147.9									748
38	18.0															18
39	307.0		4.7				2080.0									2392
40	78.0						114.0									192
41																165
42							1138.8							165.0		1139
43			2.0				492.6									562
44	185.3						2706.0						67.9			2891
45	18.0			2.0												20
46	18.4			0.4												19
47	66.1						268.3									334
48	118.5						16.6									135
49														13.0		13
50	0.2	0.0	0.0			0.02	1500.0									1500
51	1.8						1011.6									1013
52							108.2									108
53	225.5	0.3					94.6									320
54	110.3						322.5									433
55	221.2					0.0004	208.2									429
56	10.5		0.4				192.2									203
<b>Total</b>	<b>6309</b>	<b>0</b>	<b>69</b>	<b>2</b>	<b>1635</b>	<b>0</b>	<b>35296</b>	<b>454</b>	<b>36</b>	<b>0.04</b>	<b>10</b>	<b>35</b>	<b>4005</b>	<b>445</b>		<b>48297</b>
<b>% del total</b>	<b>13.1</b>	<b>0.001</b>	<b>0.1</b>	<b>0.01</b>	<b>3.4</b>	<b>0.0001</b>	<b>73.1</b>	<b>0.9</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.02</b>	<b>0.1</b>	<b>8.3</b>	<b>0.9</b>		



**Tabla 37**

Resumen de lances de pesca por zonas (según estratificación), pesos y tallas promedio para anchoveta. Crucero RECLAN152 0912.

Zonas	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona Total
<b>Lances totales</b>	45	4	6	56
<b>Lances exitosos</b>	31	4	6	41
<b>% lances exitosos</b>	69	100	100	73,2
<b>% de reclutas en N°</b>	4,0	84,1	16,7	30,4
<b>% de reclutas en peso</b>	3,8	35,9	22,9	7,8
<b>Peso Prom. (g)</b>	19,9	8,8	15,5	18,1
<b>Varianza Peso Prom</b>	0,75	0,22	0,67	0,55
<b>L. Prom. (cm)</b>	13,8	10,4	12,7	13,2
<b>Varianza L. Prom</b>	2,36	5,85	1,09	3,74
<b>P. Prom. Recl (g)</b>	8	5	11	7,6
<b>L. Prom. Recl (cm)</b>	10,0	8,8	11,6	7,9
<b>Captura en Kg anchoveta</b>	4363	796	1150	6309
<b>Captura en % anchoveta</b>	69,2%	12,6%	18,2%	100%
<b><u>Proporción sexual</u></b>				
♀	44,01%	49,54%	54,46%	48,05%
<b>Var(♀)</b>	8,2e-05	6,6e-04	5,5e-04	7,5e-05
♂	55,99%	50,46%	45,54%	53,95%
<b>Var(♂)</b>	1,04e-04	6,7e-04	4,6e-04	6,4e-05
<b><u>IGS</u></b>				
$\overline{IGS}_{tot}$	7,4%	4,7%	7,1%	7,2%
<b>Var( <math>\overline{IGS}_{tot}</math> )</b>	5e-03	4e-02	2e-02	4e-03
$\overline{IGS}_{machos}$	7,2%	4,2%	7,9%	7,1%
<b>Var ( <math>\overline{IGS}_{machos}</math> )</b>	8e-03	8e-02	4e-02	4e-03
$\overline{IGS}_{hembras}$	7,6%	5,2%	6,4%	7,3%
<b>Var( <math>\overline{IGS}_{hembras}</math> )</b>	1e-02	6e-02	5e-02	8e-03

**Tabla 38.**

L3mites de las zonas seg3n la estratificaci3n de tallas de anchoveta y lances de pesca asignados Crucero RECLAN152 0912.

Zona	Latitud Inicio	Latitud Fin	Lances
1	18°25' S	24°40' S	1, 2, 4, 6, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 24, 25, 27, 29, 30, 33, 34, 35, 37, 38, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 53, 54, 55, 56
2	18°35' S	19°25' S	5, 7, 10, 11
3	21°12' S	22°28' S	28, 31, 32, 36, 39, 40

**Tabla 39**

Comparaci3n de la estructura de talla entre todas las zonas establecidas para anchoveta, mediante la d3cima de heterogeneidad generalizada (DHG;  $\alpha=0,05$ ).  
Crucero RECLAN152 0912

<b>Par3metros del an3lisis</b>	<b>X<sup>2</sup>cr3tico=</b>	<b>33</b>
	<b>N° de categor3as=</b>	<b>22</b>
	<b>Z=</b>	<b>1.64485</b>
	<b>Grupos=</b>	<b>3</b>
	<b>np=</b>	<b>488</b>
<b>Zonas</b>	<b>X<sup>2</sup> calculado</b>	<b>Ho</b>
3	32.19	<b>NR</b>
2	39.15	<b>R</b>
1	186.37	<b>R</b>
<b>% APROBACI3N</b>		<b>33.33</b>

Ho= La estructura de talla de la zona es "similar" a la estructura de talla generada por el conjunto de zonas.

R= Rechaza

NR= No rechaza



**Tabla 40.**

Comparaci3n de la estructura de talla entre lances para anchoveta, Zona 1, mediante la d3cima de heterogeneidad generalizada (DHG;  $\alpha=0,05$ ). Crucero RECLAN152 0912

Parámetros del análisis	X <sup>2</sup> crítico= N° de categorías= Z= Grupos= np=	31 20 1.64485 32 408
Lances	X <sup>2</sup> calculado	Ho
24	0.76	NR
54	0.86	NR
29	0.90	NR
21	0.90	NR
1	0.90	NR
34	0.90	NR
35	0.90	NR
17	1.23	NR
30	1.72	NR
4	2.32	NR
2	2.46	NR
56	2.46	NR
38	2.55	NR
45	3.19	NR
33	3.54	NR
44	3.63	NR
27	3.82	NR
50	4.29	NR
12	4.56	NR
25	6.06	NR
46	6.35	NR
19	9.58	NR
13	9.62	NR
37	10.37	NR
6	12.94	NR
18	18.29	NR
53	20.61	NR
55	23.05	NR
48	23.50	NR
15	33.45	R
47	77.47	R
51	89.69	R
<b>% APROBACI3N</b>		<b>90.63</b>

R= Rechaza; NR= No Rechaza

**Tabla 41.**

Comparación de la estructura de talla entre lances para anchoveta, Zona 2, mediante la dócima de heterogeneidad generalizada (DHG;  $\alpha=0,05$ ). Crucero RECLAN152 0912

<b>Parámetros del análisis</b>	$X^2$ crítico=	<b>28</b>
	N° de categorías=	<b>18</b>
	Z=	<b>1.64485</b>
	Grupos=	<b>4</b>
	np=	<b>226</b>
<b>Lances</b>	$X^2$ calculado	<b>Ho</b>
11	11.09	<b>NR</b>
10	19.89	<b>NR</b>
7	68.09	<b>R</b>
5	75.63	<b>R</b>
<b>% APROBACIÓN</b>		<b>50.00</b>

**R= Rechaza; NR= No Rechaza**

**Tabla 42.**

Comparación de la estructura de talla entre lances para anchoveta, Zona 3, mediante la dócima de heterogeneidad generalizada (DHG;  $\alpha=0,05$ ). Crucero RECLAN152 0912

<b>Parámetros del análisis</b>	$X^2$ crítico=	<b>27</b>
	N° de categorías=	<b>17</b>
	Z=	<b>1.64485</b>
	Grupos=	<b>6</b>
	np=	<b>237</b>
<b>Lances</b>	$X^2$ calculado	<b>Ho</b>
32	2.69	<b>NR</b>
40	5.21	<b>NR</b>
39	19.94	<b>NR</b>
36	25.31	<b>NR</b>
28	26.44	<b>NR</b>
31	79.60	<b>R</b>
<b>% APROBACIÓN</b>		<b>83.33</b>

**R= Rechaza; NR= No Rechaza**



**Tabla 43**

Parámetros de la relación longitud-peso de anchoveta obtenidos a través del ajuste de una regresión lineal y de una regresión no lineal para cada zona y zona total. Crucero RECLAN152 0912

	Parámetros	Zona 1 N=5399	Zona 2 N=790	Zona 3 N=998	Zona total N=7187
Modelo Lineal	a	0.0096	0.0045	0.0061	0.0055
	b	2.8966	3.1646	3.0779	3.1054
	R <sup>2</sup>	0.9197	0.9504	0.8190	0.9469
Modelo no lineal	a	0.1297	0.0056	0.0083	0.0097
	b	2.7864	3.0839	2.9561	2.8946
	R <sup>2</sup>	0.9547	0.9783	0.9009	0.9513

**Tabla 44.**

Andeva (Análisis de Varianza) para la comparación de la relación longitud-peso de Anchoveta por zona. Crucero RECLAN12-0912

Anchoveta	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y^2$	SC residual	GL residual
Zona 1	88.148	255.326	804.095	64.528	5397
Zona 2	42.526	134.576	448.074	22.199	788
Zona 3	6.860	21.113	79.325	14.340	996
Regresión pool (p)				101.066	7181
Regresión Común (c)	137.533	411.015	1331.495	103.185	7187
Regresión total (t)	203.282	631.268	2070.284	109.955	7185

<b>k=</b>	<b>3</b>
<b>GLp=</b>	<b>7181</b>
<b>Fc =</b>	<b>75.2592765</b>
<b>F 0.05(1) =</b>	<b>3.12</b>
<b>Ho=</b>	<b>Es rechazada</b>



**Tabla 45**

Análisis de varianza de la relación longitud-peso de anchoveta por zona y total. Crucero RECLAN152 0912

Zona		GL	Sc	Pc	F	Valor crítico
Zona 1	Regresión	1	139.49	139.49	61856.4953	0
	Residuos	5397	12.17	0.00		
	Total	5398	151.66			
Zona 2	Regresión	1	80.33	80.33	15117.64	0
	Residuos	788	4.19	0.01		
	Total	789	84.51			
Zona 3	Regresión	1	12.26	12.26	4513.57	0
	Residuos	996	2.70	0.00		
	Total	997	14.96			
Zona total	Regresión	1	369.74	369.74	128097.45	0
	Residuos	7185	20.74	0.00		
	Total	7186	390.48			

**GL:** Grados de libertad.  
**Sc:** Suma de cuadrados.  
**Pc:** Promedio de los cuadrados.  
**F :** F calculado.



**Tabla 46**  
Comparaci3n de pesos de anchoveta entre diferentes modelos. Crucero RECLAN152 0912

Longitud (cm)	Modelo lineal				Modelo no lineal			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona total
a	0.009635	0.004492	0.006062	0.005541	0.009635	0.004492	0.006062	0.009694
b	2.896562	3.164583	3.077899	3.105382	2.896562	3.164583	3.077899	2.894618
R <sup>2</sup>	0.919737	0.950395	0.819042	0.946882	0.919737	0.950395	0.819042	0.951273
3.0								
3.5								
4.0								
4.5								
5.0								
5.5								
6.0								
6.5		1.7		1.9		1.8		2.2
7.0		2.1		2.3		2.2		2.7
7.5	3.3	2.6		2.9	3.6	2.8		3.3
8.0	4.0	3.2	3.6	3.5	4.3	3.4	3.9	4.0
8.5	4.7	3.9	4.4	4.3	5.0	4.1	4.7	4.8
9.0	5.6	4.7	5.2	5.1	5.9	4.9	5.5	5.6
9.5	6.5	5.6	6.2	6.0	6.9	5.7	6.5	6.6
10.0	7.6	6.6	7.3	7.1	7.9	6.7	7.5	7.6
10.5	8.7	7.7	8.4	8.2	9.1	7.8	8.7	8.8
11.0	10.0	8.9	9.7	9.5	10.3	9.0	10.0	10.0
11.5	11.4	10.2	11.2	10.9	11.7	10.4	11.4	11.4
12.0	12.9	11.7	12.7	12.4	13.2	11.8	12.9	12.9
12.5	14.5	13.3	14.4	14.1	14.8	13.4	14.6	14.5
13.0	16.2	15.1	16.3	16.0	16.5	15.1	16.4	16.3
13.5	18.1	17.0	18.3	17.9	18.3	17.0	18.3	18.1
14.0	20.1	19.0	20.4	20.1	20.2	19.0	20.4	20.1
14.5	22.3	21.3	22.8	22.4	22.3	21.2	22.6	22.3
15.0	24.6	23.7	25.3	24.9	24.5	23.5	25.0	24.6
15.5	27.0	26.3	27.9	27.5	26.9	26.0	27.5	27.0
16.0	29.6		30.8	30.4	29.4		30.2	29.6
16.5	32.4			33.4	32.0			32.4
17.0	35.3			36.7	34.8			35.3
17.5								
18.0								
18.5								
19.0								



**Tabla 47.**  
Test Tukey para comparaci3n de pendientes de la relaci3n longitud-  
peso de anchoveta. Crucero RECLAN152 0912

<b>Zona 1- Zona 2</b>		<b>Zona 1- Zona 3</b>		<b>Zona 2- Zona 3</b>	
k=	3	k=	3	k=	3
GLp=	7.187	GLp=	7.187	GLp=	7.187
q=	29,37	q=	3,15	q=	24,56
q0.05,GLp,k	3,314	q0.05,GLp,k	3,314	q0.05,GLp,k	3,314
Ho=	rechazada	Ho=	aceptada	Ho=	rechazada



**Tabla 48.**  
Clave edad-talla de anchoveta para la zona norte (Arica-Antofagasta). Crucero RECLAN152 0912.

TALLAS (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD					
		0	I	II	III	IV	V
3,0							
3,5							
4,0							
4,5							
5,0							
5,5							
6,0							
6,5	1	1					
7,0	1	1					
7,5	15	15					
8,0	18	18					
8,5	9	9					
9,0	10	10					
9,5	9	9					
10,0	12	12					
10,5	12	10	2				
11,0	12	11	1				
11,5	12	7	5				
12,0	11	2	9				
12,5	9	1	8				
13,0	10		9	1			
13,5	15		13	2			
14,0	11		8	3			
14,5	19		10	9			
15,0	14		4	9	1		
15,5	11		1	9	1		
16,0	8			8			
16,5	5			4	1		
17,0	1				1		
17,5							
18,0							
18,5							
19,0							
TOTAL	225	106	70	45	4		
%	100,0	47,1	31,1	20,0	1,8		



**Tabla 49.**

Varianzas de la clave edad-talla de anchoveta para la zona norte (Arica-Antofagasta). Crucero RECLAN152 0912.

TALLAS (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD					
		0	I	II	III	IV	V
3,0							
3,5							
4,0							
4,5							
5,0							
5,5							
6,0							
6,5	0,0000	0,0000					
7,0	0,0000	0,0000					
7,5	0,0000	0,0000					
8,0	0,0000	0,0000					
8,5	0,0000	0,0000					
9,0	0,0000	0,0000					
9,5	0,0000	0,0000					
10,0	0,0000	0,0000					
10,5	0,0253	0,0126	0,0126				
11,0	0,0139	0,0069	0,0069				
11,5	0,0442	0,0221	0,0221				
12,0	0,0298	0,0149	0,0149				
12,5	0,0247	0,0123	0,0123				
13,0	0,0200		0,0100	0,0100			
13,5	0,0165		0,0083	0,0083			
14,0	0,0397		0,0198	0,0198			
14,5	0,0277		0,0139	0,0139			
15,0	0,0385		0,0157	0,0177	0,0051		
15,5	0,0314		0,0083	0,0149	0,0083		
16,0	0,0000			0,0000			
16,5	0,0800			0,0400	0,0400		
17,0	0,0000				0,0000		
17,5							
18,0							
18,5							
19,0							



**Tabla 50.**

Calibración de los transductores del B/I Abate Molina antes de cruceo RECLAN152 0912. (\*) Identifica valores de fábrica.

Transductor	Frecuencia (Khz)	Pulso (ms)	Gain 2008	Gain 2009	Gain 2010
Abate Molina	38	0,256	24,00*	24,49	26,49
Abate Molina	38	0,512	25,00*	26,14	26,25
Abate Molina	38	1,024	26,59	26,56	26,62
Abate Molina	38	2,048	25,50*	26,33	
Abate Molina	120	1,024	21,65	22,38	
Abate Molina	120	0,512	23,37	22,44	
Abate Molina	200	1,024	27,00*	26,41	
Abate Molina	200	0,512	27,00*	26,3	
Abate Molina	200	0,256	27,00*	26,43	
Abate Molina	200	0,064	25,50*	25,64	

**Tabla 51.**

Ecuaciones de intensidad de blanco (TS) respecto a la talla de anchoveta ajustadas en la zona norte de Chile entre 1996 a 2007

Crucero	Ecuación	R <sup>2</sup>
RECLAN 9601	TS = 19,52 log (L) - 73,42 dB	R <sup>2</sup> = 0,833
RECLAN 9611	TS = 20,21 log (L) - 73,95 dB	R <sup>2</sup> = 0,790
RECLAN 9801	TS = 18,81 log (L) - 72,23 dB	R <sup>2</sup> = 0,942
RECLAN 9811	TS = 18,80 log (L) - 72,64 dB	R <sup>2</sup> = 0,925
RECLAN 0001	TS = 22,04 log (L) - 75,72 dB	R <sup>2</sup> = 0,8588
RECLAN 0012	TS = 20,74 log (L) - 72,29 dB	R <sup>2</sup> = 0,9079
RECLAN 0111	TS = 19,90 log (L) - 73,297 dB	R <sup>2</sup> = 0,9612
RECLAN 0702	TS = 5,45 log (L) - 57,297 dB	R <sup>2</sup> = 0,0978
RECLAN34 0703	TS= 25,21 Log (L) - 79,85dB	R <sup>2</sup> = 0,9543
Global	TS = 20,607 log (L) - 74,14 dB	R <sup>2</sup> = 0,9174

**Tabla 52.**

Ecuaciones de intensidad de blanco (TS) respecto a la talla de anchoveta estandarizadas en la zona norte de Chile entre 1996 a 2007.

Crucero	Ecuación
RECLAN 9601	TS = 20 log (L) - 73,42 dB
RECLAN 9611	TS = 20 log (L) - 73,739 dB
RECLAN 9801	TS = 20 log (L) - 73,55 dB
RECLAN 9811	TS = 20 log (L) - 73,91 dB
RECLAN 0001	TS = 20 log (L) - 73,36 dB
RECLAN 0001	TS = 20 log (L) - 73,44 dB
RECLAN 0111:	TS = 20 log (L) - 73,40 dB
RECLAN 0702	TS= 20 Log (L) -73,51 dB
RECLAN 0703	TS= 20 Log (L) -74,22 dB
Global	TS = 20 log (L) - 73,46 dB

**Tabla 53.**

Estimaci3n del sesgo de orilla en la evaluaci3n ac3stica de la biomasa de anchoveta por grado de latitud.  $\Delta x$ : diferencias en los valores de distancia a la costa;  $m_{(ESDU)}$ =pendiente del n3mero de observaciones ac3sticas (ESDU);  $m_{(NASC)}$ =pendiente de las densidades ac3sticas (NASC);  $m=\Delta y/\Delta x$ , donde  $\Delta y$  es diferencias en los NASC ( $\Delta y_{(NASC)}$  3  $\Delta y_{(ESDU)}$ );  $P$ =cuociente de las pendientes ( $m_{(ESDU)}/m_{(NASC)}$ );  $P=1$ , hay proporcionalidad entre muestreo ac3stico y densidades ac3sticas;  $P<1$ , submuestreo, se corrige por sesgo de orilla;  $P>1$ , sobremuestreo. Se indica el 3rea del sector costero no prospectado, hasta 0,3 mn de costa y los NASC promedio del sector costero a corregir.

Sector	d cost (mn)	$\Delta x$ (mn)	m (ubm)	m (NASC)	P	$\Sigma$ NASC	N3 UBM	NASC prom	AREA (mn2)
183 - 193	2.8	1.9	0.1412	0.3902	<b>0.3619</b>	207439.1	180	1152.4	32.67
193 - 203	1.8	1.3	0.1499	0.0549	2.7304	1200.3	14	85.7	-
203 - 213	1.6	0.7	0.1449	0.0367	3.9482	101.4	71	1.4	-
213 - 223	2.0	1.0	0.1493	0.0686	2.1764	6243.8	148	42.2	-
223 - 233	2.2	1.2	0.1650	0.1743	<b>0.9466</b>	14363.2	151	95.1	71.16
233 - 243	1.7	0.7	0.1596	0.1970	<b>0.8102</b>	17058.1	99	172.3	121.28
243 - 253	1.8	0.8	0.2597	0.3377	<b>0.7690</b>	18956.9	68	278.8	47.25



**Tabla 54.**

Abundancia (millones) de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40'S) en la primavera del 2009. Crucero RECLAN512 0912. (Método Conglomerados y Estrato Agrupados).

Talla	Método Conglomerados y Estratos Agrupados					Total
	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Sesgo orilla	
3,0						
3,5						
4,0						
4,5						
5,0						
5,5						
6,0						
6,5			19,9		2,2	22,1
7,0			392,7		42,8	435,5
7,5	71,5	97,8	1.477,5		164,6	1.811,5
8,0	330,8	452,5	1.535,9	12,0	184,5	2.515,7
8,5	223,4	305,5	613,8	5,3	78,4	1.226,4
9,0	80,4	110,0	262,2	9,3	33,0	494,9
9,5	25,6	35,1	360,2	16,7	41,1	478,7
10,0	66,8	91,4	558,0	22,5	64,9	803,6
10,5	54,1	74,0	481,9	30,4	56,3	696,6
11,0	111,3	152,2	159,0	128,9	27,3	578,7
11,5	154,7	211,6	30,2	246,0	19,4	661,8
12,0	136,8	187,1		401,5	20,4	745,7
12,5	339,2	463,9	157,1	563,4	53,2	1.576,8
13,0	713,9	976,4	373,4	406,5	90,5	2.560,8
13,5	1.072,4	1.466,7	379,5	229,8	103,4	3.251,8
14,0	1.165,6	1.594,2	151,9	131,5	80,0	3.123,1
14,5	1.053,4	1.440,7	66,8	70,5	63,0	2.694,5
15,0	638,3	873,1	17,3	40,1	35,6	1.604,3
15,5	382,6	523,3	9,7	9,0	20,7	945,3
16,0	123,1	168,3		1,4	6,3	299,0
16,5	16,1	22,1			0,8	39,0
17,0	1,5	2,1			0,1	3,7
17,5						
18,0						
18,5						
19,0						
19,5						
20,0						
<b>Total</b>	<b>6.761,5</b>	<b>9.248,0</b>	<b>7.046,9</b>	<b>2.324,8</b>	<b>1.188,3</b>	<b>26.569,5</b>
<b>Reclutas</b>	<b>1.255,5</b>	<b>1.717,1</b>	<b>5.891,2</b>	<b>872,6</b>	<b>734,8</b>	<b>10.471,2</b>
<b>% Reclutas</b>	<b>18,6</b>	<b>18,6</b>	<b>83,6</b>	<b>37,5</b>	<b>61,8</b>	<b>39,4</b>
<b>Area (mn<sup>2</sup>)</b>	<b>2.272,0</b>	<b>3.488,0</b>	<b>306,0</b>	<b>566,0</b>	<b>272,4</b>	<b>6.904,4</b>
<b>□ (n<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>)</b>	<b>3,0</b>	<b>2,7</b>	<b>23,0</b>	<b>4,1</b>	<b>4,4</b>	<b>3,8</b>
<b>% Total</b>	<b>26,6</b>	<b>36,4</b>	<b>27,8</b>	<b>9,2</b>	<b>4,5</b>	<b>100,0</b>



**Tabla 55**

Abundancia (millones) de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40'S) en la primavera del 2009, Crucero RECLAN512 0912, (Método Bootstrap y Geoestadístico),

Talla	Método Bootstrap						Método Geoestadístico					
	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Sesgo orilla	Total	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Sesgo orilla	Total
3,0												
3,5												
4,0												
4,5												
5,0												
5,5												
6,0												
6,5			20,2		2,2	22,4			16,0		2,2	18,1
7,0			397,8		42,8	440,6			314,1		42,8	356,9
7,5	73,4	98,8	1.496,7		164,6	1.833,6	74,4	99,2	1.181,9		164,6	1 520,1
8,0	339,6	456,8	1.555,9	12,0	184,5	2.548,7	344,1	458,8	1.228,6	12,9	184,5	2 228,9
8,5	229,3	308,5	621,8	5,3	78,4	1.243,2	232,4	309,8	491,0	5,7	78,4	1 117,3
9,0	82,5	111,0	265,6	9,3	33,0	501,5	83,6	111,5	209,7	10,0	33,0	447,9
9,5	26,3	35,4	364,9	16,7	41,1	484,4	26,7	35,6	288,1	17,9	41,1	409,4
10,0	68,6	92,2	565,3	22,5	64,9	813,5	69,5	92,6	446,4	24,2	64,9	697,6
10,5	55,5	74,7	488,2	30,4	56,3	705,0	56,2	75,0	385,5	32,7	56,3	605,7
11,0	114,2	153,7	161,0	128,8	27,3	585,0	115,8	154,4	127,2	138,6	27,3	563,1
11,5	158,8	213,6	30,6	245,9	19,4	668,1	160,9	214,5	24,1	264,5	19,4	683,4
12,0	140,4	188,9		401,2	20,4	750,8	142,3	189,7		431,6	20,4	784,0
12,5	348,1	468,3	159,1	563,1	53,2	1.591,8	352,8	470,4	125,7	605,7	53,2	1 607,8
13,0	732,7	985,7	378,3	406,3	90,5	2.593,5	742,6	990,1	298,7	437,1	90,5	2 559,0
13,5	1.100,7	1.480,7	384,5	229,6	103,4	3.298,9	1.115,4	1.487,3	303,6	247,0	103,4	3 256,7
14,0	1.196,3	1.609,4	153,8	131,4	80,0	3.171,0	1.212,4	1.616,6	121,5	141,3	80,0	3 171,8
14,5	1.081,1	1.454,5	67,7	70,5	63,0	2.736,8	1.095,7	1.460,9	53,5	75,8	63,0	2 748,9
15,0	655,2	881,4	17,5	40,0	35,6	1.629,7	664,0	885,3	13,8	43,1	35,6	1 641,8
15,5	392,7	528,3	9,8	9,0	20,7	960,5	398,0	530,6	7,7	9,7	20,7	966,7
16,0	126,3	169,9		1,4	6,3	303,9	128,0	170,7		1,5	6,3	306,4
16,5	16,6	22,3			0,8	39,7	16,8	22,4			0,8	40,0
17,0	1,6	2,1			0,1	3,7	1,6	2,1			0,1	3,8
17,5												
18,0												
18,5												
19,0												
19,5												
20,0												
<b>Total</b>	<b>6.939,8</b>	<b>9.336,2</b>	<b>7.138,8</b>	<b>2.323,3</b>	<b>1.188,3</b>	<b>26.926,3</b>	<b>7.032,9</b>	<b>9.377,7</b>	<b>5.637,1</b>	<b>2.499,3</b>	<b>1.188,3</b>	<b>25.735,4</b>
<b>Reclutas</b>	<b>1.288,6</b>	<b>1.733,5</b>	<b>5.968,0</b>	<b>872,0</b>	<b>734,8</b>	<b>10.596,9</b>	<b>1.305,9</b>	<b>1.741,2</b>	<b>4.712,6</b>	<b>938,1</b>	<b>734,8</b>	<b>9.432,6</b>
<b>% Reclutas</b>	<b>18,6</b>	<b>18,6</b>	<b>83,6</b>	<b>37,5</b>	<b>61,8</b>	<b>39,4</b>	<b>18,6</b>	<b>18,6</b>	<b>83,6</b>	<b>37,5</b>	<b>61,8</b>	<b>36,7</b>
<b>Area (mn<sup>2</sup>)</b>	<b>2.272,0</b>	<b>3.488,0</b>	<b>306,0</b>	<b>566,0</b>	<b>272,4</b>	<b>6.904,4</b>	<b>2.272,0</b>	<b>3.488,0</b>	<b>306,0</b>	<b>566,0</b>	<b>272,4</b>	<b>6.904,4</b>
<b>□ (n<sup>9</sup>/mn<sup>2</sup>)</b>	<b>3,1</b>	<b>2,7</b>	<b>23,3</b>	<b>4,1</b>	<b>4,4</b>	<b>3,9</b>	<b>3,1</b>	<b>2,7</b>	<b>18,4</b>	<b>4,4</b>	<b>4,4</b>	<b>3,7</b>
<b>% Total</b>	<b>27,0</b>	<b>36,3</b>	<b>27,7</b>	<b>9,0</b>	<b>4,6</b>	<b>100,0</b>	<b>27,3</b>	<b>36,4</b>	<b>21,9</b>	<b>9,7</b>	<b>4,6</b>	<b>100,0</b>



**Tabla 56**  
 Biomasa (t) de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40´S) en la primavera del 2009, Crucero RECLAN512 0912, (Método Conglomerados y Estratos Agrupados),

Talla	Método Conglomerados y Estratos Agrupados					Total
	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Sesgo orilla	
3,0						
3,5						
4,0						
4,5						
5,0						
5,5						
6,0						
6,5			36,7		4,0	40,7
7,0			909,4		99,1	1.008,5
7,5	205,3	280,7	4.239,4		472,4	5.197,8
8,0	1.159,9	1.586,5	5.384,8	41,9	647,0	8.820,1
8,5	945,5	1.293,1	2.597,9	22,3	331,8	5.190,6
9,0	406,5	556,0	1.325,2	47,2	166,6	2.501,5
9,5	153,3	209,7	2.153,3	99,8	245,8	2.861,9
10,0	468,3	640,5	3.912,1	157,6	455,3	5.633,8
10,5	441,1	603,3	3.931,1	248,3	459,0	5.682,9
11,0	1.049,1	1.434,9	1.498,3	1 214,8	257,1	5.454,1
11,5	1.673,8	2.289,3	326,5	2 662,1	209,5	7.161,2
12,0	1.689,1	2.310,3		4 958,2	251,5	9.209,2
12,5	4.754,7	6.503,2	2.202,2	7 898,7	745,3	22.104,1
13,0	11.304,3	15.461,3	5.912,9	6 437,5	1.432,5	40.548,5
13,5	19.091,9	26.112,6	6.757,0	4 090,9	1.840,5	57.892,9
14,0	23.232,5	31.775,9	3.027,0	2 620,2	1.594,5	62.250,2
14,5	23.413,0	32.022,7	1.485,6	1 567,7	1.400,5	59.889,5
15,0	15.763,4	21.560,2	427,1	989,2	878,2	39.618,2
15,5	10.460,7	14.307,4	264,9	245,4	567,0	25.845,4
16,0	3.713,1	5.078,5		42,2	189,5	9.023,4
16,5	535,7	732,7			27,1	1.295,6
17,0	55,2	75,5			2,8	133,5
17,5						
18,0						
18,5						
19,0						
19,5						
20,0						
<b>Total</b>	<b>120.516,4</b>	<b>164.834,5</b>	<b>46.391,4</b>	<b>33.344,1</b>	<b>12.277,1</b>	<b>377.363,4</b>
<b>Reclutas</b>	<b>8.191,8</b>	<b>11.204,3</b>	<b>26.314,8</b>	<b>9.452,3</b>	<b>3.599,0</b>	<b>58.762,2</b>
<b>% Reclutas</b>	<b>6,8</b>	<b>6,8</b>	<b>56,7</b>	<b>28,3</b>	<b>29,3</b>	<b>15,6</b>
<b>Area (mn<sup>2</sup>)</b>	<b>2.272,0</b>	<b>3.488,0</b>	<b>306,0</b>	<b>566,0</b>	<b>272,4</b>	<b>6.904,4</b>
<b>□ (n<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>)</b>	<b>53,0</b>	<b>47,3</b>	<b>151,6</b>	<b>58,9</b>	<b>45,1</b>	<b>54,7</b>
<b>% Total</b>	<b>33,0</b>	<b>45,1</b>	<b>12,7</b>	<b>8,8</b>	<b>3,3</b>	<b>100,0</b>



**Tabla 57**

Abundancia (millones) de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40´S) en la primavera del 2009, Crucero RECLAN512 0912, (Método Bootstrap y Geoestadístico),

Talla	Método Bootstrap						Método Geoestadístico					
	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Sesgo orilla	Total	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Sesgo orilla	Total
3,0												
3,5												
4,0												
4,5												
5,0												
5,5												
6,0												
6,5			37,2		4,0	41,2			29,3		4,0	33,3
7,0			921,2		99,1	1.020,3			727,4		99,1	826,5
7,5	210,7	283,4	4.294,6		472,4	5.261,1	213,5	284,7	3.391,2		472,4	4.361,8
8,0	1.190,5	1.601,6	5.455,0	41,9	647,0	8.936,0	1.206,5	1.608,7	4.307,5	45,1	647,0	7.814,8
8,5	970,4	1.305,5	2.631,8	22,3	331,8	5.261,7	983,4	1.311,3	2.078,2	24,0	331,8	4.728,6
9,0	417,2	561,3	1.342,5	47,2	166,6	2.534,7	422,8	563,8	1.060,1	50,8	166,6	2.264,0
9,5	157,4	211,7	2.181,4	99,7	245,8	2.895,9	159,5	212,6	1.722,5	107,3	245,8	2.447,7
10,0	480,6	646,6	3.963,1	157,5	455,3	5.703,2	487,1	649,5	3.129,4	169,4	455,3	4.890,8
10,5	452,7	609,0	3.982,4	248,2	459,0	5.751,3	458,8	611,7	3.144,6	267,0	459,0	4.941,2
11,0	1.076,7	1.448,5	1.517,8	1.214,0	257,1	5.514,2	1.091,2	1.455,0	1.198,5	1.306,0	257,1	5.307,8
11,5	1.717,9	2.311,2	330,7	2.660,5	209,5	7.229,8	1.741,0	2.321,4	261,2	2.862,0	209,5	7.395,1
12,0	1.733,7	2.332,3		4.955,1	251,5	9.272,6	1.756,9	2.342,7		5.330,5	251,5	9.681,7
12,5	4.880,1	6.565,2	2.230,9	7.893,7	745,3	22.315,1	4.945,6	6.594,4	1.761,6	8.491,8	745,3	22.538,7
13,0	11.602,4	15.608,8	5.989,9	6.433,4	1.432,5	41.067,0	11.758,1	15.678,3	4.729,9	6.920,8	1.432,5	40.519,6
13,5	19.595,3	26.361,6	6.845,1	4.088,3	1.840,5	58.730,7	19.858,2	26.479,0	5.405,2	4.398,1	1.840,5	57.980,9
14,0	23.845,0	32.078,9	3.066,5	2.618,6	1.594,5	63.203,5	24.165,0	32.221,7	2.421,4	2.817,0	1.594,5	63.219,7
14,5	24.030,3	32.328,1	1.505,0	1.566,7	1.400,5	60.830,5	24.352,8	32.472,0	1.188,4	1.685,4	1.400,5	61.099,0
15,0	16.179,1	21.765,8	432,6	988,6	878,2	40.244,3	16.396,2	21.862,7	341,6	1.063,5	878,2	40.542,2
15,5	10.736,5	14.443,9	268,3	245,3	567,0	26.261,0	10.880,6	14.508,2	211,9	263,8	567,0	26.431,5
16,0	3.811,0	5.127,0		42,2	189,5	9.169,7	3.862,1	5.149,8		45,4	189,5	9.246,9
16,5	549,8	739,7			27,1	1.316,7	557,2	743,0			27,1	1.327,4
17,0	56,7	76,2			2,8	135,7	57,4	76,6			2,8	136,8
17,5												
18,0												
18,5												
19,0												
19,5												
20,0												
<b>Total</b>	<b>123.693,9</b>	<b>166.406,2</b>	<b>46.996,0</b>	<b>33.323,0</b>	<b>12.277,1</b>	<b>382.696,2</b>	<b>125.353,9</b>	<b>167.147,0</b>	<b>37.110,0</b>	<b>35.847,8</b>	<b>12.277,1</b>	<b>377.735,9</b>
<b>Reclutas</b>	<b>8.407,8</b>	<b>11.311,1</b>	<b>26.657,7</b>	<b>9.446,3</b>	<b>3.599,0</b>	<b>59.422,0</b>	<b>8.520,7</b>	<b>11.361,4</b>	<b>21.050,1</b>	<b>10.162,0</b>	<b>3.599,0</b>	<b>54.693,2</b>
<b>% Reclutas</b>	<b>6,8</b>	<b>6,8</b>	<b>56,7</b>	<b>28,3</b>	<b>29,3</b>	<b>15,5</b>	<b>6,8</b>	<b>6,8</b>	<b>56,7</b>	<b>28,3</b>	<b>29,3</b>	<b>14,5</b>
<b>Area (mn²)</b>	<b>2.272,0</b>	<b>3.488,0</b>	<b>306,0</b>	<b>272,4</b>	<b>3.488,0</b>	<b>6.904,4</b>	<b>2.272,0</b>	<b>3.488,0</b>	<b>306,0</b>	<b>566,0</b>	<b>272,4</b>	<b>6.904,4</b>
<b>□ (n²/mn²)</b>	<b>54,4</b>	<b>47,7</b>	<b>153,6</b>	<b>58,9</b>	<b>45,1</b>	<b>55,4</b>	<b>55,2</b>	<b>47,9</b>	<b>121,3</b>	<b>63,3</b>	<b>45,1</b>	<b>54,7</b>
<b>% Total</b>	<b>33,4</b>	<b>44,9</b>	<b>12,7</b>	<b>9,0</b>	<b>3,3</b>	<b>100,0</b>	<b>33,2</b>	<b>44,2</b>	<b>9,8</b>	<b>9,5</b>	<b>3,3</b>	<b>100,0</b>



**Tabla 58**

Varianza de la Abundancia de anchoveta por talla, subzona y total según método Conglomerados, Crucero RECLAN512 0912, (Método Conglomerados y Estratos Agrupados),

Talla	Método Conglomerados					Método Estratos Agrupados				
	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Total	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Total
3,0										
3,5										
4,0										
4,5										
5,0										
5,5										
6,0										
6,5			4,036E+14		4,036E+14			4,060E+14		4,060E+14
7,0			1,155E+17		1,155E+17			1,004E+17		1,004E+17
7,5	1,728E+15	1,683E+15	1,616E+18		1,619E+18	1,172E+15	1,231E+15	1,394E+18		1,396E+18
8,0	2,969E+16	1,909E+16	1,745E+18	2,550E+14	1,794E+18	1,662E+16	8,460E+15	1,506E+18	2,785E+14	1,531E+18
8,5	1,375E+16	9,208E+15	2,797E+17	9,230E+13	3,028E+17	7,831E+15	4,390E+15	2,419E+17	1,059E+14	2,542E+17
9,0	1,840E+15	1,327E+15	5,142E+16	1,557E+14	5,474E+16	1,082E+15	7,107E+14	4,465E+16	1,700E+14	4,662E+16
9,5	2,093E+14	1,867E+14	9,655E+16	2,814E+14	9,723E+16	1,359E+14	1,270E+14	8,360E+16	2,820E+14	8,415E+16
10,0	1,329E+15	1,055E+15	2,307E+17	3,806E+14	2,335E+17	8,161E+14	6,377E+14	1,992E+17	3,544E+14	2,010E+17
10,5	8,382E+14	6,153E+14	1,721E+17	5,167E+14	1,740E+17	4,967E+14	3,374E+14	1,486E+17	4,305E+14	1,499E+17
11,0	3,407E+15	2,269E+15	1,890E+16	5,159E+15	2,974E+16	1,936E+15	1,072E+15	1,642E+16	2,753E+15	2,218E+16
11,5	6,538E+15	4,285E+15	7,197E+14	1,736E+16	2,891E+16	3,690E+15	1,968E+15	6,452E+14	8,292E+15	1,460E+16
12,0	5,753E+15	4,844E+15		4,514E+16	5,574E+16	3,632E+15	3,118E+15		2,076E+16	2,751E+16
12,5	3,113E+16	1,989E+16	1,840E+16	8,836E+16	1,578E+17	1,738E+16	8,706E+15	1,595E+16	4,021E+16	8,225E+16
13,0	1,379E+17	8,806E+16	1,033E+17	4,613E+16	3,753E+17	7,699E+16	3,852E+16	8,915E+16	2,110E+16	2,257E+17
13,5	3,101E+17	1,964E+17	1,067E+17	1,483E+16	6,280E+17	1,726E+17	8,448E+16	9,206E+16	6,848E+15	3,559E+17
14,0	3,656E+17	2,302E+17	1,717E+16	4,902E+15	6,178E+17	2,029E+17	9,783E+16	1,486E+16	2,301E+15	3,179E+17
14,5	2,990E+17	1,890E+17	3,359E+15	1,433E+15	4,929E+17	1,663E+17	8,103E+16	2,927E+15	6,892E+14	2,509E+17
15,0	1,101E+17	7,016E+16	2,361E+14	4,768E+14	1,810E+17	6,143E+16	3,054E+16	2,115E+14	2,398E+14	9,241E+16
15,5	3,966E+16	2,544E+16	7,724E+13	2,892E+13	6,521E+16	2,218E+16	1,122E+16	7,076E+13	1,806E+13	3,349E+16
16,0	4,203E+15	2,865E+15		1,522E+12	7,070E+15	2,412E+15	1,407E+15		1,430E+12	3,820E+15
16,5	1,070E+14	1,301E+14			2,372E+14	8,190E+13	1,097E+14			1,916E+14
17,0	1,215E+12	1,778E+12			2,993E+12	1,037E+12	1,633E+12			2,671E+12
17,5										
18,0										
18,5										
19,0										
19,5										
20,0										
<b>Total</b>	<b>1,363E+18</b>	<b>8,667E+17</b>	<b>4,576E+18</b>	<b>2,255E+17</b>	<b>7,031E+18</b>	<b>7,596E+17</b>	<b>3,759E+17</b>	<b>3,951E+18</b>	<b>1,048E+17</b>	<b>5,191E+18</b>
<b>Reclutas</b>	<b>6,508E+16</b>	<b>4,456E+16</b>	<b>4,327E+18</b>	<b>6,935E+16</b>	<b>4,506E+18</b>	<b>3,741E+16</b>	<b>2,205E+16</b>	<b>3,735E+18</b>	<b>3,342E+16</b>	<b>3,828E+18</b>
<b>CV</b>	<b>0,1727</b>	<b>0,1007</b>	<b>0,3036</b>	<b>0,2043</b>	<b>0,0998</b>	<b>0,1289</b>	<b>0,0663</b>	<b>0,2821</b>	<b>0,1393</b>	<b>0,0858</b>
<b>Error</b>	<b>28,4</b>	<b>16,6</b>	<b>50,0</b>	<b>33,6</b>	<b>16,4</b>	<b>21,2</b>	<b>10,9</b>	<b>46,4</b>	<b>22,9</b>	<b>14,1</b>



**Tabla 59**  
 Varianza de la Abundancia de anchoveta por talla, subzona y total segun m3todo Conglomerados,  
 Crucero RECLAN512 0912, (M3todo Bootstrap y Geoestad3stico),

Talla	M3todo Bootstrap					M3todo Geoestad3stico				
	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Total	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Total
3,0										
3,5										
4,0										
4,5										
5,0										
5,5										
6,0										
6,5			4,213E+14		4,213E+14			2,310E+14		2,310E+14
7,0			7,350E+16		7,350E+16			2,484E+17		2,484E+17
7,5	1,225E+15	1,243E+15	9,971E+17		9,995E+17	7,100E+15	2,016E+15	3,594E+18		3,603E+18
8,0	1,727E+16	8,352E+15	1,076E+18	2,821E+14	1,102E+18	1,552E+17	2,634E+16	3,885E+18	3,366E+14	4,067E+18
8,5	8,138E+15	4,352E+15	1,741E+17	1,080E+14	1,867E+17	7,066E+16	1,251E+16	6,168E+17	1,308E+14	7,001E+17
9,0	1,125E+15	7,086E+14	3,259E+16	1,722E+14	3,459E+16	9,131E+15	1,754E+15	1,111E+17	2,055E+14	1,222E+17
9,5	1,418E+14	1,279E+14	6,045E+16	2,818E+14	6,100E+16	9,183E+14	2,297E+14	2,115E+17	3,264E+14	2,129E+17
10,0	8,501E+14	6,393E+14	1,428E+17	3,496E+14	1,447E+17	6,271E+15	1,348E+15	5,116E+17	3,933E+14	5,196E+17
10,5	5,168E+14	3,368E+14	1,065E+17	4,156E+14	1,078E+17	4,124E+15	8,080E+14	3,815E+17	4,440E+14	3,868E+17
11,0	2,011E+15	1,062E+15	1,198E+16	2,348E+15	1,741E+16	1,754E+16	3,088E+15	4,082E+16	1,685E+15	6,314E+16
11,5	3,833E+15	1,947E+15	5,164E+14	6,769E+15	1,307E+16	3,390E+16	5,868E+15	1,321E+15	3,941E+15	4,503E+16
12,0	3,786E+15	3,134E+15		1,666E+16	2,358E+16	2,621E+16	6,070E+15		8,816E+15	4,110E+16
12,5	1,805E+16	8,589E+15	1,157E+16	3,213E+16	7,035E+16	1,631E+17	2,750E+16	4,009E+16	1,652E+16	2,473E+17
13,0	7,996E+16	3,800E+16	6,386E+16	1,689E+16	1,987E+17	7,228E+17	1,218E+17	2,293E+17	8,804E+15	1,083E+18
13,5	1,792E+17	8,326E+16	6,591E+16	5,509E+15	3,339E+17	1,631E+18	2,726E+17	2,369E+17	2,951E+15	2,144E+18
14,0	2,107E+17	9,634E+16	1,075E+16	1,864E+15	3,197E+17	1,928E+18	3,201E+17	3,759E+16	1,041E+15	2,286E+18
14,5	1,727E+17	7,984E+16	2,157E+15	5,642E+14	2,552E+17	1,574E+18	2,625E+17	7,149E+15	3,336E+14	1,844E+18
15,0	6,380E+16	3,011E+16	1,689E+14	2,000E+14	9,428E+16	5,779E+17	9,714E+16	4,353E+14	1,297E+14	6,756E+17
15,5	2,304E+16	1,107E+16	5,994E+13	1,623E+13	3,419E+16	2,076E+17	3,513E+16	1,243E+14	1,412E+13	2,428E+17
16,0	2,507E+15	1,397E+15		1,413E+12	3,905E+15	2,143E+16	3,866E+15		1,596E+12	2,529E+16
16,5	8,581E+13	1,113E+14			1,971E+14	3,524E+14	1,467E+14			4,991E+14
17,0	1,090E+12	1,661E+12			2,751E+12	2,985E+12	1,919E+12			4,904E+12
17,5										
18,0										
18,5										
19,0										
19,5										
20,0										
<b>Total</b>	<b>7,889E+17</b>	<b>3,706E+17</b>	<b>2,831E+18</b>	<b>8,457E+16</b>	<b>4,075E+18</b>	<b>7,157E+18</b>	<b>1,201E+18</b>	<b>1,015E+19</b>	<b>4,607E+16</b>	<b>1,856E+19</b>
<b>Reclutas</b>	<b>3,889E+16</b>	<b>2,190E+16</b>	<b>2,676E+18</b>	<b>2,739E+16</b>	<b>2,764E+18</b>	<b>3,310E+17</b>	<b>6,002E+16</b>	<b>9,602E+18</b>	<b>1,628E+16</b>	<b>1,001E+19</b>
<b>CV</b>	<b>0,13</b>	<b>0,07</b>	<b>0,24</b>	<b>0,13</b>	<b>0,08</b>	<b>0,38</b>	<b>0,12</b>	<b>0,57</b>	<b>0,09</b>	<b>0,17</b>
<b>Error</b>	<b>21,07</b>	<b>10,73</b>	<b>38,79</b>	<b>20,60</b>	<b>12,91</b>	<b>62,6</b>	<b>19,2</b>	<b>93,0</b>	<b>14,1</b>	<b>27,6</b>



**Tabla 60**

Varianza de la Biomasa de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40'S) en la primavera del 2009, Crucero RECLAN512 0912, (Método Conglomerados y Estratos Agrupados),

Talla	Método Conglomerados					Método Estratos Agrupados				
	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Total	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Total
3,0										
3,5										
4,0										
4,5										
5,0										
5,5										
6,0										
6,5			1,366E+03		1,366E+03			1,374E+03		1,374E+03
7,0			5,935E+05		5,935E+05			5,160E+05		5,160E+05
7,5	1,337E+04	1,303E+04	1,248E+07		1,251E+07	9,075E+03	9,530E+03	1,077E+07		1,079E+07
8,0	3,472E+05	2,233E+05	2,098E+07	2,625E+03	2,156E+07	1,944E+05	9,894E+04	1,810E+07	2,867E+03	1,840E+07
8,5	2,364E+05	1,583E+05	4,837E+06	1,653E+03	5,234E+06	1,346E+05	7,546E+04	4,182E+06	1,896E+03	4,394E+06
9,0	4,530E+04	3,268E+04	1,285E+06	2,732E+03	1,366E+06	2,664E+04	1,750E+04	1,116E+06	2,984E+03	1,163E+06
9,5	6,633E+03	5,916E+03	3,284E+06	9,987E+03	3,306E+06	4,306E+03	4,023E+03	2,843E+06	1,001E+04	2,862E+06
10,0	6,059E+04	4,810E+04	1,115E+07	1,798E+04	1,128E+07	3,720E+04	2,907E+04	9,630E+06	1,674E+04	9,713E+06
10,5	5,360E+04	3,935E+04	1,129E+07	3,338E+04	1,141E+07	3,176E+04	2,158E+04	9,746E+06	2,781E+04	9,828E+06
11,0	2,979E+05	1,984E+05	1,661E+06	4,437E+05	2,601E+06	1,693E+05	9,377E+04	1,442E+06	2,368E+05	1,942E+06
11,5	7,559E+05	4,954E+05	8,333E+04	1,992E+06	3,326E+06	4,266E+05	2,275E+05	7,470E+04	9,512E+05	1,680E+06
12,0	8,564E+05	7,210E+05		6,757E+06	8,334E+06	5,406E+05	4,641E+05		3,107E+06	4,111E+06
12,5	6,019E+06	3,846E+06	3,553E+06	1,710E+07	3,051E+07	3,361E+06	1,683E+06	3,079E+06	7,780E+06	1,590E+07
13,0	3,403E+07	2,174E+07	2,568E+07	1,141E+07	9,286E+07	1,900E+07	9,507E+06	2,217E+07	5,218E+06	5,590E+07
13,5	9,705E+07	6,146E+07	3,356E+07	4,643E+06	1,967E+08	5,400E+07	2,644E+07	2,897E+07	2,144E+06	1,116E+08
14,0	1,437E+08	9,049E+07	6,744E+06	1,927E+06	2,429E+08	7,979E+07	3,846E+07	5,840E+06	9,043E+05	1,250E+08
14,5	1,463E+08	9,249E+07	1,635E+06	7,011E+05	2,411E+08	8,135E+07	3,964E+07	1,424E+06	3,371E+05	1,228E+08
15,0	6,643E+07	4,232E+07	1,420E+05	2,857E+05	1,092E+08	3,705E+07	1,842E+07	1,272E+05	1,437E+05	5,574E+07
15,5	2,932E+07	1,880E+07	5,509E+04	2,148E+04	4,820E+07	1,640E+07	8,292E+06	5,047E+04	1,342E+04	2,476E+07
16,0	3,791E+06	2,584E+06		1,386E+03	6,377E+06	2,175E+06	1,269E+06		1,302E+03	3,446E+06
16,5	1,169E+05	1,421E+05			2,590E+05	8,944E+04	1,198E+05			2,092E+05
17,0	1,582E+03	2,315E+03			3,897E+03	1,351E+03	2,127E+03			3,478E+03
17,5										
18,0										
18,5										
19,0										
19,5										
20,0										
<b>Total Reclutas</b>	<b>5,295E+08</b>	<b>3,358E+08</b>	<b>1,390E+08</b>	<b>4,535E+07</b>	<b>1,050E+09</b>	<b>2,948E+08</b>	<b>1,449E+08</b>	<b>1,201E+08</b>	<b>2,090E+07</b>	<b>5,807E+08</b>
<b>CV</b>	<b>2,673E+06</b>	<b>1,936E+06</b>	<b>6,765E+07</b>	<b>9,261E+06</b>	<b>8,152E+07</b>	<b>1,574E+06</b>	<b>1,041E+06</b>	<b>5,843E+07</b>	<b>4,357E+06</b>	<b>6,540E+07</b>
<b>Error</b>	<b>0,1909</b>	<b>0,1112</b>	<b>0,2542</b>	<b>0,2020</b>	<b>0,0859</b>	<b>0,1425</b>	<b>0,0730</b>	<b>0,2362</b>	<b>0,1371</b>	<b>0,0639</b>
	<b>31,4</b>	<b>18,3</b>	<b>41,8</b>	<b>33,2</b>	<b>14,1</b>	<b>23,4</b>	<b>12,0</b>	<b>38,9</b>	<b>22,6</b>	<b>10,5</b>



**Tabla 61**

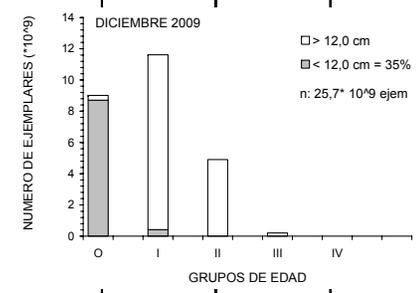
Varianza de la Biomasa de anchoveta por talla, subzona y total estimada entre Arica y punta Buitre (24°40'S) en la primavera del 2009, Crucero RECLAN512 0912, (Método Bootstrap y Geoestadístico),

Talla	Método Bootstrap					Método Geoestadístico				
	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Total	Zona 1-1	Zona 1-2	Zona 2	Zona 3	Total
3,0										
3,5										
4,0										
4,5										
5,0										
5,5										
6,0										
6,5			1,426E+03		1,426E+03			7,819E+02		7,819E+02
7,0			3,777E+05		3,777E+05			1,276E+06		1,276E+06
7,5	9,479E+03	9,624E+03	7,704E+06		7,723E+06	5,495E+04	1,560E+04	2,777E+07		2,784E+07
8,0	2,019E+05	9,768E+04	1,294E+07	2,904E+03	1,324E+07	1,815E+06	3,080E+05	4,671E+07	3,464E+03	4,884E+07
8,5	1,399E+05	7,480E+04	3,010E+06	1,934E+03	3,227E+06	1,214E+06	2,150E+05	1,067E+07	2,343E+03	1,210E+07
9,0	2,771E+04	1,745E+04	8,143E+05	3,022E+03	8,625E+05	2,248E+05	4,319E+04	2,776E+06	3,606E+03	3,047E+06
9,5	4,492E+03	4,052E+03	2,056E+06	1,000E+04	2,074E+06	2,910E+04	7,278E+03	7,192E+06	1,158E+04	7,240E+06
10,0	3,875E+04	2,914E+04	6,904E+06	1,652E+04	6,988E+06	2,859E+05	6,146E+04	2,473E+07	1,858E+04	2,509E+07
10,5	3,305E+04	2,154E+04	6,988E+06	2,685E+04	7,070E+06	2,637E+05	5,167E+04	2,502E+07	2,868E+04	2,536E+07
11,0	1,759E+05	9,291E+04	1,053E+06	2,020E+05	1,524E+06	1,534E+06	2,701E+05	3,587E+06	1,449E+05	5,536E+06
11,5	4,432E+05	2,251E+05	5,979E+04	7,764E+05	1,504E+06	3,920E+06	6,785E+05	1,530E+05	4,520E+05	5,203E+06
12,0	5,635E+05	4,664E+05		2,494E+06	3,524E+06	3,902E+06	9,035E+05		1,320E+06	6,125E+06
12,5	3,491E+06	1,661E+06	2,234E+06	6,217E+06	1,360E+07	3,155E+07	5,318E+06	7,741E+06	3,197E+06	4,780E+07
13,0	1,974E+07	9,379E+06	1,588E+07	4,179E+06	4,917E+07	1,784E+08	3,007E+07	5,701E+07	2,178E+06	2,677E+08
13,5	5,608E+07	2,605E+07	2,074E+07	1,725E+06	1,046E+08	5,105E+08	8,529E+07	7,457E+07	9,238E+05	6,713E+08
14,0	8,285E+07	3,788E+07	4,223E+06	7,327E+05	1,257E+08	7,579E+08	1,259E+08	1,477E+07	4,091E+05	8,990E+08
14,5	8,447E+07	3,906E+07	1,050E+06	2,760E+05	1,249E+08	7,701E+08	1,284E+08	3,479E+06	1,632E+05	9,022E+08
15,0	3,848E+07	1,816E+07	1,016E+05	1,198E+05	5,687E+07	3,486E+08	5,859E+07	2,618E+05	7,769E+04	4,075E+08
15,5	1,703E+07	8,184E+06	4,275E+04	1,205E+04	2,527E+07	1,534E+08	2,597E+07	8,867E+04	1,049E+04	1,795E+08
16,0	2,261E+06	1,260E+06		1,287E+03	3,523E+06	1,933E+07	3,487E+06		1,453E+03	2,281E+07
16,5	9,370E+04	1,215E+05			2,152E+05	3,848E+05	1,602E+05			5,450E+05
17,0	1,419E+03	2,163E+03			3,582E+03	3,887E+03	2,499E+03			6,386E+03
17,5										
18,0										
18,5										
19,0										
19,5										
20,0										
<b>Total Reclutas</b>	<b>3,061E+08</b>	<b>1,428E+08</b>	<b>8,618E+07</b>	<b>1,680E+07</b>	<b>5,519E+08</b>	<b>2,784E+09</b>	<b>4,658E+08</b>	<b>3,078E+08</b>	<b>8,945E+06</b>	<b>3,566E+09</b>
<b>CV</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,42</b>	<b>0,13</b>	<b>0,47</b>	<b>0,08</b>	<b>0,16</b>
<b>Error</b>	<b>23,3</b>	<b>11,8</b>	<b>32,5</b>	<b>20,2</b>	<b>10,4</b>	<b>69,3</b>	<b>21,3</b>	<b>77,8</b>	<b>13,7</b>	<b>26,0</b>



**Tabla 62**  
Composici3n en n3mero por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona norte (Arica-Antofagasta), M3todo Bootstrap, Crucero RECLAN152 0912,

TALLAS (cm)	FRECUENCIA (En unidades)	GRUPOS DE EDAD											
		O		I		II		III		IV			
		A <sub>0</sub> (N°)	VAR	A <sub>0</sub> (N°)	VAR								
3,0													
3,5													
4,0													
4,5													
5,0													
5,5													
6,0													
6,5	20.199.261	20.199.261	4,2126E+14										
7,0	397.779.022	397.779.022	7,3503E+16										
7,5	1.668.940.788	1.668.940.788	9,9953E+17										
8,0	2.364.207.078	2.364.207.078	1,1022E+18										
8,5	1.164.823.545	1.164.823.545	1,8667E+17										
9,0	468.536.674	468.536.674	3,4594E+16										
9,5	443.287.224	443.287.224	6,1001E+16										
10,0	748.544.431	748.544.431	1,4465E+17										
10,5	648.752.042	540.626.702	7,8821E+16	108.125.340	6,9476E+15								
11,0	557.752.649	511.273.262	1,6665E+16	46.479.387	2,1603E+15								
11,5	648.785.521	378.458.220	1,3458E+16	270.327.300	1,1280E+16								
12,0	730.473.650	132.813.391	8,3665E+15	597.660.259	2,3373E+16								
12,5	1.538.652.370	170.961.374	2,9228E+16	1.367.690.996	8,3941E+16								
13,0	2.503.056.213			2.252.750.591	2,2162E+17	250.305.621	6,2653E+16						
13,5	3.195.484.969			2.769.420.306	3,3230E+17	426.064.663	8,7462E+16						
14,0	3.090.973.583			2.247.980.788	3,5225E+17	842.992.795	2,0694E+17						
14,5	2.673.812.870			1.407.269.932	1,6618E+17	1.266.542.938	1,5275E+17						
15,0	1.594.136.542			455.467.583	4,6111E+16	1.024.802.063	8,2178E+16	113.866.896	1,2966E+16				
15,5	939.749.107			85.431.737	7,2986E+15	768.885.633	3,5516E+16	85.431.737	7,2986E+15				
16,0	297.610.269					297.610.269	3,9053E+15						
16,5	38.841.904					31.073.523	1,7860E+14	7.768.381	6,0348E+13				
17,0	3.648.725							3.648.725	2,7507E+12				
17,5													
18,0													
18,5													
19,0													
TOTAL	25.738.048.435	9.010.450.971		11.608.604.220		4.908.277.505		210.715.738					
PORCENTAJE	100	35,01		45,10		19,07		0,82					
LONG. PROM.(cm)	12,1	8,8		13,4		14,6		15,3					
PESO PROM. (g)	14,5	5,2		17,7		23,0		26,3					
VARIANZA	4,65E+18	2,75E+18		1,25E+18		6,32E+17		2,03E+16					
CV	0,0838	0,1840		0,0964		0,1619		0,6766					

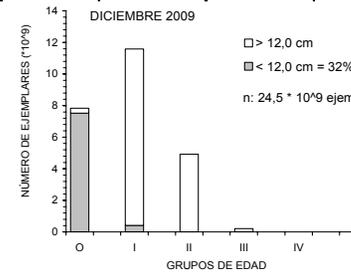




**Tabla 63**

Composici3n en n3mero por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona norte (Arica-Antofagasta), M3todo Geostatístico, Crucero RECLAN152 0912,

TALLAS (cm)	FRECUENCIA (En unidades)	GRUPOS DE EDAD									
		O		I		II		III		IV	
		A <sub>0</sub> (N°)	VAR	A <sub>0</sub> (N°)	VAR	A <sub>0</sub> (N°)	VAR	A <sub>0</sub> (N°)	VAR	A <sub>0</sub> (N°)	VAR
3,0											
3,5											
4,0											
4,5											
5,0											
5,5											
6,0											
6,5	15.950.192	15.950.192	2,3100E+14								
7,0	314.103.171	314.103.171	2,4838E+17								
7,5	1.355.515.356	1.355.515.356	3,6028E+18								
8,0	2.044.410.759	2.044.410.759	4,0672E+18								
8,5	1.038.866.345	1.038.866.345	7,0008E+17								
9,0	414.972.701	414.972.701	1,2216E+17								
9,5	368.307.080	368.307.080	2,1293E+17								
10,0	632.664.639	632.664.639	5,1958E+17								
10,5	549.442.765	457.868.971	2,6757E+17	91.573.794	9,6729E+15						
11,0	535.853.722	491.199.245	5,4607E+16	44.654.477	1,9940E+15						
11,5	664.066.295	387.372.006	2,4073E+16	276.694.290	1,6567E+16						
12,0	763.599.398	138.836.254	9,4212E+15	624.763.144	3,5574E+16						
12,5	1.554.597.193	172.733.021	2,9837E+16	1.381.864.172	2,2215E+17						
13,0	2.468.487.019		2,221.638.317	9,2706E+17	246.848.702	6,0934E+16					
13,5	3.153.368.341		2.732.919.229	1,6746E+18	420.449.112	1,0249E+17					
14,0	3.091.784.576		2.248.570.601	1,3536E+18	843.213.975	3,1432E+17					
14,5	2.685.894.548		1.413.628.709	5,8522E+17	1.272.265.838	4,8816E+17					
15,0	1.606.201.085		458.914.596	8,5048E+16	1.032.557.840	3,1285E+17	114.728.649	1,3163E+16			
15,5	945.986.141		85.998.740	7,3958E+15	773.988.661	1,7226E+17	85.998.740	7,3958E+15			
16,0	300.167.648				300.167.648	2,5293E+16					
16,5	39.163.353				31.330.682	3,6081E+14	7.832.671	6,1351E+13			
17,0	3.678.921						3.678.921	4,9040E+12			
17,5											
18,0											
18,5											
19,0											
TOTAL	24.547.081.247	7.832.799.741		11.581.220.068		4.920.822.459		212.238.980			
PORCENTAJE	100,00	31,91		47,18		20,05		0,86			
LONG. PROM.(cm)	12,2	8,9		13,4		14,6		15,3			
PESO PROM. (g)	15,0	5,3		17,7		23,0		26,3			
VARIANZA	1,63E+19	9,86E+18		4,92E+18		1,48E+18		2,06E+16			
CV	0,1643	0,4009		0,1915		0,2469		0,6767			

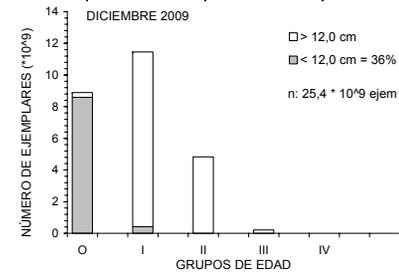




**Tabla 64**

Composici3n en n3mero por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona norte (Arica-Antofagasta), M3todo Hansen, Crucero RECLAN152 0912,

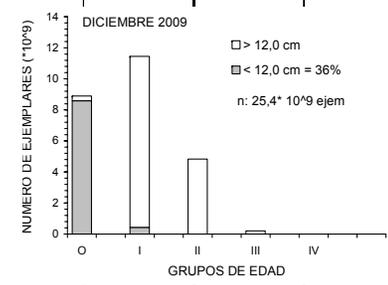
TALLAS (cm)	FRECUENCIA (En unidades)	GRUPOS DE EDAD											
		O		I		II		III		IV			
		A <sub>0</sub> (N°)	VAR	A <sub>0</sub> (N°)	VAR								
3,0													
3,5													
4,0													
4,5													
5,0													
5,5													
6,0													
6,5	19.939.415	19.939.415	4,0363E+14										
7,0	392.661.932	392.661.932	1,1551E+17										
7,5	1.646.867.343	1.646.867.343	1,6189E+18										
8,0	2.331.161.879	2.331.161.879	1,7942E+18										
8,5	1.148.024.202	1.148.024.202	3,0280E+17										
9,0	461.956.450	461.956.450	5,4741E+16										
9,5	437.593.283	437.593.283	9,7231E+16										
10,0	738.654.356	738.654.356	2,3347E+17										
10,5	640.360.593	533.633.828	1,2384E+17	106.726.766	7,8146E+15								
11,0	551.376.449	505.428.411	2,6892E+16	45.948.037	2,1112E+15								
11,5	642.452.144	374.763.751	1,8317E+16	267.688.393	1,3500E+16								
12,0	725.337.696	131.879.581	8,8400E+15	593.458.115	4,4312E+16								
12,5	1.523.595.744	169.288.416	2,8659E+16	1.354.307.328	1,5137E+17								
13,0	2.470.313.435			2.223.282.091	3,6130E+17	247.031.343	6,1024E+16						
13,5	3.148.424.038			2.728.634.166	5,4834E+17	419.789.872	8,7799E+16						
14,0	3.043.143.881			2.213.195.550	4,9820E+17	829.948.331	2,1738E+17						
14,5	2.631.475.163			1.384.986.928	2,2561E+17	1.246.488.235	1,9967E+17						
15,0	1.568.780.655			448.223.044	5,0570E+16	1.008.501.849	1,1507E+17	112.055.761	1,2556E+16				
15,5	924.551.145			84.050.104	7,0644E+15	756.450.936	5,5398E+16	84.050.104	7,0644E+15				
16,0	292.761.788					292.761.788	7,0697E+15						
16,5	38.206.012					30.564.809	2,0068E+14	7.641.202	5,8388E+13				
17,0	3.588.990							3.588.990	2,9926E+12				
17,5													
18,0													
18,5													
19,0													
TOTAL	25.381.226.590	8.891.852.845		11.450.500.523		4.831.537.164		207.336.058					
PORCENTAJE	100,00	35,03		45,11		19,04		0,82					
LONG. PROM.(cm)	12,1	8,8		13,4		14,6		15,3					
PESO PROM.(g)	14,5	5,2		17,7		23,0		26,3					
VARIANZA	7,10E+18	4,42E+18		1,91E+18		7,44E+17		1,97E+16					
CV	0,1050	0,2365		0,1207		0,1785		0,6766					





**Tabla 65.** Composici3n en n3mero por grupo de edad en la captura de anchoveta en la zona norte (Arica-Antofagasta), M3todo Kish, Crucero RECLAN152 0912,

TALLAS (cm)	FRECUENCIA (En unidades)	GRUPOS DE EDAD									
		O		I		II		III		IV	
		A <sub>0</sub> (N°)	VAR	A <sub>0</sub> (N°)	VAR	A <sub>0</sub> (N°)	VAR	A <sub>0</sub> (N°)	VAR	A <sub>0</sub> (N°)	VAR
3,0											
3,5											
4,0											
4,5											
5,0											
5,5											
6,0											
6,5	19.939.415	19.939.415	4,0599E+14								
7,0	392.661.932	392.661.932	1,0041E+17								
7,5	1.646.867.343	1.646.867.343	1,3964E+18								
8,0	2.331.161.879	2.331.161.879	1,5310E+18								
8,5	1.148.024.202	1.148.024.202	2,5419E+17								
9,0	461.956.450	461.956.450	4,6617E+16								
9,5	437.593.283	437.593.283	8,4147E+16								
10,0	738.654.356	738.654.356	2,0102E+17								
10,5	640.360.593	533.633.828	1,0735E+17	106.726.766	7,4481E+15						
11,0	551.376.449	505.428.411	2,0592E+16	45.948.037	2,1112E+15						
11,5	642.452.144	374.763.751	1,3764E+16	267.688.393	1,1331E+16						
12,0	725.337.696	131.879.581	8,3266E+15	593.458.115	2,5830E+16						
12,5	1.523.595.744	169.288.416	2,8659E+16	1.354.307.328	9,2631E+16						
13,0	2.470.313.435		2,223.282.091	2,4162E+17	247.031.343	6,1024E+16					
13,5	3.148.424.038		2.728.634.166	3,4624E+17	419.789.872	8,5208E+16					
14,0	3.043.143.881		2.213.195.550	3,4553E+17	829.948.331	2,0102E+17					
14,5	2.631.475.163		1.384.986.928	1,6194E+17	1.246.488.235	1,4873E+17					
15,0	1.568.780.655		448.223.044	4,4729E+16	1.008.501.849	8,0024E+16	112.055.761	1,2556E+16			
15,5	924.551.145		84.050.104	7,0644E+15	756.450.936	3,4637E+16	84.050.104	7,0644E+15			
16,0	292.761.788				292.761.788	3,8202E+15					
16,5	38.206.012				30.564.809	1,7335E+14	7.641.202	5,8388E+13			
17,0	3.588.990						3.588.990	2,6709E+12			
17,5											
18,0											
18,5											
19,0											
TOTAL	25.381.226.590	8.891.852.845		11.450.500.523		4.831.537.164		207.336.058			
PORCENTAJE	100,00	35,03		45,11		19,04		0,82			
LONG. PROM.(cm)	12,1	8,8		13,4		14,6		15,3			
PESO PROM. (g)	14,5	5,2		17,7		23,0		26,3			
VARIANZA	7,10E+18	4,42E+18		1,91E+18		7,44E+17		1,97E+16			
CV	0,1050	0,2365		0,1207		0,1785		0,6766			





**Tabla 66**

Parámetros de los modelos de variogramas ajustados a la anchoveta por zona, Crucero RECLAN152 0912,

zona	nugget	Mod 1 (Dirección)	sill	Range (mn)	Nugg (%)	Mod 1 (%)
1-1	0,00E+00	spherical (135°/225°)	4,60E+07	1,2	0,00	100
1-2	2,20E+06	spherical (135°/225°)	2,50E+06	2,1	25,90	74,1
2	0	spherical (45°/135°)	1,15E+00	2,4	0,00	100
3	0	exp (0°/90°)	5,30E+05	2,1	0,00	100

**Tabla 67**

Media aritmética ( $\bar{s}_A$ ), krigger ( $\bar{s}_A k$ ); varianzas, área e influencia de los parámetros de los modelos espaciales en la distribución de anchoveta por zona, Crucero RECLAN152 0912,

zona	n	$\bar{s}_A$	Var ( $\bar{s}_A$ )	$\bar{s}_A k$	Var ( $\bar{s}_A k$ )	Area mn2
1-1	601	308,42	2.570.787,00			2268
1-2	983	267,10	1.169.518,00			3492
2	125	1.138,11	20.770.770,00	892,68	2.058.848,00	309,6
3	179	364,70	427.870,60	384,63	6.258,99	565,2

**Tabla 68**

Índices de ocupación totales (N° pixeles por categorías/N° pixeles totales) e índices de ocupación positivos (N° pixeles por categorías/N° pixeles positivos), Crucero RECLAN152 0912

DENSIDAD	Baja	Media	Alta
<b>IOC (celdas totales)</b>			
Adultos	46,0	0,8	0,1
Reclutas	44,9	0,4	0,1
Total	45,1	1,0	0,1
<b>IOC (celdas positivas)</b>			
Adultos	98,1	1,7	0,2
Reclutas	98,9	1,0	0,1
Total	97,9	1,9	0,2



**Tabla 69**

Coefficientes de Cramer de las cartografías de distribución de anchoveta, respecto de las variables ambientales, Crucero RECLAN152 0912

<b>VARIABLE (todos los rangos)</b>	<b>Adulto</b>	<b>Recluta</b>
Temperatura (°C)	0,34	0,33
Salinidad (psu)	0,32	0,32
Gradiente térmico (°C/m)	0,40	0,40
Gradiente salino (psu/m)	0,33	0,33
Oxígeno (ml/l)	0,43	0,41
Densidad ( $\sigma_t$ )	0,42	0,42
Cloa ( $\text{mg/m}^3$ )	0,36	0,35
Zooplancton ( $\text{núm}/100\text{m}^3$ )	0,43	0,45
Fitoplancton ( $\text{cél}/\text{ml}$ )	0,48	0,48
<b>VARIABLE (rangos óptimos)</b>	<b>Adulto</b>	<b>Recluta</b>
Temperatura (15,0-17,9°C)	0,36	0,38
Salinidad (34,8-34,99 psu)	0,38	0,37
Gradiente térmico (< 0,3°C/m)	0,41	0,40
Gradiente salino (< 0,01 psu/m)	0,39	0,38
Oxígeno (2,0-4,9 ml/l)	0,47	0,46
Densidad (25,2-25,79 $\sigma_t$ )	0,42	0,44
Cloa (< 2,0 $\text{mg/m}^3$ )	0,42	0,41
Zooplancton (100-500 $\text{g}/1000\text{m}^3$ )	0,49	0,50
Fitoplancton (< 50 $\text{cél}/\text{ml}$ )	0,51	0,52

**Tabla 70**

Análisis de Varianza de las covariables ajustadas al modelo GAM para la relación con la densidad de anchoveta seleccionadas a través del método de máxima verosimilitud, Valores F, AIC y Pseudo coeficiente de determinación, Crucero RECLAN152 0912,

<b>Co-variable</b>	<b>G,I, Residuales</b>	<b>Devianza Residual</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>	<b>AIC</b>	<b>Pseudo R<sup>2</sup></b>
Null	2.548	7.494,23		9.986,67	
Distancia a la costa	2.543,97	7.130,40	<2,2E-16	9.867,87	4,95
P, media agregación	2.540,07	6.741,99	<2,2E-16	9.732,89	10,03
Latitud	2.536,52	6.613,57	1,88E-11	9.690,98	11,75
Zmin OD	2.532,29	6.451,30	1,73E-11	9.636,10	13,91
Abun, total	2.528,88	6.369,24	2,12E-06	9.610,30	15,01
Abun, diatomeas	2.453,47	6.124,58	4,85E-04	9.320,80	18,27
Salinidad	2.449,64	6.103,79	2,88E-03	9.320,03	18,55
Oxigeno	2.446,36	6.079,56	1,92E-03	9.316,75	18,87



**Tabla 71**

Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones diurnas de anchoveta, Crucero RECLAN152 0912

<b>Variable</b>	Promedio	Max	Min	Desvest	CV	Nº obs
Largo (m)	21,5	471,1	1,1	28,4	1,32	1639
Alto (m)	3,0	15,9	0,8	1,8	0,60	1639
Elongación	8,0	104,3	0,5	9,4	1,18	1639
Perímetro (m)	62,2	1.926,5	4,4	101,1	1,62	1639
Area (m <sup>2</sup> )	67,8	2.074,4	1,2	142,9	2,11	1639
Dim. Fractal	1,35	2,00	1,00	0,18	0,13	1639
Prof. Card (m)	10,8	51,2	4,1	4,6	0,43	1639
Prof. Fondo (m)	937,1	2.000,0	15,2	902,0	0,96	1639
Indice altura (%)	95,2	99,8	36,7	5,3	0,06	1639
Dist. Costa (mn)	8,3	44,7	0,8	7,6	0,91	1639
$s_A$ (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	394,8	37.204,3	10,0	1.698,0	4,30	1639
Densidad ( $s_A/m^2$ )	6,2	163,8	0,1	9,8	1,59	1639

**Tabla 72**

Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones nocturnas de anchoveta, Crucero RECLAN152 0912

<b>Variable</b>	Promedio	Max	Min	Desvest	CV	Nº obs
Largo (m)	225,1	4.727,2	2,5	635,3	2,82	299
Alto (m)	2,9	10,8	0,9	1,5	0,53	299
Elongación	64,0	1.628,4	0,5	168,1	2,63	299
Perímetro (m)	863,6	23.058,6	8,3	2.614,9	3,03	299
Area (m <sup>2</sup> )	931,9	28.745,7	3,1	3.178,6	3,41	299
Dim. Fractal	1,46	2,00	1,00	0,20	0,14	299
Prof. Card (m)	13,2	28,0	4,1	6,3	0,47	299
Prof. Fondo (m)	1.291,3	2.000,0	44,5	873,9	0,68	299
Indice altura (%)	96,8	99,7	80,6	3,8	0,04	299
Dist. Costa (mn)	14,8	47,7	0,9	12,3	0,83	299
$s_A$ (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	522,9	20.222,0	10,2	1.648,1	3,15	299
Densidad ( $s_A/m^2$ )	2,9	30,4	0,1	4,0	1,38	299



**Tabla 73**  
Resultados ANDEVA para descriptores crucero RECLAN152 0912, factor día-noche,

Variable		Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sigma
Largo	Inter-grupos	10487510,6	1	10487510,6	166,97	0,000
	Intra-grupos	121604908,9	1936	62812,5		
	Total	132092419,4	1937			
Alto	Inter-grupos	7,5	1	7,5	2,42	<b>0,120</b>
	Intra-grupos	6013,0	1936	3,1		
	Total	6020,5	1937			
Elongación	Inter-grupos	793934,9	1	793934,9	179,40	0,000
	Intra-grupos	8567658,0	1936	4425,4		
	Total	9361592,9	1937			
Perímetro	Inter-grupos	162388108,9	1	162388108,9	153,03	0,000
	Intra-grupos	2054385001,3	1936	1061149,3		
	Total	2216773110,2	1937			
Área	Inter-grupos	188825248,4	1	188825248,4	120,08	0,000
	Intra-grupos	3044351244,7	1936	1572495,5		
	Total	3233176493,2	1937			
Dim. Fractal	Inter-grupos	3,0	1	3,0	92,20	0,000
	Intra-grupos	63,5	1936	0,0		
	Total	66,5	1937			
Prof. Agregación	Inter-grupos	1528,6	1	1528,6	63,98	0,000
	Intra-grupos	46255,6	1936	23,9		
	Total	47784,2	1937			
Fondo	Inter-grupos	31724483,4	1	31724483,4	39,37	0,000
	Intra-grupos	1560167917,4	1936	805871,9		
	Total	1591892400,8	1937			
Ind. Altura	Inter-grupos	623,9	1	623,9	24,29	0,000
	Intra-grupos	49721,0	1936	25,7		
	Total	50344,9	1937			
Dist. a la costa	Inter-grupos	10658,0	1	10658,0	147,06	0,000
	Intra-grupos	140310,5	1936	72,5		
	Total	150968,5	1937			
S <sub>A</sub>	Inter-grupos	4150734,8	1	4150734,8	1,45	<b>0,228</b>
	Intra-grupos	5532038119,4	1936	2857457,7		
	Total	5536188854,2	1937			
Densidad	Inter-grupos	2735,7	1	2735,7	32,69	0,000
	Intra-grupos	162023,5	1936	83,7		
	Total	164759,2	1937			



**Tabla 74**  
**Resultados ANDEVA para descriptores diurnos crucero RECLAN152 0912, factor:**  
**agregaciones costeras-agregaciones no-costeras,**

Variable		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Largo	Inter-grupos	14906,2	1	14906,2	18,73	0,000
	Intra-grupos	1302776,0	1637	795,8		
	Total	1317682,1	1638			
Alto	Inter-grupos	66,6	1	66,6	20,72	0,000
	Intra-grupos	5262,4	1637	3,2		
	Total	5329,0	1638			
Elongaci3n	Inter-grupos	1068,5	1	1068,5	12,10	0,001
	Intra-grupos	144514,4	1637	88,3		
	Total	145583,0	1638			
Perímetro	Inter-grupos	206786,6	1	206786,6	20,47	0,000
	Intra-grupos	16534163,4	1637	10100,3		
	Total	16740950,1	1638			
Área	Inter-grupos	425383,4	1	425383,4	21,10	0,000
	Intra-grupos	33006018,0	1637	20162,5		
	Total	33431401,3	1638			
Dim. Fractal	Inter-grupos	0,4	1	0,4	12,64	0,000
	Intra-grupos	51,5	1637	0,0		
	Total	51,9	1638			
Prof. Agregaci3n	Inter-grupos	3623,4	1	3623,4	191,60	0,000
	Intra-grupos	30958,5	1637	18,9		
	Total	34582,0	1638			
Fondo	Inter-grupos	702479735,3	1	702479735,3	1824,96	0,000
	Intra-grupos	630128822,0	1637	384929,0		
	Total	1332608557,3	1638			
Ind. Altura	Inter-grupos	17242,2	1	17242,2	1000,80	0,000
	Intra-grupos	28202,9	1637	17,2		
	Total	45445,2	1638			
S <sub>A</sub>	Inter-grupos	37465942,8	1	37465942,8	13,09	0,000
	Intra-grupos	4685108153,7	1637	2862008,6		
	Total	4722574096,6	1638			
Densidad	Inter-grupos	898,4	1	898,4	9,40	0,002
	Intra-grupos	156441,7	1637	95,6		
	Total	157340,0	1638			



**Tabla 75**  
Resultados ANDEVA para descriptores nocturnos crucero RECLAN152 0912,  
factor: agregaciones costeras-agregaciones no-costeras,

Variable		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Largo	Inter-grupos	421297,1	1	421297,1	1,04	<b>0,308</b>
	Intra-grupos	119865929,6	297	403589,0		
	Total	120287226,7	298			
Alto	Inter-grupos	15,8	1	15,8	7,04	0,008
	Intra-grupos	668,1	297	2,2		
	Total	683,9	298			
Elongación	Inter-grupos	13969,1	1	13969,1	0,49	<b>0,483</b>
	Intra-grupos	8408105,9	297	28310,1		
	Total	8422075,0	298			
Perímetro	Inter-grupos	7061464,0	1	7061464,0	1,03	<b>0,310</b>
	Intra-grupos	2030582587,2	297	6836978,4		
	Total	2037644051,2	298			
Área	Inter-grupos	3783408,9	1	3783408,9	0,37	<b>0,541</b>
	Intra-grupos	3007136434,5	297	10125038,5		
	Total	3010919843,4	298			
Dim. Fractal	Inter-grupos	0,1	1	0,1	1,39	<b>0,240</b>
	Intra-grupos	11,5	297	0,0		
	Total	11,6	298			
Prof. Agregación	Inter-grupos	2696,7	1	2696,7	89,22	0,000
	Intra-grupos	8977,0	297	30,2		
	Total	11673,6	298			
Fondo	Inter-grupos	125852249,6	1	125852249,6	367,51	0,000
	Intra-grupos	101707110,6	297	342448,2		
	Total	227559360,1	298			
Ind. Altura	Inter-grupos	2021,6	1	2021,6	266,34	0,000
	Intra-grupos	2254,3	297	7,6		
	Total	4275,9	298			
S <sub>A</sub>	Inter-grupos	2115495,1	1	2115495,1	0,78	<b>0,378</b>
	Intra-grupos	807348527,8	297	2718345,2		
	Total	809464022,9	298			
Densidad	Inter-grupos	29,5	1	29,5	1,89	<b>0,171</b>
	Intra-grupos	4653,9	297	15,7		
	Total	4683,4	298			



**Tabla 76**

Valores promedio, desviaci3n estandar (D,S) y coeficiente de variaci3n (C,V,) de los descriptores de las agregaciones diurnas y nocturnas de anchoveta seg3n zona, crucero RECLAN152 0912,

Variable	RECLAN 12 0912 diurno					RECLAN 12 0912 nocturno				
	Zona	Promedio	N	D.S	C.V.	Zona	Promedio	N	D.S	C.V.
Largo	1	21,2	981	30,9	1,46	1	162,1	220	527,2	3,25
	2	20,0	152	17,0	0,85	2	1260,4	11	1197,8	0,95
	3	22,6	506	25,9	1,15	3	261,8	68	694,5	2,65
Alto	1	3,1	981	1,9	0,61	1	2,9	220	1,6	0,55
	2	3,9	152	2,6	0,66	2	3,6	11	0,9	0,26
	3	2,6	506	1,1	0,42	3	2,6	68	1,2	0,46
Elongaci3n	1	7,4	981	8,4	1,14	1	49,2	220	149,0	3,03
	2	6,2	152	6,7	1,08	2	320,5	11	262,5	0,82
	3	9,7	506	11,5	1,19	3	70,3	68	177,0	2,52
Per3metro	1	62,3	981	115,1	1,85	1	592,2	220	2138,6	3,61
	2	58,2	152	54,5	0,94	2	4791,7	11	4298,3	0,90
	3	63,4	506	81,0	1,28	3	1106,3	68	3141,7	2,84
Área	1	73,1	981	167,8	2,29	1	700,3	220	2904,1	4,15
	2	83,5	152	141,1	1,69	2	4940,3	11	5807,5	1,20
	3	52,7	506	72,5	1,38	3	1049,1	68	3104,8	2,96
Dim. Fractal	1	1,35	981	0,18	0,13	1	1,44	220	0,20	0,14
	2	1,26	152	0,14	0,11	2	1,66	11	0,08	0,05
	3	1,38	506	0,18	0,13	3	1,47	68	0,18	0,12
Prof. agregaci3n	1	11,8	981	5,2	0,44	1	14,9	220	6,4	0,43
	2	8,3	152	3,9	0,47	2	8,8	11	1,5	0,17
	3	9,6	506	2,5	0,26	3	8,6	68	2,3	0,27
Fondo	1	1146,5	981	891,7	0,78	1	1472,4	220	793,5	0,54
	2	124,5	152	116,4	0,93	2	280,3	11	570,8	2,04
	3	777,1	506	884,8	1,14	3	868,9	68	912,8	1,05
Ind. Altura	1	96,1	981	5,4	0,06	1	97,6	220	3,4	0,03
	2	90,8	152	5,8	0,06	2	92,4	11	2,9	0,03
	3	94,9	506	4,0	0,04	3	95,1	68	4,0	0,04
Dist a la costa	1	10,8	981	8,6	0,80	1	17,9	220	12,8	0,71
	2	2,3	152	1,8	0,77	2	4,3	11	5,0	1,17
	3	5,4	506	3,8	0,69	3	6,7	68	4,3	0,64
S <sub>A</sub>	1	359,9	981	1637,1	4,55	1	460,7	220	1670,4	3,63
	2	1421,8	152	3520,4	2,48	2	1830,0	11	2131,5	1,16
	3	153,8	506	258,4	1,68	3	512,6	68	1410,5	2,75
Densidad	1	6,1	981	10,5	1,71	1	3,2	220	4,4	1,39
	2	12,9	152	13,5	1,04	2	1,4	11	2,6	1,84
	3	4,2	506	5,0	1,20	3	2,2	68	2,2	1,00



**Tabla 77**  
Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones diurnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912

	LARGO	ALTO	ELON	PERIM	AREA	DFRAC	PROFCARD	FONDO	INDALT	DCOSTA	SA	DENS
LARGO	1	0,22	0,81	0,93	0,86	0,27	0,00	-0,01	-0,03	-0,09	0,15	-0,13
ALTO	0,22	1	-0,15	0,25	0,54	-0,49	0,25	-0,06	-0,30	-0,08	0,50	0,16
ELON	0,81	-0,15	1	0,70	0,45	0,58	-0,12	-0,05	0,02	-0,08	-0,01	-0,19
PERIM	0,93	0,25	0,70	1	0,86	0,25	0,05	0,00	-0,04	-0,09	0,15	-0,10
AREA	0,86	0,54	0,45	0,86	1	0,01	0,12	0,01	-0,11	-0,09	0,34	-0,02
DFRAC	0,27	-0,49	0,58	0,25	0,01	1	-0,15	-0,10	0,03	-0,06	-0,13	-0,23
PROFCARD	0,00	0,25	-0,12	0,05	0,12	-0,15	1	0,39	0,06	0,42	0,14	0,13
FONDO	-0,01	-0,06	-0,05	0,00	0,01	-0,10	0,39	1	0,71	0,64	-0,09	-0,07
INDALT	-0,03	-0,30	0,02	-0,04	-0,11	0,03	0,06	0,71	1	0,53	-0,32	-0,24
DCOSTA	-0,09	-0,08	-0,08	-0,09	-0,09	-0,06	0,42	0,64	0,53	1	-0,06	0,00
SA	0,15	0,50	-0,01	0,15	0,34	-0,13	0,14	-0,09	-0,32	-0,06	1	0,51
DENS	-0,13	0,16	-0,19	-0,10	-0,02	-0,23	0,13	-0,07	-0,24	0,00	0,51	1

**Tabla 78**  
Valores propios y proporción de la variabilidad explicada por los componentes, agregaciones diurnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912,

Componente	Total	% de la varianza	% acumulado
<b>1</b>	<b>3,60</b>	<b>30,01</b>	<b>30,01</b>
<b>2</b>	<b>2,57</b>	<b>21,45</b>	<b>51,46</b>
<b>3</b>	<b>2,34</b>	<b>19,47</b>	<b>70,93</b>
<b>4</b>	<b>1,09</b>	<b>9,06</b>	<b>79,98</b>
5	0,77	6,44	86,42
6	0,51	4,24	90,67
7	0,38	3,17	93,84
8	0,25	2,11	95,95
9	0,20	1,71	97,65
10	0,19	1,62	99,27
11	0,07	0,58	99,86
12	0,02	0,14	100,00



**Tabla 79**

Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales, agregaciones diurnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912,

Variable	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4
Largo	<b>0,96</b>	0,19	0,05	-0,04
Alto	0,34	<b>-0,58</b>	0,53	-0,35
Elongación	<b>0,76</b>	0,40	-0,26	0,23
Perímetro	<b>0,94</b>	0,16	0,10	-0,05
Area	<b>0,89</b>	-0,08	0,31	-0,18
Dim. Fractal	0,30	0,46	<b>-0,51</b>	0,48
Prof. Agreg.	-0,02	0,05	<b>0,68</b>	0,15
Fondo	-0,16	0,59	<b>0,67</b>	0,03
Ind. Altura	-0,21	<b>0,76</b>	0,33	-0,08
Dist. Costa	-0,23	0,51	<b>0,63</b>	0,19
S <sub>A</sub>	0,30	<b>-0,58</b>	0,37	0,42
Densidad	-0,07	-0,52	0,28	<b>0,63</b>

**Tabla 80**

Matriz de correlaciones entre las variables originales, agregaciones nocturnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912,

	LARGO	ALTO	ELON	PERIM	AREA	DFRAC	PROFCARD	FONDO	INDALT	DCOSTA	SA	DENS
LARGO	1	0,36	0,92	0,98	0,91	0,39	-0,14	-0,20	-0,12	-0,11	0,77	-0,20
ALTO	0,36	1	0,17	0,31	0,50	-0,29	0,06	-0,04	-0,09	-0,10	0,52	-0,05
ELON	0,92	0,17	1	0,94	0,69	0,48	-0,18	-0,26	-0,15	-0,14	0,56	-0,21
PERIM	0,98	0,31	0,94	1	0,85	0,39	-0,14	-0,22	-0,13	-0,12	0,70	-0,19
AREA	0,91	0,50	0,69	0,85	1	0,27	-0,09	-0,11	-0,05	-0,05	0,91	-0,17
DFRAC	0,39	-0,29	0,48	0,39	0,27	1	-0,31	-0,32	-0,14	-0,20	0,19	-0,32
PROFCARD	-0,14	0,06	-0,18	-0,14	-0,09	-0,31	1	0,51	0,31	0,77	-0,08	0,17
FONDO	-0,20	-0,04	-0,26	-0,22	-0,11	-0,32	0,51	1	0,85	0,67	-0,09	0,11
INDALT	-0,12	-0,09	-0,15	-0,13	-0,05	-0,14	0,31	0,85	1	0,55	-0,05	0,03
DCOSTA	-0,11	-0,10	-0,14	-0,12	-0,05	-0,20	0,77	0,67	0,55	1	-0,05	0,09
SA	0,77	0,52	0,56	0,70	0,91	0,19	-0,08	-0,09	-0,05	-0,05	1	-0,08
DENS	-0,20	-0,05	-0,21	-0,19	-0,17	-0,32	0,17	0,11	0,03	0,09	-0,08	1



**Tabla 81,**  
Valores propios y proporci3n de la variabilidad explicada por los componentes,  
agregaciones nocturnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912,

Componente	Total	% de la varianza	% acumulado
<b>1</b>	<b>4,91</b>	<b>40,93</b>	<b>40,93</b>
<b>2</b>	<b>2,74</b>	<b>22,83</b>	<b>63,76</b>
<b>3</b>	<b>1,46</b>	<b>12,16</b>	<b>75,92</b>
4	0,94	7,79	83,72
5	0,81	6,73	90,45
6	0,46	3,83	94,28
7	0,30	2,53	96,82
8	0,16	1,36	98,18
9	0,11	0,95	99,13
10	0,08	0,66	99,79
11	0,02	0,18	99,96
12	0,00	0,04	100,00

**Tabla 82**  
Matriz de correlaciones entre las variables originales y los componentes principales,  
agregaciones nocturnas de anchoveta, crucero RECLAN152 0912,

Variable	Comp 1	Comp 2	Comp 3
Largo	<b>0,95</b>	0,24	0,06
Alto	0,40	0,26	<b>-0,71</b>
Elongaci3n	<b>0,88</b>	0,11	0,24
Permetro	<b>0,93</b>	0,21	0,10
Area	<b>0,89</b>	0,34	-0,13
Dim. Fractal	0,48	-0,26	<b>0,69</b>
Prof. Agreg.	-0,33	<b>0,70</b>	-0,06
Fondo	-0,42	<b>0,79</b>	0,16
Ind. Altura	-0,31	<b>0,71</b>	0,31
Dist. Costa	-0,33	<b>0,80</b>	0,20
S <sub>A</sub>	<b>0,79</b>	0,33	-0,24
Densidad	-0,28	0,10	<b>-0,41</b>

# ANEXOS

---



## A N E X O 1

---

**Personal participante  
por actividad y objetivo específico  
Proyecto FIP N° 2009-02**

---



**PLAN DETALLADO DE ASIGNACI3N DE PERSONAL  
PROFESIONAL Y T3CNICO**

FIP N° 2009-02

**Objetivo 1**

Estimar la abundancia (en n3mero) y la biomasa (en peso) de la fracci3n juvenil de anchoveta que se incorporan en el per3odo de m3ximo reclutamiento a la pesquer3a.

<b>PERSONAL</b>	<b>CRUCERO</b>	<b>PROCESAMIENTO</b>	<b>ANALISIS</b>	<b>INFORMES</b>	<b>TOTAL</b>
J.Castillo	45	35	56	90	226
S.Lillo	90				90
R.Bahamonde	143				143
A.Saavedra	90		45		135
F.Leiva	143	90	90	45	368
C.Lang		90	45	45	180
B.Leiva	180				180
H.Miranda			48		48
M.Rojas	90	90			180
<b>Total</b>	<b>781</b>	<b>305</b>	<b>284</b>	<b>180</b>	<b>1550</b>

**Objetivo 2**

Estimar la composici3n de talla, peso, edad y proporci3n sexual del stock de anchoveta en el 3rea de estudio y elaborar las respectivas claves talla-edad.

<b>PERSONAL</b>	<b>CRUCERO</b>	<b>PROCESAMIENTO</b>	<b>ANALISIS</b>	<b>INFORMES</b>	<b>TOTAL</b>
S.Lillo	45				45
J.Castillo	23	35	51	30	139
E.Molina	143	120	60	90	413
R.Riffo	225				225
R.Lorca	225				225
F.Cerna		40	10	30	80
A.L3pez		90			90
<b>Total</b>	<b>661</b>	<b>285</b>	<b>121</b>	<b>150</b>	<b>1217</b>

**Objetivo 3**

Determinar las 1reas de reclutamiento principales y analizar su distribuci3n y abundancia latitudinal y batim3trica, caracterizando y relacionando, adem1s, las condiciones oceanogr1ficas, meteorol3gicas y oferta ambiental de alimento predominantes en los principales focos de abundancia durante el crucero de evaluaci3n.

\*SE AGREGO contenidos g1stricos de anchoveta

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
M. Pizarro	143	90	90	90	413
F. Esp3ndola			90	30	120
H. Reyes	143	78	60	60	341
S. Lillo	45				45
J. Castillo	11	35	51	10	107
V. Catasti		45	45	90	180
C. Hern1ndez		45	45		90
Sub Total	342	293	381	280	1296
<b>UNAP</b>					
L. Herrera	13	12	21	24	70
G. Claramunt		6	22	12	40
E. Oliva		6	22	12	40
P. Moreno		15	8	7	30
J. Jaque		145			145
N. Pizarro	120	70			190
G. P3rez	120	145			365
M. Canales		190	36	56	282
Sub Total	256	289	73	55	580
<b>Total</b>	<b>474</b>	<b>704</b>	<b>445</b>	<b>393</b>	<b>1896</b>

**Objetivo 4**

Caracterizar y analizar las agregaciones del recurso anchoveta en el 1rea de estudio.

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
J.Castillo	11		47	10	68
A.Saavedra	90	115	45	45	295
<b>Total</b>	<b>101</b>	<b>115</b>	<b>92</b>	<b>55</b>	<b>363</b>

## A N E X O 2

---

Llamado Pesca de Investigación estudio  
sesgo de orilla

---





## **INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO LLAMADO A PARTICIPAR PESCA DE INVESTIGACIÓN ESTUDIO SESGO DE ORILLA EN LA EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DEL RECLUTAMIENTO DE ANCHOVETA ENTRE LA I Y II REGIONES**

El Instituto de Fomento Pesquero se encuentra ejecutando el proyecto FIP 2009-02 Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta entre la XV, I y II Regiones, año 2010, financiado por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP).

Como actividad complementaria, es necesario realizar el Estudio del sesgo de orilla en la evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta. Para este fin se debe realizar una prospección acústica con embarcaciones de bajo calado, en la zona comprendida entre los paralelos, 21° y 22° S y desde el veril de 10 m hasta las 5 mn de la costa. El estudio se realizará entre el 8 y el 12 de diciembre del 2009, en que se llevará a cabo la etapa de prospección acústica y hasta el 30 de diciembre para realizar la etapa del muestreo de las capturas.

Para cumplir con los requerimientos de esta investigación, el Instituto necesita operar con dos (2) embarcaciones pesqueras cerqueras artesanales de Iquique, que cumplan con las siguientes **Características Técnicas**:

- Matrícula al día y vigente, Certificado de Navegabilidad
- Estar inscrito en el Registro Nacional de Pescadores Artesanales, pesquería anchoveta I Región, idealmente en las Regiones I y II
- Eslora: 17 a 18 metros
- Calado mayor a 2,5 metros
- TRG entre 40 y 49,9 ton
- Radar 24 millas; Andar 8 nudos; Radio Vhf
- Ecosonda de pesca; Sonar; Autonomía de navegación de 10 a 15 días
- Red de cerco para anchoveta
- Puerto Base Iquique
- Espacio suficiente en el puente de mando para la instalación de un equipo acústico científico, con un transductor por una de las bandas de la lancha
- Habitabilidad a bordo para 2 investigadores extra tripulación; Elementos de seguridad reglamentarios.

Para cumplir con los requerimientos de esta investigación, IFOP, solicitará a Subsecretaría de Pesca, un volumen de captura para fines de investigación. Para solventar parcialmente los costos de operación de cada una de las dos lanchas, IFOP financiará durante la etapa de prospección acústica, un monto de \$ 580.000 (quinientos ochenta mil pesos) IVA incluido, por día de operación.

Para desarrollar esta investigación el Instituto invita a los pescadores artesanales que cumplan con los requisitos precitados a inscribirse en esta pesca de investigación, mediante una carta de manifestación de interés, aceptación de las condiciones del presente llamado y envío de las especificaciones técnicas de la(s) nave(s) las que deberán estar respaldadas con fotocopias de los documentos legales pertinentes, referido a Sr. Mauricio Braun Alegría- Director Ejecutivo del IFOP; atención Sr. Sergio Pino, Jefe Depto. Planificación y Gestión Estratégica de IFOP, al fax N° (32) 2151645, hasta el día 23 de noviembre del 2009, a las 11:00 hrs.

Las embarcaciones precalificadas serán visitadas por el Jefe de Proyecto, quién evaluará en terreno el cumplimiento de las características declaradas. La selección final se realizará considerando el cumplimiento de las características técnicas solicitadas. En iguales condiciones técnicas, la selección final se efectuará mediante un sorteo, en presencia de un Ministro de Fe, asignado por IFOP.

**Juan Mauricio Braun Alegría**  
Director Ejecutivo



## A N E X O 3

---

Taller de presentación de Resultados  
Proyecto FIP N° 2009-02

---





## Taller RECLAN152 0912 y RECLAN34 1002

**Proyecto FIP 2009-02:** “Evaluación hidroacustica del reclutamiento de anchoveta en la XV, I y II Regiones, Año 2010” y “Proyecto FIP 2009-03 “Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta en la III y IV Regiones, año 2010”,”

El Taller se realizó el 28 de septiembre del 2010, en el Auditorio “Marcos Espejo V.” dependencia del Instituto de Fomento Pesquero.

### 1.- Lista de asistentes

<b>Nombre</b>	<b>institución</b>
Liliana Herrera	UNAP
Jose Luis Blanco	CORPESCA
Armando Mujica	UCN
Michell Dapremont	FIP
Hernan Miranda	IFOP
Angel Cortes	Cercopesca
Francisco Leiva	IFOP
Victor Catasti	IFOP
Marianela Medina	UNAP
Fernando Espíndola	IFOP
Roberto Bahamonde	IFOP
Luis Ossa	IFOP
Cecilia Machuca	IFOP
Bernardo Leiva	IFOP
Gabriela Bohm	IFOP
Alejandra Ordenes	SUBPESCA
Fernando Mingram	CONA-SHOA
Amalia López	IFOP
Francisco Cerna	IFOP
M <sup>a</sup> Angela Barbieri	IFOP
Sergio Lillo	IFOP
Jorge Angulo	IFOP
Guillermo Galindo	IFOP
Antonio Aranís	IFOP
Vivian Valenzuela	IFOP
Carolina Lang	IFOP
Jorge Castillo P.	IFOP



## **2. Exposición de Abundancia y Biomása de anchoveta (J Castillo) y condiciones oceanográficas de la zona en estudio (F Espíndola).**

Pregunta1 (J.L. Blanco): ¿Podría ser un Eddie el responsable de los vientos costeros, que provocan una condición calida en la zona en estudio, dado también a que el período de estudio son poco más de 20 días?

Respuesta1 (F Espíndola): Es muy probable, debido al carácter anticiclónico de los vientos en la zona y período en estudio.

Pregunta2 (J.L. Blanco): ¿Existe alguna fuente de series históricas de vientos costeros que se pudiese incluir en los análisis?

Respuesta2.1 (F Espíndola): Se pueden conseguir, pero no está contemplado como una actividad dentro de los objetivos del proyecto.

Respuesta2.2 (J Castillo): El objetivo de la componente oceanográfica dentro del proyecto es caracterizar el arrea de estudio durante la prospección acústica.

Pregunta3 (J.L. Blanco): Creo que lo que Uds. plantean como análisis histórico son solo una "foto" anual de 20 días de duración. Esto plantea muchas limitaciones, puesto que se enmascaran las tendencias y existe mucha variabilidad. Para análisis históricos se debieran integrar procesos, que son más continuos y con una data de más años (10-20 años)

Respuesta3 (J Castillo): Como objetivo del proyecto tenemos la caracterización del ambiente donde se distribuye la anchoveta durante el período de estudio.

Pregunta4 (L Herrera): ¿Qué valores se consideran alto en el Índice de Surgencia?

Respuesta4 (F Espíndola): 700 m<sup>3</sup>/seg

Pregunta5 (J Castillo): Cuando se habla de condición Niño, que se caracteriza por anomalías positivas, se observa que las condiciones costeras no obedecen a dicha condición. O sea la condición Niño es en el ecuador y no en la zona en estudio?

Respuesta5 (F Espíndola): Las anomalías positivas típicas de un Niño estaban presentes en el Ecuador.

Observación1 (J Castillo): Durante los últimos 3 a 4 años, especialmente al norte de Antofagasta, se ha observado una condición preferentemente fría, independiente de la condición ecuatorial. Esto debe ser considerado en los indicadores pesqueros, sobretodo mirado del punto de la accesibilidad del recurso.



### **3. Exposición de Oferta Ambiental (Liliana Herrera y Armando Mujica)**

Pregunta6 (J Castillo): ¿Existe evidencia de estratificación espacial o latitudinal por especies y/o por tamaño de especies?

Respuesta6 (L Herrera): Sí, se han detectado. A veces puede ser la misma especie, pero su dominancia va cambiando. Se destaca el fuerte gradiente batimétrico en toda la zona, cosa que no había pasado otros años.

Pregunta7 (J Castillo) ¿Coinciden los focos de diatomeas con las concentraciones de anchoveta?...¿Dónde fue más abundante la diatomea?

Respuesta7 (L Herrera): mucho más abundante las diatomeas en la zona del reclan152 0912, donde también se detectaron mayores abundancias de anchoveta. En la zona del RECLAN34 se observan solo focos puntuales de diatomeas, en áreas protegidas del viento. Esas condiciones son mucho más favorables en la zona norte.

Pregunta8 (A Mujica): Se podría pensar que la distribución de los componentes de la oferta ambiental de la zona RECLAN 12 pudiese influir en la distribución en la zona RECLAN 34, y viceversa?

Respuesta8 (L Herrera): No es tan claro. Por informaciones de crucero MOBIO se sabe que en la zona entre la XV y II regiones hay más Fito y zooplancton que entre la III y IV regiones.

Pregunta9 (V Catasti): ¿Se mantiene el foco de fitoplancton cerca de los 21°LS?

Respuesta9 (L Herrera): Así es. Los valores superficiales en esa zona han sido históricamente altos, pero al ser integrados luego en la columna de agua se pierde un poco esta tendencia.

Pregunta10 (J Angulo): ¿Se han detectado etapas tempranas de organismos en la zona norte del crucero RECLAN34, y cómo es su relación con otros años?

Respuesta10 (A Mujica) Así es. Hay evidencia de un desfase latitudinal de las etapas tempranas del zooplancton, las que empiezan en la zona norte de Coquimbo.

Pregunta11 (A Cortez): Existen estaciones a distancias menores a la milla de costa? Se pregunta lo anterior porque existen diferencias enormes de la composición y abundancia de plancton entre la primera milla y las aguas más oceánicas.



Respuesta11 (L Herrera): No hay estaciones a distancias menores a la milla. Totalmente de acuerdo en lo de las diferencias.

Observación2 (J Castillo): Durante ambos cruceros se observó a simple vista zonas con gran número de medusas, las que no son claramente representadas en los resultados.

Observación3 (A Mujica): Sobre los distintos tamaños de las mallas de las redes bongo, el último taller metodológico arrojó un consenso de 300 micras de tamaño de malla.

Pregunta12 (JR Cañón): Existe mayor información de ictioplancton en la zona, por ejemplo reconocimiento de huevos y larvas de jurel?

Respuesta12 (A Mujica): Falta más personal capacitado para diferenciar los huevos, y falta más tiempo para efectuar dichos análisis. Se han detectado claramente presencia de huevos de anchoveta y de sardina española.

Observación4 (JR Cañón): Ciertos estudios afirman que el jurel de la zona norte no es un stock porque no hay evidencia de desove en la zona,.....y los análisis de estas muestras podrían indicar lo contrario.

Pregunta13 (JR Cañón): Entonces ¿Puede que la sardina española tenga un potencial latente de volver a aumentar su abundancia a los niveles históricos?

Respuesta13 (A Mujica): es posible. Lo que hay que poner en claro que la época en que se realizan estos cruceros no son las de mayor presencia de huevos y larvas.

#### **4. Exposición de contenido estomacal. Marianela Medina**

Pregunta14 (J Castillo): ¿Existen diferencias en contenido estomacal según la talla de la anchoveta?...Los resultados del crucero anterior estarían indicando que los juveniles predan más sobre el zooplancton y que los adultos tienen preferencias por el fitoplancton.

Respuesta14 (M Medina): Los resultados durante este crucero no evidencian lo que tú mencionas.

Pregunta15 (J Castillo): Estos resultados tan disímiles ¿podrían estar evidenciando el carácter oportunista de la anchoveta?



Respuesta15 (M Medina): S3, de todas maneras.

Pregunta16 (a Cortez): Entonces la anchoveta se alimentaría de Fito o de zooplancton?

Respuesta16.1 (A Mujica): Pienso que la anchoveta es más un pastoreado que un predador. Y en su condici3n de tal podr3a estar pastando tanto sobre parche de Fito y/o zooplancton (teoría de Mujica no comprobada aún)

Respuesta16.2 (L Herrera): Tambi3n la preferencia por uno u otro plancter podr3a estar ligado a los requerimientos energ3ticos de cada estadio de vida del recurso.

Pregunta 17 (V Valenzuela): Por qué se prefiere la red Bongo sobre la WP2?

Respuesta17 (A Mujica): Básicamente porque no tiene bridas que puedan dificultar el ingreso de los organismos a la red Adem3s como toma doble muestra favorece la aplicaci3n de estudios en los cuales se deban destruir las muestras.

## **5. Exposici3n de SIG. Victor Catasti.**

Pregunta18 (L Herrera): ¿Se hab3a dado antes la relaci3n positiva entre anchoveta y zooplancton?

Respuesta18 (V Catasti): S3, pero no tan fuerte.

Pregunta19 (L Herrera): ¿Y la relaci3n inversa entre anchoveta y fitoplancton es en todos los tamaños de anchoveta?

Respuesta19 (V Catasti): S3, tanto en adultos como en juveniles.

## **6. Exposici3n de GAM. Carolina Lang**

Pregunta20 (A Mujica): Si se realizara un muestreo estratificado con redes, se podr3a incluir en los análisis GAM.

Respuesta20 (C Lang): S3, todo depende del enfoque del modelo.



Pregunta21 (L Herrera) ¿Trabajaste el fitoplancton separado de las diatomeas?

Respuesta21 (C Lang): Sí.

Pregunta25 (E Leal): ¿Se mantiene en la zona RECLAN34 la relación positiva de anchoveta con latitud observada en la zona RECLAN12?

Respuesta25 (J Castillo): En la zona XV-II regiones la distribución de anchoveta fue más homogénea, en cambio en la zona III-IV esta fue en focos. Debido a lo anterior en esta última región la relación con la latitud es positiva, lo que no es tan marcado en la zona XV-II.

## 7. Discusiones

J Castillo: Lo llamativo de los resultados de los modelos GAM es el alto impacto de las variables de distribución espacial sobre el recurso, y el poco aporte de las variables oceanográficas. Además se evidencia que cuando la distribución del anchoveta es homogénea en toda la zona los modelos GAM no entregan mucha información. En cambio cuando la distribución es en focos aislados, los GAM recogen esta variabilidad y la entregan bastante bien en los resultados.

JR Cañón: Se debería trabajar en un indicador compuesto, que integre todas las variables, y que las relacione con el desplazamiento de la anchoveta.

J Castillo: Siempre se ha pensado que la distribución de anchoveta está relacionada positivamente con la distribución de alimento, pero esto no aparece en los resultados. Lo anterior deja en evidencia que hace falta mejorar la componente descriptiva del ambiente.

A Mujica: Vuelve a plantear la idea de muestreo estratificado de plancton en la columna de agua. Esto podría estar clarificando la enorme gradiente batimétrica de distribución del plancton y podría estar explicando mejor la distribución de anchoveta, mucho mejor que con la data integrada.

JL Blanco: ya está claro que las variables por separado no explican la presencia/ausencia de anchoveta. Entonces se debería estar pensando en asociar la anchoveta a PROCESOS (como intensidad de la surgencia, transporte de Ekman, etc) los que son más estables en el tiempo. Se debería agregar al B/I Abate Molina un perfilador de corriente continuo. Se debe poner mayor énfasis en la importancia de los Eddies.



J Castillo: Cree que las variable por separado (GAM) están explicando la variabilidad de la anchoveta, aunque no tanto como uno quisiera.

C Lang: Dice que las variables están combinadas en el modelo GAM.

M Dapremont: Lo único que me queda claro es que los investigadores no están totalmente de acuerdo en ciertos temas. Si el grupo de expertos consideran que faltan ítemes a considerar dentro de los proyectos deberían señalarlos para poder ajustar dichos cambios.

J Castillo: Integrar los resultados es lo que siempre se intenta hacer. Quizás incorporar más actividades dentro de los proyectos no es la solución. Deberían generarse otros proyectos cuyos objetivos sean solo integrar información.

A Ordenes: Puedo observar que el proyecto cumple con los objetivos planteados. Es muy destacable que se redireccionaran los recursos del sesgo de orilla para realizar el estudio de contenido estomacal.

JR Cañón: Está claro que existe mayor abundancia de anchoveta en la zona XV-II que en la II-IV. Pero el recurso que se lleva toda la atención es el jurel en esta última zona. ¿Podría acaso la oferta de alimento estar influenciando el desplazamiento de estos jureles?

JL Blanco: Se debe poner incapié tanto en las surgencias oceánicas, como en el transporte de masas de agua producto de los Eddies.

A Mujica: existe evidencia de transporte de larvas de zonas neríticas hacia zonas más oceánicas, producto de los Eddies.



## A N E X O 4

---

CD Base de datos  
Proyecto FIP N° 2009-02

---







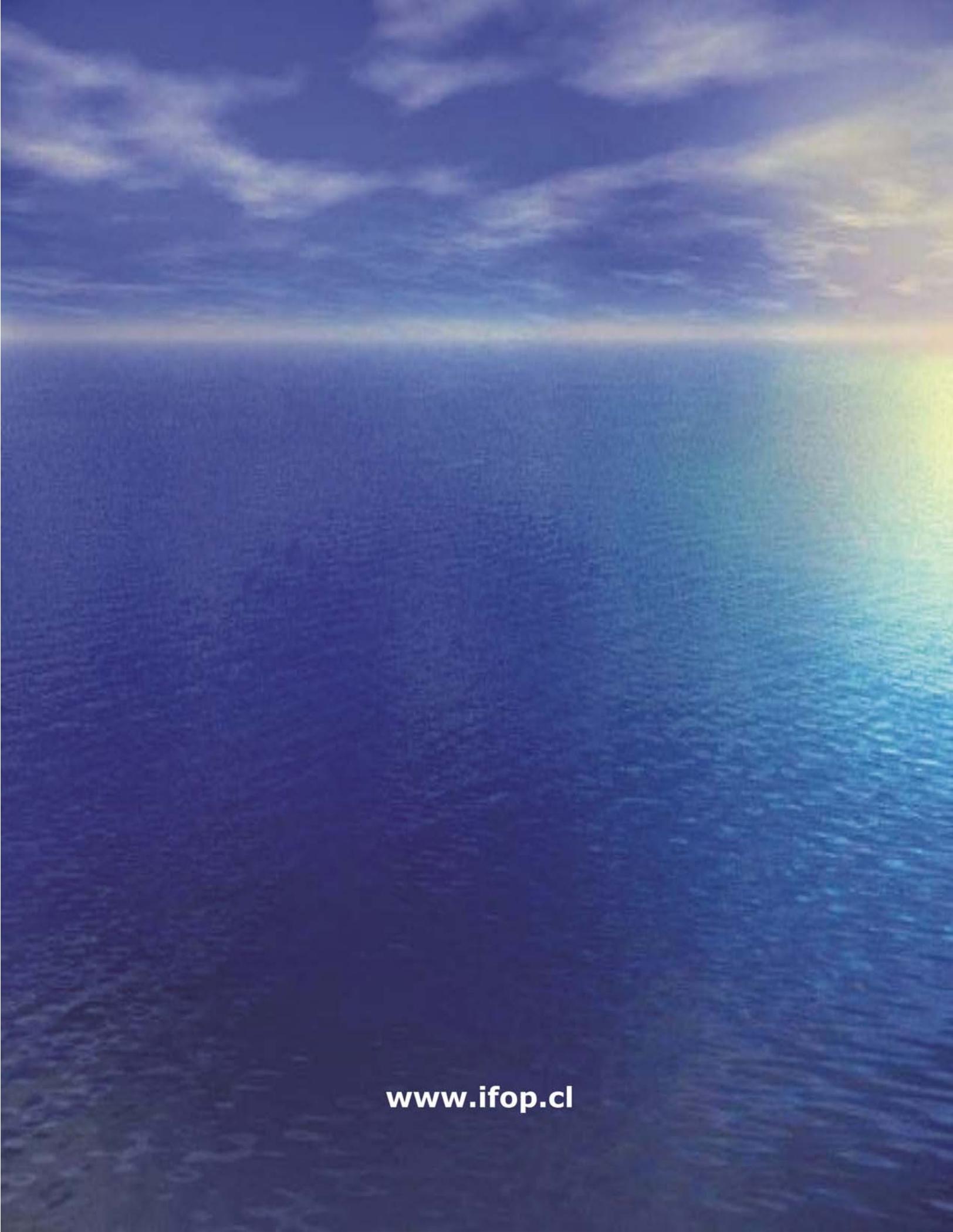


---

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO  
**Sección Ediciones y Producción**  
Blanco 839, Fono 56-32-2151500  
Valparaíso, Chile  
[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)

---





[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)