



**INFORME FINAL**

Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas  
entre la I y IV Regiones, año 2008

**FIP N° 2008-21 / Septiembre-2009**



## **INFORME FINAL**

Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas  
entre la I y IV Regiones, año 2008

**FIP N° 2008-21 / Septiembre-2009**

### **REQUIRENTE**

#### **FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA**

Presidente Consejo de Investigación Pesquera:  
**Jorge Chocair Santibáñez**

### **EJECUTOR**

#### **INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP**

Jefe División Investigación Pesquera  
**Mauricio Braun Alegría**

Director Ejecutivo  
**Mauricio Braun Alegría**



**FIP N° 2008-21 / Septiembre-2009**

**JEFE DE PROYECTO**  
**Mauricio Braun Alegría**

**AUTORES**

*DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE VARIABLES  
OCEANOGRÁFICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS*

**Hernán Reyes R.**  
**Jaime Letelier P.**  
**Milena Pizarro R.**  
**Liliana Herrera C.**  
**Edgardo Santander P.**

*COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN  
DEL PLANCTON*

**Liliana Herrera C.**  
**Edgardo Santander P.**  
**Gabriel Claramunt Q.**  
**Eduardo Oliva A.**

*DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DEL  
ICTIOPLANCTON*

**Mauricio Braun A.**  
**Vivian Valenzuela C.**  
**Victor Catasti B.**  
**Juan Saavedra N.**

*DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LOS  
RECURSOS PELÁGICOS*

**Jorge Castillo P.**

*VARIABILIDAD SUPERFICIAL DE TEMPERATURA,  
CLOROFILA Y NIVEL DEL MAR POR MEDIO  
DE PERCEPCIÓN REMOTA*

**Jaime Letelier P.**



## I. RESUMEN EJECUTIVO

---

De conformidad con lo establecido en los Términos de Referencia y la Propuesta Técnica del proyecto FIP N° 2008-21 "Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2008", se presentan los resultados relativos a las condiciones oceanográficas físicas y químicas del área de estudio, el plancton fraccionado, la distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa y la distribución y abundancia relativa de dichos recursos pelágicos evaluados por medio de técnicas hidroacústicas.

Metodológicamente, se realizó el crucero bio-oceanográfico desde el 04 al 29 de octubre de 2008 a bordo del B/I "Abate Molina", efectuando además, las cinco estaciones costeras de frecuencia de observación mensual localizadas a 2 mn al oeste de Coquimbo, Caldera, Mejillones, Iquique y Arica durante el período octubre 2008 - julio 2009, con el fin de recabar los datos biológicos, pesqueros y oceanográficos; y posteriormente, procesar y analizar la información con el fin de determinar y evaluar las condiciones bio-oceanográficos de octubre de la zona norte del país.

El crucero abarcó la zona comprendida entre los 32°08'S (Pichidangui - IV Región) y los 18°25'S (Arica - XV Región), realizándose un total de 21 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí por 40 mn, en las cuales se efectuaron 147 estaciones de muestreo bio-oceanográfico ubicadas a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa y 62 estaciones superficiales localizadas a 30, 55 y 85 mn.

Los principales resultados del monitoreo bio-oceanográfico de octubre de 2008 de la zona norte, son los siguientes:





La temperatura exhibió rangos comprendidos entre 13° y 19°C, fluctuando la salinidad entre 34,1 a 34,9 psu, con una distribución espacial típica para la época: Incremento hacia el norte y hacia el océano con la formación de una banda costera de aguas más frías y de mayor concentración de clorofila-*a* (>1 µg/L). Esta banda presentó proyecciones asociadas a un desarrollo hacia el oeste de lenguas de surgencia, especialmente visibles en clorofila. Durante este mes, las corrientes formaron flujos convergentes (Mejillones, Antofagasta y Coquimbo) y divergentes (punta Farellones y al sur de punta Coloso), relacionadas a lenguas y giros ciclónicos y anticiclónicos presentes.

Los valores observados de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y sus respectivas anomalías, como también el monitoreo mensual en la costa de Arica, Iquique y Mejillones, y las nuevas estaciones de Caldera y Coquimbo, no evidencian la influencia de eventos “El Niño” o “La Niña” sobre la zona de estudio. De hecho, bajo las condiciones actuales, atmosféricas y oceánicas en el Ecuador, hacen esperar que continúen condiciones neutrales o promedios en la zona norte de Chile hasta principios de 2009.

A escala local, la surgencia costera produjo afloramientos a lo largo de toda la costa, pero apareció mas intensa al sur de Antofagasta, especialmente alrededor de la bahía de Coquimbo donde incluso surgió agua con influencia del Agua Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**).

El amonio exhibió una concentración máxima de 5,49 µM. La distribución horizontal mostró núcleos de altos valores entre los 10 y 200 m de profundidad restringidos al norte y sur del área de estudio, la cual en general estuvo dominada por valores inferiores a 1,0 µM. La distribución vertical no reveló un claro patrón, aunque en el norte se detectó una leve tendencia al aumento de los valores con la profundidad.



Las concentraciones de nitrito alcanzaron un máximo de 9,45  $\mu\text{M}$ . La distribución horizontal y vertical estuvo caracterizada por la presencia de un núcleo de altos valores en el sector norte que se evidenció desde los 10 m de profundidad. Este núcleo incrementó su magnitud hacia los estratos más profundos de igual forma que su extensión costa afuera. Fuera de estos focos, los valores no superaron 1,0  $\mu\text{M}$ .

El nitrato presentó un máximo de 38,46  $\mu\text{M}$ . La distribución horizontal y vertical reveló un gradiente latitudinal de sur a norte caracterizado por el aumento de los valores, que se extendieron prácticamente en toda la columna, y entre 75 y 200 m de profundidad abarcaron desde la costa hasta 100 mn.

El fosfato exhibió una concentración máxima de 6,6  $\mu\text{M}$ . En la distribución horizontal y vertical se apreció el aumento de los valores con la profundidad, los cuales, además, fueron proyectándose costa afuera, evidenciándose a 200 m un área dominada por concentraciones superiores a 3,0  $\mu\text{M}$ .

Las concentraciones de silicato alcanzaron un valor máximo de 21,95  $\mu\text{M}$ . Al igual que los otros nutrientes, la distribución horizontal y vertical reveló el aumento de las concentraciones con la profundidad a partir de focos localizados en el norte y sur del área de estudio, que se hicieron evidentes desde los 10 m. Fuera de estos núcleos, el área estuvo dominada por concentraciones inferiores a 4,0  $\mu\text{M}$ .

En las capas más profundas la alta concentración de estos elementos inorgánicos podría estar influenciada por la presencia de las aguas que constituyen la fuente del afloramiento y, en el caso particular del nitrito, con el posicionamiento de la capa de mínima concentración de oxígeno, en la cual los procesos de



desnitrificación se ven favorecidos, generándose una máxima secundaria de nitrito.

Se llevó a cabo la caracterización de la composición, abundancia y distribución espacial del plancton, considerando las fracciones correspondientes al picoplancton, nanoplancton, microplancton, mesozooplancton y macrozooplancton. El piconanoplancton y nanoplancton se analizó entre la superficie y los 100 m de profundidad, y el microfitoplancton hasta 50 m. El zooplancton se recolectó en forma estratificada a profundidades entre 0-25, 25-50, 50-75 y 75-100 m. Los grupos y especies planctónicas fueron identificados y medidos, además se determinó su abundancia y biomasa. La información fue analizada sobre la base de la distribución horizontal y vertical.

El nanoplancton presentó una abundancia máxima de  $9,9 \times 10^7$  cél/L. La fracción autotrófica del nanoplancton fue dominante con aportes superiores al 50%. En el espectro de tamaños sobresalieron las formas entre 2 y 4  $\mu\text{m}$ , con un aporte del 50,4%. La distribución horizontal de la abundancia exhibió núcleos de altas concentraciones entre 1 y 10 mn de la costa en el sector norte, que alcanzó las 100 mn en el sur. En la componente vertical el nanoplancton presentó sus mayores abundancias entre la superficie y 20 m de profundidad. La presencia de las altas concentraciones en la franja costera se debería a las condiciones favorables impuestas por los eventos de surgencia, considerando que esta fracción estuvo dominada por componentes autotróficos. Los valores de abundancia han sido reportados para la zona, y son coincidentes con lo informado en otras regiones.

La componente microfitoplanctónica estuvo representada por diatomeas y flagelados. Las diatomeas presentaron las mayores abundancias, con un máximo de 1.334 cél/mL, mientras que los flagelados alcanzaron un máximo de 104,3



cél/mL. Las mayores concentraciones se registraron entre Arica y punta Hornos en el estrato superficial y la franja costera hasta 10 mn. Los tamaños de ambos grupos no presentaron una alta variabilidad, observándose un leve incremento en las diatomeas hacia el sector oceánico. Los sectores de mayor abundancia estuvieron dominados por diatomeas inferiores a 500  $\mu\text{m}$  y flagelados de tamaño menor a 200  $\mu\text{m}$ . La estructura del microfitoplancton correspondió a la típica comunidad de surgencia controlada por diatomeas formadoras de cadenas. Las mayores abundancias en la costa son el producto de un escenario ambiental favorable para este grupo impuesto por los eventos de surgencia. Los cambios en las especies más abundantes se deberían a la variabilidad ambiental latitudinal.

El microzooplancton estuvo representado por componentes holoplanctónicos y meroplanctónicos. Los componentes holoplanctónicos exhibieron las mayores abundancias (28 ind/mL), conformados principalmente por ciliados aloricados, tintínidos y estadios naupliares. La distribución horizontal se caracterizó por la presencia de altas concentraciones en el sector sur, las cuales estuvieron a cargo de tintínidos. Hacia el norte éstas disminuyeron y se replegaron a la franja entre 1 y 5 mn, haciéndose más importantes los ciliados desnudos y estadios naupliares. El grupo estuvo dominado por formas de tamaño inferior a 200  $\mu\text{m}$ , observándose un leve incremento hacia el sector más oceánico. La comunidad del microzooplancton holoplanctónico presentó una composición y abundancia característica con la predominancia de ciliados y microcrustáceos. Su presencia en altas concentraciones ha sido asociada a la disponibilidad de alimento, y a la existencia de un activo anillo microbiano, donde ellos participarían como exportadores hacia los niveles tróficos superiores.

El zooplancton estuvo dominado por la componente Copepoda, que presentó la jerarquía de constante y realizó el mayor aporte porcentual a la abundancia total, la cual exhibió un máximo total de 21,39 ind/m<sup>3</sup> en el estrato entre 0 y 25 m de



profundidad. En el espectro de tamaños predominaron las formas inferiores a 2,25 mm, las cuales estuvieron representadas por copépodos. La distribución horizontal reveló altas abundancias replegadas al borde costero entre Arica y punta Hornos, las que se extendieron hacia la región oceánica desde bahía Moreno al norte de Huasco. La distribución de las formas de tamaño inferior a 2,25 mm coincidió con este patrón, corroborando el aporte en abundancia del grupo de individuos de pequeño tamaño. La biomasa promedio alcanzó 2.705 g/1000m<sup>3</sup>. Los mayores valores se registraron entre punta Tres Picos y bahía Salada, los cuales se extendieron desde la costa hasta la zona oceánica, lo que significó un aumento de cuatro veces de la biomasa media. La composición de la comunidad zooplanctónica coincidió con lo reportado para el área norte de Chile, con Copepoda como el grupo más importante. De igual manera, la dominancia de formas pequeñas ha sido observada en otros estudios y en otros sistemas de surgencia costera. La distribución de las altas abundancias en el sector norte se debería a la presencia del fitoplancton que mantiene las poblaciones de herbívoros. La biomasa presentó los mayores valores en el estrato superficial y en la zona oceánica, además, de diferencias latitudinales.

El análisis integrado de la información indica que la distribución de las larvas posee una cobertura geográfica más amplia que los huevos. Además, las mayores concentraciones tienden a ubicarse en los bordes internos de gradientes térmicos moderados. De manera general, en la zona de estudio se apreciaron dos sectores donde se observan altos registros de huevos de manera recurrente, el primero está localizado en los alrededores de Arica y el segundo frente al río Loa. En el caso de las larvas, éstas mostraron una mayor cobertura espacial con dos áreas principales que exhiben registros superiores a las 20.000 larvas/10 m<sup>2</sup> en las proximidades de punta Lobos y frente al puerto de Antofagasta.



Del análisis visual de los centros de gravedad (CG), se aprecia que en general éstos se ubican en las primeras 10 mn de la costa, a excepción de algunos años, lo que es coincidente con lo mencionado anteriormente en el sentido de que los focos más importantes de huevos de la especie se ubicaron en las primeras millas de la costa. También se destaca que en el año 1997, debido a la influencia del evento ENOS, el CG se desplazó hacia el sur, en este sentido, otros autores también mencionan una migración al sur cuando la zona de estudio se ve influenciada por el evento ENOS.

Las especies detectadas en la prospección acústica fueron la anchoveta (*Engraulis ringens*), jurel (*Trachurus murphyi*), caballa (*Scomber japonicus*) y pez linterna (*Vinciguerria lucetia*). La especie más abundante en toda la zona de estudio (Arica a Pichidanguí) fue el pez linterna con un 50,6% de la densidad acústica total; anchoveta con un 40%; jurel con un 9,3%; y la caballa con un 0,1%. Al norte de Antofagasta (24°00'S) se concentró el 88,6% de las densidades acústicas totales. En dicha zona, las mayores densidades acústicas correspondieron al pez linterna con el 55,9%; seguido por la anchoveta con el 38,44%; jurel con 5,6% y finalmente la caballa con 0,1%.

La anchoveta se distribuyó principalmente entre Arica y Taltal, donde llegó hasta las 90 mn, hacia el sur de Taltal sólo se detectó en sectores costeros frente a Caldera y Huasco. En el sentido vertical, esta especie se localizó hasta los 47 m de profundidad, con promedio de 12,5 m y una profundización hacia el sur de Antofagasta, asociado a una temperatura promedio de 15,1°C valor que fue mayor al del año pasado (14,7° C) y que concuerda con las temperaturas históricas del período considerado “normal” previo al 2006. La salinidad promedio en que se distribuyó la anchoveta fue 34,72 psu, valor que es 0,088 psu inferior al promedio histórico en los inviernos.





El jurel, por su parte, presentó una amplia cobertura espacial registrándose a lo largo de toda la zona de estudio entre las 10 y 100 mn de la costa, con un incremento de la cobertura y frecuencia al sur de Tocopilla, llegando hasta las cercanías de Coquimbo. Las mayores densidades se presentaron entre las 20 y 70 mn entre Iquique y Taltal. La distribución vertical promedio fue de 25,6 m, con un incremento en la profundidad media hacia el sur.

En general todas las especies estuvieron asociadas a gradientes de temperatura y salinidad levemente positivas ó cercanas al cero.



## I. EXECUTIVE SUMMARY

---

According to the terms of reference and to the technical proposal of the FIP project N° 2008-21 entitled "Monitoring the Bio-oceanographic Conditions between Regions I and IV, in 2008", we present the results of the physical and chemical oceanographic conditions of the study area, the planktonic fractions and the distribution and abundance of eggs and larvae of anchovy, sardines, jack and horse mackerel, as well as the distribution and relative abundance of these resources estimated using hydroacoustic techniques.

In terms of methodology, the bio-oceanographic cruise was carried out between the 4th and 29th of October of 2008 on board the R/C "Abate Molina". Additional sampling at five coastal stations was carried out between October 2008 and July 2009, these stations were sampled at regular monthly intervals and lie 2 nm west off Coquimbo, Caldera, Mejillones, Iquique and Arica. This was done with the aim of collecting biological, fisheries and oceanographic data, and subsequently processing and analysing this information in order to determine and evaluate the bio-oceanographic conditions for the month of October in the northern regions of Chile.

The cruise covered a zone between 32°08'S (Pichidangui – Region IV) and 18°25'S (Arica - Region XV), with a total of 21 transect lines running perpendicular to the coast with an equal distance between lines of 40 nm. Within these transects, 147 bio-oceanographic stations were sampled at 1, 5, 10, 20, 40, 70 and 100 nm from the coast as well as 62 surface sampling stations located at 30, 55 and 85 nm from the coast.



The main results of the bio-oceanographic monitoring from October 2008 in the northern regions are as follows:

Temperature exhibited ranges between 13° and 19°C, salinity fluctuated between 34.1 and 34.9 psu, displaying a typical spatial distribution for the time of year: increasing towards the north and offshore, with the formation of a coastal band made up of colder waters and higher chlorophyll-a concentrations ( $>1 \mu\text{g/L}$ ). This band displayed projections associated with the development to the east of upwelling tongues, especially visible in terms of chlorophyll. During this month, the currents formed convergent flows (Mejillones, Antofagasta and Coquimbo) and divergent flows (Punta Farellones and to the south at Punta Coloso), which related to the tongues and cyclonic and anticyclonic gyres that were present.

The observed values for temperature, salinity, dissolved oxygen and their respective anomalies, along with the monthly monitoring off the coast of Arica, Iquique and Mejillones and the new stations of Caldera and Coquimbo, do not evidence the influence of “El Niño” or “La Niña” events upon the study area. In fact, under the current atmospheric and oceanographic conditions at the equator, it would follow that neutral or average conditions would persist in the north of Chile up until early 2009.

On a local scale, coastal upwelling produced blooms along the coast, but appeared to be more intense in the south towards Antofagasta, especially around Bahía de Coquimbo where upwellings showed the influence of Equatorial Sub-surface Water (ESSW).

Ammonia exhibited a maximum concentration of  $5.49 \mu\text{M}$ . The horizontal distribution showed high values between 10 and 200 m depth limited to the north and south of the study area, which is generally dominated by values less than 1.0



$\mu\text{M}$ . The vertical distribution revealed no clear pattern, but in the north there was a slight tendency for values to increase with increasing depth.

The nitrite concentrations reached a maximum of  $9.45 \mu\text{M}$ . The horizontal and vertical distributions were characterized by the presence of a nucleus of high values in the northern sector from 10m depth. This nucleus increased in magnitude towards the deeper strata and away from the coast. Besides this nucleus, values did not exceed  $1.0 \mu\text{M}$ .

Nitrate levels reached a maximum concentration of  $38.46 \mu\text{M}$ . The horizontal and vertical distributions revealed a latitudinal gradient with increasing values from south to north, extending almost over the entire water column between 75 and 200 m depth, and spanning from the coast out to 100nm offshore.

Phosphate exhibits a maximum concentration of  $6.6 \mu\text{M}$ . The vertical and horizontal distributions saw the increase of values with depth and projected offshore, giving rise to an area dominated by concentrations over  $3.0 \mu\text{M}$  at a depth of 200 m.

Silicate concentrations reached a maximum value of  $21.95 \mu\text{M}$ . As per other nutrients, the horizontal and vertical distributions revealed the increase of concentrations with depth starting from certain focal points in the north and south of the study area, observed from 10 m depth onwards. Besides these focal sites, the area was dominated by concentrations below  $4.0 \mu\text{M}$ .

In the deepest layers, the high concentrations of these inorganic elements may be influenced by waters that give rise to blooms. In the case of nitrite, it could be



related to the location of the oxygen minimum zone which is unfavorable to denitrifying processes, generating a secondary maximum of nitrite.

The characterization of the composition, abundance and spatial distribution of plankton was completed. This took into account the piconano-, nano-, micro-, mesozoo- and macrozooplankton fractions. The piconanoplankton and nanoplankton was analyzed at 0-100m depth, microphytoplankton was analyzed at up to 50 m depth. Zooplankton was collected in a stratified manner at depths of 0-25 m, 25-50 m, 50-75 m and 75-100 m. Planktonic groups and species were identified and measured, along with their abundance and biomass. The information was analyzed with a focus on vertical and horizontal distributions.

Nanoplankton displayed a maximum abundance of  $9.9 \times 10^7$  cells/L. The autotrophic fraction was dominant at over 50%. Within the size spectrum, forms between 2 and 4  $\mu\text{m}$  made up 50.4%. The horizontal distribution of abundances exhibited nuclei of high concentrations between 1 and 10 nm offshore in the northern area and up to 100 nm offshore in the south. The vertical nanoplankton component presented its major abundances between the surface and 20 m depth. High concentrations within the coastal fringe were due to favorable conditions caused by upwelling events, given that this fraction was dominated by autotrophic components. The abundance values reported for the zone coincide with those reported for other regions.

The microphytoplankton component was made up of diatoms and flagellates. Diatoms displayed highest abundances, with a maximum of 1 334 cells/mL, whilst flagellates reached a maximum of 104.3 cells/mL. Highest concentrations were registered between Arica and Punta Hornos within the superficial strata and coastal fringe up to 10 nm. The sizes of both groups do not display high variability, and a slight increase of diatoms towards the oceanic sector is observed. The areas



with the highest abundances were dominated by diatoms under 500  $\mu\text{m}$  and flagellates under 200  $\mu\text{m}$ . The microphytoplankton structure corresponded to a typical upwelling community dominated by chain-forming diatoms. Major nearshore abundances were due to favorable environmental conditions for the group caused by upwelling events. The changes in the most abundant species were due to latitudinal environmental variability.

Microzooplankton was represented by holoplanktonic and meroplanktonic components. The holoplanktonic components exhibited the highest abundances (28 ind/mL), made up principally of aloricate ciliates, tintinnids and naupliar states. The horizontal distribution was characterized by high concentrations in the southern sector, dominated by tintinnids. Towards the north, these diminished and were restricted to 1-5 nm offshore, the most important groups being naked ciliates and naupliar states. The group was dominated by forms below 200  $\mu\text{m}$ , with a slight increase towards the oceanic sector. The holoplanktonic microzooplankton community displayed characteristic composition and abundance, with the predominance of ciliates and microcrustaceans. Its presence in high concentrations has been associated with food availability and with the existence of an active microbial loop, in which they participate as exporters towards higher trophic levels.

Zooplankton was dominated by the Copepoda component, which remained dominant and made up the main percentage of total abundance, reaching a maximum of 21.39 ind/ $\text{m}^3$  in the 0-25 m depth layer. Forms inferior to 2.25 mm, represented by copepods, were predominant within the size spectrum. The horizontal distribution showed high abundances confined along the coast of Arica and Punta Hornos, and which extended out into the oceanic region from Bahía Moreno to the north of Huasco. The distribution of forms less than 2.25 mm in size coincided with this pattern, showing the important contribution of smaller-sized





individuals. The average biomass reached 2 705 g/1000m<sup>3</sup>. The largest values were registered between Punta Tres Picos and Bahía Salada, which extended out from the coast into the oceanic region, which meant a four times increase of average biomass. The composition of the zooplankton community coincided with that reported for the northern area of Chile, Copepoda being the most important group. The dominance of small forms has been observed in other studies and in other coastal upwelling systems. The distribution of high abundances in the northern sector was due to the presence of phytoplankton which maintained herbivore populations. Biomass displayed highest values in the surface layers and in the oceanic zone despite latitudinal differences.

This integrated information analysis indicates that the distribution of larvae has a greater geographic coverage than that of eggs. Furthermore, the major concentrations tend to be found on the inside borders of moderate thermal gradients. Generally, in the study zone, two sectors emerged where high numbers of eggs were recurrently registered. The first is located in the surroundings of Arica and the second opposite Río Loa. In the case of larvae, there was a higher spatial cover with two main areas of over 20 000 larvae/10 m<sup>2</sup> in proximity to Punta Lobos and opposite the port of Antofagasta.

Visual analyses showed gravitational centers (GC), which are generally found in the first 10 nm off the coast, with the exception of certain years. This coincides with the previously mentioned most important egg abundance sites located in the first few miles offshore. It is noteworthy that in 1997, due to the ENSO event, the GC moved south. In effect, other authors have mentioned southward migrations when the study area is under ENSO event influence.

The species that stood out during the acoustic surveys were the anchovy (*Engraulis ringens*), jack mackerel (*Trachurus murphyi*), horse mackerel



(*Scomber japonicus*) and the lightfish (*Vinciguerria lucetia*). The most abundant species for the study area (Arica to Pichidanguí) was the lightfish with 50.6% of the total acoustic density; followed by the anchovy with 40%; jack mackerel with 9.3%; and horse mackerel with 0.1%. 88.6% of the total acoustic densities were concentrated to the north of Antofagasta (24°00'S). In this area, the major acoustic densities corresponded to lightfish with 55.9%; followed by anchovy with 38.44%; jack mackerel 5.6% and finally horse mackerel with 0.1%.

The anchovy was mainly distributed between Arica and Taltal, out to 90 nm. South of Taltal it was only detected in the coastal sectors opposite Caldera and Huasco. In terms of vertical distribution, this species was located down to 47 m depth, with an average of 12.5 m and a deepening towards the south of Antofagasta associated with an average temperature of 15.1°C, a higher value than that for the previous year (14.7°C) which falls into line with historical temperatures for the period considered "normal" prior to 2006. The average salinity in which anchovies were found was 34.72 psu, a value which is 0.088 psu lower than the historical average for winter seasons.

Jack mackerel displayed wide spatial coverage registered along the entire study area between 10 and 100 nm offshore, with increasing coverage and frequency to the south of Tocopilla, approaching Coquimbo. The major densities were found between 20 and 70 nm between Iquique and Taltal. The vertical distribution was around 25.6 m, with an increase in depth towards the south.

In general, all the species were associated with slightly positive or near-zero temperature and salinity gradients.



## II. ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>I. RESUMEN EJECUTIVO / EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>1</b>
<b>II. ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>9</b>
<b>III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS.....</b>	<b>11</b>
<b>IV. OBJETIVOS.....</b>	<b>29</b>
1.    Objetivo general .....	29
2.    Objetivos específicos .....	29
<b>V. ANTECEDENTES GENERALES .....</b>	<b>31</b>
<b>VI. METODOLOGIA POR OBJETIVO .....</b>	<b>36</b>
1.    Zona de estudio .....	36
2.    Diseño de muestreo .....	36
3.    Objetivo específico N° 2.1.....	38
3.1  Recolección de muestras, registro de datos en el crucero y análisis de laboratorio .....	38
3.2  Procesamiento de la información obtenida en el crucero .....	42
3.3  Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial del mar (TSM) satelital, correspondiente al período de crucero .....	48
3.4  Distribución espacial y temporal de la clorofila superficial del mar satelital correspondientes al período de crucero .....	49
3.5  Imágenes satelitales de viento superficial, anomalía de nivel del mar y corrientes geostroficas correspondientes al período de crucero.....	50
4.    Objetivo específico N° 2.2 .....	51
4.1  Plancton fraccionado .....	51
4.2  Análisis de muestras .....	51
4.3  Análisis de la información .....	55
5.    Objetivo específico N° 2.3.....	55
5.1  Calibración de flujómetros TSK.....	55
5.2  Recolección de muestras.....	56
5.3  Tratamiento de las muestras a bordo .....	57
6.    Objetivo específico N° 2.4 .....	67
6.1  Calibración del sistema acústico .....	67
6.2  Identificación de especies .....	69
6.3  Distribución de los recursos .....	69
6.4  Índices de cobertura y densidad .....	70



7.	Objetivo específico N° 2.5 .....	71
7.1	Variables oceanográficas .....	72
7.2	Variables biológicas .....	73
7.3	Plancton .....	73
8.	Objetivo específico N° 2.6 .....	74
8.1	Monitoreo oceanográfico satelital .....	74
<b>VII.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>79</b>
<b>A.</b>	<b>Objetivo específico N° 2.1 .....</b>	<b>79</b>
1.	Condiciones oceanográficas .....	79
<b>B.</b>	<b>Objetivo específico N° 2.2 .....</b>	<b>110</b>
2.	Plancton fraccionado .....	110
<b>C.</b>	<b>Objetivo específico N° 2.3 .....</b>	<b>126</b>
3.	Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces .....	126
<b>D.</b>	<b>Objetivo específico N° 2.4 .....</b>	<b>157</b>
4.	Distribución espacial de los recursos .....	157
<b>E.</b>	<b>Objetivo específico N° 2.5 .....</b>	<b>165</b>
5.	Condición Regional .....	165
<b>F.</b>	<b>Objetivo específico N° 2.6 .....</b>	<b>177</b>
6.	Variabilidad superficial .....	177
<b>VIII</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>185</b>
<b>IX</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>205</b>
<b>X.</b>	<b>BASE DE DATOS .....</b>	<b>210</b>
<b>XI.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>228</b>

**FIGURAS**

**TABLAS**

**ANEXOS:**

- Anexo 1.** Criterio de Análisis de las Condiciones Oceanográficas Superficiales.
- Anexo 2.** Personal participante por actividad.



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

---

#### FIGURAS

---

- Figura 1.** Posición geográfica de de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 2.** Posición geográfica de de las estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 3.** Dirección e intensidad del viento (m/s) (a), índice de surgencia promedio (b), e índice de turbulencia del viento predominante medido cada una hora sobre el track de navegación (c). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 4.** Distribución superficial de (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) anomalía de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (c) salinidad (psu) y (d) anomalía de salinidad (psu). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 5.** Distribución superficial de (a) densidad ( $\sigma\text{-t}$ ) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), (b) contenido de oxígeno disuelto (mL/L), (c) profundidad de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  (m) y (d) anomalía de profundidad de la isoterma  $15^{\circ}\text{C}$  (m). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 6.** Distribución espacial de (a) espesor de la capa de mezcla (m), (b) espesor de la termoclina (m) y (c) temperatura base de la termoclina ( $^{\circ}\text{C}$ ). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 7.** Profundidad de la base de la termoclina (m) (a), gradiente de temperatura promedio de la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) (b), máximo gradiente de temperatura en la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) (c) y profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) (d). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 8.** Profundidad de la isolínea de oxígeno correspondiente a la concentración de 1 mL/L, como indicadora del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto. Crucero Mobio 0810 - Octubre 2008.
- Figura 9.** Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 10.** Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 11.** Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.



- Figura 12.** Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 13.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 14.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 15.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 16.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 17.** Distribución vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 18.** Distribución vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 19.** Distribución vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 20.** Distribución vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 21.** Anomalía vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad (psu) en las transectas: 13 (Bahía Moreno,  $23^{\circ}40'\text{S}$ ), 17 (Pta. Lobos;  $21^{\circ}00'\text{S}$ ) y 21 (Arica;  $18^{\circ}25'\text{S}$ ).
- Figura 22.** Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto ( $\text{mL}/\text{L}$ ) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 23.** Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto ( $\text{mL}/\text{L}$ ) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 24.** Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto ( $\text{mL}/\text{L}$ ) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 25.** Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto ( $\text{mL}/\text{L}$ ) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 26.** Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad (psu) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.





- Figura 27.** Distribución vertical de contenido de oxígeno disuelto (mL/L) y porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 28.** Diagramas *T-S* de las estaciones por sección perpendicular a la costa. Transectas 1 a 12. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 29.** Diagramas *T-S* de las estaciones por sección perpendicular a la costa. Transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 30.** Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), agua Subantártica (ASAA) y agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 31.** Distribución de a) clorofila-a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ), b) feopigmento superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) y c) fluorescencia *in vivo* (volts). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 32.** Distribución de a) clorofila integrada ( $\text{mg/m}^2$ ) y b) feopigmentos integrados ( $\text{mg/m}^2$ ). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 33.** Distribución histórica de clorofila a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) en: bahía Moreno (T1), punta Copaca (T2), punta Lobos (T3), punta Junín (T4) y Arica (T5), para el trimestre agosto-octubre en el período 1993 - 2007. (cruceros realizados entre 1993 y 1996 sin información de clorofila-a)
- Figura 34.** Distribución vertical de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 1 a 8. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 35.** Distribución vertical de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 9 a 16. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 36.** Distribución vertical de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 17 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 37.** Distribución vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 1 a 8. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 38.** Distribución vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 9 a 16. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 39.** Distribución vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 17 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.



- Figura 40.** Distribución vertical de fluorescencia *in vivo* (volts) en las transectas 1 a 8. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 41.** Distribución vertical de fluorescencia *in vivo* (volts) en las transectas 9 a 16. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 42.** Distribución vertical de fluorescencia *in vivo* (volts) en las transectas 17 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 43.** Distribución horizontal de la concentración de amonio ( $\mu\text{M}$ ) entre la superficie y 200 m de profundidad.
- Figura 44.** Distribución vertical por transecta (T) de la concentración de amonio ( $\mu\text{M}$ ) entre Arica (T-21) y Pichidanguí (T-1).
- Figura 45.** Distribución horizontal de la concentración de nitrito ( $\mu\text{M}$ ) entre la superficie y 200 m de profundidad.
- Figura 46.** Distribución vertical por transecta (T) de la concentración de nitrito ( $\mu\text{M}$ ), entre Arica (T-21) y Pichidanguí (T-1).
- Figura 47.** Distribución horizontal de la concentración de nitrato ( $\mu\text{M}$ ) entre la superficie y 200 m de profundidad.
- Figura 48.** Distribución vertical por transecta (T) de la concentración de nitrato ( $\mu\text{M}$ ), entre Arica (T-21) y Pichidanguí (T-1).
- Figura 49.** Distribución horizontal de la concentración de fosfato ( $\mu\text{M}$ ) entre la superficie y 200 m de profundidad.
- Figura 50.** Distribución vertical por transecta (T) de la concentración de fosfato ( $\mu\text{M}$ ), entre Arica (T-21) y Pichidanguí (T-1).
- Figura 51.** Distribución horizontal de la concentración de silicato ( $\mu\text{M}$ ) entre la superficie y 200 m de profundidad.
- Figura 52.** Distribución vertical por transecta (T) de la concentración de silicato ( $\mu\text{M}$ ), entre Arica (T-21) y Pichidanguí (T-1).
- Figura 53.** Distribución horizontal de la abundancia bacteriana ( $\text{cél}/\text{mL} \times 10^3$ ) entre la superficie y 100 m de profundidad.
- Figura 54.** Distribución horizontal de la abundancia de picoplancton autótrofo eucarionte ( $\text{cél}/\text{mL} \times 10^3$ ) entre la superficie y 100 m de profundidad.



- Figura 55.** Distribución horizontal de la abundancia de picoplancton autótrofo procarionte (cél/mLx10<sup>3</sup>) entre la superficie y 100 m de profundidad.
- Figura 56a.** Distribución vertical de la abundancia bacteriana (cél/mLx10<sup>3</sup>) entre Punta Gruesa (T-18) y Pichidangui (T-1).
- Figura 56b.** Distribución vertical de la abundancia de picoplancton autótrofo eucarionte (cél/mLx10<sup>3</sup>) entre Punta Gruesa (T-18) y Pichidangui (T-1).
- Figura 56c.** Distribución vertical de la abundancia de picoplancton autótrofo procarionte (cél/mLx10<sup>3</sup>) entre Punta Gruesa (T-18) y Pichidangui (T-1).
- Figura 57.** Estructura de tamaños del nanoplancton total en A: toda el área de estudio, B: Pichidangui (T-1), C: Arica (T-21).
- Figura 58.** Distribución horizontal de la abundancia (cél/Lx10<sup>6</sup>) de nanoplancton entre la superficie y 100 m de profundidad.
- Figura 59.** Distribución vertical de la abundancia (cél/Lx10<sup>6</sup>) de nanoplancton entre Arica (T-21) y Punta Arenas (T-16), y entre Norte Huasco (T-6) y Punta Farellones (T-3).
- Figura 60.** Distribución horizontal de la abundancia (cél/mL) de diatomeas (panel superior) y flagelados (panel inferior) entre la superficie y 50 m de profundidad.
- Figura 61.** Distribución vertical por transecta (T) de la abundancia total (cél/mL) de diatomeas entre Arica (T-21) y Pichidangui (T-1).
- Figura 62.** Distribución vertical por transecta (T) de la abundancia total (cél/mL) de flagelados entre Arica (T-21) y Pichidangui (T-1).
- Figura 63.** Distribución horizontal del espectro de tamaño (µm) de diatomeas (panel superior) y flagelados (panel inferior) entre la superficie y 50 m de profundidad.
- Figura 64.** Distribución vertical del espectro de tamaño (µm) de diatomeas en Punta Madrid (T-20), Bahía Moreno (T-13), Punta Ballenita (T-10), Punta Farellones (T-3) y Pichidangui (T-1).
- Figura 65.** Distribución vertical del espectro de tamaño (µm) de flagelados en Arica (T-21), Punta Copaca (T-15), Punta Hornos (T-14), Punta Tres Picos (T-12), Chañaral (T-9) y Punta Farellones (T-3).



- Figura 66.** Distribución horizontal del microzooplancton entre la superficie y 50 m de profundidad. Panel superior: abundancia total (ind/mL), panel inferior: espectro de tamaños ( $\mu\text{m}$ ).
- Figura 67.** Distribución vertical por transecta (T) de la abundancia total (ind/mL) del microzooplancton entre Arica (T-21) y Pichidanguí (T-1).
- Figura 68.** Distribución vertical del espectro de tamaño ( $\mu\text{m}$ ) del microzooplancton en Arica (T-21), Punta Junín (T-19), Punta Arenas (T-16), Punta Ballenita (T-10), Caleta Inglesa (T-5) y Punta Farellones (T-3).
- Figura 69.** Distribución horizontal de la abundancia total (ind/m<sup>3</sup>) de zooplancton en el estrato 0-25 m de profundidad.
- Figura 70.** Distribución horizontal de la abundancia total (ind/m<sup>3</sup>) de zooplancton en el estrato 25-50 m de profundidad.
- Figura 71.** Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) de los grupos zooplanctónicos en el estrato 0-25 m de profundidad.
- Figura 72.** Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) de los grupos zooplanctónicos en el estrato 25-50 m de profundidad.
- Figura 73.** Abundancias totales (ind/m<sup>3</sup>) de organismos zooplanctónicos menores a 2,25 mm de longitud en el estrato 0-25 m de profundidad.
- Figura 74.** Abundancias totales (ind/m<sup>3</sup>) de organismos zooplanctónicos menores a 2,25 mm de longitud en el estrato 25-50 m de profundidad.
- Figura 75.** Abundancias totales (ind/m<sup>3</sup>) de organismos zooplanctónicos mayores a 2,25 mm de longitud en el estrato 0-25 m de profundidad.
- Figura 76.** Abundancias totales (ind/m<sup>3</sup>) de organismos zooplanctónicos mayores a 2,25 mm de longitud en el estrato 25-50 m de profundidad.
- Figura 77.** Relación entre la pendiente del espectro de tamaños por estación y la latitud ( $^{\circ}\text{S}$ ) para los estratos 0-25 y 25-50 m de profundidad.
- Figura 78.** Relación entre la pendiente del espectro de tamaños por estación y la abundancia total de zooplancton (Logaritmo natural).
- Figura 79.** Relación entre la pendiente del espectro de tamaños y el tamaño promedio del zooplancton por estación (Logaritmo natural).
- Figura 80.** Biomasa peso húmedo promedio (g/1000 m<sup>3</sup>) en la columna de agua en función de la distancia a la costa.



- Figura 81.** Biomasa peso h3mido promedio (g/1000 m<sup>3</sup>) en la columna de agua en funci3n de la latitud.
- Figura 82.** Distribuci3n horizontal de la biomasa zooplanct3nica en los estratos 0-25, 25-50, 50-75 y 75-100 m de profundidad.
- Figura 83.** Distribuci3n y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Anchoveta (N<sup>o</sup> huevos/larvas/10m<sup>2</sup>) Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 84.** Densidad media de huevos de anchoveta (a) estimada para el per3odo 1992-2008, a trav3s del estimador de la media de una distribuci3n delta y proporci3n de estaciones positivas (b) per3odo 1992-2008. intervalos de confianza  $\alpha=0,1$ .
- Figura 85.** Densidad media de larvas de anchoveta (a) estimada para el per3odo 1992-2008, a trav3s del estimador de la media de una distribuci3n delta y proporci3n de estaciones positivas (b) per3odo 1992-2008. intervalos de confianza  $\alpha =0,1$ .
- Figura 86.** Distribuci3n espacial de huevos (a) y larvas (b) de anchoveta con relaci3n a la distribuci3n de temperatura superficial del mar. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 87.** Distribuci3n espacial de huevos (a) y larvas (b) de anchoveta con relaci3n a la distribuci3n de salinidad superficial del mar. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 88.** Distribuci3n vertical de huevos de anchoveta con respecto a la distribuci3n del contenido de ox3geno disuelto por transecta, en los intervalos de profundidad de 0-10, 10-25 y 25-50 m. Crucero MOBIO 0810.
- Figura 89.** Distribuci3n vertical de larvas de anchoveta con respecto a la distribuci3n del contenido de ox3geno disuelto por transecta, en los intervalos de profundidad de 0-10, 10-25 y 25-50 m. Crucero MOBIO 0810.
- Figura 90.** Distribuci3n vertical de huevos de jurel con respecto a la distribuci3n del contenido de ox3geno disuelto por transecta, en los intervalos de profundidad de 0-10, 10-25 y 25-50 m. Crucero MOBIO 0810.
- Figura 91.** Distribuci3n vertical de larvas de jurel con respecto a la distribuci3n del contenido de ox3geno disuelto por transecta, en los intervalos de profundidad de 0-10, 10-25 y 25-50 m. Crucero MOBIO 0810.



- Figura 92.** Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO Octubre 2008.
- Figura 93.** Distribución y abundancia de huevos de anchoveta en los estratos (a) 0-10, (b) 25-10 y (c) 50-25m. Crucero MOBIO 0810 – 2008.
- Figura 94.** Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO Octubre 2008.
- Figura 95.** Distribución y abundancia de larvas de anchoveta en los estratos (a) 0-10, (b) 25-10 y (c) 50-25m. Crucero MOBIO 0810 – 2008.
- Figura 96.** Estimación de la abundancia promedio de larvas (densidad promedio por estaciones totales). Período Invierno 1964 – 2008.
- Figura 97.** Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en el trimestre agosto-octubre de los años 1981/2008.
- Figura 98.** Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en el trimestre agosto-octubre de los años 1981/2008.
- Figura 99.** Distribución y abundancia de huevos de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Invierno 1990 – 2008.
- Figura 100.** Distribución y abundancia de larvas de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Invierno 1990 – 2008.
- Figura 101.** Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los años 1984/2008.
- Figura 102.** Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta, para el período invierno 1995 – invierno de 2008. (Línea negra=media móvil).
- Figura 103.** Distribución espacial de la TSM satelital y de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Octubre 2008.
- Figura 104.** Relaciones entre la densidad de a) huevos y b) larvas de anchoveta y el gradiente térmico.
- Figura 105.** Distribución espacial de los centros de gravedad de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile.





- Figura 106.** Histograma, función de densidad de probabilidad teórica lognormal (a) y función de distribución acumulada empírica y teórica (b) para la variable densidad de huevos, cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre durante el periodo de 1993 a 2008.
- Figura 107.** Densidad media y proporción de estaciones positivas con su intervalo de confianza para huevos (a) y larvas (b) de anchoveta, por año y periodo total. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre entre los años 1993 a 2008.
- Figura 108.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X,P)$  corresponde a la función suavizadora spline para la variable  $X$  con  $P$  grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre, desde el año 1993 a 2008.
- Figura 109.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de larvas de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X,P)$  corresponde a la función suavizadora spline para la variable  $X$  con  $P$  grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre, desde el año 1993 a 2008.
- Figura 110.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X,P)$  corresponde a la función suavizadora spline para la variable  $X$  con  $P$  grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre, desde el año 1993 a 2008.
- Figura 111.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de larvas de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X,P)$  corresponde a la función suavizadora



spline para la variable  $X$  con  $P$  grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre, desde el año 1993 a 2008.

- Figura 112.** Tendencias de los índices por crucero obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre, desde el año 1993 a 2008.
- Figura 113.** Primer (a) y segundo (b) modo de variación temporal de la TSM, densidad y huevos de anchoveta. Período 1992-2008.
- Figura 114.** Correlaciones cruzadas normalizadas entre el primer modo de variación de la TSM y huevos de anchoveta y el primer modo de variación de la densidad y los huevos de anchoveta con un desplazamiento temporal de hasta 5 años (lags). Período 1992-2008.
- Figura 115.** Distribución espacial y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de anchoveta recolectados con la bomba de huevos CUFES. Crucero MOBIO 0810. Octubre 2008.
- Figura 116.** Distribución espacial y abundancia de huevos de (a) agujilla y (b) Vinciguerría, recolectados con la bomba de huevos CUFES. Crucero MOBIO 0810. Octubre 2008.
- Figura 117.** Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Jurel ( $N^{\circ}$  huevos/larvas/ $10m^2$ ) Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 118.** Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Vinciguerría ( $N^{\circ}$  huevos/larvas/ $10m^2$ ) Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 119.** Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Merluza común ( $N^{\circ}$  huevos/larvas/ $10m^2$ ) Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 120.** Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Agujilla ( $N^{\circ}$  huevos/larvas/ $10m^2$ ) Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 121.** Distribución y Abundancia de la biomasa zooplanctónica para la zona Arica – Pichidangü. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 122.** Distribución de la biomasa zooplanctónica para la zona Arica – Antofagasta en invierno de los años 1993 – 2008.



- Figura 123.** Distribución geográfica de anchoveta entre Arica y Pichidangui. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 124.** Distribución geográfica de jurel entre Arica y Pichidangui. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 125.** Distribución geográfica de pez linterna entre Arica y Pichidangui. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 126.** Distribución geográfica de caballa entre Arica y Pichidangui. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 127.** Relaciones de las densidades acústicas de anchoveta respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0810.
- Figura 128.** Relaciones de las densidades acústicas de jurel respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0810.
- Figura 129.** Relaciones de las densidades acústicas de pez linterna respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0810.
- Figura 130.** Relaciones de las densidades acústicas de caballa respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0810.
- Figura 131.** Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad ( $t/mn^2$ ) de anchoveta y jurel en los inviernos del período 1997-2008.
- Figura 132.** Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad ( $t/mn^2$ ) de anchoveta y jurel históricos. Período 1997-2008.
- Figura 133.** Serie histórica de los valores promedio, mínimos y máximos de profundidad, temperatura y salinidad de jurel y anchoveta en los inviernos de los períodos 1996-2008.
- Figura 134.** Series de tiempo de áreas promediadas de las anomalías de temperatura ( $^{\circ}C$ ) de la superficie del océano en las regiones de El Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4. Las anomalías de TSM son variaciones de los promedios semanales del periodo base 1971-200(Xue *et al.* 2003, J. Climate, 16, 1601-1612)



- Figura 135.** Anomalías de TSM (°C) promedio durante el 1 de julio de 2009. Las anomalías de TSM son variaciones de los promedios semanales del periodo base 1971-200(Xue *et al.* 2003, J. Climate, 16, 1601-1612).
- Figura 136.** Anomalías de TSM (°C) promedio durante el 1 de julio de 2009. Las anomalías de TSM son variaciones de los promedios semanales del periodo base 1971-200(Xue *et al.* 2003, J. Climate, 16, 1601-1612)
- Figura 137.** Distribución de TSM entre el mes de octubre de 2008 y julio de 2009. Cada imagen corresponde a un promedio semanal dentro de cada mes correspondiente (Fuente: Ocean Color Web).
- Figura 138.** Distribución de Cloa entre el mes de octubre de 2008 y julio de 2009. Cada imagen corresponde a un promedio semanal dentro de cada mes correspondiente (Fuente: Ocean Color Web).
- Figura 139.** Distribución superficial de anomalía de nivel del mar (cm) y corrientes geostróficas (cm/s) entre el mes de octubre de 2008 y julio de 2009. Cada imagen corresponde a un día representativo del mes correspondiente (Fuente: AVISO)
- Figura 140.** Distribución superficial de magnitud del viento y vectores de viento superficial (m/s) entre el mes de octubre de 2008 y julio de 2009. Cada imagen corresponde a un día representativo del mes correspondiente (Fuente: IFREMER)
- Figura 141.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de temperatura (°C) en las estaciones costeras de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a Julio de 2009.
- Figura 142.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de salinidad (psu) en las estaciones costeras de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a Julio de 2009.
- Figura 143.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones costeras de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a Julio de 2009.
- Figura 144.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila-a (µg/L) en las estaciones costeras de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a Julio de 2009.
- Figura 145.** Variabilidad temporal de temperatura (°C), salinidad (psu), oxígeno disuelto (mL/L) y clorofila-a (µg/L), en la estación costera de Caldera, gráficos a) a d) y Coquimbo, gráficos e) a f). Octubre 2008 – Julio 2009.



- Figura 146.** Variación temporal de la distribución y abundancia de huevos de anchoveta en las estaciones fijas de vigilancia mensual de Arica, Iquique y Mejillones. Octubre 2008 – Julio 2009.
- Figura 147.** Variación temporal de la distribución y abundancia de larvas de anchoveta en las estaciones fijas de vigilancia mensual de Arica, Iquique y Mejillones. Octubre 2008 – Julio 2009.
- Figura 148.** Variación temporal de la distribución y abundancia de larvas de anchoveta en las estaciones fijas de vigilancia mensual de Caldera y Coquimbo. Octubre 2008 – Julio 2009.
- Figura 149.** Variación temporal de la biomasa zooplanctónica en las estaciones fijas de vigilancia mensual de Arica, Iquique y Mejillones. Octubre 2008 – Julio 2009.
- Figura 150.** Variación temporal de la biomasa zooplanctónica por estrato de profundidad en las estaciones costeras mensuales. Octubre 2008 – Julio 2009.
- Figura 151.** Temperatura superficial del mar (°C) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales entre los días 29 de septiembre al 6 de octubre(a), 7 al 14(b) y 15 al 22(c) de 2008. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 152.** Anomalía de nivel del mar (cm) y velocidad geostrófica (cm/s) de los días 1(a), 10(b) y 20(c) de octubre de 2008. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 153.** Intensidad del viento (m/s) y velocidad del viento (m/s) de los promedios semanales de imágenes satelitales Quikscat correspondiente a los períodos entre los días 29 de septiembre al 6 de octubre(a), 6 al 13(b), 13 al 20(c) y 20 al 27(d) de octubre de 2008. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Figura 154.** Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales de entre los entre los días 29 de septiembre al 6 de octubre(a), 7 al 14(b) y 15 al 22(c) de octubre de 2008. La línea negra gruesa marca la isolínea de  $1 \mu\text{g/L}$  y la línea negra delgada marca la concentración de  $0,25 \mu\text{g/L}$ . Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.



- Figura 155.** Monitoreo de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en al banda costera ( $\sim 20$  km) de la zona norte de Chile ( $18^{\circ}$ - $24^{\circ}\text{S}$ ), durante el período 2005-2008. (Fuente: Ocean Color Web, <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>.)
- Figura 156.** Monitoreo de la concentración de clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la banda costera ( $\sim 20$  km) de la zona norte de Chile ( $18^{\circ}$ - $24^{\circ}\text{S}$ ), durante el período 2005 - 2008. (Fuente: Ocean Color Web, <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>.)
- Figura 157.** Transporte perpendicular a la costa ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) por 1000 m de costa generado por la componente a lo largo de la costa del viento medido por el satélite QuikScat en la banda costera de la zona norte de Chile ( $18^{\circ}$ - $24^{\circ}\text{S}$ ), durante el período 2005-2008. (Fuente: CERSAT, <http://www.ifremer.fr/cersat/>)
- Figura 158.** Anomalía del nivel del mar (cm) de la zona más cercana a la plataforma continental medido por la combinación de los satélites ERS, Topex y Jason durante el periodo 2005-2008. (Fuente: AVISO, <http://www.aviso.oceanobs.com>)
- Figura 159.** Series latitudinales promedio del año 2008 de transporte de Ekman, concentración de cloa, temperatura promedio junto con captura totales (ton).
- Figura 160.** Series temporales de anomalía de nivel del mar, transporte de Ekman, concentración de cloa y temperatura promedio de la banda entre los  $20^{\circ}30'$  y  $21^{\circ}30'\text{S}$  durante el período 2005-2008.



## TABLAS

---

- Tabla 1.** Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.
- Tabla 2.** Categorías por densidad.
- Tabla 3.** Bitácora de las estaciones con medición de profundidad del 1% de penetración de luz. Agosto 2008.
- Tabla 4.** Abundancia integrada (cél/mLx10<sup>3</sup>) del componente picoplanctónico. BACTE: bacterias, PEUCA: picoplancton eucarionte, PAUTO: picoplancton autotrófico. TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estación.
- Tabla 5.** Abundancia celular integrada (cél/L) del nanoplancton total (NT) y por clase de tamaño (µm). TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estación.
- Tabla 6.** Especies de diatomeas identificadas con sus rangos de tamaño.
- Tabla 7.** Especies de flagelados identificados con sus rangos de tamaño.
- Tabla 8.** Abundancia celular (cél/mL) integrada de diatomeas (DIATO) y flagelados (FLAGE) y aporte porcentual (%) de cada grupo. TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estación.
- Tabla 9.** Tamaños (µm) promedio de diatomeas (T-DIATO) y flagelados (T-FLAGE). TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estación.
- Tabla 10.** Aporte porcentual por transecta de las especies de diatomeas (DIATO) y flagelados (FLAGE) con las mayores abundancias. T: transecta, PO: porcentaje de ocurrencia (%), AT: aporte porcentual total (%).
- Tabla 11.** Grupos del microzooplancton holoplanctónico (HOLO) y meroplanctónico (MERO) con sus rangos de tamaño.
- Tabla 12.** Abundancia total (ind/mL) integrada del microzooplancton (AT-MZ). TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estación.
- Tabla 13.** Tamaños (µm) promedio del microzooplancton (T-MZ). TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estación.



- Tabla 14.** Aporte porcentual (%) por transecta de los grupos microzooplanctónicos con las mayores abundancias. T: transecta, PO: porcentaje de ocurrencia (%), AT: aporte porcentual total (%).
- Tabla 15.** Taxocenosis del zooplancton holoplanctónico y patrones de ocurrencia y clasificación de constancia.
- Tabla 16.** Taxocenosis del zooplancton meroplanctónico y patrones de ocurrencia y clasificación de constancia.
- Tabla 17.** Abundancias medias (ind/m<sup>3</sup>) en el estrato 0-25 m de profundidad.
- Tabla 18.** Abundancias medias (ind/m<sup>3</sup>) en el estrato 25-50 m de profundidad.
- Tabla 19.** Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) por grupo zooplanctónico en el estrato de 0-25 m de profundidad.
- Tabla 20.** Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) por grupo zooplanctónico en el estrato de 25-50 m de profundidad.
- Tabla 21.** Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) por espectro de tamaño de zooplancton para el estrato 0-25 m de profundidad.
- Tabla 22.** Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) por espectro de tamaño de zooplancton para el estrato de profundidad de 25-50m, en el área total de muestreo.
- Tabla 23.** Contribución porcentual mínima y máxima de los taxa holoplanctónicos y frecuencia de ocurrencia por nivel de clasificación de dominancia.
- Tabla 24.** Contribución porcentual mínima y máxima de los componentes meroplanctónicos y frecuencia de ocurrencia por nivel de clasificación de dominancia.
- Tabla 25.** Biomasa zooplanctónica media (g/1000m<sup>3</sup>) en función de la distancia a la costa.
- Tabla 26.** Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de peces. Crucero MOBIO 0810 – Octubre 2008. Zona Arica - Pichidangui.
- Tabla 27.** Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en el trimestre agosto-octubre del período 1984 - 2008.
- Tabla 28.** Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en el trimestre agosto-octubre del período 1983 - 2008.





- Tabla 29.** Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de sardina, anchoveta y jurel. Area comparativa: Antofagasta-Coquimbo 0 - 100mn. Período: 1983 - 2008.
- Tabla 30.** Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de sardina, anchoveta y jurel. Area comparativa: Antofagasta-Coquimbo 0 - 100mn. Período: 1983 – 2008.
- Tabla 31.** Tamaños de muestra, valor del estadístico y p-value de prueba de Kolmogorov-Smirnov, para el análisis distribucional de la densidad de huevos o larvas de anchoveta, en los cruceros realizados entre Septiembre y Octubre, desde los años 1993 a 2008.
- Tabla 32.** Síntesis por año del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos y larvas de anchoveta y densidad media de las estaciones positivas. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre.
- Tabla 33.** Resumen de estadísticas descriptivas por año para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre.
- Tabla 34.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre, desde los años 1993 a 2008.
- Tabla 35.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM normal para la variable logaritmo de la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre, desde los años 1993 a 2008.
- Tabla 36.** Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Período 1993 - 2008.
- Tabla 37.** Resultados de las calibraciones hidroacústicas históricas del sistema Simrad EK-500 y EK-60 del B/I "Abate Molina", para la frecuencia de 38 Khz, por longitudes de pulso.
- Tabla 38.** Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el crucero MOBIO 0810 respecto de las variables profundidad, temperatura y salinidad, entre Arica y Antofagasta.
- Tabla 39.** Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el crucero MOBIO 0810 respecto de las variables profundidad, temperatura y salinidad, entre Antofagasta y Pichidanguí.



- Tabla 40.** Índices de cobertura (IC) (%) y de Densidad (ID) (t/mn<sup>2</sup>) de anchoveta, jurel, caballa y pez linterna estimados por zona en el crucero MOBIO 0810.
- Tabla 41.** Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el período 1994-2003 por estación respecto a las variables densidad acústica (Sa), profundidad, temperatura y salinidad. Se ha descartado el año 1997 por presentarse fuera de rango en la mayoría de las variables.
- Tabla 42.** Valores de temperatura (°C), salinidad (psu), oxígeno disuelto (mL/L) y clorofila-a (µg/L) en las estaciones fijas de Arica, Iquique, Mejillones, Caldera y Coquimbo obtenidos para el período octubre de 2008 a julio de 2009.
- Tabla 43.** Valores de la biomasa zooplanctónica en las estaciones costeras de Arica, Iquique, Mejillones, Caldera y Coquimbo. Período Mayo 2001 – Julio 2009.
- Tabla 44.** Abundancia de huevos y larvas de anchoveta en cada estrato de profundidad de las estaciones fijas de Arica, Iquique, Mejillones, Caldera y Coquimbo. Enero 2008 a Julio de 2009.

## ANEXOS

---

- Anexo 1.** Criterio de Análisis de las Condiciones Oceanográficas Superficiales.
- Anexo 2.** Personal participante por actividad.



## **IV. OBJETIVOS**

---

### **1. Objetivo general**

Monitorear las condiciones bio-oceanográficas de la zona norte de Chile, entre Arica y Pichidangui y hasta 100 mn de la costa.

### **2 Objetivos específicos**

- 2.1** Determinar la distribución espacial, así como sus variaciones espacio-temporales, a nivel de meso-escala (km), de las variables bio-oceanográficas de la temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila-**a**, nutrientes y penetración de la luz, en la zona de estudio, en la estructura vertical de 0 a 200 m.
- 2.2** Determinar la abundancia estacional, distribución espacial y composición del plancton, incluyendo el macrozooplancton, mesozoplancton, microplancton, nanoplancton y picoplancton de la zona de estudio, y su relación con las condiciones oceanográficas indicadas en 2.1.
- 2.3** Describir y analizar la distribución de abundancia estacional del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio, y su relación con las condiciones oceanográficas.



- 2.4** Caracterizar los recursos pelágicos presentes en la zona de estudio, mediante índices de abundancia relativa y de cobertura geográfica, en relación a las condiciones bio-oceanográficas.
- 2.5** Determinar las variaciones mensuales en la zona costera de las variables señaladas en 2.1 y 2.2, con observaciones realizadas en, a lo menos, 5 estaciones costeras dentro de la zona de estudio, incluyendo Caldera y Coquimbo..
- 2.6** Determinar la variabilidad superficial de las variables temperatura del mar, clorofila-*a* y anomalía del nivel del mar por medio de percepción remota. La frecuencia mínima de análisis debe ser al menos mensual. Y asociar estas variaciones espacio-temporales con la actividad pesquera.



## V. ANTECEDENTES GENERALES

---

La zona norte de Chile se caracteriza al igual que otras áreas de borde oriental, por su baja diversidad de especies pelágicas, tales como anchoveta, sardina española, jurel y caballa, las que se presentan en grandes abundancias, generando beneficios socio-económicos para el país a través del desarrollo de sus pesquerías. Es así, como el valor (FOB) generado por las exportaciones del Sector en el período enero – diciembre 2008 alcanzó a 4.110,7 millones de dólares, mostrando un crecimiento del 7,4% respecto a igual período del año anterior”. (Elaborado por IFOP en base a información de Aduana).

En el año 2008, la participación del Sector Pesquero en relación a los ingresos aportados por el total de las exportaciones chilenas, fue, aproximadamente, un 6% (Elaborado por IFOP en base a información de Aduana y del Banco Central).

El Pacífico Sur Oriental (**PSO**) es uno de los sistemas de corriente de borde oriental más importantes en el océano, debido a la producción biológica que sostiene y extracción de recursos pesqueros que sucede a lo largo de las costas sudamericanas. Solamente el año 2008, en el sistema Chile-Perú se extrajeron 11,1 millones de toneladas, de los cuales en Perú, el 97% correspondió a anchoveta (*Engraulis ringens*) y en Chile el 70% correspondió a anchoveta y jurel (*Trachurus murphyi*) (Martínez *et al.*, 2009). Este nivel de productividad biológica se debe a la interacción entre los procesos físicos y biológicos en diversas escalas temporales y espaciales que caracteriza a los sistemas de borde oriental (Thomas *et al.*, 2004).



El **PSO** se caracteriza por un régimen de vientos locales que tiene variaciones estacionales y bianuales, los que son conducidos en grandes zonas por el movimiento meridional del Anticiclón del Pacífico Sur (**APS**) (Bakun & Nelson, 1991). En este sistema de alta presión subtropical, las masas de aire descienden asociados a la celda de circulación atmosférica Hadley-Walker reduciendo la nubosidad y la precipitación, mientras que dirige los vientos a lo largo de la costa sudamericana durante casi todo el año en dirección hacia el Ecuador (Braun *et al.*, 2007). Al sur de los 35°S, la dirección del viento cambia hacia el polo durante el invierno austral (Hill *et al.*, 1998), asociado principalmente al paso de frentes de tormenta que se propagan hacia el este.

Los vientos superficiales generados por el **APS** conducen al patrón general de la circulación superficial del giro subtropical, al cual están asociados las corrientes y el transporte superficial de calor y sal hacia el Ecuador y hacia el polo (Libes, 1992; Mackas *et al.*, 2005). Este patrón de circulación promedio, permite la advección de agua Subantártica (**ASAA**), relativamente baja en salinidad y fría hacia la zona norte de Chile y Perú, pero también el ingreso hacia el sur de agua Subtropical (**AST**), que a nivel superficial ha sido observada hasta los 30° S, y de agua Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**), que con un núcleo centrado a más de 200 m de profundidad ha sido registrada hasta los 47°S (Silva & Konow, 1975; Silva & Neshyba, 1979; Braun *et al.*, 2007).

Esta circulación de gran escala y movimiento de masas de agua, definen las características de las aguas que afloran a lo largo de la costa producto de la surgencia costera. Este proceso oceanográfico forzado por la componente hacia el Ecuador del viento local - dependiente del **APS** -, esta geográficamente asociado a focos de surgencia que se distribuyen heterogéneamente a lo largo de la costa de Chile y Perú, los cuales generalmente están vinculados a puntas, penínsulas,



cabos o cambios abruptos en la batimetría de la zona (Strub *et al.*, 1998). La formación del frente de surgencia refuerza las corrientes costeras forzadas por los vientos hacia el Ecuador. La inestabilidad inherente de estas corrientes y la interacción con la batimetría y el transporte de Ekman perpendicular a la costa deforman el flujo principal en corrientes de meandro, lenguas de surgencia, filamentos y eventualmente en giros de mesoescala o ondas Rossby (Cushman-Roison, 1994; Leth, 2000; Leth & Middleton, 2004). Este conjunto de estructuras oceanográficas de mesoescala, parecen ser el principal mecanismo de intercambio de materia y energía entre la zona costera y el océano abierto (Letelier *et al.*, 2009).

Dentro de este contexto regional, donde persiste un sistema océano-atmósfera complejo, el conocimiento de la interacción de las diferentes escalas espaciales y temporales es aún limitado, donde el ciclo anual o de las estaciones parece explicar la mayor parte de la variabilidad del sistema. Este patrón relativamente regular es alterado en forma imprevista por eventos “El Niño” o “La Niña” o incluso se acopla a oscilaciones de más baja frecuencia tal como lo muestran los índices Ecuatoriales (<http://www.cpc.noaa.gov/data/indices/>). Durante estos eventos, las teleconexiones atmosféricas y oceánicas entre el Ecuador y la costa sudamericana, alteran los patrones de viento, las corrientes, la profundidad de la termoclina y la capa de mínima concentración de oxígeno, la surgencia y el transporte a lo largo de la costa modificando variables como la temperatura y salinidad de las aguas de la banda adyacente a la costa. Estos son algunos de los efectos conocidos hasta el momento en la costa sudamericana, pero la limitada información, la falta de sistemas de monitoreo y el limitado conocimiento de los efectos en los ecosistemas marinos, reducen el nivel de certeza en los verdaderos alcances que producen estos eventos.



El conocimiento del impacto sobre los ecosistemas marinos de eventos de la magnitud de “El Niño”, “La Niña” o cambios multidecadales, es aún limitado. Cambios en la composición del zooplancton (Ulloa *et al.*, 2001), reducción de la biomasa y cambios en la distribución espacial del jurel (Nesterov & Church, 2006), cambios en la intensidad de la surgencia y turbulencia que podrían afectar aspectos reproductivos de la sardina (*Sardinops sagax*) y la anchoveta (Cubillos & Fuenzalida., 1994), caída de la disponibilidad de la anchoveta durante El Niño (Blanco, 2004; Gatica *et al.*, 2007) y cambios multidecadales en las poblaciones de sardina y anchoveta son algunos aspectos relativamente conocidos. Nuevos sistemas de monitoreo, a lo largo de la costa incluyendo información satelital y muestro in situ en conjunto con la integración histórica entre los sistemas físicos y ecológicos mejorarán la capacidad de anticipar el impacto de las perturbaciones de origen ecuatorial y la toma de decisiones para el resguardo de los diferentes ecosistemas a lo largo de la costa de Chile.

Dentro de este complejo panorama regional, la zona norte de Chile (18°-30°S) representa una zona de transición sensible a la proyección hacia el sur de las perturbaciones provenientes del Ecuador asociadas a los eventos interanuales como El Niño o la Niña via interacciones atmosféricas y propagación de ondas atrapadas a la costa en dirección hacia el Polo (Leth & Middleton, 2006; Ramos *et al.*, 2008; NOAA, 2009). El conocimiento del funcionamiento ecosistémico basado en las interacciones físico-biológicas a diferentes escalas espaciales y temporales es aún limitado, por lo que solamente existen perspectivas a futuro de un conocimiento acabado para un manejo integral del sistema (Morales & Lange, 2004; Chavez *et al.*, 2008). Por lo complejo del sistema y la falta de información es por lo que un monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas continuo es necesario para generar una base de datos histórica y un sistema de alerta a los cambios oceanográficos. En paralelo, un reanálisis integrado de la información histórica físico-biológica, es necesario para incrementar el grado de conocimiento





de las interacciones espacio-temporales presentes en los ecosistemas de la costa de Chile.

En la última década la zona norte de Chile ha sido objeto de diversos estudios oceanográficos y pesqueros, dentro de los cuales el proyecto de Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas, ha sido una herramienta fundamental para la vigilancia de las condiciones ambientales en la que viven los recursos de interés. Es así, como los antecedentes recopilados a partir de más de 54 cruceros realizados por IFOP desde 1993 a la fecha, han permitido analizar el comportamiento del recurso y de sus fases larvarias en períodos normales y durante la ocurrencia de eventos de “El Niño” y “La Niña”, observándose que las mermas más importantes de la especie estuvieron asociadas a eventos “El Niño”, particularmente en los años 1991 y 1997-98.

En el contexto precitado y considerando la importancia de este tipo de estudios para incrementar la comprensión de la influencia de los parámetros oceanográficos en la distribución y abundancia de los recursos pelágicos, el Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado al efecto por la Subsecretaría de Pesca, decidió incluir el presente proyecto en el programa de investigación pesquera correspondiente al año 2008, con el objeto de mantener un sistema regular, oportuno y periódico de observación de las condiciones bio-oceanográficas de la zona, a objeto de fundamentar de mejor manera la adopción de medidas de administración pesquera en pos de una adecuada conservación de los recursos hidrobiológicos.



## VI. METODOLOGÍA POR OBJETIVO

---

### 1. Zona de estudio

El crucero de monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas correspondiente a octubre de 2008, abarcó la zona marítima de la XV y Cuarta región, comprendida entre Arica (18°25'S) y Pichidangui (32°08'S), desde la costa hasta una distancia máxima de 100 millas náuticas. En esta zona se realizó el crucero *in situ* y la ocupación de las estaciones costeras de vigilancia de frecuencia observacional mensual para el período octubre 2008 - julio 2009.

### 2. Diseño de muestreo

En octubre de 2008 y de acuerdo a lo consignado en las bases especiales del proyecto, la zona de estudio se extendió hasta Pichidangui por el sur, en concordancia con la ejecución del Décimo Primer Crucero Internacional de los países miembros de la CPPS en el contexto del Estudio Regional para el evento “El Niño” (ERFEN).

En esta zona se efectuaron 21 transectas perpendiculares a la costa, paralelas y equidistantes entre sí cada 40 mn entre Arica y punta Farellones (30°20'S), y cada 55 mn las dos últimas secciones en el área sur (**Fig. 1**). Las secciones se ubicaron frente a Arica (18°25'S), punta Madrid (19°0'S), punta Junín (19°40'S), punta Guesa (20°20'S), punta Lobos (21°0'S), punta Arenas (21°40'S), punta Copaca (22°20'S), punta Hornos (23°0'S), Antofagasta (23°40'S), punta Tres Picos (24°20'S), rada Paposó (25°0'S), punta Ballenita (25°40'S), Chañaral (26°20'S), Caldera (27°0'S), bahía Salada (27°40'S), punta Molle (28°20'S), caleta Inglesa (29°0'S), caleta Cruz



Grande (29°40'S), punta Farellones (30°20'S), caleta Maitencillo (31°15'S) y Pichidangui (32°20'S).

En cada transecta se realizaron 7 estaciones bio-oceanográficas con muestreo superficial y vertical, las que estuvieron posicionadas a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 millas de la costa, midiéndose las variables temperatura (°C), salinidad (psu), oxígeno disuelto (mL/L), nutrientes, clorofila-*a*, penetración de la luz, pescas planctónicas, registro de datos meteorológicos y la prospección acústica de los recursos objetivo del presente proyecto. Esta grilla de muestreo se complementó con tres estaciones superficiales por transecta, las que se localizaron a 30, 55 y 85 mn de la costa, donde se midieron las mismas variables señaladas anteriormente, a excepción de la componente planctónica (**Fig. 1**).

Entre Arica y Antofagasta y para la zona nerítica comprendida entre 0 y 40 mn, se realizó un muestreo automático, continuo y superficial mediante el uso de la bomba de huevos CUFES (Continuos Underway Fish Egg Sampler), permitiendo conocer la variabilidad espacial y relacionar la distribución de huevos a las variables oceanográficas (**Fig. 2**).

Se efectuaron las cinco estaciones costeras de vigilancia mensual, correspondientes al mes de octubre, las que se localizaron a 2 mn frente a las localidades de Arica (18°23'S; 70°24,8'W), Iquique (20°11'S; 70°10,5'W), Mejillones (23°01'S; 70°23,1'W), Caldera (27°02'S; 70°50,9'W) y Coquimbo (29°57'S; 71°23,6'W); con profundidades de muestreo discreto para oxígeno y clorofila iguales a 0, 5, 10, 20, 30 y 50, respectivamente. Esto permite aumentar la cobertura temporal y la frecuencia de observación respecto de las variables oceanográficas, además de mantener información periódica de la abundancia de los estadios tempranos de peces. Las estaciones costeras de vigilancia se señalan en la **Figura 1** con las letras A, I y M, Cl y Cq, para indicar Arica, Iquique,



Mejillones, Caldera y Coquimbo, respectivamente. Cabe señalar que las estaciones de Arica, Iquique y Mejillones, han aportado información de gran relevancia para interpretar los resultados de los cruceros *in situ* y para asociar fluctuaciones de las variables biológicas a cambios en el ambiente físico. Particularmente, estas series, que datan de mayo de 1997, han permitido monitorear hasta ahora las características en la zona costera asociadas a los ciclos ENOS.

### **3. Objetivo específico N° 2.1**

*Determinar la distribución espacial, así como sus variaciones espacio-temporales, a nivel de meso-escala (km), de las variables bio-oceanográficas de la temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila-a, nutrientes y penetración de la luz, en la zona de estudio, en la estructura vertical de 0 a 200 m.*

#### **3.1 Recolección de muestras, registro de datos en el crucero y análisis de laboratorio.**

Este crucero fue efectuado en concordancia con la ejecución del Décimo Primer Crucero Internacional de los países miembros de la CPPS, realizándose un total de 213 estaciones.

En cada transecta se realizaron 10 estaciones bio-oceanográficas distribuidas a 1, 5, 10, 20, 30, 40, 55, 70, 85 y 100 millas de la costa (**Fig. 1**), midiéndose las variables temperatura (°C), salinidad (psu), fluorescencia in vivo (volt), concentración de oxígeno disuelto (mL/L), radianza y clorofila-a (µg/L).

En las estaciones del crucero se obtuvo registros verticales continuos de temperatura (°C), salinidad, oxígeno, radianza y fluorescencia con profundidad hasta un máximo de 500 m, mediante el uso de un CTD Sea Bird Model modelo



911 plus operado en tiempo real, el cual está equipado con un radiómetro marca Biospherical PAR modelo QSP2300; un fluorómetro Sea Point y un sensor de oxígeno Sea Bird 43. Para las estaciones superficiales de 30, 55 y 85 mn de la costa, como también en las estaciones con malas condiciones meteorológicas, se utilizó un CTD Sea Bird modelo 19 equipado con bomba, operado en modo auto contenido.

Debido a condiciones meteorológicas adversas (viento intenso y marejadas), en 9 estaciones no se realizó muestreo vertical discreto con botellas y en dos de éstas, no se ocupó CTD sino el Seanose, sistema de monitoreo en ruta de la capa superficial del mar.

Para la toma de muestras de agua se utilizaron botellas Niskin de 5,0 L dispuestas en un muestreador automático tipo ROSETA marca Sea Bird. Para la determinación de la concentración de oxígeno disuelto y nutrientes se recolectaron muestras de agua a profundidades estándares de 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200 y 300 metros como máximo. En caso de las muestras de agua para los análisis de clorofila-*a*, la profundidad máxima fue 100 metros. Además se consideraron cartas satelitales de color del mar, coetáneas al crucero.

Con las muestras de agua recolectadas se realizaron a bordo los análisis conducentes a la obtención de la concentración de oxígeno disuelto (**OD**), mediante el método Winkler modificado por Carpenter (1965) y clorofila-*a*, según la metodología descrita en **3.1.1**.

Las muestras de nutrientes se congelaron hasta su posterior análisis en el Laboratorio de Oceanografía Química de la Universidad Arturo Prat, según metodología descrita en el punto **3.1.2**.



Con la finalidad de evaluar la variabilidad longitudinal (norte-sur) y temporal de la masa de agua Ecuatorial subsuperficial, las estaciones ubicadas a 100 mn de la costa entre Arica y Pichidangui fueron muestreadas con CTD hasta los 700 m de profundidad, agregándose los niveles discretos de 500 y 700 m a los ya señalados para el OD y nutrientes.

### 3.1.1 Análisis de Clorofila

Para los análisis de clorofila-*a*, las muestras se filtraron *in situ* con un sistema de filtrado múltiple, utilizando filtros de fibra de vidrio (MFS GF-75, 0,7  $\mu\text{m}$ , 25 cm de diámetro) (Jeffrey *et al.*, 1997), con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL, almacenándose éstas a  $-20^{\circ}\text{C}$  en ambiente anhidro, utilizando como desecante  $\text{CaCl}_2$  hasta su posterior análisis en laboratorio de IFOP en tierra.

La extracción de la muestra para el análisis de clorofila-*a*, se realizó en forma pasiva, con una solución acuosa de acetona al 90 % v/v, por un período de 24 horas y a ca.  $-20^{\circ}\text{C}$ . La lectura del sobrenadante se efectuó en ambiente de baja luminosidad con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación descrita en Parsons *et al.* (1984), utilizando para tales efectos un fluorómetro digital marca Turner Designs, modelo 10-AU, calibrado con un estándar puro de clorofila-a marca Sigma Chemicals.

Con respecto a la estandarización del volumen de agua a ser filtrada (50 mL), cabe señalar que al utilizar un fluorómetro digital de última generación, como el Turnes Designs 10-AU, los niveles de detección pueden llegar a ser de ng/L ó  $10^{-9}$  g/L, toda vez que estos equipos tienen un fotomultiplicador altamente sensible al rojo y que ha sido especialmente diseñado para este trabajo analítico. Adicionalmente, si se considera que la biomasa fitoplanctónica para toda la zona muestreada está en el rango 0,2 a 30  $\mu\text{g/L}$  (o  $\text{mg/m}^3$ ) aproximadamente, ésta se



ajusta adecuadamente a la sensibilidad del equipo utilizado, lo que permite estandarizar los volúmenes de muestreo sin que haya efecto sobre la cuantificación.

### 3.1.2 Análisis de nutrientes

Se obtuvieron muestras de agua, utilizando botellas Niskin, desde profundidades de 0, 10, 20, 50, 75, 100 y 200 m. Una submuestra de 250 mL fue filtrada y 50 mL se destinaron para la determinación inmediata de amonio. Los 200 mL restantes fueron fijados con 1 mL de cloroformo y congelados para el posterior análisis de nitrito, nitrato, fosfato y silicato.

Las concentraciones de amonio fueron determinadas siguiendo la metodología propuesta por Holmes *et al.* (1999), y las de nitrito, nitrato, fosfato y silicato de acuerdo a Grasshoff *et al.* (1999) y Parsons *et al.* (1984).

### 3.1.3 Datos meteorológicos

Durante la realización de las estaciones bio-oceanográficas se registró información meteorológica de carácter básico: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), presión atmosférica, intensidad y dirección del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y dirección de las olas (**Tabla 1**). En el registro se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991). Los datos de viento fueron registrados con un anemómetro fijo marca Simrad modelo IS-12, y los datos corresponden al valor predominante observado durante la ejecución de la estación. Durante la navegación se recopiló también información del viento en forma horaria que corresponde al valor predominante registrado.



### 3.2 Procesamiento de la información obtenida en los cruceros

La información del CTD del crucero se procesó de acuerdo a procedimientos estándares recomendados por el fabricante de cada equipo, lo que incluye el ajuste de los datos del sensor de oxígeno del CTD SBE 911 utilizando los datos discretos. Con los datos ya procesados se confeccionaron las cartas de distribución superficial y vertical de las variables: temperatura, salinidad, oxígeno, fluorescencia y densidad (sigma-t). 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), y el límite superior de la capa de mínimo OD (profundidad), 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 hasta donde se presente una diferencia menor a  $0,01^{\circ}\text{C}$ ,  $0,1 \text{ psu}$  y  $0,1 \text{ Kg/m}^3$ , en temperatura, salinidad y densidad, respectivamente, con los datos observados en el primer metro de la columna de agua. Los datos de observación de esta variable fueron los datos de CTD cada 1 metro.
  
- Termoclina: Se define como termoclina la capa de agua que presentó una variación de temperatura mayor o igual a  $0,1^{\circ}\text{C/m}$ . Los cálculos de gradiente para la definición de termoclina y el valor de gradiente máximo se obtuvo por diferencia de temperatura





entre dos niveles consecutivos (cada un metro). El valor de gradiente promedio resultó de los gradientes metro a metro que se registraron en la termoclina.

- Límite de la capa de mínimo oxígeno disuelto: Corresponde a la profundidad de ubicación de la concentración de 1 mL/L de oxígeno disuelto. Dado que los datos obtenidos en terreno son discretos, la ubicación en la columna de agua de los límites superior e inferior de esta capa, se determinó por interpolación lineal.

Para el cálculo de densidad del agua se utilizó la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 dada por Millero & Poisson (1981) y UNESCO (1981a y 1981b), que corresponde a la siguiente expresión:

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

(Densidad del agua de mar ( $\rho$ ) y densidad del agua pura ( $\rho_0$ ) en  $\text{kg/m}^3$ ,  
Temperatura (t) en  $^{\circ}\text{C}$ , Salinidad (s) en psu)

Donde:

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

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

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

$$\rho_0 = 999.842594 + 6.793952 \times 10^{-2}t - 9.095290 \times 10^{-3}t^2 + 1.001685 \times 10^{-4}t^3 \\ - 1.120083 \times 10^{-6}t^4 + 6.536336 \times 10^{-9}t^5$$



Para señalar la densidad se utilizará la denominación  $\Theta_t$  (sigma-t). Un valor sigma-t expresa para 1 cm<sup>3</sup> el número de miligramos que sobrepasa la unidad.

Los valores de salinidad se entregan en forma adimensional, siguiendo recomendaciones de UNESCO (1981c); por conveniencia se anotan omitiendo el factor 10<sup>-3</sup>.

Se obtuvo valores de anomalía vertical de temperatura y salinidad a lo largo de la transecta de bahía Moreno (23°40'S), punta Lobos (21°00'S) y Arica (18°25'S), con los que se realizaron gráficos de distribución de anomalía estacional. Los valores promedio estacionales de temperatura y salinidad de las transectas corresponden a los obtenidos con la serie histórica de IFOP desde 1963 al 1996. La metodología aplicada en la obtención de los promedios verticales de estas transectas corresponde a la indicada por Blanco *et al.* (2001).

Para el nivel superficial se presentan valores de anomalía estacional de temperatura, salinidad, como también a nivel subsuperficial que corresponde al de profundidad de la isoterma de 15°C. Estos valores fueron obtenidos de los promedios mensuales (Reynolds, 1982; Blanco, 1996; Rojas y Silva, 1996) y que fueron actualizados por IFOP hasta el año 2002 según la metodología indicada por Blanco *et al.* (2001).

Con los datos de viento horario obtenidos durante la ejecución del crucero se elaboró una carta de intensidad y dirección, la cual se utilizó principalmente en la interpretación de los datos oceanográficos superficiales. Lo anterior permite discutir la posible asociación de anomalías térmicas superficiales con procesos generados por el viento, justificando así los valores de anomalía encontrados.



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

$$Vr = Vm - Vb$$

Donde:

$Vr$  : Vector del viento real

$Vm$  : Vector del viento medido durante la navegación

$Vb$  : Vector del viento relativo producido por la navegación del buque

Con la información de viento horario se calculó también el índice de surgencia (**IS**) instantáneo (Bakun 1973, 1975 y 1987) y a partir de estos se obtuvo el IS promedio de las observaciones realizadas hasta las 30 mn de la costa, cada 1° de latitud. El IS promedio fue representado por flechas en una carta de la zona, indicando en forma proporcional la magnitud del transporte y la dirección de éste.

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

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

Donde:

$M_x$  : Transporte de masa hacia el oeste

$T_y$  : Coacción del viento sobre la superficie en la dirección norte-sur

$f$  : Parámetro de Coriolis

Siendo:

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



Donde en (2):

$\omega$  : Velocidad angular de la tierra

$l$  : Latitud del lugar

A su vez, de la ecuación 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 utilizó en los cálculos fue igual a 0,0013 de acuerdo a Bakun y Parrish, (1982).

Con la información de viento horario registrado durante la navegación se determinó también el índice de turbulencia (IT), el cual corresponde al cubo de la magnitud de la velocidad del viento ( $W^3$ ) (Bakun y Parrish, 1982). Con la información de los datos individuales de IT se obtuvo un valor de IT promedio costero e IT promedio oceánico, tomando en el primer caso los registros de viento entre la costa y las 30 mn, y para los oceánicos desde las 30 hasta las 100 mn, dentro de un grado de latitud. Los valores promedio fueron graficados como barras sobre una carta que muestra la zona de estudio.



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

La determinación de la “condición de normalidad”, se realizó considerando los valores de anomalías de las variables temperatura, salinidad, profundidad de la isoterma de 15°C, y su respectiva desviación estándar. En términos generales, la aparición de condiciones anómalas para la zona y período de estudio, está dada por valores de 1 desviación estándar respecto del promedio histórico en cada variable, discutiéndose la causa de la anomalía registrada (**Anexo 1**). Los promedios históricos de temperatura, salinidad y profundidad de la isoterma de 15°C sólo están calculados para el área de Arica a rada Paposo (25°S), por lo tanto, las anomalías respectivas son obtenidas para el área señalada. Las condiciones subsuperficiales son discutidas también respecto de las condiciones superficiales, los posibles procesos que están o se desarrollaron en la zona y/o en comparación con cruceros anteriores efectuados en el mismo período.

Respecto a la clorofila-**a**, una vez cuantificadas las muestras, la información fue codificada, digitada y geo-referenciada por profundidad de origen. Esta información permitió confeccionar una carta de distribución superficial y perfiles verticales por transecta. Los resultados de clorofila-**a** y de los productos de degradación o feopigmentos se expresan en µg/L. La concentración de los feopigmentos (**feop**) fue analizada solamente como un índice relativo de la degradación de la biomasa fitoplanctónica activa.

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



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

Donde:

- $i$  son las profundidades de muestreo discretas definidas en el punto 1.2
- $C_i$  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 subsuperficiales de la biomasa fitoplanctónica, los que pueden ser subestimados si se considera sólo la clorofila superficial. Esta información se entrega en cartas de distribución tanto para la clorofila integrada como para los feopigmentos integrados.

Con las mediciones del radiómetro se calculó la profundidad del 1% de luz incidente que representa la profundidad de la capa fótica.

### **3.3 Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial del mar (TSM) satelital, correspondiente al período de crucero.**

Para el análisis de la estructura térmica superficial entre Arica y Antofagasta, se recibieron y procesaron imágenes satelitales de resolución espacial media (4 km) de la temperatura superficial del mar (**TSM**), provenientes del radiómetro de alta resolución a bordo de los satélites MODIS. Dichas imágenes corresponden a promedios semanales del mes de octubre de 2008. Cabe destacar que la disponibilidad de imágenes de TSM es condicionada por la nubosidad presente en el área de estudio, ya que la forma de registro del sensor (pasiva) no es capaz de



hacer mediciones a través de las nubes. Para mejorar la información se utilizaron promedio semanales ponderados, los que eliminan parte de la nubosidad al combinar imágenes diarias y promedios entre pasadas ascendentes (día) y descendentes (noche). Dicha metodología, también conocida como “promedios ponderados”, ha sido utilizada en diferentes trabajos como Braun *et al.* (2005 a,b), Silva *et al.* (2003) y Barría *et al.* (2001), entre otros. Los promedios semanales abarcaron del 29 de septiembre al 6 de octubre, 7 al 14 y 15 al 22 de octubre de 2008.

### **3.4 Distribución espacial y temporal de la clorofila superficial del mar satelital correspondientes al período de crucero.**

Se recibieron y procesaron imágenes satelitales de resolución espacial media (4 km) de color del mar de la cual se deriva la clorofila (cloas) integrada hasta el 20 % de penetración de la luz. Al igual que en la TSM, se consideraron imágenes satelitales promedio semanales, las cuales dan mejor cuenta de la distribución espacial y la concentración de las cloas. Esta información semanal fue obtenida del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) a bordo de los satélites Terra (EOS AM) y del Aqua (EOS PM), los que son producidos y distribuidos por OCDPS (Ocean Color Data Processing System) del centro espacial aéreo Goddard de la NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Los períodos semanales corresponden del 29 de septiembre al 6 de octubre, 7 al 14 y 15 al 22 de octubre de 2008.

Al igual que las imágenes de TSM satelital, la disponibilidad de imágenes de clorofila también es condicionada por la nubosidad existente en la zona de estudio, ya que la forma de registro del sensor no realiza mediciones a través de las nubes.



### **3.5 Imágenes satelitales de viento superficial, anomalía de nivel del mar y corrientes geostróficas correspondientes al período de crucero.**

Datos promedios semanales del campo vectorial superficial del viento del océano fueron obtenidos del satélite QuickSCAT Nivel 3, estos datos son recibidos, procesados y distribuidos por el Jet Propulsión Laboratory SeaWinds Project (<http://winds.jpl.nasa.gov/missions/quikscat/>). Este sensor remoto mide velocidad y dirección del viento cercano a la superficie sobre los océanos. Estos datos están actualmente disponibles en HDF (Hierarchical Data Format) y existen desde julio de 1999 a la fecha. Un total de 4 imágenes promedio semanal fueron utilizadas en la caracterización del régimen de vientos presentes en el área de estudio durante la ejecución del crucero. Los promedios semanales corresponden a los períodos entre los días 29 de septiembre al 6 de octubre, 6 al 13, 13 al 20 y 20 al 27 de octubre de 2008.

Datos diarios del campo de anomalías de nivel del mar y de corrientes geostróficas fueron obtenidos del Centro de Datos de Oceanografía Satelital, Interpretación, Validación y Almacenamiento llamado AVISO (<http://www.jason.oceanobs.com>), con una resolución espacial de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  y temporal de cada un día, y distribuidos con un mes de desfase. Estos datos satelitales son el resultado del procesamiento combinado de todos los satélites disponibles usando una interpolación óptima y tomando en cuenta los errores a lo largo de la longitud de onda (Ducet *et al.*, 2000). La combinación de diferentes satélites proporciona mapas más realistas mejorando la descripción de la variabilidad de mesoescala del océano. De esta información se obtuvo una imagen diaria de anomalías del nivel medio del mar y la velocidad geostrófica relativa a la superficie (flechas) en 3 días representativos durante el desarrollo del crucero, días 1, 10 y 20 de octubre de 2008.





#### 4. Objetivo específico N° 2.2

*Determinar la abundancia estacional, distribución espacial y composición del plancton, incluyendo el macrozooplancton, mesozooplancton, microplancton, nanoplancton y picoplancton de la zona de estudio, y su relación con las condiciones oceanográficas indicadas en 2.1.*

##### 4.1 Plancton Fraccionado

Utilizando botellas Niskin se obtuvieron muestras de agua desde profundidades de 0, 5, 10, 20, 50, 75 y 100 m. Una submuestra de 50 mL fue fijada con glutaraldehído al 2% y se destinó al análisis de picoplancton y nanoplancton. El análisis de microfitoplancton y microzooplancton se realizó en muestras provenientes de 0, 5, 10, 20 y 50 m de profundidad. Para el microfitoplancton se empleó una submuestra de 250 mL fijada con una solución de lugol-acético 1%. Para el microzooplancton, 4 litros de agua fueron filtrados a través de un tamiz de 20  $\mu\text{m}$  y el material retenido se fijó con una solución de lugol-acético 1% más 1 mL de formalina al 4% neutralizada.

Para el análisis del zooplancton, las muestras fueron obtenidas mediante arrastre vertical en los estratos: 0-25 m, 25-50 m, 50-75 m y 75-100 m de profundidad, utilizando una red de cierre WP-2 con malla de 300  $\mu\text{m}$ , equipada con medidor de flujo (TSK). El material biológico recolectado fue fijado con formalina al 5% neutralizada con bórax.

##### 4.2 Análisis de muestras

La identificación y recuento del picoplancton se realizó utilizando un citómetro de flujo FACSCalibur. Se discriminaron los diferentes grupos sobre la base de sus propiedades ópticas (Marie *et al.*, 1997, 2000).



El análisis del nanoplancton se realizó mediante el método de epifluorescencia, utilizando el fluorocromo Proflavina de acuerdo a lo propuesto por Sherr y Sherr (1993) y Sherr *et al.* (1993). Las abundancias fueron determinadas a partir del análisis de imágenes (30 a 50 por muestra) de acuerdo a Sieraki y Viles (1998) y Massana *et al.* (1997). Para esto se trabajó con el programa Image-J (<http://rsbweb.nih.gov/ij/index.html>), el cual permitió, además, realizar las mediciones de las partículas fluorescentes en el rango entre 2 y 20  $\mu\text{m}$  de longitud máxima.

La identificación y recuento de grupos y especies del microfitoplancton y microzooplancton se realizó utilizando la metodología para microscopio invertido descrita por Sournia (1978) y Villafañe y Reid (1995). Las mediciones fueron hechas según Hillebrand *et al.* (1999), considerando individuos solitarios y en cadena.

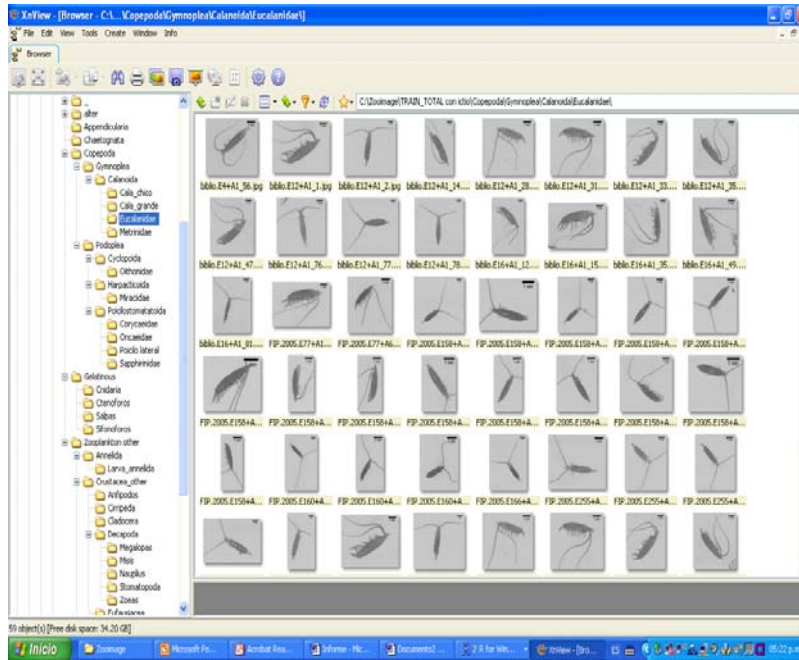
Las muestras de zooplancton provenientes de cada estrato se fraccionaron en un separador Folsom. Una alícuota fue sometida a una batería de tamices para separar las fracciones de tamaño en el rango de 200  $\mu\text{m}$  y mayores. En cada fracción se analizó la composición taxonómica, registrándose la presencia y número de especímenes por grupo. Los componentes taxonómicos a nivel de grupos mayores fueron identificados utilizando literatura especializada.

La segunda alícuota fue destinada al análisis automatizado de recuento y medición de los grupos zooplanctónicos. Cada submuestra fue teñida con colorante Rojo de Bengala (0.5%) por 20 minutos y luego trasvasijada a una placa cuadrada de 10x10 cm. Los organismos fueron separados manualmente y escaneados a 800 dpi (24 bits en HP Scanjet 4070) (ver figura) almacenándose las imágenes para luego identificarlos a nivel de grupo y medirlos.



Imagen escaneada a 800 dpi. Izquierda: Imagen de la muestra teñida; Centro: Imagen transformada a 8 bit (Grisas); Derecha: Imagen después de aplicar umbral de grises.

Las imágenes digitalizadas fueron trabajadas en el software Zoolmage (<http://www.sciviews.org/zoolmage>). Para que el software reconozca a los organismos se trabajó con el “training-set”, el cuál esta conformado de imágenes y mediciones de cada taxa incorporados en clases. En cada clase se incorporan las imágenes en forma manual, de forma que el software “aprende” las características de cada grupo (ver figura). Este archivo ha sido preparada con muestras provenientes de diferentes cruceros realizados en la zona norte (XV, I y II regiones), centro y sur (V a X regiones) del país.



### Categorización de las diferentes clases que componen un training-set.

La correcta identificación de las imágenes se comprobó a través del Test Lineal Discriminatorio, el cual entrega el error (%) entre las diferentes clases basado en las semejanzas morfológicas de las imágenes que las forman. El principio estadístico que rige este test se basa en un análisis de regresión donde compara un grupo de objetos que no se sabe a qué clase pertenece (variables independientes), en base a otro grupo conocido (variables dependientes). La idea es encontrar relaciones lineales entre las variables continuas que mejor discriminen en los grupos dados a los objetos y, construir una regla de decisión que asigne un objeto nuevo a uno de los grupos prefijados con un cierto grado de riesgo. Las imágenes fueron procesadas a través del software Zooimage 0.3-1 (<http://www-sciviews.org/zooimage>). Bases del análisis se encuentran en Grosjean *et al.* (2004).



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

#### **4.3 Análisis de la información**

La información correspondiente a la abundancia de las fracciones picoplanctónica, nanoplanctónica y microplanctónica fue tabulada integrando los valores por estación de acuerdo a Hasle (1969). Se confeccionaron gráficos de distribución horizontal y vertical por profundidad y transecta.

En la componente microplanctónica se definieron los grupos y las especies responsables de las abundancias observadas. Para esto, se seleccionaron aquellos que realizaron un aporte a la abundancia total por transecta mayor al 5% en forma individual y en conjunto mayor al 60%.

La información de la composición del zooplancton fue tabulada, determinándose los patrones de constancia y dominancia de cada taxón de acuerdo a las escalas propuestas por Bodenheimer (1955). Con los datos de abundancia, tamaños y biomasa se confeccionaron gráficos de distribución horizontal por estrato.

### **5. Objetivo específico N° 2.3**

*Describir y analizar la distribución y abundancia del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio, y su relación con las condiciones oceanográficas.*

#### **5.1 Calibración de flujómetros TSK**

Los flujómetros utilizados durante el crucero fueron calibrados en la bahía de Valparaíso, de acuerdo a la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979) y metodología estándar del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile.



Los datos del número de revoluciones por segundo y metros por segundo registrados para cada lance fueron analizados mediante una regresión lineal simple, siendo sus ecuaciones de calibración las siguientes:

$$\begin{array}{ll} \text{TSK 6079} & V = 0,13710396 * N - 0,07022479 \\ \text{TSK 7038} & V = 0,18096203 * N + 0,02349667 \end{array}$$

## 5.2 Recolección de las muestras

El crucero se efectuó a bordo del B/C “Abate Molina” durante el período comprendido entre el 04 y el 29 de octubre de 2008, realizándose un total de 147 estaciones zooplanctónicas distribuidas en 21 transectas perpendiculares a la costa, separadas entre sí por intervalos de 40 millas (**Fig. 1**).

Las muestras se recolectaron mediante una red cilindro-cónica modelo WP-2 (Sameoto *et al.*, 2000), la cual tiene una abertura de 57 cm (0,25 m<sup>2</sup> de área de boca) y un largo total de 261 cm, confeccionada con malla sintética monofilamento de 300 µm de abertura.

El área efectiva de filtración es de 2,996 m<sup>2</sup> y la relación área filtrante / área de la boca (R) es 6,48, la que se considera altamente favorable para evitar oclusión de las mallas en circunstancias de pescas prolongadas o de gran densidad de plancton.

Las muestras recolectadas se obtuvieron mediante arrastres verticales desde profundidades máximas de 100 m hasta la superficie, o desde 5 m sobre el fondo, en el caso de registros batimétricos menores a la profundidad límite de muestreo,



con velocidades de calado e izado de la red iguales a 0,8 m/s y a 0,6 m/s, respectivamente.

La verticalidad del cable se trató de mantener mediante un lastre depresor de aproximadamente 25 kilogramos. El ángulo del cable con respecto a la vertical, se controló mediante un clinómetro manual, inmediatamente antes del izado de la red. Durante el crucero, el ángulo fluctuó entre 1° y 45° con una media igual a 18°.

La cuantificación del volumen de agua filtrada durante cada pesca se efectuó utilizando los registros de un medidor de flujo marca TSK, instalado en la boca de la red.

Durante la realización de cada uno de los lances zooplanctónicos, se registró en planillas especialmente diseñadas los siguientes datos de carácter básico: código de crucero, número de estación, duración del lance, posición geográfica, tipo de red y de pesca, número de revoluciones del flujómetro, lecturas del clinómetro, cable arriado e información ambiental de carácter complementario (**Tabla 1**).

### **5.3 Tratamiento de las muestras a bordo**

Las muestras obtenidas fueron preservadas con una solución de formalina en agua de mar al 5%, tamponada con tetraborato de sodio, almacenándose éstas en frascos plásticos de 500 cc, de alta densidad debidamente rotulados. El proceso de fijación se realizó tan pronto como éstas fueron extraídas del copo recolector, evitando de esta manera un posible deterioro de los ejemplares provocado por autólisis.



### 5.3.1 Procedimiento en laboratorio

#### 5.3.1.1 Separación e identificación de huevos y larvas

El procesamiento de las muestras en laboratorio en tierra, contempló cuatro etapas:

- Extracción de la totalidad de los estadios tempranos de peces (huevos y larvas), de cada una de las muestras recolectadas.
- Identificación taxonómica de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa,
- Cuantificación de huevos y larvas de las especies objetivo y,
- Enumeración y agrupación del resto del ictioplancton, bajo la denominación de "otras especies".

Para el procesamiento de las muestras consideradas sus cuatro etapas, se emplearon microscopios estereoscópicos marca Nikon y Zeiss con aumento de 8 a 40 veces examinando la totalidad de la muestra.

La determinación taxonómica de las especies objetivo, se realizó mediante la ayuda de descripciones de desarrollo embrionario y otros estudios publicados por diversos investigadores utilizando de preferencia las de: Fischer, (1958); Einarsson y Rojas, (1963); Greenwodd *et al.*, (1966); Moser y Ahlstrom, (1970); Santander y Castillo, (1972); Chiechomski, (1971); Balbontín y Garretón, (1977); Pérez, (1978); Aron, (1980); Balbontín y Pérez, (1980); Boltovskoy, (1981); Rojas y Mujica, (1981); Rojas *et al.*, (1983); Fahay, (1983); Orellana y Balbontín, (1983); Santander *et al.*, (1984); Sinclair y Tremblay, (1984); Sinclair *et al.*, (1985); Matarese *et al.*, (1989), Aron (1980) y Olivar y Fortuño, (1991).

#### 5.3.2 Estandarización de la estimación de la abundancia de huevos y larvas de peces





Con el propósito de hacer comparable el número de huevos y larvas obtenido del muestreo cuantitativo, se estandarizó toda la colección a una base común, en términos de número de huevos o larvas existentes en una unidad de área estándar de 10 m<sup>2</sup>.

La estimación del número de huevos y larvas bajo una unidad de área de mar, se obtuvo mediante la siguiente expresión:

$$C = 10 \frac{d}{w} c$$

Donde:

- C : Número de huevos o larvas en una unidad de área de mar (10 m<sup>2</sup>)
- d : Profundidad máxima del lance (m).
- w : Volumen de agua filtrado (m<sup>3</sup>).
- c : Número de huevos o larvas en la muestra.

El valor " d " se obtiene de los datos del lance por medio de la ecuación:

$$d = L_o \cos \theta$$

Donde:

- L<sub>o</sub> : Cantidad de cable arriado (m).
- cos θ : Coseno del ángulo registrado antes del virado de la red.

El volumen de agua filtrada "W" se calculó por la ecuación:



$$W = Q \cdot t$$

Donde:

$Q$  : Volumen de agua filtrado por unidad de tiempo ( $m^3/\text{seg}$ ).

$t$  : Tiempo empleado en el arrastre (seg).

El valor de " $Q$ " se calcula de la ecuación:

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

$V$  : Velocidad de arrastre de la red expresada en  $m/\text{seg}$ .

$A$  : Área de la boca de la red ( $m^2$ ).

La velocidad se obtiene a partir de un ajuste de la curva de calibración del medidor de flujo:

$$V = a \cdot N + b$$

Donde:

$N$  : Número de revoluciones por segundo.

$a$  y  $b$  : Constantes

Basado en los valores cuantitativos del análisis y con el propósito de contar con antecedentes comparativos entre las fases de desarrollo de las especies objetivo, se determinaron algunos parámetros tales como el poblacional, densidad promedio respecto de las estaciones totales y positivas y los comunitarios, constancia y dominancia numérica.

Para la confección de mapas de distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa y asignación de categorías de densidad para la



biomasa zooplanctónica, se utilizó la escala geométrica de Frontier (1966) modificada y el software SURFER 8.0.

La determinación del volumen del zooplancton, se efectuó con posterioridad a la extracción de los estadíos tempranos de peces, a objeto de evitar posibles daños a los huevos y larvas de cada una de las especies ícticas encontradas, que pudiera dificultar su identificación y/o clasificación. Para la medición de los biovolúmenes se utiliza el método volumétrico de desplazamiento de volúmenes húmedos (Postel *et al.*, 2000). El volumen se determina dos veces para cada una de las muestras y el resultado corresponde al promedio de ambas determinaciones. Se excluyen solamente de las mediciones aquellos organismos cuyo volumen excede los 5 ml.

La abundancia relativa de la biomasa zooplanctónica se calcula mediante la ecuación:

$$Y = 1.000 \left( \frac{X}{W} \right)$$

Donde:

- Y : ml de zooplancton por 1.000 m<sup>3</sup>
- X : ml de zooplancton
- W : volumen de agua filtrada por la red (m<sup>3</sup>)

El resultado se expresa en mililitros de plancton húmedo en 1000 m<sup>3</sup> de agua de mar filtrada (ml/1000m<sup>3</sup>).



### **5.3.3 Exploración de las relaciones entre la distribución de huevos y larvas de anchoveta y la temperatura superficial del mar**

Para efectuar la exploración de las relaciones entre las variables recolectadas se realizó un estudio espacio-temporal de la distribución y abundancia de los huevos y larvas de anchoveta respecto de la temperatura y del gradiente térmico, utilizándose como plataforma de trabajo los sistemas de información geográfica (SIG) IDRISI Kilimanjaro (Eastman, 1997) y TNTmips (Microimages, 1997). Con dichos SIG se generaron cartografías para cada variable.

La confección de mapas implicó realizar previamente la georreferenciación de la costa, que se obtuvo desde las cartas náuticas electrónicas (CNE) del SHOA, mediante la técnica de Control de Puntos (Buttler *et al.*, 1990). Luego se confeccionaron los archivos de vectores bases en formato SIG, los que contemplaron la georreferencia con sus respectivos datos.

Con el objeto de relacionar y superponer los diferentes planos de información que poseen diferentes coberturas espaciales y distintas escalas y/o resoluciones geográficas, fue necesario transformar los mapas para que se encuentren en una idéntica escala espacial, de este modo las cartografías presentan una misma resolución y cobertura geográfica. Lo anterior significó generar imágenes en rasters (matrices de datos georeferenciadas) con similar cantidad de filas y columnas, a través del módulo RESAMPLE del SIG.

Por otra parte, con el propósito de favorecer el análisis visual de las imágenes creadas, éstas fueron reclasificadas en clases de valores, los cuales se asocian a diferentes colores. Para ello se utilizaron dos módulos del TNTmips: a) módulo RASTER HISTO, que permite conocer y analizar la distribución de frecuencia de



los valores de las variables cartografiadas, y b) módulo REPLACE, que reclasifica los valores de las celdas de una imagen.

Para el análisis integrado de las variables se usó como plataforma de trabajo el SIG IDRISI. Con dicho SIG y para detectar la posible asociación entre la distribución de las variables ictioplánctonicas y los parámetros ambientales, se emplearon tres enfoques: a) se elaboró un estudio espacial y visual de la información realizando la cartografía de las variables; b) se estableció una relación funcional entre la distribución del ictioplancton y el gradiente térmico; y c) se efectuó un modelamiento estadístico entre la abundancia de los huevos y larvas respecto de las variables ambientales.

#### **5.3.4 Relaciones entre la distribución del ictioplancton y variables ambientales**

Para tal efecto, se confeccionaron mapas mediante la superposición de la distribución y abundancia del ictioplancton respecto de la variable oceanográfica satelital.

Para establecer las relaciones entre la distribución del ictioplancton y el gradiente térmico, se efectuó un análisis a través de modelos de regresión. De esta manera, de cada uno de los pixeles se calcularon la densidad de los huevos y larvas de anchoveta, además se estimaron los diferenciales de temperatura mediante los comandos del SIG. La prueba de la hipótesis se realizó mediante modelos de regresión múltiple “paso a paso” (stepwise), en este análisis se utilizó el programa estadístico S-PLUS. Cabe señalar que dicha metodología es similar a la propuesta por Reddy *et al.*, (1995); Yañez *et al.*, (1997) y Braun *et al.*, (2007).

Asimismo, una vez realizada la cartografía se procede a calcular los índices



estadístico de los mapas. En el caso de las cartografías de huevos y larvas de anchoveta, se calculó el centro de gravedad de las cartografías (CG).

Para el cálculo del CG para cada crucero se utilizó la siguiente fórmula:

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

donde:

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

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

$Den_{in}$  = Densidad de huevos y larvas de la i-ésima estación.

### **5.3.5 Modelamiento estadístico de la densidad de huevos y larvas de anchoveta, período 1993 a 2008 entre los meses de septiembre y octubre, asociado a variables ambientales**

Existe más de una aproximación para realizar el análisis de los datos, puede ser en un enfoque diseño basado (Cochran, 1977) acorde con el diseño implícito en la toma de datos o modelo basado, sobre la base de la distribución de probabilidades de las variables. Los datos que se analizan se caracterizan por presentar una proporción de estaciones negativas (muestras en las cuales no se observan huevos o larvas), los que siguen una distribución delta (Aitchison & Brown, 1957; Pennington, 1983), donde los valores ceros son tratados separadamente y los valores positivos se ajustan a una distribución log-normal. Con el advenimiento de nuevas herramientas estadísticas, las componentes de la distribución delta han



sido modeladas como función de factores o covariables a través de modelos lineales generalizados (McCullagh & Nelder, 1983; Stefansson, 1996) y/o modelos aditivos generalizados (Hastie & Tibshirani, 1990; Gordon *et al.*, 1992; Augustin *et al.*, 1998).

Dado que el objetivo de este análisis se orienta a conocer la relación entre las variables oceanográficas y la distribución de huevos y larvas de anchoveta, se hizo uso de estos últimos modelos. Inicialmente se propuso el empleo de modelos lineales generalizados, pero posteriormente se optó por los modelos aditivos generalizados (**GAM**), atendiendo a la naturaleza no lineal de los predictores de localización y oceanográficos considerados. El GAM es un método estadístico, similar al de regresión clásica, pero con supuestos distribucionales más generales, además de no suponer linealidad en las covariables. El GAM tiene la siguiente forma general (Hastie & Tibshirani, 1990).

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

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



### 5.3.6 Análisis de correspondencia entre los campos que explican la mayor parte de la variabilidad temporal de las variables ambientales y los huevos de anchoveta

Para analizar la variabilidad espacial y temporal de los campos horizontales de variables oceanográficas y huevos de anchoveta, y su posible correspondencia, se recolectaron los resultados de temperatura y densidad superficial del mar y las densidades de huevos de anchoveta provenientes de las estaciones bio-oceanográficas realizadas en 13 cruceros de investigación, los cuales abarcan los períodos 1995-1997, 1999-2008 y el año 1992. Estos cruceros cubren con similar distribución de estaciones la zona norte de Chile ( $18^{\circ}00'S - 26^{\circ}00'S$ ). Los datos de **TSM**, densidad y huevos, fueron interpolados espacialmente y llevados a una grilla regular. Las matrices estadísticamente interpoladas y grilladas de **TSM**, densidad y número de huevos de anchoveta fueron importadas por el programa Matlab y se utilizó el método de Funciones Ortogonales Empíricas (**FOE**) para calcular los campos temporales y espaciales de variación (modos). Luego de calculados los principales modos de variación de las variables, se presentan gráficamente en series y cartas. El desarrollo de FOEs sigue el siguiente esquema descrito por Bjornsson y Venegas (1997):

Dada una matriz  $F$  de observaciones, donde cada columna es una grilla espacial y cada fila una serie temporal de cada punto.

- Extraer el promedio temporal de cada serie temporal.
- Calcular la matriz de covarianza  $R = F^t F$ .
- Calcular los valores propios y los vectores propios de  $R$ , resolviendo  $RC = CA$ .
- Encontrar los mayores valores propios y su correspondiente vector propio, las FOEs.





- Calcular los coeficientes de expansión por el calculo de  $a_j = F \times FOEs_j$ .

A, es la matriz diagonal conteniendo los valores propios de R, y C, es la matriz de vectores columnas los cuales corresponden a los vectores propios de R.

## 6. Objetivo específico N° 2.4

*Caracterizar los recursos pelágicos presentes en la zona de estudio, mediante índices de abundancia relativa y de cobertura geográfica, en relación a las condiciones bio-oceanográficas.*

### 6.1 Calibración del sistema acústico

#### 6.1.1 Calibración electroacústica

El procedimiento de calibración electroacústica del sistema de ecointegración SIMRAD EK-60, se realiza mediante una esfera de cobre con una intensidad de blanco (**TS**) conocido que se desplaza dentro del haz acústico. Los ecos del blanco de referencia son almacenados y procesados por el programa Lobe incluido en el sistema EK-60. La calibración básicamente consiste en que los valores de los ecos deben converger hacia el valor teórico del blanco de referencia (Foote *et al.*, 1987).

De acuerdo a este método es posible alcanzar un nivel de precisión de  $\pm 0,5$  dB, siendo aceptable con  $\pm 1$  dB.

Los controles de los equipos durante la calibración deben ser iguales que los utilizados durante la prospección, por lo tanto ante eventuales cambios en estos controles es necesario realizar las mediciones con las diferentes alternativas ó repetir la medición.



Las mediciones correspondientes se realizaron al inicio del crucero. Con el objeto de minimizar el movimiento de la esfera en el proceso de calibración, ésta se ubicó en el haz acústico mediante tres líneas de nailon monofilamento, utilizándose carretes de cañas de pescar para variar y controlar la ubicación del blanco en el haz.

El procedimiento de medición del **TS** consiste en medir las ganancias del transductor, ajustándose según:

$$G_1 = G_0 + \frac{TSm - TSb}{2}$$

donde:

- $G_1$  = nueva ganancia del transductor
- $G_0$  = ganancia antigua
- TSm = intensidad de blanco medida (dB)
- TSb = intensidad de blanco teórico (dB)

Para ajustar los parámetros de las lecturas del econtegrador (**Sa**) se aplica el siguiente procedimiento:

$$G_1 = G_0 + \frac{10 \log \frac{Sa(m)}{Sa(t)}}{2}$$

siendo:

$$Sa(t) = \frac{4\pi r_0^2 \sigma_{bs} (1852)^2}{\psi r^2}$$

donde:

- $s_{bs}$  = sección dispersante de la esfera (dB).
- $r$  = profundidad de la esfera (m).
- $r_0$  = profundidad de referencia (1 m).



$\psi$  = ángulo equivalente del haz acústico (dB).

$S_{a(t)}$  = salida teórica del ecoinTEGRADOR.

$S_{a(m)}$  = salida medida del ecoinTEGRADOR.

## 6.2 Identificación de especies

La identificación de especies fue realizada mediante la aplicación del método acústico (Guzmán *et al.*, 1983) el que considera el análisis de la forma geométrica de los cardúmenes y su relación con la señal acústica, según la siguiente formulación:

$$S_v = \frac{C1 V^2}{LD}$$

donde:

$S_v$  = coeficiente volumétrico de dispersión de la agregación ó cardúmen.

$C1$  = constante de calibración electrónica del equipo. En el caso del EK-60 está incluida en la salida calibrada del ecoinTEGRADOR.

$L$  = longitud de la agregación (m)

$D$  = altura media de la señal remitida por la agregación (m).

## 6.3 Distribución de los recursos

La información acústica por Intervalo Básico de Muestreo (**I.B.M.**) acústico de 0,5 mn, separada por especie, es presentada en mapas de distribución espacial, utilizando una escala de densidad ( $t\ mn^{-2}$ ), determinada por la siguiente expresión  $75 \cdot 2^{(n-1)}$ , donde n representa el nivel de la categoría, siendo  $0 < n \leq 4$  (**Tabla 2**).



Los mapas de distribución espacial se confeccionaron realizando una interpolación según el método de la distancia inversa al cuadrado entre las I.B.M's y transectas cercanas, trazando líneas de isodensidad según las categorías señaladas anteriormente.

#### 6.4 Índices de cobertura y densidad

El índice de cobertura (**IC**) indica el porcentaje del área ocupada efectivamente por la especie en el momento de la prospección. Su cálculo se realiza según:

$$IC = \frac{k}{z} 100$$

La abundancia relativa de los recursos se determinó con el índice de densidad (**I.D.**), que indica el grado de concentración de los recursos en aquellas observaciones acústicas positivas a la especie. El procedimiento de cálculo es:

$$ID = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{S_{aij} C_e}{k}$$

Donde:

- $k$  : Número de observaciones acústicas con presencia de recurso.
- $Z$  : Número total de observaciones acústicas en el crucero.
- $S_{aij}$  : Lecturas acústicas en la  $i$ -ésima I.B.M de la  $j$ -ésima transecta.
- $C_e$  : Factor de eointegración ( $[tmn^{-2}]Sa^{-1}$ ), obtenido en base a un  $TS_{kg}$  de  $-32,5$  dB  $kg^{-1}$ .
- $IC$  : Índice de cobertura (%).
- $ID$  : Índice de densidad en  $t mn^{-2}$ .



El  $TS_{kg}$ , corresponde a la señal acústica remitida por un kg de pez, se mide en dB/kg y se determina para cada especie en particular en experiencias *in situ*.

El  $TS_{kg}$  se determina según el peso de las tallas medias presentes en las capturas de la flota, según:

$$TS_{kg} = TS - 10 \text{ Log } (P)$$

Siendo:

**TS** : Intensidad de blanco (dB) evaluado a la talla media de las capturas.

**P** : Peso a la talla (kg)

En el caso de la anchoveta se aplica la relación  $TS = 20 \text{ Log } L - 73,3$  determinada por Castillo *et al.*, (2001) y que corresponde a una compilación de una serie de experiencias realizadas a través de la ejecución de numerosos proyectos financiados por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP). En el caso de jurel y caballa, se utiliza la relación  $TS = 20 \text{ Log } L - 68,67$  (Córdova *et al.*, 1997; Lillo *et al.*, 1996).

## 7. Objetivo específico N° 2.5

*Determinar las variaciones mensuales en la zona costera de las variables señaladas en 2.1 y 2.2, con observaciones realizadas en, a lo menos, 5 estaciones costeras dentro de la zona de estudio, incluyendo Caldera y Coquimbo.*

Las estaciones costeras de monitoreo preestablecidas desde mayo del año 1997, están ubicadas a 2 mn al oeste de los puertos de Arica, Iquique y Mejillones y fueron realizadas en esta oportunidad a bordo del B/I "Abate Molina", incorporándose por primera vez, los puertos de Caldera y Coquimbo.



En ellas se recolectaron muestras de plancton, clorofila-**a** y se obtuvieron datos de temperatura, salinidad y oxígeno de acuerdo al siguiente procedimiento:

### 7.1 Variables oceanográficas

En las estaciones costeras realizadas durante el mes de octubre de 2008, se utilizó un CTD Sea Bird 911 operado en tiempo real, mientras que las estaciones del período comprendido entre noviembre de 2008 a julio de 2009 se realizaron con un CTD Sea Bird modelo 19, equipado con bomba en modo auto contenido y con un CTD marca APPLIED MICROSYSTEM modelo CTD PLUS V2. Con ellos se obtuvo registros verticales continuos de temperatura (°C) y salinidad con profundidad hasta un máximo de 50 m. Para la toma de muestras de agua se utilizaron botellas Niskin de 5,0 L dispuestas en un muestreador automático tipo ROSETA. Las profundidades de muestreo fueron 0, 5, 10, 20, 30 y 50 m. Para la salinidad se tomaron muestras de agua en las profundidades estándar ya indicadas. Los análisis de esta variable se hicieron con un salinómetro de Inducción, calibrado con agua de mar estándar, marca TSK Digiauto o IAPSO, Batch P128.

En los laboratorios de IFOP - Iquique se efectuaron los análisis conducentes a la obtención de la concentración de **OD** de las muestras recolectadas en terreno, lo que se hizo en un período de tiempo inferior a las 24 horas desde la toma de la muestra. El método de muestreo y análisis de **OD** corresponde al de Winkler modificado por Carpenter (1965).

Los datos de temperatura, salinidad, **OD** y **Clo-a**, se grafican como serie de tiempo con profundidad para cada localidad.



## 7.2 Variables biológicas

### Clorofila-a

Debido a que la plataforma de trabajo son buques pesqueros, se utilizó para el muestreo, un sistema de filtrado manual con jeringa y portafiltro (Swinnex) de 25 mm de diámetro. El volumen de filtrado fue de 50 mL. Las muestras fueron almacenadas en congelador hasta el momento de su análisis en el laboratorio de IFOP en tierra.

El procesamiento de estas muestras es similar al descrito anteriormente para el crucero *in situ* (ver punto 3.1.1).

Los datos superficiales e integrados de las estaciones fijas, son agregados a las cartas de distribución superficial e integrada de la biomasa fitoplanctónica del crucero.

## 7.3 Plancton

Se realizaron pescas planctónicas mediante arrastres verticales integrados y estratificados, utilizando la misma metodología para ambos sistemas de recolecta. El procesamiento de las muestras recolectadas y su respectivo análisis se realiza siguiendo la rutina descrita para las muestras recolectadas durante el crucero *in situ* (ver puntos 5.2 y 5.3).

La información obtenida fue incorporada en la base de datos, para su posterior análisis comparativo.

La abundancia relativa de la biomasa zooplanctónica se calcula mediante la ecuación:



$$Y = 1.000 \left( \frac{X}{W} \right)$$

Donde:

- $Y$  : ml de zooplancton por 1.000 m<sup>3</sup>  
 $X$  : ml de zooplancton  
 $W$  : volumen de agua filtrada por la red (m<sup>3</sup>)

## 8. Objetivo específico N° 2.6

*Determinar la variabilidad superficial de las variables temperatura del mar, clorofila-a y anomalía del nivel del mar por medio de percepción remota. La frecuencia mínima de análisis debe ser al menos mensual. Y asociar estas variaciones espacio-temporales con la actividad pesquera.*

### 8.1 Monitoreo oceanográfico satelital

#### 8.1.1 Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)

Durante el desarrollo del proyecto, se analizaron 187 imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (**TSM**), provenientes del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) abordo del satélite Aqua (EOS PM), los que son producidos y distribuidos por OCDPS (Ocean Color Data Processing System) del centro espacial aéreo Goddard de la NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Las 187 imágenes semanales se obtuvieron del promedio ponderado de 187 imágenes de día con 187 imágenes de noche, es decir, un total de 374 imágenes. Cada imagen representa un arreglo de dos dimensiones en una proyección cilíndrica equidistante, con una resolución espacial aproximada de 4 km de 4320 filas y 8640 columnas, las que representan una cobertura global. Para cada imagen semanal global se obtuvo una imagen cortada de **TSM** que cubre el área desde los 18°S hasta los 24°S y desde la costa hasta los 75°O. Se utilizaron imágenes promedio semanales ya que presentan





menos problemas de nubes y no enmascaran procesos oceanográficos de importancia de la zona.

El promedio semanal fue empleado para determinar el perfil costero medio latitudinal, utilizando el promedio de 5 píxeles cercanos a la costa (~20 km), lo que permitió obtener diagramas 2D de temperatura (latitud vs tiempo). Estos resultados fueron analizados por separado del resto de las variables, pero se combinaron al promediar temporalmente y obtener un perfil de temperatura vs latitud. Este perfil fue filtrado con un filtro triangular de 3 pesos y se le extrajo la tendencia latitudinal. La distribución latitudinal permitió identificar la zona de interés (centrada en 21°S), la que fue analizada temporalmente (2005 - 2008) con el resto de las variables. Cabe señalar que en el promedio temporal de las variables vs la latitud, solamente se utilizaron datos de 2008, ya que los datos de pesca totales anuales corresponden al año precitado.

### **8.1.2 Imágenes satelitales de clorofila superficial del mar (C<sub>loa</sub>)**

Asimismo, se analizaron 187 imágenes satelitales semanales de clorofila (**C<sub>loa</sub>**) obtenida del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), el cual se encuentra a bordo de los satélites Terra (EOS AM) y del Aqua (EOS PM). Las imágenes son producidas y distribuidos por OCDPS (Ocean Color Data Processing System) del centro espacial aéreo Goddard de la NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). El satélite MODIS forma parte de la misión EOS (Earth Observing System) de la NASA.

Al igual que las imágenes de **TSM** satelital, estos datos representan un arreglo (imagen) de dos dimensiones en una proyección cilíndrica equidistante, con una resolución espacial aproximada de 4 km, de 4320 filas y 8640 columnas, las que representan una cobertura global. Para cada imagen global se obtuvo una imagen



de **Cloa** que cubre el área desde los 18°S hasta los 24°S y desde la costa hasta los 75°O. De la misma manera que las imágenes de **TSM**, se calculó el perfil costero latitudinal promedio (5 píxeles desde la costa). Con los diagramas latitud vs tiempo se estudió la variabilidad espacio-temporal de la **Cloa** durante el período 2005 - 2008 de manera de visualizar las condiciones ambientales que prevalecen a lo largo de la costa. Los diagramas latitud vs tiempo fueron filtrados por un filtro espacial 2D de 3 pesos.

Posteriormente, se calculó el promedio temporal para obtener la distribución latitud vs concentración de cloa con el resto de las variables. Una vez identificada la zona de interés, se analizó una banda promedio de 1° de latitud centrada en los 21°S para visualizar las fluctuaciones temporales presentes en la zona norte de Chile.

### 8.1.3 Imágenes satelitales del nivel del mar

Los datos de la anomalía del nivel del mar (**ANM**) fueron obtenidos del centro de datos de Oceanografía Satelital, Interpretación, Validación y Almacenamiento, conocido en su sigla en inglés como AVISO (<http://www.jason.oceanobs.com>), con una resolución espacial de 0,25° x 0,25° y una resolución temporal diaria. Estos datos satelitales son el resultado del procesamiento combinado de todos los satélites disponibles (ERS, TOPEX, JASON), usando una interpolación óptima y tomando en cuenta los errores a lo largo de la longitud de onda (Ducet *et al.*, 2000). La combinación de diferentes satélites proporciona mapas con una reducción significativa del error (hasta un 30%) comparado con cualquiera de los datos satelitales provenientes de los satélites en forma individual, y además proporciona mapas más realistas mejorando la descripción de la variabilidad de mesoescala del océano.



A partir de cada imagen global de **ANM** se obtuvo una imagen local que cubre el área desde los 18°S hasta los 24°S y desde la costa hasta los 75°O. Desde cada imagen individual se extrajo el píxel más cercano a la costa pero fuera de la plataforma continental. Esta banda permitió construir y analizar un diagrama 2D de **ANM** latitud vs tiempo. De este diagrama se analizó la zona de interés centrada en los 21°S, pero no se promedió temporalmente debido a que en el promedio las anomalías tienden a anularse.

#### **8.1.4 Imágenes satelitales del régimen de viento**

Datos semanales del campo vectorial superficial del viento del océano fueron obtenidos del satélite QuikSCAT, estos datos son creados para proporcionar de una manera simple y global datos vectoriales del viento (Jet Propulsión Laboratory SeaWinds Project, disponible en <http://winds.jpl.nasa.gov/missions/quikscat/>). Este sensor remoto mide velocidad y dirección del viento cercano a la superficie sobre los océanos. Las imágenes del campo vectorial del viento tienen una cobertura global y una resolución espacial de 0,25° x 0,25°. Los datos del nivel 3 dan una grilla global de 1440 píxeles en longitud por 720 píxeles de latitud (grilla de 0,25°). Estas imágenes fueron utilizadas para estimar el transporte de Ekman perpendicular a la costa tanto en un diagrama 2D (latitud vs tiempo), como en el promedio temporal vs latitud y el promedio temporal de cada variable centrado en los 21°S (2005 - 2008). La variabilidad espacio-temporal del índice de Ekman permitió visualizar algunas condiciones ambientales que prevalecen a lo largo de la costa durante el período 2005 - 2008. El transporte de Ekman o índice de surgencia instantáneo (Bakun, 1975), se estimó utilizando la componente del viento a lo largo de la costa. Cabe señalar que en el promedio temporal de las variables vs la latitud se utilizaron solamente datos de año 2008 ya que los datos de pesca totales anuales corresponden al mismo año.



### **8.1.5 Datos de pesca de la zona norte**

Los datos de Pesca utilizados en este informe provienen del proyecto "Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Norte, 2008" ejecutado por IFOP. Los datos graficados vs las series de datos satelitales, corresponden a toneladas de pesca acumuladas durante el 2008 de todos los recursos pelágicos, distribuídas por latitud.



## VII. RESULTADOS

---

### A. **Objetivo específico N° 2.1**

*Determinar la distribución espacial, así como sus variaciones espacio-temporales, a nivel de meso-escala (km), de las variables bio-oceanográficas de la temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila-a, nutrientes y penetración de la luz, en la zona de estudio, en la estructura vertical de 0 a 200 m.*

### 1. **Condiciones oceanográficas**

#### 1.1 **Vientos**

El número de registros de la intensidad del viento predominante en la zona, medido en forma horaria durante el crucero, fue de 588 (**Fig. 3a**). La información de viento indica que un 46% de las intensidades medidas fueron menores a 5 m/s, un 41% estuvo entre 5 y 10 m/s y el 13% por sobre los 10 m/s.

El viento presentó intensidades de 5 m/s o menores en el sector costero desde los 24°S hacia el sur, mientras que entre el límite norte y los 24°S, éstos se registraron tanto en el sector costero como oceánico, caracterizando al área señalada, como la de menor intensidad del viento durante el crucero. Las intensidades entre 5 y 10 m/s se presentaron mayoritariamente al sur de los 24°S y esporádicamente hacia el norte. Intensidades de viento mayores a 10 m/s se registraron principalmente entre los 25° y 27°S y al sur de la latitud 31°S. Las velocidades máximas registradas fueron de 14 m/s (aproximadamente 25 nudos).

En general, en la zona de estudio predominó el viento del segundo y tercer cuadrante, el cual llegó a un 93% de los registros. El 7% del viento restante, que



presentó una componente norte, tuvo baja intensidad y se encuentra presente principalmente en el área comprendida entre los paralelos 21°S y 24°S.

El índice de surgencia promedio (**IS**) por grado de latitud (obtenido con las mediciones horarias hasta las 30 mn de la costa) (**Fig. 3b**), señaló una tendencia de mayores valores desde Taltal al sur, asociado a las mayores intensidades del viento en esa zona y a la dirección predominante del segundo y tercer cuadrante que caracterizan el período. El máximo valor fue de 1420 m<sup>3</sup>/s por 1000 m de costa (en adelante solo m<sup>3</sup>/s) y correspondió al valor promedio de los vientos medidos entre la latitud 25° y 26°S, seguido en magnitud por el **IS** de 1398 m<sup>3</sup>/s de aquellos datos entre los 31° y 32°S. Los menores **IS** positivos se presentaron en las cercanías de caleta Chipana, con 56 m<sup>3</sup>/s y en Pisagua con un valor de 195 m<sup>3</sup>/s. No hubo promedios negativos de **IS** (transporte hacia la costa) en la zona de estudio.

El índice de turbulencia (**IT**), asociado a la intensidad del viento (**Fig. 3c**), tuvo en el área oceánica promedios latitudinales máximos de 1309 y 1018 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup>, en el sector sur de la zona, frente a las localidades de punta Pozo y bahía Salada, respectivamente. En la costa, el máximo **IT** se ubicó frente a Taltal y punta Pozo, con 534 y 592 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup>, respectivamente. El área comprendida entre Arica y Antofagasta, se caracterizó por registrar los menores **IT** de la zona, destacándose los valores del sector costero de 16 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup> y oceánico de 51 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup>, ambos frente a la localidad de punta Arenas (21° a 22°S).

## 1.2 Temperatura superficial del mar

La temperatura superficial exhibió valores comprendidos entre 11°C y 19,4°C. El mínimo valor se midió en el sector costero de punta Farellones hacia el extremo sur de la zona de estudio, mientras que el máximo se registro en la estación de 20 mn frente a Iquique. En general, el área de mayores temperaturas fue el sector



oceánico entre Arica y punta Arenas ( $21^{\circ}40'S$ ), donde los valores superaron los  $18^{\circ}C$ . El área más fría fue el sector costero desde puerto Carrizal Bajo al sur, con temperaturas inferiores a  $14^{\circ}C$ . El área recién señalada y el sector costero entre Arica y Mejillones, fueron aquellas que registraron frentes térmicos costeros de importancia, debido al efecto de las aguas surgentes (**Fig. 4a**).

Las anomalías de temperatura (**Fig. 4b**), presentaron un predominio de valores neutros, para prácticamente toda la zona con información de promedios históricos (Arica – Antofagasta), lo que es mostrado por valores entre  $-1$  y  $+1^{\circ}C$ . Sólo el área al sur de punta Tres Picos, señaló una condición más fría,  $1^{\circ}C$  bajo el promedio, la que puede asociarse a la condición de viento intenso que se presentó en la mitad sur del área de estudio. Las anomalías negativas de temperatura que están en este sector, corresponden a un efecto de los procesos de surgencia registrados.

### 1.3 Salinidad superficial del mar

La salinidad superficial (**Fig. 4c**), registró un rango de valores entre 33,9 a 35,6 psu. En general, la extensa área de estudio muestra la importante variación y disminución de salinidad en un sentido norte - sur. Es así como las menores salinidades se encontraron en el extremo sur de la zona, tanto en el sector oceánico como costero, mientras que los mayores valores, sobre 34,9 psu, se ubicaron en el sector oceánico del extremo norte, entre Arica y punta Lobos. Los procesos de surgencia intensa, desde el  $29^{\circ}S$  al sur, originaron frentes térmicos en las primeras 20 mn de la costa, como también, pero con menor intensidad, en el sector costero entre Arica y Antofagasta.

Las anomalías de esta variable (**Fig. 4d**), indican una clara tendencia hacia una condición neutral, señalado por valores entre  $-0,1$  a  $+0,1$  psu en gran parte del área, registrándose algunos focos de valores menores a  $-0,1$  psu en el sector



oceánico frente a punta Junín, punta Arenas y rada Paposos, lo que estaría asociado a condiciones locales de viento intenso o condiciones de circulación geostrofica. También se registró un foco de anomalías positivas cercanas a +0,1 psu, en el sector oceánico frente a caleta Patillos y punta Hornos. La baja extensión en área que cubren estos focos de anomalías negativas y positivas, que son levemente significativas, son producto de condiciones locales.

#### 1.4 Densidad superficial

La densidad del agua de mar en superficie (**Fig. 5a**) tuvo un rango total de 24,9 a 26,4  $\text{k/m}^3$ . El mínimo de densidad en la zona se ubicó a 20 mn de la costa frente a Iquique, mientras que el máximo, se localizó en la estación de 5 mn frente a punta Farellones, en el extremo sur de la zona de estudio. El máximo y mínimo de densidad se asocian a los lugares con las mayores y menores temperaturas superficiales, respectivamente. Áreas con gradiente de densidad costero de una mayor intensidad sólo se observaron en el área norte entre Arica y punta Arenas, y en el área sur entre, Coquimbo y Pichidangui. Estas áreas se asocian a sectores con surgencia activa, principalmente en la señalada para el sector sur.

#### 1.5 Distribución superficial de oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto (**OD**) superficial tuvo un rango entre 2,3 y 7,9 mL/L (**Fig. 5b**). La mayor parte del área de estudio presentó valores entre 5 y 6 mL/L. Las concentraciones más altas, > 7 mL/L, sólo se registraron entre las 10 y 20 mn frente a Arica. Focos de valores inferiores a 5 mL/L se midieron, principalmente, en el sector costero desde bahía Moreno (Antofagasta, T13) al sur, ya que en el sector norte esto sólo se observó entre Arica y punta Junín, con un mínimo de 3,8 mL/L en la estación costera de Arica. En el sector sur, focos de valores < 3 mL/L se registraron a las 10 mn frente a Antofagasta, en la estación costera de caleta





Inglesa y punta Farellones, mientras que un extenso foco de valores  $< 5$  mL/L se ubicó entre punta tres Picos y Caldera, observándose además otro en Pichidangui. En el sector oceánico destacan dos pequeños núcleos de valores  $< 5$  mL/L en las 85 mn frente a rada Paposo y a 55 mn frente a Caldera con un mínimo de 3,3 mL/L.

### 1.6 Profundidad de la isoterma de 15°C

Esta isoterma (**Fig. 5c**), solamente se encuentra en las estaciones desde Arica a rada Paposo (25°S). El rango de profundidad en esta área es de 4 a 82 m. Las mínimas profundidades se localizaron en el sector costero, aumentando gradualmente hacia el sector oceánico. El máximo señalado se localizó en la estación de 100 mn frente a punta Copaca (22°20'S), mientras que el mínimo lo hizo en la estación costera frente a Mejillones. En las áreas del sector oceánico donde se registran los máximos de esta variable, punta Madrid y Tocopilla, se extiende hacia la costa una lengua que indica aumento de la profundidad.

La anomalía de esta variable (**Fig. 5d**) señala un amplio rango de valores, el cual va desde -43 a +19 m. Los valores negativos, que indican una menor profundidad de la isoterma de 15°C en la vertical respecto del promedio histórico, se ubicaron preferentemente en dos focos. El primero estuvo centrado en la estación de 40 mn frente a punta Junín, con valores sobre 20 m (absoluto) y el segundo lo hizo centrado en la estación de 70 mn frente a punta Tres Picos, con valores negativos mayores a 40 m. Un foco de valores positivos pero de área menor, respecto a los anteriores señalados, se localizó centrado a 30 mn frente a punta Copaca, el cual supera +10 m. El resto del área registró valores dentro del rango de neutralidad el cual es de +10 a -10 m.



## 1.7 Capa de mezcla

La capa de mezcla (**CM**) caracteriza dos áreas (**Fig. 6a**). La primera, que va de Pichidangui hasta Antofagasta, la que presenta un espesor mayor y registra focos de mayor profundidad que llegan a superar los 40 m, como es el caso de los focos frente a rada Paposo y caleta Maitencillo de Coquimbo. En esta primera zona, la **CM** registra en el área valores que superan los 10 m. La segunda área corresponde a la que va entre el límite norte de la zona y la localidad de Antofagasta, donde la **CM** supera escasamente los 10 m de profundidad, predominando en el sector costero valores entre 0 y 5 m y entre 5 y 10 m en el oceánico.

## 1.8 Termoclina

El espesor de la termoclina (**ET**) (**Fig. 6b**) caracteriza la zona en dos áreas, la primera entre Arica y rada Paposo, con valores mayores a 10 m y la presencia de un foco de mayor espesor que alcanza un máximo de 30 m frente a punta Madrid (19°S) y otro foco de máximo de 20 m a 70 mn frente a punta Copaca. Al sur de los 25°S, el **ET** alcanza un máximo de 10 m, particularmente entre rada Paposo y Chañaral. El área de menor **ET** se extendió desde Chañaral a Coquimbo, donde el valor máximo fue de 5 m.

El rango total de temperatura en la base de la termoclina (**TBT**) (**Fig. 6c**) fue de 11,0°C a 17,2°C. El mínimo indicado se registró a 10 mn frente a punta Farellones, y el máximo a 40 mn frente Iquique. En general, las **TBT** mayores a 14°C abarcan el área de Arica a Antofagasta. En esta zona hay un foco de mayores valores que cubren el sector oceánico entre punta Junín y punta Arenas, donde la **TBT** llega hasta el máximo indicado. El área oceánica desde punta Ballenita hasta el límite



sur de la zona, exhiben **TBT** que no superan los 13°C, registrándose focos pequeños y aislados, de temperaturas levemente mayores.

La profundidad base de la termoclina (**PBT**) (límite inferior) (**Fig. 7a**) presentó un rango de valores entre 6 y 112 m. El mínimo **PBT** señalado se ubicó a 5 mn de la costa frente a Arica y el máximo a 70 mn frente a bahía Salada. Las menores **PBT** se ubicaron en general, en la franja costera, alcanzando un máximo de 30 m en la mitad norte de la zona y 40 m en la mitad sur, excepto el área de punta Farellones (30°20'S), donde la **PBT** superó el nivel de 60 m. Focos de máximos **PBT** se localizaron en el área oceánica al sur de Chañaral, específicamente en el borde oeste de la zona frente a bahía Salada, caleta Inglesa y caleta Maitencillo de Coquimbo. Al norte de esta área, no se registraron focos y la **PBT** aumentó hasta un máximo de 70 m frente a Arica. Al oeste de punta Copaca, se registró una entrada de las isolíneas de **PBT**, las cuales alcanzaron hasta las 20 mn de la costa con valores de hasta 60 m.

Los gradientes promedio de la termoclina (**GPT**) (**Fig. 7b**) registraron un amplio predominio de valores, entre 0,1° a 0,2 °C/m, abarcando prácticamente todo el sector oceánico de la zona. Valores de **GPT** mayores 0,2°C/m se ubicaron en el sector costero e intermedio entre Arica y Antofagasta. Los máximos gradientes, que fueron de hasta 0,52°C/m, se localizaron en una pequeña área costera entre Arica y punta Junín, en el límite norte de la zona.

El gradiente máximo de la termoclina (**GMT**) (**Fig. 7c**) muestra un predominio de valores entre 0,2 a 0,4°C/m en toda la zona. Valores mayores de **GMT** se localizaron hacia el borde costero entre Arica e Iquique, donde se registró el máximo que fue de 1,38°C/m. El mínimo **GMT**, menor a 0,2°C/m, se localizó en el borde oceánico entre punta Arenas y Coquimbo, especialmente frente a Caldera.



La profundidad del gradiente máximo de la termoclina (**PGMT**) (**Fig. 7d**) tiene una distribución similar a la registrada por la **PBT**. El rango de profundidad de esta variable fue de 5 a 110 m. Las mínimas profundidades se ubicaron en la franja costera entre Arica y Antofagasta, formando pequeños focos de limitada extensión hacia el oeste con valores de hasta 10 m. Al sur de Antofagasta, este mínimo aumentó a 20 m. Los focos de mayores **PGMT** corresponden en área y ubicación a los señalados en la profundidad base de la termoclina, alcanzando en este caso, valores de profundidad de 100, 80 y 90 m para bahía Copiapó, caleta Inglesa y Maitencillo de Coquimbo, respectivamente. Los máximos del sector oceánico llegan hasta 60 m. Las isolíneas de máximos **PGMT** se extienden hacia la costa frente a punta Madrid y punta Copaca.

### 1.9 Profundidad de la isolínea de OD de 1mL/L

La distribución de la concentración de 1 mL/L (**Fig. 8**) muestra en general un claro gradiente costa - océano. Sin embargo, este esquema es interrumpido en las 20 mn de punta Tres Picos (T12) y punta Ballenita, donde se observó un hundimiento de más de 80 y 120 m respectivamente y posteriores elevaciones a menos de 50 m en torno a las 70 y 40 mn, en cada caso.

En el sector desde rada Paposó (T11) al norte, se observaron en general, menores profundidades que al sur de esta localidad. En las estaciones costeras del sector norte, las profundidades fueron menores a 40 m, mientras que en la parte más oceánica resaltó un foco de mayor profundidad en la península de Mejillones, donde la isolínea alcanzó un máximo de 180 m. En el sector sur, y a partir de punta Ballenita, la profundidad se mantuvo entre 60 y 80 m en la costa, aumentando hasta más de 180 m en el sector oceánico de caleta Inglesa (T5) y caleta Maitencillo de Coquimbo (T2).



## 1.10 Distribución vertical de temperatura

En las **Figuras 9 a 12** se muestra la distribución de temperatura en la vertical en todas las transectas realizadas en el crucero. Aquellas secciones del sector centro sur de la zona (Pichidangui a Chañaral, T1 a T9), se caracterizan por la ausencia de la isoterma de 15°C, pero con la aparición esporádica en el área oceánica de las secciones de caleta de Maitencillo de Coquimbo (T2) y bahía Salada (T7). En este mismo sector, los gradientes verticales de temperatura en la capa superficial son menores a los observados en la mitad norte. En general, todas las secciones perpendiculares a la costa muestran un ascenso de las isolíneas en el sector costero (primeras 20 mn), a excepción de las secciones de caleta Inglesa (T5) y punta Molle (T6). Desde la sección de Pichidangui (T1) a Mejillones (T14) se registran marcados cambios de nivel de las isotermas en toda la capa de agua, destacándose en este caso las transectas de punta Farellones (T3) y Caleta Cruz Grande (T4), que son las que tienen cambios de profundidad de 50 y 100 m en los niveles más profundos de las estaciones 19 y 23, respectivamente. Inversiones térmicas, pero en núcleos delgados de no más de 25 m de espesor, se registraron en las secciones de punta Farellones, caleta Inglesa (T5), Chañaral (T9) y rada Paposo (T11), siendo la correspondiente a la sección 5 la que formó un mayor núcleo y más profundo, encontrándose centrado en los 170 m en la estación de 70 mn. Los núcleos más superficiales y de menor tamaño de estas inversiones, son los ubicados en la sección de punta Farellones (T3), que están entre los 50 y 100 m en las estaciones de 10 y 20 mn.

## 1.11 Distribución vertical de salinidad

La salinidad (**Figs. 13 a 16**) tuvo una variada distribución en la vertical. En todas las secciones se observó un núcleo subsuperficial de máxima relativa, asociado al agua Ecuatorial Subsuperficial, que tiene un espesor variable de sur a norte y



cambios en sus valores máximos. En el sector norte, este núcleo tiene un espesor de 100 a 200 m con valores mayores a 34,8 psu. Se destaca que este núcleo se ubica hasta la superficie en la sección de Arica (T21), pero disminuye de tamaño hacia el sur, detectándose sólo desde la sección de Rada Paposo (T11) hacia el sur. En el área sur, el núcleo de máxima salinidad subsuperficial llegó hasta valores > 34,6 psu. El núcleo señalado puede encontrarse formando un sólo cuerpo a lo largo de la sección o cubriendo parcialmente la vertical al separarse en dos cuerpos menores. El núcleo de mínima subsuperficial, asociado al agua Subantártica, se registró de sur a norte, siendo más intenso en el área sur con valores mínimos < 34,0 psu en la sección de Pichidangui (T1), y < 34,6 en la sección de Arica (T21). Este núcleo abarcó toda la sección en sentido este-oeste en las transectas entre Arica y bahía Moreno ( T13) y alcanzó la superficie en el área costera en prácticamente todas las secciones desde bahía Moreno al sur. Entre Pichidangui (T1) y punta Tres Picos (T12) el núcleo señalado se ubicó en la superficie y en general abarcó todo lo ancho del sector con espesores entre 50 a 100 m. Finalmente, el máximo superficial de salinidad, característico del agua Subtropical, se registró en forma intensa en las secciones de bahía Moreno (T13) a Arica (T21). En esta segunda localidad, el núcleo se ubicó en la capa superficial de los primeros 40 m y va desde las 20 mn hacia el oeste, pero se hace más oceánico en bahía Moreno, ubicándose al oeste de las 70 mn.

### **1.12 Distribución vertical de densidad (sigma-t)**

La distribución de densidad en la vertical (**Figs. 17 a 20**) está determinada por la distribución de temperatura. Es así como las isopicnas registran un comportamiento similar a las isotermas en toda la zona, con la diferencia que las fuertes variaciones de profundidad de las isotermas detectadas en algunas de las transectas (secciones de punta Farellones y caleta Cruz Grande, T3 y T4), no se registraron con la misma intensidad. En este sentido, las isopicnas muestran claramente ascensos de agua en



el área costera (primeras 20 mn), con una mayor pendiente y profundidad, que en general, es máxima en la mitad sur de la zona. Las mayores variaciones de profundidad de las isopicnas ubicadas a niveles bajo los 100 m ocurren en las transectas de caleta Maitencillo de Coquimbo, punta Farellones, caleta cruz Grande, bahía Salada, Caldera y Chañaral (T2, T3, T4, T7, T8 y T9).

### **1.13 Anomalías de temperatura y salinidad en la columna de agua frente a las transecta 1 (Arica; 18°25'S), 3 (Pta. Lobos; 21°00' S) y 5 (Bahía Moreno, 23°40'S).**

Las anomalías de temperatura y salinidad en la vertical de las transectas de Arica (T21), punta Lobos (T17) y bahía Moreno (T13) se muestran en la **Figura 21**.

En temperatura, las anomalías que son mayores a 1°C, tanto positivas como negativas, registran una distribución distinta en cada sección. Bahía Moreno tiene un núcleo subsuperficial de anomalías negativas mayores a 1°C que se extiende desde los 75 m en las 80 mn y alcanza hasta la superficie en las primeras 20 mn de la costa. En el caso de punta Lobos, el núcleo es de anomalías positivas > 1°C y abarca los primeros 25 m de profundidad, extendiéndose a lo largo de toda la sección, con un pequeño núcleo superficial de +2°C en las 20 mn. La sección de Arica tiene un núcleo subsuperficial de anomalías negativas de mayor tamaño que el detectado en bahía Moreno y de un espesor entre 20 y 100 m, aumentando desde el sector oceánico al costero. El núcleo de anomalías de -2°C se extiende, al menos, desde la estación de la milla hasta las 20 mn con un máximo de -3°C.

La salinidad tuvo un núcleo de anomalías mayores a 0,1 psu, tanto positivas como negativas en la sección de bahía Moreno. El núcleo de anomalías positivas se ubicó centrado en los 100 m de profundidad y se extendió al menos entre las 20 y 40 mn. Las anomalías positivas se ubicaron sobre el núcleo anterior centrado en



los 80 m en el sector oceánico y en los 40 m en las primeras 40 mn desde la costa. En punta Lobos, las anomalías fueron negativas y el núcleo de las que fueron mayores a 0,1 psu (absoluto), se ubicó preferentemente entre los 50 y 100 m, con un máximo de profundidad en la estación de 40 mn, donde llegó a 150 m. Este núcleo alcanza la superficie entre las 70 y 100 mn y también en las primeras 20 mn. En la sección de Arica, la anomalías negativas mayores a 0,1 psu, abarcan toda la capa superficial desde la estación de 5 mn hacia el oeste, excepto en las 70 mn, donde hay anomalías menores. En este núcleo, que llega hasta los 100 m de profundidad en las 100 mn, se encuentran núcleos de hasta -0.3 psu.

#### **1.14 Distribución vertical de oxígeno disuelto**

Todas las transectas presentaron marcados gradientes verticales (**Figs. 22 a 25**), los que aumentaron su intensidad de sur a norte, y todos ellos en mayor o menor grado, tuvieron un ascenso hacia la superficie en las estaciones costeras, llegando hasta una menor profundidad en el sector norte. En 10 de las 21 transectas, los gradientes interceptaron la superficie en la estación costera con concentraciones < 5 mL/L.

La capa superficial bien oxigenada, > 5 mL/L, tuvo una mayor presencia hacia el sector oceánico y hacia el sur. En algunas transectas, principalmente desde bahía Moreno (T13) al norte. Dentro de esa capa se observaron pequeños núcleos de concentraciones > 6 mL/L, siendo los más grandes los observados en caleta Cruz Grande (T4) y punta Arenas (T16).

Desde rada Paposo al sur, disminuyó la presencia de valores menores a 0,25 mL/L dentro de la capa de mínimo **OD**, los que prácticamente no fueron registrados en las tres transectas del extremo sur de la zona de estudio. Por otra parte, el límite inferior de la capa de mínimo **OD**, concentración de 1 mL/L, fue detectado dentro de los 500 m desde punta Copaca (T15) al sur, aumentando progresivamente el





tamaño de la capa de valores  $> 1$  mL/L, llegando a registrarse concentraciones  $> 3$  mL/L desde punta Molle a Pichidangui.

En general, en el sector oceánico desde punta Ballenita (T10) al norte, el límite superior de la capa de mínimo **OD** (isolínea de 1 mL/L) se mantuvo cercana o por sobre los 100 m, mientras que hacia el sur superó los 150 m. En el sector costero desde punta Ballenita al norte, esta isolínea ascendió a profundidades entre los 6 y 30 m, observándose el mínimo en las 5 mn frente a Arica, lo que coincidió con un mínimo de **OD** superficial, produciéndose un fuerte gradiente horizontal entre las 5 y 10 mn, mientras que en la estación costera, la concentración de **OD** fue mayor a 3 mL/L, dentro de los primeros 8 m, lo que se tradujo en la profundización de las isolíneas. Una situación similar a la anterior se observó entre los 50 y 140 m en la estación costera de Pichidangui, donde la concentración de **OD** aumentó levemente con respecto a lo registrado en las 5 mn, por lo que las isolíneas de 1 a 0,5 mL/L se profundizaron hacia la costa.

Dentro de la capa superficial desde Chañaral (T9) al sur, si bien los ascensos más importantes de la isolínea de 1 mL/L se observaron en Caldera (T8), punta Molle (T6) y caleta Cruz Grande (T4), ubicándose ésta cercana a los 40 m, los ascensos más fuertes de los gradientes se registraron en caleta Inglesa y punta Farellones, registrándose incluso concentraciones de **OD**  $< 3$  mL/L en superficie.

### **1.15 Distribución vertical de temperatura, salinidad, contenido de oxígeno disuelto, porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y nutrientes a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa.**

En la sección de 100 mn, la distribución de temperatura superficial (**Fig. 26**) registró los más altos valores en el extremo norte de la zona, superando los 18°C.



Esta variable disminuyó de norte a sur en forma gradual desde  $>18^{\circ}$  en el límite norte a  $17^{\circ}\text{C}$  en los  $21^{\circ}30'\text{S}$ ,  $16^{\circ}\text{C}$  en los  $23^{\circ}\text{S}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$  en los  $26^{\circ}\text{S}$  y hasta  $> 14^{\circ}\text{C}$  en el límite sur. La termoclina se presentó a lo largo de toda la sección con un espesor promedio de 40 m, ubicándose entre los 30 y 80 m de profundidad. Las mayores intensidades de la termoclina se presentan en la mitad norte de la sección. Bajo la termoclina, las isotermas tienden a ubicarse en forma paralela a la superficie, sin embargo, aquellas que están entre los 100 y 250 m para el sector entre los  $22^{\circ}$  y  $30^{\circ}\text{S}$ , registran importantes desplazamientos en la vertical, siendo el más importante, 80 m, el de la isoterma de  $12^{\circ}\text{C}$  entre los  $26^{\circ}$  y  $30^{\circ}\text{S}$ . En los niveles más profundos se presenta también una disminución de temperatura hacia el sur, lo que se aprecia por la ubicación a mayor profundidad de las isotermas en el extremo norte.

La salinidad (**Fig. 26**) registra también los más altos valores superficiales en el extremo norte,  $> 35,0$  psu, en dos pequeños focos, y en el extremo sur los más bajos,  $< 34,0$  psu. Las salinidades  $> 34,8$  psu asociadas al núcleo de máxima se encuentran en una capa superficial no mayor a 40 m que se extienden hasta los  $22^{\circ}30'\text{S}$ . Un núcleo de salinidades superficiales más bajas se ubicó al sur de los  $22^{\circ}30'\text{S}$  y abarcó hasta los 100 m de profundidad.

Bajo los dos núcleos antes señalados, se extiende un núcleo de máxima subsuperficial  $> 34,8$  psu en el extremo norte y  $> 34,6$  psu en el extremo sur de la zona. Este núcleo abarcó toda la sección de 100 mn y se encontró centrado en los 200 m, con una disminución del espesor hacia el sur. En el nivel de máxima profundidad, la salinidad disminuyó de norte a sur, registrándose un núcleo de 34,4 psu al sur de los  $27^{\circ}\text{S}$ .

El OD (**Fig. 27**) muestra claramente una disminución de la presencia de la capa de mínimo OD ( $< 1$  mL/L) desde norte a sur, teniendo en Arica (E147) un espesor



aproximado de 460 m, a partir de los 100 m, mientras que en punta Farellones (E21) se observó un espesor de 160 m que partió desde los 150 m, disminuyendo en el mismo sentido la presencia de concentraciones  $< 0,5$  mL/L. El gradiente óxico que separa la capa superficial bien oxigenada ( $> 5$  mL/L) de la capa de mínimo **OD**, mostró una tendencia a debilitar su fuerza hacia el sur, con la excepción del sector entre bahía Moreno y Chañaral (E91 y E63). La capa superficial de espesor variable presentó un mínimo en punta Junín (E133),  $< 50$  m, y máximos en el extremo sur,  $> 75$  m. La presencia de valores  $> 6$  mL/L sólo fue observada desde rada Paposó (E77) al sur. En los niveles más profundos, las concentraciones  $> 1$  mL/L se registraron a lo largo de toda la sección, aumentando a  $> 2$  mL/L desde los  $25^{\circ}$ S al sur, registrándose un máximo  $> 4$  mL/L en los 500 m de punta Molle (E36).

La masa de agua ecuatorial subsuperficial (**AESS**) (**Fig. 27**) alcanzó núcleos de porcentaje de participación de masa de agua (**PPMA**)  $> 40\%$  en superficie, desde el límite norte hasta los  $24^{\circ}$ S. Entre esta latitud y el límite norte, disminuyó el **PPMA** a porcentajes menores a un  $10\%$ . A nivel subsuperficial se registró el máximo que alcanzó un **PPMA**  $> 80\%$ , el cual formó un núcleo desde el límite norte hasta los  $22^{\circ}$ S, pero disminuyó a **PPMA**  $> 60\%$  en el extremo sur de la zona. A nivel subsuperficial, bajo los 400 m, las isolíneas de **PPMA** tienen una profundidad menor en el límite sur, indicando con ello que hacia ese sector, a lo largo de la sección, disminuye la participación de **AESS**.

## 1.16 Masas de agua

Los diagramas **T-S** de todas las estaciones agrupadas por transecta, se presentan en la **Figuras 28 y 29**. Los porcentajes de participación de masas de agua (**PPMA**) Subtropical (**AST**), Subantártica (**ASAA**) y Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**) de las transectas 1, 5, 9, 13, 17 y 21 se entregan en la **Figura 30**.



En los diagramas **T-S** se aprecia que la masa de agua **AST** participa en forma muy débil en las secciones 1 a 10, desde donde aumenta levemente hacia el norte, para ser más notoria desde la sección 13 (bahía Moreno) y con un máximo en las secciones 16 a 21 que corresponden al área norte de la zona. En todas las transectas se observa una baja participación de **AST** en algunas estaciones costeras. El **ASAA** se registra en prácticamente todas las secciones, pero en forma más intensa en la superficie de las estaciones en las secciones de más al sur de la zona. Hacia el norte, ésta se hace menos intensa y se encuentra bajo la **AST** e incluso en forma disminuida en algunas secciones, donde es desplazada por la **AESS**, tal como se observa en los diagramas de las secciones 14 a 21. El **AESS** también participa en todas las transectas, sin embargo, lo hace en forma más intensa en aquellas de la mitad norte de la zona, donde se ve más definida en los diagramas. En este sentido, en las transectas 1 a 11 se ve una separación de las líneas, lo que significa que el **AESS** se encuentra más mezclada con las otras masas de agua, principalmente **ASAA**.

Los porcentajes de participación de masa de agua (**PPMA**) de **AST** muestran una disminución en la presencia de esta agua hacia el sector sur de la zona, donde se registran  $PPMA < 20\%$ , aumentando levemente hacia el norte. En la sección 13 ésta aumenta a un  $> 30\%$  en superficie y alcanza un máximo de  $> 60\%$  en el borde norte (sección 21). La **AST** aumenta su profundidad de presencia en la vertical, desde 50 m en el sur a 100 m en el norte. En las secciones presentadas, la **AST** disminuye su **PPMA** en la costa, lo que se observa por un ascenso de las isolíneas.

El **ASAA** registra un comportamiento inverso a la **AST**, es decir, muestra altos valores de **PPMA** en superficie (50 a 90%) entre el límite sur y la sección 9, mientras que desde la sección 13 al norte, estos disminuyen drásticamente (20 a 30%). En las secciones 13 al norte, se observa un hundimiento del núcleo,



centrándose en los 75 m con valores entre 30 y 40 **PPMA**. En todas las secciones se presenta también una disminución de los **PPMA** en la costa, donde se registra un ascenso de las isolíneas. Valores de **PPMA** de 10% se registran hasta los 200 m en la mitad sur y hasta 150 m en la mitad norte de la zona.

El **AESS** muestra un núcleo de valores  $> 60$  de **PPMA** en el extremo sur y que aumentan a 80% en el norte. Todas las secciones registran una mayor participación de **AESS** en el sector costero, siendo las secciones de la mitad sur las que tienen una mayor pendiente ascendente de las isolíneas. En la sección 1 (Pichidangui), hay sólo una **PPMA** de 0 a 10% en la superficie y sector oceánico, mientras que en la sección norte (Arica) ésta alcanza a  $>30\%$ . En los niveles más profundos, el **PPMA** alcanza  $>40\%$  en el sur y  $> 50\%$  en el norte.

### **1.17 Distribución superficial de clorofila-a, feopigmentos y fluorescencia in vivo**

La clorofila-a (**cloa**) superficial (**Fig. 31a**), presentó un rango comprendido entre 0,05 a 7,86  $\mu\text{g/L}$ , concentrándose los núcleos más importantes ( $> 1 \mu\text{g/L}$ ) en el sector nerítico, muy próximos a la costa, primeras 10 mn. La banda costera de valores  $> 1 \mu\text{g/L}$  se mantuvo constante entre Arica, donde alcanzó la mayor extensión hacia el oeste (30 mn) y bahía Moreno (Antofagasta), con máximos  $> 5 \mu\text{g/L}$  en Arica, punta Gruesa y bahía Moreno. Hacia el sur, otra franja muy costera se registró entre punta Ballenita y Caldera, donde se registró un máximo de 4  $\mu\text{g/L}$ . Entre caleta Inglesa y Coquimbo se observó un foco de valores  $> 1 \mu\text{g/L}$ , de mayor extensión que lo observado en la parte norte, abarcando hasta las 40 mn. Por otra parte, en el sector oceánico dos pequeños focos de 1  $\mu\text{g/L}$  se observaron en las 55 mn frente a punta Tres Picos y Pichidangui.



Los feopigmentos (**feop**) (**Fig. 31b**) en general, presentaron una distribución similar al de la **cloa**, pero con concentraciones inferiores. Los máximos se detectaron entre Arica y punta Gruesa, superando los 3  $\mu\text{g/L}$  y en pequeños focos  $> 1 \mu\text{g/L}$  en Mejillones, bahía Moreno, Chañaral y en las 10 mn de caleta Inglesa, el resto de la zona presentó valores entre  $< 0,2$  y  $< 0,5 \mu\text{g/L}$ .

La fluorescencia *in vivo* (**fliv**) (**Fig. 31c**) siguió en líneas generales una distribución similar a la cloa superficial, con diferente rango de valores, el cual fluctuó entre 0,07 y 13, 69 volt. Un foco de valores  $> 3$  volt se extendió entre Arica y punta Lobos (T17). El máximo valor se registró en las 10 mn frente a Arica y focos mayores a 5 volt se midieron en punta Madrid (T20) e Iquique (T18). En Antofagasta y Mejillones (T13 y T14) el foco costero superó los 7 y 8 volt, respectivamente, extendiéndose éste último hasta punta Copaca (T15), con valores  $> 3$  volt. Entre Chañaral y Caldera se extendió un foco muy costero de  $> 2$  volt. En el sector de Coquimbo se observó otro núcleo de valores  $> 2$  volt, con un máximo de 5 volt en las 40 mn. La distribución de valores de **fliv**  $> 1$  volt abarcó la mayor parte de la zona costera hasta las 10 mn, extendiéndose hasta las 70 mn en punta Arenas, sobrepasando las 100 mn entre los  $24^\circ$  y  $27^\circ\text{S}$  en el sector de Huasco y de punta Farellones.

### 1.18 Distribución de clorofila integrada

La clorofila integrada (**cloaint**) (**Fig. 32a**) se distribuyó muy similar a la cloa superficial, con focos muy costeros concentrados principalmente en dos sectores, entre Arica y Antofagasta y el sector de Coquimbo. En el primer caso, la **cloaint** presentó un foco que superó los  $150 \text{ mg/m}^2$  en las 40 mn frente a Arica, en tanto que entre punta Junín y punta Gruesa, se extendió un foco de  $> 100 \text{ mg/m}^2$ , con un máximo  $> 200 \text{ mg/m}^2$  en la estación costera de esta última transecta. En el



sector costero de Mejillones se observó un foco  $> 100 \text{ mg/m}^2$ , mientras que en Antofagasta la cloaint sólo superó los  $80 \text{ mg/m}^2$ . En el sector sur, un foco de valores  $> 100 \text{ mg/m}^2$  se extendió entre las 10 y 40 mn al norte de Coquimbo y en caleta Maitencillo de Coquimbo, valores  $> 40 \text{ mg/m}^2$  se observaron en las 40 mn.

Los feopigmentos integrados (**feopint**) (**Fig. 32b**) presentaron una distribución similar al de la **cloaint**. Los núcleos más importantes se detectaron entre punta Junín (T19) y punta Gruesa (T18), con máximos  $> 100 \text{ mg/m}^2$ , en Arica  $> 80 \text{ mg/m}^2$ , y en Mejillones  $> 40 \text{ mg/m}^2$ . Hacia el sur los valores más altos sólo fueron  $> 20 \text{ mg/m}^2$ .

### 1.19 Distribución histórica de clorofila-a

Las distribuciones históricas de cloa para el período 1993-2008, se entregan en la **Figura 33**.

En agosto-octubre de 1994, las concentraciones de cloa fueron muy altas, todas las transectas presentaron valores  $> 1 \text{ } \mu\text{g/L}$  en las estaciones costeras. Los menores valores se observaron en punta Copaca (T2) ( $1,6 \text{ } \mu\text{g/L}$ ) mientras que los mayores se registraron en punta Junín (T4), donde la cloa superó los  $11 \text{ } \mu\text{g/L}$ .

En agosto-septiembre de 1995, las concentraciones de cloa fueron algo inferiores a las observadas el año anterior. Los menores valores se registraron en punta Junín con la presencia de un núcleo oceánico de  $1,7 \text{ } \mu\text{g/L}$ , mientras que las mayores concentraciones se observaron en Arica superando los  $9 \text{ } \mu\text{g/L}$ .

En agosto de 1997, se observó un abrupto descenso en las concentraciones de cloa debido al efecto del evento cálido “El Niño”, por lo que la gran mayoría de los registros fluctuaron en torno a los  $0,2 \text{ } \mu\text{g/L}$ . A pesar de esto, valores  $> 1 \text{ } \mu\text{g/L}$  se



midieron en las estaciones costeras de: Arica (T5), punta Copaca (T2) y bahía Moreno (T1), aunque en núcleos de pequeño tamaño.

En agosto-septiembre de 1998, se produjo una completa recuperación del sistema, observándose altas concentraciones en todas las transectas. Los menores valores se encontraron en bahía Moreno (T1), donde la cloa alcanzó los 2,7  $\mu\text{g/L}$  y los mayores en punta Copaca (T2), superando los 14  $\mu\text{g/L}$ .

En septiembre de 1999, a pesar que los valores de cloa son inferiores a los del año precedente, la única transecta que presentó bajas concentraciones fue la de punta Lobos (T3), siendo éstas inferiores a 1  $\mu\text{g/L}$ . Por otra parte, las mayores concentraciones (6,8  $\mu\text{g/L}$ ) se midieron en Arica (T5).

En agosto-septiembre de 2000, las concentraciones de cloa fueron  $> 1 \mu\text{g/L}$  en todas las estaciones costeras de las distintas transectas, sin embargo y en general, no se manifestaron los altos valores de los primeros años. Las menores concentraciones se observaron en punta Copaca (T2) con 2  $\mu\text{g/L}$ , y la máxima medida fue 6,8  $\mu\text{g/L}$  en punta Junín (T4).

En septiembre de 2001, las concentraciones de cloa son incluso inferiores a las del año 2000. Las estaciones costeras de las distintas transectas presentaron concentraciones  $> 1 \mu\text{g/L}$ . Los menores registros se observaron en punta Lobos (T3) con 1,1  $\mu\text{g/L}$  de cloa, y el máximo de 3  $\mu\text{g/L}$  en punta Junín (T4). En este caso el mayor valor medido se observó en Iquique con 3,3  $\mu\text{g/L}$ .

En septiembre de 2002, las concentraciones de cloa se mantuvieron en similar rango al exhibido en el año 2001. La única transecta que presentó concentraciones  $< 1 \mu\text{g/L}$  en las estaciones costeras fue punta Junín (T4),





mientras que la máxima fue de 3,7  $\mu\text{g/L}$  en Arica (T5). En este caso, el mayor valor medido en estaciones de intertransectas se observó en Iquique con 3,3  $\mu\text{g/L}$ .

En septiembre de 2003, las concentraciones de cloa volvieron a aumentar, aunque no a los niveles observados en 1998, 1995 ó 1994. En esta oportunidad son dos las transectas que presentaron concentraciones  $> 0,5 \mu\text{g/L}$ : punta Copaca (T2) y punta Junín (T4), mientras que la transecta con más cloa fue bahía Moreno (T1) con 5  $\mu\text{g/L}$ . En este caso, el mayor valor medido se observó en la intertransecta entre Arica (T5) y punta Junín (T4), 6,9  $\mu\text{g/L}$ .

En agosto-octubre de 2004, todas las transectas presentaron concentraciones  $> 1 \mu\text{g/L}$ , observándose núcleos de altas concentraciones de cloa a lo largo de toda la zona costera. Los valores más altos ( $> 10 \mu\text{g/L}$ ) se detectaron en punta Lobos (T3) y en la intertransecta entre punta Lobos (T3) y punta Copaca (T2)  $\mu\text{g/L}$ , siguiéndole en concentración, la estación costera de bahía Moreno (T1;  $> 9 \mu\text{g/L}$ ), mientras que los valores más bajos se registraron en Arica (T5) y punta Junín (T4,  $> 3 \mu\text{g/L}$ ).

En septiembre-octubre de 2005, todas las transectas presentaron concentraciones  $> 1 \mu\text{g/L}$ , observándose núcleos de altas concentraciones de cloa a lo largo de toda la zona costera y oceánica. Los valores costeros más altos se encontraron en Arica (T5;  $> 20 \mu\text{g/L}$ ), en la intertransecta frente a punta Arenas ( $> 10 \mu\text{g/L}$ ) y en las inmediaciones de Mejillones ( $> 10 \mu\text{g/L}$ ). Con menores concentraciones se señalaron las transectas de punta Lobos (T3;  $> 8 \mu\text{g/L}$ ) y punta Copaca (T2;  $> 6 \mu\text{g/L}$ ), mientras que los valores más bajos se registraron en las transectas de punta Junín (T4,  $> 3 \mu\text{g/L}$ ), y bahía Moreno (T1; 2  $\mu\text{g/L}$ ). Este año es apreciable la gran extensión que alcanzaron las lenguas frente a punta Copaca (T2), punta Junín (T4) y el foco ubicado en el extremo oeste de la zona de estudio, frente a Arica (T5).



En septiembre de 2006, se observan núcleos de altas concentraciones de cloa a lo largo de la zona costera y oceánica. Los valores costeros más altos se registraron en Arica (T5;  $> 7 \mu\text{g/L}$ ), frente a punta Pinto ( $> 12 \mu\text{g/L}$ ), en las estaciones de 5 mn frente a punta Junín y punta Lobos ( $> 2 \mu\text{g/L}$ ), al norte de Mejillones ( $> 4 \mu\text{g/L}$ ) y a 20 mn frente a bahía Moreno ( $> 4 \mu\text{g/L}$ ). En el sector oceánico destacó la presencia de un núcleo de concentraciones  $> 2 \mu\text{g/L}$  al norte de punta Junín. Los menores valores se registraron en punta Copaca ( $< 1 \mu\text{g/L}$ ).

En septiembre-octubre de 2007, la franja costera de valores  $> 1 \mu\text{g/L}$  abarcó la mayor parte del área de estudio, siendo interrumpida sólo en el sector de punta Junín ( $< 1 \mu\text{g/L}$ ). Un núcleo de  $> 1 \mu\text{g/L}$  destaca en las 100 mn frente a punta Copaca. En la franja costera los valores más altos ( $> 5 \mu\text{g/L}$ ) se reportaron en punta Madrid, punta Lobos, punta Arenas y bahía Moreno.

En octubre de 2008, la franja costera de valores  $> 1 \mu\text{g/L}$  abarcó toda el área de estudio. La mayor extensión de ésta hacia el oeste se observó en Arica,  $> 30$  mn. Dentro de ella, franjas de concentraciones  $> 4 \mu\text{g/L}$  se extendieron entre Arica e Iquique, y desde Punta Copaca a bahía Moreno. Los valores más altos se reportaron en Arica ( $> 7 \mu\text{g/L}$ ), Iquique ( $> 7 \mu\text{g/L}$ ) y bahía Moreno ( $> 6 \mu\text{g/L}$ ).

## 1.20 Distribución vertical de clorofila

Pichidangui a Caldera (**Fig. 34**). Entre Pichidangui y punta Farellones, incluyendo la bahía Salada, el máximo vertical fue  $> 0,5 \mu\text{g/L}$ . Caleta Inglesa y punta Molle presentaron un reducido núcleo que superó  $1 \mu\text{g/L}$ , ambos en la estación de 10 mn. Caldera por su parte presentó un pequeño núcleo superficial en la estación costera con un máximo  $> 4 \mu\text{g/L}$ . De este sector, el núcleo más importante se observó en caleta Cruz Grande, donde las concentraciones  $> 1 \mu\text{g/L}$  se



extendieron desde la costa hasta más allá de las 40 mn, con un espesor > 30 m y una máxima concentración > 3 µg/L.

Chañaral a punta Arenas (**Fig. 35**). En este sector la transecta de punta Ballenita presentó las concentraciones más bajas, con un pequeño núcleo costero de valores > 0,5 µg/L. Rada Paposo y punta Tres Picos mostraron un pequeño núcleo > 1 µg/L en las 20 y 55 mn respectivamente, mientras que en los núcleos costeros de Chañaral y punta Arenas el máximo se duplicó, > 2 µg/L. Concentraciones más altas se registraron en las secciones de bahía Moreno (> 6 µg/L), Mejillones (> 8 µg/L) y punta Copaca (> 5 µg/L), en las cuales los núcleos no superaron las 5 mn con espesores entre 10 (T13) y hasta 30 m (T14).

Punta Lobos a Arica (**Fig. 36**). Las concentraciones más bajas de este sector se registraron en punta Lobos, donde un núcleo de moderado tamaño, de concentraciones > 1 µg/L, se extendió hasta las 10 mn con un espesor de 20 m y con un máximo > 2 µg/L. Por otro lado, las concentraciones más altas del muestreo se observaron en punta Gruesa (> 12 µg/L) en un núcleo muy costero, 5 mn, y un espesor de 30 m. En punta Junín el núcleo de valores > 1 µg/L alcanzó un espesor de 10 m y se extendió hasta las 20 mn con concentraciones > 5 µg/L dentro de las primeras 5 mn y un máximo > 7 µg/L. Punta Madrid presentó un pequeño núcleo muy costero, 1 mn, el que tuvo un máximo superficial > 4 µg/L. En Arica el núcleo de valores > 1 µg/L fue de mayor tamaño a los anteriores, extendiéndose hasta las 40 mn con un espesor máximo cercano a los 30 m. Dentro de éste se observó un núcleo de concentraciones > 5 µg/L en las estaciones costeras y otro de mayor tamaño centrado en las 40 mn con un máximo de valores > 9 µg/L.



### 1.21 Distribución vertical de feopigmentos

Entre Pichidangui y Caldera (**Fig. 37**) las concentraciones en general fluctuaron en torno a los 0,2  $\mu\text{g/L}$ . Los mínimos valores se observaron en punta Farellones, donde fueron inferiores a 0,2  $\mu\text{g/L}$ , en toda la transecta. Los núcleos de mayor concentración correspondieron a caleta Cruz Grande, > 0,5  $\mu\text{g/L}$  y caleta Inglesa, donde hubo un pequeño núcleo superficial con concentraciones > 1  $\mu\text{g/L}$ .

Entre Chañaral y punta Arenas (**Fig. 38**), núcleos de concentración > 1  $\mu\text{g/L}$  se observaron en las estaciones costeras de Chañaral, bahía Moreno y Mejillones, esta última localidad tuvo un máximo > 2  $\mu\text{g/L}$ . En punta Copaca el máximo fue > 0,5  $\mu\text{g/L}$  dentro de los 30 m superficiales en la estación costera. En el resto de las transectas los valores fluctuaron en torno a 0,2  $\mu\text{g/L}$ .

Entre punta Lobos y Arica (**Fig. 39**) se observaron las concentraciones más altas del muestreo, todos con núcleos de valores > 1  $\mu\text{g/L}$ . Punta Lobos presentó un pequeño núcleo centrado en los 30 m de la estación costera; el de punta Gruesa tuvo 30 m de espesor con un máximo > 5  $\mu\text{g/L}$ ; el de punta Junín sobrepasó las 5 nm con un máximo > 6  $\mu\text{g/L}$ ; el de punta Madrid tuvo un espesor de 10 m y un máximo superficial > 3  $\mu\text{g/L}$ ; por último el de Arica, denotó un espesor irregular y de mayor tamaño extendiéndose hasta las 20 mn con un máximo de 2  $\mu\text{g/L}$ .

### 1.22 Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (fliv)

Se observa una amplia presencia de valores > 1 volt, los que en general ocupan gran parte de las transectas, estando restringidos en la mayoría de los casos a los primeros 40 m.



Pichidangui a Caldera (**Fig. 40**). Los valores más altos se registraron en caleta Cruz Grande, con núcleos de valores  $> 5$  volt entre las 10 y 40 mn, le siguió en valor el núcleo de caleta Inglesa  $> 3$  volt, ubicado en las 10 mn y pequeños núcleos  $> 2$  volt entre las 5 y 10 mn en caleta Maitencillo de Coquimbo, en las 10 y 100 mn de punta Molle y en la estación costera de Caldera.

Chañaral a punta Arenas (**Fig. 41**). En este sector hubo una mayor presencia de valores,  $> 2$  volt, estando ausentes sólo en punta Ballenita. El núcleo de valores más altos y de mayor tamaño fue el de Mejillones,  $> 10$  volt en la estación costera y  $> 3$  volt que se extendieron hasta las 40 mn. En bahía Moreno, un núcleo de valores  $> 5$  volt ocupó las primeras 5 mn con un máximo costero ( $> 10$  volt). En punta Copaca, un pequeño núcleo  $> 5$  Volt se registró en la estación costera. Las transectas de Chañaral, punta Tres Picos y punta Arenas presentaron núcleos máximos de reducido tamaño que superaron los 3 volt.

Punta Lobos a Arica (**Fig. 42**). Este sector presentó núcleos de valores  $> 4$  volt en todas las transectas. El de mayor tamaño fue punta Lobos donde los valores  $> 3$  volt se extendieron desde las 40 a las 100 mn. Punta gruesa y punta Madrid tuvieron núcleos costeros con máximos mayores a 10 y 5 volt, respectivamente. Punta Junín presentó un núcleo que abarcó las primeras 10 mn con valores  $> 5$  volt y un máximo  $> 10$  volt en las 5 mn. Arica tuvo un núcleo de valores  $> 5$  volt que se extendió desde la costa hasta las 20 mn, con dos máximos  $> 10$  volt en los primeros 5 m de las 10 mn y en los 8 m de la estación de 20 mn.

### 1.23 Penetración de luz

La penetración de la luz, para identificar la profundidad de la capa fótica, se registró en un total de 36 estaciones repartidas en toda el área de estudio (**Tabla 3**). En el sector dentro de las 20 mn se detectó la mayor cantidad de datos, con 21



registros y un rango entre 25,2 y 81,2 m, lo que coincidió con un espesor de **CM** entre 0 y 12 m. En el sector entre las 40 mn hasta las 100 mn se recogieron 15 datos, los cuales mostraron un rango de profundidad de capa fótica entre 43,2 y 94,2 m, lo que coincidió con un espesor de **CM** entre 0 y 16 m. En general, el sector costero contó con profundidades de capa fótica menores a 60 m.

## 1.24 Nutrientes

### Amonio

Las concentraciones de amonio fluctuaron entre un mínimo de 0,0 y un máximo de 5,49  $\mu\text{M}$ , observándose un incremento entre los 10 m y 50 m y a 200 m de profundidad.

La distribución horizontal en superficie exhibió un máximo de 1,0  $\mu\text{M}$  frente a Chañaral a 5 mn de la costa, los otros núcleos que se observaron no superaron los 0,5  $\mu\text{M}$ . A 10 m de profundidad se incrementó el valor máximo, a 2  $\mu\text{M}$ , el cual se detectó siempre en la zona costera, pero al sur del área de estudio, frente a punta Farellones. A 20 m y 50 m de profundidad este núcleo se mantuvo, pero en el estrato de los 50 m se detectó asociado a las estaciones más alejadas de la costa. Hacia el norte las concentraciones no superaron 1,0  $\mu\text{M}$ . En los estratos de 75 y 100 m de profundidad, los valores de amonio presentaron un valor máximo de 0,8  $\mu\text{M}$ , observándose una distribución más homogénea. En ambas profundidades, en la zona entre Arica y punta Hornos, se registraron las concentraciones más altas, las cuales exhibieron un leve gradiente de disminución desde la costa hacia la región más oceánica (0,8 – 0,4  $\mu\text{M}$ ). A 200 m se registraron dos focos de altos valores, uno en el norte, frente a punta Madrid, que correspondió a la concentración máxima de amonio para el período analizado



(5,49  $\mu\text{M}$ ). Este se localizó a 20 mn de la costa, revelándose un gradiente de disminución hacia el sector oceánico que se extendió hasta bahía Moreno. El otro núcleo se observó al sur, frente a caleta Inglesa, entre 20 y 40 mn de la costa alcanzando un máximo cercano a 2,1  $\mu\text{M}$ . En punta Farellones, entre 1 y 10 mn de la costa, se detectó un pequeño foco que no superó los 1,5  $\mu\text{M}$ , y frente a rada Raposo, en las estaciones más alejadas de la costa, hubo un leve incremento, pero menor a 1,0  $\mu\text{M}$  (**Fig. 43**).

La distribución vertical de amonio, en un sentido norte sur, no reveló un claro patrón, aunque en el norte se detectó una leve tendencia al aumento de los valores con la profundidad. Esto fue particularmente evidente en la zona costera entre Arica y punta Madrid (T21-T20), presentando ésta última un máximo a 200 m de profundidad. En punta Junín, los valores de amonio fueron más altos en el estrato entre la superficie y los 50 m de profundidad, con un pequeño núcleo a 5 m y a 70 mn de la costa. Desde bahía Moreno al sur (T13-T1) la distribución vertical se mostró más homogénea, observándose en rada Raposo (T11) el incremento a 200 m de profundidad y en la estación localizada a 100 mn de la costa. En el extremo sur, frente a caleta Inglesa (T5), la columna de agua entre la superficie y los 75 m de profundidad, exhibió valores cercanos a 0,0  $\mu\text{M}$  con un notorio incremento hacia los estratos más profundos. Por el contrario, en punta Farellones (T3), núcleos de altos valores se registraron entre la superficie y los 50 m de profundidad, en la zona costera y en las estaciones más oceánicas respectivamente (**Fig. 44**).

## Nitrito

Las concentraciones de nitrito fluctuaron entre 0,0 y 9,45  $\mu\text{M}$ . La distribución de este nutriente estuvo caracterizada por un aumento de los valores con la profundidad en el sector norte del área de estudio, entre Arica y rada Raposo, y una disminución hacia el sur de esta localidad.



La distribución horizontal superficial reveló la presencia de valores inferiores a  $1,0 \mu\text{M}$  en toda el área de estudio, observándose hacia el sur un leve incremento que se centró en punta Ballenita, y entre punta Farellones y Pichidangui. En el estrato de 10 m los valores se mantuvieron dentro del mismo rango, excepto en punta Junín, donde se registró un núcleo de valores cercanos a  $5,0 \mu\text{M}$  entre 1 y 20 mn de la costa. Este máximo se mantuvo a 20 m de profundidad donde alcanzó el máximo registrado de este nutriente ( $9,45 \mu\text{M}$ ). A partir de los 50 m, el foco localizado frente a punta Junín, se extendió hacia el norte hasta Arica, y hacia el sur hasta Rada Raposo. De igual forma, las altas concentraciones exhibieron una extensión costa afuera con el aumento de la profundidad, alcanzando las 100 mn frente a Arica y manteniéndose entre 40 y 70 mn en las otras localidades. El núcleo con los valores máximos ( $\sim 4,0 \mu\text{M}$ ) se concentró entre Arica y punta Lobos. En el resto del área de estudio los valores descendieron, excepto por unos focos puntuales localizados a 50 m en la costa de bahía Salada ( $\sim 9,0 \mu\text{M}$ ), y otro a 70 mn frente a punta Tres Picos, de 100 m de profundidad y cercano a  $3,0 \mu\text{M}$  (**Fig. 45**).

Las secciones verticales de amonio revelan valores inferiores a  $1,0 \mu\text{M}$  en el estrato superficial, con un núcleo de altas concentraciones desde los 50 a los 200 m de profundidad que se va replegando hacia el sector costero en un sentido norte-sur, hasta punta Ballenita. La excepción la constituye el sector frente a punta Junín, donde los valores máximos en la zona costera (1 - 20 mn) se extienden por toda la columna de agua. Hacia el sur, las concentraciones descendieron bajo  $1,0 \mu\text{M}$  en toda la columna de agua, excepto en bahía Salada (T7), donde se observó a 50 m un núcleo cercano a  $9,0 \mu\text{M}$  entre la costa y 10 mn (**Fig. 46**).





## Nitrato

Las concentraciones de nitrato fluctuaron entre un mínimo de 0,0 y un máximo de 38,46  $\mu\text{M}$ . Este nutriente se caracterizó por exhibir un aumento a lo largo de un gradiente latitudinal de sur a norte y con la profundidad.

A nivel superficial, altas concentraciones de nitrato fueron detectadas en la franja entre 1 y 40 mn entre punta Hornos y Pichidangui, alcanzando un valor máximo cercano a 12,0  $\mu\text{M}$ . En esta zona se registraron algunos focos de altos valores, localizados a 70 mn. Al norte, entre Arica y punta Copaca, las concentraciones en la costa descendieron de 4,0  $\mu\text{M}$ , con un gradiente de disminución hacia la zona oceánica que reveló valores cercanos a 0,0  $\mu\text{M}$ . A 10 m de profundidad el patrón se mantuvo, excepto por la aparición de altas concentraciones ( $\sim 8$   $\mu\text{M}$ ) muy replegadas a la costa entre Arica y punta Lobos. Estas aumentaron a los 20 m, al mismo tiempo que se extendieron hasta 40 mn en Arica y punta Junín. El núcleo del sector sur, alcanzó el máximo registrado frente a punta Farellones (38,46  $\mu\text{M}$ ). En el estrato de 50 m las altas concentraciones del sector norte se extendieron hasta la región oceánica, con valores que alcanzaron 16  $\mu\text{M}$ . Entre los 75 y 100m de profundidad el área estuvo dominada por concentraciones de nitrato superiores a 8,0  $\mu\text{M}$ , y a 100 m se registraron valores cercanos a 16  $\mu\text{M}$  en la zona norte a 100 mn de la costa. A 200 m, concentraciones cercanas a 25,0  $\mu\text{M}$ , se hicieron más evidentes, especialmente frente a rada Raposo y entre caleta Inglesa y punta Farellones (**Fig. 47**).

En la componente vertical, las concentraciones de nitrato entre Arica y punta Copaca (T21-T15) muestran bajos valores ( $< 4,0$   $\mu\text{M}$ ), asociados al estrato entre los 0 y 20 m de profundidad, los que se incrementan con la profundidad hasta concentraciones por sobre los 16  $\mu\text{M}$ . Desde punta Copaca al sur, los altos



valores se acercan a la superficie en la zona costera y región más oceánica, detectándose una columna de agua con concentraciones mayores a  $16,0 \mu\text{M}$  desde los 75 m. En punta Farellones (T3) se observa la presencia a 20 m de profundidad, del máximo valor registrado de este nutriente para el período analizado (**Fig.48**).

### **Fosfato**

El fosfato fluctuó entre un mínimo de  $0,0$  y un máximo de  $6,6 \mu\text{M}$ . La distribución de este nutriente estuvo caracterizada por el aumento de las concentraciones con la profundidad y distancia de la costa.

La distribución horizontal entre la superficie y los 20 m de profundidad reveló la presencia de valores inferiores a  $2,0 \mu\text{M}$  en toda el área de estudio, excepto en sitios bien localizados en el sector norte, donde se registraron concentraciones mayores a  $3,0 \mu\text{M}$ . En los estratos de 20 y 50 m los altos valores se extendieron hacia la región oceánica, con núcleos puntuales cercanos a  $5 \mu\text{M}$  que no mostraron un patrón claro de distribución. Entre los 75 y 200 m de profundidad, la región estuvo dominada por valores superiores a  $3,0 \mu\text{M}$ , observándose a 200 m el máximo de fosfato registrado, a 20 mn de la costa frente a punta Copaca (**Fig. 49**).

La distribución vertical de fosfato muestra entre Arica y punta Junín (T21-T19) valores superiores a  $3,0 \mu\text{M}$  en toda la columna de agua en la franja entre 1 y 20 mn de la costa. Hacia el sur, la capa superficial se vio afectada por bajas concentraciones ( $<3,0 \mu\text{M}$ ), que se extendieron hasta 20 m de profundidad en la zona costera y se profundizaron hacia la región más oceánica. En punta Copaca y punta Hornos (T15-T14) se observan núcleos de alta concentración ( $>6,0 \mu\text{M}$ ), localizados a 200 y 50 m de profundidad, respectivamente (**Fig. 50**).



## Silicato

El silicato presentó concentraciones extremas de 0,0 y 21,95  $\mu\text{M}$ . Este nutriente se caracterizó por exhibir un aumento de las concentraciones hacia los estratos más profundos desde el norte hacia el sur del área de estudio.

En la distribución horizontal entre los 0 y 20 m de profundidad, se observaron concentraciones inferiores a 8,0  $\mu\text{M}$ , detectándose un incremento con la profundidad entre Arica y punta Copaca, y al sur entre caleta Inglesa y punta Farellones, donde se registraron valores cercanos a 12,0  $\mu\text{M}$ . A 50 m toda la franja costera entre Arica y rada Raposo exhibió valores superiores a 12,0  $\mu\text{M}$ , los cuales se extendieron hasta 40 mn frente a Arica y punta Junín. A 70 mn frente a caleta Inglesa, se detectó un segundo máximo que alcanzó 21,5  $\mu\text{M}$ . En los estratos 75 y 100 m altas concentraciones fueron registradas hasta 100 mn de la costa en el sector norte, mientras que hacia el sur se mantuvieron replegadas al margen costero. A 200 m de profundidad el silicato exhibió en los extremos norte y sur del área de estudio concentraciones superiores a 16,0  $\mu\text{M}$  en la región oceánica, detectándose el máximo de este nutriente a 70 mn, frente al norte Coquimbo. Entre rada Raposo y bahía Salada las mayores magnitudes se mantuvieron en la zona costera (**Fig. 51**).

En la componente vertical se observó entre Arica y punta Junín (T21-T19) una columna de agua costera con altas concentraciones, las cuales disminuyen en profundidad y hacia la región más alejada de la costa. Desde punta Gruesa (T18) al sur, los bajos valores comienzan a observarse en toda la columna de agua con focos de altas concentraciones localizados entre 75 y 200 m de profundidad y entre 40 y 70 mn de la costa. En el norte de Coquimbo (T4) se observa el máximo de 21,95  $\mu\text{M}$  a 200 m de profundidad, y en caleta Inglesa (T5), el segundo máximo (21,5  $\mu\text{M}$ ) a 50 m (**Fig. 52**).



## B. **Objetivo específico N° 2.2**

*Determinar la abundancia estacional, distribución espacial y composición del plancton, incluyendo el macrozooplancton, mesozooplancton, microplancton, nanoplancton y picoplancton de la zona de estudio, y su relación con las condiciones oceanográficas indicadas en 2.1.*

## 2. **Plancton fraccionado**

### 2.1 **Picoplancton**

La fracción picoplanctónica en el sector entre bahía Moreno (T13) y Pichidangui (T1), estuvo representada por bacterias, picoplancton eucarionte autotrófico y picoplancton procarionte autotrófico.

Considerando los valores integrados por estación, el componente bacteriano exhibió las mayores abundancias, las que fluctuaron entre  $2,28 \times 10^5$  y  $2,47 \times 10^6$  cél/mL. Las concentraciones más altas fueron detectadas al norte, frente a punta Arenas (T16) y, al sur entre Chañaral (T9) y bahía Salada (T6). El segundo grupo, en términos de abundancia, fue el picoplancton procarionte autotrófico que presentó concentraciones entre 0,04 y  $1,27 \times 10^5$  cél/mL. Al igual que las bacterias, este grupo exhibió las mayores magnitudes en punta Arenas y Chañaral. Las concentraciones del picoplancton eucarionte autotrófico fluctuaron entre 0,01 y  $2,04 \times 10^4$  cél/mL, presentando las mayores abundancias en el norte, frente a bahía Moreno (T13) (**Tabla 4**).

La distribución horizontal de la abundancia bacteriana reveló la presencia de las mayores concentraciones entre la superficie y los 10 m de profundidad. En estos estratos se detectaron núcleos de altos valores en punta Arenas (T-16), Chañaral (T-9) y bahía Salada (T-7), los cuales estuvieron asociados a la franja entre 1 y 20 mn de la costa. La máxima abundancia,  $4,48 \times 10^6$  cél/mL, se registró a 10 m de



profundidad frente a Bahía Salada (T-7) y a 5 mn de la costa. Este núcleo se mantuvo en el estrato de los 20 m, donde alcanzó  $3,24 \times 10^6$  cél/mL. A 50 m las concentraciones disminuyeron por debajo de  $1,00 \times 10^6$  cél/mL, valores que dominaron el área de estudio a 75 y 100 m de profundidad, excepto por el foco frente a Chañaral (T-9) con abundancias cercanas a  $2,00 \times 10^6$  cél/mL, el cual, a los 100 m, se extendió costa afuera (**Fig. 53**).

La distribución horizontal de la abundancia del picoplancton eucarionte autótrofo exhibió los mayores valores entre la superficie y 50 m de profundidad. Las abundancias más altas se extendieron entre punta Lobos y Chañaral y entre la costa y las 100 mn. A nivel superficial se detectaron tres focos con concentraciones superiores a  $2,50 \times 10^4$  cél/mL, uno entre punta Lobos (T-17) y punta Arenas (T-16), otro frente a bahía Moreno (T-13), y otro al sur, frente a Chañaral (T-9). En bahía Moreno (T-13), a 20 mn de la costa, se detectó la máxima concentración de este grupo ( $4,46 \times 10^4$  cél/mL). Hacia el sur de Chañaral se registró la presencia de focos aislados en las localidades de bahía Salada (T-7), caleta Inglesa (T-5) y norte de Coquimbo (T-4), con abundancias cercanas a  $3,50 \times 10^4$  cél/mL. En los siguientes estratos, hasta 20 m de profundidad, estos focos fueron observados, pero con una magnitud inferior, excepto por el de bahía Moreno. A 75 y 100 m de profundidad las concentraciones de picoplancton eucariota autótrofo no superaron las  $5,00 \times 10^3$  cél/mL (**Fig. 54**).

Respecto del picoplancton procariota autótrofo, la distribución horizontal de su abundancia también reveló la presencia de los mayores valores entre la superficie y los 20 m de profundidad, y a una distancia de 20 mn de la costa. Este grupo mostró un patrón similar al de las bacterias. En superficie se observaron núcleos de altos valores en punta Arenas (T-16), en Chañaral (T-9) y bahía Salada (T-7). El primero de ellos presentó una concentración de  $2,21 \times 10^5$  cél/mL, el localizado frente a Chañaral (T-9) de  $2,69 \times 10^5$  cél/mL, correspondiente a la abundancia máxima que



exhibió este grupo. El foco de bahía Salada (T-7) alcanzó un máximo de  $2,12 \times 10^5$  cél/mL. Hasta el estrato de 20 m de profundidad esta distribución se mantuvo, pero los focos disminuyeron en magnitud, y el área de estudio estuvo dominada por concentraciones que fluctuaron entre  $2,00$  y  $8,00 \times 10^4$  cél/mL. Lo mismo se registró a 50 m, mientras que a 75 y 100 m de profundidad la abundancia de este componente presentó densidades inferiores a  $2,00 \times 10^4$  cél/mL (**Fig. 55**).

La distribución vertical de la abundancia del picoplancton se presenta en la **Figura 56**. La abundancia bacteriana se caracterizó por exhibir los mayores valores entre la superficie y 50 m de profundidad, extendiéndose hasta 40 mn de la costa. Este patrón fue más evidente al norte del área de estudio, entre punta Lobos (T-17) y punta Hornos (T-14). Núcleos de altos valores a mayor profundidad fueron registrados en algunas localidades, destacando el de Chañaral, localizado a 75 m de profundidad, que alcanzó a  $2,21 \times 10^6$  cél/mL. Este grupo en general, con excepción de los focos localizados, exhibió abundancias en la columna de agua inferiores a  $1,50 \times 10^6$  cél/mL (**Fig. 56a**).

El picoplancton eucarionte autotrófico también exhibió en la componente vertical, las mayores abundancias en el estrato entre 0 y 50 m de profundidad. En el sector norte del área de estudio, entre punta Gruesa (T-18) y bahía Moreno (T-13), estos máximos se registraron en superficie y restringidos a la franja entre 1 y 20 mn de la costa. En bahía Moreno (T-13) se observa el máximo superficial de  $4,46 \times 10^4$  cél/mL. Hacia el sur, entre punta Tres Picos (T-12) y Chañaral (T-9) los núcleos de altos valores se extendieron hasta las 100 mn de la costa, siempre ocupando el estrato superficial. En estas localidades los máximos fueron de carácter subsuperficial, detectándose a 10 y 50 m. Hacia el sur de Chañaral (T-9) se mantienen los focos costeros, pero la columna de agua estuvo dominada por concentraciones inferiores a  $2,0 \times 10^4$  cél/mL (**Fig. 56b**).



La distribución vertical de la abundancia del picoplancton procariota autotrófico mostró el mismo patrón caracterizado por la presencia de las mayores concentraciones entre la superficie y los 50 m. En punta Arenas (T-16) y Chañaral (T-9) se distinguen los focos de máxima concentración, detectados para este grupo, localizados a 5 m de profundidad ( $2,21 \times 10^5$  cél/mL) y en superficie ( $2,69 \times 10^5$  cél/mL), de igual forma en bahía Salada (T-7) donde se detectó un valor de  $2,12 \times 10^5$  cél/mL a nivel superficial. En el resto del área de estudio, el estrato (0-50 m) estuvo dominado por valores que fluctuaron entre  $1,00 \times 10^5$  y  $2,50 \times 10^4$  cél/mL (**Fig. 56c**).

## 2.2 Nanoplancton

El nanoplancton presentó abundancias que fluctuaron entre 0,0 y  $9,9 \times 10^7$  cél/L. La distribución de este grupo se caracterizó por presentar las mayores abundancias en la zona costera de la región norte del área de estudio, extendiéndose costa afuera hacia el sur (**Tabla 5**).

La fracción autotrófica fue el componente dominante, alcanzando porcentajes de aporte entre el 52 y el 100%, particularmente en el estrato superficial de la columna de agua. La fracción heterotrófica, representada en menor porcentaje, se encontró distribuida en toda la columna de agua y en toda el área de estudio.

Con relación al espectro de tamaños, se observó una predominancia de partículas de menor tamaño. El 50,4% correspondió a organismos entre 2 y 4  $\mu\text{m}$ , la fracción entre 4 y 8  $\mu\text{m}$  comprendió un 31,8%, y los tamaños mayores un 17,8 %. Al comparar los extremos del área de estudio, se observó ausencia de las fracciones sobre los 12  $\mu\text{m}$  frente a Pichidangui (T1) (**Fig. 57**).



La distribución horizontal de la abundancia exhibió en superficie núcleos de altas concentraciones replegados a la costa en el sector norte, uno frente a punta Gruesa y otro en bahía Moreno, donde alcanzaron valores cercanos a 35 (cé/Lx10<sup>6</sup>). Hacia el sur se detectó un foco que se extendió entre el norte de Huasco y Pichidangui, y que alcanzó las estaciones más alejadas de la costa. Este mismo patrón fue observado en los estratos de 5, 10 y 20 m de profundidad, con un incremento a 10 m a concentraciones superiores a 35 (cé/Lx10<sup>6</sup>). Entre 50 m y 75 m los focos de alta abundancia se mantuvieron, pero más localizados y de menor magnitud, encontrándose el área dominada por concentraciones inferiores a 10 (cé/Lx10<sup>6</sup>) (**Fig. 58**).

El análisis de la distribución vertical reveló que en las transectas del norte las mayores abundancias se encontraron entre 1 y 10 mn de la costa y restringidas a los primeros 20 m de profundidad. Frente a punta Gruesa (T-18) y a punta Arenas (T-16) se observó la profundización de las máximas abundancias, correspondientes al núcleo localizado a 50 m. En el sur, frente al norte de Huasco (T-6), caleta Inglesa (T-5) y punta Farellones (T-3) se detectó una extensión costa afuera, y a 100 mn en punta farellones se observó un núcleo que no fue mayor a 15 (cé/Lx10<sup>6</sup>) (**Fig. 59**).

## 2.3 Microplancton

### 2.3.1 Microfitoplancton

Se identificó un total de 151 especies pertenecientes a diatomeas (67) y a flagelados (84). El grupo de las diatomeas estuvo representado mayoritariamente por formas en cadena, con tamaños que fluctuaron entre 25 y 2.258  $\mu\text{m}$ , y en segundo lugar por especies solitarias que variaron entre 40 y 3.700  $\mu\text{m}$  en tamaño





(**Tabla 6**). En los flagelados predominaron los representantes tecados, que alcanzaron tamaños entre 30 y 1003  $\mu\text{m}$ , mientras que los atecados, en menor número, presentaron un rango de talla que varió desde 30 a 395  $\mu\text{m}$  (**Tabla 7**).

La abundancia total del microfitoplancton, considerando los valores integrados por estación, fluctuó entre un mínimo de 0,3 y un máximo de 1.414,6 cél/mL, detectados a 100 mn y a 1 mn de la costa respectivamente. En general, concentraciones superiores a 100 cél/mL fueron registradas en las estaciones localizadas en la zona costera (1-10 mn), las que alcanzaron magnitudes superiores a 1.000 cél/mL en el norte de la zona de estudio (**Tabla 8**). Al analizar la abundancia por grupo, las diatomeas presentaron las mayores concentraciones celulares, aportando en promedio, con el 87% al total. Los flagelados escasamente superaron las 40 cél/mL y sus máximas se asociaron a las máximas de las diatomeas. Este grupo alcanzó aportes porcentuales mayores al 50%, principalmente en la región oceánica (70 - 100 mn), pero sus abundancias fueron bajas (**Tabla 8**).

La estructura de tamaño de las diatomeas estuvo representada por un rango promedio entre 137,5 y 667,5  $\mu\text{m}$ , observándose en general, un incremento hacia las estaciones localizadas entre 40 y 100 mn de la costa (**Tabla 9**). Las formas flageladas variaron en promedio entre 46,3 y 238,6  $\mu\text{m}$  en tamaño. También se observó un incremento hacia el sector oceánico, pero no fue un patrón generalizado, sino que se observó sólo en ciertos sectores del área de estudio (**Tabla 9**).

La distribución horizontal de la abundancia de las diatomeas entre la superficie y los 10 m de profundidad reveló la presencia de las máximas concentraciones (>500 cél/mL) en el norte del área de estudio, entre Arica y punta Hornos, las cuales se encontraron replegadas a la franja costera entre 1 y 10 mn de la costa,



excepto en Arica donde se extendió hasta las 20 mn. En este punto se detectó la abundancia máxima de este grupo, que alcanzó 3.106 cél/mL a 5 m de profundidad. En esta profundidad también se localizó un núcleo con concentraciones mayores a 500 cél/mL entre caleta Inglesa y el norte de Coquimbo. Hacia el sur los valores disminuyeron por debajo de las 500 cél/mL, excepto por dos núcleos observados frente a bahía Moreno y punta Ballenita, a 70 y 100 mn de la costa, respectivamente. A 20 y 50 m de profundidad este patrón todavía es distinguible, particularmente a 20 m, donde se observan los dos focos cercanos a 500 cél/mL en Arica y Mejillones (**Fig. 60** panel superior).

Los flagelados mostraron un patrón similar, con máximas concentraciones entre Arica y punta Hornos, asociadas a la franja entre 1 y 10 mn, extendiéndose en Arica hasta 20 mn de la costa. A nivel superficial se detectó un máximo (92 cél/mL) en Arica a 20 mn, y otro núcleo frente a punta Ballenita, ambos coincidentes con los observados en la distribución de las diatomeas. A 5 m de profundidad se observó una extensión de altos valores hasta bahía Moreno, registrándose a esta profundidad la máxima abundancia de este grupo, que alcanzó 305 cél/mL en punta Hornos. Hacia el sur de bahía Moreno, las concentraciones no superaron las 20 cél/mL (**Fig. 60** panel inferior).

La distribución vertical de la abundancia de las diatomeas reveló entre Arica y punta Hornos (T21 - T14), la presencia de máximas subsuperficiales asociadas a los 5 m de profundidad, con valores cercanos a 200 cél/mL, extendiéndose hasta los 50 m. A partir de punta Copaca (T15), hay una disminución de las concentraciones, registrándose una extensión hacia la región más oceánica, pero sólo hasta 20 m de profundidad. En las transectas 4 y 5 se aprecian los núcleos correspondientes al norte de Coquimbo y caleta Inglesa, respectivamente (**Fig. 61**).



En la distribución vertical de la abundancia de los flagelados, en sentido norte-sur, se observan las máximas concentraciones, entre la superficie y 10 m de profundidad, en todo el sector al norte de bahía Moreno, restringidos principalmente a las 5 mn de la costa y con valores cercanos a 10 cél/mL hasta los 50 m de profundidad. En la transecta 14, correspondiente a punta Hornos, se distingue la mayor abundancia registrada para este grupo a 5 m de profundidad y a 1 mn de la costa. Hacia el sur las concentraciones descendieron notoriamente sin detectarse un patrón claro en la distribución vertical. Frente a punta Ballenita se registra el máximo superficial a 100 mn, cercano a 20 cél/mL (**Fig. 62**).

En relación al espectro de tamaño, la distribución horizontal reveló un gradiente caracterizado por el aumento de los tamaños hacia el sector más oceánico. El dominio de diatomeas inferiores a 500  $\mu\text{m}$  entre la superficie y los 10 m de profundidad fue evidente en el sector donde se detectaron las mayores abundancias de este grupo, y a una distancia entre 70 y 100 mn de la costa, se observó la presencia de formas superiores a 800  $\mu\text{m}$  de largo. En las profundidades de 20 m y 50 m, el patrón se mantuvo. Hacia el norte de punta Hornos, destacó la presencia de formas inferiores a 500  $\mu\text{m}$ , mientras que hacia el sur se hicieron más evidentes las diatomeas con tamaños cercanos y mayores a 600  $\mu\text{m}$  en tamaño (**Fig. 63** panel superior).

Los flagelados en general, mostraron una distribución caracterizada por la presencia de individuos inferiores a 200  $\mu\text{m}$  en tamaño, prácticamente en toda el área de estudio y entre la superficie y los 20 m de profundidad. Focos localizados de individuos más grandes fueron registrados en particular entre punta Hornos y Chañaral. A 20 y 50 m de profundidad se registró un núcleo a 100 mn frente a punta Copaca, del cual fueron responsables especies del género *Ceratium* que alcanzan largos cercanos a los 700  $\mu\text{m}$  (**Fig. 63** panel inferior).



En la componente vertical, la distribución de los tamaños de las diatomeas reveló la presencia de formas de tamaño inferior a 500  $\mu\text{m}$ , asociadas a los sectores con las mayores abundancias, las que se registraron entre la superficie y los 50 m de profundidad. De igual forma se observó el incremento del espectro de tamaños hacia el sur a medida que las abundancias disminuyeron (**Fig. 64**). Un patrón similar se registró con las formas flageladas, las cuales se vieron dominadas por tamaños inferiores a 200  $\mu\text{m}$ , destacándose aquellas transectas en las cuales se observaron los focos localizados de individuos de mayor tamaño (**Fig. 65**).

Con respecto al aporte por especie, nueve especies de diatomeas fueron responsables de las mayores abundancias. Estas especies variaron latitudinalmente, siendo responsables de las abundancias registradas en el norte del área de estudio *Chaetoceros compressus*, *C. decipiens*, *Corethron criophilum*, *Detonula pumila*, *Eucampia zodiacus* y *Leptocylindrus danicus*, mientras que la zona sur del área de estudio estuvo dominada por *Lioloma delicatulum*, *Pseudonitzschia multiseriis* y *P. pseudodelicatissima*, las cuales, además de menor abundancia, exhibieron los mayores tamaños dentro de la fracción analizada (**Tabla 8**).

Entre las especies de flagelados, los que realizaron el mayor aporte y se encontraron distribuidos en toda el área de estudio fueron *Ceratium furca* var. *berghii* y *Dictyocha fibula*, resultando casi exclusivas del sector sur, donde junto con *Diplopsalis minor*, aportaron con más del 50% al total por transecta. En el sector norte, otras especies también exhibieron aportes importantes, destacando *Ceratium fusus* var. *seta*, *C. lineatum*, *C. Pentagonum*, *Distephanus speculum* y *Gyrodinium* sp. (**Tabla 10**).



### 2.3.2 Microzooplancton

El microzooplancton estuvo representado por componentes holoplanctónicos y meroplanctónicos, destacando entre estos últimos, estadios tempranos de invertebrados bentónicos (**Tabla 11**).

La abundancia total del microzooplancton, considerando valores integrados por estación, fluctuó entre un mínimo de 0,2 y un máximo de 28 ind/mL. Este grupo escasamente presentó concentraciones superiores a 10 ind/mL. Las mayores abundancias se detectaron asociadas a la costa en el sector norte del área de estudio, y hacia el sur éstas se presentaron hacia la región oceánica (**Tabla 12**).

Respecto de los tamaños, éstos variaron, en promedio, entre 96 y 238  $\mu\text{m}$ . En general los tamaños de este componente planctónico no presentaron un patrón ni latitudinal ni longitudinal (**Tabla 13**).

La distribución horizontal de la abundancia del microzooplancton reveló la presencia de máximos valores asociados al norte y sur del área de estudio. Entre la superficie y los 10 m de profundidad, se localizaron focos que fueron registrados entre Arica y punta Junín, restringidos a la franja entre 1 y 10 mn, extendiéndose hacia las 20mn frente a Arica. A los 10 m de profundidad se detectó un máximo cercano a 60 ind/mL frente a punta Madrid. Al sur, entre el norte de Huasco y Pichidangui se observó un segundo núcleo de altos valores, los cuales estuvieron asociados a las estaciones más alejadas de la costa en superficie y 5 m. A 10 m de profundidad las mayores abundancias se restringieron al borde costero, detectándose la máxima abundancia de este grupo, cercana a 70 ind/mL. En el resto del área de estudio el microzooplancton exhibió concentraciones inferiores a



5 ind/mL. A profundidades de 20 y 50 m, se mantuvieron los focos del sector sur, pero los valores no fueron superiores a 10 ind/mL (**Fig. 66** panel superior).

En la distribución vertical de la abundancia se observó la presencia de los máximos localizados entre la superficie y los 10 m de profundidad, y entre 1 y 20 mn de la costa, en las transectas correspondientes a Arica y punta Junín (T21 - T19). Hacia el sur la distribución vertical no exhibió mayores cambios, aunque se detectó una tendencia a la presencia de mayores valores en el estrato entre la superficie y los 10 m. En las transectas entre el norte de Huasco y Pichidanguí (T6 - T1) se distinguió el máximo subsuperficial que se desplazó desde 100 mn hacia la costa en el extremo sur (**Fig. 67**).

La distribución horizontal de los tamaños reveló un área dominada por formas de tamaño inferior a 200  $\mu\text{m}$ , observándose un leve gradiente horizontal definido por la presencia de individuos grandes hacia el sector más oceánico. Focos localizados de formas de tamaño mayor a 200  $\mu\text{m}$  se detectaron en diferentes sectores del área de estudio, sin mostrar un patrón definido de abundancia (**Fig. 66** panel inferior).

Los tamaños en la componente vertical, considerando las localidades donde se detectaron altas concentraciones, exhibieron un patrón caracterizado por la presencia de formas de menor tamaño asociadas tanto a la zona costera como al sector más oceánico en toda la columna de agua y en toda el área de estudio. Sólo frente a punta Ballenita (T-10) se observa un incremento con la profundidad y distancia de la costa (**Fig. 68**).

Al analizar el aporte por grupo, los componentes holoplanctónicos realizaron el mayor aporte porcentual al total de la abundancia por transecta. Ciliados aloricados y tintínidos se detectaron en toda el área de estudio, y fueron casi



exclusivos en el sector sur, entre el norte de Huasco y Pichidangui (T6 - T1), destacando los tintínidos con aportes superiores al 50%. Hacia el norte de bahía Salada (T7) los estadios naupliares y el componente meroplanctónico huevos, también registraron abundancias importantes. En esta área (T7-T21) estos cuatro grupos dieron cuenta de más del 90% de la abundancia observada, aunque ciliados aloricados y tintínidos mantuvieron los mayores aportes (**Tabla 14**).

## 2.4 Zooplancton

### 2.4.1 Composición

El zooplancton holoplanctónico en el área de estudio estuvo conformado por Radiolaria, Foraminífera, Hidromedusae, Siphonophora (Calicophorae y Physonectae), Ctenophora (*Pleurobrachia pileus*), Polychaeta (Alciopidae, Tomopteridae) y dos componentes no determinados, Gastropoda (Opisthobranchia Thecosomata y Gymnosomata, Prosobranchia, Pterotracheidae), Cladocera Sidoidea (*Evadne* sp.), Ostracoda, Anhipoda (Hiperidea y Gammaridea), Copepoda (Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida), Euphausida, Mysidacea, Galatheidae (*Pleuroncodes* sp.), Chaetognatha, Appendicularia y Salpidae (**Tabla 15**).

Los grupos más importantes fueron Copepoda Calanoida al ocurrir en la totalidad de las estaciones examinadas, seguidos en esta jerarquía de constantes por Chaetognatha, Ostracoda, Appendicularia, Copepoda, Cyclopoida, Siphonophora (Calicophorae), Polychaeta Tomopteridae, Salpidae y Euphausidae. Como taxa accesorios se registra a Anhipoda Gammaridea e Hiperidea, Polychaeta sp. 1, Copepoda Harpacticoida, Hidromedusae indeterminada, Foraminifera y Gastropoda Gymnostomata, al exhibir frecuencia de ocurrencia entre 25,1 y 50%. Los taxa restantes clasificaron como accidentales.



El componente meroplanctónico estuvo representado por Actinula de Cnidaria, Lingula de Brachiopoda, Cyphonauta de Bryozoa, Larvas de Polychaeta, Pelecypoda, Gastropoda y Cephalopoda, Metatrocophoras, estados larvales de Crustácea (Nauplii, Nauplii y Cypris de Cirripedia, Manca de Isopoda, Stomatopoda, Furciliias-Calioptopis de Euphausida, Zoeas de Anomura, *Emerita*, Porcellanida, Brachiura, Sergestidae, Megalopas de Decapoda, larvas indeterminadas), estados larvales de Echinodermata (postlarvas de Asteroidea, larvas Brachiolaria y Pluteus), huevos y larvas indeterminadas de invertebrados, larvas de Teleósteos, huevos de Teleósteos indeterminados y huevos de anchoveta (**Tabla 16**).

#### 2.4.2 Abundancia y espectro de tamaño

Las abundancias totales de zooplancton en el estrato 0-25 m, se encontraron entre 21,39 ind/m<sup>3</sup> (Estación 13) y 7.970,7 ind/m<sup>3</sup> (Estación 57) (**Tabla 17**). En el estrato entre 25 y 50 m de profundidad las abundancias totales fluctuaron entre 18,9 ind/m<sup>3</sup> (Estación 13) y 1.995,02 ind/m<sup>3</sup> (Estación 79) (**Tabla 18**).

En el estrato de 0-25 m de profundidad, se observó que hasta la zona de Mejillones los principales focos de abundancias se encontraron dentro de las 20 mn de la costa. Hacia el sur de Antofagasta los focos se extendieron hasta 70 mn, y en la transecta frente a punta Ballenita (T10) las altas abundancias se detectaron cercanas a 100 mn. Hacia el sur de caleta Inglesa hubo una disminución en las abundancias (**Fig. 69**).

En el estrato 25-50 m, no se observó una clara distribución de los organismos, ya que se detectaron focos de altas abundancias en la zona costera frente a Iquique (1 mn), frente a punta Arenas (T16) se localizaron a 40 y 70 mn y en punta Tres Picos (T12) a 70 mn de la costa (**Fig. 70**).





El grupo de los Copépodos de pequeño tamaño fue el que presentó las mayores abundancias en los dos estratos de profundidad, y por lo tanto, fueron los que mayor contribución hicieron a la abundancia total (**Tablas 19 y 20**). En el estrato de 0-25 m el grupo con mayor representación fue el de los Copépodos de menor tamaño, seguidos por huevos esféricos de peces y Copépodos de mayor tamaño (**Fig. 71**). En el estrato 25-50 m el grupo de mayor abundancia también fue el de los copépodos de menor tamaño, los Copépodos grandes fueron el segundo de mayor abundancia, seguidos por huevos esféricos de peces y larvas de anélida (**Fig. 72**).

El espectro de tamaño total del zooplancton fluctuó entre 0,25 y 11,25 mm. En ambos estratos (0-25 y 25-50 m) los tamaños de zooplancton fluctuaron entre 0,25 y 9,75mm (**Tablas 21 y 22**). Las mayores abundancias se vieron reflejadas en los tamaños menores a 2,25 mm. La distribución horizontal de esta clase de tamaño (<2,25 mm), tanto para el estrato superficial (0-25 m) como para el estrato más profundo (25-50 m) fue similar a la distribución de la abundancia total de zooplancton (**Figs. 73 y 74**), lo que corrobora el gran aporte en la abundancia del grupo de individuos de pequeño tamaño como los Copépodos.

Los organismos de mayor tamaño (>2,25 mm) mostraron una disminución en las abundancias con respecto a los más pequeños (<2,25 mm) en los dos estratos de profundidad. En el estrato más superficial se observó que, en general, en toda el área de estudio las abundancias fueron relativamente bajas, encontrándose un foco de altos valores en la transecta frente a punta Ballenita, a 1 mn de la costa (**Fig. 75**). En el estrato 25-50 m el patrón de distribución fue similar, con bajas abundancias en toda la zona y un foco de mayor concentración frente a Chañaral a 1 mn (**Fig. 76**).



El análisis del espectro de tamaños reveló una amplia variación en las pendientes, que van desde -0,12 a -3,02. Existió una tendencia a la disminución del valor de la pendiente con la latitud (**Fig. 77**), siendo significativa para ambos estratos ( $P = 0,04 \cdot 10^{-2}$  y  $P = 8,1 \cdot 10^{-11}$  para estratos 0-25 y 25-50 m, respectivamente). El valor de la pendiente tuvo una clara tendencia a aumentar con la abundancia (Logaritmo; **Fig. 78**) ( $P = 6,1 \cdot 10^{-2}$  y  $P = 6,28 \cdot 10^{-13}$  para estratos 0-25 y 25-50 m, respectivamente) y a disminuir con el tamaño promedio (Logaritmo; **Fig. 79**) de cada estación para ambos estratos de profundidad ( $P = 1,69 \cdot 10^{-20}$  y  $P = 6,86 \cdot 10^{-15}$  para estratos 0-25 y 25-50 m, respectivamente). Por tanto, la menor pendiente encontrada hacia el sur, se explicaría por un efecto combinado de la menor abundancia y menores tamaños.

### 2.4.3 Contribución porcentual de los grupos

Copepoda registró aportes globales en el rango del 11,63% - 93,73% por estación, y los restantes constituyentes del holoplancton comprendieron entre el 4,68% al 55,71%. La contribución del meroplancton fluctuó entre el 0% y 72,09%. Al considerar los aportes medios de las fracciones en análisis, estos fueron del 67,23%, 21,34% y 11,42%, respectivamente. En Copepoda, los Calanoidea fueron los más importantes con aportes en el rango de 9,30% a 82,27%, mientras que las contribuciones máximas de Cyclopoideos y Harpacticoideos fueron del 43,48% y 2,99%, respectivamente.

De acuerdo a la taxocenosis del holoplancton, se observó que una fracción significativa de los taxa (9), clasificaron como accidentales al exhibir contribuciones porcentuales menores o iguales al 2,5%, mientras que la jerarquía de accesorios es alcanzada por 3 y de dominantes por 13. Como taxas dominantes destacan Copépodos Calanoideos los que con un aporte máximo de 82,27% clasificaron como dominantes en el 100% de las estaciones; en forma



secundaria se observó a Cyclopoidea, Chaetognatha, Appendicularia, Ostracoda, Salpidae, Euphausida Siphonophora Calicophorae, Hiperidea, Hidromedusae, Tomopteridae, Gammaridea y *Polychaeta* sp.1 (**Tabla 23**).

Entre los organismos dominantes del meroplancton destacaron principalmente larvas de *Polychaeta*, huevos de invertebrados y estados de desarrollo de eufáusidos, tanto por el número de estaciones donde clasifican como dominantes como por sus contribuciones máximas; seguidos en dicha jerarquía por larvas pluteus, huevos de teleósteos indeterminados, larvas de Gastropoda, Nauplii y Nauplii de Cirripedia y Zoeas de Anomura. Los restantes componentes son de naturaleza accidental y/o accesoria (**Tabla 24**).

#### 2.4.4 Biomasa

El área de estudio registró una biomasa peso húmedo promedio de 2.705 g/1000m<sup>3</sup>, fluctuando en el rango de 80 a 23.781 g/1000m<sup>3</sup> (**Tabla 25**), valores observados a 1 mn en los 29°00'S y a 100 mn en los 27°00'S, respectivamente.

Longitudinalmente (**Fig. 80**) la biomasa media aumentó 4 veces desde la costa (1.146 g/1000m<sup>3</sup>) a las 70 mn (4.749 g/1000m<sup>3</sup>). El análisis de variancia de una vía no paramétrico de Kruskal-Wallis reveló que existieron diferencias estadísticas en el campo medio de biomasa longitudinal (Kw = 15,26; p = 0,0183). La prueba *a posteriori* LSD reconoció la existencia de tres grupos homogéneos (a: 1-5-10-20-40 mn; b: 5-10-20-40-100 mn y c: 20-40-100-70 mn).

El exámen latitudinal de la biomasa zooplanctónica enseñó un mayor potencial productivo entre las transectas 7 y 12, correspondientes al área bahía Salada - punta Tres Picos (**Fig. 81**), con valores sobre los 4.000 g/1000m<sup>3</sup>. El análisis de variancia de una vía no paramétrico de Kruskal-Wallis enseña que existen



diferencias estadísticas en el campo medio de biomasa latitudinal ( $Kw = 55,18$ ;  $p = 0,000$ ). La prueba *a posteriori* LSD reconoce la existencia de seis grupos homogéneos, en donde el área comprendida por las secciones 7 a 12 registra la mayor biomasa promedio.

La distribución horizontal de la biomasa reveló a nivel superficial la presencia de altos valores concentrados en el sector entre punta Tres Picos y bahía Salada, núcleo que alcanzó valores superiores a  $4.000 \text{ g}/1000\text{m}^3$ . En el estrato 25-50 m este foco de alta concentración se mantiene, pero con una magnitud inferior, con una marcada disminución de la biomasa hacia el norte y sur del área de estudio.

En los estratos siguientes el núcleo persiste, pero los valores escasamente superan los  $500 \text{ g}/1000\text{m}^3$ , valor que dominó en el resto del área de estudio (**Fig. 82**).

### C. **Objetivo específico N° 2.3**

*Describir y analizar la distribución y abundancia del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio, y su relación con las condiciones oceanográficas.*

### **3. Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces**

El procesamiento y análisis de las 146 muestras zooplanctónicas recolectadas durante el crucero de octubre de 2008, en la zona comprendida entre Arica y Pichidangui, permitió determinar la presencia de 674.615 huevos y 228.604 larvas, de los cuales 641.808 huevos (95,13%) y 164.568 larvas (71,98%) fueron identificados a nivel específico.



Cabe señalar que en esta oportunidad, no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de sardina y caballa. El detalle del número de huevos y larvas por especie, correspondientes a las muestras analizadas se entrega en la **Tabla 26**.

### 3.1 Anchoqueta, *Engraulis ringens*

Para esta especie se identificaron 31 estaciones positivas para huevos y 54 para larvas, lo que representó una frecuencia de 21,23% y 36,99% y una dominancia numérica igual a 87,7% y 68,8% para cada estadio de desarrollo, respectivamente (**Tabla 26**).

El análisis de las muestras recolectadas en las 146 estaciones zooplanctónicas permitió verificar la presencia de 591.701 huevos y 157.368 larvas, señalando una situación característica de una amplia e importante actividad reproductiva a lo largo de la extensión latitudinal comprendida entre Arica y bahía Moreno (23°40'S), la cual es coincidente con el pico primario de desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie. Entre Chañaral y Pichidanguí, no se registró presencia de huevos de esta especie, mientras que los estadios larvales, latitudinalmente se distribuyeron entre Arica y el norte de Coquimbo, no registrándose su presencia entre Caldera y Huasco y entre punta Farellones y el extremo sur del área de estudio.

La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 51 y 226.907 huevos/10m<sup>2</sup>. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 19.087 (DS= 45030,89) (**Tabla 26**).

La distribución geográfica de los huevos de anchoqueta en el área de estudio, señala que el desove ocupó el rango latitudinal comprendido entre Arica y bahía



Moreno ( $23^{\circ}40'S$ ) y longitudinalmente se extendió hasta las 70 mn frente a punta Hornos. Desde punta Tres Picos ( $24^{\circ}20'S$ ) hasta Pichidanguí no hubo registros positivos a huevos de esta especie (**Fig. 83a**).

No obstante, la amplia cobertura espacial del desove y de acuerdo a lo indicado por la fase de huevos, estos presentaron una modalidad nerítica en su postura, concentrándose el 99,6% de ellos en las primeras 40 mn, presentando los niveles de abundancia una leve tendencia a incrementarse hacia el sur de la zona prospectada (**Fig. 83a**).

Las áreas de mayor abundancia ( $> 22.000$  huevos/ $10m^2$ ) se localizaron frente a Arica, punta Lobos ( $21^{\circ}00'S$ ), punta Arenas ( $21^{\circ}40'S$ ), punta Hornos ( $23^{\circ}00'S$ ) y bahía Moreno ( $23^{\circ}40'S$ ), encontrándose configuradas por 6 registros positivos de un total de 31 (19,4%), los que en conjunto albergan al 88,9% del total de huevos de anchoveta cuantificados. El resto de las estaciones positivas, no incluidas las áreas de desove anteriormente mencionadas, presentan también niveles de abundancia significativos, comprendidos dentro del rango 51 a 10.778 huevos/ $10m^2$ . En este contexto, la estación positiva más relevante en términos de su abundancia para la zona de estudio, se localizó a 1 mn frente a bahía Moreno con 226.907 huevos/ $10m^2$  (38,3%).

En relación al número de huevos y para la zona Arica - Antofagasta, la presente prospección presentó con respecto al crucero precedente, un porcentaje de cambio positivo igual a 110%, constituyéndose en el sexto registro más importante en cuanto al número de huevos cuantificados de los últimos 27 años.

Las fases larvarias se presentaron en 54 registros positivos de un total de 146, con una densidad igual a 157.368 larvas/ $10m^2$ . Respecto a las concentraciones larvarias, éstas fluctuaron entre 31 y 21.312 larvas/ $10m^2$ , con una densidad



promedio igual a 1.078 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva fue igual a 2.914 (DS= 5132,08).

El patrón de distribución espacial de las larvas de anchoveta en el área de estudio, revela que el desove se verificó en el rango latitudinal comprendido entre Arica y el norte de Coquimbo (29°40'S) y longitudinalmente se extendió hasta una distancia de 70 mn de la costa frente a las localidades de punta Junín (19°40'S), punta Guesa (20°20'S) y punta Arenas (21°40'S) (**Fig. 83b**).

En comparación a la fase de huevo, y como habitualmente acontece, las larvas de anchoveta exhiben una mayor cobertura espacial y menor abundancia relativa, la cual se manifiesta por una diferencia porcentual de 74,1% en la frecuencia de estaciones positivas y de -73,4% y -84,7% en la densidad promedio por estaciones totales y positivas, respectivamente; situación que se produce en el primer caso debido al proceso de dispersión y transporte que afecta a estas fases ontogénicas en el transcurso del desarrollo embrionario, y al efecto combinado de la mortalidad y capacidad de evasión por parte de las larvas más desarrolladas (**Tabla 26**).

Las áreas de desove más significativas (> 13.000 larvas) se localizaron frente a punta Junín (19°40'S), punta Guesa (20°20'S) y punta Hornos (23°00'S), encontrándose configuradas por 5 registros positivos de un total de 54 (9,3%), los que en conjunto albergan al 56,1% del total de larvas de anchoveta cuantificadas. El resto de las estaciones positivas, no incluidas las áreas de desove anteriormente mencionadas, presentan también niveles de abundancia significativos comprendidos dentro del rango 31 a 7.465 larvas/10m<sup>2</sup>. En este contexto, la estación positiva más relevante en términos de su densidad para la zona de estudio, fue la designada con el número 97, situada a 5 mn frente a punta Hornos con 21.312 larvas/10m<sup>2</sup> (13,5%).



En relación al número de larvas y para la zona Arica - Antofagasta, octubre de 2008 exhibe respecto al crucero precedente un incremento en sus niveles de abundancia, lo que se traduce en un porcentaje de cambio igual a 134,3%, constituyéndose en el séptimo registro más importante en cuanto al número de larvas cuantificadas de los últimos 27 años.

Las estimaciones de la densidad media, varianza y coeficientes de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta para la zona Arica - Antofagasta obtenidas para octubre de 2008, se presentan en las **Figuras 84 y 85**. En ellas se aprecia en general, que los coeficientes de variación más bajos y para ambas fases de desarrollo se obtuvieron para la estimación mediante la distribución Log-normal o distribución delta, desde el invierno de 2003 a invierno de 2005, para el estadio de huevos y larvas, respectivamente, donde la situación se revierte.

### **3.1.1 Distribución de huevos y larvas de anchoveta asociados a la temperatura y salinidad superficial del mar.**

Al norte de Chañaral y especialmente al norte de Antofagasta, se observó la mayor concentración de larvas y huevos (**Figs. 86 y 87**), respectivamente. Esta mayor concentración se constató en las primeras 20 a 30 mn de la costa, aunque hay puntos que aparecen alejados de ella, especialmente frente a Pisagua-Iquique y punta Arenas.

Al norte de punta Cobija, se observó una clara asociación espacial de la banda costera especialmente con los huevos, los cuales tienen como tal, un corto período de residencia en el plancton. Esta banda costera se caracteriza por menores temperaturas ( $<18^{\circ}\text{C}$ ) y menores salinidades ( $< 34,8$  psu). El gradiente zonal de estas variables señala la presencia de una zona frontal que limita el ecosistema costero, y potencialmente limita la advección lejos de la costa de los huevos. A pesar





de lo anterior, y como se mencionó, aparecieron puntos de alta concentración de huevos y larvas alejados de la costa y por fuera de la zona frontal. Al analizar la presencia de estos puntos dentro del contexto de las corrientes geostróficas, ellos aparecen como respuesta a la advección de aguas desde la zona costera entre los 20°30'S y 21°30'S, asociado a un flujo divergente desde la costa con dirección noroeste que aparece como límite de un giro anticiclónico (21°30'S - 72°30'). La respuesta espacial de la distribución de huevos y larvas a las corrientes geostróficas aparece potencialmente en bahía Mejillones y Antofagasta, donde los huevos y larvas se concentraron en las bahías, pero asociados a estos aparecen flujos convergentes hacia la costa. En este sector, los registros que aparecieron mas alejados frente a Mejillones, según la distribución de las corrientes, no estarían siendo advectados hacia fuera de la costa, sino que provendrían desde el área de Antofagasta. Otros puntos geográficos interesantes de hacer notar son rada Paposo y bahía Coquimbo, los cuales por las características geográficas que poseen y la interacción con las corrientes que los circundan parecen definirlos, especialmente bahía Coquimbo, como áreas de retención, a pesar que la cantidades de larvas encontradas sean varios ordenes de magnitud menores que las ubicadas al norte del área de estudio.

### **3.1.2 Distribución vertical de huevos y larvas de anchoveta asociados a la distribución de oxígeno disuelto.**

La mayor parte de los huevos y larvas de anchoveta recolectados durante el crucero de octubre de 2008 en los distintos niveles de profundidad, fueron registrados sobre o muy cerca del límite superior de la capa mínima de oxígeno (**CMO**). Quedó en evidencia en los nueve perfiles de cada una de las transectas, como se aprecia en las **Figs. 88 y 89**, la existencia de una clara restricción en la distribución del ictioplancton de esta especie por la **CMO**. Ambos estadios de desarrollo exhibieron un límite vertical de distribución hasta los 35 m en todas las



transectas. La mayor profundización de la **CMO** se registró en punta Copaca, traspasando los 100 m en las 30 mn, sin embargo, tanto los huevos como las larvas se ubicaron por sobre este fondo, no sobrepasando los 35 metros entre la primera y las 20 mn. Contrariamente, la menor profundización de la **CMO** se detectó en Arica, llegando hasta los 15 m en las 5 millas de la costa, por lo que la mayor incidencia de larvas de anchoveta estuvo asociada al estrato mas superficial (5 m). En esta misma transecta, entre 1 y 40 mn, la **CMO** redujo la amplitud de distribución vertical de huevos y larvas, localizándose estos en su gran mayoría sólo hasta los 15 m.

En el caso de los huevos de jurel, las únicas dos estaciones con presencia de ellos se localizaron muy por encima de la **CMO**. En bahía Moreno, donde esta isolínea se profundizó hasta 25 m a la altura de las 5 mn, los huevos se detectaron a los 15 m, y en punta Copaca, el registro positivo de huevos localizado a 40 mn tuvo una distribución vertical que no superó los 5 m, donde la profundización de la **CMO** estuvo por sobre los 100 m. Las larvas de jurel no fueron localizadas durante la realización del crucero (**Figs. 90 y 91**).

### **3.1.3 Distribución vertical de huevos y larvas de anchoveta**

Durante el crucero del año 2008 se recolectaron muestras estratificadas en 45 estaciones, las que se distribuyeron en nueve transectas entre Arica y Antofagasta, desde la costa hasta una distancia máxima de 40 mn, obteniéndose 135 muestras provenientes de los tres intervalos de profundidad preestablecidos. Los huevos fueron detectados en menor cantidad de estaciones con respecto al estadio de larvas, 28 y 39, respectivamente, fluctuando sus densidades entre 35 – 121.330 huevos/10 m<sup>2</sup>.



El mayor número de registros con presencia de huevos, se evidenció en los estratos más superficiales 0 -10 y 10 -25 m, estimándose en estos intervalos las mayores densidades promedio, las que fueron disminuyendo al aumentar la profundidad (**Fig. 92 a y b**).

Latitudinalmente estos se presentaron con mayor frecuencia en las transectas situadas entre punta Gruesa (20°20'S) y bahía Moreno (23°40'S). Las más altas densidades en los estratos más profundos se presentaron frente a punta Arenas y punta Lobos. A partir de la latitud 20°20'S (punta Gruesa) hacia el norte, las estaciones con presencia de huevos fueron más escasas, en esta zona se observaron las más bajas abundancias promedio (**Fig. 93 a, b y c**).

Las larvas al igual que el patrón exhibido por los huevos, se mostraron en un mayor número de registros en los estratos más superficiales. Su mayor abundancia promedio se evidenció entre la superficie y los 10 m de profundidad (1.455 larvas/10 m<sup>2</sup>), abundancia que fue decreciendo al incrementarse la profundidad (**Fig. 94 a y b**). Estas se mostraron más dispersas en la zona, ocupando un mayor número de estaciones. La mayor presencia de larvas se ubicó entre punta Hornos y punta Copaca y entre punta Gruesa y punta Junín. A 5 m de punta Junín y en el intervalo más somero, se detectó la mayor densidad de larvas (13.263 larvas/10 m<sup>2</sup>) (**Fig. 95 a, b y c**).

#### **3.1.4 Análisis estacional de huevos y larvas de peces y estimación del índice de abundancia larval**

El análisis comparativo de las características asociadas a la abundancia del ictioplancton de las especies objetivo en época de pico primario de desove para anchoveta, se efectuó solamente respecto de la fase de larvas, debido fundamentalmente al corto tiempo de residencia del estadio de huevos en el plancton. Por otra parte las fases larvarias presentan un mayor período de vulnerabilidad a las



redes de plancton y consecuentemente un mayor tiempo de permanencia en el plancton, por lo tanto, sus abundancias reflejan de mejor manera las características generales del desove en cuanto a su intensidad y extensión.

Durante las prospecciones realizadas en los años 1981, 1983 y 1984, predominó el desove de sardina por sobre el de anchoveta, jurel y caballa, situación que experimentó un cambio radical a partir de 1985, donde se registraron niveles de abundancia extraordinariamente elevados para ambos estadios de desarrollo de anchoveta, los cuales no tienen precedentes, ni para el período 1964-1973 (Rojas, 1986).

El parámetro poblacional densidad promedio por estaciones totales, ha reflejado con bastante fidelidad los cambios que ha experimentado a nivel de ictioplancton la composición específica de la comunidad pelágica de la zona norte del país, los que se han caracterizado por un período comprendido entre 1964 y 1973 con un claro y absoluto predominio de anchoveta en el ecosistema y un cambio de dicha situación con posterioridad a 1973 hasta 1985, por la dominancia de sardina.

La situación observada a partir del año 1985, señaló que nuevamente estábamos frente a un proceso de cambio, con una categórica predominancia en la abundancia de anchoveta respecto de sardina y jurel, con densidades sin precedentes y que han sido registradas en los años 1985, 1994 y en menor magnitud en 1989 y 2003. De la misma manera, las disminuciones más drásticas han estado asociadas a perturbaciones ambientales, como lo ha sido la presencia del evento “El Niño” en la zona de estudio durante los años 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992 y 1997-1998 (**Fig. 96**).



En el invierno de 1987, los niveles de abundancia promedio experimentaron una drástica disminución asociada al evento cálido que ese año se presentó; el cual generó condiciones desfavorables para la sobrevivencia larval de anchoveta, situación que se vuelve a registrar en 1991 y 1997-98, con una baja aún mayor. Entre períodos cálidos la anchoveta ha experimentado recuperaciones en su abundancia promedio, las que se han visto claramente reflejadas durante el año 1989, año en el cual las condiciones normales lograron restablecerse, tal como volvió a ocurrir después del evento cálido del año 1991, incrementándose gradualmente estos niveles con el transcurso del tiempo hasta registrarse en 1994 la segunda mayor abundancia de larvas de esta especie después del máximo detectado en el año 1985; año a partir del cual, los niveles de abundancia del ictioplancton de sardina han permanecido muy por debajo de los de anchoveta, situación que no tan solo fue evaluada en términos del índice de la intensidad del desove de estas especies, sino que también estos resultados fueron corroborados por otros métodos de evaluación como lo son las prospecciones hidroacústicas y las evaluaciones indirectas (APV) (Braun, 1995).

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los años 1981-2008, para el trimestre agosto-octubre, indican que desde el año 1993 persiste el predominio de anchoveta respecto de las otras especies objetivo, situación que se ha mantenido hasta hoy sin alteraciones (**Figs. 97 y 98**) (Braun *et al.*, 2008).

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en octubre de 2008, respecto a las reportadas en cruceros precedentes para la serie 1981/2008, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta la misma situación para las distintas fases de desarrollo. Es así, como los estadios de huevos y larvas, exhiben con relación al año 2007 un incremento en sus densidades lo que se



traduce en porcentajes de cambio iguales a 109,8% y 134,4%, respectivamente. Las densidades promedio por estaciones positivas, utilizadas como un índice de la intensidad y/o concentración del desove, muestran con respecto al año 2007 porcentajes de cambio iguales a 82,7% y 205,2%.

En relación al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie 1990-2008, nos señala que el desove para el trimestre agosto-octubre, presenta un carácter más oceánico, con presencia de huevos a 100 mn al oeste de Arica y de otras localidades durante los años 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 y desde el año 2000 hasta el 2008, a excepción de los años 2006 y 2008, donde muestran una cobertura longitudinal máxima de 70 mn. Durante los años 1992, 1993, 1994 y 1995 y debido fundamentalmente a la grilla de muestreo utilizada durante esos años, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos, bahía Moreno y desde el año 2002 en adelante aparece como área de desove importante punta Copaca (**Fig. 99**).

Las larvas muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las afectan (dispersión, transporte, advección, etc). Durante el período 1990-1997, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, siendo también importantes los registros de los años 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008. En relación a las áreas de desove, las larvas exhiben en general, una tendencia similar respecto a la fase de huevos y no obstante su amplia cobertura latitudinal y longitudinal, éstas se concentran mayoritariamente frente a las localidades de Arica, punta Junín, punta Lobos y bahía Moreno (**Fig. 100**).



Para ambos estadios de desarrollo, las más bajas frecuencias de estaciones positivas se registraron en el año 1998, asociadas a la presencia de “El Niño” 1997/98 en la zona de estudio, la cual se caracterizó por presentar una modalidad eminentemente costera en la postura y un rango latitudinal que no excedió los 21°00’S en el caso de los huevos y los 22°20’S, para las fases larvarias.

Con respecto al índice de abundancia larval para anchoveta, las estimaciones más altas han sido obtenidas en los años 1985, 1989, 1994 y 2003 y las más bajas han estado asociadas a la presencia de eventos “El Niño”, registrados durante los años 1987, 1991 y 1998. Durante los años 1995, 1996 y 1997 el índice se mantuvo prácticamente constante, fluctuando entre 5 y 7 para disminuir drásticamente en 1998. A partir de 1998 se observa una tendencia general ascendente en sus valores para experimentar una nueva disminución en el año 2001 e incrementarse significativamente en los años 2002 y 2003, observándose en 2004 una situación a la baja, que se traduce en un porcentaje de cambio igual a -43,6% con respecto al año 2003. Durante los años 2004, 2005 y 2006, el índice de abundancia larval presentó valores que fluctuaron entre 5,2 y 5,9, disminuyendo en casi un 43% en el año 2007, debido a la presencia de “La Niña” en la zona de estudio. En octubre de 2008, se estimó un índice muy similar a los determinadas durante el período 2004/2006, siendo este último 58,4% mayor con respecto al año 2007 (**Fig. 101, Tablas 27 y 28**).

Durante los años 2002 - 2003 y 2005 – 2008, no hubo presencia de larvas de sardina. Los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel analizado a través de los diferentes índices utilizados, revelan ausencia de huevos y larvas durante los años 1983, 1990, 1995, 1997, 1998, 2000, 2001, 2003 y 2005. En octubre de 2008, el estadio de huevos, exhibe con respecto al crucero precedente una disminución en la intensidad del desove y en su cobertura geográfica, lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 54% y 85%, respectivamente. Por su



parte las fases larvarias, incrementan su frecuencia de estaciones positivas, la concentración y cobertura geográfica del desove, lo que se expresa en porcentajes de cambio iguales a 300%, 182% y 600%, respectivamente.

En relación a caballa, en octubre de 2008 no hubo registros positivos a huevos y a larvas de esta especie, situación que para el estadio de huevos se presenta desde el año 2000 hasta el año 2004 y en el caso de las larvas, éstas no se registraban desde el año 1996 a la fecha, a excepción de los años 2005 y 2006.

Desde Antofagasta al sur, existe menos información y para efectos comparativos se utilizó información proveniente de cruceros realizados en la década de los 80<sub>s</sub> y 90<sub>s</sub> a la zona Antofagasta – Coquimbo y cuyo detalle se entrega en las **Tablas 29** y **30**. En octubre de 2008 y para la zona Antofagasta - Coquimbo, hubo ausencia de huevos de sardina y anchoveta y larvas de sardina. Con respecto a huevos de jurel, se reconocieron 18 registros positivos con una densidad de 4.402 huevos/10m<sup>2</sup>, exhibiendo en comparación al año 2007, porcentajes de cambio positivos en la concentración y en su cobertura geográfica iguales a 192% y 2550%, respectivamente. Referente a las fases larvarias de anchoveta y jurel, ambas incrementaron en relación al año 2007, su frecuencia de registros positivos y los índices de concentración y distribución geográfica.

La variación temporal de la intensidad del desove de anchoveta, estimada a través del seguimiento del parámetro poblacional densidad promedio por estaciones positivas, revela que para el período agosto - octubre de 1995 a 2008, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general ascendente, con diez picks de abundancias significativamente importantes (> 18.000 huevos/10m<sup>2</sup>), los que se han registrado en la estación de primavera de los años 1996 y 1997, invierno de 1998, primavera de 2000, invierno de 2001 y 2002, verano e invierno de 2003 y 2004, primavera de 2006 e invierno de 2008. De la misma manera se han





detectado drásticas disminuciones en la intensidad del desove durante los períodos de verano-otoño de 1997, 1999, 2000 y 2004 y verano de 2001. Con relación a las fases larvarias, estas muestras una tendencia similar a la exhibida por el estadio de huevos, con abundancias superiores a 4100 larvas/10m<sup>2</sup>, las que han sido reportadas en verano de 1999, 2000 y 2001, otoño de 2002 y verano e invierno de 2003 (**Fig. 102**).

### **3.1.5 Exploración de las relaciones entre la distribución de huevos y larvas de anchoveta y la TSM**

#### **3.1.5.1 Análisis cartográfico de la distribución del ictioplancton respecto de la temperatura superficial del mar**

Para explorar las relaciones entre ambas variables se realizó un análisis visual de imágenes de temperatura superficial, a las cuales se superpusieron la distribución de huevos y larvas de anchoveta, registrados en el crucero bio-oceanográfico efectuado en octubre de 2008.

Durante la realización del crucero, las **TSM** tuvieron un rango aproximado entre 11,8° y > 19,0°C, con un marcado gradiente norte-sur, donde hay un dominio de las aguas menores de 15°C (color azul), principalmente desde la latitud 25°S al sur y aguas mayores a 15° al norte de esa latitud, también se destaca una estructura térmica más bien homoterma, en la que no se aprecian gradientes térmicos de importancia entre la costa y el área oceánica, no obstante lo anterior, se observaron desde el río Loa al norte, diferenciales térmicos débiles, debido a diferencias menores a 2°C entre ambos sectores (**Fig. 103**).



Con respecto a los huevos de anchoveta, éstos no presentaron una alta cobertura espacial, y solamente exhibieron grandes concentraciones en los alrededores de Arica, río Loa y península de Mejillones, que superan los 50.000 huevos/m<sup>2</sup>, se destaca que las mayores densidades se ubicaron preferentemente en las 10 primeras millas de la costa en los bordes internos de las aguas de 17°C (**Fig. 103a**). En cuanto a las larvas, éstas exhiben una mayor repartición geográfica, especialmente en el extremo norte de la zona de estudio, con una distribución más oceánica que alcanza las 70 mn de la costa, con dos áreas principales que exhiben registros superiores a las 15.000 larvas/m<sup>2</sup>: en las proximidades de Iquique donde se localizaron preferentemente en las primeras 10 mn de la costa y frente a Mejillones (**Fig. 103b**).

### 3.1.5.2 Relación entre la densidad del ictioplancton y el gradiente térmico

Durante octubre de 2008, las densidades promedio de los huevos, en general, fueron altas especialmente en el extremo norte de la zona de estudio, con concentraciones que sobrepasan los 100.000 huevos/m<sup>2</sup>, a su vez, las más altas densidades se ubicaron preferentemente en las 10 primeras millas de la costa; en este período las concentraciones más altas se localizan en diferenciales térmicos inferiores a 0,8°C/mn, en este crucero se ajustó una curva logarítmica que describe el 18% de la varianza (**Fig. 104a**). En el caso de las larvas, éstas poseen una mayor cobertura geográfica y una repartición más oceánica; no obstante lo anterior, las larvas no registran densidades muy altas, en este crucero la relación entre larvas y gradiente térmico es más alta con una asociación que alcanza un R<sup>2</sup> = 0,36 (**Fig. 104b**).



### 3.1.5.3 Análisis de los centros de gravedad (CG) históricos

De manera general se aprecia que la ubicación de los centros de gravedad de las larvas registran reparticiones más oceánicas, preferentemente dentro de las primeras 20 mn. En el serie histórica, destaca el año 1997, año en el cual los CG de huevos y larvas se situaron en la posición más meridional de los años analizados, debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento ENOS (**Fig. 105**).

En los cruceros, los **CG** de huevos no poseen un comportamiento muy definido. En este sentido se puede mencionar que en el año 1997, debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento ENOS, el centro de gravedad se encuentra en la posición más meridional de todo el período analizado. No obstante lo anterior, en 1998 y 1999 los **CG** se localizaron frente a la cuadra de Arica, en sectores muy costeros, emplazándose al norte de la zona de estudio. Posteriormente, en el período 2000-2003, los **CG** se desplazan a las proximidades del río Loa, debido a las grandes concentraciones que se registran en las zonas aledañas a este río y a punta Lobos (latitud 21°S). Luego, entre el 2004 y 2005, los **CG** se ubican al norte de Iquique, en una zona más bien oceánica, lo que estaría indicando buenas densidades sobre las 20 mn de la costa en estos años. Por otra parte el CG del año 2006 vuelve a situarse al sur de Iquique, en una posición parecida a la del año 2000. Finalmente, durante el 2007 y 2008, los **CG** se desplazaron hacia el sur, alcanzando la cuadra de punta Arenas en las primeras 15 mn de la costa.

En cuanto a los **CG** de las larvas, se observó que éstas poseen distribuciones espaciales bastante diferentes a los huevos y por lo tanto centros de gravedad distintos. Sin embargo, se destaca que en 1997, al igual que en el caso de los huevos, el **CG** de las larvas se situó en la parte sur de la zona de estudio, también debido a la influencia del evento ENOS. En 1998 se presenta el mismo patrón de



comportamiento exhibido por los huevos y el **CG** se observa en el sector norte de la zona. A partir del período 1999-2002 los **CG** se emplazaron en los alrededores del río Loa y en las áreas adyacentes a punta Lobos, debido a las altas concentraciones registradas en esos años en este sector. Los años 2003 y 2004 presentan **CG** ubicados al norte de Iquique, en áreas oceánicas por sobre las 10 mn de la costa, asociadas a las densidades relevantes que se registraron en estaciones más oceánicas.

Por otra parte, en el período 2005-2007 los **CG** vuelven a ubicarse en las proximidades de punta Lobos, pero en sectores muy oceánicos, sobrepasando las 30 mn de la costa. Finalmente, en 2008 el **CG** es muy costero y no alcanzó las 10 mn de la costa (**Fig. 105b**).

#### **3.1.5.4 Modelamiento estadístico de la densidad de huevos y larvas de anchoveta, asociado a variables ambientales**

Las variables de interés a modelar correspondieron por una parte a la presencia de huevos o larvas y por otra, a la densidad de huevos o larvas (número x 10 m<sup>-2</sup>). Ambas variables fueron modeladas separadamente, como una función de variables de localización (latitud, longitud) y oceanográficas (salinidad y temperatura superficial), las cuales fueron introducidas en el modelo a través de funciones no-paramétricas suaves, de la forma de los suavizadores splines (Hastie y Tibshirani, 1990); además, se incorporó un predictor lineal correspondiente al período de muestreo (año). Este último factor permite conocer la tendencia del índice, en un contexto histórico, para la probabilidad media de éxito (presencia) y para la densidad de huevos y larvas dada su presencia.

La variable de respuesta, presencia de huevos o larvas, fue modelada considerando una distribución de probabilidad binomial con una función de enlace



logit, sobre esta base se realizaron los ajustes y se probaron además, los métodos alternativos de estimación cuasi-verosimilitud y robusto. Finalmente, se seleccionó del método de ajuste de cuasi-verosimilitud basado en el criterio de Cp de Mallows (Neter, 1990).

En el caso de la variable densidad de huevos o larvas, para la modelación se supuso una distribuciones de probabilidad log-normal, la cual fue contrastada mediante la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1974). Para la densidad de larvas, la hipótesis distribucional de la respuesta no fue rechazada ( $p=0,32$ , **Tabla 31**, **Fig. 106b**), mientras que para la densidad de huevos el valor del estadístico de kolmogorov se encuentra entorno a la región de rechazo ( $p=0,04$ , **Tabla 31**), por lo cual es necesario incorporar mayores criterios de justificación para resolver acerca de la hipótesis planteada. Dado que las gráficas de histograma de los valores observados y densidad teórica, junto al de distribución acumulada empírica y teórica (**Fig. 106a**), no muestran desviaciones importantes de la lognormalidad, se considera para la densidad de huevos ésta distribución. Por lo tanto, el modelo utilizado considera el logaritmo de la densidad de huevos o larvas como respuesta, con distribución normal y función de enlace identidad. Los ajustes empleados además del clásico fueron cuasi-verosimilitud y robusto, seleccionándose sobre la base del criterio de Cp de Mallows, un ajuste con cuasi-verosimilitud tanto para huevos como para larvas.

### 3.1.5.5 Análisis exploratorio de datos

El período analizado corresponde a los cruceros realizados entre septiembre y octubre y abarca desde los años 1993 a 2008, desde donde se han monitoreado un total de 954 estaciones, en la cuales se registraron las variables predictoras, latitud, longitud, salinidad y temperatura superficial del mar, de igual manera se contabilizó el número de huevos y/o larvas y por consiguiente, la presencia o



ausencia de éstos. Del total de estaciones analizadas, un 40 % de éstas registró la presencia de huevos; en tanto que el porcentaje de estaciones con presencia de larvas alcanzó el 78 %, registrándose una densidad media por estación positiva del orden de 6000 huevos y 2000 larvas/10 m<sup>2</sup>.

En la **Tabla 32**, se detalla por año, el número de estaciones totales, el número de éstas con presencia y ausencia de huevos/larvas y la densidad promedio de las estaciones positivas. En cuanto a la presencia de huevos, los años 1993, 1994, 2002 y 2004 a 2008 presentaron la mayor proporción de estaciones positivas con valores entre un 44 % y un 58 %; mientras que el menor número de estaciones con presencia de huevos correspondió a los años 1998, 1999 y 2001, con un 6 % y un 19 % para estos últimos dos años (**Fig. 106a**). Respecto a la densidad de huevos, los mayores índices se han registrado los últimos cuatro años, con una densidad media entre los 9 mil y 17 mil huevos/10 m<sup>2</sup>, estos períodos coinciden con años donde se observa una alta proporción de estaciones positivas, al igual que en 1994. En 1998 y 1999 se obtuvieron los menores registros de densidad, del orden de los 400 huevos/10 m<sup>2</sup>, siendo consistente con el menor número de estaciones con presencia de huevos (**Fig. 107 a y b**).

Para las estaciones con presencia de larvas, los primeros cuatro años presentan una alta proporción de estaciones con presencia de larvas, mayores al 90%, de igual forma que los años 1997 y 2004, donde se presenta un 100% de estaciones positivas, en los últimos tres años la proporción de estaciones con presencia de larvas ha estado entorno al 45%, con una densidad media variable entre las 1300 y 4000 larvas/10 m<sup>2</sup>. De manera similar a como ocurre para la presencia de huevos, los años 1998, 1999 y 2001 presentan el menor número de estaciones positivas con un 57%, 67% y un 55%, respectivamente (**Fig. 106b**). Respecto a la densidad de larvas, los años 1994 y 2008 registraron los mayores índices, con más de 4000 larvas/10 m<sup>2</sup>, coincidiendo para el período 1994, con una gran proporción de



estaciones positivas, no obstante que para el año 2008 la proporción de estaciones con presencia de larvas fue la más baja. La menor densidad media de larvas se registró en 1998 y fue del orden de las 550 larvas/10 m<sup>2</sup>, año que registró una proporción de estaciones con presencia de larvas por debajo del promedio histórico. Los años 1995, 1996 y 1997 presentan una densidad media entorno a los 1500 larvas/10 m<sup>2</sup>, no obstante representan altos índices de presencia de estaciones con larvas (**Fig. 106b**).

Las estadísticas descriptivas de las variables predictoras latitud, longitud, temperatura superficial y salinidad superficial, junto a las variables de interés, densidad de huevos/larvas, se presentan en la **Tabla 33**. Para el análisis histórico, se cubrió un área muy similar, que abarca latitudinalmente cerca de los 18°25'S hasta los 23°36'S, a excepción de los años 2001 y 2002, donde latitudinalmente llegó a los 24°19'S. Longitudinalmente el área cubierta estuvo en torno a los 70° 10' y los 72° 15' W. La temperatura superficial del mar promedio por año se concentro entorno a los 16°C, registrándose para el año 1997 un valor por sobre el promedio histórico, 19°C. Para la salinidad superficial, en los distintos años, se observaron promedios en torno a los 35 psu, con un rango de variación entre los 0,37 y 0,75 psu.

### 3.1.5.6 Modelamiento estadístico

Los resultados del ajuste de los modelos aditivos generalizados para cada set de datos se resumen en las **Tablas 34 y 35**. Los modelos de efectos principales de cuatro covariables (latitud, longitud, temperatura y salinidad) y un factor correspondiente al año, fueron significativos, con pseudo-R<sup>2</sup> de 18 % y 40 % para los modelos de presencia de huevos y larvas y de 12 % y 22 % para la densidad de huevos y larvas de las estaciones positivas, respectivamente.



## **Análisis de presencia/ausencia de huevos y larvas**

Para caracterizar la relación entre la distribución de huevos y larvas con variables de localización y oceanográficas, se modeló la variable respuesta de presencia de huevos y larvas, considerando una distribución de probabilidades binomial, con función de enlace logit y un ajuste a través de cuasi-verosimilitud.

Los predictores incorporados en el modelo tanto de huevos como de larvas, en su mayoría fueron significativos, confirmado a través de la prueba F (**Tabla 34**). Se exceptúa la temperatura superficial del mar para el caso de huevos, y la longitud para larvas, no obstante sus niveles de significancia se encuentran al borde del rechazo. La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines en las **Figuras 108 y 109**.

En el caso de la presencia de huevos, se puede observar que latitudes (**Lat**) entre los 20°50' y los 22°30'S tienen un efecto positivo, mientras que para las otras latitudes la influencia es negativa, sobre la probabilidad de éxito de estaciones con huevos. Por su parte, la longitud (**Lon**) tiene un efecto positivo para valores inferiores a 71°6'W y negativo a longitudes mayores, es decir, el proceso de desove aparece vinculado a la zona costera más que a la oceánica. En relación con la variable temperatura superficial (**TSM**), se observa un leve efecto positivo sobre la probabilidad de éxito de estaciones con huevos para valores entre los 16° C y los 18° C, mientras que para temperaturas inferiores o superiores no es posible determinar si éstas afectan de forma negativa, dada la alta incertidumbre presentada por el suavizador spline y reflejada en amplias bandas de confianza. La variable salinidad (**Sal**) muestra una alta incertidumbre en el suavizador a salinidades inferiores a los 34,7 psu y superiores a los 35,2 psu, sin mostrar un efecto entre los 34,8 y 35,1 psu en la presencia de huevos por estación (**Fig. 108**).





En relación al modelamiento de la variable presencia de estaciones positivas de larvas, se puede apreciar que el predictor latitud refleja un efecto positivo al norte de los 22°40'S, mientras que a latitudes inferiores a ésta el efecto es negativo, indicando una mayor sobrevivencia hacia el norte del área de estudio. Por su parte la variable longitud, de la misma forma en que afecta a la presencia de huevos por estación, muestra un efecto positivo para longitudes cercanas a la costa (< 71° W) y un efecto negativo gradual a medida que aumenta la longitud. La función suave ajustada para la variable temperatura superficial presenta una alta incertidumbre a temperaturas inferiores a los 16° C y superiores a los 17° C, y se observa que a diferencia de los huevos, para temperaturas superiores a los 17° C presenta un efecto positivo en la probabilidad de éxito de estaciones con larvas. Por su parte el predictor salinidad, muestra un efecto positivo a niveles menores a los 34,85 psu, mientras que para salinidades superiores el efecto es negativo, cabe señalar que salinidades menores a los 34,7 psu y superiores a los 34,9 psu poseen una alta incertidumbre en la estimación del suavizador, reflejada en amplias bandas de confianza (**Fig. 109**).

Finalmente, a partir de los modelos ajustados se puede observar una señal interanual de la respuesta (**Fig. 112**). En el caso de los huevos, la señal asociada a los distintos años analizados indica que existió una mayor probabilidad de éxito de encontrar estaciones positivas en los años 1993, 1994, 2000, 2002 y los últimos cinco años; en tanto en larvas, los años 1993, desde 1995 a 1998, el 2000, 2001, 2004 y 2007 corresponden a los períodos con mayores probabilidades de éxito de encontrar estaciones con larvas.

### **3.1.5.7 Análisis de la densidad de huevos y larvas**

Para caracterizar la relación entre la densidad de huevos y larvas con variables de localización y oceanográficas, se modeló la variable respuesta (logaritmo de la



densidad), considerando una distribución de probabilidades normal, con función de enlace identidad y un ajuste a través del método de quasi-verisimilitud.

El predictor incorporado en el modelamiento de la densidad de huevos que fue significativo es la latitud, mientras que la salinidad se encuentra entorno al rechazo de la hipótesis de no significancia, para larvas los predictores significativos fueron la latitud, longitud y salinidad, con la temperatura entorno al rechazo (**Tabla 35**). La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en las **Figuras 110 y 111**.

Las estaciones con presencia de huevos se observan en todo el rango de latitud cubierto, con un efecto positivo sobre la densidad de huevos en latitudes inferiores a los 19°20'S (zona norte). Por su parte, el efecto de la función suavizada para la longitud muestra que el proceso de desove aparece vinculado a una zona más costera que oceánica, con una alta concentración de estaciones con huevos, teniendo un impacto positivo gradual de esta fase el área localizada al este de los 70°40'W. En relación a la temperatura, se puede observar que las estaciones con huevos se localizaron principalmente entre los 15°C y 18°C y que temperaturas inferiores a los 16° C tienen un efecto negativo sobre la densidad de ellos, mientras que temperaturas entre los 16° C y 17° C, tienen un efecto positivo, cabe destacar que temperaturas fuera del intervalo de los 16° C y los 17° C, poseen una alta incertidumbre en la estimación, reflejada por las amplias bandas de confianza. La figura relacionada con la variable salinidad, muestra que los huevos estuvieron presentes en un rango que va entre las 34,5 y 35,36 psu, favoreciendo la densidad de huevos las aguas con salinidades superiores a las 35 psu (**Fig. 110**).

En cuanto a la variable densidad de larvas, en la **Figura 111** se presentan los suavizadores splines para cada predictor incorporado en el modelo. Se puede apreciar que al igual que lo observado en los huevos, las larvas estuvieron



presentes en todo el rango latitudinal monitoreado, registrándose un efecto positivo sobre la densidad de larvas en latitudes inferiores a los 19° S y entre los 22°20' y 24°S. Nuevamente, el efecto de la función suavizadora para la longitud confirma que el desove de anchoveta es un proceso más costero y que longitudes localizadas al este de los 70°35'W ejercen un efecto gradual positivo sobre la densidad de las larvas. En relación a la temperatura, las larvas se distribuyeron entre los 14°C y 20°C, donde la función suavizada presentó una alta variabilidad para temperaturas inferiores a los 15,5° C y superiores a los 17° C, reflejada en la amplitud de las bandas de confianza; no obstante, dentro de este intervalo se observa que la temperatura posee un efecto positivo sobre la densidad de larvas a temperaturas superiores a los 16,5° C. El predictor salinidad, muestra que las larvas dentro del intervalo en que estuvieron presentes (34,3 – 35,37 psu), ven favorecida su densidad en aguas con salinidades entre 34,8 y 35 psu (**Fig. 111**).

La contribución parcial del factor año indica que desde 1994 a 1996, 2002, 2004, 2005 y los últimos dos años, se tuvo un efecto positivo en la densidad de huevos, registrándose la mayor densidad durante este último año. Mientras que para la densidad de larvas, los años 1993, 1994, 2005 y 2008 presentaron efectos positivos.

### **3.1.6 Modos de variación de la TSM, densidad y huevos de anchoveta**

Los resultados muestran que el primer modo de variación de la TSM, densidad y huevos anchoveta, explica el 76%, 72% y 56% de variación temporal de cada variable, respectivamente. Estos valores son similares a los obtenidos durante el análisis realizado el 2007 (78%, 74% y 57%), por lo que al incorporar los datos del año 2008, no hizo cambiar los patrones de variabilidad. Lo mismo sucede en el segundo modo de variación, el que solo explicó el 6%, 8% y 15%, respectivamente, no mostrando una asociación visible entre ellos (**Fig. 113**). El



grado de asociación que tiene el primer modo de las variables fue analizado mediante correlaciones cruzadas (**Fig. 114**). Los resultados de estas correlaciones muestran que a un tiempo cero, la temperatura está asociada positivamente ( $>0,8$ ) con la presencia de huevos de anchoveta, mientras que la densidad está asociada negativamente ( $<-0,8$ ). La distribución espacial del modo 1, mostró una mayor intensidad hacia el área norte y oceánica de cada una de las variables, tendiendo las menores intensidades al sur de los  $25^{\circ}\text{S}$ , en una lengua desde la península de Mejillones y en una débil banda costera. El segundo modo es inverso en los campos de TSM y densidad, pero prevalece con mayor gradiente meridional en huevos de anchoveta, definiendo dos zonas, al norte y sur de los  $25^{\circ}\text{S}$ .

### **3.2 Sistema de muestreo horizontal continuo, CUFES (Continuos Underway Fish Egg Sampler)**

A través del sistema CUFES, se recolectó un total de 217 muestras desde la primera hasta las 40 mn de la zona comprendida entre Antofagasta y Arica. Las especies identificadas con presencia de huevos en la zona prospectada fueron anchoveta, agujilla y *Vinciguerria*. De estas especies, la más abundante fue anchoveta, detectándose esta fase de desarrollo en 82 estaciones positivas, en las que se contabilizó un total de 14.160 huevos, con una media por estaciones totales y positivas igual a 65 y 173 huevos, respectivamente.

La distribución espacial de los huevos de anchoveta abarcó toda la zona latitudinal entre Arica y Antofagasta (**Fig. 115a**), ausentándose en solo una de las 9 transectas consideradas (punta Madrid), siendo más frecuentes hacia las estaciones mas costeras. Donde exhibieron una mayor recurrencia fue en la transecta de punta Gruesa, registrándose huevos a lo ancho de toda esta, desde la primera hasta las 40 mn. Las áreas donde se percibieron las más altas abundancias correspondieron a las estaciones situadas a 1 mn, destacándose los



sectores aledaños a Arica, punta Hornos y Antofagasta, sectores que reunieron en conjunto el 93% de los huevos censados. A su vez, entre punta Junín a punta Gruesa y entre punta Copaca a punta Hornos, se evidenció una alta incidencia de estaciones positivas.

Además de los huevos de anchoveta, se consideró en el análisis la presencia de larvas (**Fig. 115b**) de la especie, como indicadoras de la ocurrencia de huevos en zonas donde estos posiblemente eclosionaron. De lo anterior, la presencia de larvas no fue coincidente en varios sectores con la presencia de huevos, lo que estaría indicando un desove reciente en determinadas áreas, esto se observó particularmente en la transecta de Arica, donde los huevos fueron muy abundantes en las primeras millas, pero las larvas estuvieron prácticamente ausentes, mientras que hacia las estaciones más oceánicas hubo ausencia de huevos, pero presencia de larvas, lo que señala que el desove se habría producido hace algún tiempo, la misma situación se observó entre punta Pinto y punta Madrid, donde hubo total ausencia de huevos y una alta recurrencia de larvas. Desde este sector y hacia la zona sur, la presencia espacial en los distintos sectores fue de una alta dominancia para los huevos y muy baja para las larvas, registrándose dicha situación especialmente en la transecta de punta Gruesa, entre punta Copaca a Mejillones y Antofagasta. De acuerdo a lo anterior, las larvas denotan un incremento en su abundancia de sur a norte, mientras que los huevos no muestran un patrón claro en este sentido.

Huevos de agujilla fueron identificados a lo largo y ancho de la zona de estudio, localizándose entre punta Madrid y Antofagasta y desde 1 a 40 mn, pero con una mayor recurrencia desde punta Gruesa al sur. En toda la zona, sus abundancias fueron homogéneas, encontrándose 24 registros positivos, con rangos entre 1-5 huevos en cada uno de ellos (**Fig. 116a**)



Una especie de la familia Phosichthyidae, fue detectada en su fase de huevos, *Vinciguerria*. Estos se localizaron desde Arica a punta Copaca, ausentes casi en las primeras millas y mas frecuentes en las estaciones mas oceánicas, particularmente entre Arica y punta Gruesa, donde exhibieron sus máximos porcentajes de abundancia y de ocurrencia espacial (**Fig. 116b**).

### 3.3 Sardina, *Sardinops sagax*

En octubre de 2008, no se detectaron estaciones positivas a huevos y larvas de sardina.

### 3.4 Jurel, *Trachurus murphyi*

El procesamiento y análisis de las 146 muestras de zooplancton recolectadas durante el transcurso del crucero, permitió verificar la presencia de 4.801 huevos y 474 larvas de jurel, lo que representó una frecuencia de 15,1% y 3,4% para cada una de las respectivas fases de desarrollo (**Tabla 26**).

En el curso de la prospección se identificaron 22 estaciones positivas para huevos y 5 para larvas, con una media por estaciones positivas igual a 218 (DS=305,6) y 95 (DS=78,6), situación característica de un proceso reproductivo en etapa inicial (**Fig. 117 a y b**). En general, los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel se presentan bajos, exhibiendo para cada una de dichas fases una dominancia numérica de 0,7% y 0,2% (**Tabla 26**).

La distribución espacial de los huevos de esta especie comprometió la extensión latitudinal comprendida entre punta Arenas (21°40'S) y bahía Salada (27°40'S), no consignándose registros positivos para esta fase de desarrollo desde punta Arenas al norte y desde bahía Salada hacia el extremo austral de la zona



prospectada. Longitudinalmente presentaron una cobertura máxima de 100 mn frente a punta Tres Picos, rada Paposo, punta Ballenita, Chañaral y bahía salada, observándose que los niveles de abundancia promedio y la frecuencia de estaciones positivas, tendieron a incrementarse desde la costa hacia mar afuera.

Los focos de desove de mayor relevancia cuantitativa ( $> 240$  huevos/10m<sup>2</sup>), se localizaron a 40 y 70 mn al oeste de punta Tres Picos y rada Paposo, respectivamente, los cuales se encuentran configurados por 4 registros positivos de un total de 22 consignados, aportando el 63,5% al total de la especie. El resto de los registros positivos, exhibieron abundancias que fluctuaron entre 41 y 207 huevos/10m<sup>2</sup>. La mayor abundancia de huevos de jurel se registró en la estación localizada a 40 mn al oeste de punta Tres Picos (24°20'S), con 1.139 huevos/10 m<sup>2</sup>.

Las larvas de jurel en general presentaron una distribución geográfica de menor amplitud con respecto a la fase de huevos, observándose en forma puntual frente a la zona comprendida entre punta Copaca (22°20'S) y punta Tres Picos (24°20'S), colonizando la franja longitudinal que se extiende entre las 5 y las 100 mn. Entre la costa y la línea de estaciones de las 20 mn y a excepción de la estación positiva localizada a 5 mn al oeste de punta Copaca, no hubo registros positivos a esta fase de desarrollo (**Fig. 117b**). La mayor abundancia de larvas de jurel se registró a 70 mn de bahía Moreno (23°40'S) con 232 larvas/10 m<sup>2</sup>.

### 3.5 Caballa, *Scomber japonicus*

Durante octubre de 2008, no se registró la presencia de estaciones positivas para huevos y larvas de esta especie.



### 3.6 Photichthyidae, *Vinciguerria*

Durante la exploración, se reconocieron 72 estaciones positivas a huevos de *Vinciguerria* y 51 a larvas, obteniéndose un total de 41.334 huevos y 6.623 larvas, lo que representó una constancia igual a 49,3% y 34,9% y una dominancia numérica igual a 6,13% y 2,90%, para las respectivas fases de desarrollo (**Tabla 26**).

La distribución geográfica de los huevos de *Vinciguerria* en el área de estudio, señala que estos se localizaron prácticamente en todo el rango latitudinal prospectado, a excepción de las transectas realizadas frente a las localidades de punta Farellones y Pichidangui, longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 100 mn en el área comprendida entre Arica y caleta Maitencillo de Coquimbo (31°15'S) (**Fig. 118a**). Las áreas de mayor abundancia (> 2.000 huevos/10m<sup>2</sup>) se localizaron a 10 mn frente a punta Madrid y Caldera, a 20 mn al oeste de punta Ballenita y Chañaral y a 100 mn frente a punta Tres Picos, encontrándose configuradas por 5 registros positivos de un total de 72 (6,9%), los que en conjunto albergan al 37,9% del total de huevos de *Vinciguerria* cuantificados. El resto de las estaciones positivas, no incluídas las áreas de desove anteriormente mencionadas, presentan también niveles de abundancia significativos, comprendidos dentro del rango 26 a 1.873 huevos/10m<sup>2</sup>. En este contexto, la estación positiva más relevante en términos de su abundancia para la zona de estudio se localizó a 20 mn frente a punta Ballenita, con 3.994 huevos/10 m<sup>2</sup>.

Las fases larvianas se presentaron en 51 registros positivos de un total de 146, con una abundancia igual a 6.623 larvas/10m<sup>2</sup>. Este estadio se presenta en el área de estudio con abundancias que fluctuaron entre 30 y 400 larvas/10m<sup>2</sup>, con una densidad promedio igual a 45 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva fue igual a 130 (DS= 92,18) (**Tabla 26**).





El patrón de distribución espacial de las larvas fue similar al exhibido por los huevos, observándose éstas entre Arica y caleta Maitencillo de Coquimbo, longitudinalmente estuvieron presentes desde 1 hasta las 100 mn, registrándose un incremento en la frecuencia de estaciones positivas hacia el sector oceánico. Las mayores abundancias ( $> 300$  larvas/10m<sup>2</sup>) se observaron a 40 mn frente a punta Arenas, 20 mn al oeste de punta Copaca y a 10 y 100 mn frente a punta Tres Picos (**Fig. 118b**).

### 3.7 Merluza, *Merluccius gayi*

Los huevos y larvas de merluza se presentaron en 5 y 1 estaciones positivas, con abundancias relativas para cada estadio de 2.394 y 74, respectivamente (**Fig. 119 a,b**). Ambas fases de desarrollo se observaron desde caleta Inglesa (29°00'S) hacia el sur de la zona prospectada.

### 3.8 Agujilla, *Scomberesox saurus*

Para esta especie se encontraron 26 estaciones positivas a huevos y 1 a larvas, el total de huevos fue igual a 1.389, los que se distribuyeron desde punta Madrid hasta Pichidangui, con densidades que fluctuaron entre 17 y 141 huevos/10m<sup>2</sup> (**Fig. 120 a,b**).

### 3.9 Biomasa zooplanctónica

La biomasa zooplanctónica como medida estimativa de la productividad secundaria de la zona de estudio, presentó en octubre de 2008, valores extremos comprendidos entre 13 y 5.466 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>, con un promedio general para la zona igual a 467 (DS = 722,32); predominando los valores comprendidos en el rango de densidad categorizados entre 301-900, los que



representaron el 39%, encontrándose tales concentraciones de biomasa a lo largo de toda la zona latitudinal comprendida entre Arica y punta Farellones, rango de valores que fue interrumpido mayoritariamente en la zona norte por la categoría de densidad fluctuante entre 101-300 (33%), detectándose esta principalmente en las estaciones más oceánicas, esta misma categoría dominó ampliamente la zona sur del área de estudio, particularmente desde punta Molle a Pichidangui, con una mayor representación hacia las estaciones más costeras. Las únicas estaciones donde se detectaron las máximas biomásas, se ubicaron en el sector centro del área de estudio, entre Antofagasta y Caldera, netamente en las estaciones más oceánicas, la mayoría de ellas con altas concentraciones de salpas de pequeño tamaño, donde destacan las estaciones situadas entre las 70 y 100 mn y cuyas concentraciones fluctuaron entre 2.603 – 5.466 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup> (**Fig. 121**), esto se ve corroborado al analizar la distribución de la biomasa zooplanctónica promedio respecto de la latitud, donde se aprecian valores mayores entre las latitudes 23°00'S y 27°00'S. En otro sentido, la distribución de la biomasa en relación a la distancia de la costa sugiere un mayor aporte en las concentraciones de esta variable hacia las estaciones más oceánicas, exhibiéndose una tendencia decreciente hacia el sector costero.

En relación a la data histórica y para la zona Arica – Antofagasta, destaca particularmente la biomasa promedio registrada durante este último período, la que se inserta como la tercera más alta, después de los años 1994 y 2007. Con respecto al mismo período estacional del año 2007, esta variable denota una disminución de un 9,9% (**Fig. 122; Tabla 36**).



#### D. **Objetivo específico N° 2.4**

*Caracterizar los recursos pelágicos presentes en la zona de estudio, mediante índices de abundancia relativa y de cobertura geográfica, en relación a las condiciones bio-oceanográficas.*

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

##### 4.1 **Calibración del sistema de ecointegración EK-500**

Se usaron los parámetros de calibración del EK-60 ajustados en junio de 2008 (Tabla 37).

##### 4.2 **Total de especies**

Las principales especies que se detectaron en la prospección acústica fueron anchoveta (*Engraulis ringens*), jurel (*Trachurus murphyi*), caballa (*Scomber japonicus*) y pez linterna (*Vinciguerria lucetia*). La especie más abundante en toda la zona de estudio (Arica a Pichidangui) fue el pez linterna con un 50,6% de la densidad acústica total; la anchoveta con un 40%; el jurel con un 9,3%; y la caballa con un 0,1%. Al norte de Antofagasta (24°00'S) se concentró el 88,6% de las densidades acústicas totales. En dicha zona, las mayores densidades acústicas correspondieron al pez linterna con el 55,9%; seguido por la anchoveta con el 38,44%; el jurel con 5,6% y finalmente la caballa con 0,1%.

Entre Antofagasta y Pichidangui (32°08'S), la anchoveta fue la especie más abundante con un 52,5% de las densidades acústicas totales, seguido por el jurel con un 38,4%; el pez linterna con un 9,1 % y la caballa con un aporte mínimo de 0,05% del total.



#### **4.2.1 Anchoqueta, *Engraulis ringens***

La anchoqueta se registró principalmente entre Arica y Taltal ( $25^{\circ} 23'S$ ), donde presentó una amplia cobertura espacial entre la costa y las 90 mn, observándose en forma esporádica y en bajas densidades en las cercanías de la costa frente a Caldera y Huasco (**Fig. 123**).

El foco que concentró las mayores densidades de esta especie se ubicó en las primeras 5 mn al oeste de punta Colorada ( $20^{\circ}03'S$ ), otros sectores que se destacan por sus densidades relativamente altas se localizaron a 42 mn de punta Madrid ( $19^{\circ}00'S$ ); 25 mn del paralelo  $22^{\circ}20'S$  (norte de punta Grande) y a 60 mn de caleta Buitre ( $24^{\circ}20'S$ ).

#### **4.2.2 Jurel, *Trachurus murphyi***

El jurel se registró a lo largo de toda la zona de estudio entre las 10 y 100 mn de la costa. El mapa de distribución sugiere una proyección de esta especie hacia el oeste del límite occidental de la prospección. Al sur de Tocopilla aumenta la frecuencia y la cobertura espacial, registrándose su presencia hasta las cercanías de Coquimbo. Las mayores densidades se registraron entre las 20 y 70 mn entre Taltal e Iquique y a 100 mn de caleta Camarones ( $19^{\circ}20'S$ ). Los focos de mayor concentración de jurel, se localizaron entre las 40 y 45 mn al oeste de Iquique y al SW de Antofagasta a unas 30 mn de la costa, registrando menores agregaciones pero cubriendo una gran área (**Fig. 124**).

#### **4.2.3 Pez Linterna, *Vinciguerria lucetia***

Este recurso se registró en toda la zona de estudio, exhibiendo dos patrones de distribución. Entre el límite norte de la zona a punta Lobos ( $21^{\circ}00S$ ) donde se detectó entre las 20 y 100 mn en altas densidades y con una amplia cobertura



geográfica, y al sur de Tocopilla con una presencia esporádica y en bajas densidades entre las 20 y las 100 mn de la costa (**Fig. 125**).

#### **4.2.4 Caballa, *Scomber japonicus***

La caballa se presentó en forma aislada, esporádica y en bajas densidades a 100 mn de la costa al oeste de Antofagasta (**Fig. 126**).

### **4.3 Distribución batimétrica de los recursos respecto a las variables hidrográficas**

#### **4.3.1 Anchoqueta**

En el sentido batimétrico, la anchoqueta se localizó entre 6,5 y 47 m de profundidad, con un promedio de 12,5 m, mostrando una leve profundización del promedio (14,8 m) hacia el sur de punta Amarilla, pero con una reducción en el máximo (26,5 m) (**Fig. 127, Tablas 38 y 39**).

Las isotermas que limitaron la distribución de anchoqueta variaron entre 12,76°C y 19,23°C, con un promedio general de 15,1° C. En general, se observaron diferencias en las temperaturas en las cuales se registró anchoqueta en el sentido latitudinal, las que no alcanzan a ser significativas, con valores entre 15°C y 16,1°C entre el extremo norte (18°20'S) y los 20°S, disminuyendo entre 14° y 15°C entre los 21°S y 24°S. Hacia el extremo sur del área de estudio, las temperaturas en que se ubicó la especie fueron significativamente diferentes a las registradas hacia el norte, variando entre 12,8°C y 13,6° C (**Fig. 127**).

En el sector Arica - Antofagasta las agregaciones de anchoqueta estuvieron asociadas a temperaturas promedio cercanas a 15,1°C, con extremos entre 12,8°



y 19,2°C. Esta condición fue cambiando levemente hacia el sur, donde la especie se encontró en temperaturas promedio de 14,4°C con extremos de 12,8° y 16° C (**Fig. 127, Tablas 38 y 39**).

La salinidad promedio donde se encontraron las agregaciones de anchoveta fue de 34,72 psu, variando entre 35,37 y 34,46 psu. En general, estos valores fueron disminuyendo levemente hacia el sur de la zona de estudio, observándose un promedio de 34,725 psu para la zona Arica - Antofagasta y de 34,596 psu entre Antofagasta y Pichidangui. Al igual que en el caso de la temperatura, es posible distinguir algunas diferencias en las salinidades registradas al norte de los 21°S (34,75 psu) y entre 21° y 26°S (34,65 psu). En este caso, la salinidad medida en el extremo sur de la zona de estudio, es significativamente diferente que las observadas hacia el norte (34,47 psu).

Las gradientes térmicas asociadas a la anchoveta variaron entre 0,1 y 0,15 (°C/m), mientras que las gradientes de salinidad fueron iguales a cero (**Fig. 127 y 133**).

#### 4.3.2 Jurel

El jurel se encontró a una profundidad media de 25,6 m, observándose un aumento en la profundidad de su distribución hacia el sur de la zona de estudio, específicamente al sur del paralelo 27°S (**Fig. 128**). En la zona Arica - Antofagasta se observó a la especie asociada a una profundidad promedio de 21,2 m, con valores extremos de 7 y 105 m, mientras que al sur de Antofagasta su profundidad promedio fue de 30,5 m con valores extremos de 7 y 161,5 m (**Tablas 38 y 39**).

Las temperaturas asociadas a la distribución del recurso fueron disminuyendo sostenidamente mientras aumentaba la latitud, pasando de 16,6°C en la zona norte de Antofagasta a 14,6°C al sur de ésta (**Fig. 128; Tablas 38 y 39**). En este sentido, es posible destacar las diferencias significativas en las temperaturas (17 a



17,2°C) al norte del paralelo 22°S, respecto a los valores registrados entre los 22 y 23°S (16,2°C) (**Fig. 133**).

La salinidad promedio en que se distribuyó el jurel fue de 34,71 psu, variando entre 34,17 y 35,02 psu. En este caso y al igual que la temperatura, es posible detectar diferencias significativas de salinidad al norte de los 21°S, un valor cercano a 34,75 psu entre los paralelos 21° y 24°S y una sostenida reducción al sur de los 24°S. Al norte de Antofagasta, el jurel se mostró asociado a una salinidad promedio de 34,818 psu, mostrando una leve tendencia a disminuir mientras aumentaba la latitud. En la zona comprendida entre Antofagasta y Pichidangui, el valor promedio de salinidad fue de 34,593 psu (**Fig. 128; Tabla 38 y 39**).

El jurel estuvo asociado a gradientes de temperatura entre 0 y 0,025 (°C/m) y a gradientes de salinidad cercanos al neutro.

#### **4.3.3 Pez Linterna**

En la vertical, este recurso se distribuyó a una profundidad promedio de 142 m, observándose que las mayores densidades, ubicadas al norte de los 21°S se registraron en profundidades cercanas a los 25 m. Al sur del paralelo 21°S, se profundizó llegando a superar los 300 m y valores centrales entre 100 y 245 m (**Fig. 129**). Al norte de Antofagasta, donde se registró el 98% de las agregaciones, la profundidad promedio fue de 140,6 m, con extremos de 9,5 y 352 m. Al sur de Antofagasta, este recurso se mostró asociado a una profundidad promedio de 154,3 m, con valores extremos de 57,5 y 243 m (**Tablas 38 y 39**).



Los valores centrales de la temperatura del mar asociada a la distribución del recurso medida al norte del paralelo 21° S, presentó valores que fluctuaron entre 17,5° y 18° C, disminuyendo notablemente entre 11° y 12° C al sur de los 21° S (**Fig. 129**). El valor promedio de la temperatura para la zona ubicada al norte de Antofagasta fue de 13,8° C (<9,7°; >18,7°), mientras que al sur se observó una temperatura promedio de 11,2° C (<10,1°; >13,5°). Las salinidades al norte de los 21° S variaron entre 34,85 y 34,95 psu, disminuyendo a 34,75 m entre 21° y 24° S y entre 34,5 y 34,65 psu al sur de los 25° S. Las salinidades promedio que limitaron la distribución vertical del recurso fueron de 34,819 psu (<34,533; >35,029) para la zona Arica-Antofagasta y de 34,637 psu (<34,392; >34,772) para la zona Antofagasta-Pichidanguí.

Las agregaciones del pez linterna estuvieron asociados a gradientes de temperatura entre 0,02 y 0,05 (°C/m) y a gradientes de salinidad entre 0 y 0,01 (psu/m) (**Fig. 129**).

#### 4.3.4 Caballa

En general, la profundidad en que se distribuyó la caballa varió entre 14 y 61,5 m, con un promedio de 28,6 m. Entre Arica y Antofagasta se verificó una mayor profundidad de las escasas agregaciones de este recurso, con un promedio de 30,8 m (<16,5; >61,5) y para la zona Antofagasta-Pichidanguí de 16,8 m (<14; >21). Las temperaturas promedio asociadas a las agregaciones del recurso fueron de 16,2° (<14,6; >16,4) para la zona Arica-Antofagasta y de 15,6° (<15,2; >15,9) entre Antofagasta-Pichidanguí. Finalmente las salinidades promedio asociadas a la caballa fueron de 34,849 psu (<34,575 psu; >34,876) para la zona Arica-Antofagasta y de 34,647 psu (<34,588 >34,677) para el sector entre Antofagasta-Pichidanguí (**Tablas 38 y 39**). Dado las escasas agregaciones de caballa





registradas durante el crucero, no se pudo observar alguna tendencia latitudinal (**Fig. 130**).

Además, las agregaciones de caballa estuvieron asociados a gradientes de temperatura entre 0 y 0,01 (°C/m) y a gradientes de salinidad cercanos al neutro (**Fig. 130**).

#### 4.3.5 Índice de Cobertura y Densidad

En la **tabla 40** se presentan los resultados por zona de los índices de Cobertura (**IC**) y de Densidad (**ID**) de anchoveta, jurel, caballa y pez linterna. En la zona Arica-Antofagasta, fue el pez linterna la especie con mayor cobertura espacial, ocupando un 8,9% del espacio. Le siguieron la anchoveta con un **IC** de 8,3, el jurel con un 4,3 y la caballa con 0,2%. Entre Antofagasta y Pichidangui, el jurel ocupó un mayor espacio (3,16%), seguido por la anchoveta (0,65%), el pez linterna (0,45%) y la caballa (0,06%).

El mayor **ID** en la zona Arica-Antofagasta lo presentó el pez linterna con un valor de 436,1 t mn<sup>-2</sup>, seguido por anchoveta con 412,7 t mn<sup>-2</sup>, jurel con 36,1 t mn<sup>-2</sup> y caballa con 21,7 t mn<sup>-2</sup>. Entre Antofagasta y Pichidangui el mayor **ID** lo presentó anchoveta con 407,4 t mn<sup>-2</sup>, seguido por el pez linterna con 121,2 t mn<sup>-2</sup>, jurel con 60,9 t mn<sup>-2</sup> y caballa con 5,0 t mn<sup>-2</sup> (**Tabla 40**).

El **IC** de anchoveta registrado en el presente crucero presentó una disminución del 66% respecto del mismo período del año pasado, siendo el valor mas bajo de toda la serie histórica para la estación de invierno (**Fig. 131**).



Para la especie anchoveta los valores de **IC** históricamente más altos se han registrado en los período de primavera-verano, siendo particularmente notorio en otoño de 1998, donde se registra el **IC** más alto de la serie, con un valor cercano a 49%, y en la primavera del mismo año, con el **IC** levemente superior al 30%. Las primaveras entre el 2000 y 2002 también presentan valores de **IC** relativamente altos, junto con el verano del 2000. Destacan también por sus altos valores de **IC** el invierno de 2004 y el verano de 2006, con valores de 25,7% y 36,7%, respectivamente (**Fig. 132**).

El **IC** del jurel presente en el crucero (3,0%), es comparable con los presentados en invierno de 2007 y 2006, manteniéndose estables y relativamente bajos respecto al período 2001-2005 (**Figs. 131 y 132**).

El **ID** de anchoveta muestra el valor mas alto de la serie histórica durante el período invernal, con un aumento del 95% respecto del mismo período del año pasado (**Fig. 131**). El valor registrado durante el presente proyecto (417,5 t mn<sup>-2</sup>) es comparable al detectarse en verano de 2007 (478,6 t mn<sup>-2</sup>), otoño de 2004 (467,1 t mn<sup>-2</sup>) y 2000 (415,8 t mn<sup>-2</sup>) (**Fig. 132**).

El **ID** de jurel durante este crucero registró una disminución de un 60% respecto a igual medición del año pasado, mostrando una relativa estabilidad en valores por debajo de las 100 (t mn<sup>-2</sup>) en los períodos invernales (**Fig. 131**). En relación a la data histórica total, se observa una caída importante de este indicador a partir del último máximo relativo registrado en verano de 2007 (442,7 t mn<sup>-2</sup>), situación que ya se había registrado con menor intensidad a partir del máximo relativo del verano y otoño de 2004 (300 t mn<sup>-2</sup>) (**Fig. 132**).



## E. Objetivo específico N° 2.5

*Determinar las variaciones mensuales en la zona costera de las variables señaladas en 2.1 y 2.2, con observaciones realizadas en, a lo menos, 5 estaciones costeras dentro de la zona de estudio, incluyendo Caldera y Coquimbo*

## 5. Condición Regional

El panorama regional ha presentando una evolución desde anomalías negativas desde octubre de 2008 en todo el océano a anomalías positivas a partir de abril de 2009 (**Fig. 134**), generando una advertencia del potencial desarrollo del evento de “El Niño” (<http://www.cpc.noaa.gov>). El dominio de las anomalías positivas se ha observado en todo el Pacífico durante el invierno austral, a diferencia del período invernal de 2008. De hecho, durante junio de 2009 ocurrió una transición en las condiciones a través del Océano Pacífico ecuatorial, de condiciones de ENSO-neutral a “El Niño”, con anomalías entre +0,6 y +0,9 °C.

A principios de julio de 2009, el dominio de anomalías positivas en la TSM del Pacífico es evidente (**Fig. 135**). Las cuales se concentran en el Pacífico norte occidental y a lo largo del Ecuador. Una proyección aparece en la costa sudamericana a lo largo de la costa de Ecuador y Perú, pero también por el medio del Pacífico desde los 115 °O hacia el centro de Chile.

Los modelos de pronósticos de las anomalías de SST de la región del Niño-3.4 reflejan un consenso en el potencial desarrollo continuo de “El Niño” (+0.5°C o mayor en la región de “El Niño” 3.4) (**Fig. 136**). Sin embargo, los modelos muestran una discrepancia en el fortalecimiento eventual de “El Niño” (+0.5°C a +2.0°C). Las condiciones actuales y las tendencias recientes favorecen el desarrollo continuo de un fortalecimiento de “El Niño” de débil a moderado hasta la primavera de 2009 en el Hemisferio Sur, con posibilidad de fortalecimiento a partir



de entonces. Los impactos esperados de “El Niño” durante los meses de julio-septiembre 2009, incluyen un aumento en la precipitación sobre partes del centro y oeste-central del Océano Pacífico.

## 5.1 Monitoreo Satelital

### 5.1.1 Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Durante el período octubre noviembre de 2008 (**Fig. 137a, b**), las temperaturas registradas estuvieron dentro de los rangos observados para la época. Además se presentó un gradiente asociado a la disminución de la TSM hacia el sur y hacia el este, vinculados a la formación de la banda costera de aguas frías que caracteriza la zona norte de Chile. Durante el mes de diciembre las TSM (**Fig. 137c**) se incrementaron sobre el promedio, especialmente caracterizado por la proyección de la isoterma de 20°C hasta los 27°S. Entre enero y febrero de 2009 las TSM volvieron a estar dentro de los rangos típicos observados en las climatologías (**Fig. 137d, e**). Solamente desde marzo de 2009 y especialmente en abril se presentaron TSM más cálidas (especialmente frente a Arica) respecto al promedio histórico. Las mayores TSM se mantienen durante el período mayo-julio de 2009. Estas mayores temperaturas estuvieron acompañadas por un aumento en las anomalías positivas del índice Niño 1+2 y una advertencia de evento “El Niño”, dada por el boletín del 9 de julio de 2009 de la NOAA([http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/enso\\_disc\\_Sp.html](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/enso_disc_Sp.html)).



### 5.1.2 Clorofila (C<sub>loa</sub>)

Durante el período octubre-noviembre de 2008, la C<sub>loa</sub> (**Fig. 138**) mostró una banda costera relativamente débil, donde una amplia zona oceánica presentó valores alrededor de 0,25 µg/L. A partir de diciembre y hasta febrero 2009, las concentraciones en la costa aumentaron (> 5 µg/L), pero asociadas a una banda costera bien definida y donde la zona oceánica presentó valores menores a 0,25 µg/L, es decir una zona oceánica mas pobre. Desde marzo, pero solamente al sur de los 24°S la C<sub>loa</sub> se difunde hacia el océano, mientras que al norte de los 24°S solamente estructuras de mesoescala como filamentos de gran envergadura transportan altas concentraciones de C<sub>loa</sub> hacia una zona oceánica relativamente pobre. A partir de abril, cuando el verano austral está en retirada y se produce un debilitamiento de los frentes costeros, la C<sub>loa</sub> se difunde hacia el océano abierto al norte de Antofagasta. Al parecer, la proyección de la C<sub>loa</sub> hacia el océano entre finales de otoño y primavera se debe al debilitamiento de los frentes de surgencia. Durante este período (marzo–julio de 2009) también se observó una disminución en las concentraciones detectadas en la banda costera (< 5 µg/L) con focos menos definidos.

### 5.1.3 Anomalías de nivel del mar (cm) y corrientes geostróficas (cm/s)

Durante el periodo octubre 2008 a julio de 2009 las anomalías de nivel del mar han estado asociadas preferentemente a estructuras de mesoescala ciclónicas y anticiclónicas, principalmente giros y corrientes de meandro. A pesar de lo anterior, el esquema general mostró (**Fig. 139**) un predominio de anomalías negativas y por ende de giros y corrientes ciclónicas entre octubre y diciembre de 2008, pasando a un periodo de transición en el cual no hay predominio entre enero y marzo de 2009. A partir de abril de 2009 anomalías positivas, asociadas a giros anticiclónicos y grandes sistemas de corrientes anticiclónicas empiezan a predominar en la zona favoreciendo principalmente las corrientes a lo largo de la costa.



#### 5.1.4 Viento superficial (m/s)

Durante el período muestreado, octubre 2008 a julio de 2009, la dirección del viento promedio fue permanentemente hacia el Ecuador (**Fig. 140**), pero con cambios en la intensidad de la componente a lo largo de la costa. La magnitud presentó variaciones asociadas a períodos de meses. En octubre de 2008, al igual que en el período enero a mayo de 2009 se presentan las mayores intensidades del total de la serie, especialmente hacia el sur de Antofagasta. Por otro lado, magnitudes relativamente menores predominaron entre noviembre y diciembre de 2008, la mitad de abril y, junio de 2009. Las mayores intensidades favorecieron el desarrollo de surgencia costera que se observó preferentemente entre enero y abril de 2009, con una banda estrecha y altas concentraciones de Cloa.

### 5.2 Estaciones fijas de vigilancia costera, Arica, Iquique, Mejillones Caldera y Coquimbo.

#### 5.2.1 Temperatura

A partir de enero de 2008, la zona costera de Arica, Iquique y Mejillones presentó una capa superficial (0 a 10 m de profundidad), alcanzando mayores valores ( $> 18^{\circ}\text{C}$ ) en los meses de enero y febrero de 2008 y 2009, respectivamente (**Fig. 141, 145a y 145e, Tabla 42**). Estos núcleos cálidos fueron de mayor temperatura en Arica ( $> 18^{\circ}\text{C}$ ). Dentro de estas observaciones, se presentaron dos períodos (mayo-junio y septiembre-octubre de 2008) en que la columna de agua se enfrió, confirmado por el ascenso de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$ . Estos períodos están separados por la profundización de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$ , lo que se observó entre julio-agosto de 2008 y nuevamente en julio de 2009. La presencia de este máximo invernal en los años 2008, 2006 y 2005 no permiten evidenciar un calentamiento



prolongado asociado a un evento regional, pero si este calentamiento continúa los próximos meses tal como lo anuncian los modelos para la zona Ecuatorial, la zona norte de Chile estaría bajo la influencia de un evento “El Niño”. Por otro lado, la zona de Caldera y de Coquimbo solamente mostraron el calentamiento superficial entre enero y mayo de 2009 asociado al calentamiento estival y corroborado por la presencia y profundización a nivel de los 20 m de la isoterma de 15°C. Cabe señalar que la máxima intensidad se observó en enero-febrero en Coquimbo y entre marzo-abril en Caldera.

### 5.2.2 Salinidad

La salinidad (**Fig. 142, 145b y 145f, Tabla 42**) mostró un leve incremento, con núcleos de corta duración, a mediados y finales de 2008 (~34,9 psu) en Arica, mientras que en Iquique fue en enero, septiembre y diciembre de 2008, y un núcleo individual en la primavera en Mejillones. En el contexto general, la salinidad presentó un descenso a partir de enero de 2009 (~34,6 psu) en las tres estaciones, cuyos valores aunque han variado levemente se han mantenido bajos hasta julio de 2009. Períodos similares se han observado durante el 2007 y entre el año 1999 a 2002. En Caldera y Coquimbo se aprecia que a partir de enero de 2009 se produce un leve descenso de salinidad, tal como en las estaciones de más al norte. En primavera de 2008 predominaron salinidades de 34,5 psu, pero especialmente 34,6 psu, mientras que en el primer semestre de 2009 predominaron salinidades entre 34,4 y 34,5 psu, e incluso 34,3 psu en Coquimbo.

### 5.2.3 Oxígeno disuelto

El OD (**Fig. 143, 145c y 145g, Tabla 42**) en las cinco estaciones costeras presentó capas superficiales bien oxigenadas, > 5 mL/L, en forma casi permanente con espesores de entre 5 y 10 m. Salvo por Mejillones, dentro de esta capa fue habitual



observar núcleos de concentraciones  $> 6$  mL/L, e incluso superando los 7 mL/L, lo que fue más notorio en la estación de Caldera y principalmente en Coquimbo. Con respecto a las excepciones, las concentraciones  $< 5$  mL/L alcanzaron la superficie sólo en el mes de octubre en Arica, en abril-mayo en Mejillones y en octubre y julio en Caldera, Coquimbo fue la única estación donde esto no fue observado. En la vertical, la isolínea de 1 mL/L se ubicó preferentemente entre los 10 y 30 m entre Arica y Mejillones, con profundizaciones bajo los 50 m en el mes en abril en Arica, mayo y junio en Iquique, y en abril, junio y julio en Mejillones. Estas profundizaciones han sido habituales en la serie para el período otoño-invierno. En Caldera y Coquimbo la situación fue al revés, lo habitual fue no observar esta isolínea dentro del muestreo, detectándose sólo en los meses de octubre, diciembre y febrero en Caldera, y entre octubre y diciembre en Coquimbo. La distribución más atípica se observó en julio en la estación de Caldera, con una columna homogénea en torno a los 4,4 mL/L.

#### 5.2.4 Clorofila-a

La cloa (**Fig. 144, 145d y 145h, Tabla 42**) en la mayoría de los muestreos mensuales presentó concentraciones  $> 1$   $\mu\text{g/L}$ , principalmente entre los meses de octubre a mayo, en capas superficiales que se desarrollaron en general en los primeros 20 m. Los núcleos de mayores concentraciones, habitualmente ubicados a nivel subsuperficial, se presentaron en diferentes meses según la estación costera, en Iquique y Mejillones concentraciones  $> 4$   $\mu\text{g/L}$  se registraron entre octubre y abril, con una disminución en noviembre para ambas estaciones y con máximos  $> 10$   $\mu\text{g/L}$  en enero y  $> 5$   $\mu\text{g/L}$  en octubre y enero para Iquique y  $> 7$   $\mu\text{g/L}$  en octubre, diciembre y febrero en Mejillones. En Arica los máximos estuvieron más aislados, observándose en octubre, febrero y mayo valores  $> 7$   $\mu\text{g/L}$ . En Caldera las concentraciones  $> 5$   $\mu\text{g/L}$ , sólo se observaron en los meses de diciembre y febrero, mientras que en Coquimbo esto se vio en los meses de diciembre y marzo. De todo el período, la distribución de julio de la estación de Caldera fue la más atípica, con





una columna casi homogénea,  $> 0,5 \mu\text{g/L}$ , bajo los 5 m de profundidad y un pequeño núcleo superficial  $> 1 \mu\text{g/L}$ .

### 5.2.5 Huevos y larvas de peces en estaciones costeras de vigilancia

Durante el estudio de los componenets del ictioplancton de las estaciones costeras de vigilancia mensual de Arica, Iquique, Mejillones, Caldera y Coquimbo entre octubre de 2008 a julio de 2009, se registró la presencia de dos especies de interés comercial, anchoveta (*Engraulis ringens*) en sus fases de huevos y larvas y jurel (*Trachurus murphyi*) con presencia solo de huevos.

#### 5.2.5.1 Anchoveta

La distribución y abundancia de huevos de anchoveta en las cinco estaciones de monitoreo, presentó un ciclo estacional que se caracterizó por una constancia temporal en Arica y Mejillones, detectándose huevos en ambas localidades en nueve períodos mensuales, ausentándose solo durante el mes de agosto, pero los mayores niveles de abundancia se registraron en Arica, principalmente entre octubre-noviembre, febrero-marzo y julio, donde las abundancias en estos períodos fluctuaron con máximos de  $126.109 \text{ huevos}/10 \text{ m}^2$  en noviembre de 2008 y mínimos de  $14.066 \text{ huevos}/10 \text{ m}^2$  en febrero de 2009. Durante los meses restantes, las abundancias no superaron los  $6.407 \text{ huevos}/10 \text{ m}^2$  (junio 2009), el mínimo fue de  $145 \text{ huevos}/10 \text{ m}^2$  en enero del mismo año (**Fig. 146**). El cambio de abundancia mas drástico se detectó en diciembre, mes en el cual se produjo un decrecimiento de esta variable con respecto al mes de noviembre en un 99%. El valor observado durante noviembre fue el más alto que se haya registrado para igual mes desde mayo de 1997 a la fecha y el septimo más importante de los 147 períodos mensuales analizados históricamente desde esa fecha.



Las abundancias mensuales que caracterizaron la presencia de huevos de anchoveta en Mejillones (**Fig. 146**) fueron máximas en octubre de 2008 con 18.503 huevos/10 m<sup>2</sup> y mínimas en mayo, 135 huevos/10 m<sup>2</sup>. Entre octubre y marzo se generan las mayores abundancias y entre abril y junio de 2009 las más bajas. La tasa de cambio más notoria se produjo en noviembre, experimentando una disminución respecto de octubre en un 84%. La abundancia detectada durante octubre es una de las más altas para igual mes desde mayo de 1997. En la mayoría de los casos, los huevos han estado ausentes durante el mes de octubre, pero en general, las abundancias registradas en los últimos 28 meses en esta estación han permanecido bajas, sin incrementos comparables a los períodos mensuales previos.

La menor constancia temporal de huevos de anchoveta se ha registrado en Iquique, estación donde esta fase se presentó sin interrupción desde octubre de 2008 a febrero de 2009, pero a partir de marzo a junio estos se ausentan completamente. La abundancia se vio mayormente alterada entre octubre y noviembre, donde se produce un cambio negativo, con una reducción de esta variable en un 96%. En octubre y noviembre se detectan las abundancias máximas y mínimas (1.099 y 48 huevos/10 m<sup>2</sup>, respectivamente). La presencia de huevos en esta localidad durante los meses de octubre ha sido nula en la mayoría de los casos, el valor correspondiente a octubre de 2008 se inserta como el tercero más alto para este período mensual (**Fig. 146**).

En la estación costera de Caldera y Coquimbo los huevos de anchoveta se han presentado con una alta frecuencia de ocurrencia desde enero a julio de 2009, ausentándose solo en el mes de mayo. Para Caldera, las mayores abundancias se detectaron entre enero y abril, los rangos de abundancia fluctuaron entre 31 (marzo y junio) a 1.543 huevos/10 m<sup>2</sup> (febrero). En Coquimbo en tanto, las máximas se registraron en enero (1.907 huevos/10 m<sup>2</sup>) y el mínimo en junio (33 huevos/10 m<sup>2</sup>).



En ambas estaciones se aprecia cierta estabilidad en la presencia espacial y abundancia de huevos desde enero a la fecha (**Fig. 148**).

Las larvas de anchoveta en general en las cinco estaciones de monitoreo, exhibieron una menor constancia temporal en comparación a los huevos, así como también menores abundancias. Esta fase mostró una mayor frecuencia en la estación de Arica, con seis registros positivos. La abundancia máxima se registró precisamente en esta estación, con 15.607 larvas/10 m<sup>2</sup> en noviembre de 2008 y la mínima en marzo y mayo, 96 larvas/10 m<sup>2</sup> (**Fig. 147**). Entre diciembre y abril se produjo la ausencia casi total de estas, hasta reaparecer de forma constante en mayo e incrementarse significativamente en junio, con una tasa de cambio de más de un 9.000 % respecto de mayo y decaer nuevamente de manera importante en julio, donde se constató uno de los valores mínimos de la estación. En Iquique, las larvas se presentaron durante cuatro períodos mensuales, entre octubre de 2008 (5.447 larvas/10 m<sup>2</sup>) y enero de 2009, desaparecen a partir de febrero y reaparecen en julio con igual abundancia a la de los meses de diciembre y enero (48 larvas/10 m<sup>2</sup>). Esta fase en la estación de Iquique ha experimentado a través del tiempo una estabilidad temporal baja en los meses de octubre, se ha ausentado en un gran porcentaje de los casos y cuando se ha manifestado, ha sido con abundancias bastante bajas, menores a 495 larvas/10 m<sup>2</sup>, por lo que lo exhibido durante octubre de 2008 corresponde al registro más alto de toda la serie para el mismo mes (**Fig. 147**). En Mejillones también la presencia de larvas de anchoveta ha sido poco estable temporalmente, nuevamente el mes de octubre se señala como el de mayor abundancia, con 9.656 larvas/10 m<sup>2</sup>; estas entre noviembre y mayo aparecen esporádicamente con valores mínimos, que no superan las 90 larvas/10 m<sup>2</sup>, reaparecen en junio con un leve incremento, el que se hace mucho más notorio a partir del mes de julio, donde se presenta la segunda abundancia más alta desde octubre a la fecha (2.156 larvas/10 m<sup>2</sup>). Lo expuesto por las larvas en Mejillones durante octubre de 2008, inserta a dicho período como el más importante desde mayo de 1997 para el mismo mes y el tercero más alto de toda la serie histórica (**Fig. 147**).



En Caldera se registró la menor frecuencia de ocurrencia de larvas de las cinco estaciones, con solo tres registros positivos, las que se presentaron entre febrero y abril de 2009, con el máximo en febrero (409 larvas/10 m<sup>2</sup>) y el mínimo en marzo (31 larvas/10 m<sup>2</sup>). En Coquimbo fueron mas recurrentes, aunque no mas abundantes, fluctuando las abundancias entre 28 y 401 larvas/10 m<sup>2</sup> (**Fig. 148**).

#### 5.2.5.2 Jurel

La presencia de esta especie en las estaciones fijas fue positiva solamente en la estación de Caldera, donde se presentaron solo huevos y con una abundancia que alcanzó los 441 huevos/10 m<sup>2</sup> durante el mes de marzo de 2009.

#### 5.2.5.3 Ictioplancton por estratos de profundidad

La presencia de huevos de anchoveta en los distintos niveles de profundidad, fue evidentemente superior en términos de frecuencia y de abundancia en el nivel más superficial (0-10 m) en las cuatro de las cinco estaciones fijas, exceptuando Iquique, en donde las máximas abundancias se registraron en el nivel intermedio (10-25 m). En términos específicos, en Arica fue donde se determinó el mayor número de registros positivos en el nivel superficial. Las abundancias en este estrato de profundidad fueron las más importantes y se localizaron a lo largo de todo el período considerado, desde octubre a julio, ausentándose sólo durante el mes de abril, con las abundancias máximas precisamente durante estos dos meses (octubre y julio), con 67.676 y 38.260 huevos/10 m<sup>2</sup>, respectivamente. El valor observado durante el mes de octubre en esta estación corresponde al tercero más alto de toda la serie histórica y al primero para igual mes, así mismo, la abundancia percibida en julio se inserta como la más importante desde mayo de 2007 para el mismo mes, presentando un incremento significativo con respecto a junio, de un 537% (**Tabla 43**).



En la localidad de Arica, las abundancias decrecen significativamente y paulatinamente con el incremento de la profundidad, revelándose también entre los 10-25 m en el mes de julio la abundancia (19.825 huevos/10 m<sup>2</sup>) más alta desde octubre, superando la de los demás niveles de profundidad de las restantes estaciones (exceptuando la de octubre en Mejillones entre los 0-10 m).

Mejillones fue la segunda estación con los mayores niveles de abundancia en cada uno de los estratos de profundidad y la segunda de mayor presencia temporal. La abundancia máxima se registró en octubre a nivel superficial (20.349 huevos/10 m<sup>2</sup>), manteniéndose valores altos y estables en el tiempo hasta marzo de 2009. También en esta localidad al igual que en Arica, se produce un decrecimiento en los valores de abundancia desde el estrato más superficial al más profundo.

En las estaciones de Iquique, Caldera y Coquimbo la presencia de huevos fue menos frecuente y menos abundante, disminuyendo también con la profundidad a excepción de Iquique, ya que en esta localidad entre los 10-25 m se determinan las abundancias más importantes (**Tabla 43**).

Las larvas al igual que los huevos fueron más frecuentes en Arica, pero en el estrato 10-25 y 25-50 m, y en el nivel más superficial se registraron las máximas abundancias, que alcanzaron hasta 11.684 larvas/10 m<sup>2</sup> en junio, mes en el cual en los tres estratos de esta estación, se señalaron las mayores abundancias, las ausencias más evidentes se observaron entre diciembre y mayo en los dos estratos más superficiales. En Iquique y Mejillones se percibieron abundancias máximas de 6.261 y 7.680 larvas/10 m<sup>2</sup> en octubre de 2008 entre los 10-25 m, en cada caso. En Caldera y Coquimbo se reconocen las menores abundancias y la presencia temporal más baja.



En las cinco estaciones fijas, ambos estadios de desarrollo denotan una baja presencia espacial en el nivel más profundo (25-50 m), observándose a esta profundidad las mayores ausencias.

### 5.3 Variabilidad mensual de la biomasa zooplanctónica en las estaciones fijas de monitoreo

La biomasa zooplanctónica registrada desde el período Octubre de 2008 a Julio de 2009 estuvo constituida principalmente por copépodos, quetognatos, apendicularias y salpas, con una variación en el promedio de cada estación fija de 158 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup> (DS=144.27) en Mejillones y 1.042 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup> (DS=1918.93) en Caldera. Los valores de biomasa fluctuaron entre 34 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup> en Iquique y Coquimbo y 5.948 frente a Caldera. La distribución temporal de la biomasa no mostró variaciones muy marcadas en las estaciones de Arica y Mejillones, localidades donde esta variable se mostró relativamente homogénea y con valores que no superaron los 382 y 518 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>, respectivamente, estimándose las mayores variaciones en las estaciones fijas de Iquique, Caldera y Coquimbo, sin embargo, esto se produce por la incidencia de valores altos ocurridos en dos períodos mensuales en cada una de estas localidades, en noviembre y diciembre en Caldera y Coquimbo y en octubre y marzo en Iquique (**Fig. 149**).

De acuerdo a la distribución vertical de la biomasa zooplanctónica, los valores promedios de esta mostraron fluctuaciones desde octubre a julio entre 215 ml de zooplacton/1.000 m<sup>3</sup> en Coquimbo y 1.076 ml zooplacton/1.000 m<sup>3</sup> en Caldera, ambas generadas del nivel más superficial. En general, las biomásas más altas de todo el período analizado para las cinco estaciones costeras, se registraron durante los meses de octubre y diciembre en los tres estratos considerados (**Fig. 150**) y por



otro lado, al comparar los tres estratos de profundidad de las cinco estaciones, se detectaron a través de todo el período las biomásas mayores en el nivel más superficial. Los rangos de biomasa mostraron una variación comprendida en un mínimo de 16 ml zooplacton/1.000 m<sup>3</sup> en los dos primeros estratos de Coquimbo y 5.696 ml zooplacton/1.000 m<sup>3</sup> en el nivel superficial de Caldera (**Tabla 44**).

F. **Objetivo específico N° 2.6**

*Determinar la variabilidad superficial de las variables temperatura del mar, clorofila-a y anomalía del nivel del mar por medio de percepción remota y su asociación y explicación de éstas con las variaciones espacio-temporales de la actividad pesquera. La frecuencia mínima de análisis debe ser al menos mensual.*

**6. Variabilidad superficial**

**6.1 Temperatura superficial del mar satelital (TSM)**

Los promedios semanales de TSM entre finales de septiembre y la tercera semana de octubre son mostrados en la **Figura 151**. Durante los primeros días de octubre (**Fig. 151a**), al norte de Antofagasta, aunque la nubosidad es intensa, se observaron temperaturas del orden de 17°C, con valores cercanos a 16°C alrededor de la península de Mejillones. Al sur de Antofagasta y hasta Chañaral predominaron temperaturas entre 15° y 16°C, mientras que al sur de Chañaral temperaturas entre 15° y 13°C. Es especialmente notorio la disminución de TSM al sur de los 27°S, donde esta isoterma encierra una banda costera de menores temperaturas, dentro de la cual aparecen dos focos notorios con temperaturas < 13°C, uno en punta Farellones y otro al norte de la bahía de Coquimbo (caleta Inglesa).



En la segunda semana de octubre (7 al 14) (**Fig. 151b**), al norte de Antofagasta aparecen temperaturas del orden de 18°C que encierran a valores de 17°C en el área cercana a la costa. Aun persisten temperaturas de 16°C alrededor de Mejillones y 15°C hacia el sur. Solamente durante esta semana se aprecia que los focos de surgencia han desaparecido, aunque la isoterma de 14°C permanece.

Entre el 15 y 22 de octubre (**Fig. 151c**), entre Antofagasta y Arica se observó un aumento de la TSM llegando a 18°C cerca de la costa e incluso 20°C en la zona oceánica. Alredor de Mejillones la TSM se incrementó de 16° a 17°C. El foco de surgencia de punta Farellones aparece nuevamente marcado por la isoterma de 13°C.

## 6.2 Anomalías de nivel del mar y Circulación geostrófica

La **Figura 152** muestra el comportamiento de las anomalías de nivel del mar y velocidad geostrófica entre el 1 y el 20 de octubre de 2008. Anomalías positivas y negativas aparecen en toda la zona, lo cual reveló la ausencia de procesos regionales (“El Niño”/“La Niña”). Diversos giros ciclónicos (**C**) y anticiclónicos (**A**) aparecieron en la zona, centrados en los 19° S(A), 21°,5 S(A), 23° S(C), 25,5° S(C) y 28,5°S (C). Paralelamente aparece un flujo ciclónico desde punta Farellones hacia la bahía de Coquimbo y flujos convergentes hacia la península de Mejillones y Antofagasta, como también cerca de Chañaral, generados por la combinación de flujos C y A. Hacia el 20 de octubre solamente permanece la convergencia hacia la costa, al norte de Chañaral, aunque con un grado de debilitamiento visible. El debilitamiento de las corrientes es perceptible en toda la zona al norte de los 27° S, pero es más notorio entre la costa y los 72° W entre Arica y Antofagasta. Al sur de los 27°S, el giro ciclónico descrito durante el 1 de octubre





se ha desarrollado abarcando tres veces el área original, al cual están asociadas intensas corrientes (>10 cm/s) ciclónicas y anticiclónicas.

### 6.3 Viento satelital

La intensidad del viento y su dirección predominante son presentadas en la **Figura 153**. La secuencia temporal mostró una fluctuación relativa de la intensidad del viento, de valores altos en los primeros días de octubre (**Fig. 153a**) a intensidades débiles entre el 6 y 13 de octubre (**Fig. 153b**), para luego volver a incrementar entre el 13 y 20 (**Fig. 153c**) y decrecer en intensidad entre el 20 y 27 de octubre (**Fig. 153d**).

Al norte de Antofagasta, las intensidades variaron del orden de 5 m/s (**Fig. 153a**), a menos de 4 m/s (**Fig. 153 b,c**) y menos de 3 m/s (**Fig. 153d**). Al sur de Antofagasta, y especialmente al sur de Chañaral, se destacan intensidades que variaron entre 9 m/s a intensidades del orden de 7 m/s (**Fig. 153a,b**), para luego incrementar a valores del orden de 10 m/s (**Fig. 153c**) y caer a menos de 9 m/s (**Fig. 153d**). Cabe señalar que esta zona presentó mayores intensidades de viento alrededor y al sur de la bahía de Coquimbo. La dirección predominante durante el período fue desde suroeste al sur de Antofagasta y hacia el noroeste al norte de Antofagasta, mientras que los vectores cercanos a la costa siguieron la línea costera.

### 6.4 Distribución de la clorofila satelital (C<sub>loa</sub>)

Las concentraciones de clorofila-a (**Fig. 154a**) observadas entre el 1 y el 14 de octubre en la capa superficial son relativamente menores a las observadas entre el 15 y 22 de octubre, de hecho se observó un incremento en las concentraciones, especialmente alrededor de la bahía de Coquimbo, < 2,5 µg/L a >5 µg/L.



Por otro lado, entre Antofagasta y Arica, las concentraciones aumentaron entre la primera ( $< 5 \mu\text{g/L}$ ) a segunda semana de octubre ( $\sim 5 \mu\text{g/L}$ ), durante la tercera semana, la banda costera se observó más extensa, con un leve descenso de las concentraciones ( $< 5 \mu\text{g/L}$ ).

La isolínea de  $1 \mu\text{g/L}$  es capaz de definir el límite de mayor concentración costero de clorofila-a. Este límite también permite mostrar la evolución de algunas estructuras y procesos oceanográficos. Así el núcleo alrededor de la bahía de Coquimbo es parte de un proceso de surgencia. Durante los primeros días de octubre, frente al área de Chañaral, aparecen claramente filamentos ciclónicos (al sur) y anticiclónico (al norte), del orden de 40 y 60 millas de extensión, los cuales son posibles de observar por la mayor presencia de nubosidad en las semanas siguientes.

En las semanas del 7 al 14 y 15 al 22 de octubre, las concentraciones se incrementaron ( $\sim 5 \mu\text{g/L}$ ) a lo largo de la banda costera que se presenta entre el sur de Arica y el sur de Antofagasta, mientras que alrededor de la bahía de Coquimbo, la extensión del núcleo de clorofila se incrementó, lo que fue acompañado por un importante aumento en las concentraciones asociadas a él y que son  $> 2,5 \mu\text{g/L}$  (**Fig. 154b**) y luego  $> 5 \mu\text{g/L}$  (**Fig. 154c**). Al parecer, los focos de surgencia observados alrededor de punta Farellones y caleta Inglesa podrían estar alimentando, en conjunto, la alta productividad de la zona de la bahía de Coquimbo.



## 6.5 Monitoreo satelital: Series de tiempo costeras (satelital)

### 6.5.1 Serie de tiempo de TSM

La distribución latitudinal y temporal de temperatura superficial del mar promedio (TSM) en los primeros 20 km de la banda costera entre el año 2005 y 2008, presentó claros patrones temporales, los cuales permiten diferenciar períodos cálidos (septiembre-abril) y fríos (mayo-agosto) (**Fig. 155**). Los períodos cálidos estuvieron caracterizados por TSM promedio entre 18° y 21° C, donde las mayores temperaturas se concentraron entre los 18° y 20°S y entre los 21°30'S y 23°30'S. Por otro lado, los períodos fríos estuvieron caracterizados por temperaturas entre 16° y 17°C, donde las más bajas aparecen centradas y ocupando una mayor extensión al sur de los 22°S.

Dentro del período de estudio 2005-2009, el invierno de 2007 se presentó más extenso y frío que el resto. Temperaturas menores a 16°C predominaron en toda la zona costera, durante este período, llegando incluso a temperaturas menores de 15°C en el lapso más frío de 2007. EL verano de 2008 apareció más corto que los anteriores, pero el período invernal fue similar al observado el 2006, aunque más cálido que el de 2005.

### 6.5.2 Serie de tiempo de cloa

La distribución espacial y temporal de clorofila observada entre el año 2005 y 2008, a diferencia de la TSM, no presentó patrones de distribución claros (**Fig. 156**). Las mayores concentraciones (> 10 µg/L) solamente se observaron rodeadas por un núcleo de 5 µg/L de gran extensión (19°30'S - 23°S) al final del periodo cálido de 2005. La isolínea de 5 µg/L define la presencia de núcleos, principalmente entre los 22°30' y 23°S (Mejillones), como también en los 23°30'S



(Antofagasta), que se presentaron periódicamente. Hacia el norte, los núcleos se verificaron esporádicamente, como se ve en la primavera de 2005 (entre 20° y 22°S), verano de 2007 (entre 21°20' y 120°S) y verano de 2008 (entre 21°20' y 19°20'S). En el invierno de 2007, las concentraciones  $< 1 \mu\text{g/L}$  ocuparon una mayor extensión espacial que el resto del período, mientras que durante el período invernal de 2008 las concentraciones mayores a  $1 \mu\text{g/L}$  incrementaron la extensión espacial que ocupan, pero siguen presentando un área menor al de los períodos invernales de 2005 y 2006.

### 6.5.3 Serie de tiempo de transporte Ekman

El transporte de Ekman que caracterizó la banda costera, presentó un claro incremento hacia el sur (**Fig. 157**), con una tendencia a mostrar una separación entre el norte y sur de los 21°30'S, donde disminuye e incrementa la intensidad del transporte, respectivamente. En términos generales, el año 2008 presentó un transporte favorable a la surgencia ( $> 500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) en toda la zona, especialmente al sur de los 22°S ( $> 750 \text{ m}^3/\text{s}$ ) durante los primeros meses del año. A mediados del año 2008, el transporte disminuye a menos de  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ , para luego incrementar solamente al sur de los 20°S. Los resultados de 2008 mostraron que al sur de los 22°S el transporte fue similar que los años anteriores, pero al norte de los 21°20'S después de mediados de año se mantuvo con valores menores a los registrados los años previos ( $< 500 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

### 6.5.4 Serie de tiempo de altura de nivel del mar

Los valores de anomalía de nivel del mar mostraron una tendencia a niveles neutros o positivos (**Fig. 158**), aunque durante el segundo semestre de 2005 y 2007 se observaron anomalías negativas (-5 cm) en toda la zona, que persistieron varias semanas. Por otro lado, a principios de 2008 y al sur de los 21°S, las



anomalías positivas se incrementaron en intensidad y extensión. Estas anomalías cubrieron toda el área hasta finales de invierno y principios de primavera de 2008. Posteriormente, las anomalías disminuyeron aunque permanecieron positivas y cubriendo un rango entre 0 y 5 cm.

## 6.6 Integración temporal de las variables satelitales y la pesca total

Al integrar temporalmente en forma de promedio la concentración de clorofila, el transporte de Ekman y la temperatura del año 2008, se logró representar estas variables v/s la latitud y comparar con la distribución de la pesca acumulada del total de las especies objetivo en la zona norte para el año 2008 (anchoveta, sardina española, jurel y caballa) (**Fig. 159**). Se excluyó la anomalía de nivel del mar en el cálculo del promedio temporal de 2008, debido a que el promedio de las anomalías tienden a anularse en los promedio temporales.

La temperatura promedio, sin la tendencia latitudinal, presenta varios máximos latitudinales asociados a los 18°30', 20°, 21°, 22°, 22°30' y 23°50'S. Cabe destacar en esta serie los mínimos presentes, los que teóricamente representan centros de surgencia que hacen disminuir la temperatura superficial, de tal manera que reducen la **TSM** en el promedio anual. Los principales mínimos aparecen cerca de los 19°, 19°5', 20°5', 21°5', 23° y 24°S, con una amplitud de al menos 0,5°C. Por otro lado, el transporte de Ekman se incrementa fuertemente de norte a sur, de 450 a 800 m<sup>3</sup>/s en promedio, respectivamente, con un máximo asociado a los 22,5°S. Aunque teóricamente debería existir un vínculo casi lineal entre el descenso de temperatura y el incremento del transporte, esto no sucede en estas series. Por otro lado, la concentración de cloa fluctuó en promedio en los 3 µg/L, con máximos promedios en los 18°, 20° y 21,5°S, y máximos notables (> 5 µg/L) en los 23° y 23,9°S, donde el transporte de Ekman es máximo. La distribución latitudinal de la pesca mostró



claramente dos máximos importantes, el mayor ( $> 12 \times 10^4$  ton) ubicado en los  $18,5^\circ\text{S}$ , pero otro de mayor extensión espacial entre los  $20,5^\circ\text{S}$  y  $21,5^\circ\text{S}$ .

Para un análisis temporal de las condiciones oceanográficas asociadas a las zonas más importantes de pesca, se consideró solamente la centrada en los  $21^\circ\text{S}$ , promediando entre  $20^\circ30'\text{S}$  y  $21^\circ30'\text{S}$  para obtener una aproximación a la variabilidad de la zona. No se consideró el área de Arica, debido a la falta de datos de pesca de la zona sur de Perú y a la influencia generada por la curvatura del continente en esa zona.

Las series temporales de temperatura (**Fig. 160**) mostraron fluctuaciones anuales con un máximo en el período de verano y mínimos en invierno. Los máximos no superaron los  $22^\circ\text{C}$  y los mínimos que se intensificaron durante el invierno de 2007 llegaron a  $15^\circ\text{C}$  en el sector costero. Durante el 2008, la temperatura se incrementó normalmente dentro de los rangos típicos de la zona, abarcando hasta los  $21^\circ\text{C}$  en verano y entre  $16^\circ$  a  $17^\circ\text{C}$  en invierno. En general, el transporte de Ekman presentó regularidad donde típicamente los mayores valores están asociados a menores temperaturas en los períodos de invierno, como ocurrió a mediados de 2005 y 2007, aunque también se producen períodos de valores mínimos durante la estación de invierno (2006 y 2008) que no afectaron la temperatura superficial. La clorofila por su parte presentó un máximo a mediados del verano y a finales de otoño, siendo los mayores observados durante el 2005 ( $> 16 \mu\text{g/L}$ ), seguido por el de 2008 ( $\sim 10 \mu\text{g/L}$ ), 2006 que fue tardío y 2007. Las anomalías de nivel del mar presentaron una fluctuación bianual entre 2006 y finales de 2007 y un ascenso importante a mediados de 2008 para caer a finales de este mismo año aunque a niveles mayores a los observados el 2005 y 2007.



## VIII. DISCUSIÓN

---

El régimen de viento observado durante octubre de 2008, mostró la predominancia de los vientos desde el sur y cerca de la costa. La dirección tiende a seguir la curvatura de la línea costera. Los vientos más intensos ( $> 10\text{m/s}$ ) cerca de la costa aparecieron alrededor de punta Farellones y Taltal, con intensidad moderada (5 a  $10\text{ m/s}$ ) en Mejillones, punta Copaca e Iquique y débiles ( $< 5\text{ m/s}$ ) entre Arica y Pisagua, caleta Chipana y punta Tres Picos. La ubicación de los índices de surgencia es consistente con la distribución de vientos y la dirección de éstos, ya que aparecen los mayores valores ( $>1000\text{ m}^3/\text{s}$ ) asociados a las mayores intensidades de viento. Cabe mencionar que entre Arica y punta Tres Picos, y solamente frente Iquique se observaron valores altos ( $>1000\text{ m}^3/\text{s}$ ), mientras que la bahía de Coquimbo está envuelta por valores de surgencia altos. Estos valores costeros están asociados a índices de turbulencia cercanos a  $500\text{ m}^3/\text{s}^3$  e incluso levemente mayores frente a punta Pozo. Por otro lado, en la zona oceánica superan los 700 e incluso los  $1000\text{ m}^3/\text{s}^3$ , revelando la importante influencia del viento en la mezcla vertical (Kara *et al.*, 2001).

La capa de mezcla asociada a las mayores intensidades del viento en el sector oceánico, superó los 50 m frente a caleta Maitencillo de Coquimbo, los 30 m frente a rada Paposos y Taltal, y en general, más de 10 m al sur de Antofagasta, mientras que entre Arica y Antofagasta fue relativamente somera, entre 1 y 10 m de profundidad. Lo anterior muestra una buena asociación espacial de la capa de mezcla con la intensidad del viento. Con un comportamiento inverso al de esta variable, el espesor de la termoclina disminuyó ( $\sim 5\text{m}$ ) al sur de Antofagasta y se incrementó al norte ( $\sim 10$  a  $20\text{ m}$ ).



Los valores y la distribución espacial de **TSM**, es consistente entre los datos satelitales y datos de crucero, los cuales muestran la formación de una banda costera entre Arica y punta Arenas, caracterizada por las isotermas de 18°, 17° y 16° C y las isohalinas de 34,7 y 34,8 psu, mientras que en la zona oceánica la **TSM** y las salinidades fueron relativamente mayores. La presencia de la banda costera también se pudo apreciar entre la península de Mejillones y punta Tres Picos (16° a 15°C), alrededor de Taltal (<14° C) y entre caleta Inglesa y Pichidangui (<13° C), con un foco en punta Farellones (<12° C).

En toda la zona esta banda está asociada a la presencia de aguas de mayor densidad y al sur de Antofagasta a aguas de menor oxígeno (<5 mL/L), especialmente claro en punta Farallones y caleta Inglesa. La isolínea de 1 mL/L se presentó en profundidades del orden de 20 a 40 m al norte de Antofagasta y de 60 a 80 m al sur. Aún así, el viento débil al norte de Antofagasta no permitió un afloramiento mayor, al contrario de lo que sucedió al sur de Antofagasta, donde el intenso viento a lo largo de la costa favoreció el ascenso de aguas de menor concentración de oxígeno, es decir, de mayor profundidad. Esta agua tiene una mayor participación de Agua Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**), caracterizada por una mínima concentración de oxígeno (Silva, 1983).

El afloramiento causante de la banda costera está evidentemente vinculado a la surgencia y por lo tanto a la intensidad del viento a lo largo de la costa de la zona norte de Chile (Strub *et al.*, 1998). El ascenso de aguas subsuperficiales puede ser observado en la profundidad de la isoterma de 15° C, la cual se ubicó a más de 50 m en el sector oceánico y asciende a menos de 10 m en la banda costera. De hecho, éste sería el comportamiento promedio de la isoterma de 15°C durante esta época, ya que la anomalía no arroja valores significativos, excepto en dos





núcleos aislados frente a Pisagua y frente a punta Tres Picos, los que por sus dimensiones deberían estar asociados a una actividad de mesoescala.

Tanto los valores de salinidad y este gradiente costa océano, son típicos de la zona norte (Rojas & Silva, 1996), y las anomalías presentes ( $\sim 0$ ) muestran que la zona no está afectada por la presencia de procesos regionales como “El Niño” o “La Niña”. Esto queda de manifiesto con las condiciones ENSO neutrales en el Ecuador durante octubre de 2008 ( $-0,5^{\circ}\text{C}$  to  $0,5^{\circ}\text{C}$  en la región del Niño-3.4). Por lo tanto, basado en las condiciones actuales atmosféricas y oceánicas y las tendencias recientes, se espera que continúen condiciones de ENSO neutrales hasta principios de 2009 en la zona Ecuatorial ([www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov)), y por consecuencia en la zona norte de Chile. Así como está presente el gradiente costa-océano ( $\sim 0,02^{\circ}\text{C}/\text{km}$  y  $\sim 0,001 \text{ psu}/\text{km}$ ), cuando aparece la banda costera, también está presente el gradiente norte sur ( $\sim 0,003^{\circ}\text{C}/\text{km}$  y  $\sim 0,0006 \text{ psu}/\text{km}$ ) asociado al decaimiento de la **TSM** y la salinidad con el incremento de la latitud (Rojas & Silva, 1996). En forma similar, la temperatura de la base de la termoclina decreció de norte a sur, pero mostrando un núcleo de mayores temperaturas ( $>15^{\circ}\text{C}$ ) en la parte oceánica entre los  $20^{\circ}\text{S}$  y Tocopilla, el cual parece penetrar la zona, pero que está asociado espacialmente a un intenso giro anticiclónico que es posible de ser observado entre el 1 y el 20 de octubre. Estos giros tienen la capacidad de modificar las propiedades de la columna de agua, donde están formando zonas de convergencia y divergencia y advectar agua desde la costa hacia el océano o viceversa (Chaigneau & Pizarro, 2005; Bakun, 2006). Durante el mes de octubre, fueron numerosos los giros de mesoescala presentes en la zona de los cuales se destacan en los  $19^{\circ}\text{S}$ ,  $21,5^{\circ}\text{S}$ ,  $23^{\circ}\text{S}$ ,  $25,5^{\circ}\text{S}$  y  $28,5^{\circ}\text{S}$ . Paralelamente, aparecen corrientes convergentes hacia la bahía de Coquimbo, la península de Mejillones y cerca de Chañaral. Estos son producto de surgencia, como es el caso de bahía de Coquimbo y de la interacción de corrientes ciclónicas y anticiclónicas que convergen hacia la costa. Hacia finales de octubre, la



intensidad de las corrientes en toda la zona tendió a debilitarse, especialmente al norte de los 27°S, pero fue más notorio entre la costa y los 72°W entre Arica y Antofagasta. Mientras que, al sur de los 27°S las corrientes permanecen intensas (> 10 cm/s).

La profundidad de la base de la termoclina y la profundidad del gradiente máximo también se ven afectados por la presencia de estos giros de mesoescala. De hecho, frente a punta Madrid, punta Copaca, Caldera, caleta Inglesa y caleta Maitencillo de Coquimbo, la base de la termoclina y el gradiente máximo tienden a profundizarse hasta más de 100 m frente a Caldera. A pesar de esto, tanto los gradientes promedio y gradientes máximos de la termoclina aparecen dentro de rangos típicos.

Dentro de este contexto de valores y distribución espacial típica de **TSM** y salinidad, la información satelital y el crucero muestran claramente la surgencia costera alrededor de la bahía de Coquimbo, encerrada por los focos de punta Farellones y caleta Inglesa, los cuales están marcados por las más bajas **TSM** y relativamente alta salinidad, que caracterizan a las aguas subsuperficiales en la latitud de Coquimbo (Silva, 1983). Además, esta zona de surgencia estuvo caracterizada por una alta biomasa fitoplanctónica tal como muestran las imágenes de clorofila-*a*, las cuales revelaron un incremento en concentración y extensión espacial significativo entre el 1 y el 22 de octubre. La isolínea de 1 µg/L, que marca la extensión biológica de la clorofila asociada a la zona costera (Nixon & Thomas, 2001), se extiende desde 20 mn a más de 60 mn e incluso 90 mn hacia la semana del 20 de octubre, con un incremento de concentración del orden de 2 µg/L a más de 6 µg/L. Los resultados sugieren que los focos de surgencia de punta Farellones y caleta Inglesa, al actuar simultáneamente y especialmente bajo un régimen de vientos intensos, podrían estar alimentando en conjunto la alta productividad de la zona de la bahía de Coquimbo. La relativamente mayor concentración de clorofila en la costa y la



distribución espacial que fue observada por medio del satélite MODIS, es consistente con los datos del crucero, especialmente frente a Coquimbo y en la banda costera del área de estudio. Esta banda de clorofila está determinada por aguas que afloran, más frías, densas y ricas en nutrientes producto de la surgencia en la zona norte (Barber & Smith, 1981; Yuras *et al.*, 2005), aunque ésta sea débil como parece suceder al norte de Antofagasta a diferencia de la zona de Coquimbo.

La débil intensidad de la surgencia al norte de Antofagasta, puede ser consecuencia de una situación particular ocurrida durante el crucero. De hecho, las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones, que muestran la tendencia mensual de las variables oceanográficas sobre la plataforma, evidenciaron un enfriamiento superficial acompañado por un ascenso de la isolinea de 1  $\mu\text{g/L}$  y un incremento de la clorofila-*a* en la columna de agua. Estos resultados sugieren, por lo menos hasta septiembre de 2008, el comienzo de la estación de surgencia intensa en la zona norte de Chile.

A pesar de lo anterior, los resultados mostraron que durante octubre de 2008, la surgencia entre Arica y Antofagasta fue débil, asociada a vientos y corrientes débiles, una banda costera estrecha y un limitado ascenso de aguas con influencia de **AESS**. Por el contrario, entre Antofagasta y Pichidangui, asociado a intensos vientos desde el sur, afloraron aguas con clara influencia de **AESS**, generando filamentos de gran extensión y una banda costera que se proyectó decenas de millas hacia el océano.

Las diferencias de la intensidad y distribución espacial de los vientos, la surgencia, la banda costera, las aguas surgentes, la extensión de las estructuras de mesoescala e incluso las corrientes, permiten pensar que la variabilidad local asociada al área norte de Antofagasta, tiene un comportamiento desacoplado al del área sur de Antofagasta. Particularmente, en el área de la bahía de Coquimbo,



la actividad de mesoescala, el viento y la surgencia costera, como también las altas concentraciones de clorofila-*a*, están fuertemente vinculados, lo cual unido posiblemente con una topografía singular, parecen determinar una zona altamente productiva, asociada a una potencial zona de retención y enriquecimiento (Bakun, 1996)

El nitrógeno inorgánico disuelto mostró estar constituido en una gran fracción por las sales de nitrato. Amonio y nitrito se encontraron, en algunas zonas, bajo el límite de detección. Estas dos sales son elementos intermedios en el ciclo del nitrógeno, y se ha reconocido que se encuentran en bajas concentraciones, presentando máximos discretos en las capas superficiales (Sharp, 1983).

El amonio, durante el crucero se caracterizó por presentar concentraciones máximas hacia el margen costero, lo que puede visualizarse por la isolínea de 0,1  $\mu\text{M}$ , revelando que en algunas áreas oceánicas estuvieron prácticamente carentes de esta sal. Este patrón se encuentra dentro de lo descrito para otras regiones. Sharp (1983) señaló que es posible encontrar un máximo de amonio asociado al fondo de la zona eufótica, no obstante, esto no resultaría ser una condición constante, destacando que los valores de amonio en las capas más profundas son bajos, lo cual en parte permite explicar la variabilidad observada en este estudio y en esos estratos.

Respecto del nitrito, éste se caracterizó por presentar una variabilidad similar a la del amonio, con la excepción de las altas concentraciones detectadas en el margen costero de la región norte. Se debe destacar que una característica del océano Pacífico Sur Oriental, es la presencia de una máxima secundaria de nitrito, a la cual se asocia una mínima relativa de nitrato (Silva, 1987; Sharp, 1983). Las concentraciones de nitrito reflejaron esta situación, lo cual podría ser explicado con los niveles de oxígeno disuelto que deberían reflejar condiciones de anoxia,



las cuales favorecerían la ocurrencia de procesos de desnitrificación (Silva, 1987; Morales *et al.*, 1999).

El fósforo inorgánico disuelto, al contrario del nitrógeno, se encuentra representado sólo por el ión ortofosfato (Pilson, 1985). Silva y Konow (1975) han señalado que tanto fosfatos como nitratos presentan un comportamiento similar en cuanto a la ubicación de sus máximos y mínimos en la columna de agua. Silva *et al.*, (1997) han indicado que diversos procesos asociados provocarían variaciones en la distribución vertical de nitrato y de fosfato, como el consumo biológico, advección de aguas con mayor o menor concentración de nutrientes, mezcla vertical inducida por el viento y mineralización de la materia orgánica. No obstante, los mínimos de fosfato muchas veces no tienen correspondencia con los procesos que afectan al nitrato, que por ejemplo, se ve afectado por procesos de desnitrificación bacteriana (Chester, 1996; Pilson, 1985).

Información acerca de concentraciones de silicato para la zona son escasas. Para la región de Coquimbo han sido descritas bajas concentraciones asociadas a regiones de alta actividad biológica (Olivares, 1989). En la zona de surgencia de Perú se han registrado concentraciones similares a las detectadas en este estudio. La fuente del agua aflorada proviene de profundidades entre 100 y 200 m (Barber y Smith, 1981), lo que explicaría las altas concentraciones observadas en esos estratos.

El picoplancton estuvo conformado por un componente fotoautotrófico representado por formas procariontes y eucariontes, siendo las formas procariontes cianobacterias de los géneros *Prochlorococcus* y *Synechococcus*. El otro componente fueron bacterias (donde se incluyen arqueas), las cuales pueden ser heterotróficas y/o quimiotróficas.



El grupo fotoautotrófico exhibió las mayores abundancias en áreas en las cuales la abundancia del microfitoplancton fue baja, lo cual sugiere que gran parte de la productividad primaria de esta zona podría estar siendo sostenida por este grupo. Al respecto, *Prochlorococcus* y *Synechococcus* son los microorganismos fotosintéticos más abundantes en la Tierra, desempeñando un papel importante en el ciclo del carbono del océano y contribuyendo significativamente a la producción primaria marina global (Li, 1995; Liu *et al.*, 1997; Marañón *et al.*, 2003). Estas cianobacterias se distribuyen especialmente en regiones oligo- y mesotróficas, y se han mencionado que factores que influyen en su distribución horizontal y vertical pueden ser la temperatura, la intensidad de la luz y disponibilidad de nutrientes (Campbell *et al.* 1994).

El picoplancton eucariota fotoautotrófico presentó las menores abundancias. Este es un grupo caracterizado por presentar clorofila-*a*, y pigmentos accesorios comúnmente encontrados en el microfitoplancton. Si bien se ha demostrado su presencia en diversos ambientes, destacando su importancia en el componente fotoautotrófico, aun son el grupo menos estudiado y para el norte de Chile no existe información.

En relación al componente bacteriano, las comunidades picoplanctónicas heterotróficas y/o quimiotróficas han sido caracterizadas dentro de las más abundantes en los océanos, sólo superadas por virus y están involucradas en la mayoría de los ciclos biogeoquímicos (DeLong y Karl, 2005). La dinámica de este grupo es modulada por factores físicos, químicos y biológicos, los cuales inciden en su abundancia, biomasa, tamaño, distribución y adaptación (Stainier *et al.*, 1996, Ducklow, 1992). Su importante rol como remineralizadoras, formando parte fundamental del anillo microbiano, las asocia a fuentes de materia orgánica de origen fotosintético (Azam *et al.*, 1983), lo cual puede ser el resultado del hallazgo



de la presencia de sus mayores concentraciones junto a las del picofitoplancton. En este sentido, se reconoce al bacterioplancton del norte de Chile como un importante enlace de materia y energía (Troncoso *et al.*, 2003). No obstante, es interesante destacar que los rangos de abundancia registrados fluctuaron en varios órdenes de magnitud, considerando que las concentraciones de este componente no varían demasiado, ni en el tiempo ni el espacio.

Los nanoflagelados se encuentran dentro de las fracciones de mayor importancia ecológica en el ámbito marino y costero. Son los principales reguladores del bacterioplancton y, a la vez, son una fuente de alimento para una variada gama de predadores, donde uno de los principales es el zooplancton. El cambio en tamaño y distribución poblacional del nanoplancton afecta notablemente a los niveles más altos de la trama trófica (Schneider-Olt y Adrian, 2001).

La dominancia de nanoplancton autotrófico respondería a las condiciones favorables para su crecimiento en sistemas de surgencia costera. Este componente estuvo representado principalmente por células esféricas (similares a cianobacterias), especialmente en aquellas zonas donde no predominaron las diatomeas. No obstante, ha sido señalado que los flagelados nanoplanctónicos son dominantes en esta fracción alcanzando concentraciones de 2 y 3 órdenes de magnitud mayor que otros protistas, y los flagelados autótrofos corresponden a un importante componente de la producción primaria en sistemas de surgencia y latitudes templadas (Schneider-Olt y Adrian, 2001; Cuevas y Morales, 2006). Por su parte, los nanoflagelados heterótrofos son uno de los principales regeneradores de nutrientes y agentes reguladores en sistemas top-down y bottom-up. A su vez, son considerados los mayores consumidores de picoplancton autotrófico y heterótrofo (Simek *et al.*, 1997; Adrian *et al.*, 2001).



Las abundancias registradas son similares a las informadas por otros autores, quienes reportan valores de  $3,1 \times 10^6$  cel/L, para el mar de Bering, y de  $6,85 \times 10^6$  cel/L para el Pacífico Norte (Sorokin *et al.*, 1996). Claramente la zona norte presentó las mayores abundancias en el margen costero, asociadas a los centros de surgencia permanente que existen en esa área. En la mayoría de las transectas se observó una disminución de las concentraciones con la profundidad, hecho que concuerda con lo descrito por Cho *et al.* (2000), quienes establecen que a mayor profundidad y menor temperatura la abundancia de este componente disminuye notablemente.

La estructura del microfitoplancton correspondió a la típica comunidad de surgencia dominada por diatomeas formadoras de cadenas, con el grupo de los flagelados ocupando un segundo lugar en términos de abundancia (Aguilera *et al.*, 2009; Herrera y Escribano, 2006; Herrera y Merino, 1992; Lassiter *et al.*, 2006; Loureiro *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 1996; Santander *et al.*, 2003). Los géneros dominantes, como *Chaetoceros*, *Pseudonitzschia*, *Detonula* y *Bacteriastrum* han sido identificados como proxy de surgencia (Lassiter *et al.*, 2006; Loureiro *et al.*, 2005).

Si bien este patrón de dominancia se mantuvo en toda el área de estudio, se registraron cambios latitudinales y longitudinales en la concentración de las especies, lo cual significó que distintos grupos de especies fueran responsables de las abundancias registradas. Tales cambios han sido explicados sobre la base de los distintos requerimientos que presentan las especies, y un sistema heterogéneo asegurará en un momento determinado una condición ambiental favorable para su crecimiento (Conell, 1978; Hambright y Zahorí, 2000; Platt y Denman, 1985). Al respecto, cuando los eventos de surgencia en esta zona tienen una intensidad moderada, cuatro o cinco especies dan cuenta de más del 60% de la abundancia total, mientras que cuando los procesos son intensos habitualmente





las diatomeas responden con proliferaciones de carácter mono-específico (Herrera y Escribano, 2006).

Las abundancias de las diatomeas corresponden a valores propios de la zona (Aguilera *et al.*, 2009; Herrera y Escribano, 2006; Santander *et al.*, 2003). La presencia de las mayores concentraciones restringidas a la franja entre 1 y 10 mn de la costa, particularmente entre Arica y punta Hornos, se debe a que este grupo domina en los sectores influenciados por las aguas de afloramiento, las que determinan condiciones físicas y químicas que favorecen el crecimiento de las diatomeas formadoras de cadenas que alcanzan tamaños por sobre los 100  $\mu\text{m}$  (Herrera y Merino, 1992; Hutchings *et al.*, 1995; Morales *et al.*, 1996).

En un gradiente costa afuera, los cambios en la composición y abundancia, serían producto de la estructura ambiental de un sistema de surgencia permanente, donde la aparición de diferentes ensamblajes hacia la región oceánica obedece al incremento de la estabilidad con la dominancia de formas grandes y solitarias, y de fracciones de tamaño del picoplancton y nanoplancton (Hutchings *et al.*, 1995). La región más oceánica, entre 70 y 100 mn de la costa, estuvo dominada por la presencia de especies de diatomeas pertenecientes a los géneros *Lioloma*, *Pseudosolenia*, *Pseudonitzschia* y *Thalassiotrix*, las cuales se caracterizan por presentar gran tamaño (>500  $\mu\text{m}$ ).

Pocos antecedentes existen acerca de la comunidad microfitoplanctónica en la zona desde bahía Moreno al sur. Esta región ha sido caracterizada como un área de baja estabilidad, con intensos procesos de afloramiento en la banda costera que generan una columna de agua homogénea entre 1 y 10 mn de la costa, y un aumento de la estratificación desde las 20 mn hacia la región oceánica (Iriarte *et al.*, 2000; Torres *et al.*, 2002). Si bien en esta zona se mantuvo el dominio de las diatomeas, las abundancias disminuyeron notablemente, lo que fue observado



tanto a nivel costero como oceánico. Al respecto, la turbulencia y la concentración de nutrientes han sido señaladas como factores clave del crecimiento de las diatomeas, con la existencia de una estrecha ventana ambiental definida por niveles de turbulencia que las mantiene sobre la profundidad crítica y no limita su crecimiento (Hutchings *et al.*, 1995; Legendre y Lé Fevre, 1989).

Respecto de los flagelados, los géneros dominantes como *Ceratium*, *Prorocentrum* y *Protoperdinium* son característicos de sistemas de surgencia, presentando altos porcentajes de ocurrencia (Herrera y Merino, 1992; Lassiter *et al.*, 2006; Loureiro *et al.*, 2005). Especies como *Prorocentrum micans*, *Ceratium furca* var. *berghii*, y *Dictyocha fibula*, han sido previamente reportadas como dominantes de esta comunidad en distintas épocas del año (Herrera y Escribano, 2006). También es característico de *P. micans* (Alvial y García, 1986) y *C. furca* v. *berghii*, generar intensas proliferaciones cerca de la costa, como fue observado entre bahía Moreno y rada Paposó. Por otra parte, la asociación de las mayores abundancias de este grupo con altas concentraciones de diatomeas, puede responder a que algunas especies, como las del género *Protoperdinium*, son heterótrofas y consumen preferentemente diatomeas y otros dinoflagelados (Kjæret *et al.*, 2000; Olseng *et al.*, 2002), de tal manera que su presencia podría responder más a la disponibilidad de alimento que a las condiciones ambientales imperantes (Kjæret *et al.*, 2000).

La comunidad del microzooplancton holoplanctónico presentó una composición de grupos especies, coincidente con aquella informada para otras zonas costeras de latitudes medias, con la predominancia de ciliados alorizados, tintínidos y radiolarios, además de microcrustáceos (Capriulo y Carpenter, 1983; Boltovskoy *et al.*, 1995; Godhantaraman y Uye, 2003; Calbet y Saiz, 2005).



Lo anterior se reflejó también en las abundancias y en el aporte porcentual de estos grupos. Magnitudes similares han sido registradas para ciliados aloricados y tintínidos en períodos primaverales, así como también para estadios naupliares (Godhantaraman y Uye, 2003).

En su distribución horizontal, el microzooplancton exhibió un patrón inverso al del microfitoplancton, con menores abundancias en la zona norte, a cargo de estadios naupliares presentes principalmente en la zona costera, en cambio, al sur de bahía Moreno, las abundancias aumentaron y los principales representantes fueron ciliados aloricados y tintínidos que dominaron entre la costa y las 100 mn.

El microzooplancton ha sido descrito como un importante pastoreador de fitoplancton (Landry y Calbet, 2004; Verity *et al.*, 2002), y entre las causas que se mencionan como responsables de sus alta abundancias está la presencia de alimento. Las concentraciones de estos microheterótrofos pueden expresar cambios en la disponibilidad del alimento, como abundancia y biomasa fitoplanctónicas (Otani, 1997). Esto, sumado a las condiciones ambientales, podría ser una de las causas de las bajas concentraciones de microfitoplancton en el sur del área de estudio.

Las altas abundancias de microzooplancton también constituyen un indicador de la existencia de un activo anillo microbiano, donde ellos participarían como exportadores hacia los niveles tróficos superiores de gran parte del flujo de energía proporcionado por el fitoplancton (Kamiyama *et al.*, 2000; y Calbet y Saiz, 2005).

En la componente vertical, la presencia de las máximas, asociadas a los primeros 20 m de profundidad podría estar asociada a que el microzooplancton responde a la presencia de la termoclina (Kamiyama *et al.*, 2000). Por otra parte, dado que



constituye una característica permanente de la zona de estudio, hay que considerar la zona de mínima concentración de oxígeno (**ZMO**), la que tiene un fuerte impacto sobre los organismos planctónicos, actuando como una barrera de su distribución vertical, influenciando, además, sus biomásas y composición (Wishner *et al.*, 1995).

La composición general del zooplancton en el área de estudio, coincide con lo reportado por diferentes trabajos para el área norte de Chile (Oliva, 1997a), existiendo concordancia en la taxocenosis a nivel de grupos mayores. Si bien en este estudio la determinación del zooplancton sólo se realizó a nivel de grupos mayores, el examen cualitativo de la Copepodofauna enseña que no existen diferencias respecto de lo observado en los estudios de zooplancton con relación a los proyectos FIP de “Evaluación hidroacústica del recurso anchoveta entre la I y II Regiones” el espectro del 2007 (verano-primavera) y 2008 (primavera). De igual forma, los patrones de ocurrencia de los taxa holoplanctónicos corresponden a los descritos en general para las aguas del norte de Chile (Oliva, 1997a).

Copepoda representó el grupo más importante en el área de estudio, el examen cualitativo de éste taxón reveló a *Paracalanus parvus*, *Centropages brachiatus*, *Eucalanus attenuatus*, *Eucalanus inermis*, *Calanus chilensis*, *Acartia tonsa* y *Oithona plumifera* como especies dominantes. En general, estas especies aparecen como componentes tróficos principales en *Sardinops sagax* (Oliva *et al.*, 1987) y en *Engraulis ringens* (Oliva *et al.*, 2003).

La distribución de los organismos zooplanctónicos de mayor tamaño (>2,25 mm) reveló muy baja densidad en los dos estratos de profundidad comparado con las densidades de los organismos más pequeños (<2,25 mm), situación considerada normal, ya que las altas abundancia totales están sustentadas principalmente por los organismo más pequeños del plancton, como los copépodos. Esta gran



proporción de organismos pequeños también ha sido observada en otros estudios, como por ejemplo en la plataforma continental de bahía Biscay (Sourisseau y Carlota, 2006) y en la zona costera de surgencia del noroeste de España (Isla *et al.*, 2004).

Las altas abundancias encontradas en el sector norte y principalmente en estaciones costeras del área de estudio se debería a los frecuentes eventos de surgencia que caracterizan a la zona y que favorecen el desarrollo de altas tasas de producción primaria (Rodríguez *et al.*, 1986; Marín *et al.*, 1993; Santibáñez, 2003), esenciales para el mantenimiento de poblaciones de algunos herbívoros, como *Calanus chilensis* (Escribano y McLaren, 1999).

Por otra parte en los dos estratos estudiados se puede observar una disminución de los organismos en las estaciones más oceánicas y hacia el sur de caleta Inglesa, es probable que este descenso esté asociado a una menor disponibilidad trófica y/o a procesos de tipo advectivos en la capa de Ekman, que transportan y dispersan los organismos fuera de la costa (Gili *et al.*, 1988, 1991).

Característicamente el espectro normalizado de tamaño del zooplancton enseña pendientes negativas; sus cambios espacio temporales pueden ser explicados por los factores que afectan su dinámica (Kimmel *et al.*, 2006), reflejando así la dominancia de grupos y especies en determinados períodos, como también la influencia regional de procesos oceanográficos. De igual modo, su análisis sobre una base de datos histórica puede revelar cambios a un nuevo régimen oceanográfico (Mullin *et al.*, 2003).

Sourisseau y Carlota (2006) señalan que al usar la pendiente normalizada del espectro de tamaño de biomasa del zooplancton, se registra que las pendientes más altas se encuentran en la zona costera; en el presente estudio mediante regresión



lineal del espectro normalizado de la abundancia se evidencia igual situación, lo que demuestra la gran proporción de organismos pequeños en la franja costera de 1 – 5 mn. Sin embargo, la más fuerte tendencia en las pendientes es con la latitud, reflejando el cambio tanto en la abundancia como en los tamaños de los zooplancteres hacia el sur, especialmente después de los 29 °S.

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 y normalmente está correlacionado con la fluorescencia in vivo; a modo de referencia en 1990 en el área de los 20,50°S – 22°S, la biomasa de primavera fue de 1.183 cc/1000 m<sup>3</sup> y en invierno decayó a 482 cc/1000 m<sup>3</sup> (Oliva, 1997b), exhibiendo en el plano espacial una disminución en función de la distancia a la costa, pero no en el plano latitudinal. Mayores concentraciones de zooplancton en la zona costera coinciden con lo observado en Oregon (Peterson *et al.*, 1979); Benguela (Timotin *et al.*, 1992) y en el noroeste de España (Isla *et al.*, 2004). No obstante, en el presente estudio se determinó una mayor concentración de biomasa en la zona oceánica, diferencias regionales (latitudinales) y mayores concentraciones en el estrato de superficie.

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en octubre de 2008, respecto a las reportadas en cruceros precedentes para la serie 1981/2008, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta la misma situación para las distintas fases de desarrollo. Es así, como los estadios de huevos y larvas, exhiben con respecto al año 2007 un incremento en sus densidades lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 109,8% y 134,4%, respectivamente.



Las densidades promedio por estaciones positivas, utilizadas como un índice de la intensidad y/o concentración del desove, muestran con respecto al invierno de 2007 porcentajes de cambio iguales a 82,7% y 205,2%, en cada estadio.

En el análisis integrado de la información, se debe considerar que el comportamiento estacional en los procesos de desove podría estar causado por la agregación de la especie para estos fines. En este sentido Yañez *et al.*, (2001) indican que los recursos pelágicos presentan variaciones espaciales intra e interanuales, las cuales se relacionan con procesos biológicos y fluctuaciones del medio ambiente. A su vez, debe destacarse que tanto huevos como larvas exhibieron sus mayores densidades en las 15 primeras millas de la costa en los bordes internos de las aguas de 15°C, lo que es semejante a lo descrito por Braun *et al.*, (2007) y Oliva *et al.*, (2002).

Al examinar visualmente el patrón de distribución de los huevos y larvas, se observa que los huevos poseen un patrón de cobertura geográfica más estrecho que las larvas, no obstante son más abundantes. A su vez, Oliva *et al.*, (2002) indican que los focos más importantes de huevos de anchoveta tienden a ubicarse en las primeras millas de la costa en los bordes internos de gradientes térmicos y salinos moderados. Por otra parte, las larvas aprovecharían la cantidad y calidad de alimentos derivados de los primeros efectos de las surgencias, las cuales se extienden hasta las 30-40 millas de la costa a principios de año (enero-abril) (Barbieri *et al.*, 1995) y hasta las 20-25 millas en invierno. También es importante destacar que en invierno las reparticiones espaciales del ictioplancton se encuentran en posiciones más oceánicas debido a una mayor cobertura territorial del ictioplancton, ya que es la época de desove principal y por otro lado la de mayor abundancia de larvas (Morales *et al.*, 1996).



En el patrón de distribución de los CG del ictioplancton, se observa que en general los CG de los huevos tienden a ser más costeros que los CG de las larvas. Asimismo, también es importante destacar que en los últimos años los CG se encuentran en posiciones más al sur debido a densidades relevantes que se han registrado en los alrededores de punta Lobos, que es el foco principal en términos espaciales y temporales y que además presenta las mayores densidades de huevos y larvas.

Al norte de punta Cobija, se observó una clara asociación espacial de la banda costera especialmente con los huevos, los cuales tienen como tal, un corto período de residencia en el plancton. Esta banda costera se caracteriza por menores temperaturas ( $<18^{\circ}\text{C}$ ) y menores salinidades ( $< 34,8$  psu). El gradiente zonal de estas variables señala la presencia de una zona frontal que limita el ecosistema costero, y potencialmente limita la advección lejos de la costa de los huevos. A pesar de lo anterior, y como se mencionó, aparecieron puntos de alta concentración de huevos y larvas alejados de la costa y por fuera de la zona frontal. Al analizar la presencia de estos puntos dentro del contexto de las corrientes geostróficas, ellos aparecen como respuesta a la advección de aguas desde la zona costera entre los  $20^{\circ}30'\text{S}$  y  $21^{\circ}30'\text{S}$ , asociado a un flujo divergente desde la costa con dirección noroeste que aparece como límite de un giro anticiclónico ( $21^{\circ}30'\text{S} - 72^{\circ}30'$ ). La respuesta espacial de la distribución de huevos y larvas a las corrientes geostróficas aparece potencialmente en bahía Mejillones y Antofagasta, donde los huevos y larvas se concentraron en las bahías, pero asociados a estos aparecen flujos convergentes hacia la costa.

Otros puntos geográficos interesantes de hacer notar son rada Paposo y bahía Coquimbo, los cuales por las características geográficas que poseen y la interacción con las corrientes que los circundan parecen definirlos, especialmente bahía Coquimbo, como áreas de retención, a pesar que las cantidades de larvas encontradas sean varios ordenes de magnitud menores que las ubicadas al norte del área de estudio.





El monitoreo satelital de temperatura mostró que dentro del período analizado (2005 - 2008), el año 2008 presentó temperaturas relativamente típicas para la zona, aunque influenciadas por el termino del evento “La Niña”, que ocurrió durante el año 2007, lo que produjo un retraso y por lo tanto acortamiento del período de primavera - verano de 2008. Las temperaturas resultantes aparecieron dentro de los rangos típicos tanto en verano como en invierno (Rojas & Silva, 1996). Paralelamente, las clorofilas observadas durante el período cálido (2008) fueron mayores a las observadas durante el verano de 2006 y 2007. Por otro lado durante el período de invierno ésta evidenció menores concentraciones que los años 2005 y 2006, pero mayores que 2007. Los resultados sugieren que “La Niña” 2007, produjo que las concentraciones de clorofila decayeran en toda la zona norte y que por un efecto bianual produjeran que durante el período frío de 2008, estas no se recuperaran a niveles típicos. Este efecto es contrario al observado durante “El Niño” 1982/1983, en el cual se observaron anomalías positivas en la zona norte de Chile durante un año posterior al evento (Thomas *et al.*, 1994). La naturaleza de esta menor concentración en la distribución espacio-temporal de cloa durante el invierno de 2008, parece estar asociada a una leve disminución del transporte de Ekman, el cual cae a menos de 500 m<sup>3</sup>/s durante el invierno de 2008. Paralelamente, se observó una elevación de nivel del mar, mostrada por la presencia de anomalías positivas las que perduraron en toda la zona hasta principios de primavera de 2008. Estas anomalías positivas están asociadas a una profundización de la termoclina dejando una capa superficial de mayor espesor (Huyer *et al.*, 1987). La relación directa de “La Niña” 2007 con estas anomalías es un tema no resuelto aún, pero la influencia directa de un menor transporte asociado a una profundización de la termoclina produce un debilitamiento de la surgencia, acompañado por el afloramiento de aguas de la capa superficial y por lo tanto, pobres en nutrientes y menos productivas.



En relación a la distribución latitudinal de la pesca de pelágicos en la zona norte, existen dos puntos importantes, la zona de Arica, la cual es difícil de interpretar debido a la falta de información de la flota peruana y la curvatura del continente que influencia la zona analizada. El segundo máximo corresponde a la zona entre el sur de Iquique ( $20,5^{\circ}\text{S}$ ) y punta Arenas ( $21,5^{\circ}\text{S}$ ), el cual está asociado al centro de surgencia ubicado entre los  $20^{\circ}$  y  $21^{\circ}$ , y definido por una caída de temperatura y los máximos promedio de cloa en los  $20^{\circ}$  y  $21,5^{\circ}\text{S}$ , como también a la influencia de la desembocadura del río Loa ( $21,41^{\circ}\text{S}$ ). Esta zona presenta máximos de cloa durante los veranos, pero principalmente durante los inviernos (Thomas *et al.*, 1994), aunque de periodicidad irregular. Esta zona también presenta marcadas fluctuaciones anuales de TSM ( $\sim 3$  a  $5^{\circ}\text{C}$  anuales) y fluctuaciones irregulares en el transporte de Ekman, aunque en promedio siempre es positivo a la surgencia. La combinación de la intensidad del transporte de Ekman y la profundidad de la termoclina parecen jugar un rol fundamental en la productividad de la zona. A pesar de esto, los resultados muestran que los máximos valores de pesca (centrados en  $21^{\circ}\text{S}$  y en Arica) están asociados a centros de surgencia con alta productividad biológica en términos de biomasa de clorofila y bajas temperaturas promedio, pero estos también ocurren en otras partes de la zona de estudio donde la pesca está ausente o es muy limitada. Por lo cual otros factores, posiblemente ecológicos, en combinación con los oceanográficos también juegan un rol determinante en la distribución y abundancia de la pesca.



## IX. CONCLUSIONES

---

Los rangos de temperatura y salinidad observados durante el crucero se presentan dentro de los valores promedio para la zona.

Durante octubre de 2008, las condiciones atmosféricas y oceánicas se presentaron como neutrales o promedios en la zona norte de Chile. Durante los meses de verano de 2009, se observó un incipiente evento frío en la zona Ecuatorial, con la presencia de anomalías débiles en la zona norte de Chile. A partir de abril de 2009, las condiciones atmosféricas y oceánicas, aunque permanecían cercanas a la neutralidad en el Ecuador, empezaron a mostrar una tendencia hacia un evento cálido. Anomalías positivas en el Ecuador y en el Pacífico sur oriental durante principios de julio de 2009, como también los pronósticos de la mayoría de los modelos indican el potencial desarrollo de un evento “El Niño” si se mantienen estas condiciones durante agosto y septiembre de 2009.

La actividad de mesoescala al norte de Antofagasta, asociada a la presencia de giros, filamentos y surgencia decayó hacia finales de octubre, mientras que hacia el sur se mantuvo.

La surgencia costera produjo afloramientos a lo largo de toda la costa, pero fue más intensa al sur de Antofagasta, especialmente alrededor de la bahía de Coquimbo.

Ascenso de aguas de menor contenido de oxígeno, es decir, con influencia del Agua Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**) solamente se observaron al sur de Antofagasta, especialmente en el área adyacente a caleta Inglesa y punta Farellones.



La intensidad de los vientos es especialmente notoria al sur de Antofagasta, mientras que al norte de esta localidad durante el período del crucero, los vientos fueron en general débiles. La diferencia espacial en la intensidad del viento favoreció la surgencia y el afloramiento de aguas más profundas al sur de Antofagasta que al norte de ella.

La clorofila satelital mostró evidencia de estructuras oceanográficas llamadas filamentos de surgencia, los cuales se extendieron desde las 20 a las 90 mn de la costa.

La concentración de clorofila-*a* asociada a la zona de bahía de Coquimbo se incrementó rápidamente durante el mes de octubre y abarcó una gran extensión espacial.

Los valores y la distribución de nutrientes son concordantes con información proveniente de la zona y de otras regiones de surgencia costera.

Los menores valores en el estrato entre la superficie y 10 m de profundidad serían producto de la alta actividad del componente fitoplanctónico autotrófico, lo cual fue más evidente entre Arica y punta Hornos.

Las formas nitrogenadas, en particular, el nitrito debería ser concordante con la distribución de oxígeno disuelto en la zona norte del área de estudio.

Las concentraciones de nutrientes permitieron establecer diferentes zonas que están en directa relación con los procesos físicos que imperan en cada una de ellas.



Del componente fotoautotrófico, el picoplancton procarionte fue dominante y exhibió altas concentraciones en el sector donde se registraron las menores abundancias de microfitoplancton (diatomeas).

El componente bacteriano mostró una alta variabilidad en su abundancia, y sus mayores concentraciones estuvieron asociadas a las del picoplancton procarionte autotrófico.

La estructura del nanoplancton estuvo controlada por formas autotróficas. Su mayor abundancia en la zona costera estaría asociada a los procesos de surgencia.

La estructura y dinámica de la comunidad microfitoplanctónica estuvo controlada por las diatomeas, donde la variabilidad en las abundancias de este grupo, en un sentido latitudinal y longitudinal, estuvo asociada a cambios en las especies, desde formas en cadena en la zona costera y norte del área de estudio, a formas grandes y solitarias en la zona oceánica y hacia el sur.

Las formas flageladas se mantuvieron en segundo lugar en términos de abundancia y mostraron una asociación con las mayores concentraciones de diatomeas.

El microzooplancton holoplanctónico estuvo dominado por formas ciliadas, tanto desnudas como lorizadas que dominaron el sector sur del área de estudio entre la costa y la región oceánica. Los estadios naupliar resultaron también una componente importante restringiendo su distribución hacia el norte.

La presencia de altas abundancias del microzooplancton puede estar dada por la presencia de alimento y de la existencia de un activo anillo microbiano



El zooplancton estuvo dominado por un componente holoplanctónico altamente diverso, destacando Copepoda (Calanoida y Cyclopoida), Appendicularia, Siphonophora (Calicophorae), Chaetognatha, Ostracoda, Euphausida y Salpidae.

En la estructura de tamaño del zooplancton, dominaron las formas inferiores a 2,25 mm representadas principalmente por copépodos.

Esta fracción fue más dominante en la zona costera del sector norte del área de estudio, lo cual se debería a la presencia de alimento.

La disminución de los organismos en las estaciones más oceánicas y hacia el sur puede estar asociada a una menor disponibilidad trófica y/o a procesos advectivos.

La biomasa del zooplancton reveló diferencias significativas longitudinales y latitudinales, disminuyendo con la profundidad en un orden de magnitud entre el estrato superficial (0 - 25 m) y los más profundos.

La repartición geográfica de los CG indican que los huevos tienen un patrón de distribución más estrecho que las larvas, en tanto que las larvas tienen un patrón de cobertura espacial más amplio y además se encuentran más alejadas de la costa alcanzando las 100 mn.

En general, los CG del ictiplancton en los últimos años se han ubicado mas al sur y preferentemente en las inmediaciones de punta Lobos, donde se han registrado las mayores densidades de huevos y larvas.



La banda costera caracterizada por menores valores de temperaturas y salinidad, presentó una clara asociación espacial con los huevos, limitando potencialmente la advección de estos fuera de la costa.

La distribución espacial del ictioplancton en la península de Mejillones y Antofagasta, es potencialmente efecto de las corrientes geostróficas, las que presentaron flujos convergentes hacia la costa.

Las principales especies detectadas en la prospección acústica no presentaron cambios en términos cualitativos.

Las mayores densidades acústicas registradas en el área de estudio, estuvieron dadas para el pez linterna y la anchoveta con un 51,03% y un 39,51% de las densidades acústicas totales respectivamente.

El 89,4% de las densidades acústicas totales se detectó al norte de Antofagasta donde el 55,9 % correspondió al pez linterna, mientras que al sur de Antofagasta la anchoveta fue la especie más abundante con un 48,4% de las densidades acústicas totales.



## X. BASE DE DATOS

### 1. Datos oceanogr3ficos y meteorol3gicos

La informaci3n oceanogr3fica y meteorol3gica de cada una de las estaciones oceanogr3ficas realizadas durante el crucero se encuentran en el siguiente archivo: **CRUCE513**, cuyo formato de grabaci3n (Formulario de codificaci3n), corresponde a una modificaci3n del formato **NODC**. El formato **IFOP** est3 compuesto por un registro de identificaci3n y varios registros de informaci3n:

#### a) Registro de identificaci3n

Campo	Columna de inicio	Formato
país	1	E 2
buque	3	A 2
latitud grados	5	E 2
minutos	7	R 3.1
longitud grados	10	E 2
minutos	13	R 3.1
marsden	16	E 3
año	19	E 2
mes	21	E 2
día	23	E 2
hora local	25	R 3.1
instituci3n	28	E 2
crucero	30	E 3
estaci3n	33	A 3
prof.ecosonda	36	E 4
m3xima profundidad	40	E 2
nº observaciones	42	E 2
trans. Secchi	44	E 2





## Continuación

---

<b>Campo</b>	<b>Columna de inicio</b>	<b>Formato</b>
dirección olas	46	E 2
altura olas	48	E 1
período olas	49	E 1
dirección viento	50	E 2
velocidad viento	52	E 2
presión barométrica	54	R 3.1
bulbo seco	57	R 3.1
bulbo húmedo	60	R 3.1
tiempo	63	E 2
tipo nubes	65	E 1
cant. Nubes	66	E 1
visibilidad	67	E 1
latitud n-s	68	A 1
longitud w-e	69	A 1
tipo de datos	76	A 1
control	80	E 1

---

## b) Registros de datos

---

identificación	1	35 (Repetición)
profundidad (m)	36	E 4
temperatura (°C)	40	R 4.2
salinidad	44	R 5.3
oxígeno (ml/l)	49	R 4.4
control	80	E 1

---



**Observaciones:**

Formato tipo: A n: Alfanumérico

E n: Entero

R n: Real sin el punto (ej. 34.356 en formato R 5.3 es 34356)

n: Número de columnas

Columna 28 y 29 - códigos institución : 01=SHOA, 02=IFOP, 03=UCV, 04=SSP y  
05=otros

Columna 76 - códigos del tipo de datos: B = botellas, C = CTD

Columna 80 - código control : 1 identificación de la estación y 2 último dato  
observado

El campo de profundidad (sonda) se completó con “9999” para profundidad no determinada.

Los datos meteorológicos se encuentran codificados de acuerdo las normas y códigos del NODC. A continuación se entregan codificaciones realizadas a los datos meteorológicos.



ALTURA OLA DOMINANTE			
CODIGO	altura de la Ola		
X	X	altura no determinada	
0	0	a	0.25 m
1	0.25	a	0.75 m
2	0.75	a	1.25 m
3	1.25	a	1.75 m
4	1.75	a	2.25 m
5	2.25	a	2.75 m
6	2.75	a	3.25 m
7	3.25	a	3.75 m
8	3.75	a	4.25 m
9	> 4.25		m

PERIODO DE OLA		
CODIGO	período	
X	calma o no determinado	
2	5	seg o menos
3	6	seg
4	8	seg
5	10	seg
6	12	seg
7	14	seg
8	16	seg
9	18	seg
0	20	seg
1	> 21	seg

TIPO DE NUBE	
CODIGO	NUBE
s	sin nubes
X	nube no visible
0	cirrus
1	cirrocumulus
2	cirrostratus
3	altocumulos
4	altostratus
5	nimbostratus
6	stratocúmulos
7	stratus
8	cúmulos
9	cumulonimbus

VISIBILIDAD			
CODIGO	distancia de visibilidad		
0	< 50		m
1	50	a	200 m
2	200	a	500 m
3	500 m	a	1 km
4	1	a	2 km
5	2	a	4 km
6	4	a	10 km
7	10	a	20 km
8	20	a	50 km
9	50		km o más
x	no registrado		

TIEMPO PRESENTE	
CODIGO	CONDICION
0	despejado
1	parcial nublado
2	capas continuas de nubes
3	ráfagas con polvo o nieve
4	neblina o bruma
5	chubascos
6	lluvia
7	nieve o lluvia y nieve
8	lluvia torrencial
9	tormenta
x	no registrado

OTROS	
Direcciones viento y olas grados verdaderos	
Intensidad del viento nudos	
cantidad de nubes de 0 a 8 partes, 9 = no observado	



## 2. Clorofila - a

Crucero Octubre 2008 proyecto MOBIO FIP 2008-21

Nombre del archivo:

cru-513- clo: indica el número del crucero - variable clorofila

Estructura interna:

Columna A	crucero	número de crucero
Columna B	est	estación
Columna C	prof	profundidad
Columna D	cloa	clorofila a en $\mu\text{g/L}$
Columna E	feop	feopigmentos en $\mu\text{g/L}$

## 3. Nutrientes

NOMBRE DEL ARCHIVO: NUTRIENTES

Hoja1: Concentraciones por estación y profundidad

amo: concentración de amonio ( $\mu\text{M}$ )

nitri: concentración de nitrito ( $\mu\text{M}$ )

nitra: concentración de nitrato ( $\mu\text{M}$ )

fosfa: concentración de fosforo ( $\mu\text{M}$ )

Sili: concentración de silicato ( $\mu\text{M}$ )



#### 4. Plancton Fraccionado

NOMBRE DEL ARCHIVO: PICOPLANCTON

Hoja1: Abundancia integrada de picoplancton (células/mLx10<sup>3</sup>).

abinbacte: abundancia integrada de bacterias (cél/mLx10<sup>3</sup>)

abinpeuca: abundancia integrada de picoplancton eucarionte (cél/mLx10<sup>3</sup>)

abinpauto: abundancia integrada de picoplancton autotrófico (cél/mLx10<sup>3</sup>)

Hoja2: Abundancia de picoplancton (células/mLx10<sup>3</sup>) por profundidad.

abbacte: abundancia de bacterias (cél/mLx10<sup>3</sup>)

abpeuca: abundancia de picoplancton eucarionte (cél/mLx10<sup>3</sup>)

abpauto: abundancia de picoplancton autotrófico (cél/mLx10<sup>3</sup>)

NOMBRE DEL ARCHIVO: NANOPLANCTON

Hoja1: Abundancia total del nanoplancton (células/L) y por clase de tamaño (µm).

abtotna: abundancia total nanoplancton (cél/L)

abtotc1: abundancia total clase 1 (cél/L)

abtotc2: abundancia total clase 2 (cél/L)

abtotc3: abundancia total clase 3 (cél/L)

abtotc4: abundancia total clase 4 (cél/L)

abtotc5: abundancia total clase 5 (cél/L)



Hoja2: Abundancia integrada del nanoplancton total (células/L) y por clase de tamaño ( $\mu\text{m}$ ).

abinna: abundancia integrada nanoplancton total (cél/L)

abinc1: abundancia integrada clase 1 (cél/L)

abinc2: abundancia integrada clase 2 (cél/L)

abinc3: abundancia integrada clase 3 (cél/L)

abinc4: abundancia integrada clase 4 (cél/L)

abinc5: abundancia integrada clase 5 (cél/L)

#### CLASES DE TAMAÑO NANOPLANCTON

clase 1:  $<4 \mu\text{m}$

clase 2:  $4-8 \mu\text{m}$

clase 3:  $8-12 \mu\text{m}$

clase 4:  $12-16 \mu\text{m}$

clase 5:  $16-20 \mu\text{m}$

#### NOMBRE DEL ARCHIVO: MICROFITOPLANCTON

Hoja 1: Abundancia total integrada (células/mL) y tamaño promedio ( $\mu\text{m}$ ).

adiain: abundancia total integrada de diatomeas (cél/mL)

aflain: abundancia total integrada de flagelados (cél/mL)

atotin: abundancia fitoplanctónica total integrada (cél/mL)

tamdiapro: tamaño promedio diatomeas ( $\mu\text{m}$ )

tamflapro: tamaño promedio flagelados ( $\mu\text{m}$ )



Hoja 2: Abundancia integrada (células/mL) y tamaño promedio ( $\mu\text{m}$ ) de las especies de diatomeas y flagelados con los mayores aportes.

abind1 - abind9: abundancia integrada especies de diatomeas (cél/mL)

abinf1 - abinf12: abundancia integrada especies de flagelados (cél/mL)

tamprod1 - tamprod9: tamaño promedio especies de diatomeas ( $\mu\text{m}$ )

tamprof1 - tamprof12: tamaño promedio especies de flagelados ( $\mu\text{m}$ )

Hoja 3: Abundancia total (células/mL) y tamaño ( $\mu\text{m}$ ) por profundidad.

abdia: abundancia diatomeas (cél/mL)

abfla: abundancia flagelados (cél/mL)

abtot: abundancia fitoplanctónica total (cél/mL)

tamdia: tamaños diatomeas ( $\mu\text{m}$ )

tamfla: tamaño flagelados ( $\mu\text{m}$ )

Hoja 4: Abundancia (células/mL) y tamaño ( $\mu\text{m}$ ) de las especies de diatomeas y flagelados con los mayores aportes por profundidad.

abd1 - abd9: abundancia especies de diatomeas (cél/mL)

abf1 - abf12: abundancia especies de flagelados (cél/mL)

tamd1 - tamd9: tamaño especies de diatomeas ( $\mu\text{m}$ )

tamf1 - tamf12: tamaño especies de flagelados ( $\mu\text{m}$ )

#### ESPECIES DE DIATOMEAS

d1: Chaetoceros compressus

d2: Chaetoceros decipiens

d3: Corethron criophilum

d4: Detonula pumila



d5: *Eucampia zodiacus*

d6: *Leptocylindrus danicus*

d7: *Lioloma delicatulum*

d8: *Pseudonitzschia multiseriis*

d9: *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*

#### ESPECIES DE FLAGELADOS

f1: *Ceratium furca* var. *berghii*

f2: *Ceratium fusus* var. *seta*

f3: *Ceratium lineatum*

f4: *Ceratium pentagonum*

f5: *Ceratium tripos*

f6: *Dictyocha fibula*

f7: *Diplopsalis minor*

f8: *Distephanus speculum*

f9: *Gyrodinium* sp.

f10: *Prorocentrum micans*

f11: *Protoperidinium depressum*

f12: *Protoperidinium pellucidum*

#### NOMBRE DEL ARCHIVO: MICROZOOPLANCTON

Hoja1: Abundancia total integrada (individuos/mL) y tamaño promedio ( $\mu\text{m}$ ).

abinmz: abundancia total integrada microzooplancton (ind/mL)

tampromz: tamaño promedio microzooplancton ( $\mu\text{m}$ )





Hoja 2: Abundancia integrada (individuos/mL) y tamaño promedio ( $\mu\text{m}$ ) de los grupos microzooplanctónicos con los mayores aportes.

abinmz1 - abinmz6: abundancia integrada grupos microzooplancton (ind/mL)

tampromz1 - tampromz6: tamaño promedio grupos microzooplancton ( $\mu\text{m}$ )

Hoja 3: Abundancia total (individuos/mL) y tamaño ( $\mu\text{m}$ ) por profundidad.

abmz: abundancia microzooplancton (ind/mL)

tammz: tamaño promedio microzooplancton ( $\mu\text{m}$ )

Hoja 4: Abundancia (individuos/mL) y tamaño ( $\mu\text{m}$ ) de los grupos microzooplanctónicos con los mayores aportes por profundidad.

abmz1 - abmz6: abundancia integrada grupos microzooplancton (ind/mL)

tammz1 - tammz6: tamaño promedio grupos microzooplancton ( $\mu\text{m}$ )

#### GRUPOS MICROZOOPLANCTONICOS

mz1: Ciliados aloricados

mz2: Copepoditos

mz3: Estadios naupliares

mz4: Huevos

mz5: Radiolarios

mz6: Tintínidos



## NOMBRE DEL ARCHIVO: ZOOPLANCTON

### Hoja 1: Biomasa

biotot 0-25: biomasa total zooplancton (gr/1000 m<sup>3</sup>) estrato 0-25 m.

biotot 25-50: biomasa total zooplancton (gr/1000 m<sup>3</sup>) estrato 25-50 m.

biotot 50-75: biomasa total zooplancton (gr/1000 m<sup>3</sup>) estrato 50-75 m.

biotot 75-100: biomasa total zooplancton (gr/1000 m<sup>3</sup>) estrato 75-100 m.

### Hoja 2: Abundancias

abtot 0-25: abundancia total zooplancton (individuos/m<sup>3</sup>) estrato 0-25 m

abtot 25-50: abundancia total zooplancton (individuos/m<sup>3</sup>) estrato 25-50 m

Hoja 3: Abundancia zooplancton (individuos/m<sup>3</sup>) por clases de tamaño (milímetros)  
estrato 0-25 m

Hoja 4: Abundancia zooplancton (individuos/m<sup>3</sup>) por clases de tamaño (milímetros)  
estrato 25-50 m

## CLASES DE TAMAÑO ZOOPLANCTON

clase1: 0,25 mm

clase2: 0,75 mm

clase3: 1,25 mm

clase4: 1,75 mm

clase5: 2,25 - 2,75 mm

clase6: 3,25 - 3,75 mm

clase7: 4,25 - 4,75 mm

clase8: 5,25 - 5,75 mm



clase9: 6,25 - 6,75 mm

clase10: 7,25 - 9,25 mm

clase11: 9,75 - 14,25 mm

clase12: 14,75 - 19,25 mm

Hoja 5: Abundancia por grupos zooplanctónicos (individuos/m<sup>3</sup>) estrato 0-25 m

Hoja 6: Abundancia por grupos zooplanctónicos (individuos/m<sup>3</sup>) estrato 25-50 m

#### GRUPOS ZOOPLANCTONICOS

anfi: Anfipoda

anne: Annelida

appe: Appendicularia

cope: Copepoda

cnida: Cnidaria

cteno: Ctenophora

chaeto: Chaetognata

euca: Eucalanida

eupha: Euphausiacea

h-elong: Huevo elongado de pez

h-esfe: Huevo esférico de pez

lar-anne: Larvas Annelida

lar-pec: Larvas de peces

megalo: Megalopas

mysi: Mysidacea

salp: Salpas

sifo: Siphonofora

stoma: Stomatopoda

zoeas: Zoeas



## 5. Huevos y larvas de peces

La informaci3n zooplanct3nica de cada una de las estaciones bio-oceanogr3ficas obtenida durante la realizaci3n del crucero MOBIO realizado en octubre de 2008, se almacen3 en el archivo cru513, cuyo formato de grabaci3n se detalla a continuaci3n:

Columna	Tipo de informaci3n
1	C3digo estaci3n
2,3,4	A3o, mes y d3a
5 y 6	Hora estaci3n: hora, minuto
7	Latitud grados
8	Latitud minutos
9	Longitud grados
10	Longitud minutos
11	Profundidad
12	C3digo de la red
13	Abertura de malla de la red
14	C3digo fluj3metro
15	N3mero final revoluciones
16 y 17	Tiempo calado minuto, segundo
18 y 19	Tiempo virado minuto, segundo
20	Metros cable arriado
21	Angulo del cable
22	Factor de estandarizaci3n
23 y 24	Huevos y larvas de anchoveta
25 y 26	Huevos y larvas de sardina
27 y 28	Huevos y larvas de jurel
29 y 30	Huevos y larvas de caballa
31 y 32	Huevos y larvas otras especies
33	Biomasa zooplanct3nica



## 6. Acústica

La información concerniente a la evaluación hidroacústica estacional estará contenida en dos tipos de archivos: BIOMA-XX.DAT y POSIC-XX.DAT. En el nombre de estos archivos se indica el número de la transecta por las letras XX.

Los archivos BIOMA-XX.DAT contienen la información de las lecturas acústicas por especie en cada IBM indicando la frecuencia del ecosonda, la especie, las profundidades superior e inferior, tipo de agregación y lectura acústica.

Los archivos BIOMA-XX.DAT están estructurados según:

Línea	Columna	Línea columna Tipo de información
1	1-	nombre del crucero
2	2-	Barco
3	3-	Zona
4 y +	1 a 3	número de la Y BM
	4	Espacio
	5	especie (1 a 4) (ver 1)
	6	Espacio
	7	ecosonda (1=38 khz)
	8	Espacio
	9	tipo de agregación (ver 2)
	10	Espacio
	11 a 13	profundidad superior (m)
	14	Espacio
	15 a 17	profundidad inferior (m)
	18	Espacio
	19 a 23	lectura acústica



(1) Códigos de especie

Sardina española	Código de especie	=	1
Jurel	Código de especie	=	2
Anchoveta	Código de especie	=	3
Caballa	Código de especie	=	4
Otras	Código de especie	=	5

(2) Códigos del tipo de agregación

Cardumen	=	1
Agregación (estrato)	=	2
Individual (aislado)	=	3

Los archivos POSIC-XX.DAT contienen la información del número de la IBM, hora, latitud y longitud.

Los archivos POSIC-XX.DAT están estructurados según:

Columna	Tipo de información
1 a 3	número de IBM
4	coma (,)
5 a 12	hora (HHMMSS)
13	coma (,)
14 a 20	Latitud (GGMM.mm)
21	coma (,)
22	S (sur)
23	coma (,)
24 a 31	longitud (GGGMM.mm)
32	coma (,)
33	W (weste)



## **7. Estaciones costeras**

### **Datos de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila a en las estaciones fijas.**

La información de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila-a en las estaciones fijas de vigilancia mensual, de las localidades de Arica, Iquique, Mejillones, Caldera y Coquimbo para el período julio 2008 a julio 2009, se entrega en el siguiente archivo:

FIJAS-FIP2008-21.xls

#### **Descriptor: FIJAS-FIP2007-11.XLS**

Columna A: estación

Columna B: año

Columna C: mes

Columna D: día

Columna E: profundidad

Columna F: temperatura

Columna G: salinidad

Columna H: oxígeno

Columna I: cloa



## Detalles

Estación : texto, indicando Arica, Iquique o Mejillones

profundidad : numérico, metros

temperatura : numérico, °C

salinidad : numérico, psu

oxígeno : numérico, mL/L

clorofila a : numérico, µg/L

## Datos de ictioplancton y biomasa zooplanctónica en las estaciones fijas.

La información del ictioplancton de anchoveta y jurel y de la biomasa zooplanctónica de los muestreos integrados y estratificados de las estaciones fijas de vigilancia mensual, de las localidades de Arica, Iquique, Mejillones, Caldera y Coquimbo para el período octubre 2008 a julio 2009, se entrega en dos hojas al interior del siguiente archivo:

Base plancton\_Fijas FIP2008-21.xls

## Descriptor hoja ictio 0-100 y bio 0-100:

Columna A: estación (localidad)

Columna B: año

Columna C: mes

Columna D: huevos de anchoveta

Columna E: larvas de anchoveta

Columna F: biomasa





**Descriptor hoja ictio y bio estratos:**

Columna A: estación

Columna B: año

Columna C: mes

Columna D: huevos de anchoveta entre 0-10 metros

Columna E: huevos de anchoveta entre 10-25 metros

Columna F: huevos de anchoveta entre 25-50 metros

Columna G: larvas de anchoveta entre 0-10 metros

Columna H: larvas de anchoveta entre 10-25 metros

Columna I: larvas de anchoveta entre 25-50 metros

Columna J: biomasa entre 0-10 m

Columna K: biomasa entre 10-25 m

Columna L: biomasa entre 25-50 m



## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

**Adrian, R, Wickham, S. and N. Butler. 2001.** Trophic interactions between zooplankton and the microbial community in constrasting food webs: the epilimnion and deep chorophyll maximum of a mesotrophic lake. *Aquat. Microb. Ecol.* 24: 83 – 97.

**Aguilera, V, R. Escribano and L. Herrera 2009.** High frecuency responses of nanoplankton and microplankton to wind-driven upwelling off Northern Chile. *J. Mar. Syst.*, doi: 10.1016/j.jmarsys.2009.04.005.

**Augustin, H.N. D.L. Borchers, E.D. Clarke, S.T. Buckland & M. Walsh. 1998.** Spatiotemporal medelling for the annual egg production method of stock assessment using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat .Sci.* 55: 2608-2621.

**Aitchison, J., J.A.C. Brown. 1957.** The lognormal distribution. Cambridge University Press, Cambridge.

**Alheit, J. & P. Bernal. 1993.** Effects of physical and biological changes on the biomass yield of the Humboldt Currents Ecosystem, IN: Large marine ecosystem. V: Stress, migration and sustainability, K. Sherman, L. M. Alexander and B. D. Gold, editors, American Association for the Advancement of Science, Washington D.C., pp 53-68.

**Alvial, A. y B. García 1986.** Dinámica de un fenómeno de marea roja producido por *Prorocentrum gracile* Schutt, Iquique, Chile. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 22(2):97-123.



- Aron, A. 1980.** Taxonomía, Distribución y Abundancia de las larvas de Peces en la bahía de Concepción (36°04'S,73°02'W), Chile. Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Concepción. 68 p.
- Azam, F. T. Fenchel, J. Gray, L. Meyer-Reil & T. Thingstad. 1983.** The ecological role of water column microbes in the sea. Mar. Ecol. Progr. Ser. 10:257-263.
- Bakun, A. 1973.** Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America, 1946 – 1971. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 671, 103 pp.
- Bakun, A. 1975.** Daily and weekly upwelling indices, West Coast of North America, 1967 – 1973. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 693, 113 pp.
- Bakun, A. and R. Parrish. 1982.** Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru Current System. CalCOFI. Rep., Vol XXIII, 99-112.
- Bakun, A. 1987.** Monthly variability in the ocean habitat off Perú as deduced from maritime observations, 1953 to 1984. In: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of changes. D. Pauly & I. Tsukayama (Eds.) ICLARM Studies and Reviews 15: 46-74.
- Bakun, A. and C. Nelson. 1991.** The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. J. Phys. Oceanogr., 21, 1815-1834.



**Bakun, A. 1996.** Patterns in the ocean. Ocean process and population dynamics. California Sea Grant College System, National Oceanic and Atmospheric Administration in cooperation with Centro de Investigaciones Biologicas del Noroeste (1996), Roma, Italia.323 pp.

**Bakun, A. 2006.** Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response and competitive advantage. *Scientia Marina*. 70 (S2): 105-122.

**Balbontín, F. y M. Garretón.1977.** Desove y primeras fases de desarrollo de la Sardina Española, *Sardinops sagax*, en Valparaíso. Rev. Biol. Mar, 16(2): 171-181.

**Balbontín, F. y R. Pérez.1980.** Descripción de los estados larvales de *Normanichthys crockeri* Clark (Perciformes: Normanichthyidae) del área de Valparaíso.Rev. Biol. Mar.Valparaíso, 17:81-95.

**Barber, R.T. and W.O. Smith. 1981.** The role of Circulation, Sinking, and Vertical Migration in physical sorting of Phytoplankton in the Upwelling Center alt 15°S. In: Coastal Upwelling, F. Richards (ed.), Amer. Geophys. Union. Washington, 366-371.

**Bodenheimer, F. 1955.** Précis d'écologie animale. Payot, Paris.

**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.



- Boltovskoy, D.; S. Vivequin and N. Swanberg. 1995.** Tintinnids and other microplankton from the Greenland Sea: abundance and distribution in the marginal ice zone (May- June 1989). *Marine Ecology* 16(2):117-131.
- Barbieri, M., 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.
- Barber, R. & R. Smith. 1981.** Coastal upwelling ecosystems. En. *Analysis of marine ecosystem A. Longhurst (Eds.)*. Academic press. 31-68 pp.
- Barber R.T., Chavez, E.P.1983.** Biological consequences of El Niño. *Science* 22: 1203-1210.
- Barría, P., A. Aranís, S. Mora, G. Böhm, V. Catasti, G. Muñoz, H. Peña, C. González, F. Vejar y S. Nuñez. 2001.** Monitoreo de las capturas de jurel, 2000. Informe Final Proyecto FIP N° 2000-02. 123pp + Fig.s.
- Bjornsson, H. & S. A. Venegas. 1997.** A manual for EOF and SVD analyses of climate data. Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, and Center for Climate and Global Change Research, McGill University, pp. 53.
- Blanco, J.L. 1996.** Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile, Informe Interno para 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. *Journal Geophysical Research*, 106, C6, 11451-11467.

**Blanco J. L., M. Carr, A. Thomas and P. Strub, 2002.** Hydrographic conditions off northern Chile during the 1996-1998 La Niña and El Niño events. *Journal Geophysical Research* , 107, C3.

**Blanco, J. L. 2004.** Inter-annual to inter-decadal variability of upwelling and anchovy population off northern Chile. Tesis para optar al grado de Doctor of Phylosophy Oceanography. Old Dominion University, Norfolk. 66 pp.

**Braun, M, 1995.** Determinación de la distribución especial y la abundancia de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel. En: Evaluación Hidroacústica de los Stocks de Sardina Española, Anchoveta y Jurel en la Zona Norte, I a IV Regiones. Informe Final - Proyecto FIP.

**Braun, M., J. L. Blanco, J. Osses y J. Castillo. 1998.** Monitoreo mensual de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final FIP N°96-07. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 128 pp + Tablas y Figuras. (monitoreo mayo 97 a dic 97)

**Braun, M., J. Blanco, J. Osses, J. Castillo, H. Miles. 1999.** Monitoreo acústico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. Informe final FIP 97-02. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 145 pp + Tablas y Figuras.



**Braun, M., Reyes, H., Pizarro, E., Castillo, J., Saavedra, J., Catasti, V. & V. Valenzuela. 2005.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV regiones, año 2004. Proyecto FIP N° 2004-01. Informe Final. (p. 300). Valparaíso: Fondo de Investigación Pesquera.

**Braun, M., H. Reyes, J. Castillo, V. Catasti, V. Valenzuela, M. Pizarro y J. L. Blanco. 2005a.** Monitoreo de las condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2003. Informe Final proyecto FIP N° 2003-01.

**Braun, M.; H. Reyes; E. Pizarro, J. Castillo, J. Saavedra, V. Catasti y V. Valenzuela. 2005b.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas 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., H. Reyes, V. Valenzuela, J. Castillo, J. Letelier, M. Pizarro, V. Catasti, J. Saavedra & F. Espíndola. 2007.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2006. Informe Final. FIP 2006-01. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 327.

**Braun, M., V. Valenzuela, V. Catasti y J. Saavedra. 2008.** Distribución y abundancia del ictioplancton. En: Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2007. Informe Final. FIP 2007-11. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 200.

**Butler, M., C. LeBlanc, J. Belbin y J. MacNeil. 1990.** Cartografía de recursos marinos: un manual de introducción. FAO, documento técnico de pesca N° 274. 281 p.



**Calbet, A. and E. Saiz. 2005.** The Ciliate-copepod link in marine ecosystems. *Aquatic Microbial Ecology*. Vol. 38: 157-167.

**Campbell, L. H.A. Nolla & D. Vaultot. 1994.** The importance of *Prochlorococcus* to community structure in the central north pacific-ocean. *Limnology and Oceanography* 39: 954-961.

**Capriulo, G. and E. Carpenter. 1983.** Abundance, species composition and feeding impact of Tintinnid Micro-zooplankton in central Long Island Sound. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 10:277-288.

**Carpenter, J.H. 1965.** The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. And Oceanogr.*, 10:141-143.

**Castillo, J., Córdova, J., Saavedra, A., Espejo, M., Gálvez, P., Barbieri, M., Osses, J., Reyes, H., Arriagada, G., Barría., P., Gili, R., Oliva, E., Brieba, C. 2001.** Evaluación del Reclutamiento de anchoveta en la I y II Regiones, Temporada 2001-2002. Informe Final proyecto FIP 2001-11. Inst., Fom., Pesq., Chile. 207pp+Anexos

**Chaigneau, A. & O. Pizarro. 2005.** Eddy characteristics in the eastern south Pacific. *Journal of Geophysical Research*. 110 (C06005): doi:10.1029/2004JC002815

**Chavez, F., A. Bertrand, R. Guevara-Carrasco, P. Soler & J. Csirke. 2008.** The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future: Editorial. *Progress in Oceanography*. 79 (2-4): 95-105.





- Chester, R. 1996.** Marine Geochemistry. Chapman & Hall, London. 698 pp.
- Chiechomski, J.D. de.1971.** Distribución regional y cuantitativa de huevos de anchoita (*Engraulis anchoita*), caballa (*Scomber japonicus marplatensis*) y sardina fueguina (*Sprattus fueguensis*) en el mar Argentino. CARPAS Doc. Ocas.,(5/D.Téc.6):12p.
- Cho, B., Na, S. and Choi, D. 2000.** Active ingestion of fluorescently labeled bacteria by mesopelagic heterotrophic nanoflagellates in the East Sea, Korea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 206: 23 – 32.
- Cochran. 1977.** Sampling techniques. John Wiley & Sons Inc. New York. 513
- Conell, J.H. 1978.** Diversity in a tropical rain forest and coral reefs. *Science*, 199: 1304-1310.
- Córdova, J., M.A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M. Rojas. 1997.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación Hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile, 219pp.
- Cubillos, L. y R. Fuenzalida. 1994.** Indices de surgencia y ocurrencia de eventos “Lasker” en Iquique y Antofagasta (Chile) y su incidencia sobre los aspectos reproductivos de *Sardinops sagax* y *Engraulis ringens*. *Cinc. Tec. Mar.*, 17: 3-13.
- Cuevas, A. and C. Morales.** Nanoheterotroph grazing on bacteria and cyanobacteria in oxic and suboxic waters in coastal upwelling areas off northern Chile. *Journal of plankton research.* 28(4):385 – 397.



- Cushman-Roison, B. 1994.** Introduction to geophysical fluid dynamics. Prentice-Hall, Inc., 320 pp.
- DeLong, E. & D. Karl. 2005.** Genomic perspective in microbial oceanography. Nature, Vol 47. 336-342.
- Ducet, N., P.y. Le Traon and G. Reverdin. 2000.** Global high-resolution mapping of ocean circulation from TOPEX/Poseidon and ERS-1 and ERS-2. J. Geophys. Res., 105, 19477 – 19498.
- Ducklow, H. W. 1992.** Factor regulation Bottom-up control of bacteria biomas in open ocean plankton communities. Arch. Hydrobiol. Beih. 37: 207-217.
- Eastman, J.R. 1997.** IDRISI for windows: User's Guide, Version 2.0. Clark University, Worcester, MA, USA, 346 pp.
- Einarsson, H. y B.Rojas de Mendiola.1963.** Descripción de Huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.) Bol.Inst.Rec.Mar., Callao, 1(1):1-23.
- Escribano, R. and I.A. McLaren 1999.** Production of *Calanus chilensis* in the upwelling area of Antofagasta, northern Chile. Mar. Ecol. Progr. Ser. 177: 147-156.
- Fahay, M.P.1983.** Guide to the early stages of marine fishes occurring in the Western North Atlantic Ocean, cape hatteras to the southern scotian shelf J. north west Atl.Fish.Sci.4,423p.



**Fischer, W. 1958.** Huevos, crías y primeras prelarvas de la "anchoveta" (*Engraulis ringens*) Jenyns. Rev. Biol. 8(1,2 y 3):111-124.

**Foote, K., H. Knudsen, G. Vestnes, D. Mac Lennan and J. Simmonds. 1987.** Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. ICES Cooperative Research Report 144, Palaegade 2, 1261 Copenhagen K, Denmark.

**Frontier, S. 1966.** Zooplancton de la región de Nosy-Bé I (Programa des recortes et techniques d'étude. II). Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah Orstom (océanogr.), 4(3):3-37.

**Gatica, C., M. Arteaga, J. Giacaman & P. Ruiz. 2007.** Tendencias en la biomasa de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur de Chile, entre 1991 y 2005 *Investigaciones Marinas*. 35 (1): 13-24.

**Gili, J.M.; F. Pagès; A. Sabatés; and J.D. Ros. 1988.** Small-scale distribution of a cnidarian population in the western Mediterranean. J. Plankton Res., 10(3): 385-401.

**Gili, J.M.; F. Pagès; and X. Fusté. 1991.** Mesoscale coupling between spatial distribution of planktonic cnidarians and hydrographic features along the Galician coast (Northwestern Iberian Peninsula). Sci. Mar., 55(2): 419-426.



**Godhantaraman N and S Uye 2003.** Geographical and seasonal variations in taxonomic composition, abundance and biomass of microzooplankton across a brackish – water lagoonal system of Japan. *Journal of Plankton Research* Vol. 25(5):465-482.

**Gordon, S., H. Chisheng & K. Stephen. 1992.** Spatial analysis of Bearing Sea groundfish survey data using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1366-1378.

**Grosjean P, M Picheral, C Warembourg and G Gorsky 2004.** Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the ZOOSCAN digital imaging system. *ICES Journal of Marine Science*, 61:518-525.

**Guzmán, O., J.Castillo, S.Lillo, P.Pineda, L. Rodríguez e Y. Giakoni. 1983.** Estudio de recursos Pelágicos. Programa Monitoreo de los recursos Pelágicos 1. Prospección zona Arica-Coquimbo

**Grasshoff K, K Kremling & M Ehrhardt. 1999.** *Methods of Seawater Analysis*. 3<sup>rd</sup> edition. Wiley-VCH, Germany, 600 pp.

**Greenwood, P, D.Rosem, S.Weitzman y G.Myers.1966.** Phyletic studies of teleosteam fishes, with a provisional classification of living forms. *An.Mus.Nat.Hist.*, Bull 131(4):341-455.

**Hambright K and T Zohary 2000.** Phytoplankton species diversity control through competitive exclusion and physical disturbances. *Limnol. Oceanogr.* 45(1): 110-122.



- 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. and Tibshirani, R.J. 1990.** *Generalized Additive Models*, Chapman & Hall, London.
- Herrera L and R Escribano 2006.** Factors structuring the phytoplankton community in the upwelling site off El Loa River in northern Chile. *J. Mar. Syst.*, 61:13–38.
- Herrera L y C Merino 1992.** Composición específica y abundancia relativa del fitoplancton marino del norte de Chile en 1989. *Invest. Cient. y Tec.*, Serie: Ciencias del Mar, 2: 31-55.
- Hill, A.E., B. M. hickey, F.A. Shillington, P. T. Strub, K. H. Brink, E.D. Barton and A. C. Thomas. 1998.** Eastern Ocean Boundaries. Coastal segment (E), in *The Global Coastal Ocean. Regional studies and synthesis*, A. R. Robinson and K. H. Brink, eds., *The Sea Volume 11*, John Wiley and Sons. Inc., 29-67.
- Hillebrand H, C-D Dürselen, D Kirschtel, U Pollingher and T Zohary 1999.** Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol.* 35, 403-424.



- Hutchings L, G Pitcher, T Probyn and G Bailey 1995.** The chemical and biological consequences of coastal upwelling. In: C.P. Summerhayes, K.C. Emers, M.V. Angel, R.L. Smith y B. Zeitzchel (eds.). *Upwelling in the Oceans: Modern Processes and Ancient Records*. John Wiley & Sons. 65–81.
- 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.
- Iriarte JL, Pizarro G, Troncoso VA and Sobarzo M 2000.** Primary production and biomass size-fractionated phytoplankton off Antofagasta, Chile (23-24°S) during pre-El Niño and El Niño 1997. *J. Mar. Syst.*, 26:37-51.
- Isla J, S Ceballos and R Anado 2004.** Mesozooplankton metabolism and feeding in the NW Iberian upwelling. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 61(1):151-160.
- Jeffrey, S. W., R. F. C. Mantoura y S. W. Wright. 1997.** Phytoplankton pigments in oceanography: methods. *Monographs on Oceanographic Methodology*. SCOR and UNESCO.
- Kamiyama T, Itakura S and K Nagasaki 2000.** Changes in microbial loop components: effects of a harmful algal bloom formation and its decay. *Aquatic Microbial Ecology*, 21: 21-30.
- Kara, A. B., P. A. Rochford & H. E. Hurlburt. 2001.** Mixed Layer Depth (NMLD) Climatologies. *Naval Research Laboratory, Washington DC*, pp. 29.



- Kimmel D, M Roman and X Zhang 2006.** Spatial and temporal variability in factors affecting mesozooplankton dynamics in Chesapeake Bay : Evidence from biomass size spectra. *Limnol. Oceanogr.*, 5(11): 131-141.
- Kjæret AH, L-J Naustvoll, E Paasche 2000.** Ecology of the heterotrophic dinoflagellate genus *Protoberidinium* in the inner Oslofjord (Norway). *Sarsia* 85: 453-460.
- Landry R, Calbet A 2004.** Microzooplankton production in the oceans. *J. Mar. Sci.*, 61: 501-507.
- Lassiter AM, FP Wilkerson, RC Dugdale and VE Hogue 2006.** Phytoplankton assemblages in the CoOP-WEST coastal upwelling area. *Deep-Sea Res. II*, 53: 3063-3077.
- Legendre L and J Le Fèvre 1989.** Hydrodynamical singularities as control of Recycled versus Export Production in Oceans. In: W Berger, V Smetacek and G Wefer (Eds). *Productivity in the Oceans: Present and Past. Life Science Research Report 44.* John Wiley & Sons. pp. 49-65.
- Letelier, J., O. Pizarro & S. Nuñez. 2009.** Seasonal variability of coastal upwelling and the upwelling front off central Chile. *Journal of Geophysical Research.* doi:10.1029/2008JC005171, In press.
- Leth, O. 2000.** Ocean Circulation in the Eastern South Pacific: an observational and numerical modelling study. tesis Ph. D. Niels Bohr Institute for astronomy, Physics and Geophysics, University of Copenhagen.



**Leth, O. & J. F. Middleton. 2004.** A mechanism for enhanced upwelling off central Chile: Eddy advection. *Journal of Geophysical Research*. 109 (C12020): doi:10.1029/2003JC002129.

**Leth, O. & J. Middleton. 2006.** A numerical study of the upwelling circulation off central Chile: Effects of remote oceanic forcing. *Journal of Geophysical Research*. 111 (C12003): doi:10.1029/2005JC003070.

**Libes, S. 1992.** An Introduction to Marine Biogeochemistry. John Wiley & Sons, London. 752 pp.

**Lillo, S., J. Córdova and A. Paillamán. 1996.** Target strength measurements of hake and jack mackerel. *ICES. J. of Mar. Sci.* 53: 267-271.

**Liu HB, HA Nolla & L Campbell. 1997.** Prochlorococcus growth rate and contribution to primary production in the equatorial and subtropical north Pacific ocean. *Aquatic Microbial Ecology* 12: 39-47.

**Li WKW. 1995.** Composition of ultraphytoplankton in the central north Atlantic. *Marine Ecology-Progress Series* 122: 1-8.

**Lohrenz, S. E., D. Wiesenburg, I. P. DEPalma, K. S. Jhonson y 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.

**Loureiro S, A Newton and JD Icely 2005.** Microplankton composition, production and upwelling dynamics in Sagres (SW Portugal) during the summer





of 2001. *Sci. Mar.*, 69(3): 323-341.

**Mackas, D., P. T. Strub, A. Thomas & V. Montecino. 2005.** Eastern ocean boundaries pan-regional overview (E). Chapter 2. En. *The sea: The global coastal ocean, regional studies and synthesis*. 14 A. R. Robinson, & K. H. Brink (Eds.). John Wiley and Sons, Inc., New York. 21-59 pp.

**Marañón E, MJ Behrenfeld, N González, B Mourino & MV Zubkov. 2003.** High variability of primary production in oligotrophic waters of the Atlantic ocean: uncoupling from phytoplankton biomass and size structure. *Marine Ecology-Progress Series* 257: 1-11.

**Marie, D. F. Partensky, N. Simon, L. Guillou and D. Vaultot. 2000.** Flow cytometry analysis of marine picoplankton. In: *Living Colors: Protocols in Flow Cytometry and Cell sorting*. Diamond RA, DeMaggio S (Eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

**Marín V, L Rodríguez, L Vallejo, J Fuenteseca y E Oyarce 1993.** Efectos de la surgencia costera sobre la productividad primaria primaveral de bahía Mejillones del sur (Antofagasta, Chile). *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 66: 479-491.

**Martínez, C., G. Bohn, E. Diaz, L. Ossa, H. Reyes, J. Letelier, R. Aravena, H. Padilla, F. Cerna, V. Bocic, C. Machuca, L. Muñoz & M. Troncoso. 2009.** Investigación situación pesquerías pelágicas zona norte, 2008. En: *Seguimiento del estado de de situación de los recursos pesqueros nacionales*. edited by IFOP-SUBPESCA, pp. 248+anexos.



**Massana R, JM Gasol, PK Bjornsen, N Black-Burn, A Hagström, S Hietanen, BH Hygum, J Kuparinen and C Pedrós-Alió 1997.** Measurement of bacterial size image analysis of epifluorescence preparations: description of an inexpensive system and solutions to some of the most common problems. *Scientia Marina* 61(3):397-407.

**Matarese, A.C., A.W.Kendall, Jr., D.M.Blood and B.M.Vinter.1989.** Laboratory guide to early life history stages of northeast pacific fishes. NOAA Technical Report NMFS80.

**McCullagh, P. & J. A. Nelder. 1983.** Generalized Linear Models. New York:Chapman and Hall. 261.p.

**Microimages. 1997.** TNTmips The Map & Image Processing System 5.8, User's Guide and Technical References. MicroImages, Inc, Nebraska, USA.

**Millero, F. and 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 and A. G. Davies. 1996.** Anchovy larval distribution in the coastal zone off northern Chile: The effect of low dissolved oxygen concentrations and of a cold-warm sequence (1990-1995). *Invest. Pesq.*, Valparaíso: 24, 77-96.

**Morales CE, JL Blanco, M Braun, H Reyes and 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., Hormazabal, S.E., Blanco, J.L., 1999.** Interannual variability in the mesoescala distribution of the depth of the upper boundary of the oxygen minimum layer off northern Chile (18-24S): Implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. *Journal of Marine Research* 57, 909-932.

**Morales, C. & C. Lange. 2004.** Oceanographic studies in the Humboldt current system off Chile: an introduction. *Deep Sea Research II*. 51: 2345-2348. doi:10.1016/j.dsr2.2004.08.008.

**Moser, H.G. and E.H. Ahlstrom.1970.** Development of lantern fishes family Myctophidae) in the California Current. Part I: Species with Narrow-eyed larvae. *Bull. Los Ang. Cty. Mus. Nat. Hist. Sci.* 7:1-145.

**Mullin M, D Checkley and M Thimgan 2003.** Temporal and spatial variation in the sizes of California current macrozooplankton: analysis by optical plankton counter. *Progress in Oceanography*, 57(3-4): 299-316.

**Nesterov, A. A. & V. N. Church. 2006.** El-Niño and distribution Horse mackerel (*Trachurus murphyi*) in the open part (outside 200-mile zone) of the south-eastern Pacific Ocean. En: *The Humboldt Current System. Climate, Ocean Dynamics, Ecosystem Process and Fisheries.* November 27- December 1, Lima, Peru. pp. 216.

**Neter J., W. Wasserman & M. Kutner. 1990.** *Applied Linear Statistical Models.* 3rd ed. R. D. IRWIN, INC. 1181 p.

**Nixon, S. & A. Thomas. 2001.** On the size of the Peru upwelling ecosystem. *Deep Sea Research I*. 48: 2521-2528. doi:10.1016/S0967-0637(01)00023-1.



**NODC. 1991.** Key to Oceanographic Record Documentation N°14. National Oceanographic Data Center.

**NOAA. 2009.** Electronic Source: [http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/ensodisc\\_Sp.html](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc_Sp.html).

**Oliva E, J Braun y H Arancibia 1987.** Alimentación de la Sardina española, *Sardinops sagax* (Pises:Clupeiformes) en el norte de Chile. 2do. Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar. II: 323-332.

**Oliva E 1997a.** Variabilidad intra e interanual de la estructura comunitaria del zooplancton 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, J., C. Montenegro, M. Braun, O. Rojas, E. Díaz, V. Catasti, H. Reyes y P. Barría. 2002.** Evaluación del stock desovante de anchoveta a través del método de producción de huevos. Año 2001. Informe Final Proyecto FIP N° 2001-10. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso.

**Oliva E, C Briebe, C Andrade, G Claramunt y J Castillo 2003.** Ecología trófica de *Engraulis ringens* en el norte de Chile: Arica – Antofagasta:



noviembre – diciembre 2001. XXIII Congreso de Ciencias del Mar Chile., Libro de Resúmenes, 71.

**Olivar, M. P. and J.M.Fortuño.1991.**Guide to Ichthyoplankton of the southeast Atlantic (Benguela Current Region) SCI. Mar., 55(1):1-383.

**Olivares J 1989.** Aspectos Hidrográficos de la bahía de Coquimbo. Biología Pesquera, 18: 97-108.

**Olseng CD, L-J Naustvoll and E Paasche 2002.** Grazing by the heterotrophic dinoflagellate *Protooperidinium steinii* on a *Ceratium* bloom. Mar. Ecol. Prog. Ser., 225: 161-167.

**Orellana, M.C. y F. Balbontín.1983.** Estudio comparativo de las larvas de clupeiformes de la costa de Chile. Rev.Biol.Mar., Valparaíso, 19(1):1-46.

**Otani S. 1997.** Species composition and early change of phytoplankton in the brackish lakes Shinji and Nakaumi, Japan. Bull. Coast. Oceanography, 35:35-47.

**Parsons, T.R, y. Maita y C.M. Lalli. 1984.** A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergoamon Press 173 pp.

**Pennington. M. 1983.** Efficient estimators of abundance for fish and plankton surveys. Biometrics 39:281-286.

**Pérez, R.1978.** Identificación de huevos y larvas planctónicas de peces de la bahía de Valparaíso, Informe de Práctica Profesional para optar al título de Técnico Marino. Universidad Católica de Chile. Sede



regional Talcahuano, 238 pp.

**Peterson W, C Miller and A Hutchinson 1979.** Zonation and maintenance of copepod population in the Oregon upwelling zone. *Deep sea Research*, 26A:467-494.

**Pilson M. 1985.** Annual cycles of nutrients and chlorophyll in Narragansett Bay, Rhode Island. *J. Mar. Res.*, 43: 849-873.

**Platt T and K Denman 1980.** Patchiness in phytoplankton distribution. In: I. Morris (ed.). *The Physiological Ecology of Phytoplankton*, University of California Press, Blackwell Scientific Publications. 413-431.

**Postel, L., H. Fock and W. Hagen. 2000.** Biomass and abundance. In: *Zooplankton methodology manual*. Ed: R.P Harris, P.H. Wiebe, J.Lenz, H.R. Skjoldal and M. Huntley. ICES.

**Ramos, M., B. Dewitte, O. Pizarro & G. Garric. 2008.** Vertical propagation of extratropical Rossby waves during the 1997-1998 El Niño off the west coast of South America in a medium-resolution OGCM simulation. *Journal of Geophysical Research*. 113 (C08041): doi:10.1029/2007JC004681.

**Reddy, R., V. Lyne, R. Gay, A. Easton y S. Clarke. 1995.** An application of satellite-derived sea surface temperatures to southern bluefin tuna and albacore off Tasmania, Australia. *Sci. Mar.*, 59 (3-4): 445-454.



- Reynolds, R. 1982.** A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Techival Report NNS-31, National Metereological Center, NOAA, Silver Springs, Md.
- Rodríguez L, R Escribano, G Grone, C Iribarren y H Castro 1996.** Ecología del fitoplancton en la Bahía de Antofagasta (23°S), Chile. 1996. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 31(2): 65-80.
- Rojas, O., A. Mujica, L. Labra, G. Ledermann & H. Miles. 1983.** Estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. CORFO. Gerencia de Desarrollo (Ap 83-31). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 98 pp.
- Rojas, O. 1986.** Distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina española, jurel y anchoveta en la zona Arica-Antofagasta, durante el invierno de 1985. Programa Investigaciones Pesqueras de recursos Pelágicos Zona Norte. IFOP-22pp+ Anexos.
- Rojas, R. y N. Silva. 1996.** Atlas Oceanográfico de Chile. (18°21'S – 50°00'S). Volumen I. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. 234 pag.
- Sameoto, D., P. Wiebe, J. Runge, L. Postel, J. Dunn, C. Miller and S. Coombs. 2000.** Collecting Zooplankton. En: ICES. Zooplankton Methodology Manual. 55-81 pp.
- Santander, H. y O.S. de Castillo.1972.** Desarrollo y distribución de huevos y larvas de "jurel" *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. Inf.Inst.Man. Perú-Callao (36):1-22.



**Santander, H., J. Alheit y P. E. Smith. 1984.** Estimación de la biomasa de la población desovante de Anchoveta Peruana *Engraulis ringens*, 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos". mimeo.

**Santander E, L Herrera y C Merino 2003.** Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18'S): II. Composición Específica y Abundancia Celular. Revista de Biología Marina y Oceanografía 38(1): 13-25.

**Santibáñez P 2003.** Distribución y abundancia de zooplancton quitinoso en relación a condiciones hidrográficas estacionales frente a la bahía de Mejillones (23°S), Chile. Tesis de Biología Marina, Escuela de Biología Marina, Universidad Austral de Chile.

**Schneider-Olt B and Adrian R 2001.** Trophic interactions between crustacean and protozoan plankton. Verh. Internat. Verein. Limnol. 27: 3705 – 3707.

**Sharp J 1983.** The distributions of inorganic nitrogen and dissolved and particulate organic nitrogen in the sea. In: E. Carpenter y D. Capone (Eds). Nitrogen in the marine sea. Academic Press, Inc., New York. 1-35.

**Sherr EB and BF Sherr 1993.** Protistan grazing rates via uptake of fluorescently labeled prey. p. 695-702, In: P Kemp, B Sherr, E Sherr y J Cole (Eds.). Current Methods in Aquatic Microbial Ecology, Lewis Publ., NY.

**Sherr EB, DA Caron and BF Sherr 1993.** Staining of heterotrophic protists for visualization via epifluorescence microscopy. p. 213-228. In: P Kemp, B Sherr, E Sherr y J Cole (Eds.). Current Methods in Aquatic Microbial Ecology, Lewis Publ., NY.





- Sieracki ME and CL Viles 1998.** Enumeration and sizing of microorganisms using digital image analysis. In: Schut, F. and M. Wilkinson (eds.) Digital Image Analysis of Microbes: Imaging, Morphometry, Fluorometry and Motility Techniques and Applications. Elsevier Press.
- Silva N 1987.** Contenido de sales nutrientes de las aguas del norte de Chile (Crucero MARCHILE XII-ERFEN III). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA*, 11: 95-117.
- Silva, N. y D. Konow 1975.** Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill. Crucero 3-4, Julio-Agosto 1974. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur*, 3:63-75.
- Silva, N. & S. Neshyba. 1979.** Masas de agua y circulación geostrofica frente a la costa de Chile austral. *Serie científica, Instituto Antártico Chileno*. 25: 5-32.
- Silva, N. 1983.** Masas de agua y circulación de la región norte de Chile. Latitudes 18°S-32°S. (Operación Oceanográfica MARCHILE XI - ERFEN II). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA*. 7: 47-84.
- Silva N, C Calvete y H Sievers 1997.** Características Oceanográficas Físicas y Químicas de Canales Australes Chilenos entre Puerto Montt y Laguna San Rafael (Crucero CIMAR-Fiordo 1). *Ciencia y Tecnología del Mar*. 20: 23-106.
- Silva, C., E. Yañez. M. A. Barbieri y K. Nieto. 2003.** Asociaciones entre la pesquería de pequeños pelágicos, la clorofila *a* y la temperatura



superficial del mar en la zona norte de Chile. *In: Actividad pesquera y de acuicultura en Chile. Valparaíso, 157-162.*

**Simek k, Hartman P, Nedoma J, Pernthaler J, Springmann D, Vrba J and Psenner R 1997.** Community structure, picoplankton grazing and zooplankton control of heterotrophic nanoflagellates in a eutrophic reservoir during the summer phytoplankton maximum. *Aquat. Microb. Ecol.* 12: 49 – 63.

**Sinclair, M. y M.J. Tremblay. 1984.** Timing of spawning of Atlantic herring *Clupea harengus* populations and the match-mismatch theory. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 1005-1065.

**Sinclair, M., M.J. Tremblay y P. Bernal. 1985.** El Niño events and variability in a Pacific mackerel (*Scomber japonicus*) survival index: support for Hjort's second hypothesis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42:602-608.

**Smith, P.E. y S.L.Richardson.1979.**Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos.FAO.Doc.Téc.Pesca (175):107 p.

**Sorokin Y, Sorokin P, and Mamaeva T 1996.** Density and distribution of bacterioplankton and planktonic ciliates in the Bering Sea and North Pacific. *Journal of plankton research.* 18 (1): 1 – 16.

**Sournia, A. (ed) 1978.** Phytoplankton Manual. UNESCO, Monographs on Oceanographic Methodology, Paris. 337 p.

**Sourisseau, M. and F. Carlota. 2006.** Spatial distribution of zooplankton size spectra on the French continental shelf of the Bay of Biscay during



spring 2000 and 2001. *Journal of Geophysical Research. C. Oceans.* 111( C5)

**Stainier, R. & J. L Ingraham, M. L. Wheelis & P. R. Painter. 1996.** The Microbial World. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. pp: 22.

**Stéfansson, G. 1996.** Analysis of groundfish survey abundance data; combining the GLM and delta approaches *ICES J. Mar. Sci.* 53: 577-588

**Strub, P., J. Mesías, V. Montecino, J. Rutland & S. Salinas. 1998.** Coastal ocean circulation off western south America. Chapter 10. En. *The sea: The global coastal ocean, regional studies and synthesis.* vol.11 A. R. Robinson, & K. H. Brink (Eds.). John Wiley and Sons, Inc., New York. 273-313 pp.

**Thomas, A., F. Huang, P. T. Strub & C. James. 1994.** Comparison of the seasonal and interannual variability of phytoplankton pigment concentrations in the Peru and California currents system. *Journal of Geophysical Research.* 99 (C4): 7355-7370.

**Thomas, A. C., P. Strub, M. E. Carr & R. Weatherbee. 2004.** Comparisons of chlorophyll variability between the four major global eastern boundary currents. *International Journal of Remote Sensing.* 25 (7–8): 1443–1447. doi:10.1080/01431160310001592418.

**Timotin A, E Arashkevich, A Drits and T Semenova 1992.** Zooplankton dynamics in the northern Benguela Ecosystem, with special reference to the copepod *Calanoides carinatus*. *S. Afr. J. Mar Sci.* 12.



**Torres R, D Turner, J Rutllant, M Sobarzo, T Antezana and HE González 2002.**

CO<sub>2</sub> outgassing off central Chile (31-30°S) and northern Chile (24-23°S) during austral summer 1997: the effect of wind intensity on the upwelling and ventilation of CO<sub>2</sub>-rich waters. *Deep-Sea Res. I*, 49: 1413-1429.

**Troncoso, V. A., G. Daneri, L. A. Cuevas, B. Jacob & P. Montero. 2003.**

Bacterial carbon flow in the Humboldt Current System off Chile. *Mar Ecol Prog Ser* 250: 1-12.

**Ulloa, O., Escribano, R., Hormazabal, S., Quinonez, R., Gonzalez, R. 2001.**

Evolution and biological effects of the 1997-98 El Niño in northern Chile. *Geophysical Research Letters*. 28: 1591-1594.

**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 International Equation of State of Seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.

**UNESCO, 1981c.** Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°37.

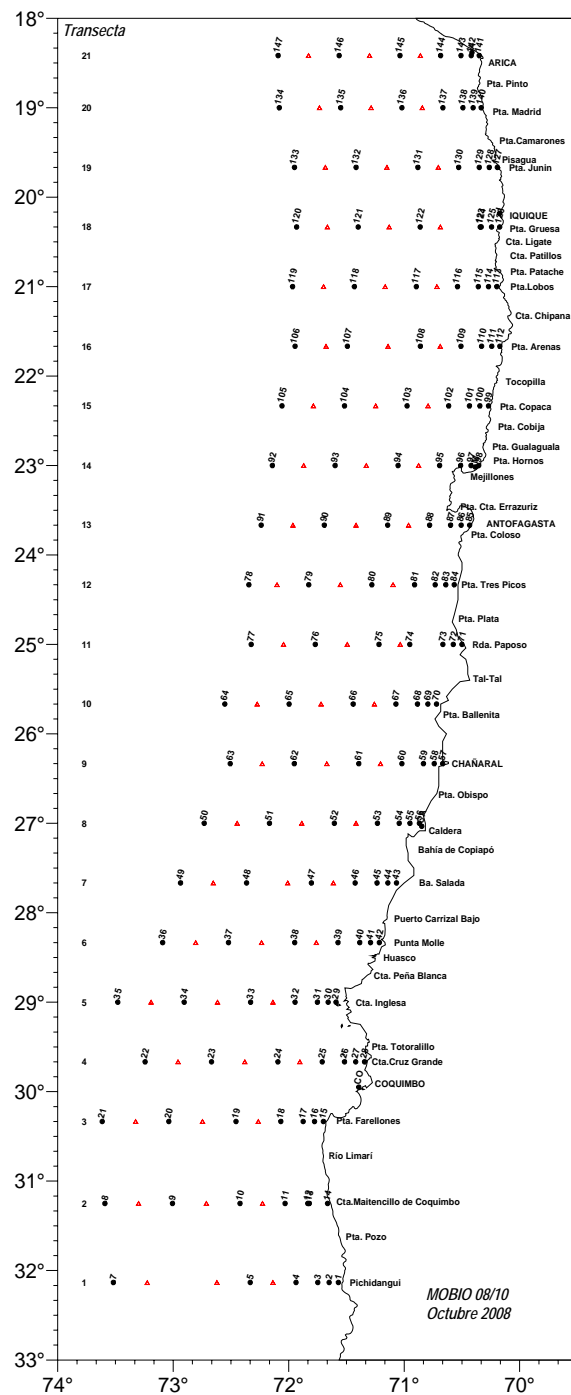
**Verity, P., P. Wassmann, M Frischer, M Howard and A. Allen 2002.** Grazing of phytoplankton by microzooplankton in the Barents Sea during early summer. *J. Mar. Sys.* 38: 109-123.



- Villafañe, VE. y F.MH. Reid 1995.** Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En: K. Alveal, M.E. Ferrario, E.C. Oliveira y E. Sar (eds.). Manual de Métodos Ficológicos. Universidad de Concepción, Concepción. 169-185.
- Wishner, KF, CJ Ashjian, C. Gelfman, MM. Gowing, LA. Levin, LS Mullineaux and J. Saltzman 1995.** Pelagic and benthic ecology of the lower interface of the eastern tropical pacific oxygen minimum zone. *Deep-Sea Research* 42, 93-115.
- Yáñez, E., M.A. Barbieri y V. Catasti.1997.** Sea surface thermal structure associated to the small pelagic fish resources distribution in central Chile. In: *Remote Sensing for Marine and Coastal Environments: Technology and Applications*. ERIM, Michigan, USA, Vol. I, 583-592.
- Yáñez, E., M.A. Barbieri, C. Silva, K. Nieto & F. Espíndola. 2001.** Climate variability and pelagic fisheries in northern Chile. *Progress in Oceanography* 49,581-596.
- Yuras, G., O. Ulloa & S. Hormazabal. 2005.** On the annual cycle of coastal and open ocean satellite chlorophyll off Chile (18°–40°S). *Geophysical Research Letters*. 32: L23604, doi:10.1029/2005GL023946.
- Zar, Jerrold H. 1974.** *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, INC.

# FIGURAS

---



Zona:  
Arica Antofagasta  
Estaciones 92 - 147

Pichidangui - Antofagasta  
Estaciones 1 - 91

Figura 1. Posici3n geogr3fica de las estaciones bio-oceanogr3ficas. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008. (  $\blacktriangle$  : estaciones superficiales).

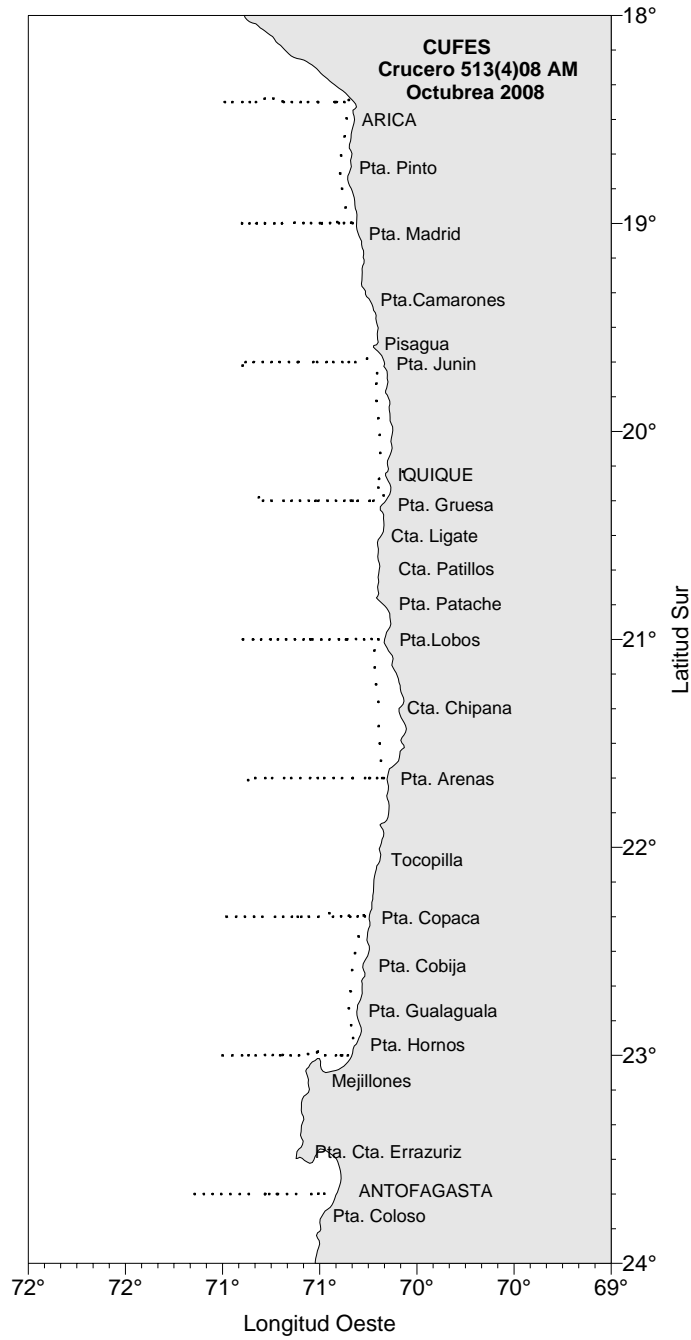


Figura 2. Posici3n geogr3fica de las estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.



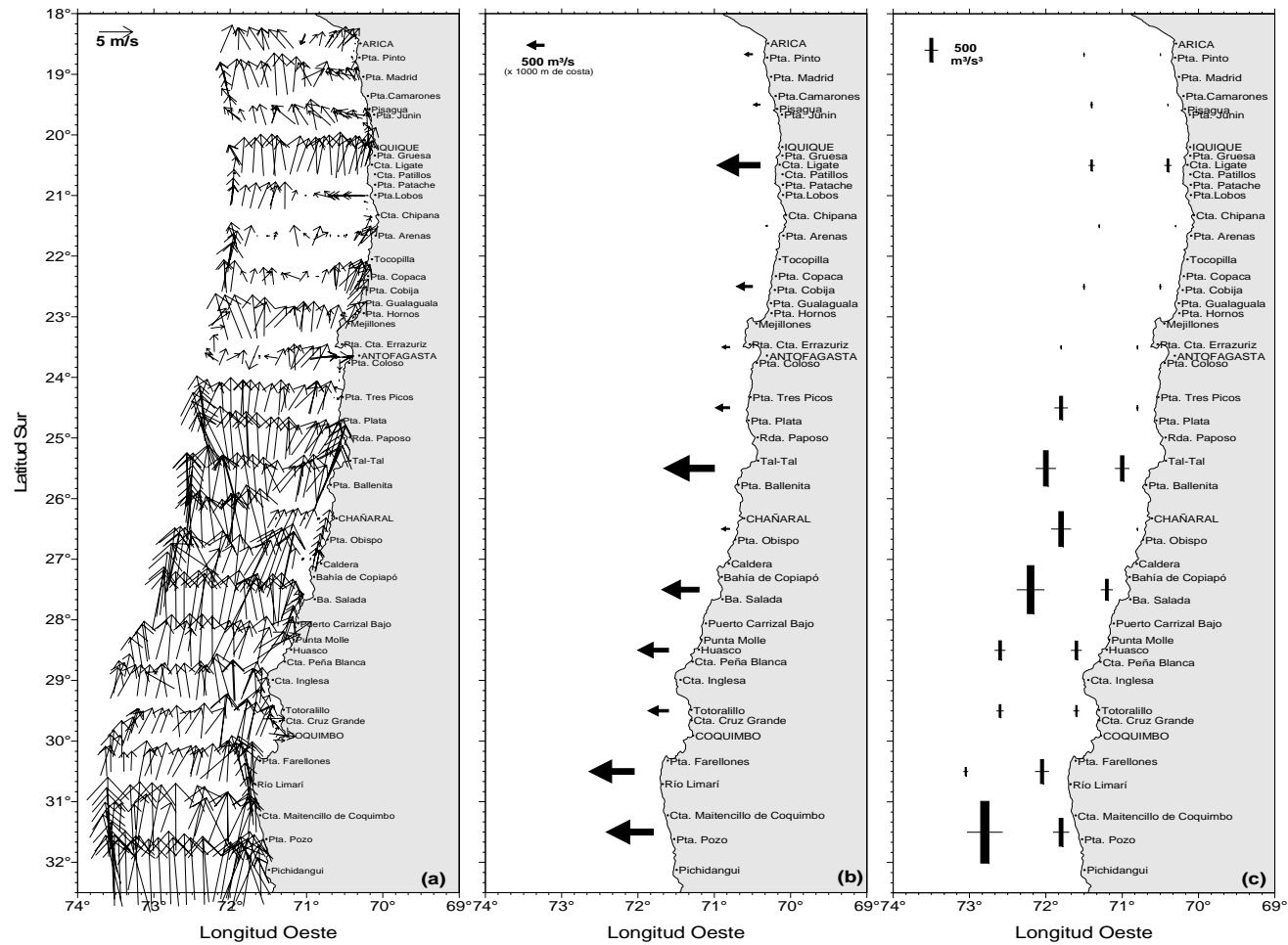


Figura 3. Direcci3n e intensidad del viento (m/s) (a), índice de surgencia promedio (b) e índice de turbulencia (c) del viento predominante medido cada una hora sobre el track de navegaci3n. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

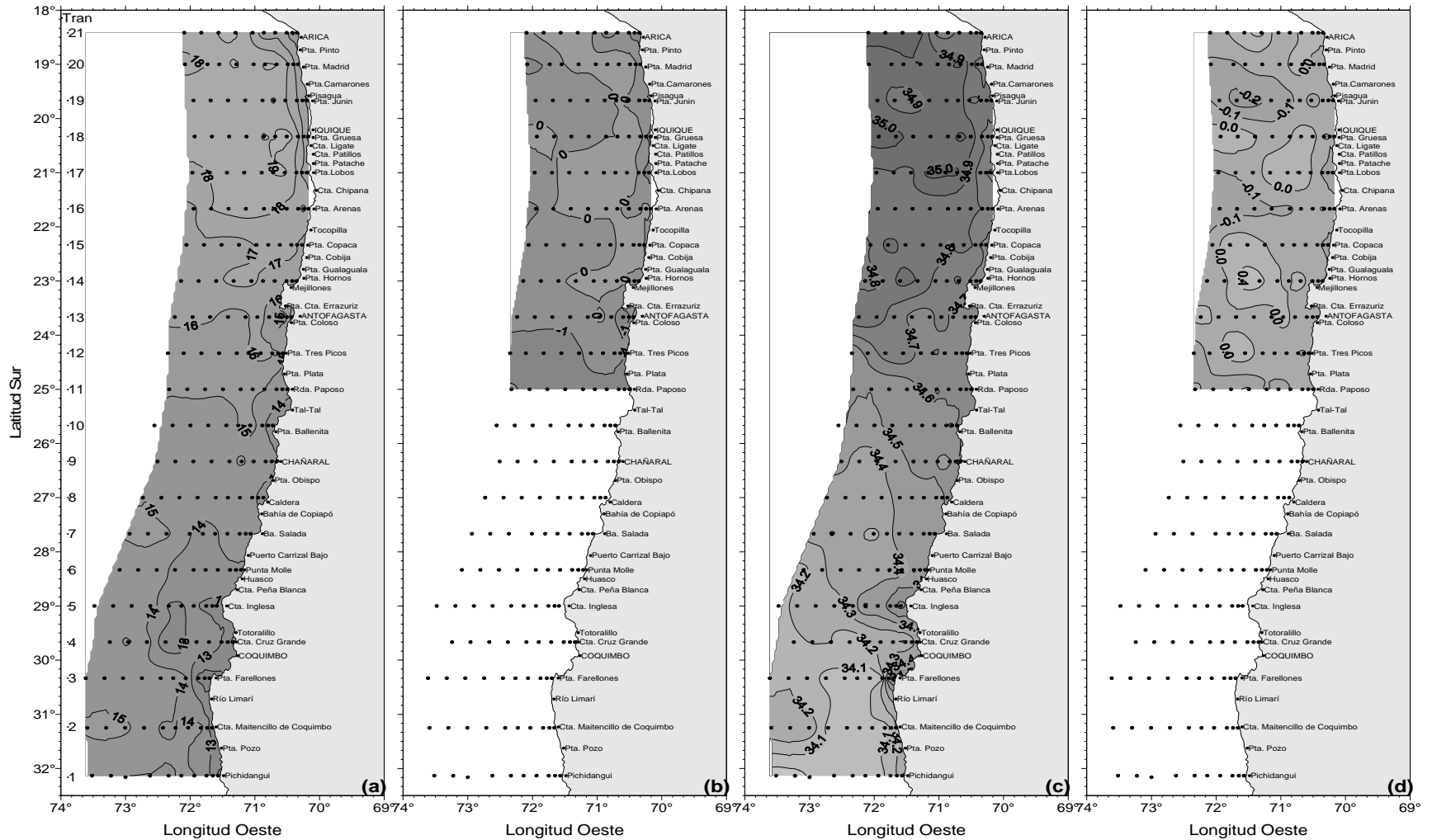


Figura 4. Distribuci3n superficial de (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) anomalía de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (c) salinidad (psu) y (d) anomalía de salinidad (psu). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

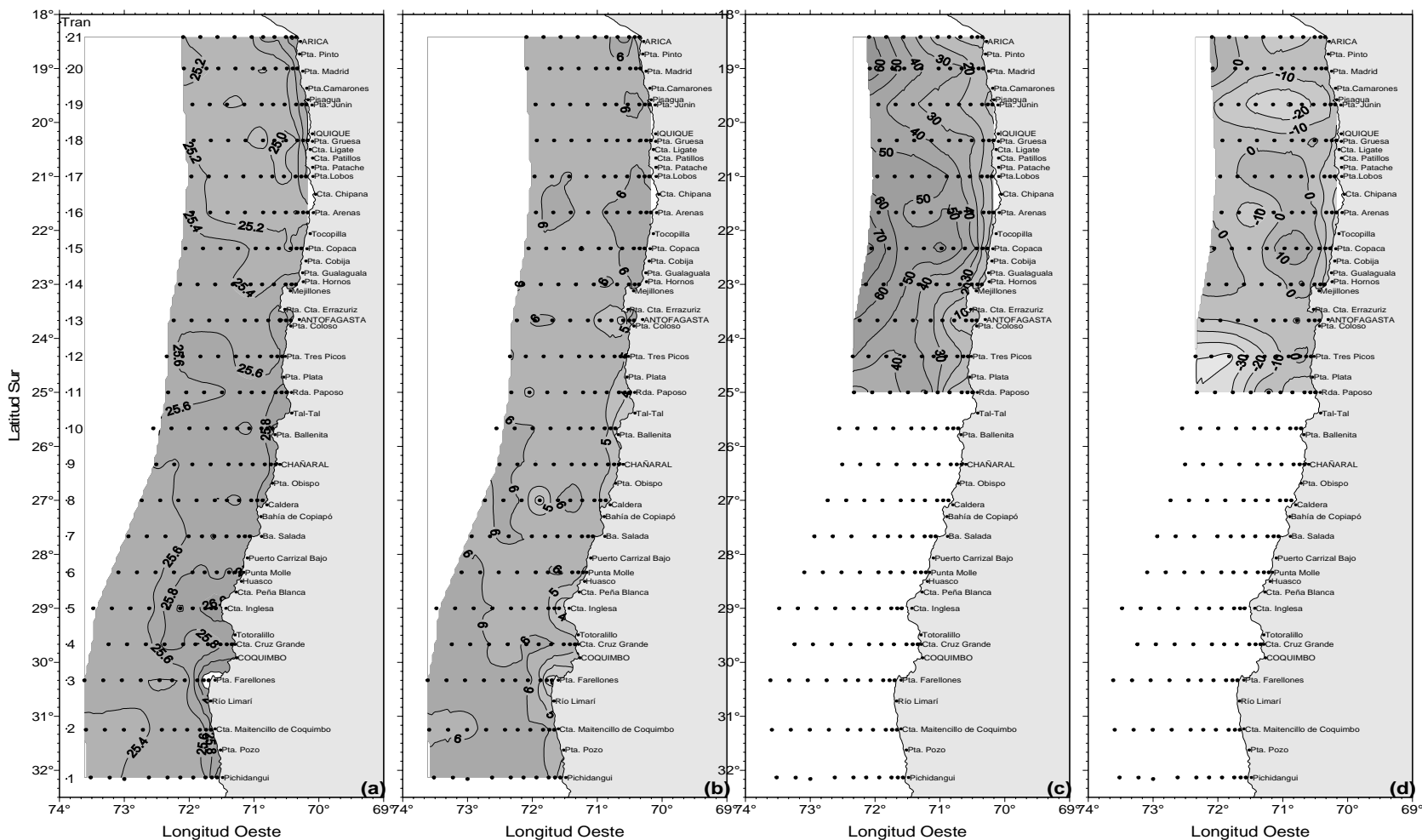


Figura 5. Distribuci3n superficial de (a) densidad ( $\sigma\text{-t}$ ) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), (b) contenido de oxígeno disuelto ( $\text{mL}/\text{L}$ ), (c) profundidad de la isoterma de  $15^\circ\text{C}$  (m) y (d) anomalía de profundidad de la isoterma  $15^\circ\text{C}$  (m). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

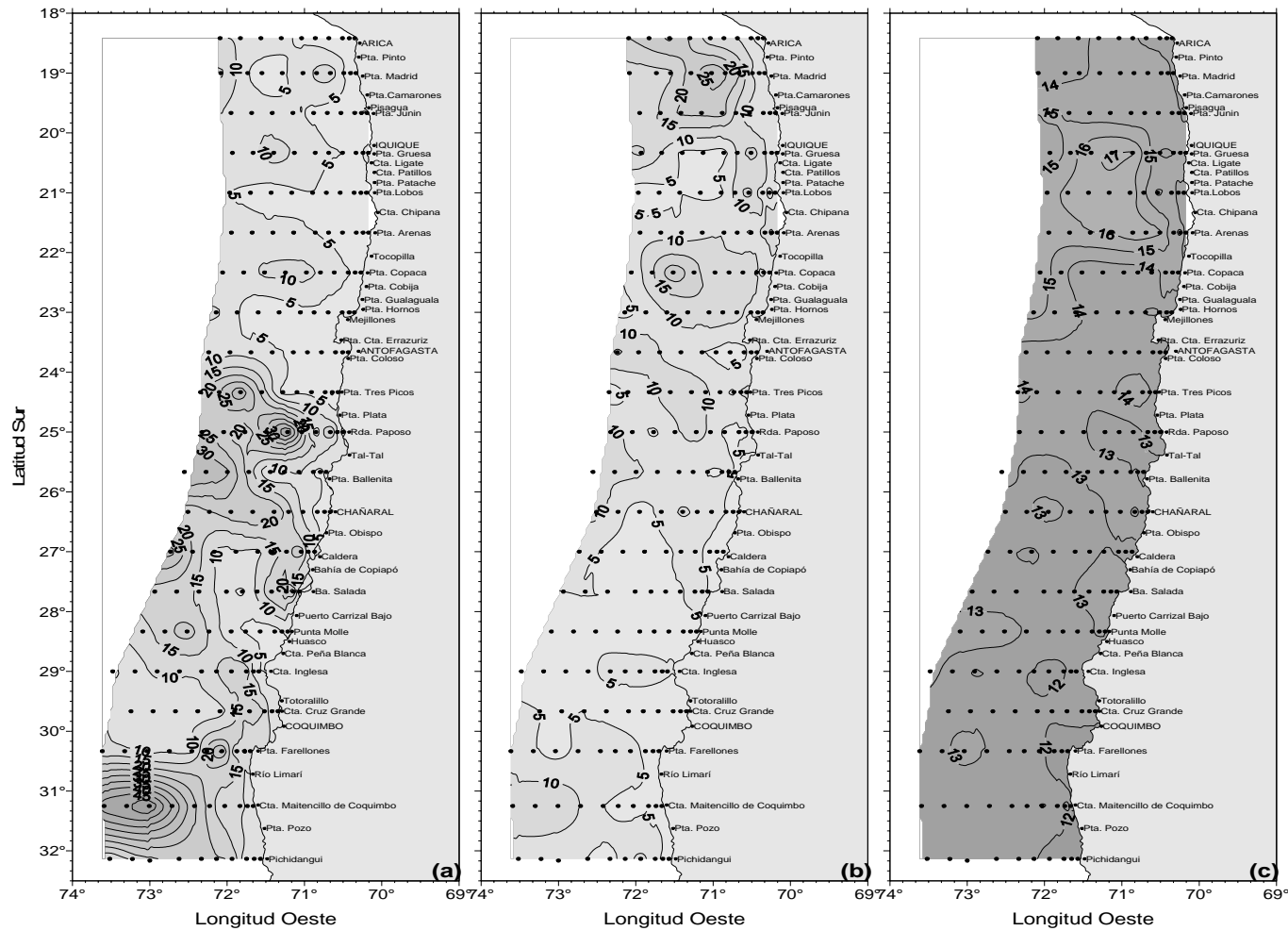


Figura 6. Distribuci3n espacial de (a) espesor de la capa de mezcla (m), (b) espesor de la termoclina (m) y (c) temperatura base de la termoclina (°C). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

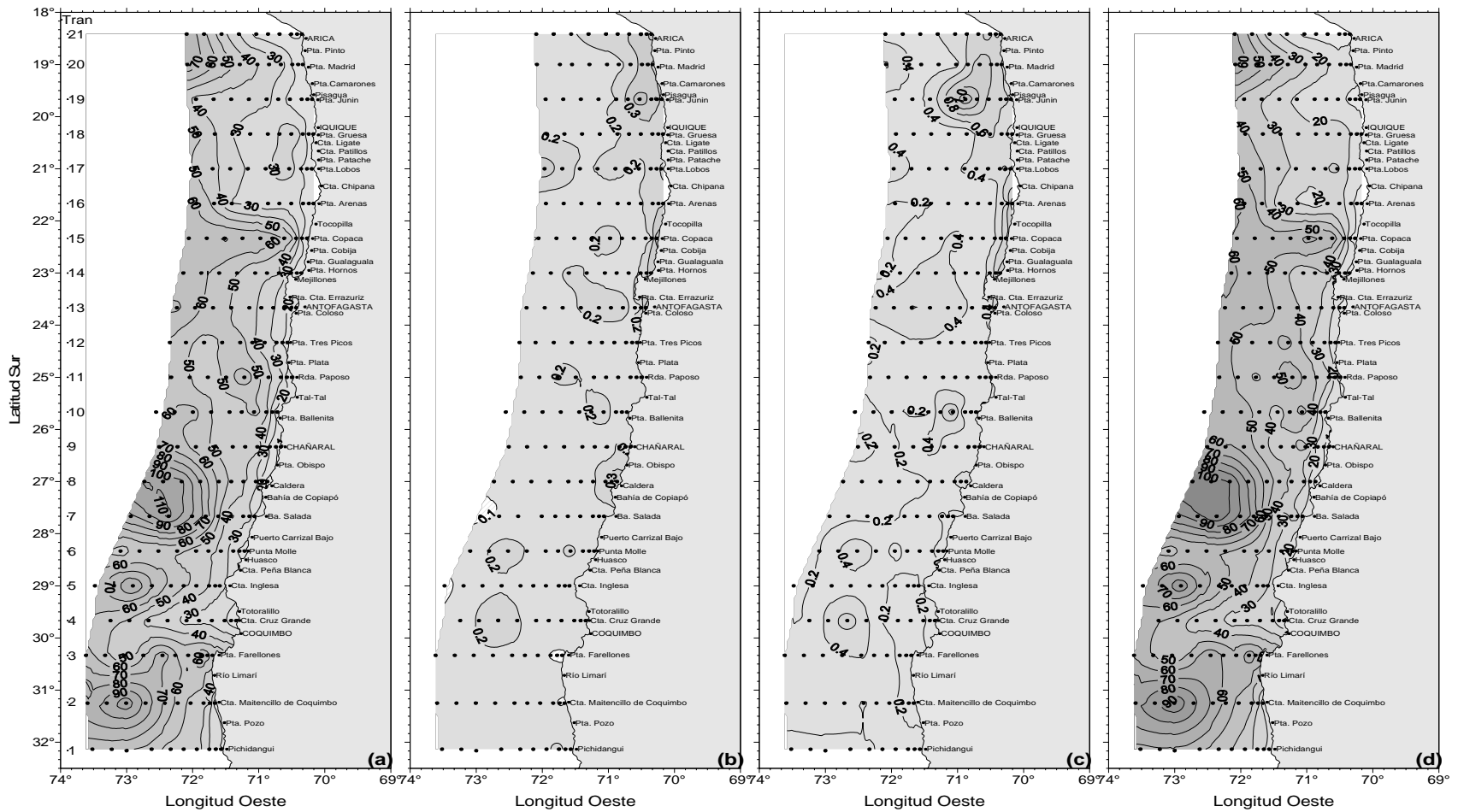


Figura 7. Profundidad de la base de la termoclina (m) (a), gradiente de temperatura promedio de la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) (b), m3ximo gradiente de temperatura en la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) (c) y profundidad del m3ximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) (d). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

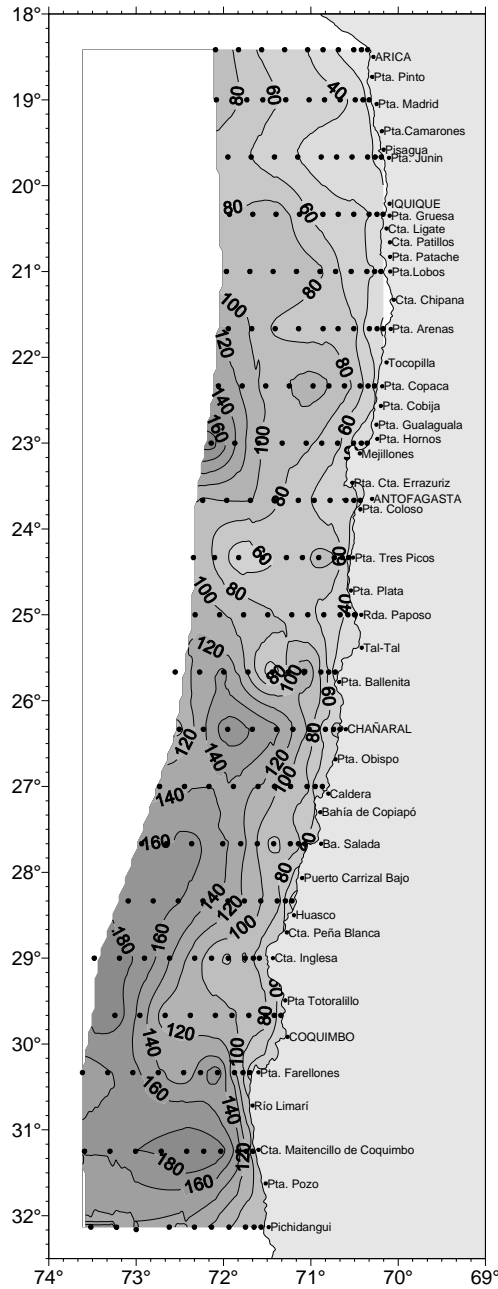


Figura 8. Profundidad de la isolínea de oxígeno correspondiente a la concentración de 1 mL/L, como indicadora del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

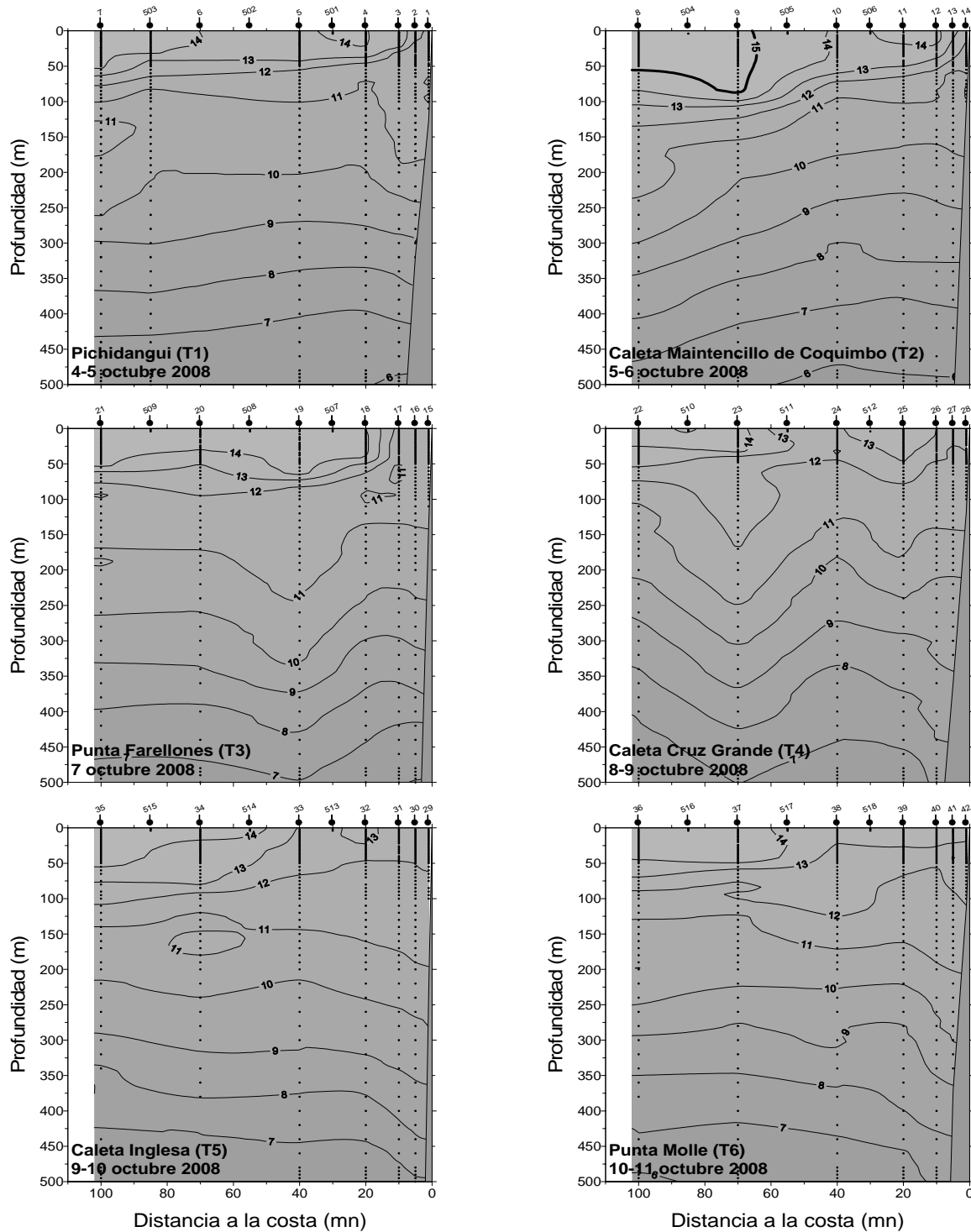


Figura 9. Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

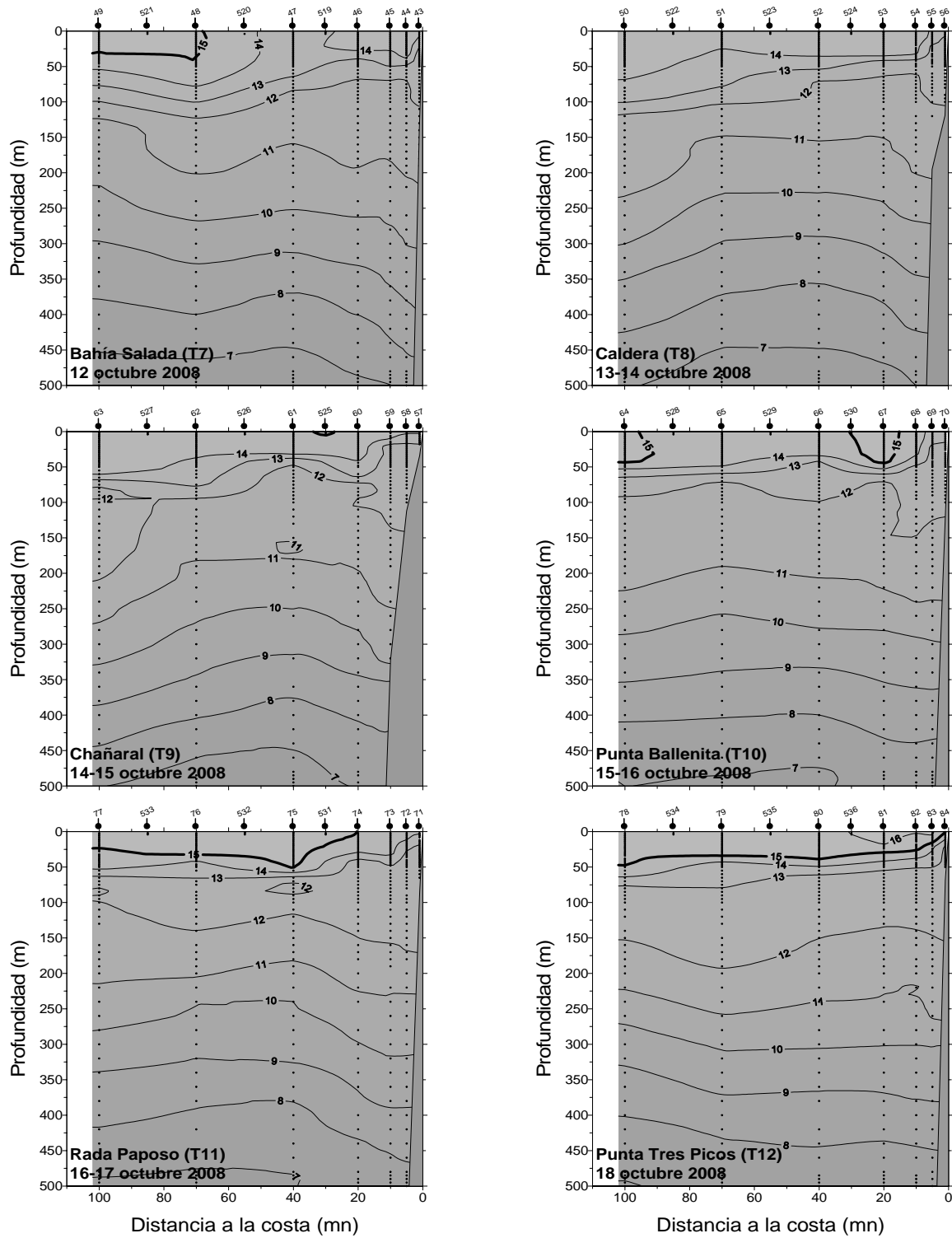


Figura 10. Distribuci3n vertical de temperatura (°C) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.



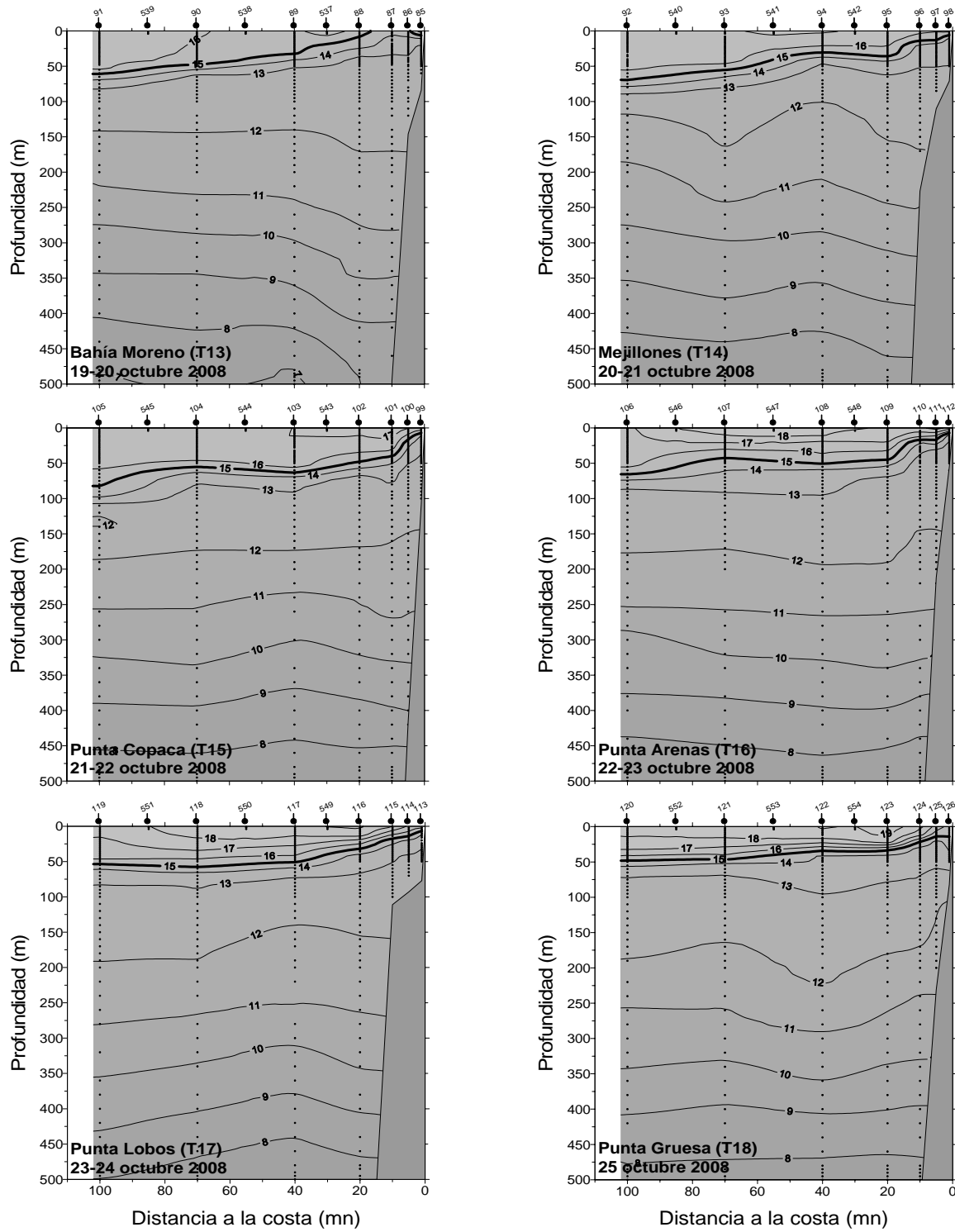


Figura 11. Distribuci3n vertical de temperatura (°C) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

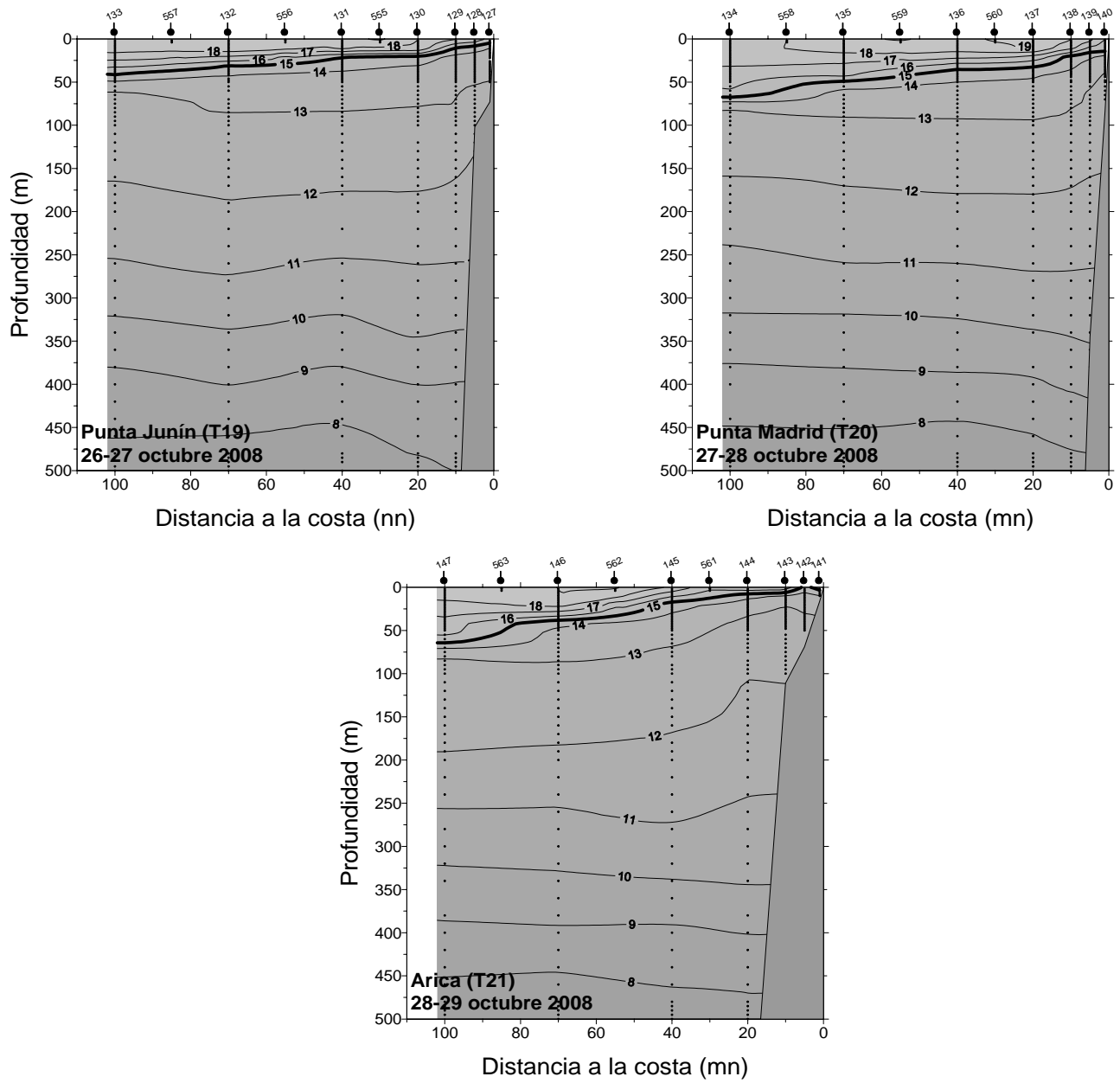


Figura 12. Distribuci3n vertical de temperatura (°C) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

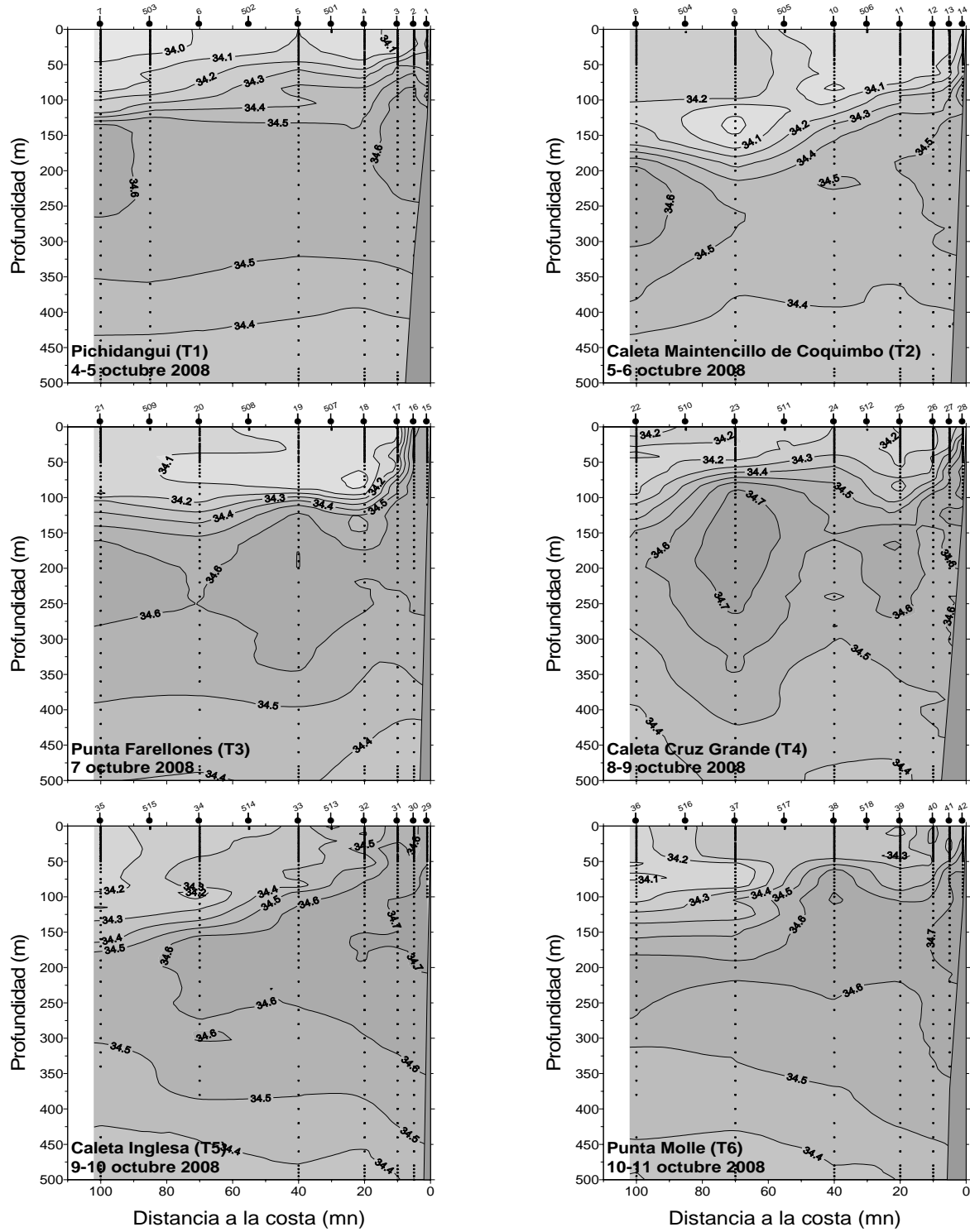


Figura 13. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

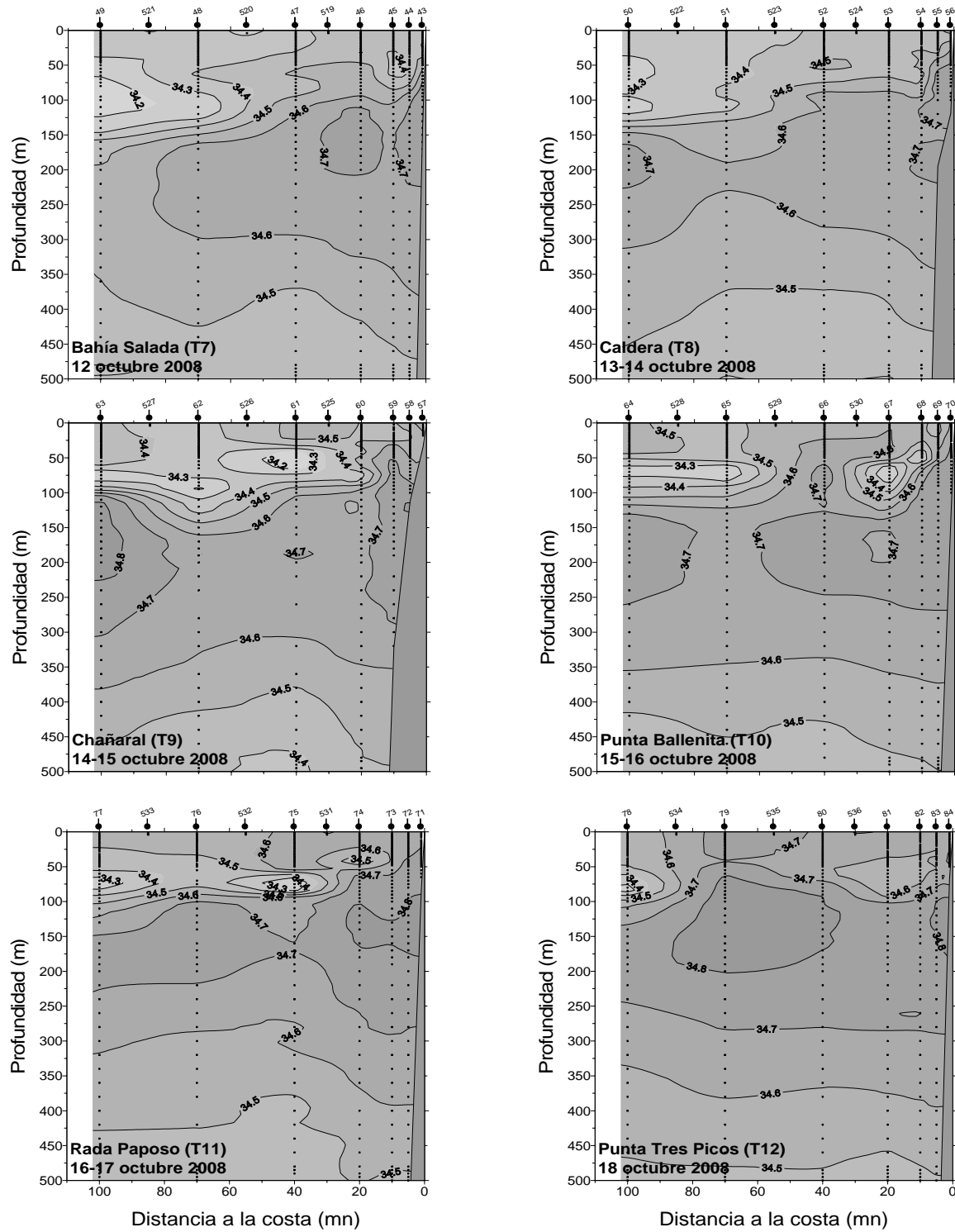


Figura 14. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

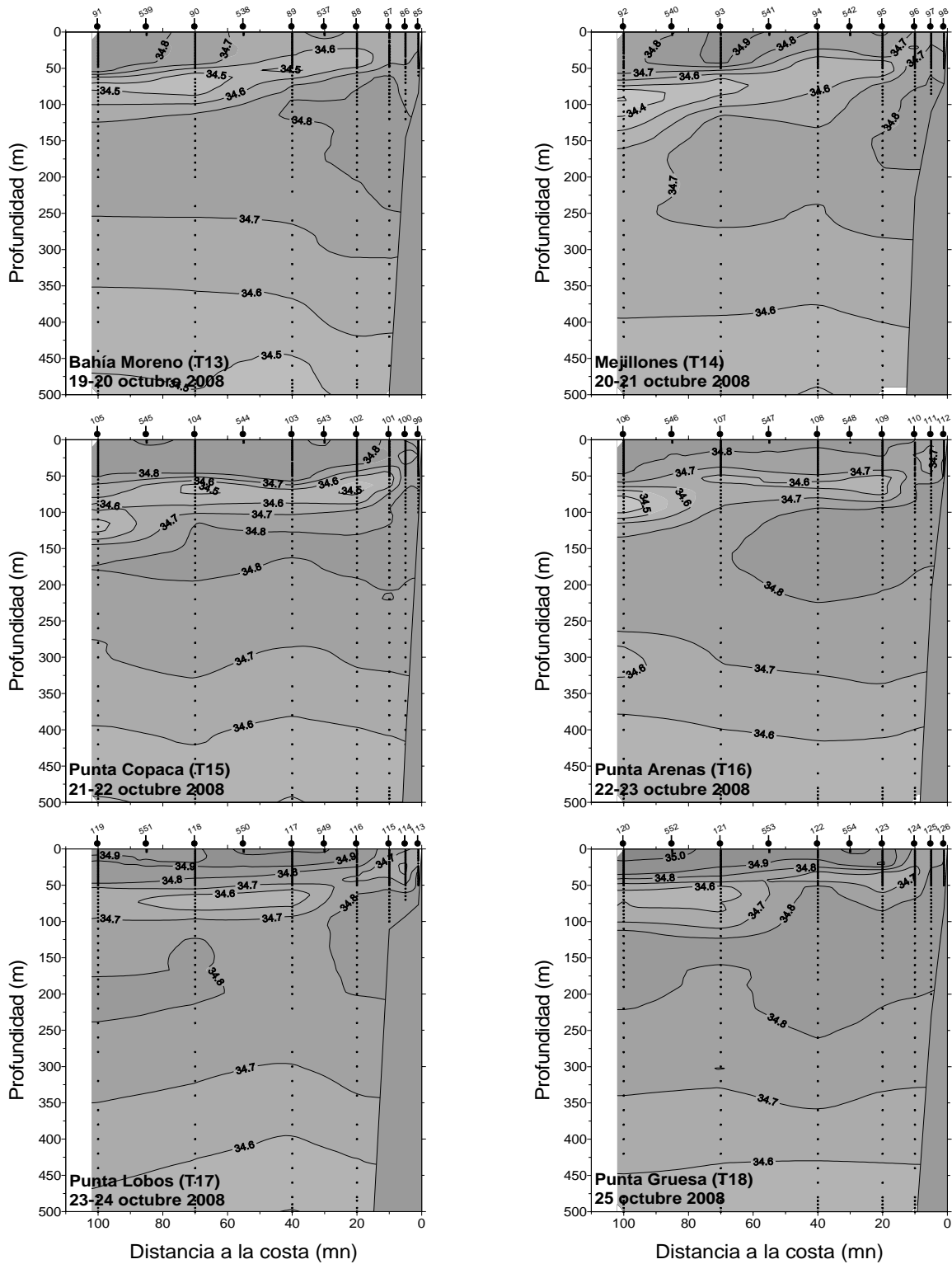


Figura 15. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

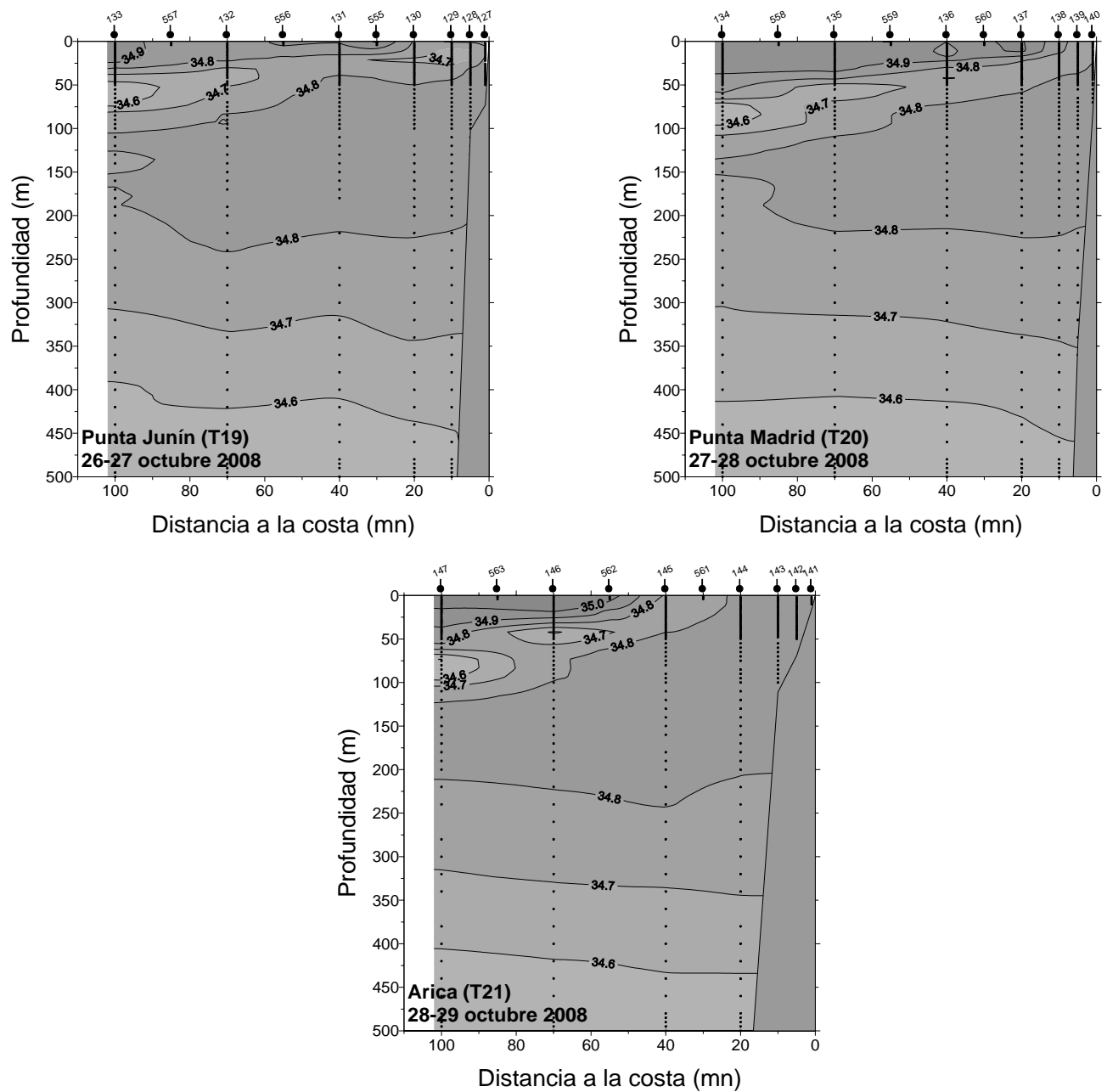


Figura 16. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

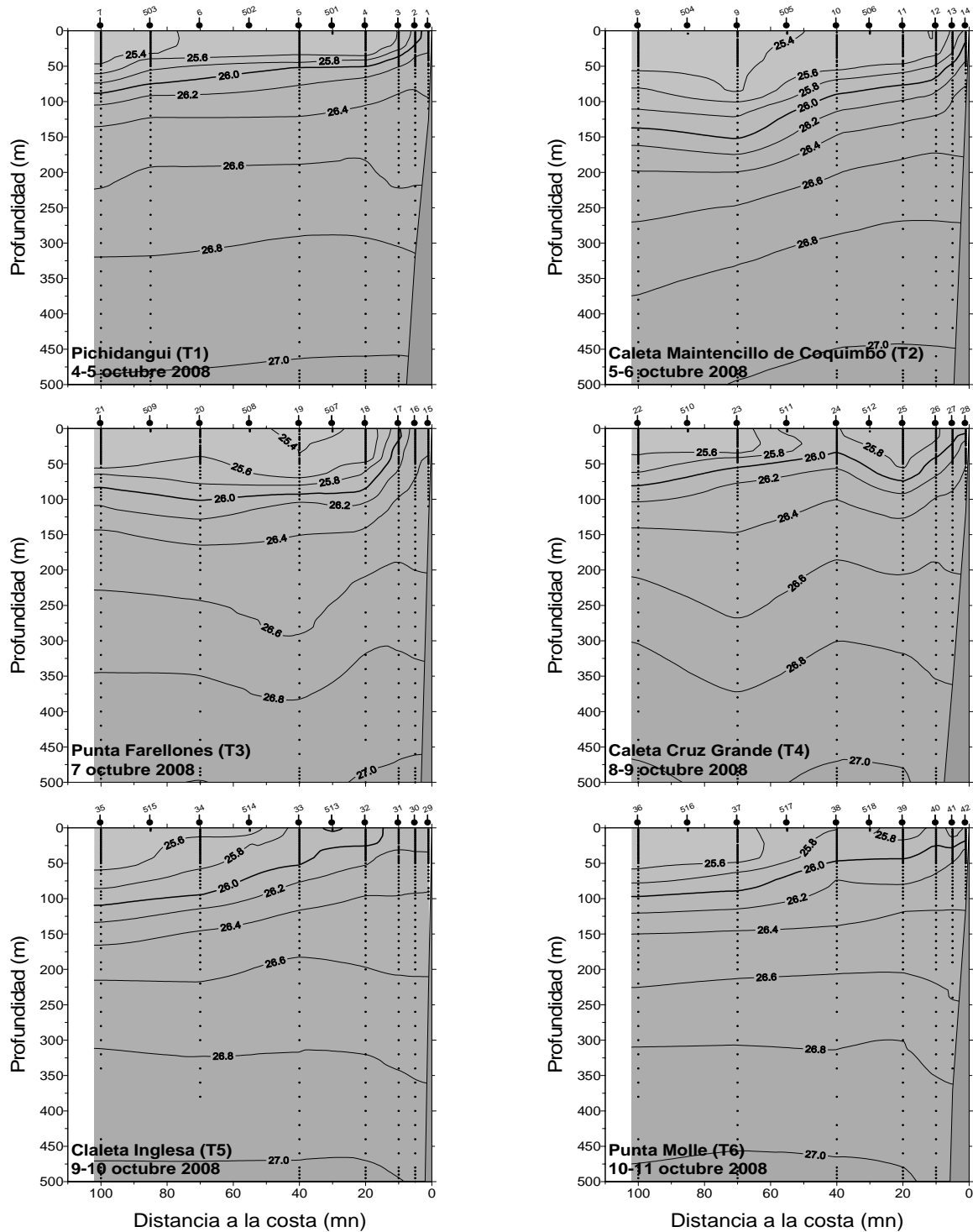


Figura 17. Distribuci3n vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

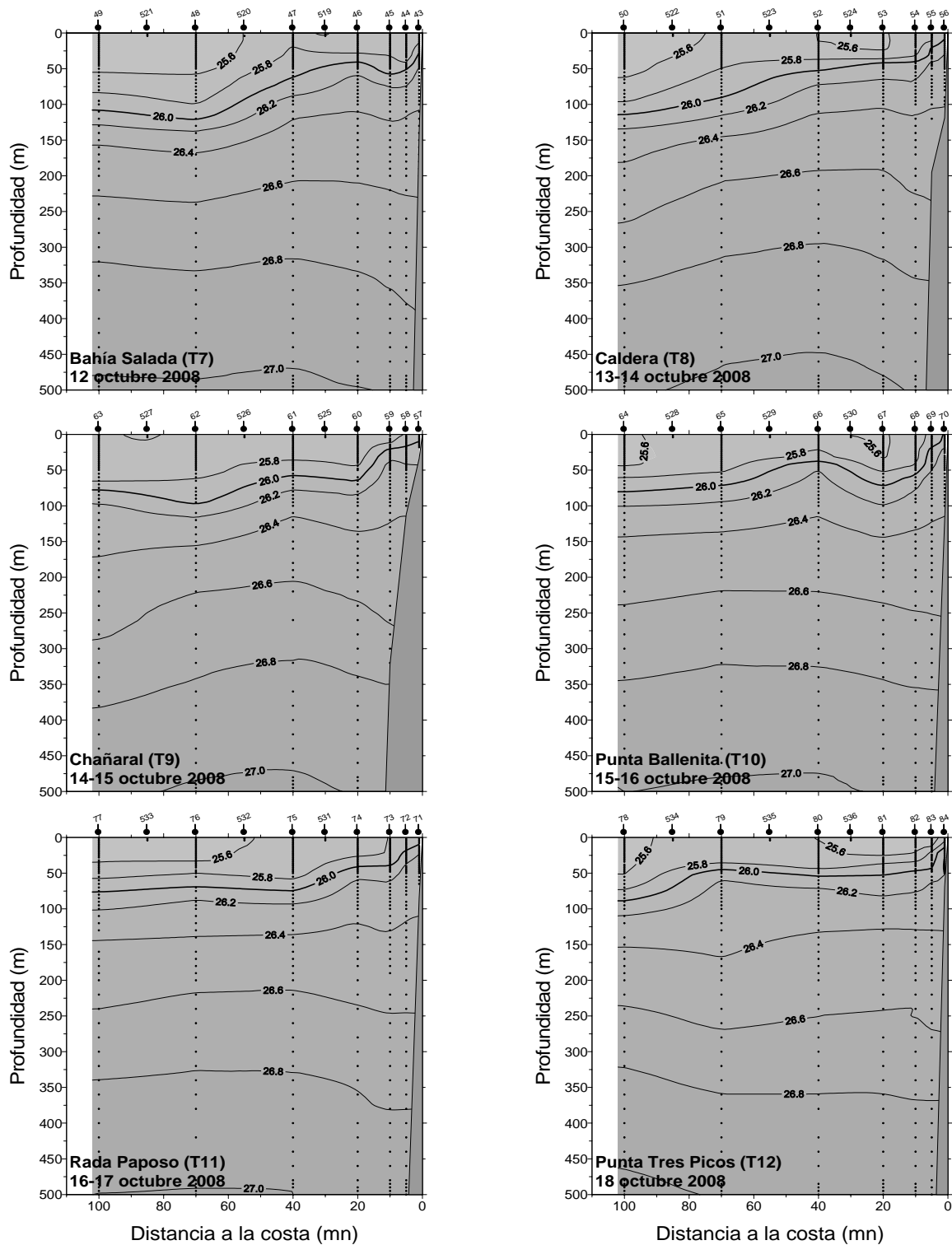


Figura 18. Distribuci3n vertical de densidad ( $\sigma_t$ )(kg/m<sup>3</sup>) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.



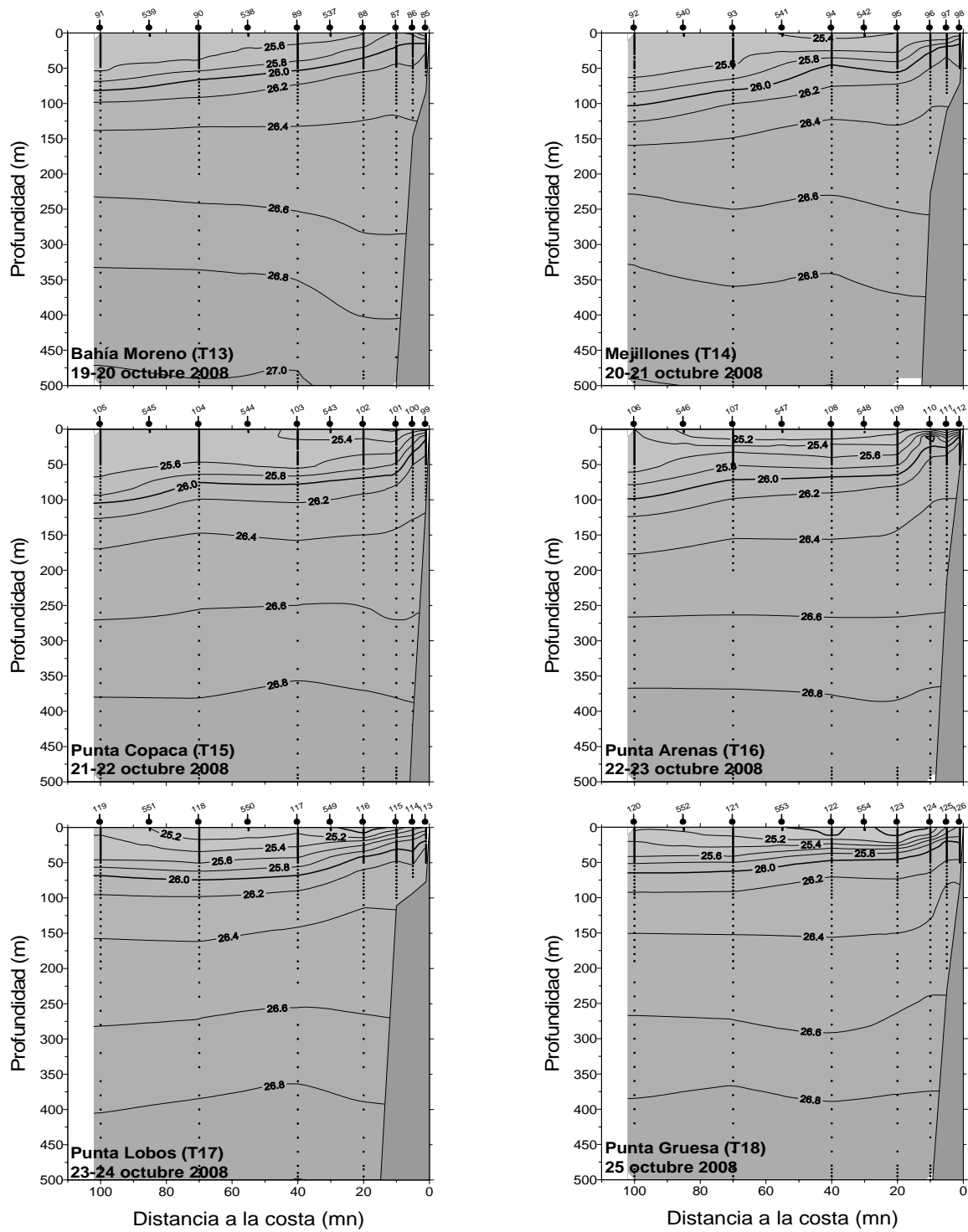


Figura 19. Distribuci3n vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )(kg/m<sup>3</sup>) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

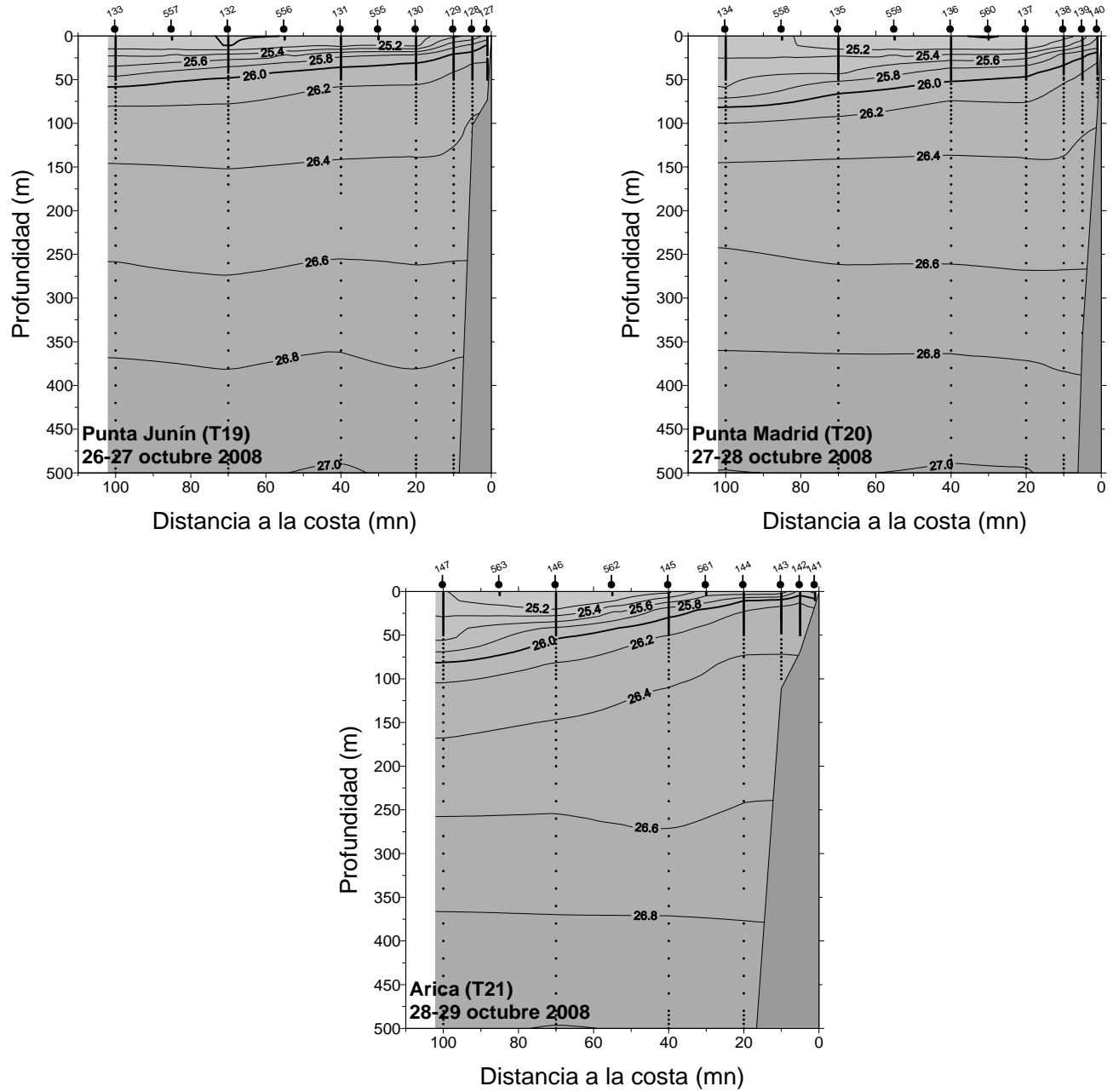


Figura 20. Distribuci3n vertical de densidad ( $\sigma_t$ )( $\text{kg/m}^3$ ) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

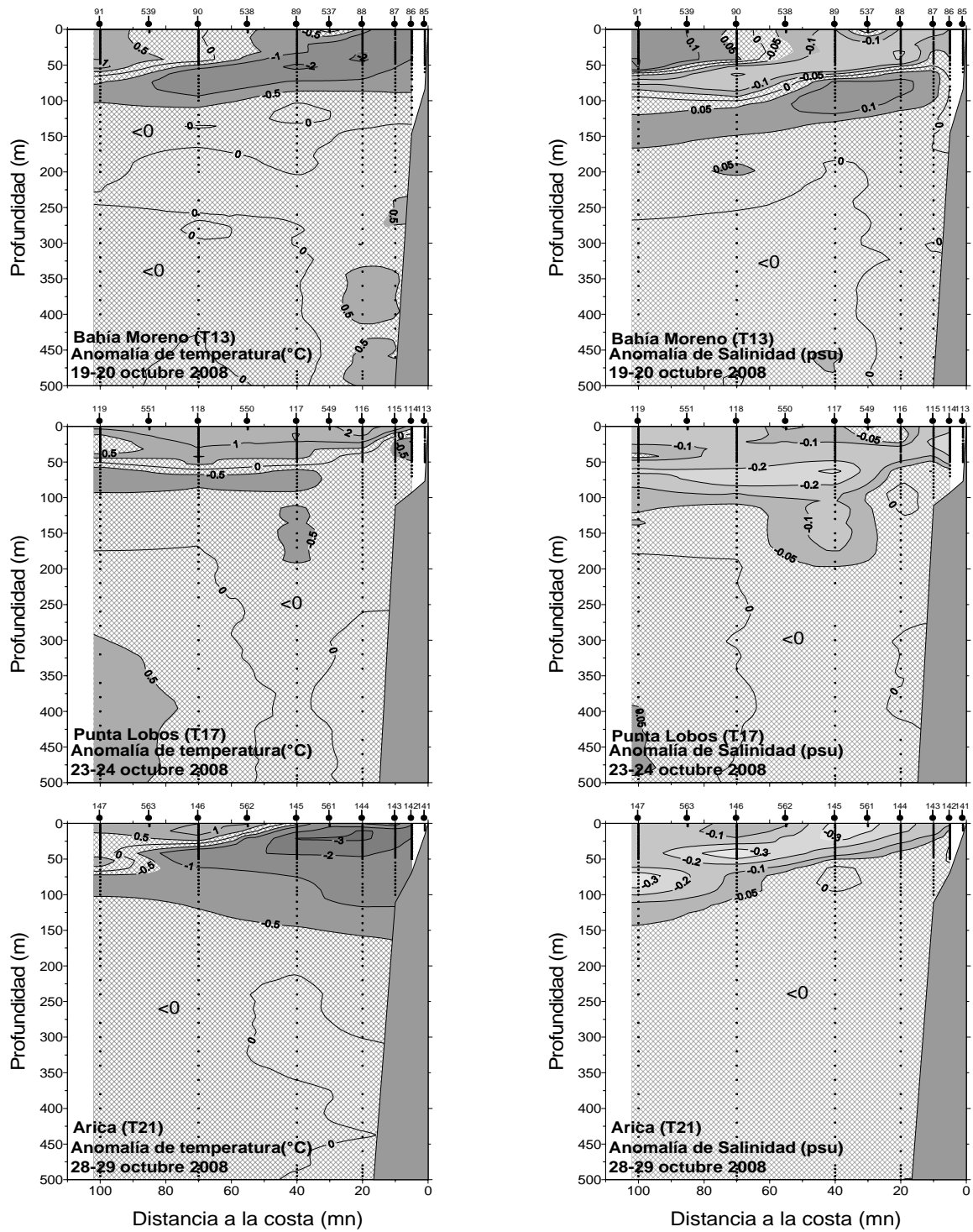


Figura 21. Anomalia vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas: 13 (Bahía Moreno, 23°40'S), 17 (Pta. Lobos; 21°00' S) y 21 (Arica; 18°25'S).

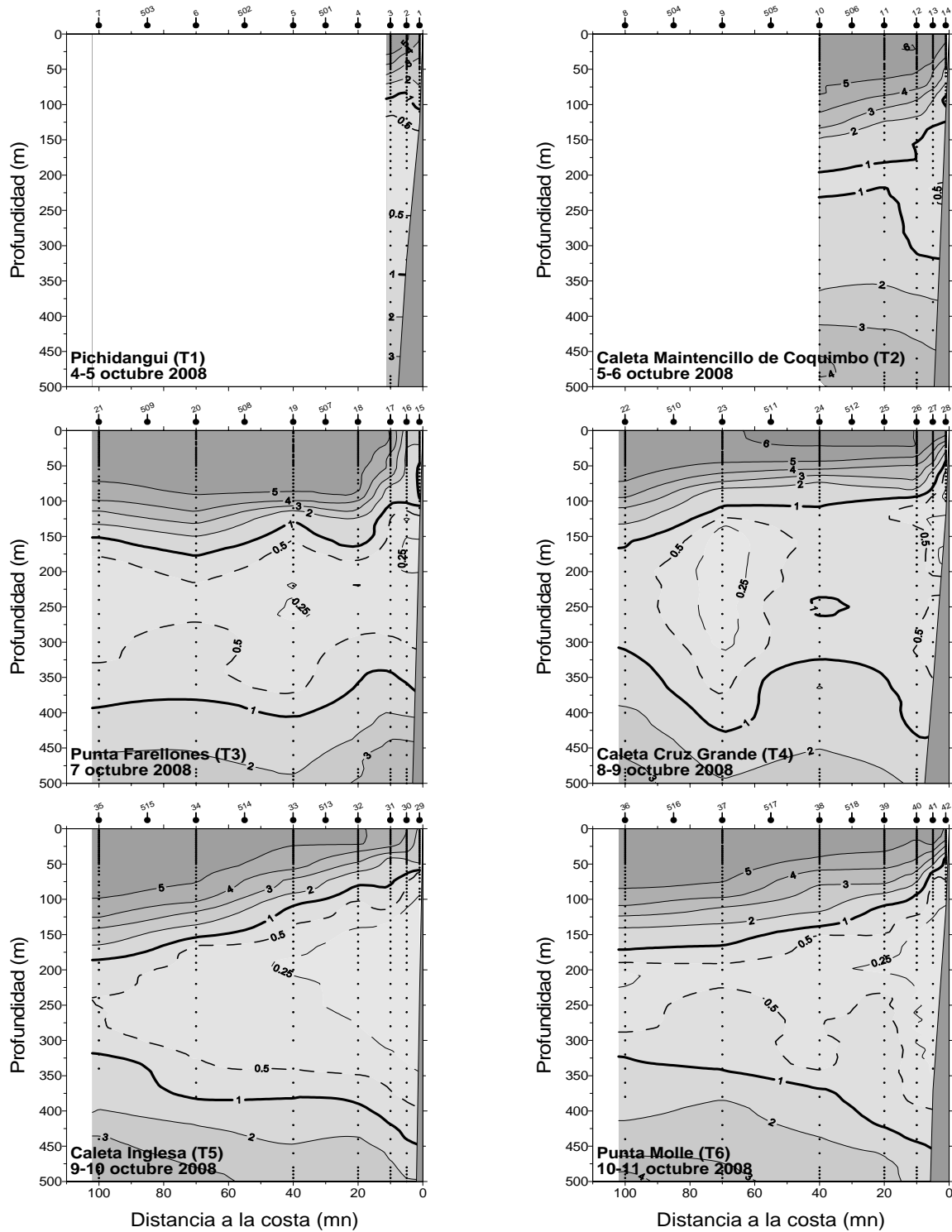


Figura 22. Distribuci3n vertical del contenido de ox3geno disuelto (mL/L) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO MOBIO 0810 - Octubre 2008.

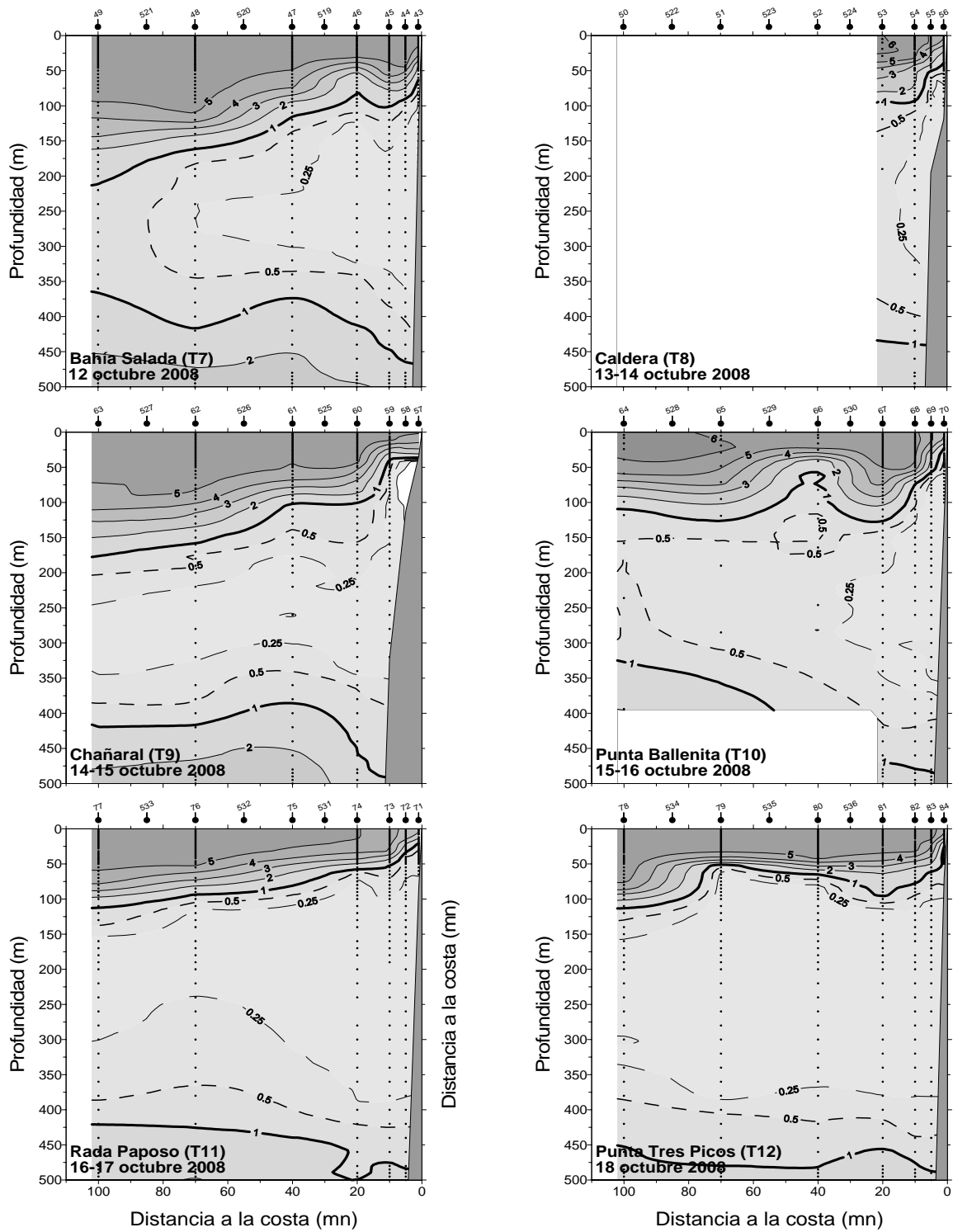


Figura 23. Distribuci3n vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO MOBIO 0810 - Octubre 2008.

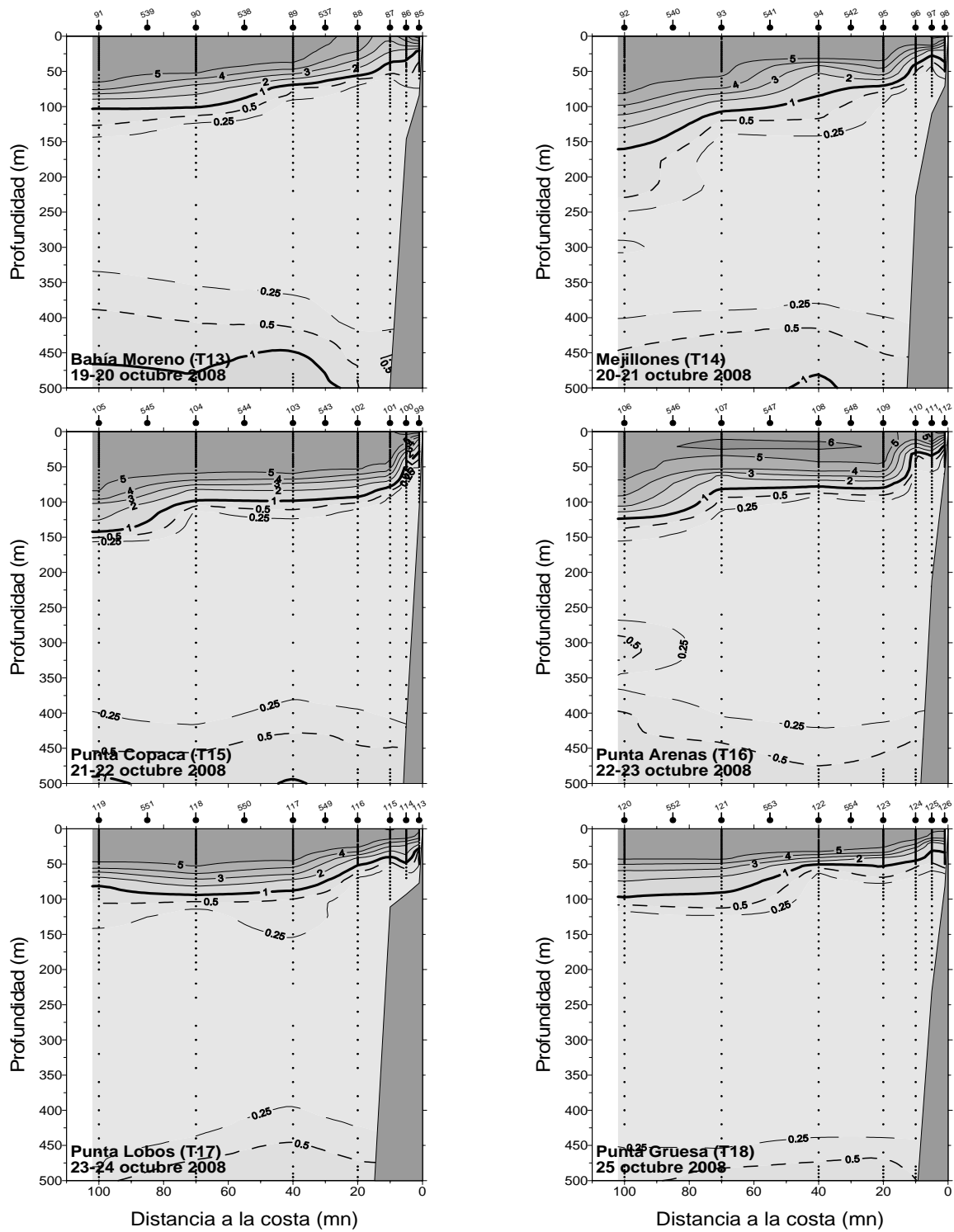


Figura 24. Distribuci3n vertical del contenido de ox3geno disuelto (mL/L) en las transectas 13 a 18. Cruceiro MOBIO MOBIO 0810 - Octubre 2008.

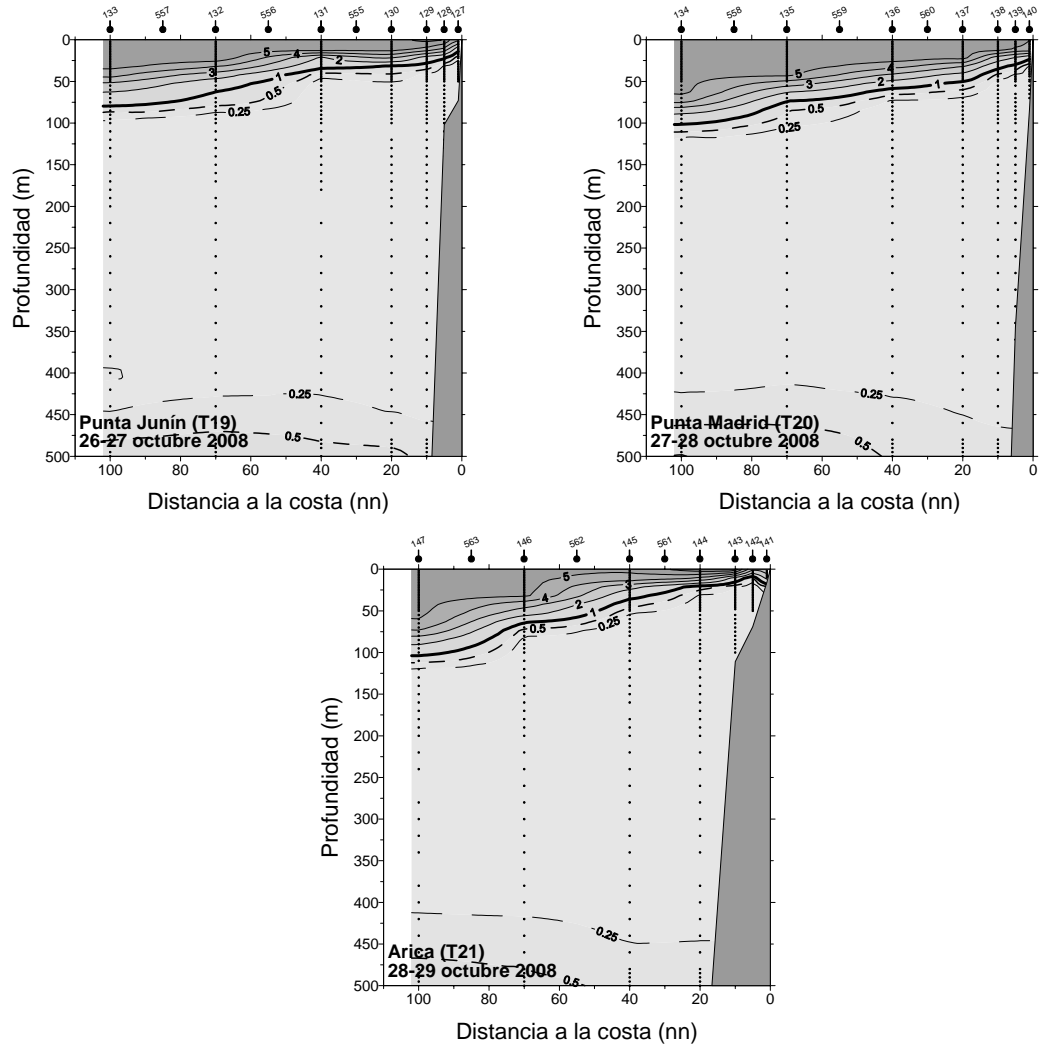


Figura 25. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO MOBIO 0810 - Octubre 2008.

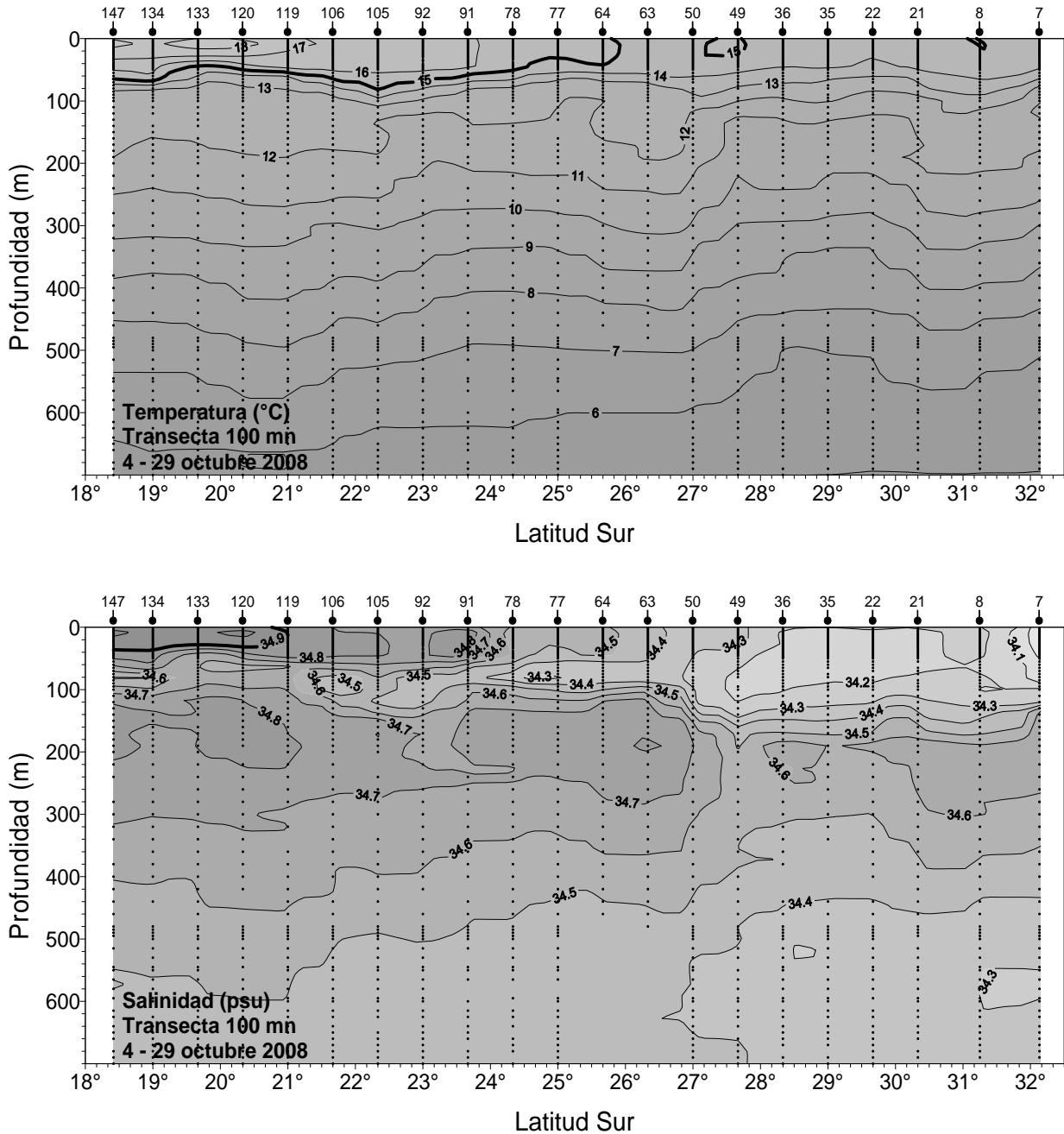


Figura 26. Distribuci3n vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.



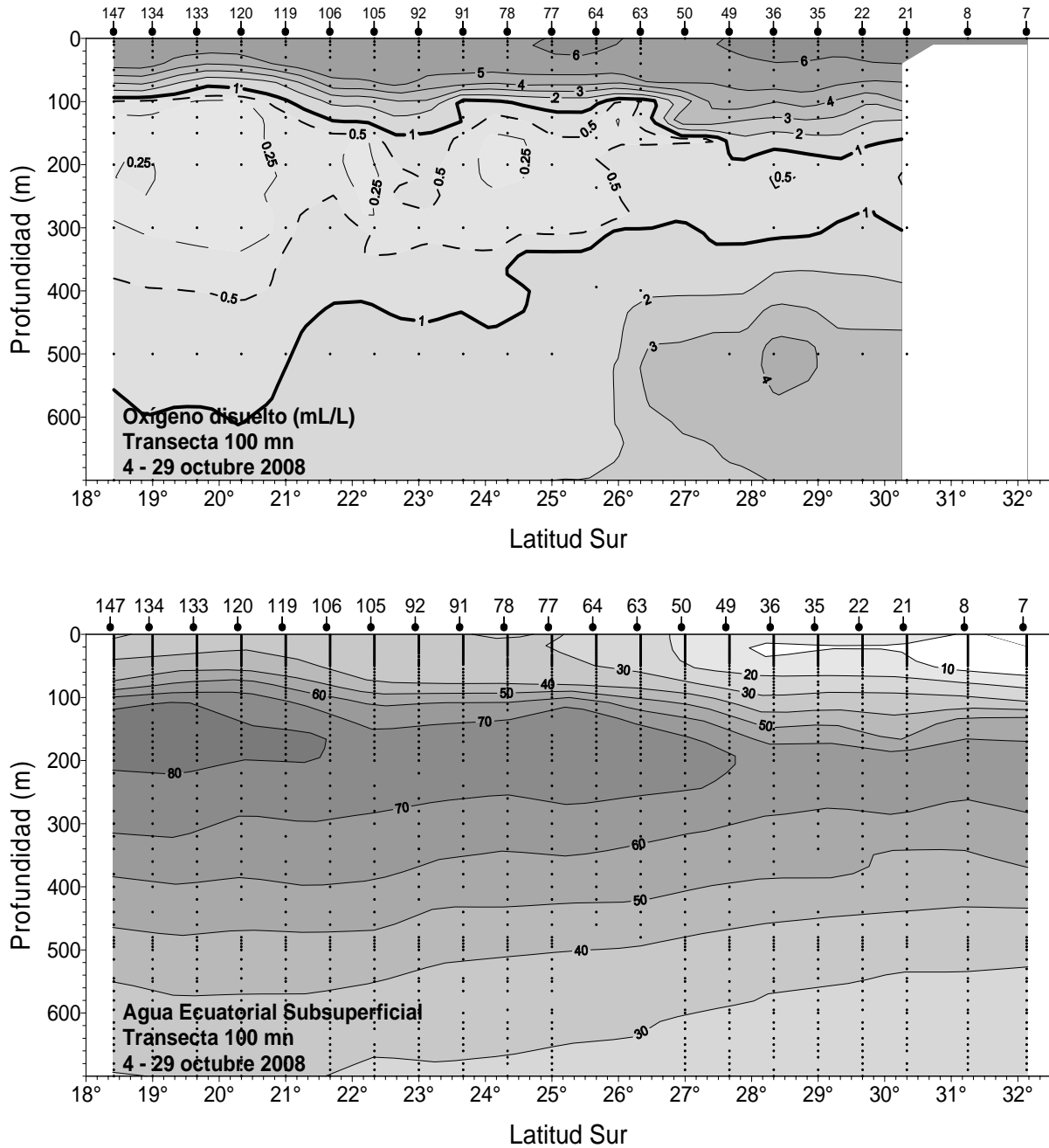


Figura 27. Distribuci3n vertical de contenido de oxígeno disuelto (mL/L) y porcentaje de participaci3n de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AES) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

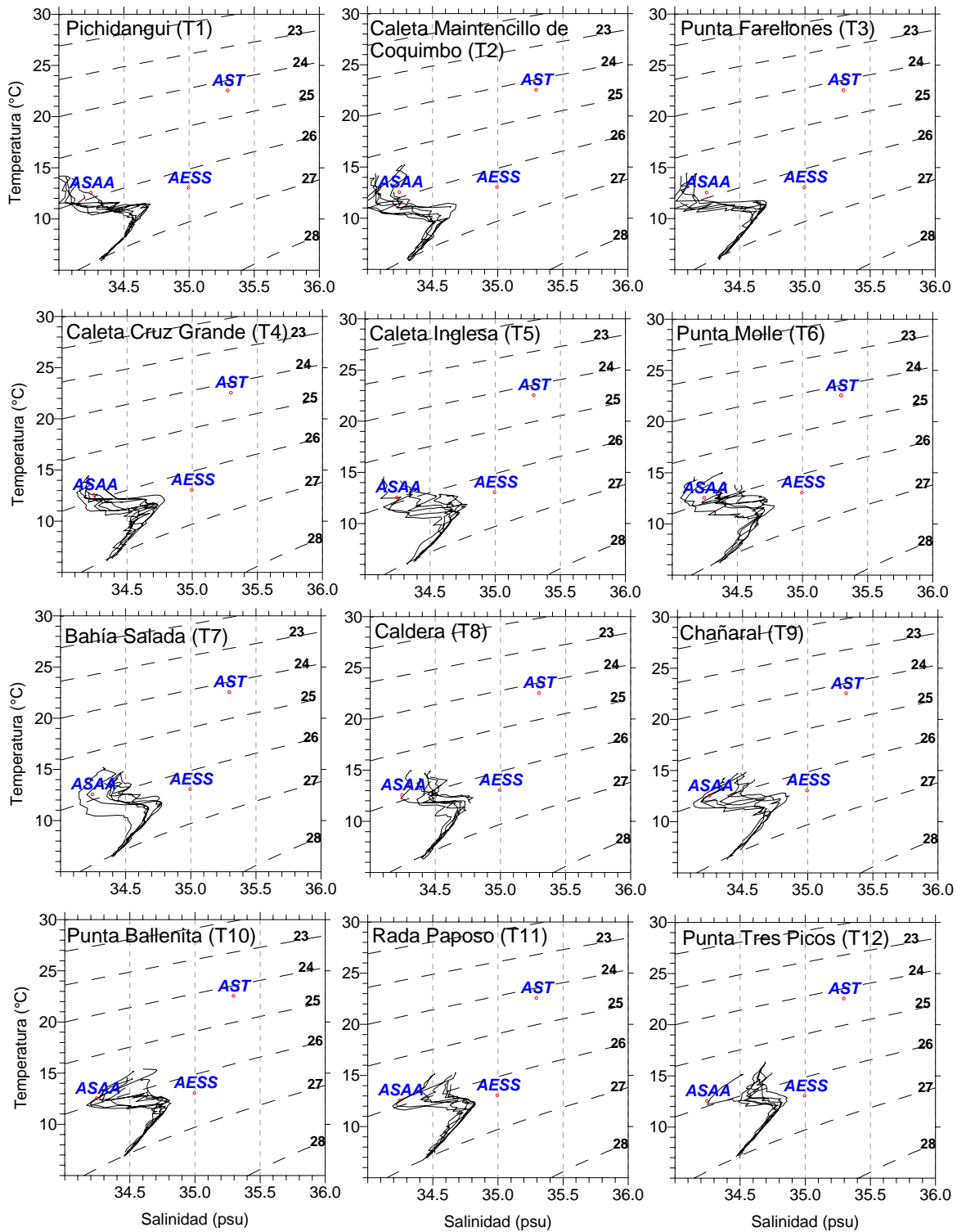


Figura 28. Diagramas *T-S* de las estaciones por sección perpendicular a la costa. Transectas 1 a 12. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

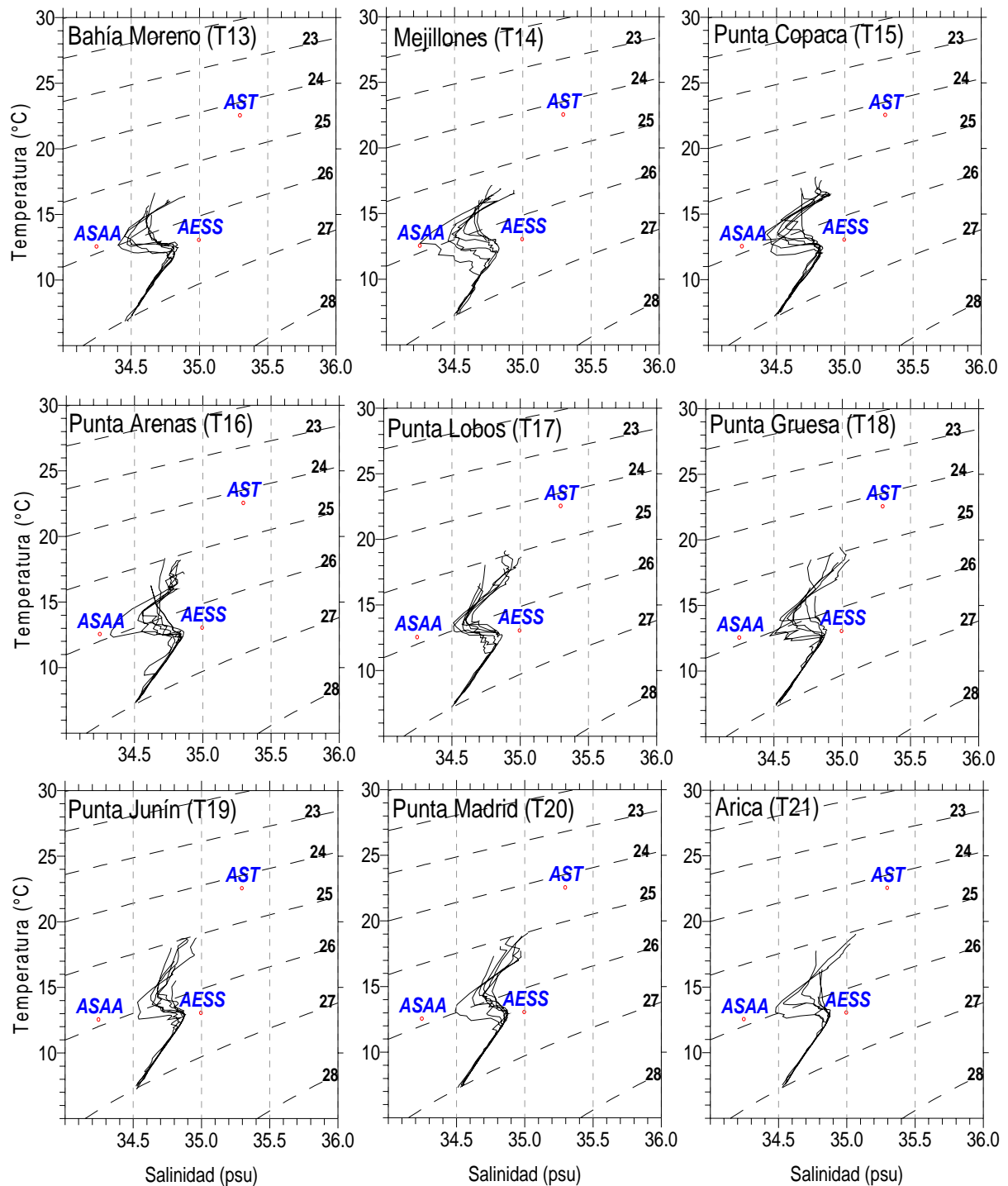


Figura 29. Diagramas T-S de las estaciones por secci3n perpendicular a la costa. Transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

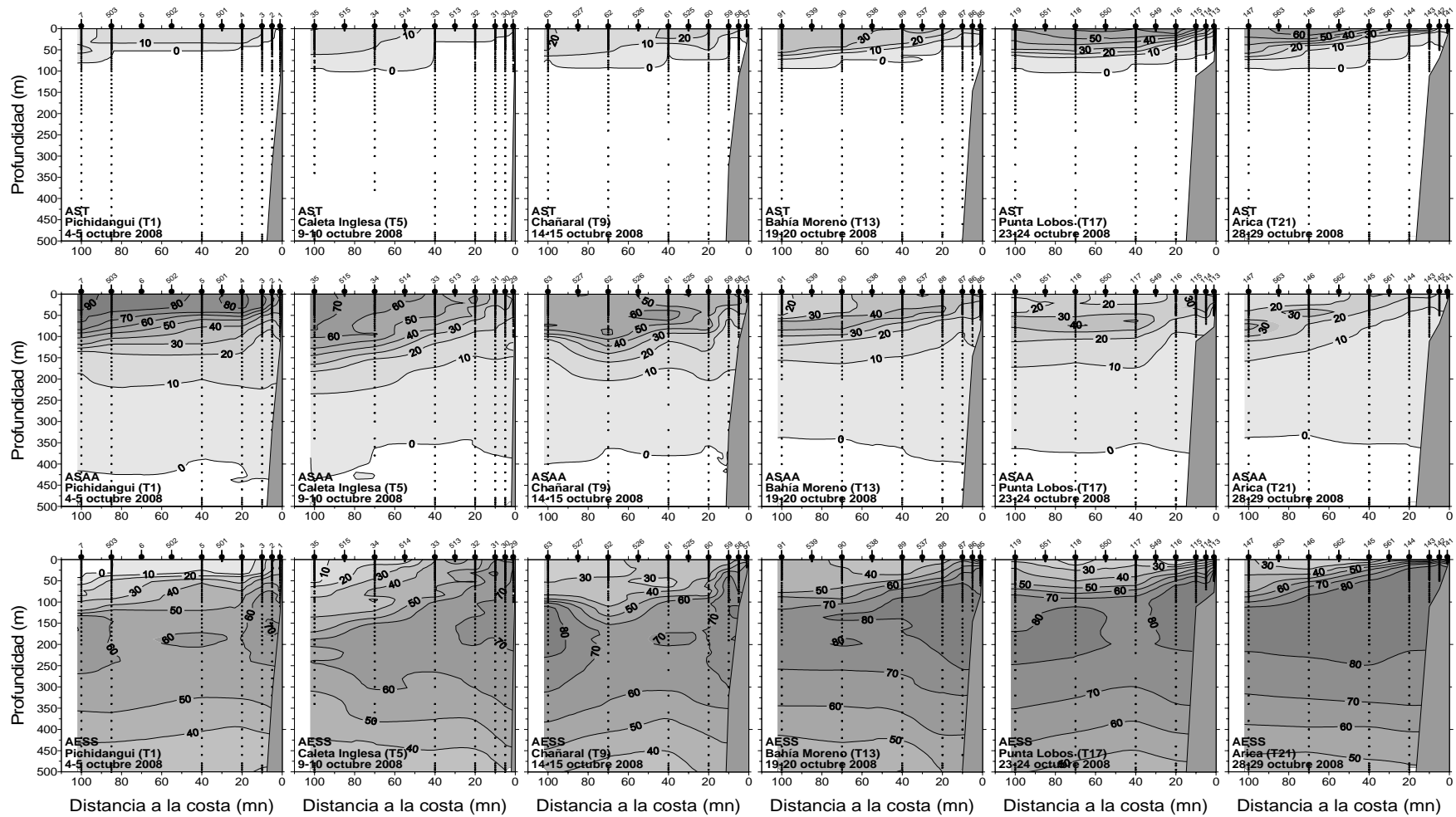


Figura 30. Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Subtropical (AST), agua Subant3rtica (ASAA) y agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

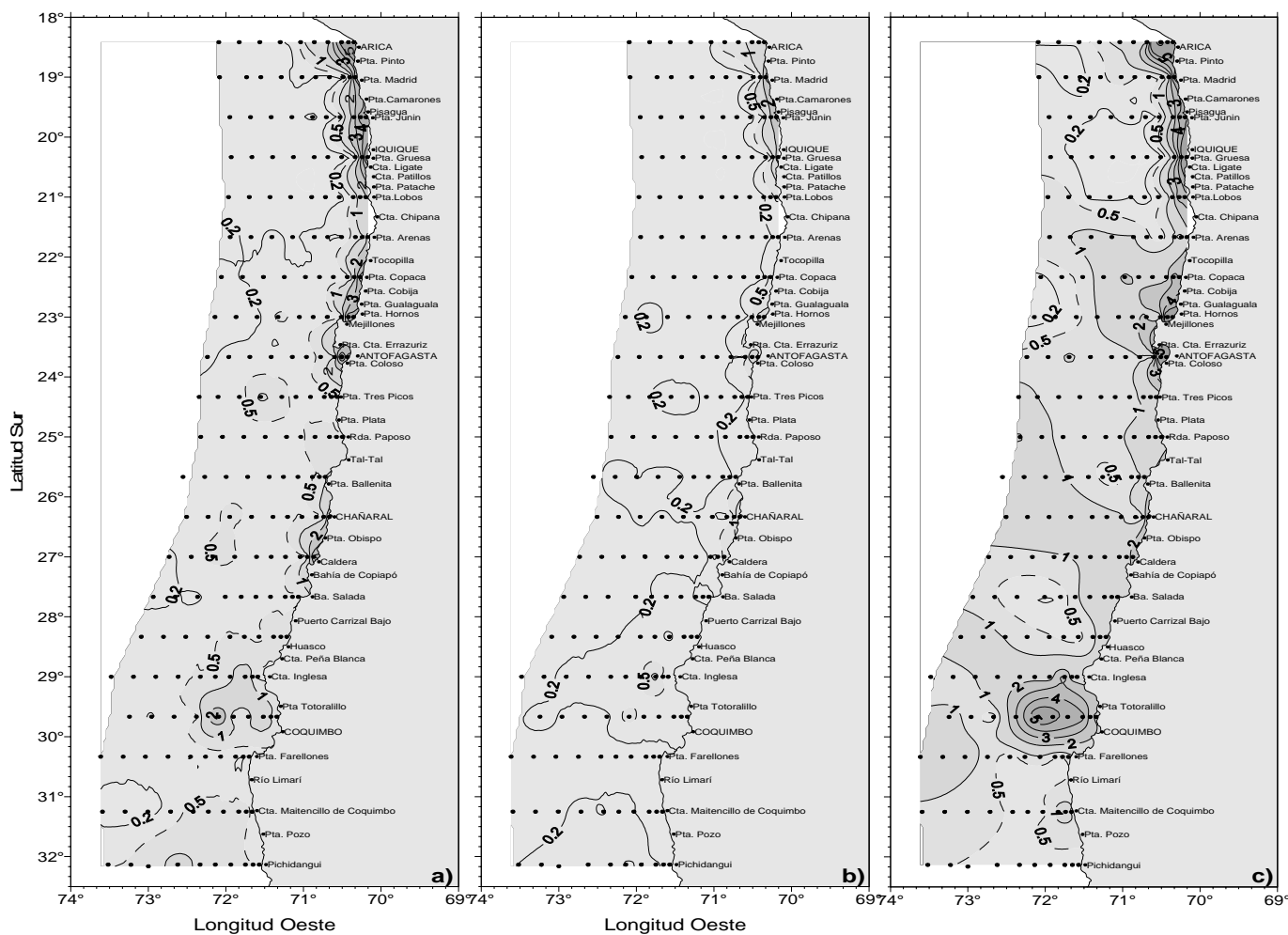


Figura 31. Distribuci3n de a) clorofila-a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ), b) feopigmento superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) y c) fluorescencia in vivo (volts). Crucero MOBIO 0810 - 4 al 29 de octubre de 2008.

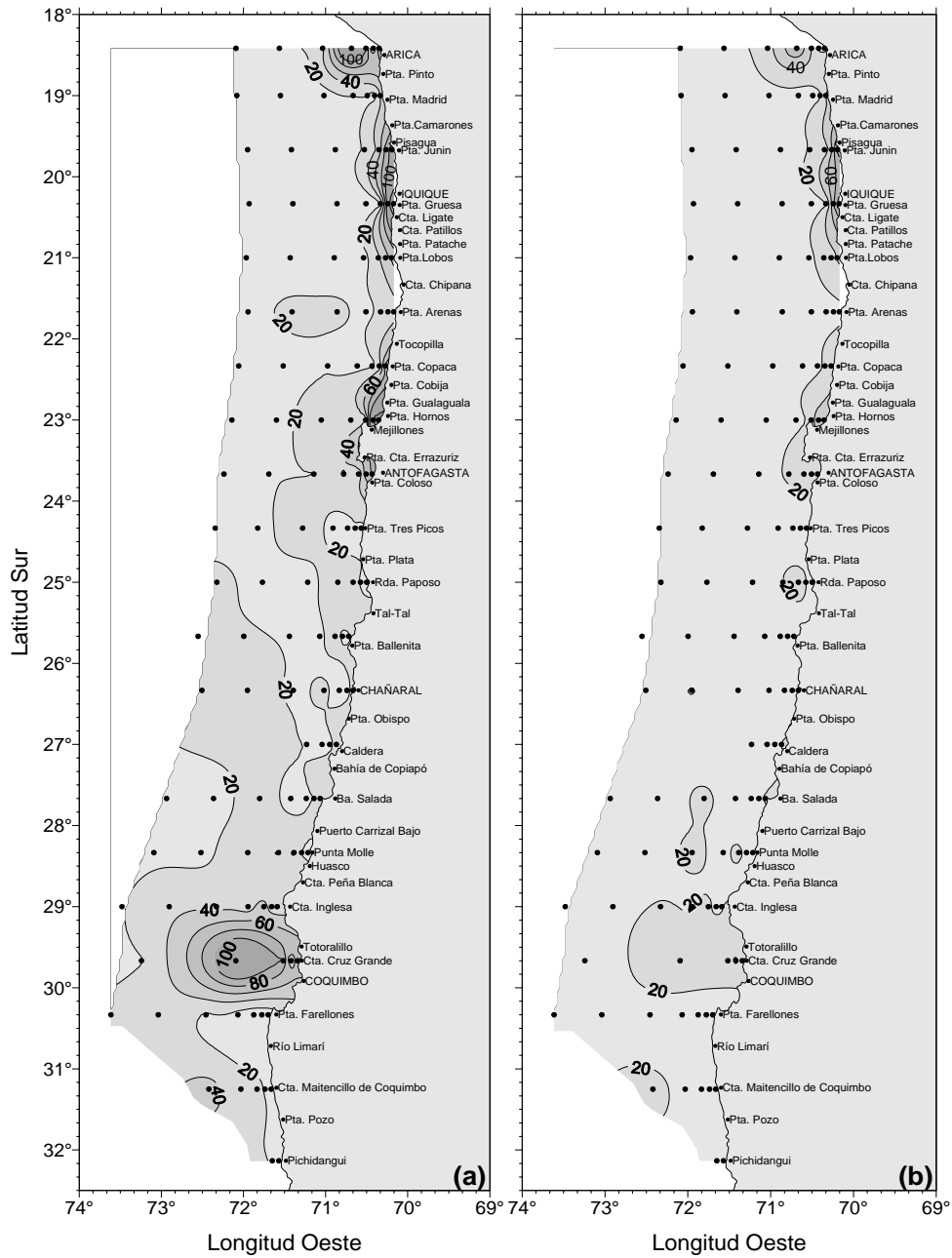


Figura 32. Distribuci3n de a) clorofila integrada ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) y b) feopigmentos integrados ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

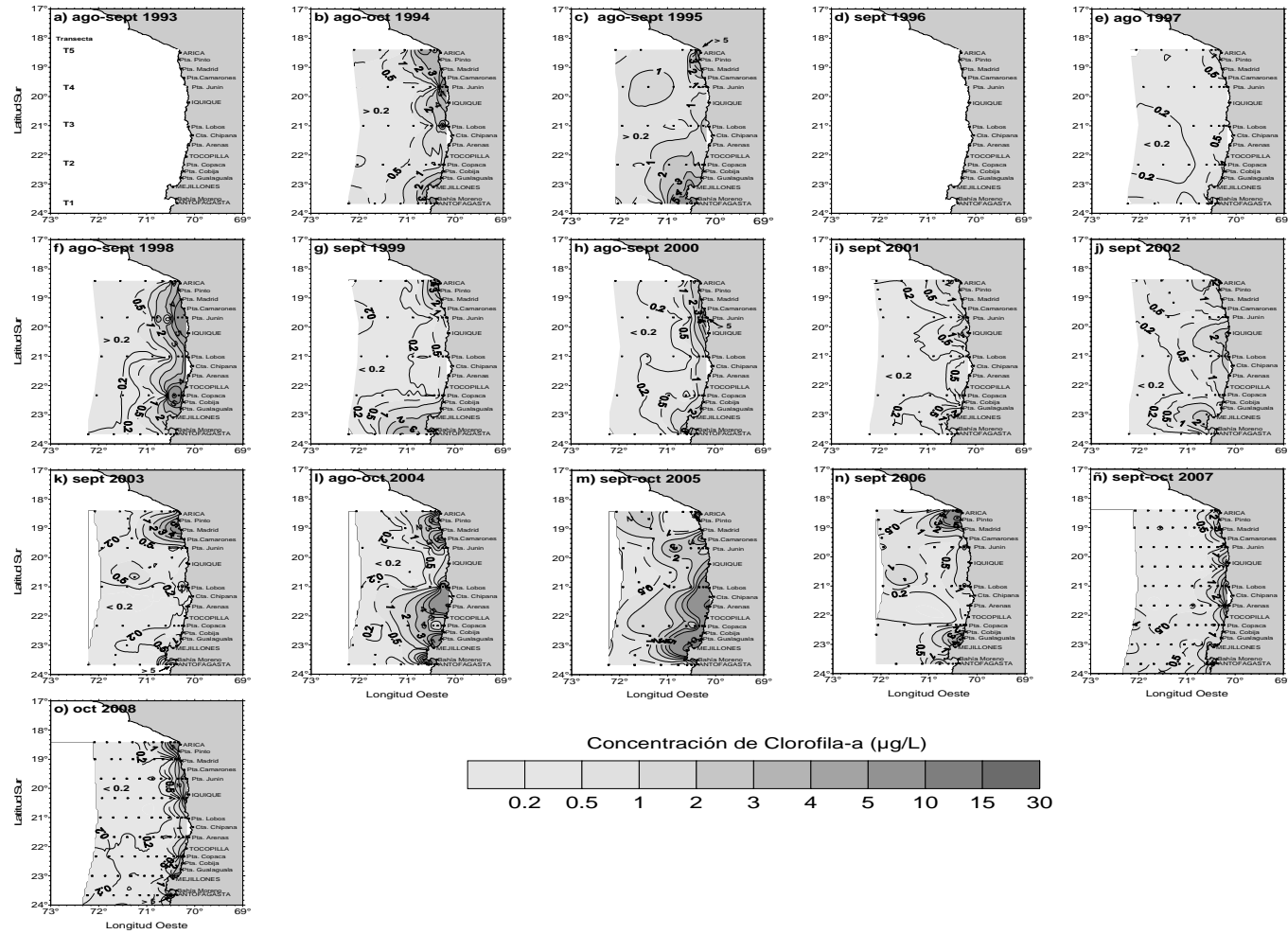


Figura 33. Distribuci3n hist3rica de clorofila-a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) en: bahía Moreno (T1), punta Copaca (T2), punta Lobos (T3), punta Junín (T4) y Arica (T5), para el trimestre agosto-octubre en el per3odo 1993 - 2008. (cruceros realizados en 1993 y 1996 sin informaci3n de clorofila-a)

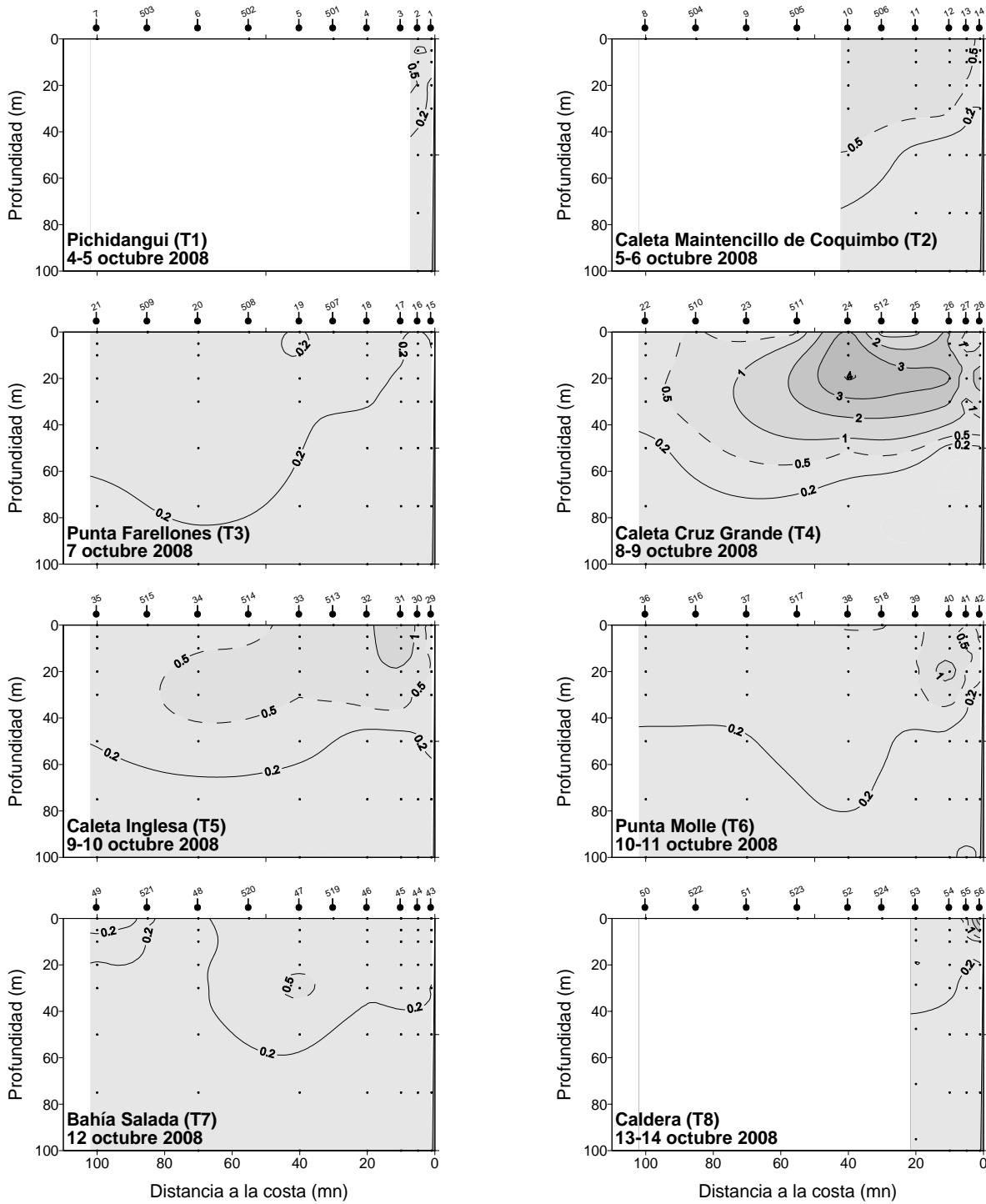


Figura 34. Distribuci3n vertical de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 1 a 8. Crucero 0810 - Octubre 2008.



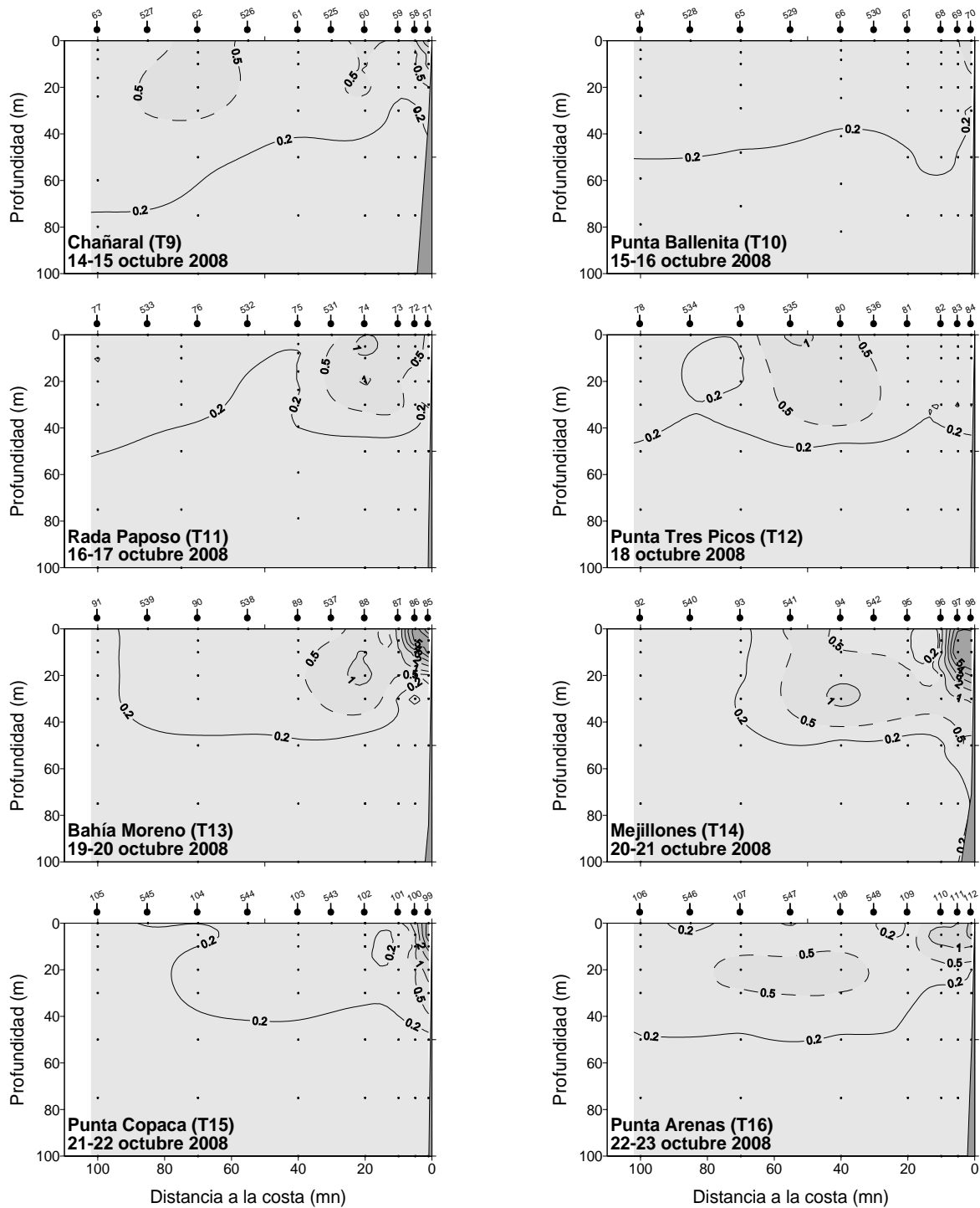


Figura 35. Distribuci3n vertical de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 9 a 16. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

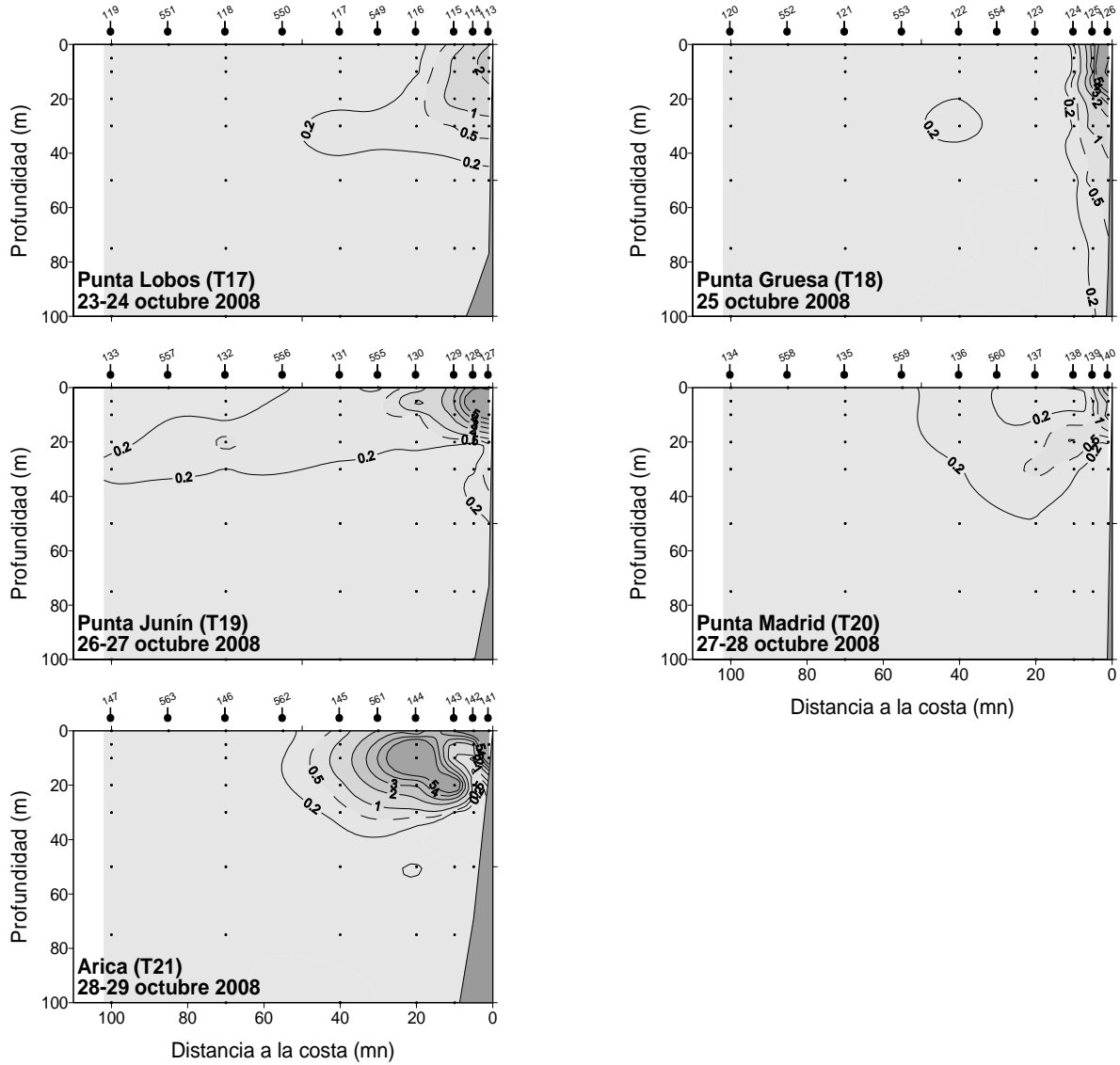


Figura 36. Distribuci3n vertical de clorofila *a* ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 17 a 21. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

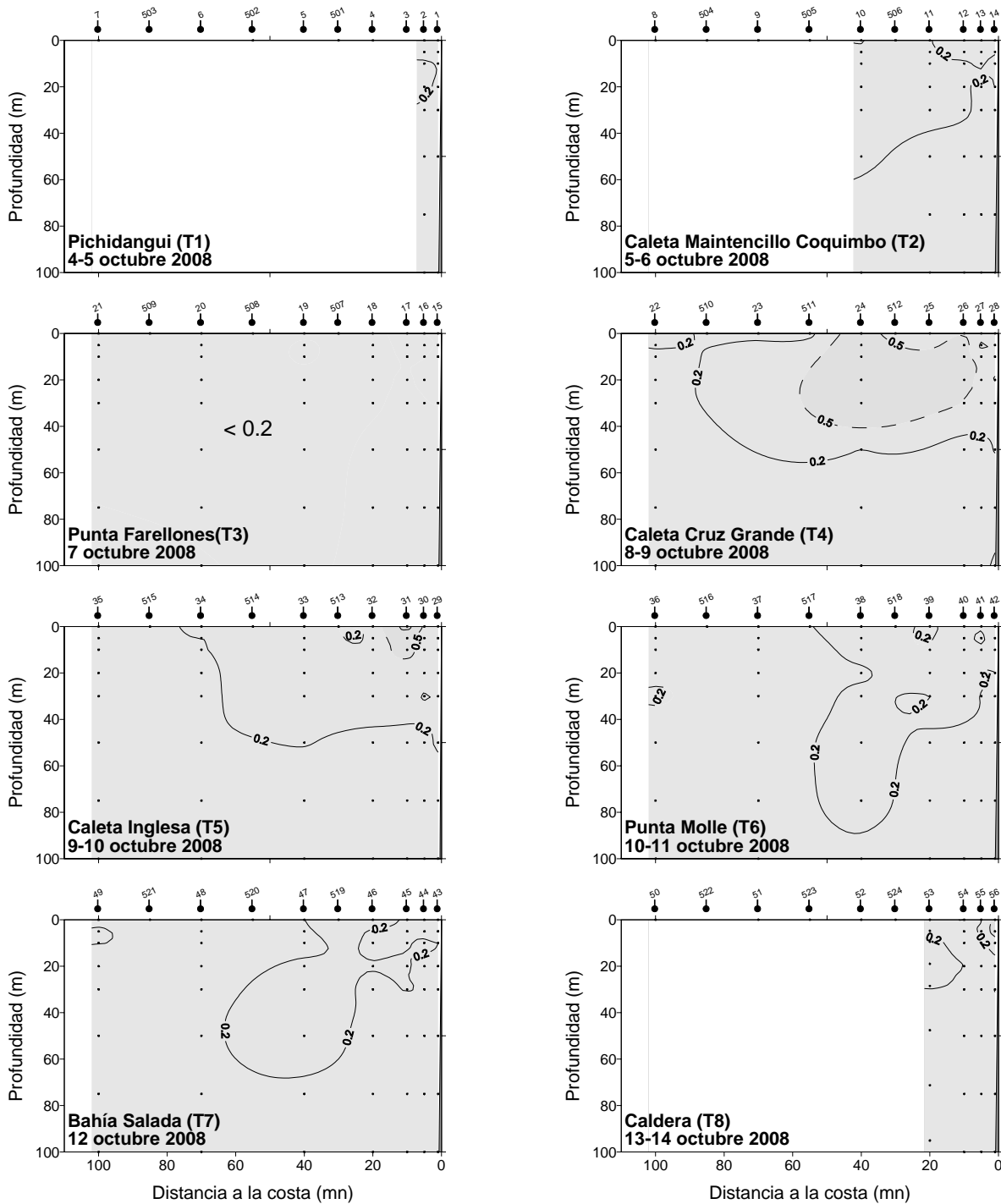


Figura 37. Distribuci3n vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 1 a 8. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

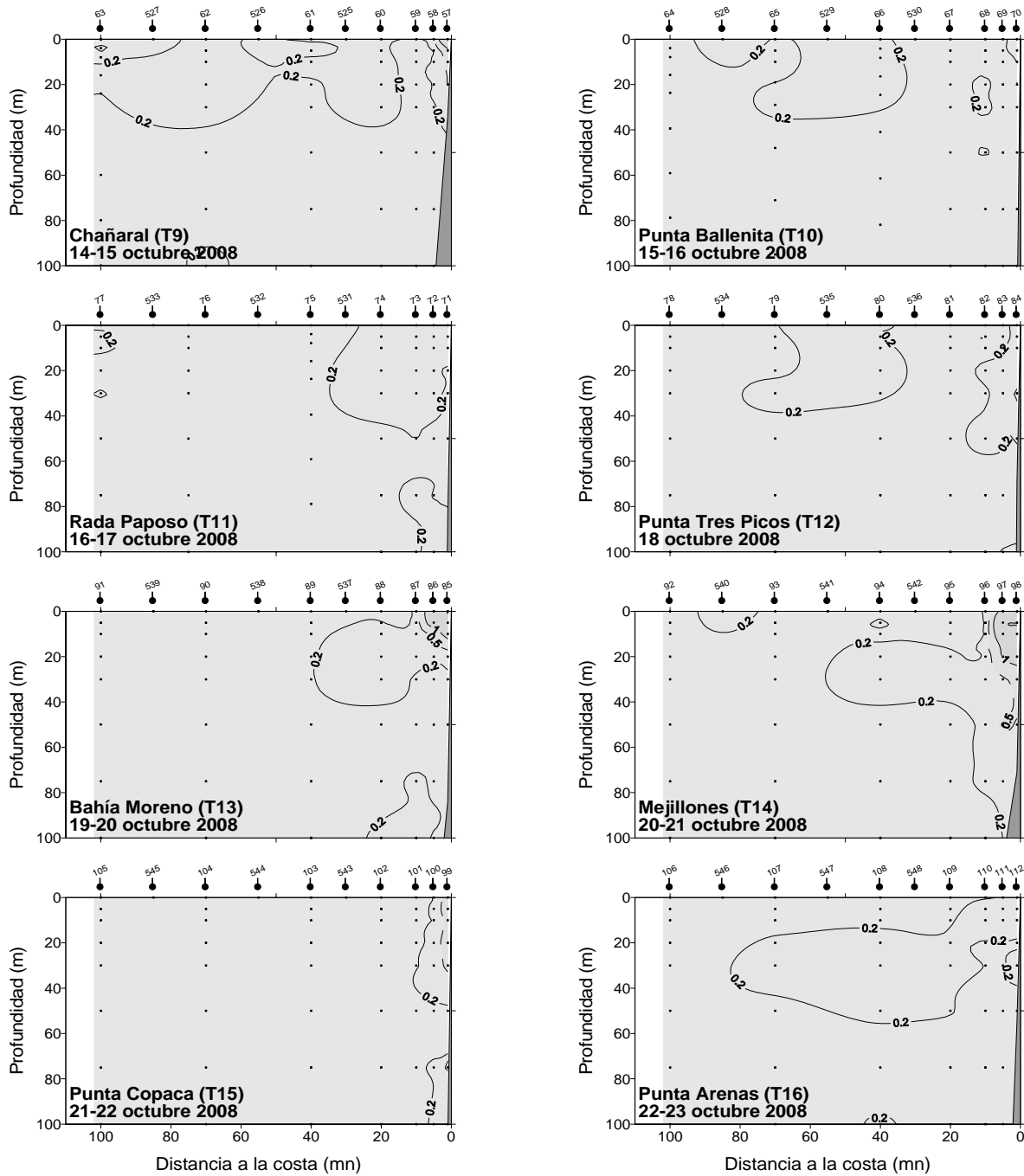


Figura 38. Distribución vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 9 a 16. Crucero 0810 - Octubre 2008.

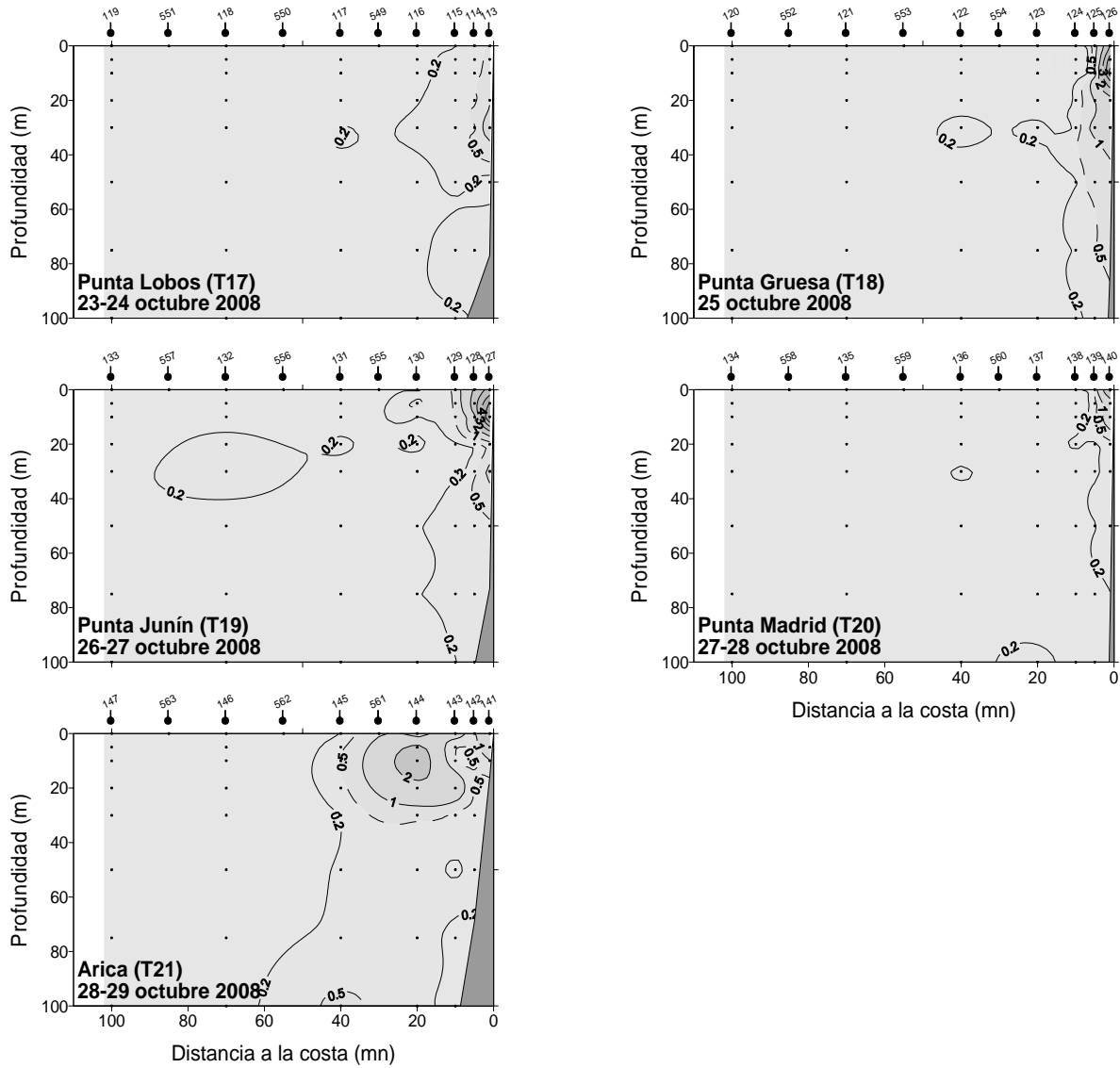


Figura 39. Distribución vertical de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) en las transectas 17 a 21. Crucero 0810 - Octubre 2008.

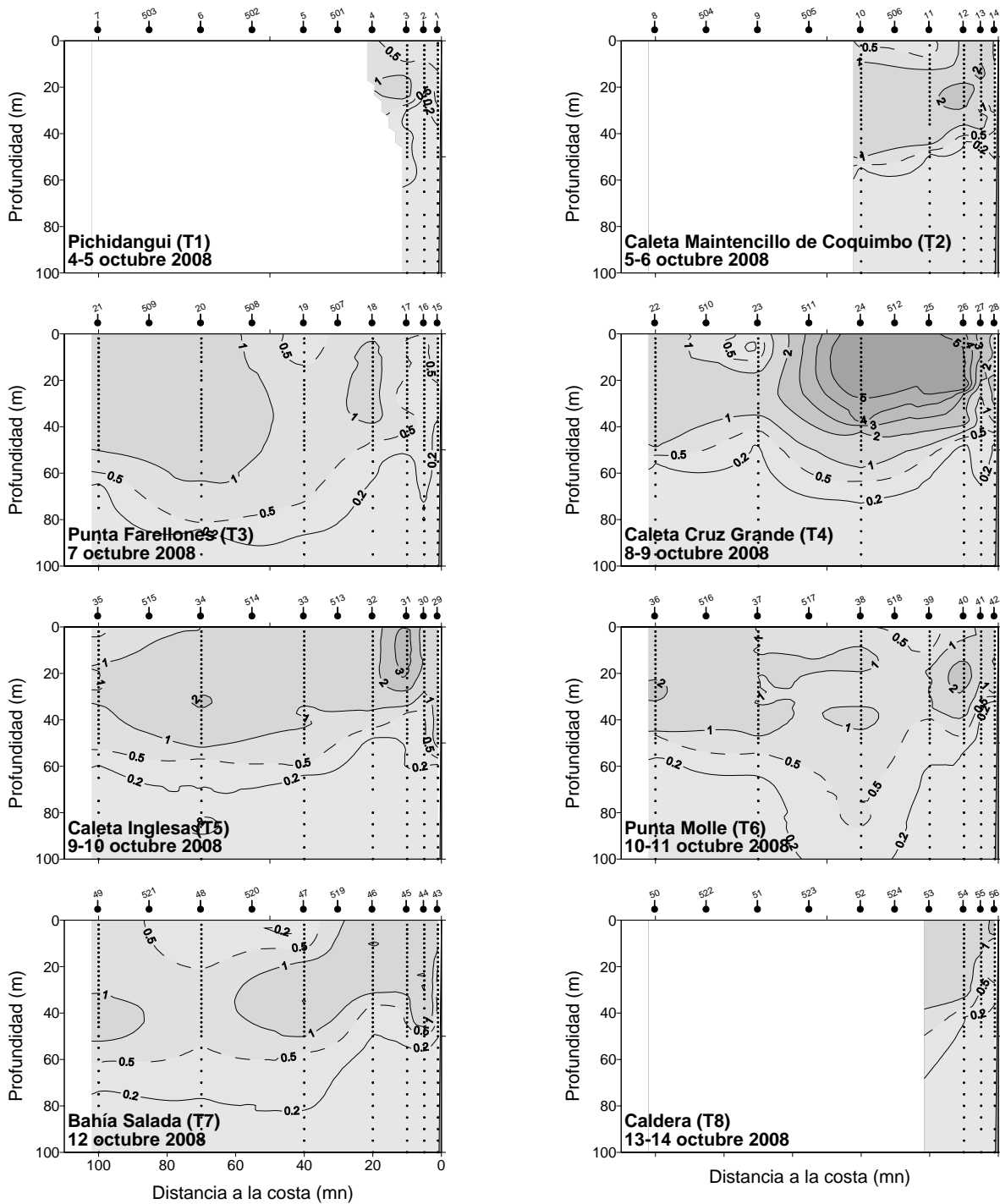


Figura 40. Distribución vertical de Fluorescencia in vivo (volts) en las transectas 1 a 8. Crucero 0810 - Octubre 2008.

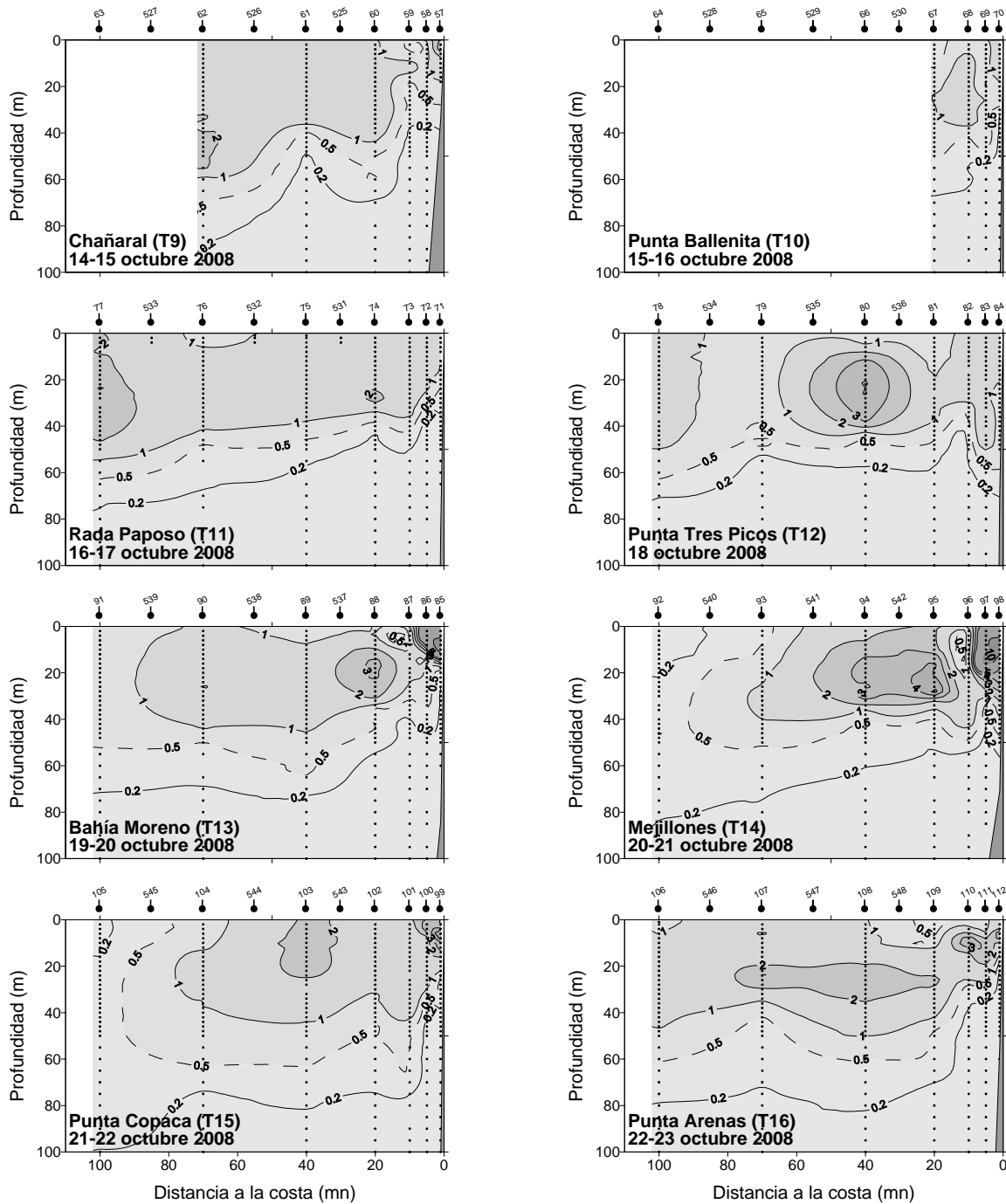


Figura 41. Distribuci3n vertical de Fluorescencia in vivo (volts) en las transectas 9 a 16. Crucero 0810 - Octubre 2008.

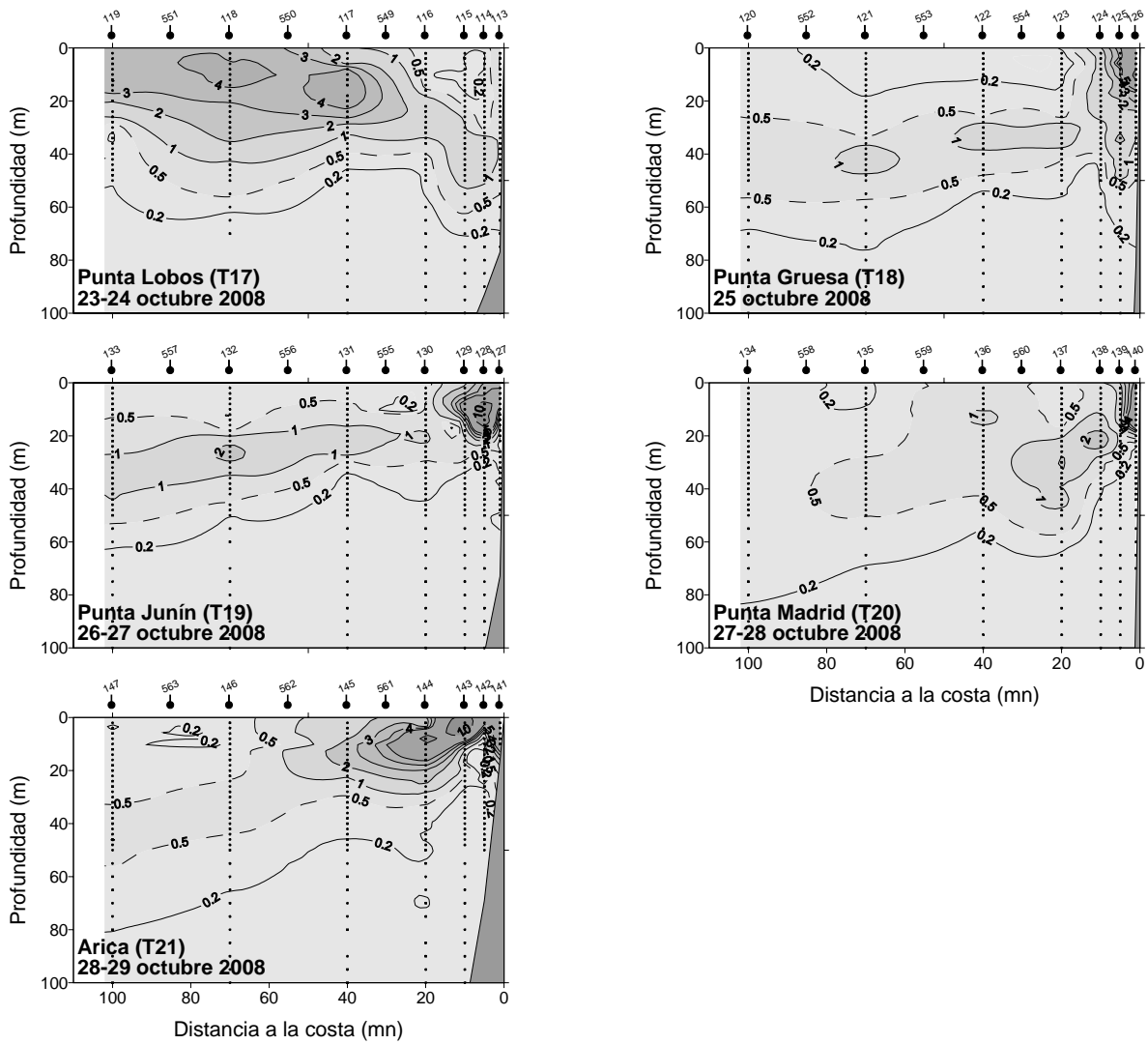


Figura 42. Distribuci3n vertical de Fluorescencia in vivo (volts) en las transectas 17 a 21. Crucero 0810 - Octubre 2008.



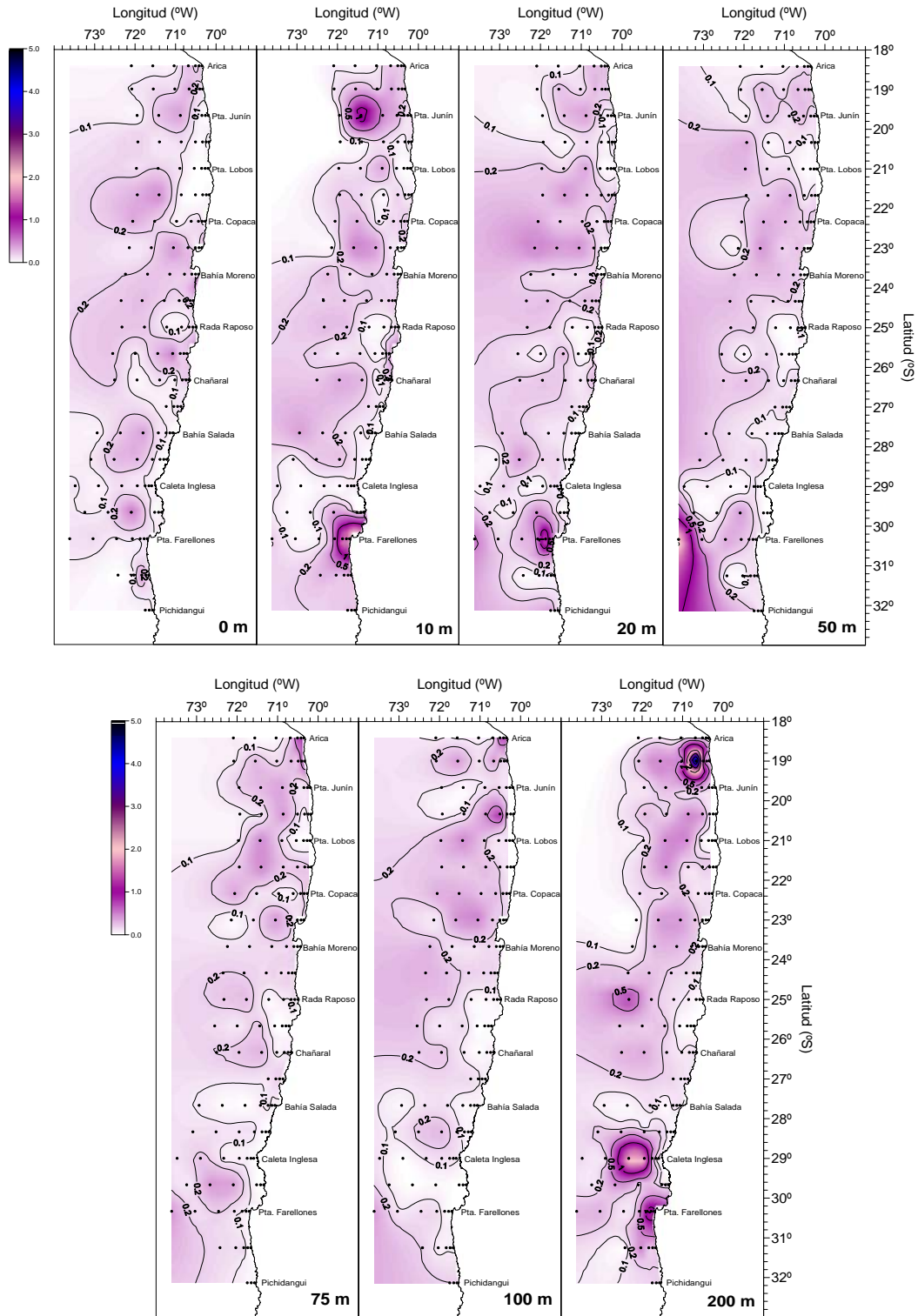


Figura 43. Distribuci3n horizontal de la concentraci3n de amonio ( $\mu\text{M}$ ) entre la superficie y 200 m de profundidad.

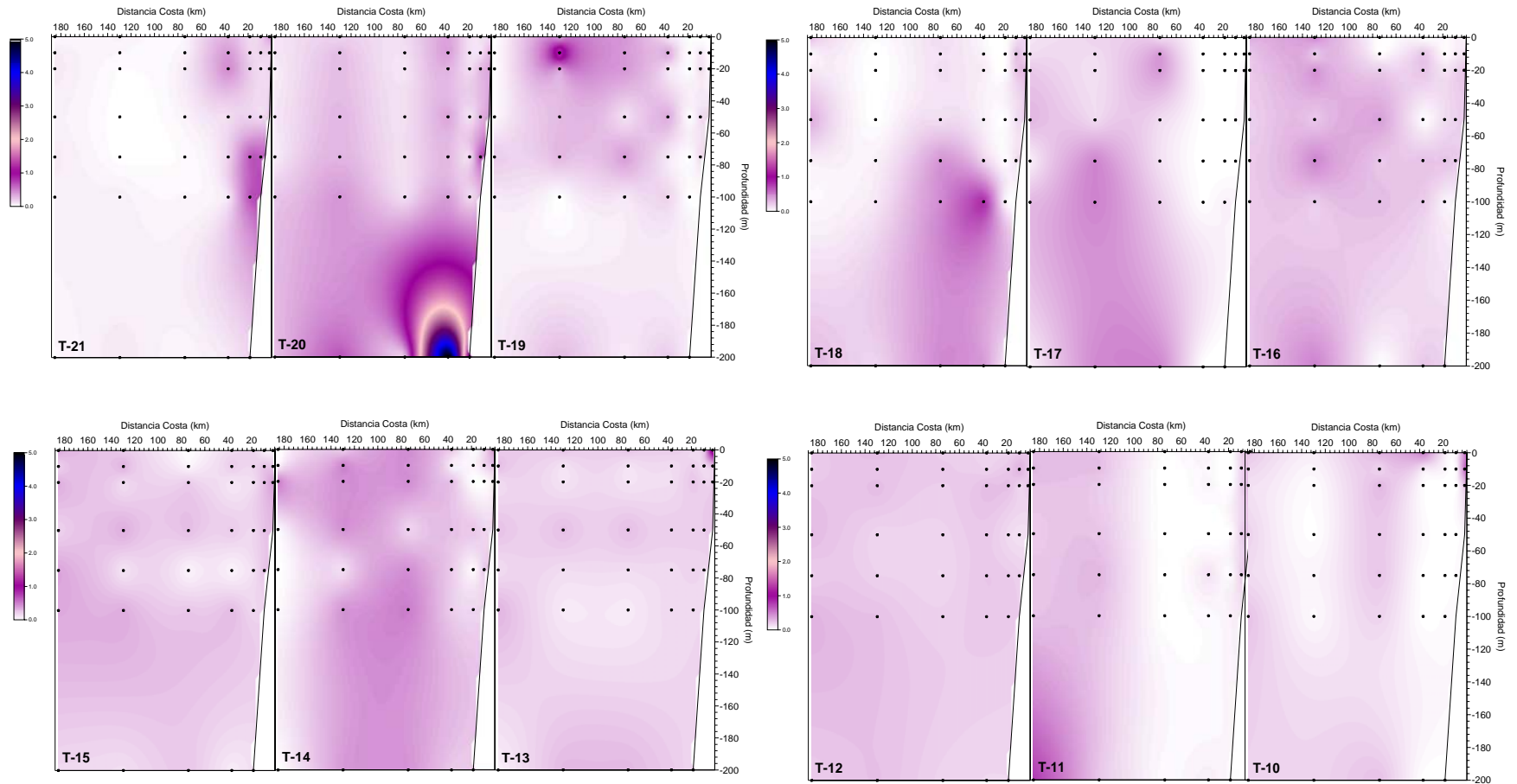
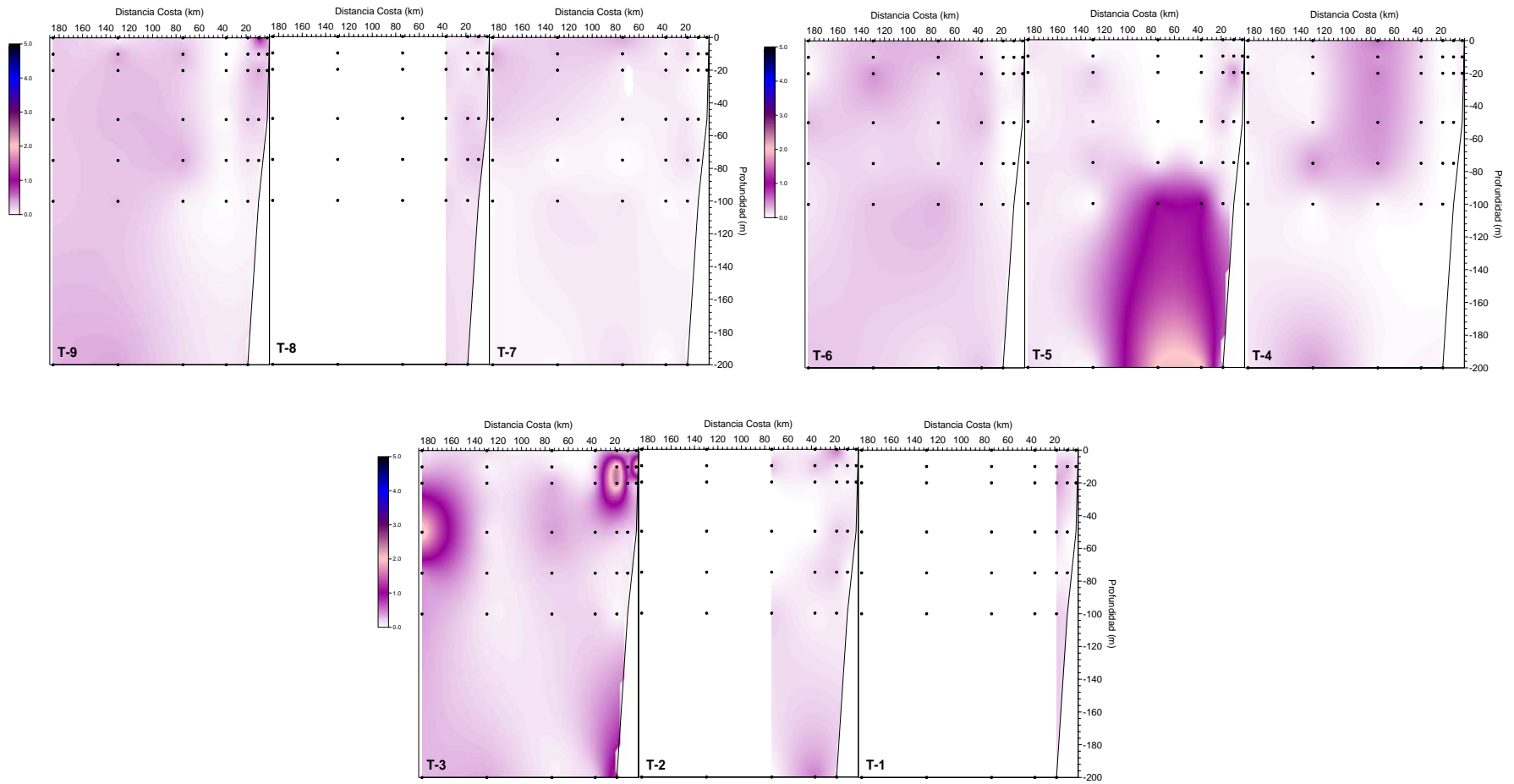


Figura 44. Distribuci3n vertical por transecta (T) de la concentraci3n de amonio ( $\mu\text{M}$ ) entre Arica (T-21) y Pichidangui (T-1).



Continuaci3n Figura 44.

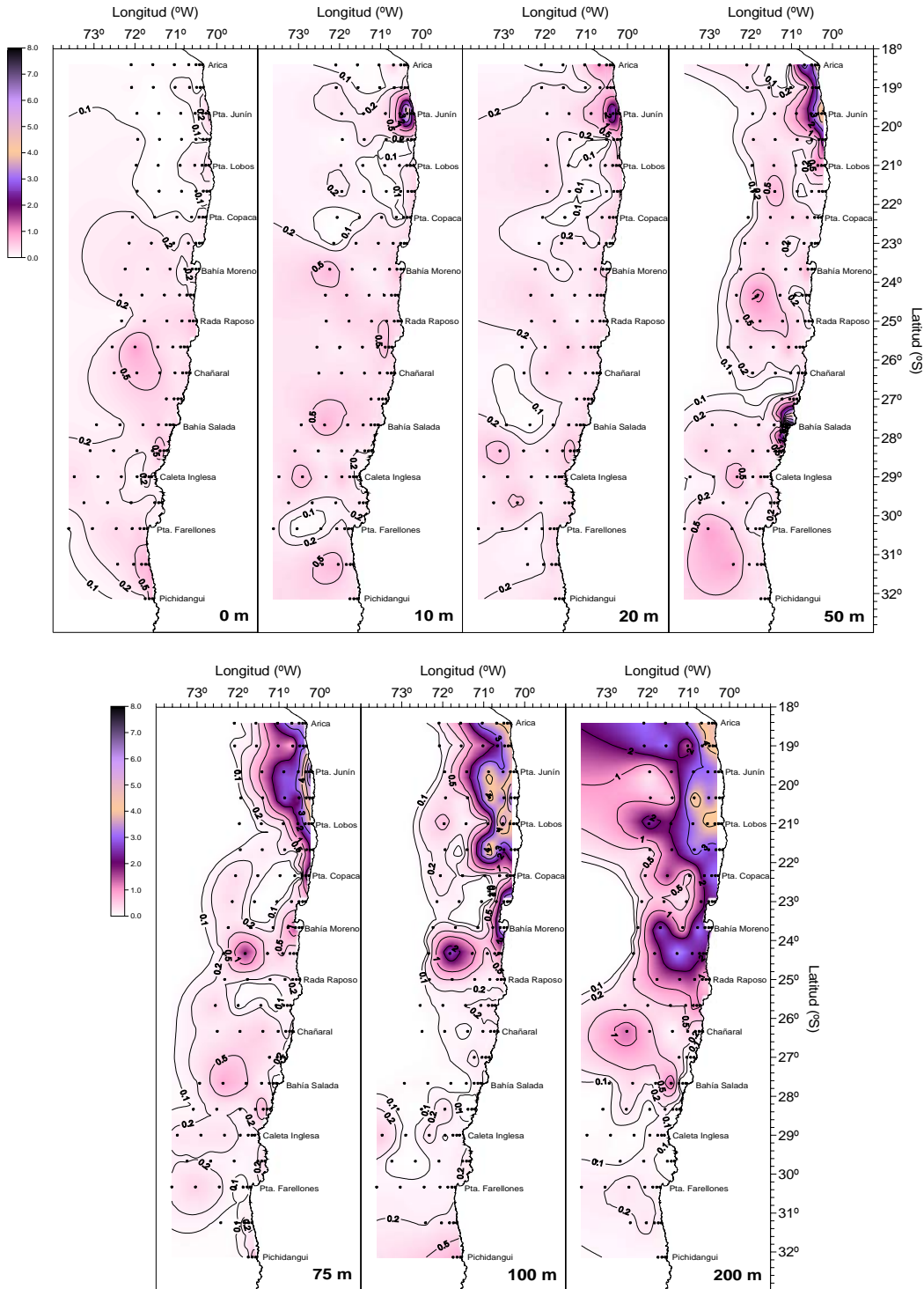


Figura 45. Distribuci3n horizontal de la concentraci3n de nitrato ( $\mu\text{M}$ ) entre la superficie y 200 m de profundidad.

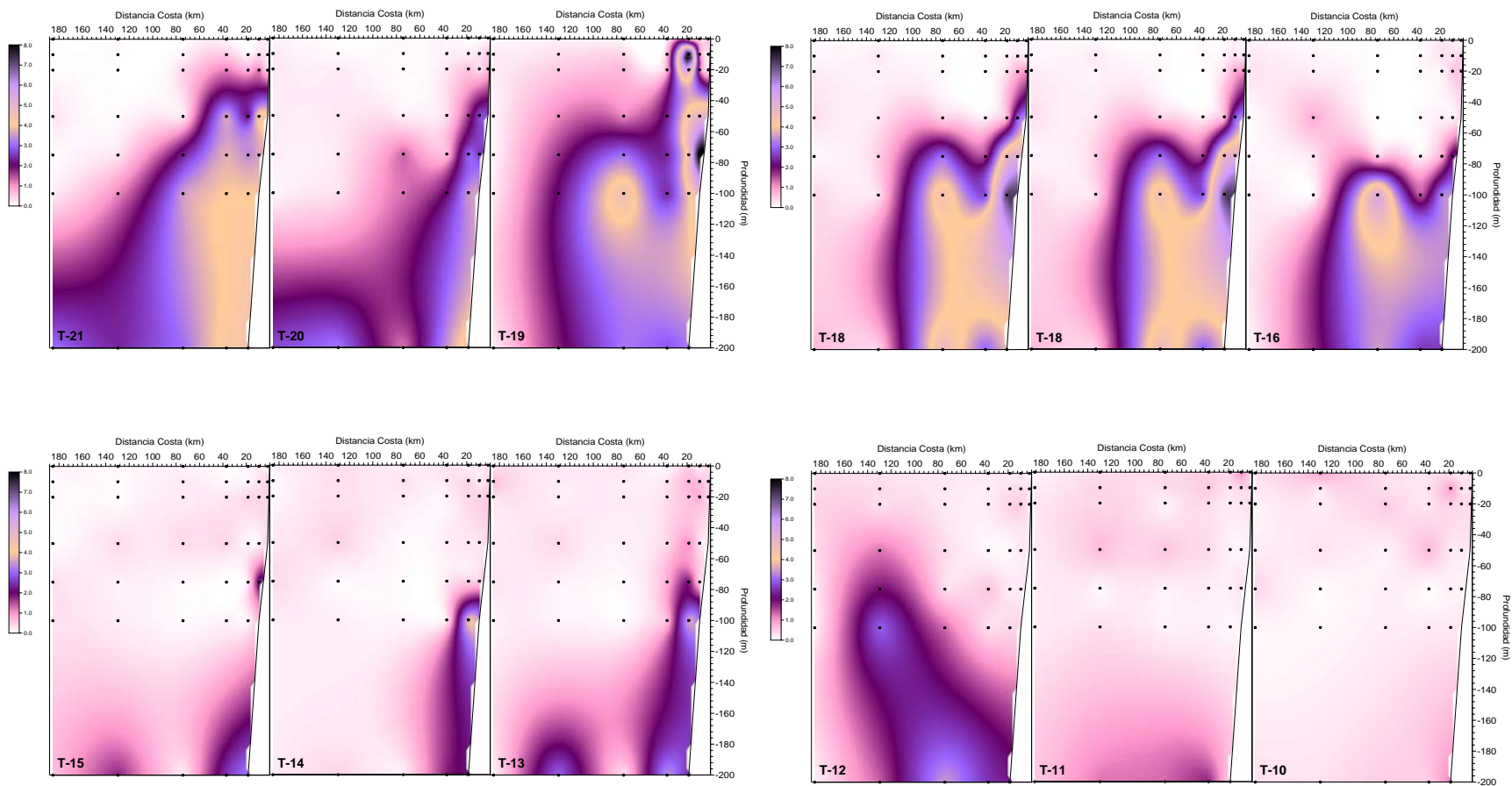
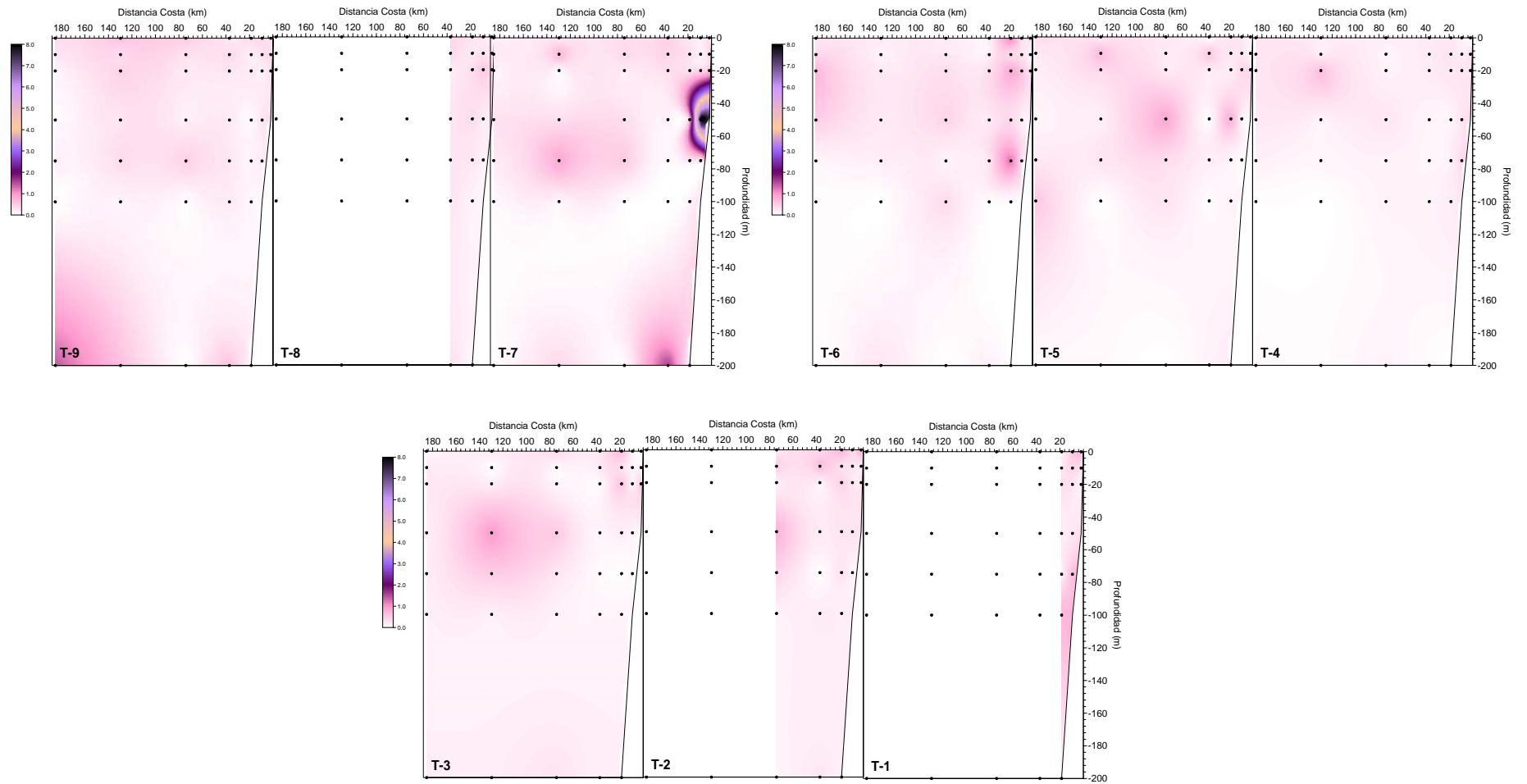


Figura 46. Distribuci3n vertical por transecta (T) de la concentraci3n de nitrito ( $\mu\text{M}$ ), entre Arica (T-21) y Pichidangui (T-1).



Continuaci3n Figura 46.



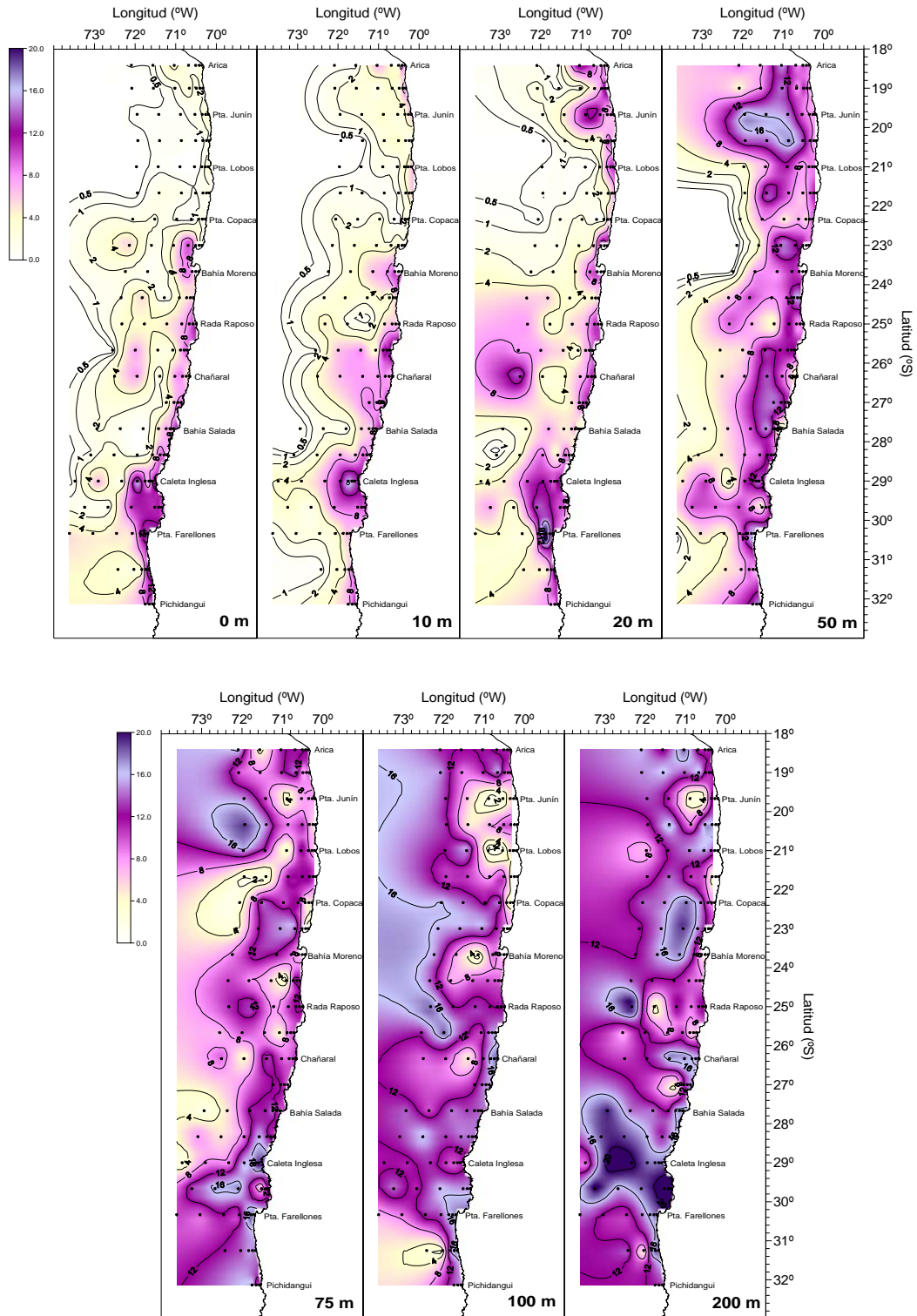


Figura 47. Distribuci3n horizontal de la concentraci3n de nitrato ( $\mu\text{M}$ ) entre la superficie y 200 m de profundidad.

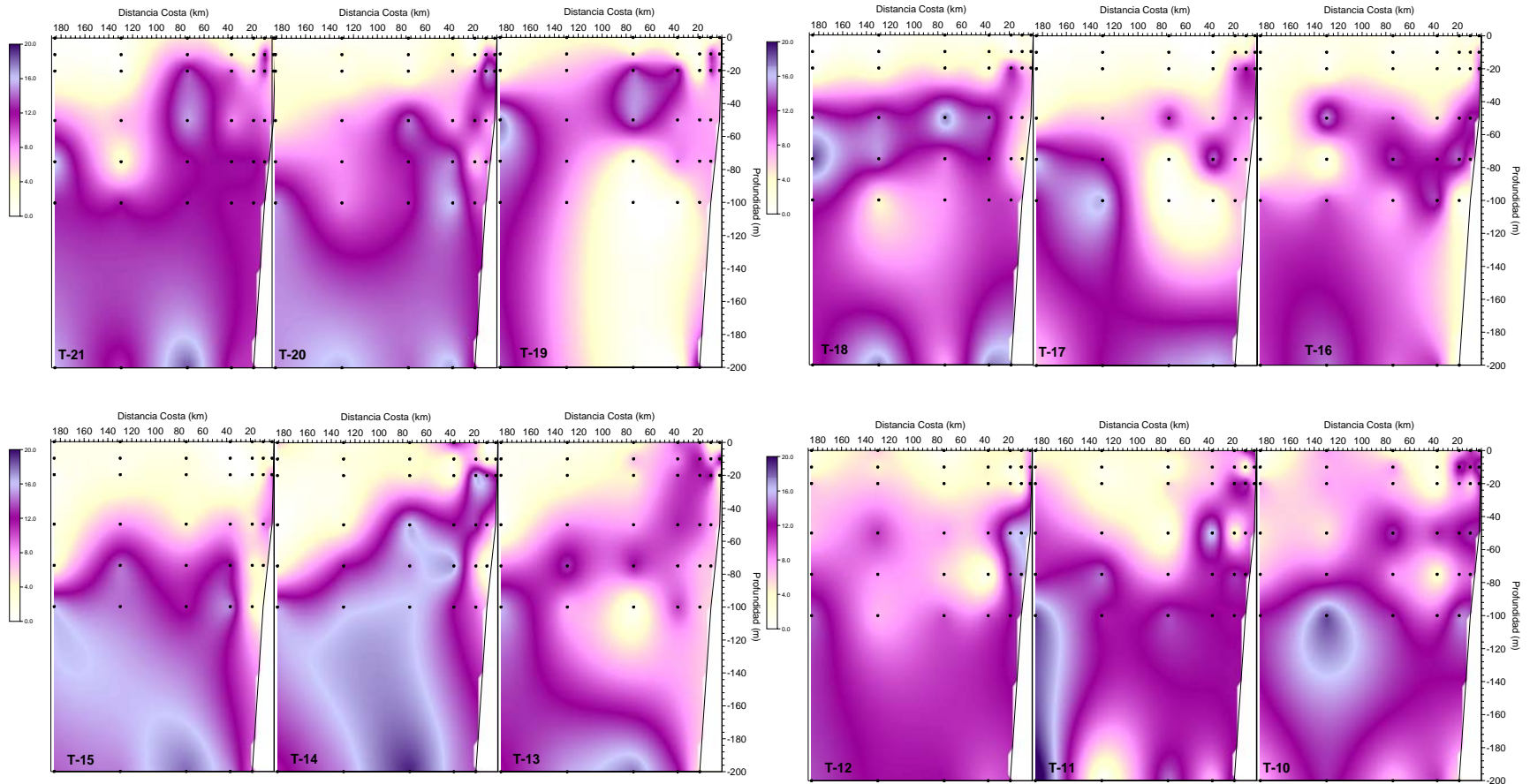
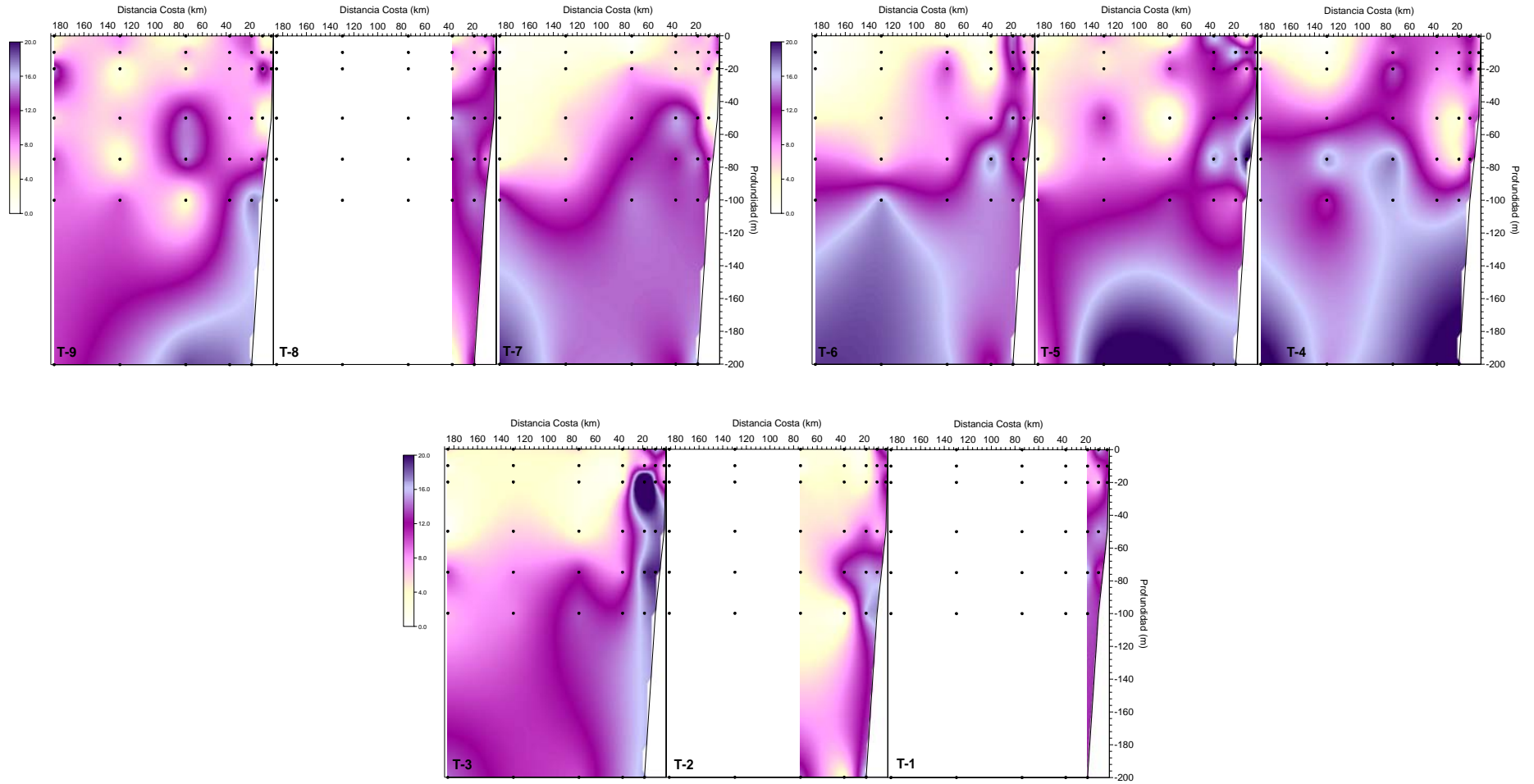


Figura 48. Distribuci3n vertical por transecta (T) de la concentraci3n de nitrato ( $\mu\text{M}$ ), entre Arica (T-21) y Pichidanguí (T-1).





Continuaci3n Figura 48.

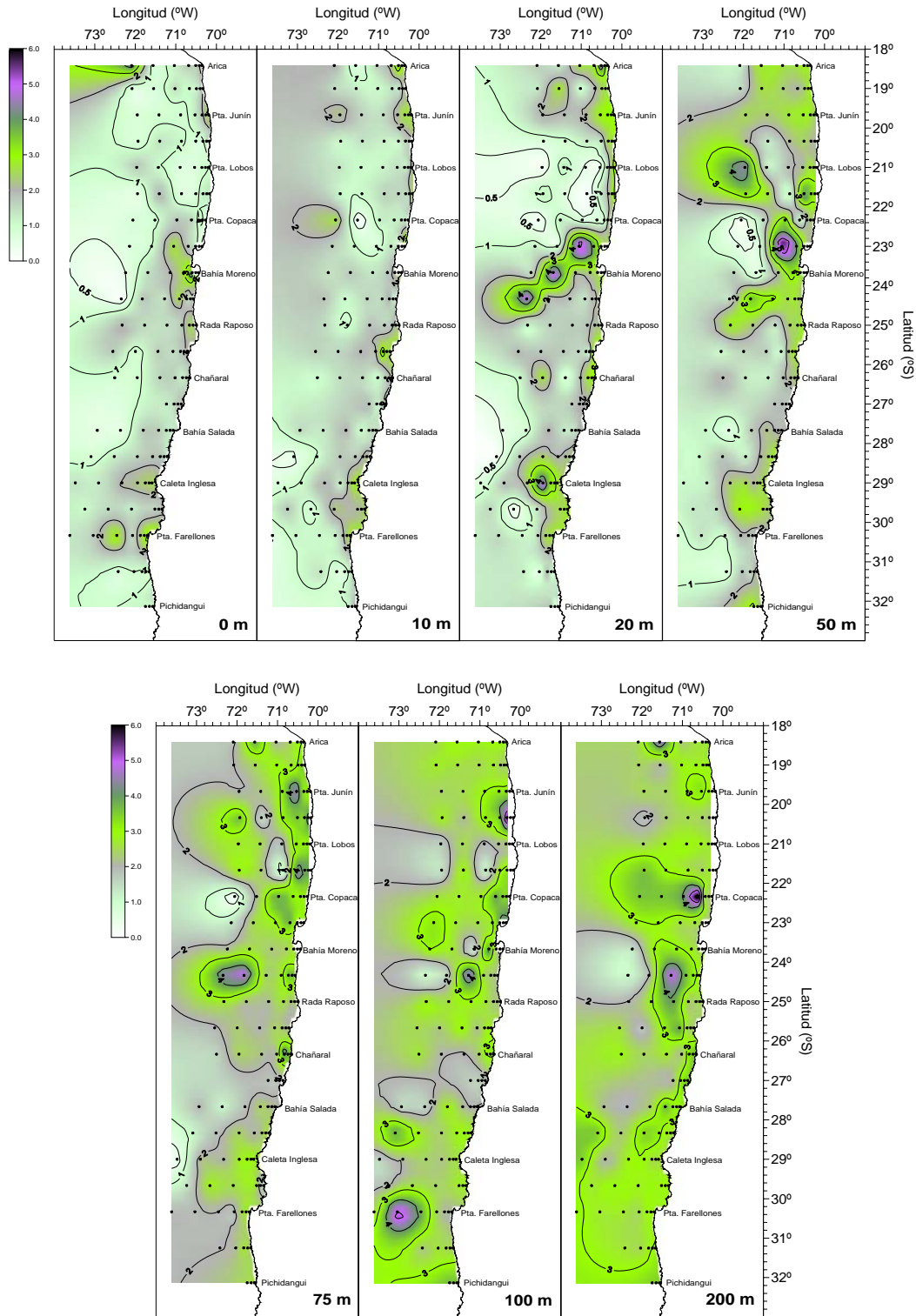


Figura 49. Distribuci3n horizontal de la concentraci3n de fosfato ( $\mu\text{M}$ ) entre la superficie y 200 m de profundidad.

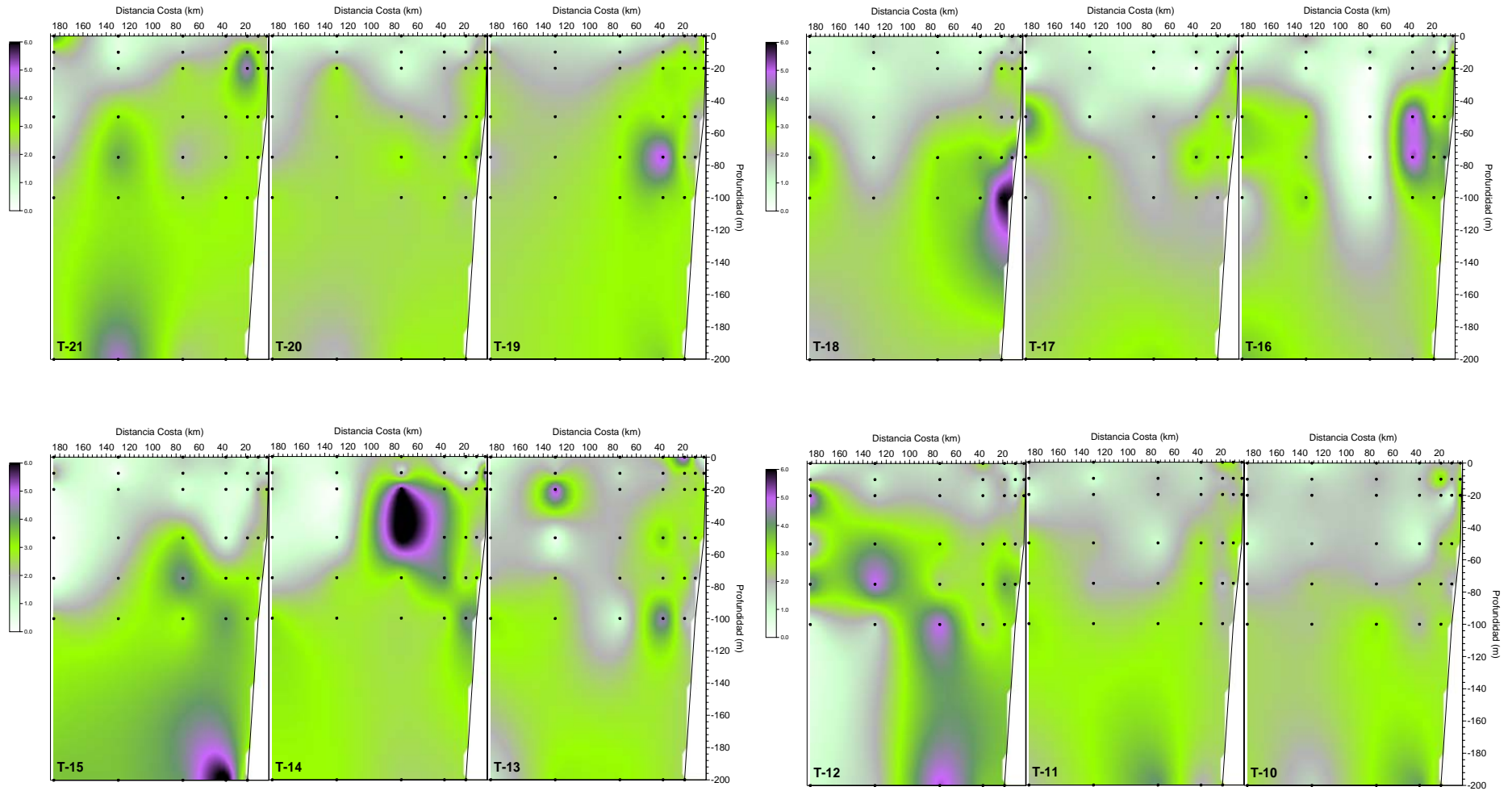
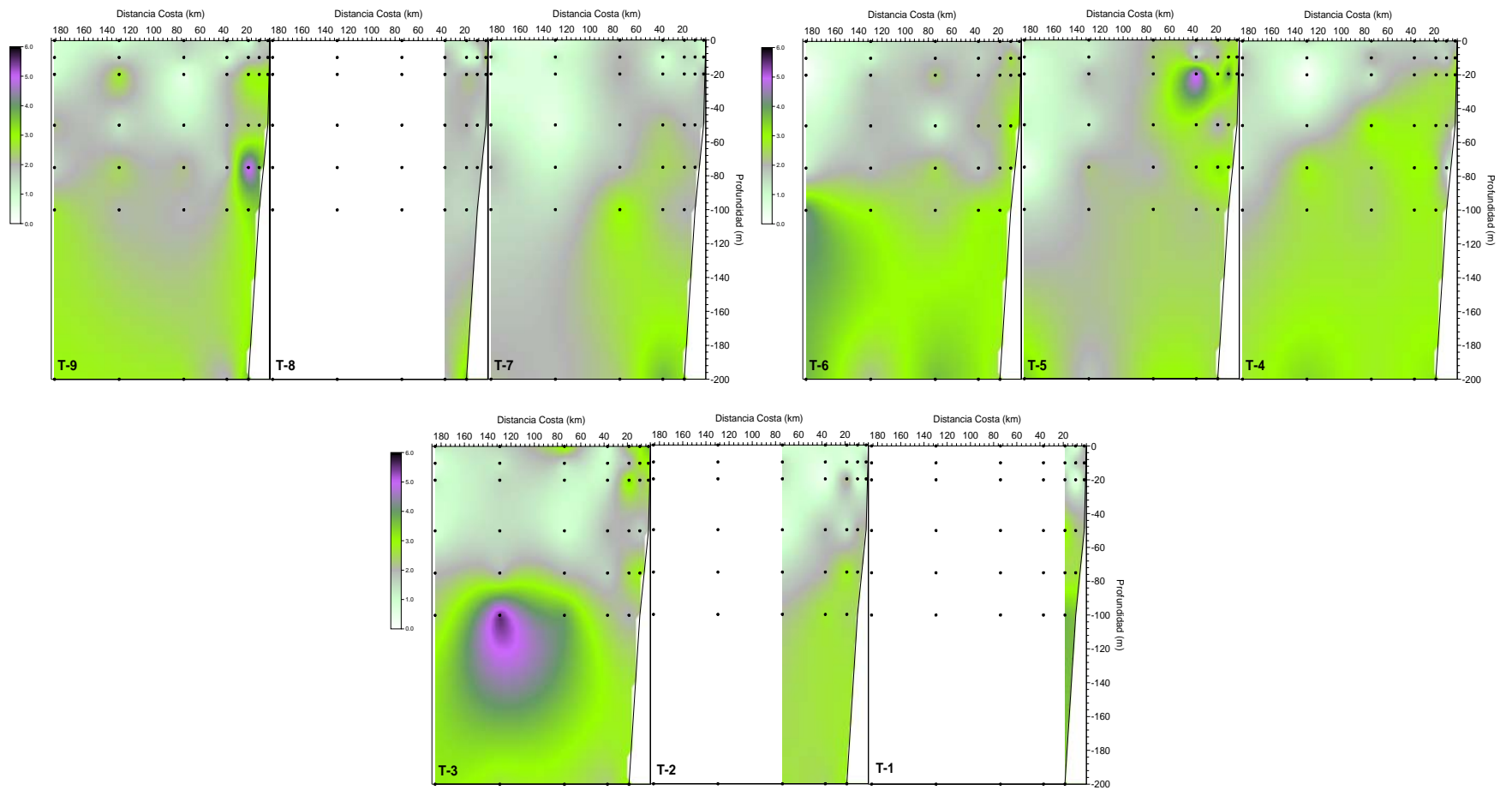


Figura 50. Distribuci3n vertical por transecta (T) de la concentraci3n de fosfato ( $\mu\text{M}$ ), entre Arica (T-21) y Pichidanguí (T-1).



Continuaci3n Figura 50.

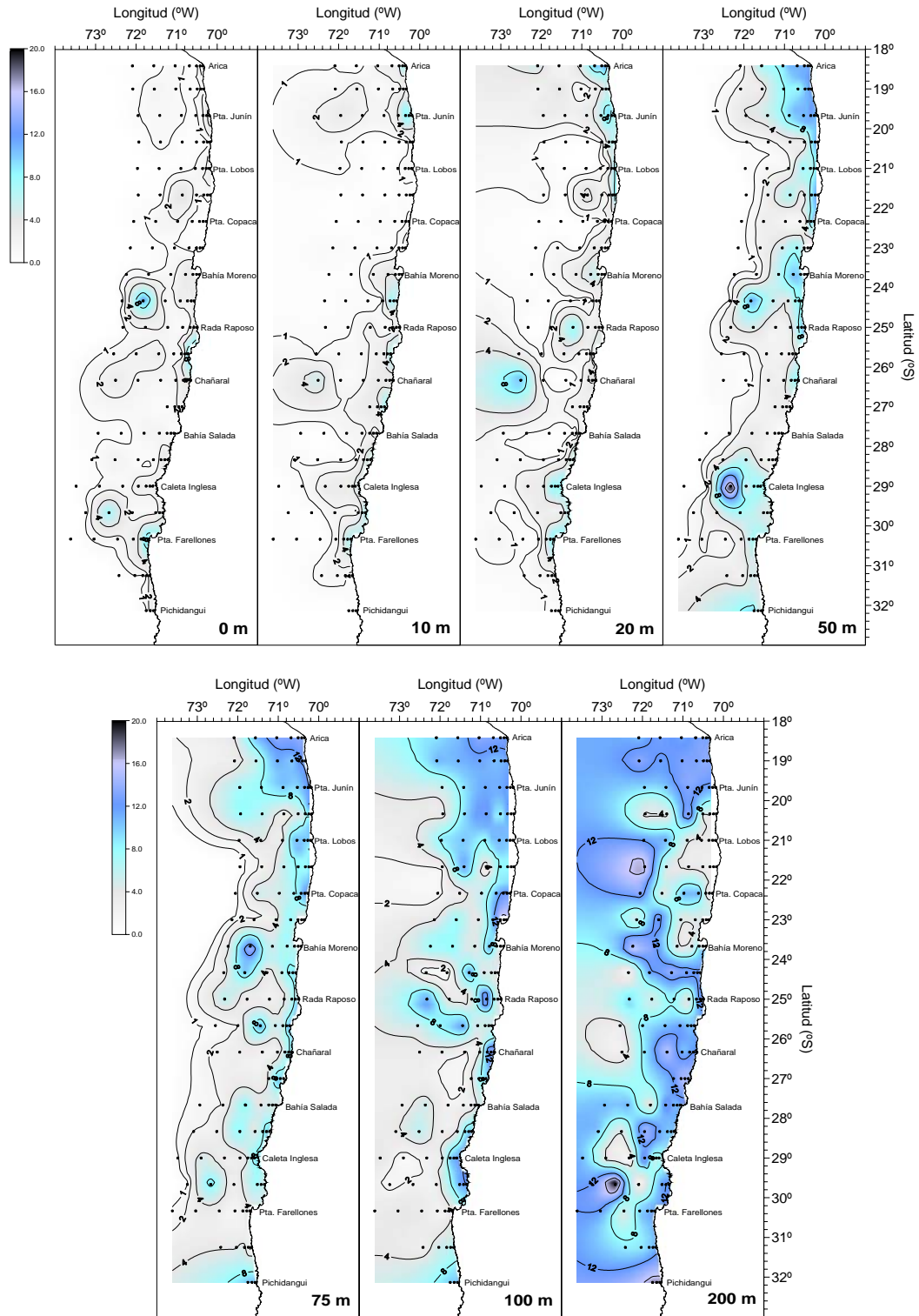


Figura 51. Distribuci3n horizontal de la concentraci3n de silicato ( $\mu\text{M}$ ) entre la superficie y 200 m de profundidad.



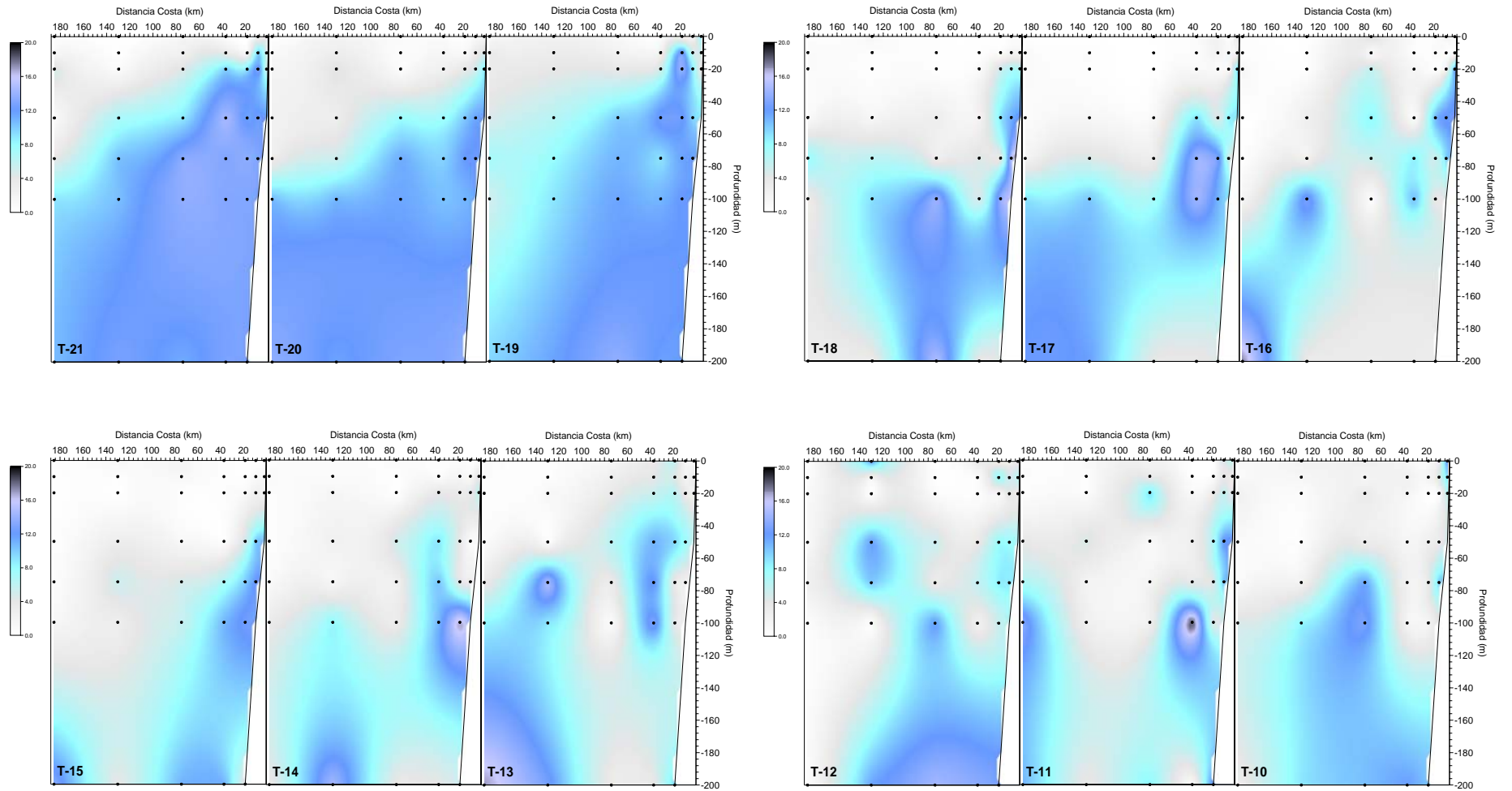
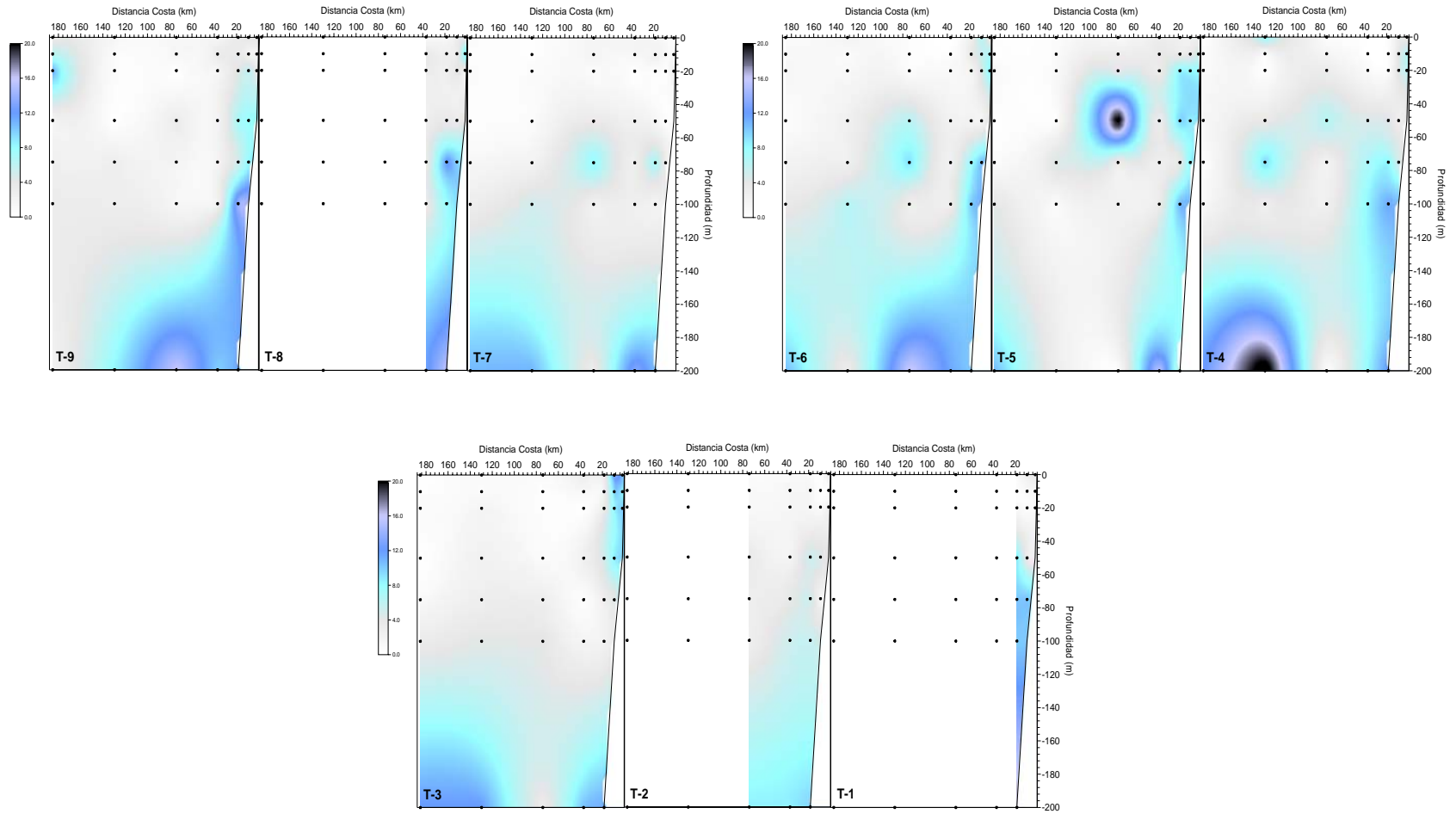


Figura 52. Distribuci3n vertical por transecta (T) de la concentraci3n de silicato ( $\mu\text{M}$ ), entre Arica (T-21) y Pichidanguí (T-1).



Continuaci3n Figura 52.

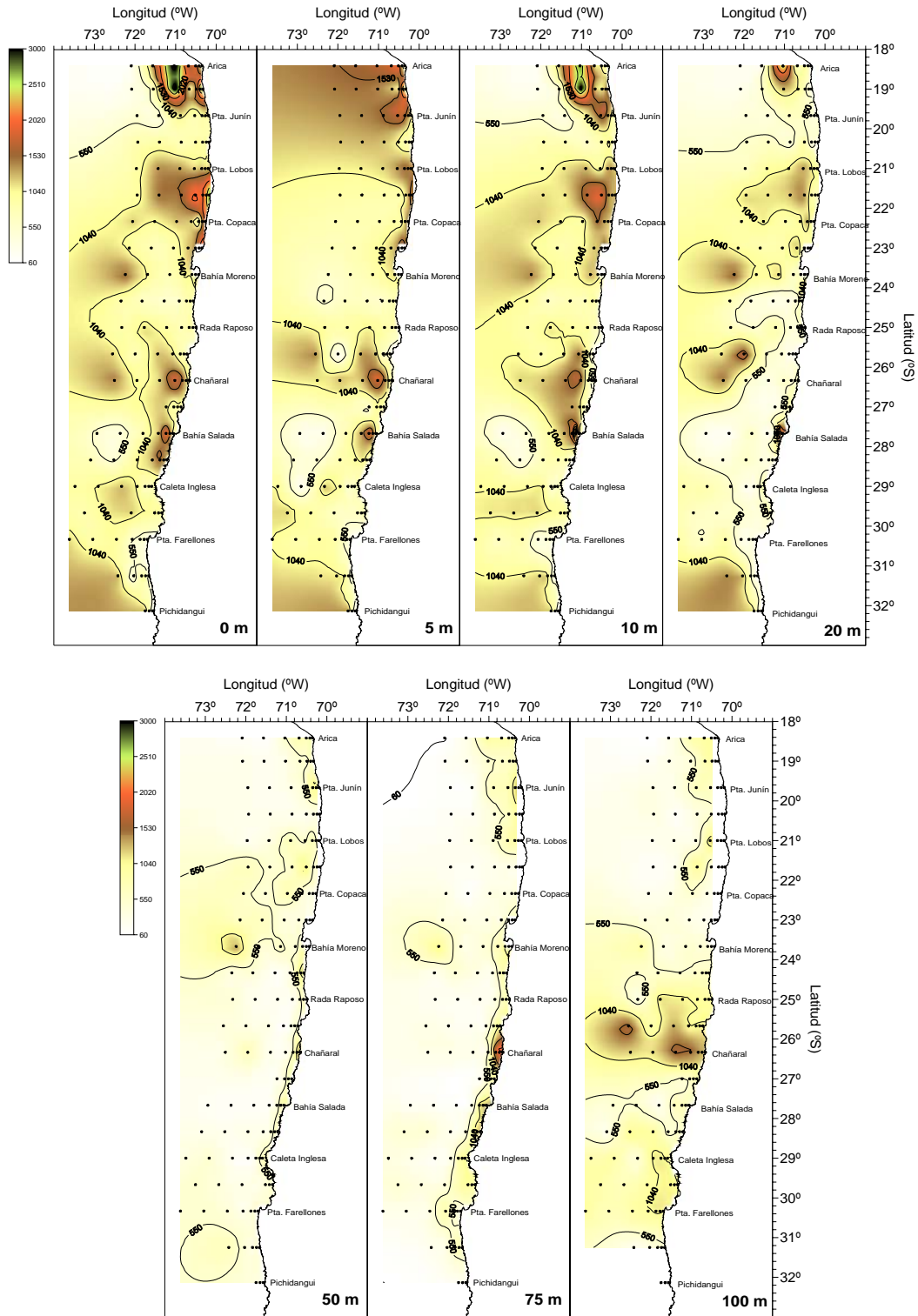


Figura 53. Distribuci3n horizontal de la abundancia bacteriana (c3l/mLx10<sup>3</sup>) entre la superficie y 100 m de profundidad.



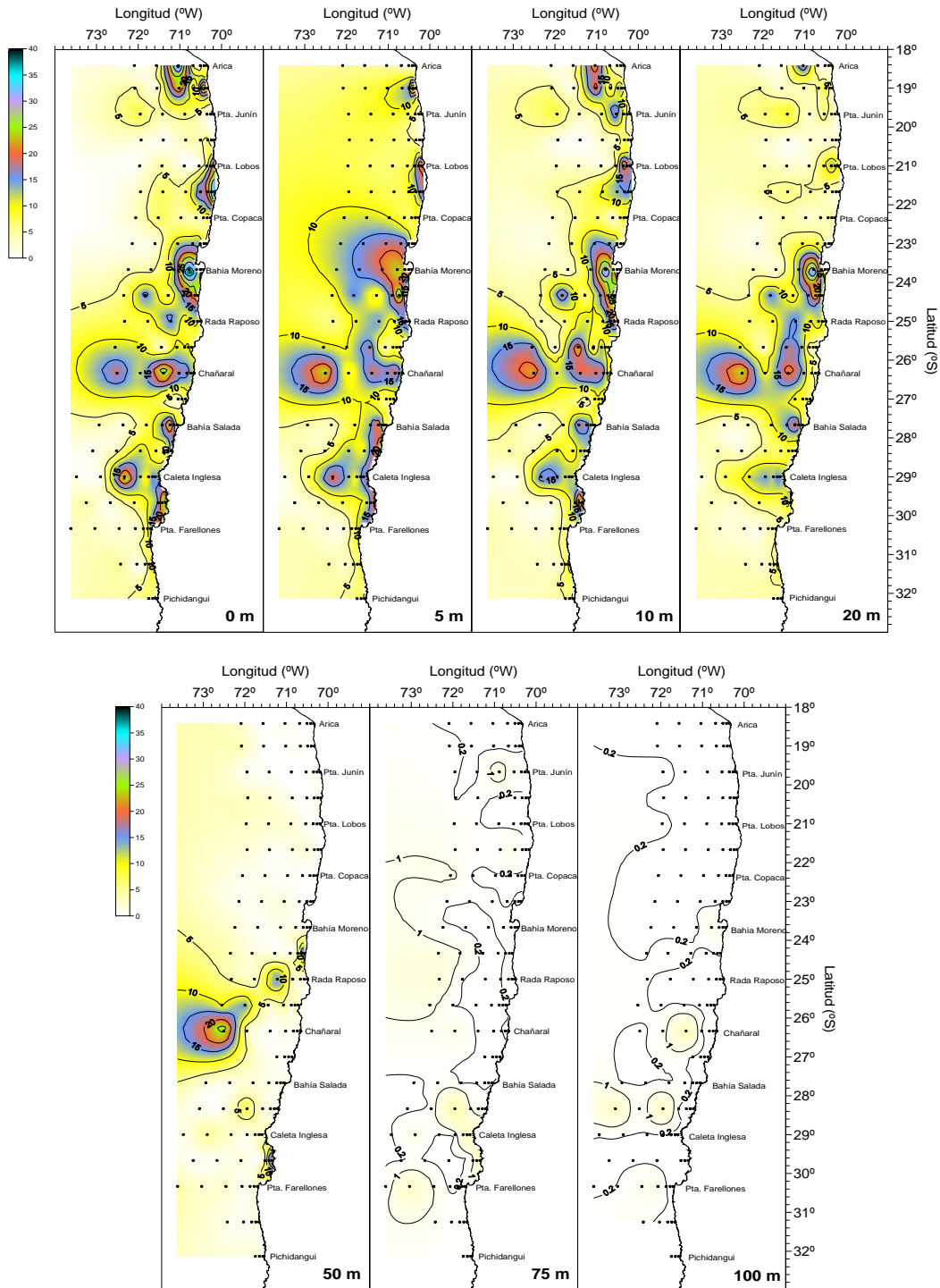


Figura 54. Distribuci3n horizontal de la abundancia de picoplancton aut3trfico eucarionte (c3l/mLx10<sup>3</sup>) entre la superficie y 100 m de profundidad.

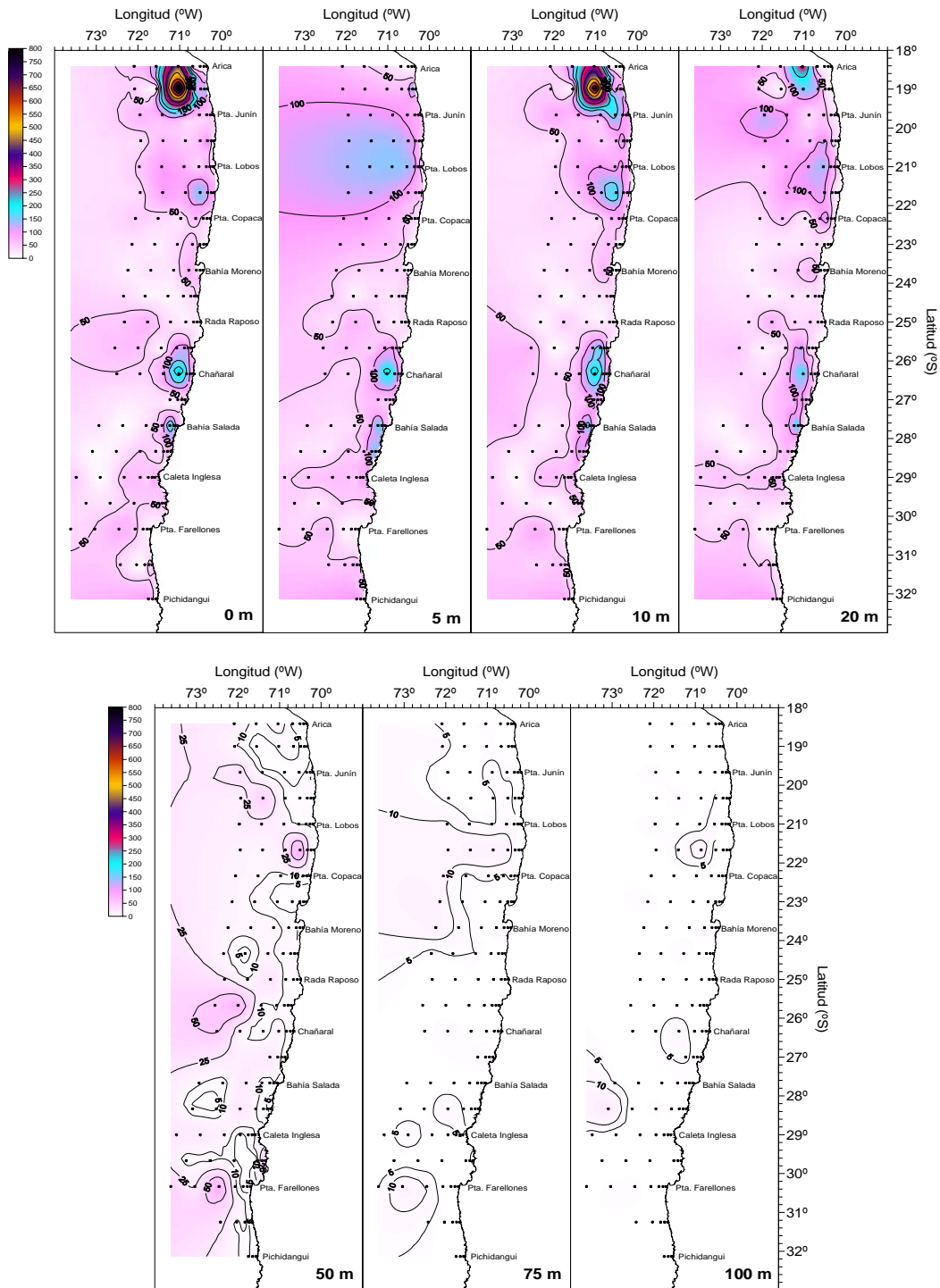


Figura 55. Distribuci3n horizontal de la abundancia de picoplancton aut3trfico procarionte (c3l/mLx10<sup>3</sup>) entre la superficie y 100 m de profundidad.

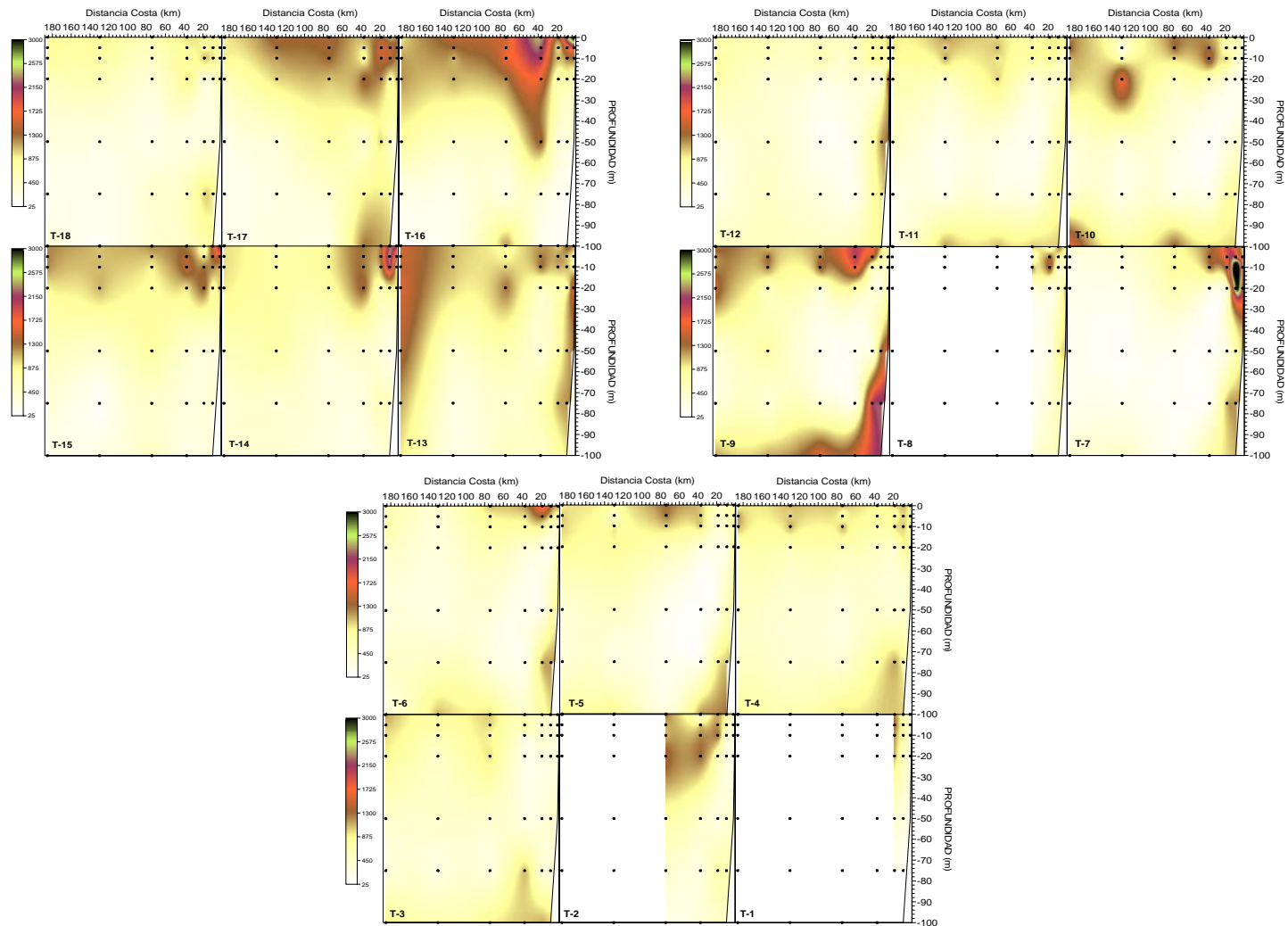


Figura 56a. Distribuci3n vertical de la abundancia bacteriana (c3l/mLx10<sup>3</sup>) entre Punta Gruesa (T-18) y Pichidangui (T-1).

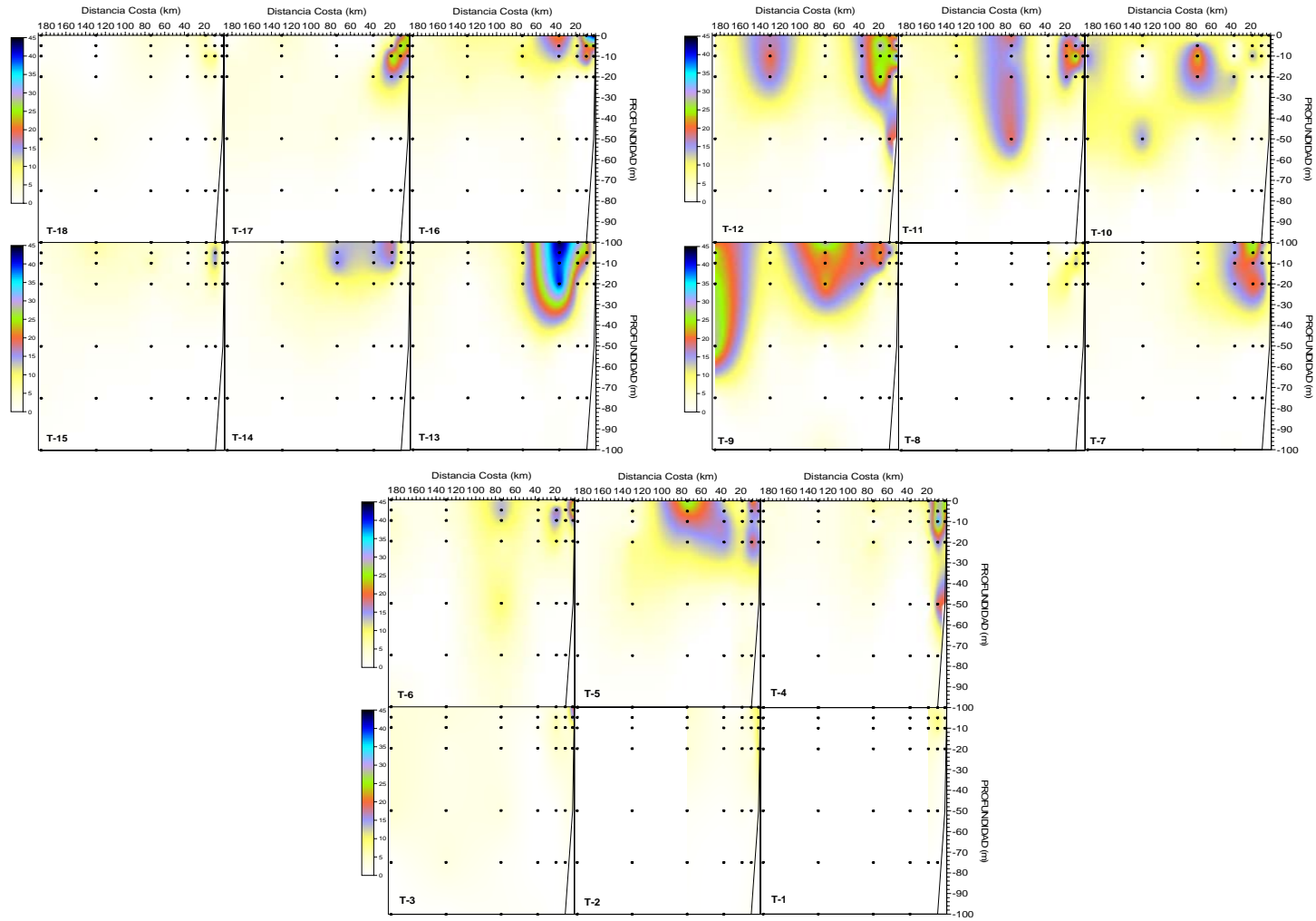


Figura 56b. Distribuci3n vertical de la abundancia de picoplancton autotr3fico eucarionte (c3l/mLx10<sup>3</sup>) entre Punta Guesa (T-18) y Pichidangui (T-1).

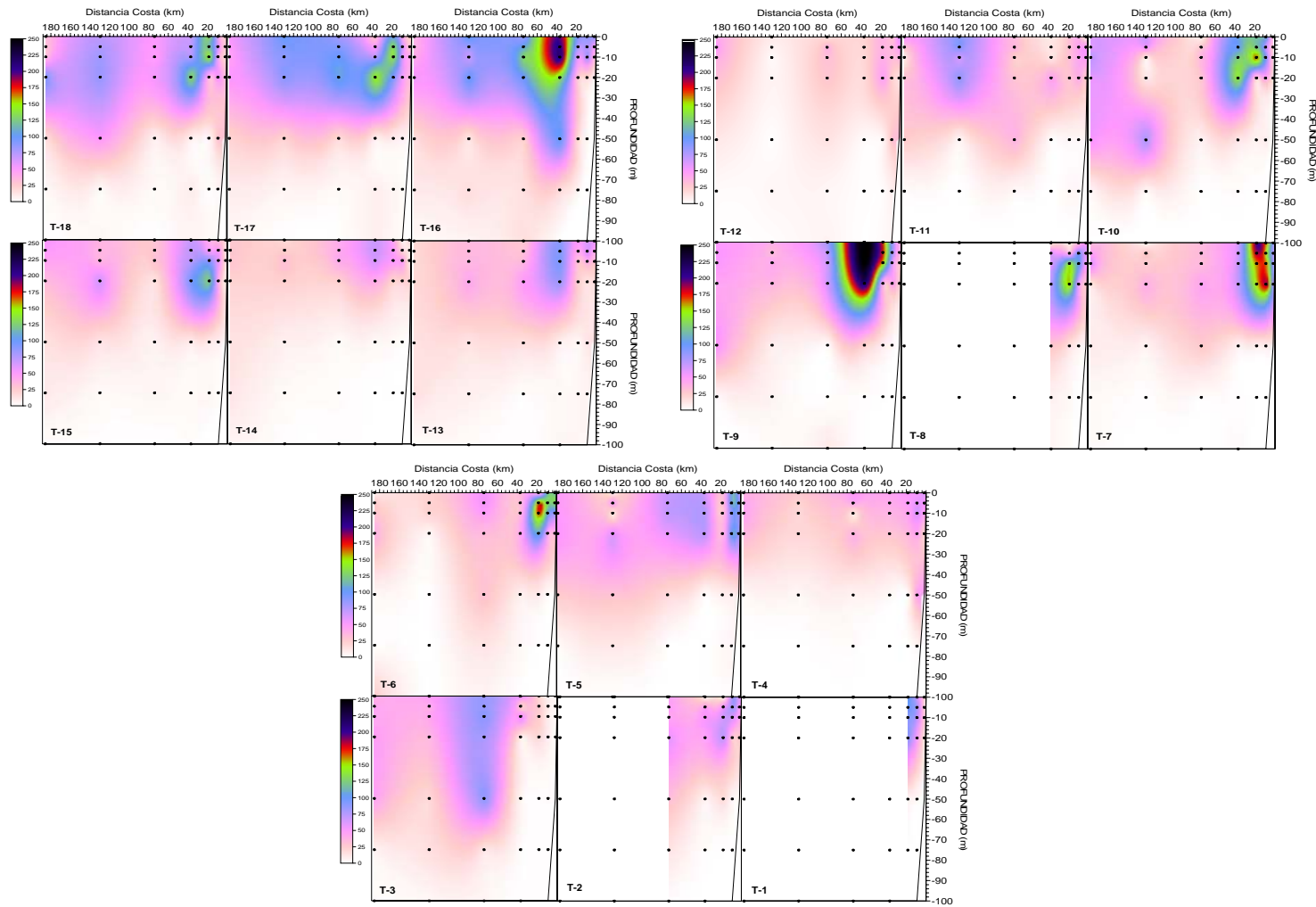


Figura 56c. Distribuci3n vertical de la abundancia de picoplancton aut3trofico procarionte (cél/mLx10<sup>3</sup>) entre Punta Guesa (T-18) y Pichidangui (T-1).

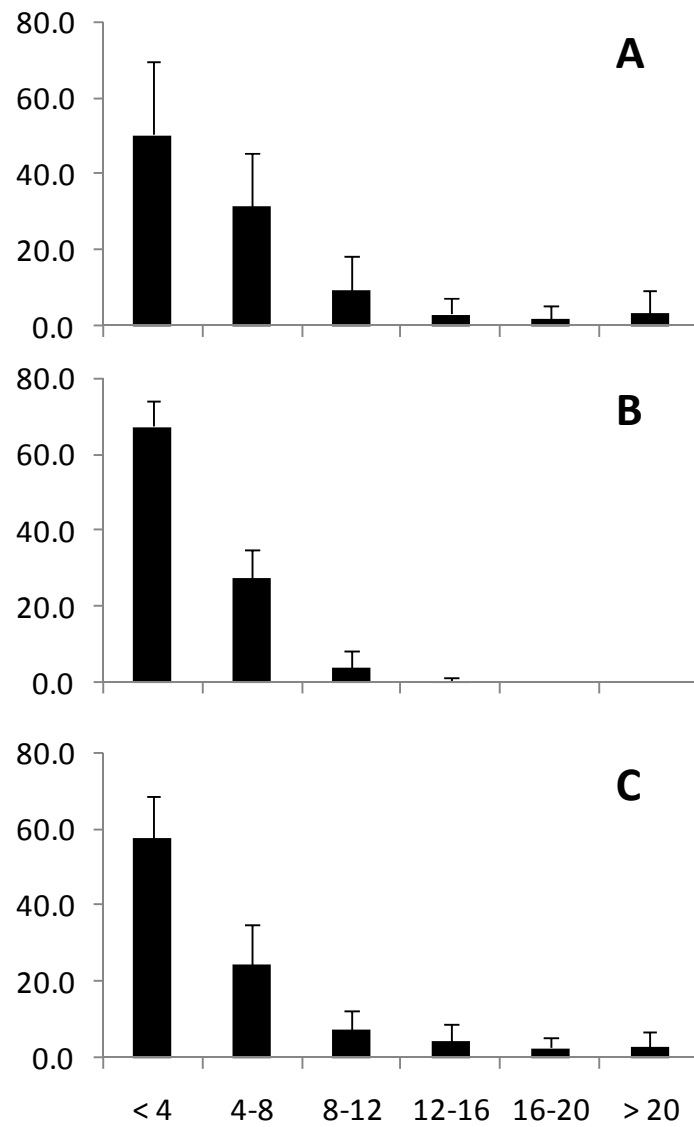


Figura 57. Estructura de tamaños del nanoplancton total en A: toda el área de estudio, B: Pichidangui (T-1), C: Arica (T-21).

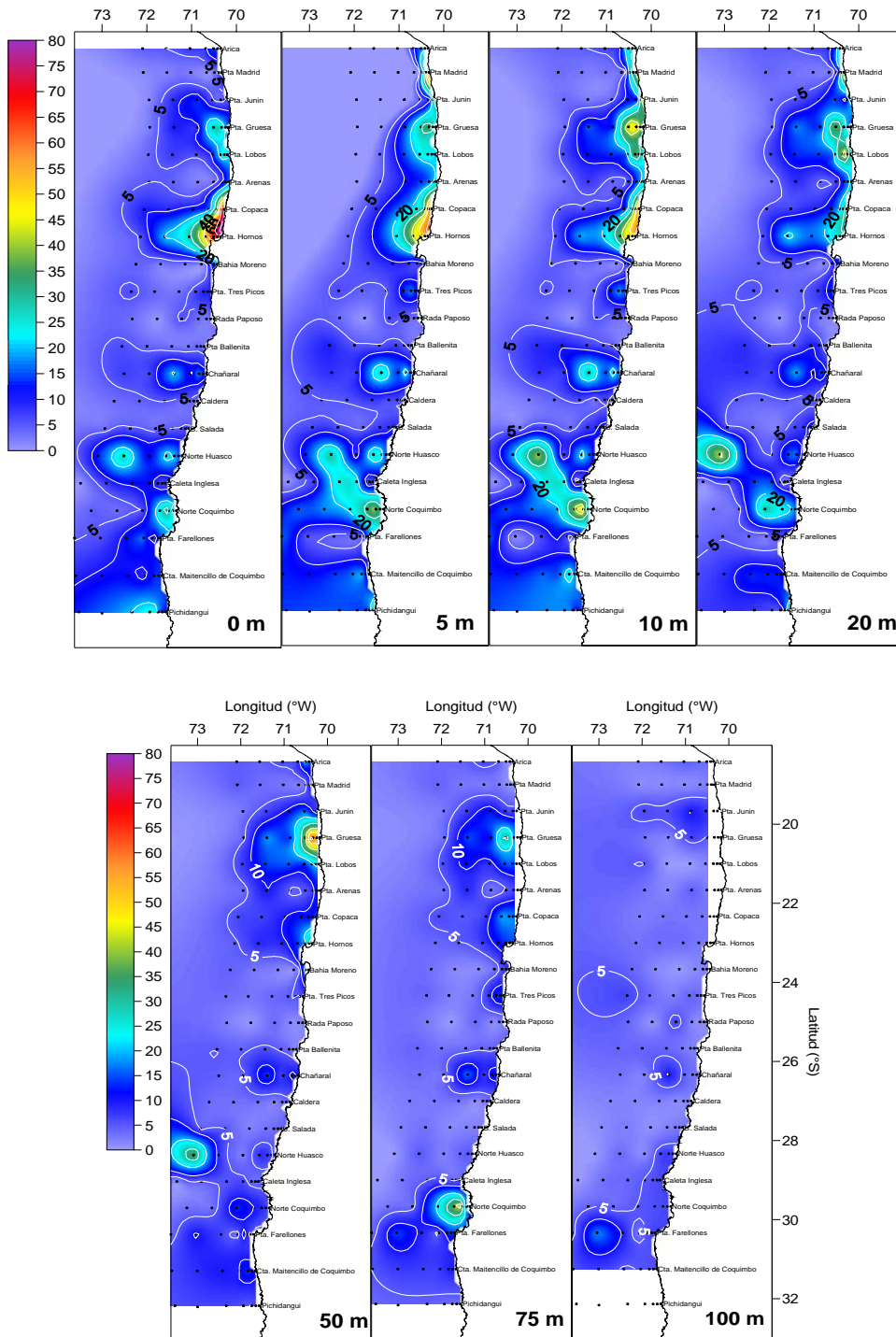


Figura 58. Distribuci3n horizontal de la abundancia (c3l/Lx10<sup>6</sup>) de nanoplancton entre la superficie y 100 m de profundidad.



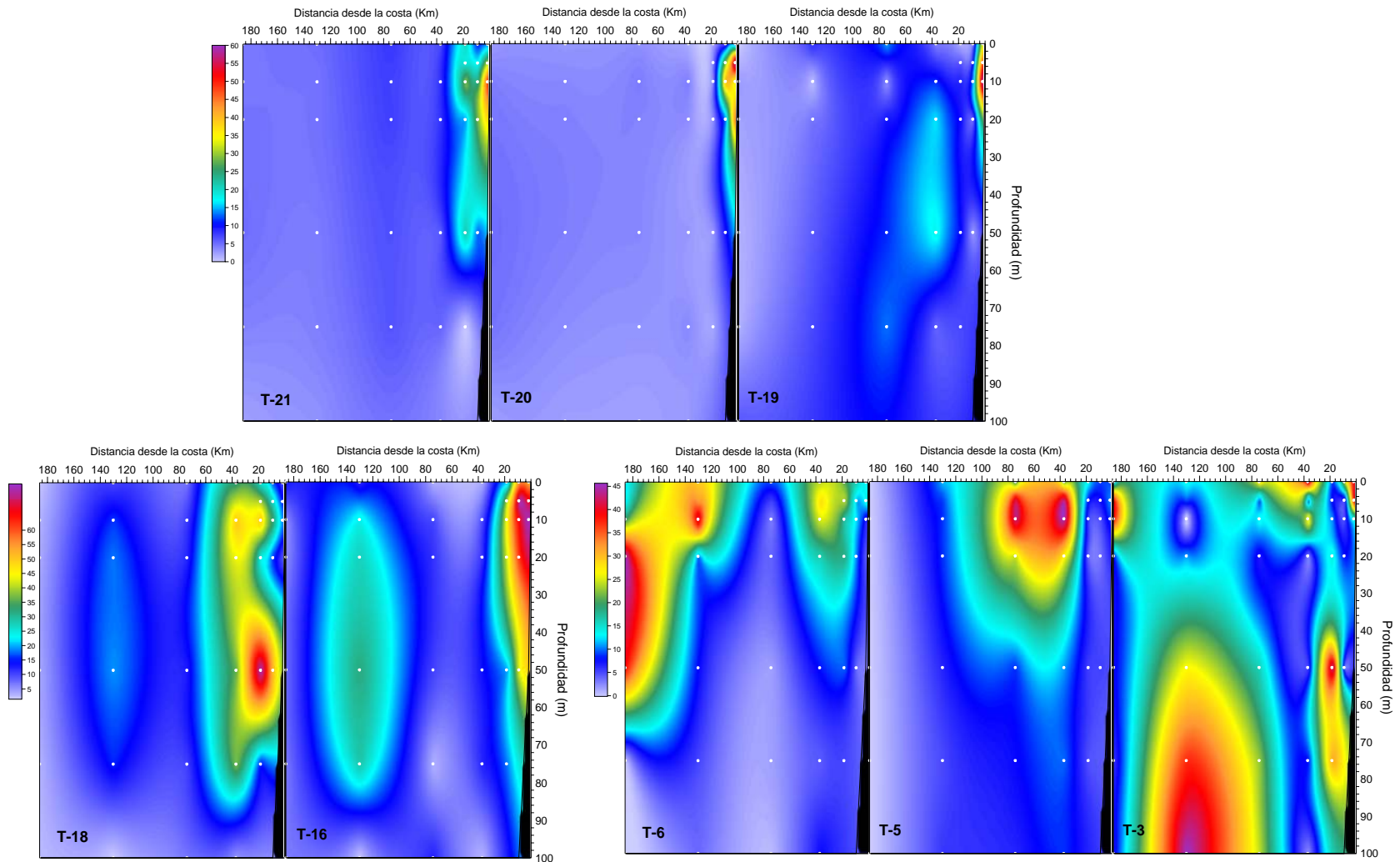


Figura 59. Distribuci3n vertical de la abundancia (cél/Lx10<sup>6</sup>) de nanoplancton entre Arica (T-21) y Punta Arenas (T-16), y entre Norte Huasco (T-6) y Punta Farellones (T-3).



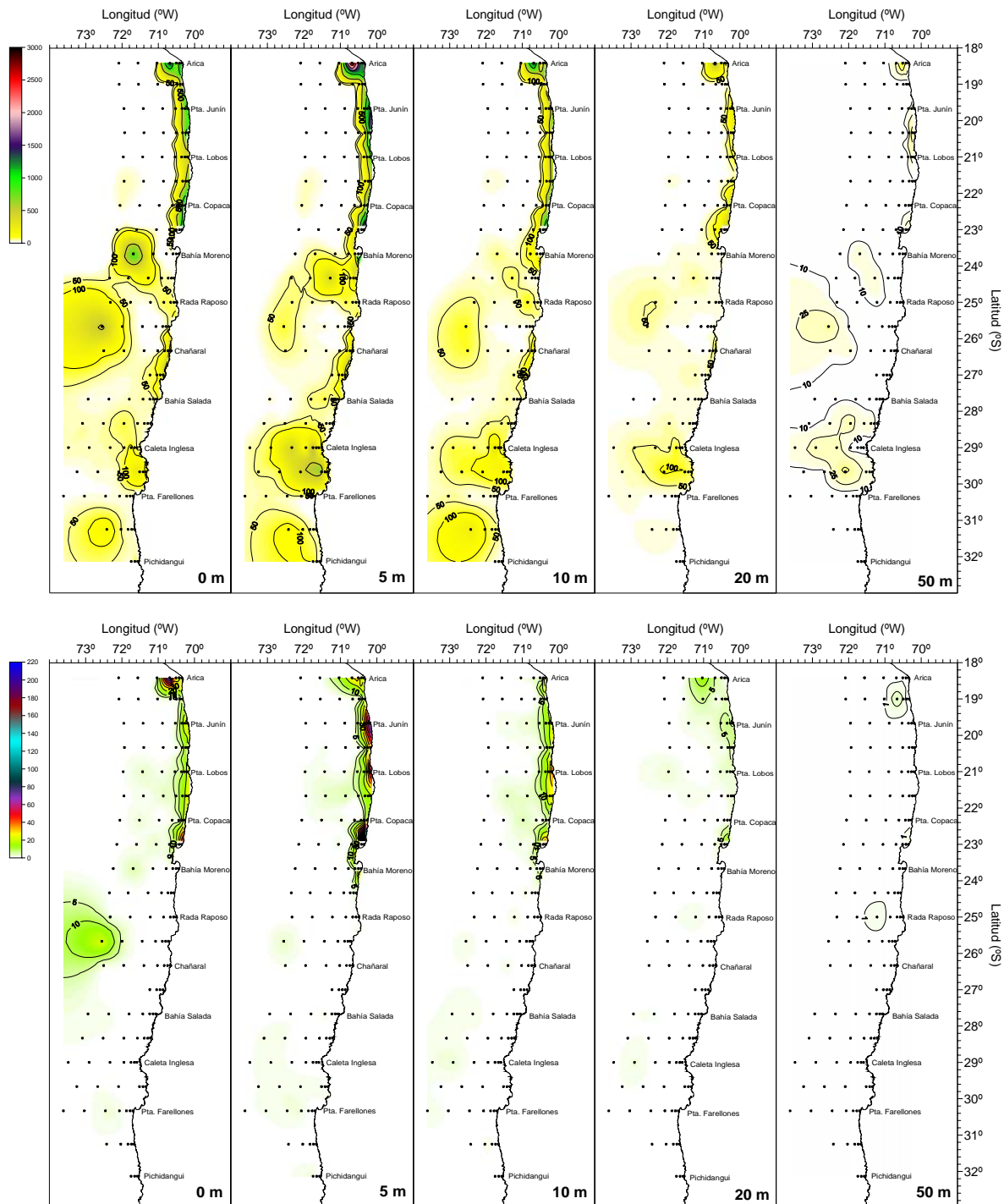


Figura 60. Distribuci3n horizontal de la abundancia (cél/mL) de diatomeas (panel superior) y flagelados (panel inferior) entre la superficie y 50 m de profundidad.

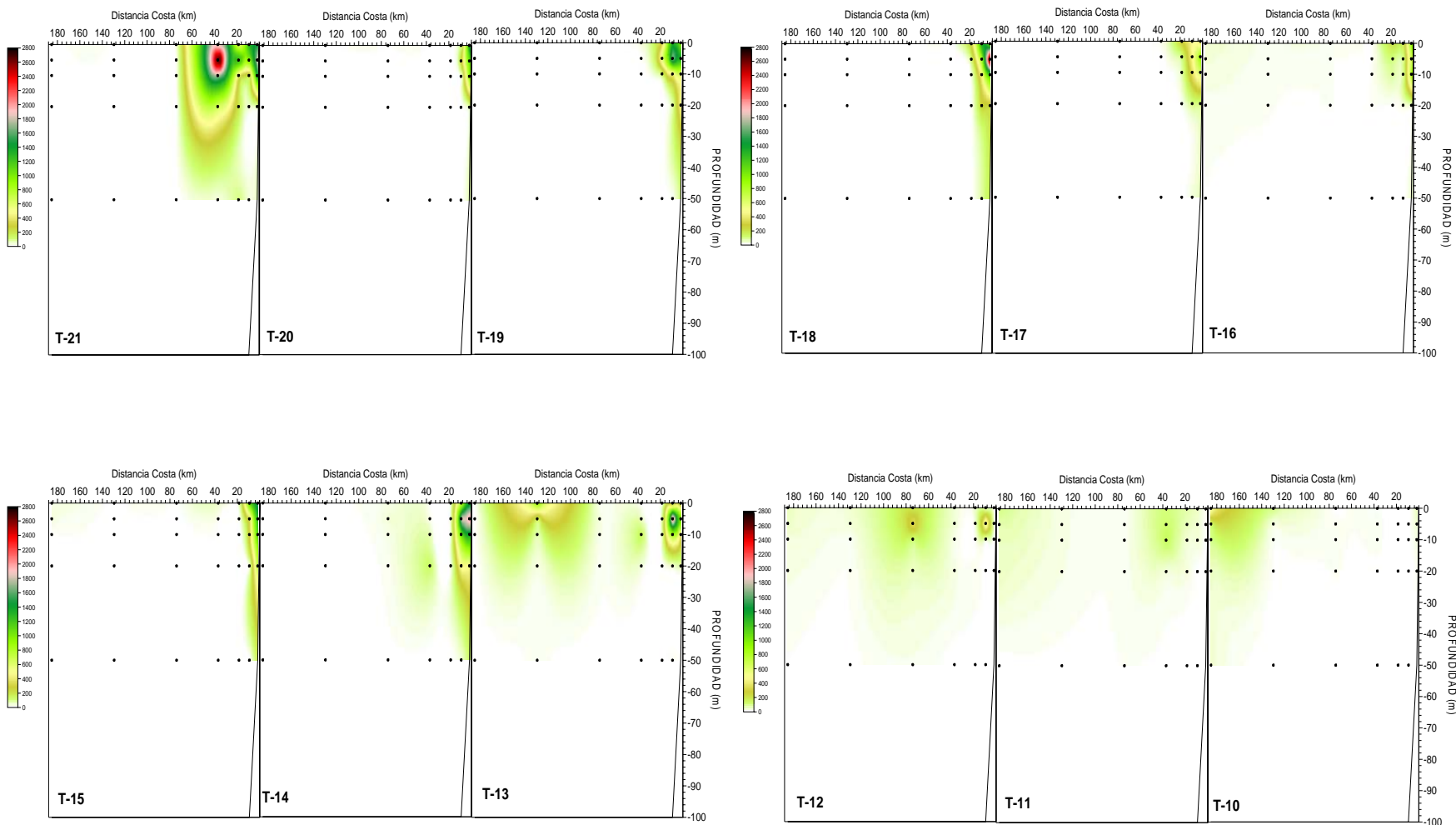
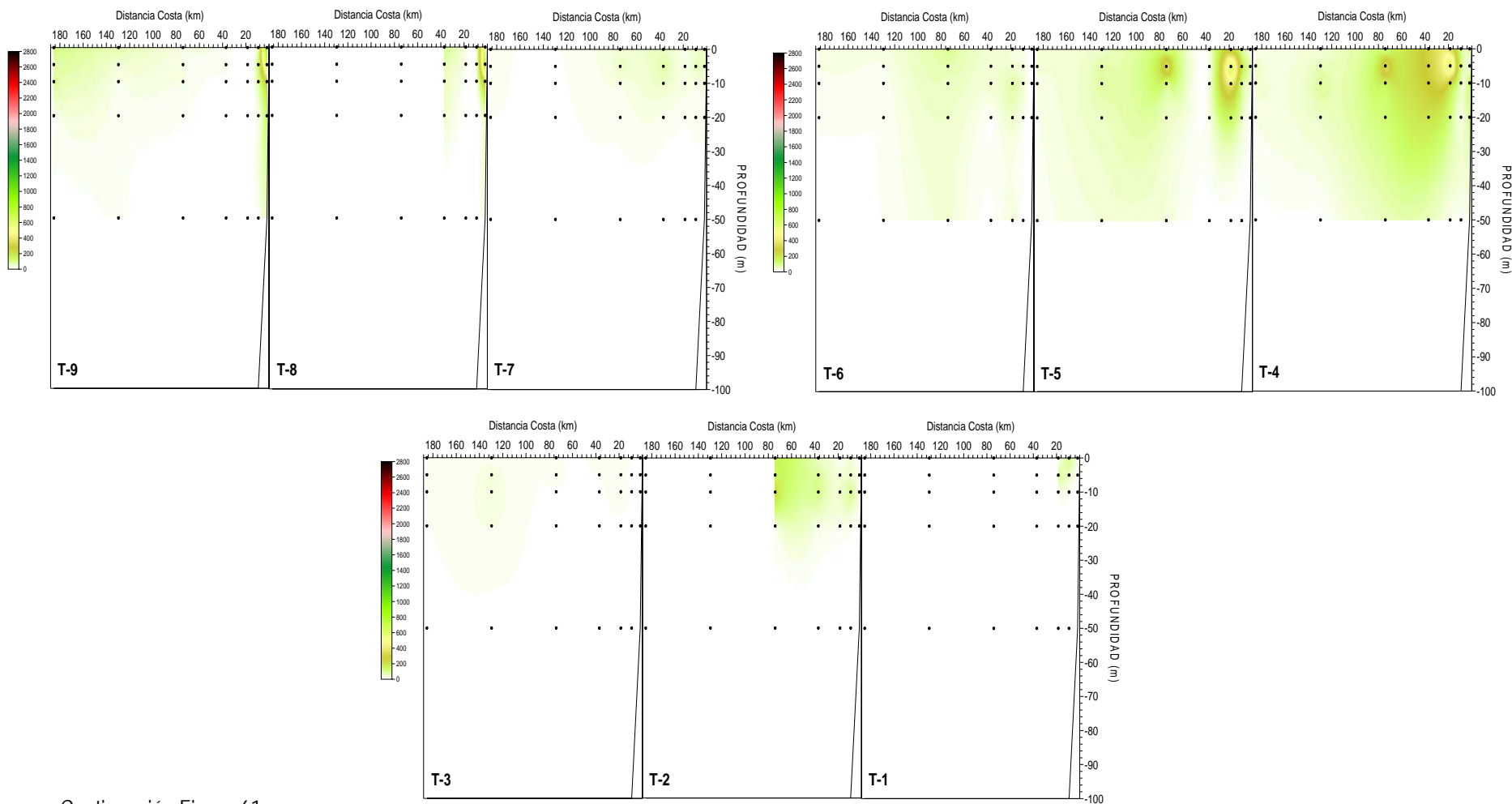


Figura 61. Distribuci3n vertical por transecta (T) de la abundancia total (cél/mL) de diatomeas entre Arica (T-21) y Pichidangui (T-1).



Continuaci3n Figura 61.

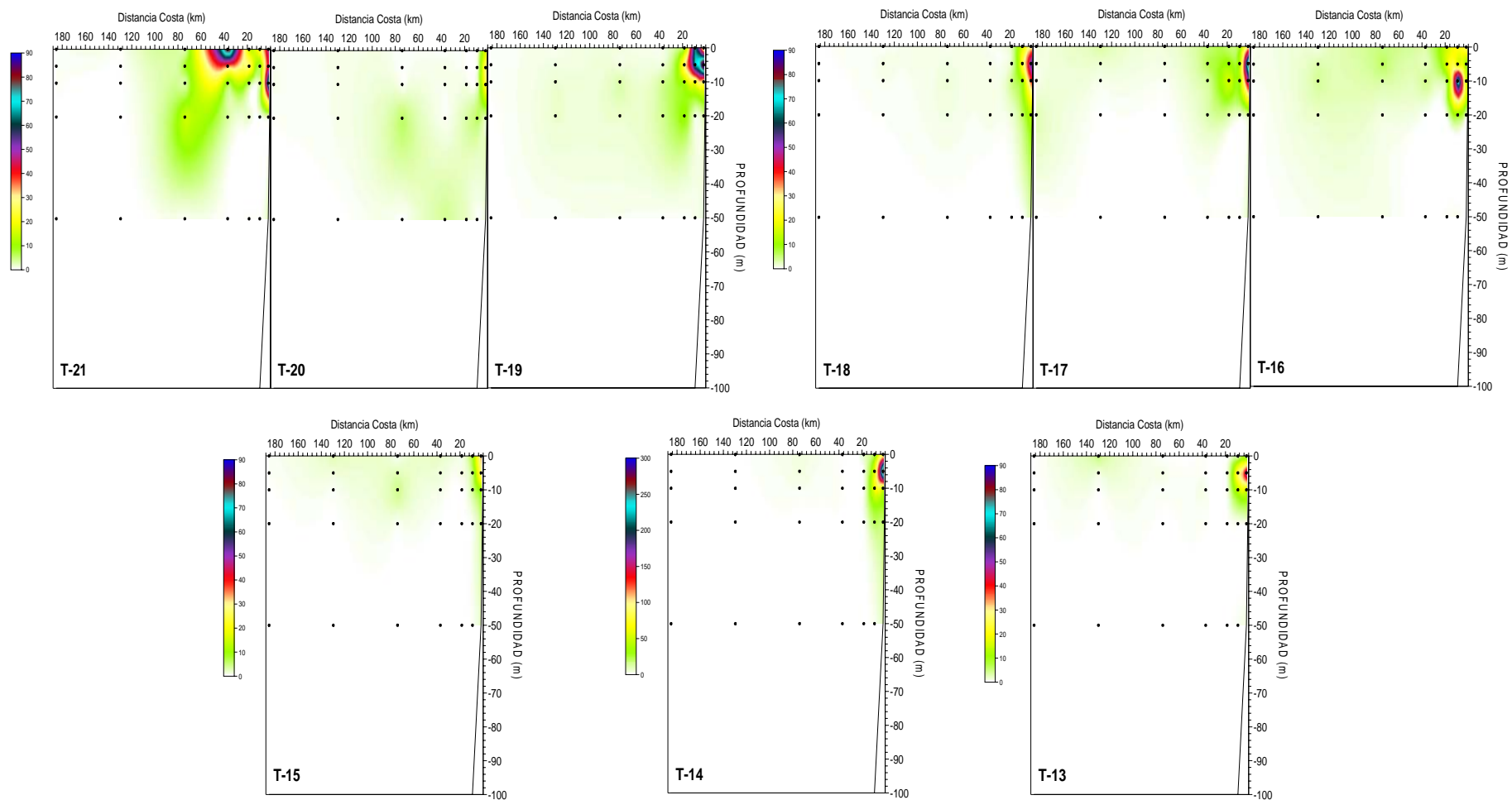
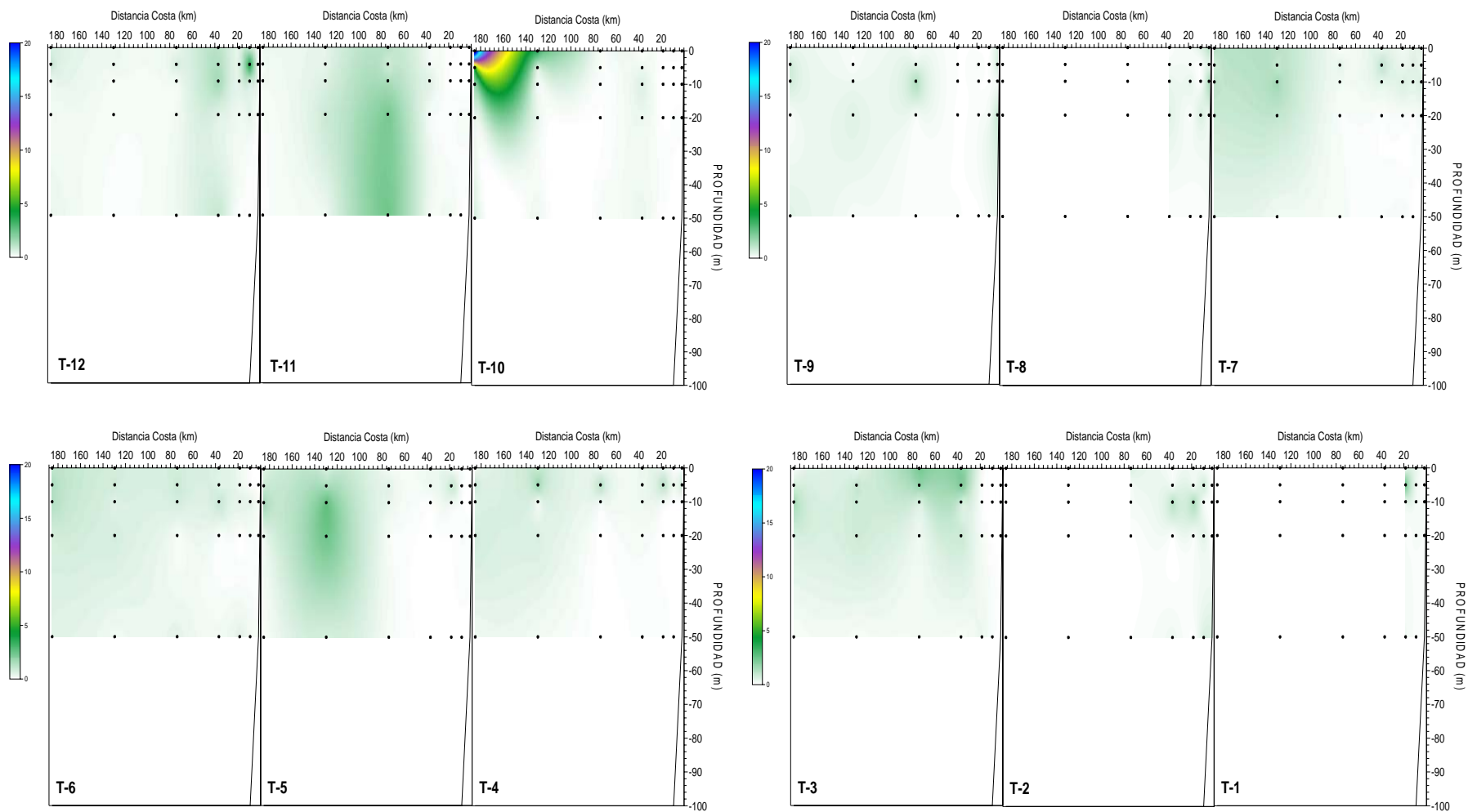


Figura 62. Distribuci3n vertical por transecta (T) de la abundancia total (cél/mL) de flagelados entre Arica (T-21) y Pichidanguí (T-1).



Continuaci3n Figura 62.

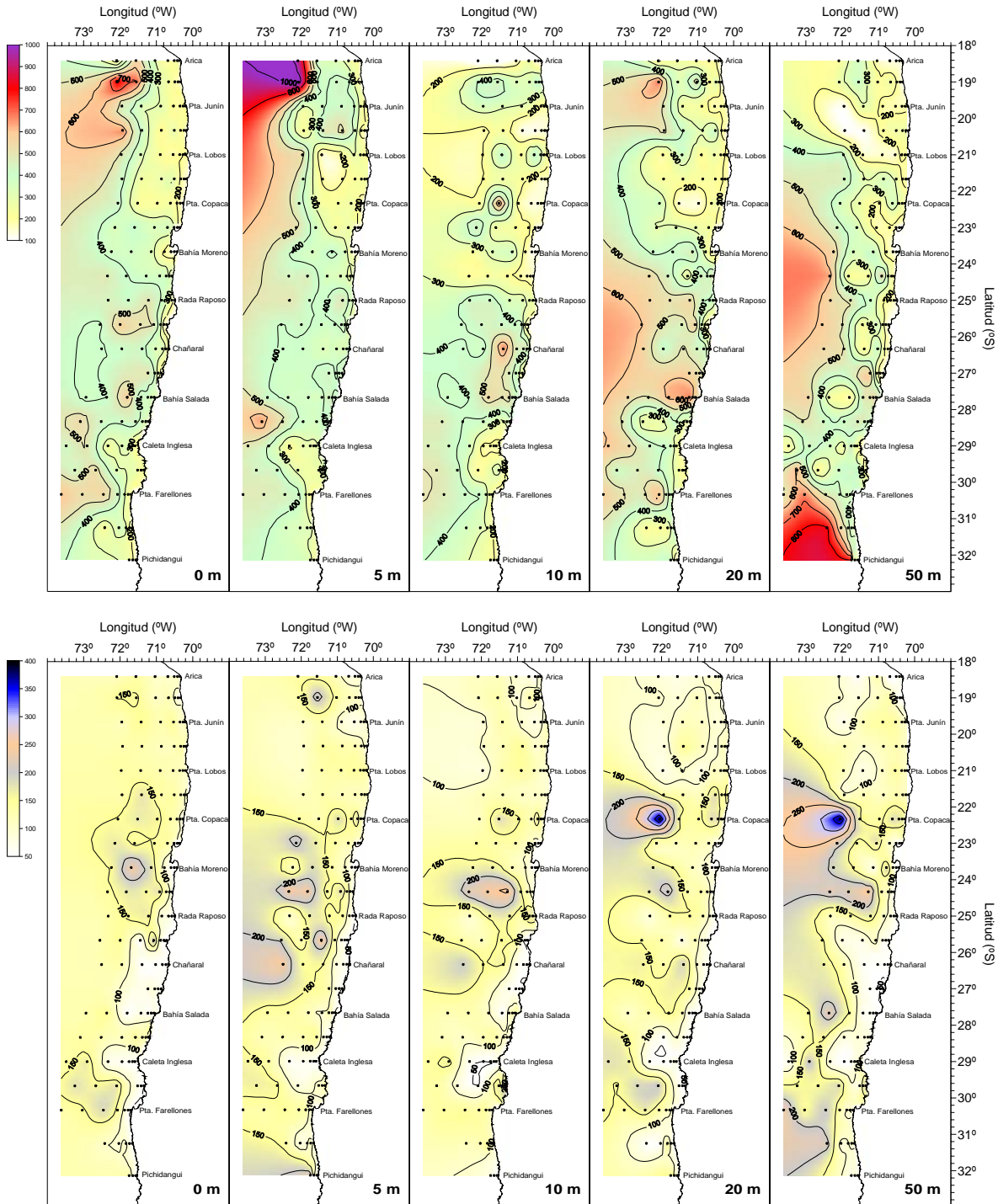
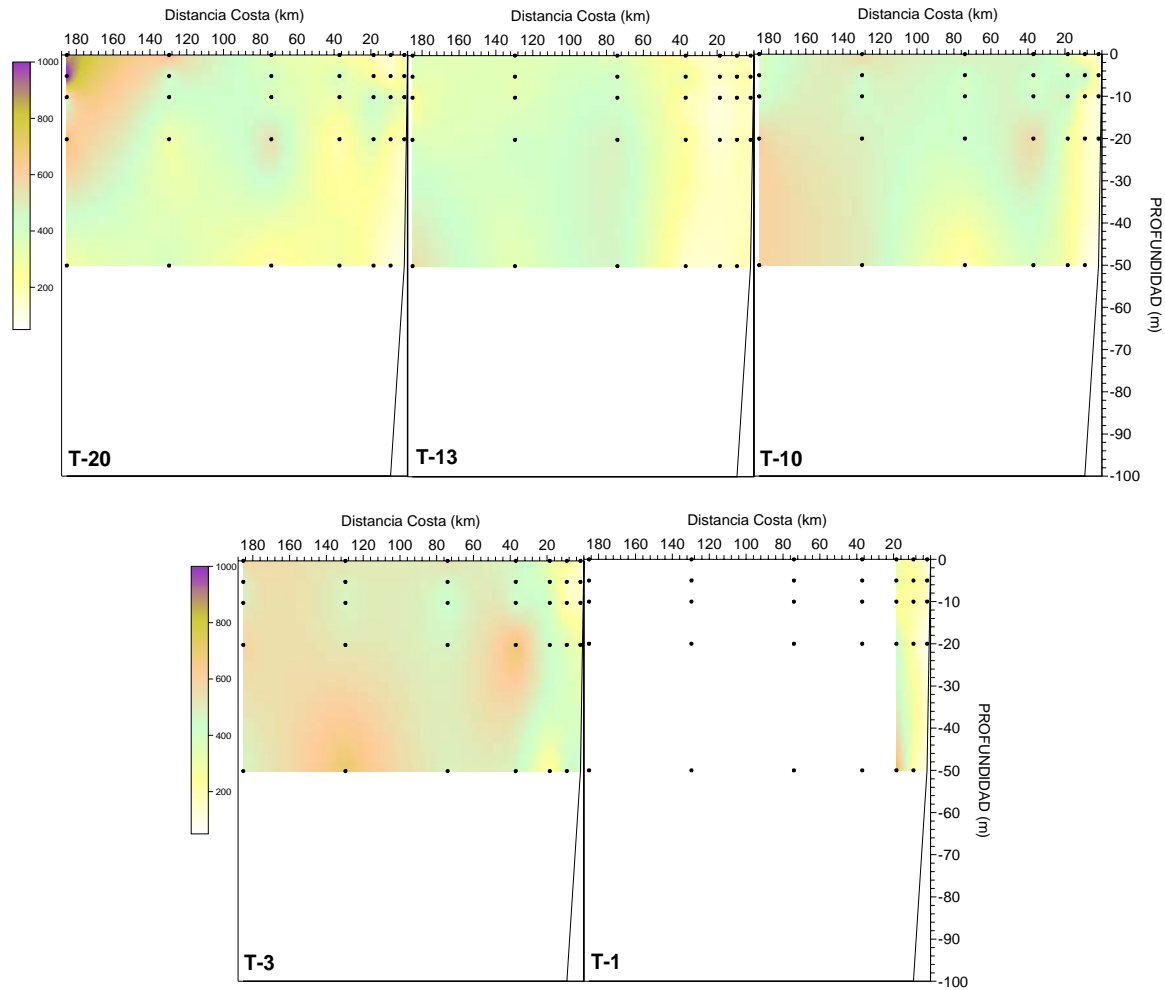


Figura 63. Distribuci3n horizontal del espectro de tama1o ( $\mu\text{m}$ ) de diatomeas (panel superior) y flagelados (panel inferior) entre la superficie y 50 m de profundidad.



**Figura 64.** Distribuci3n vertical del espectro de tama1o ( $\mu\text{m}$ ) de diatomeas en Punta Madrid (T-20), Bahía Moreno (T-13), Punta Ballenita (T-10), Punta Farellones (T-3) y Pichidanguí (T-1).

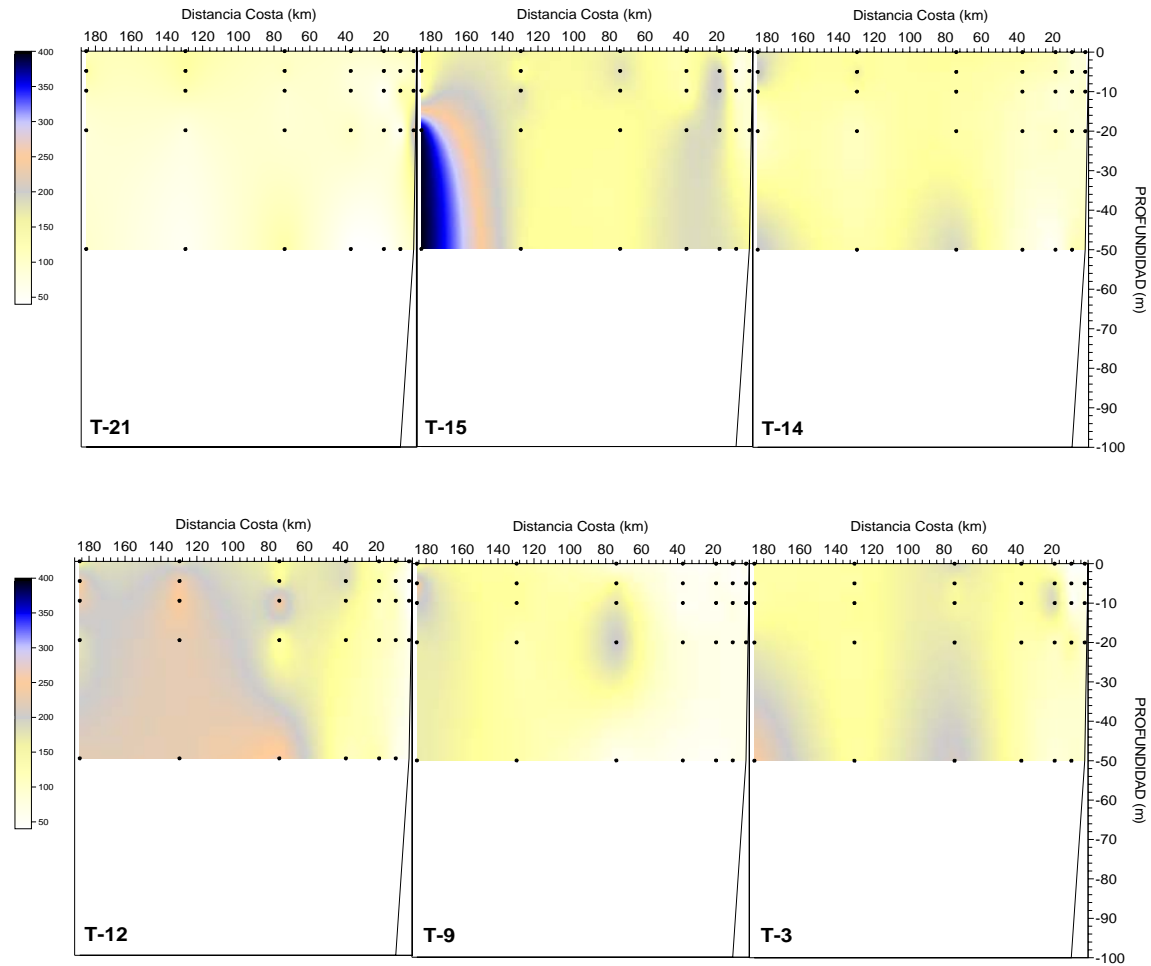


Figura 65. Distribuci3n vertical del espectro de tama1o ( $\mu\text{m}$ ) de flagelados en Arica (T-21), Punta Copaca (T-15), Punta Hornos (T-14), Punta Tres Picos (T-12), Cha1aral (T-9) y Punta Farellones (T-3).



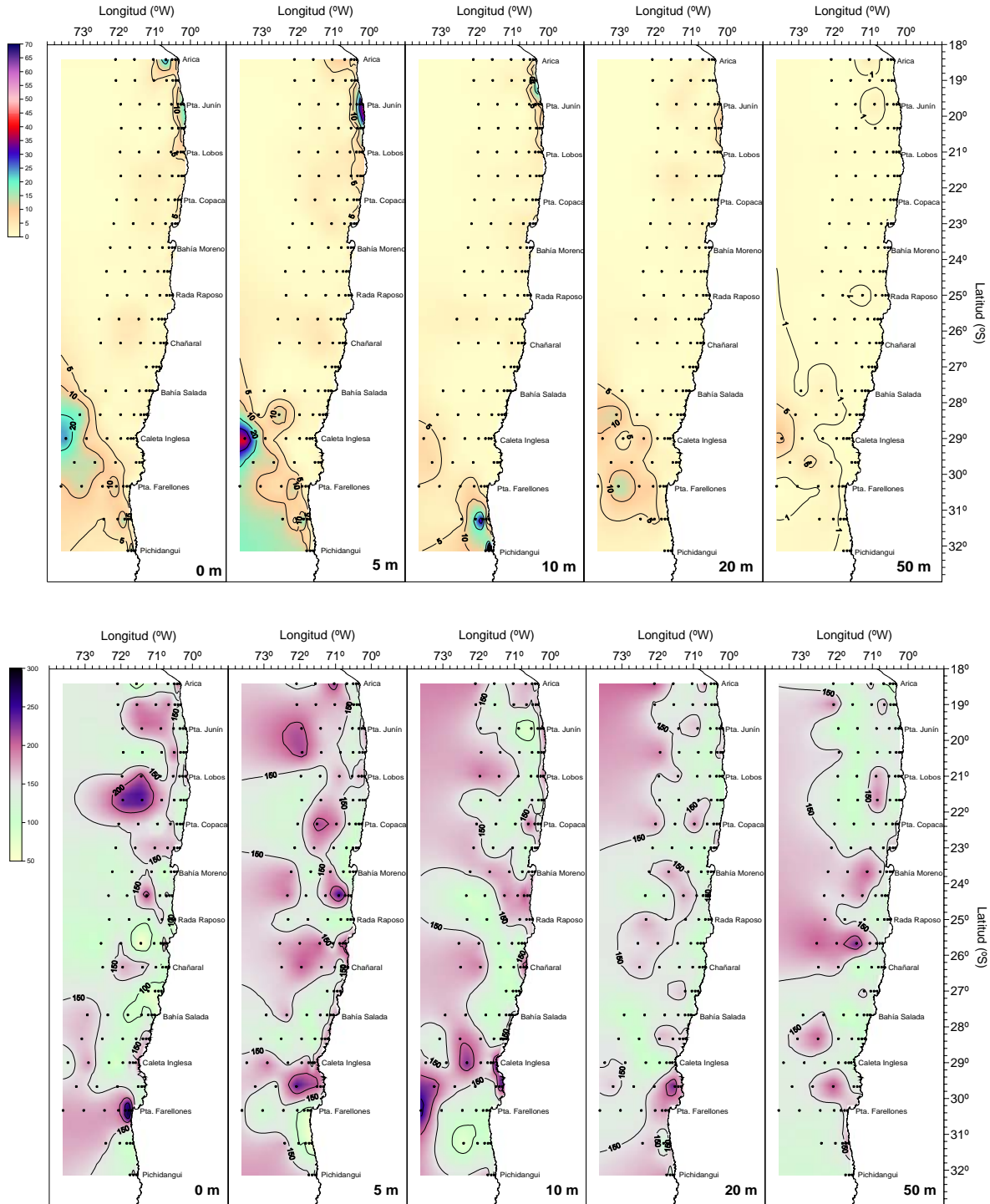


Figura 66. Distribuci3n horizontal del microzooplankton entre la superficie y 50 m de profundidad. Panel superior: abundancia total (ind/mL), panel inferior: espectro de tamaños ( $\mu\text{m}$ ).

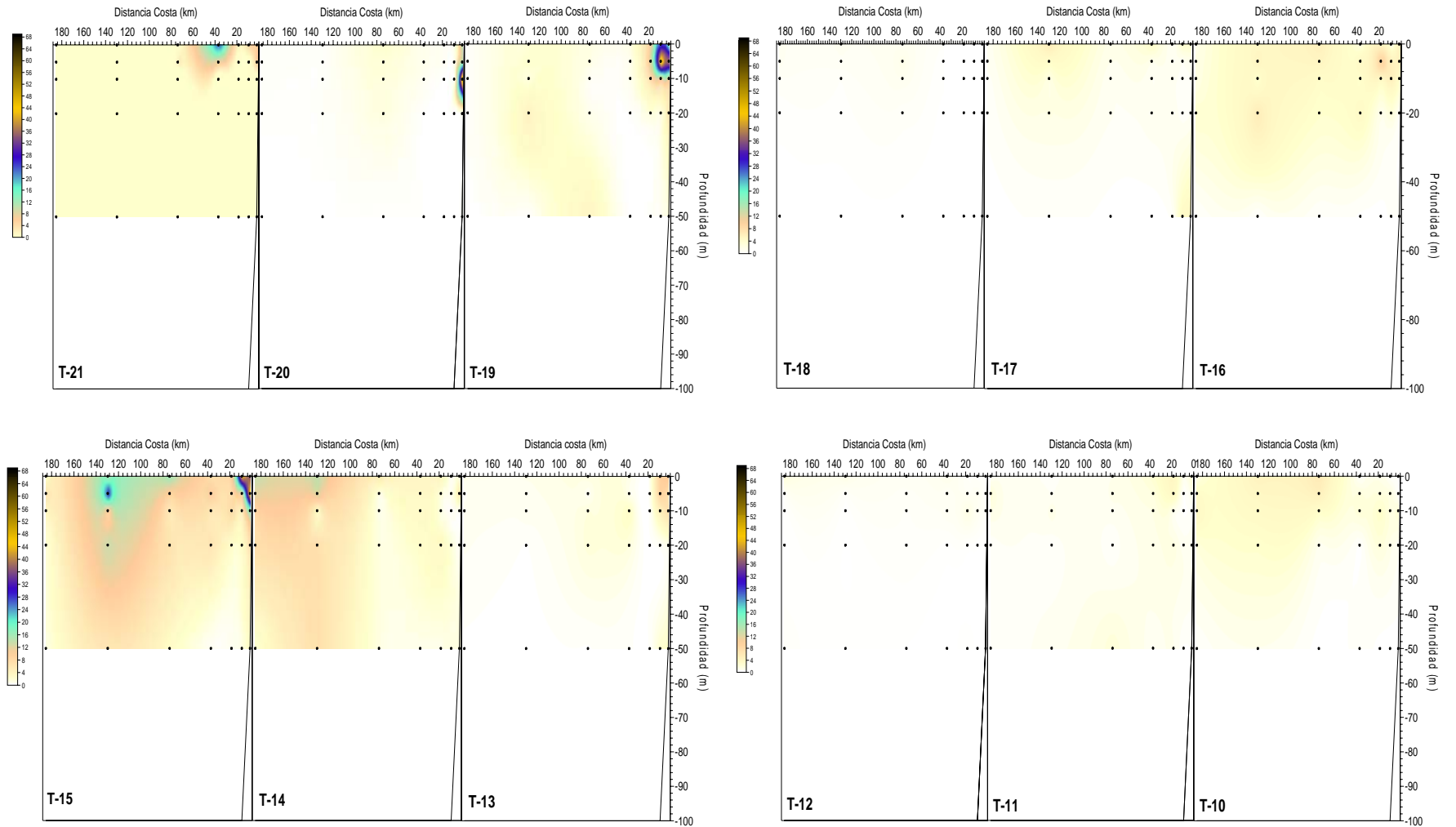
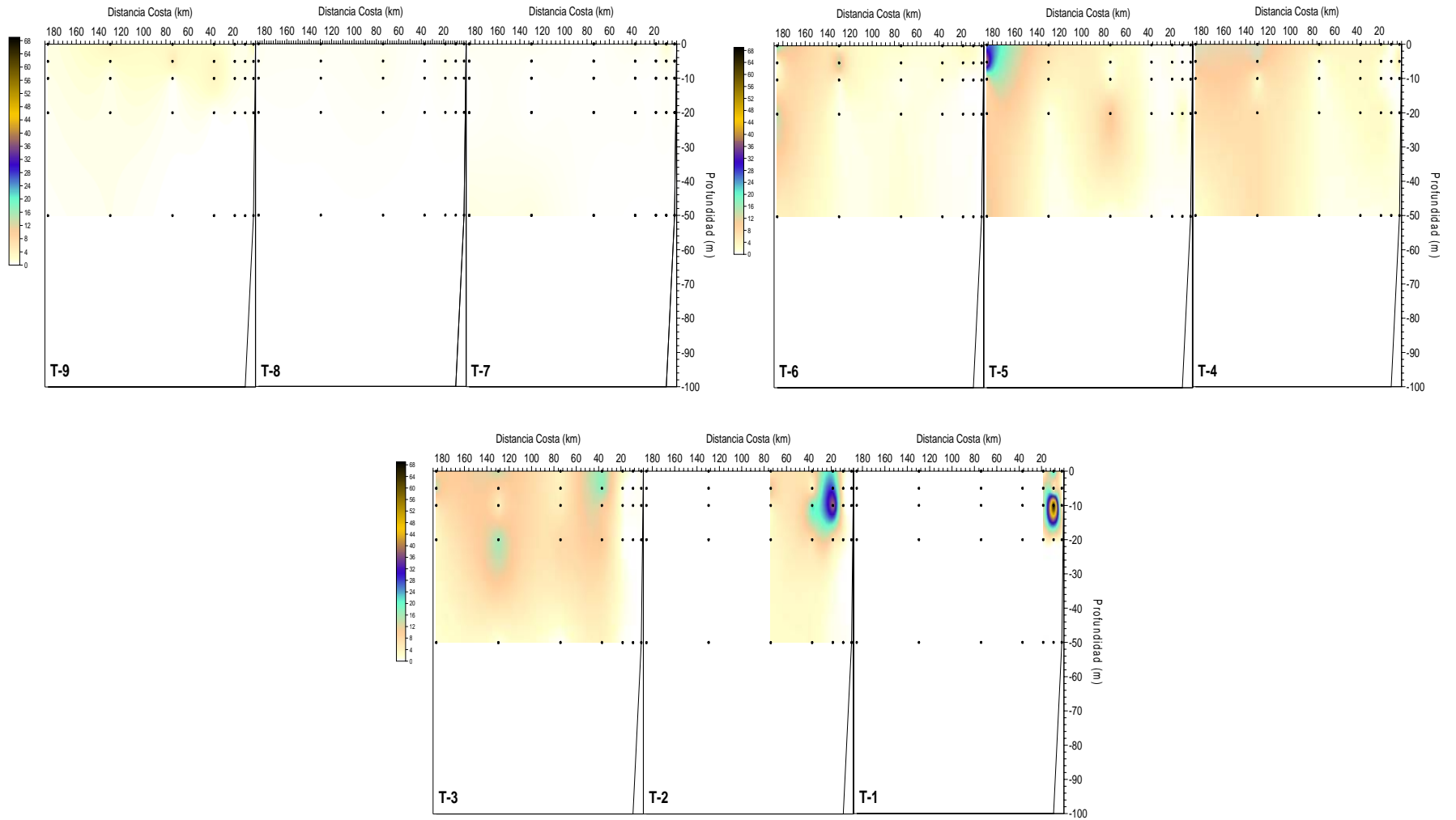
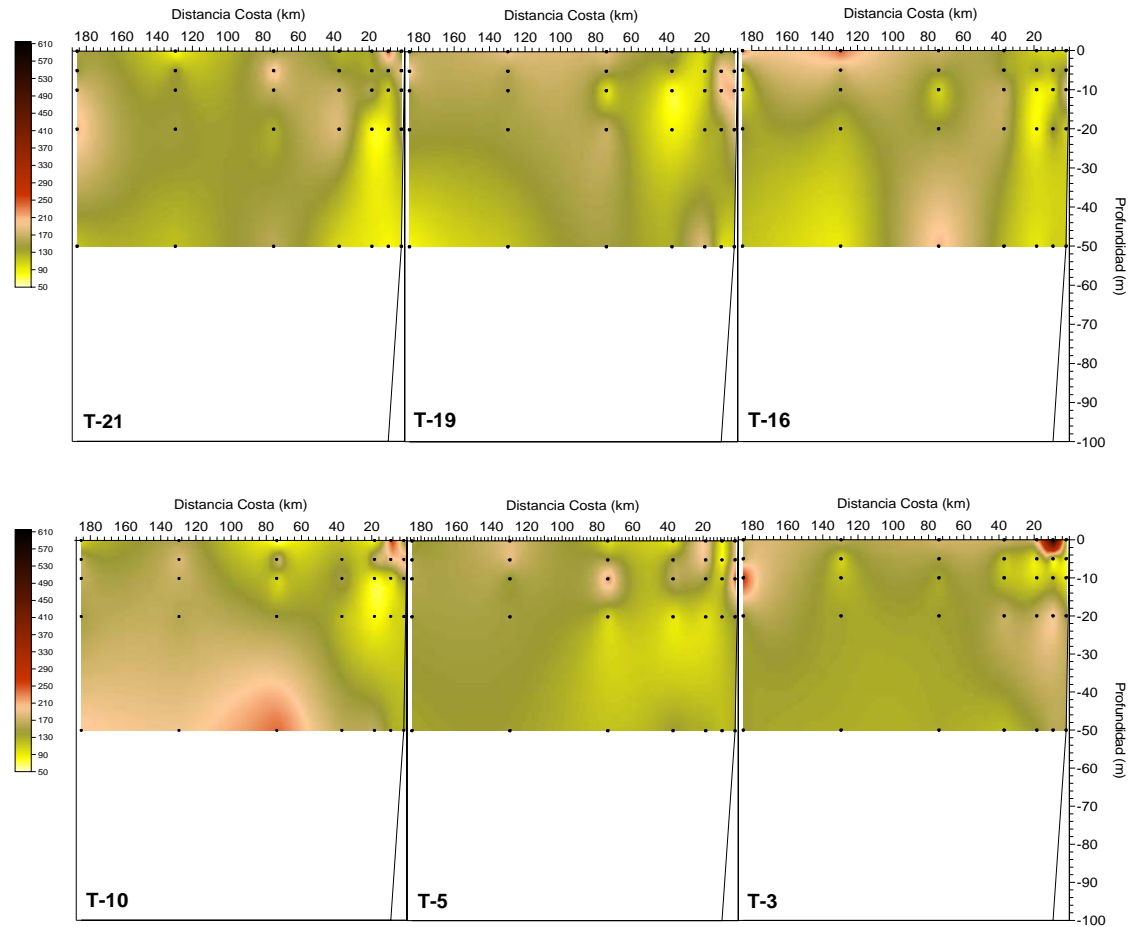


Figura 67. Distribuci3n vertical por transecta (T) de la abundancia total (ind/mL) del microzooplankton entre Arica (T-21) y Pichidanguí (T-1).



Continuaci3n Figura 67.



**Figura 68.** Distribuci3n vertical del espectro de tama1o ( $\mu\text{m}$ ) del microzooplancton en Arica (T-21), Punta Jun3n (T-19), Punta Arenas (T-16), Punta Ballenita (T-10), Caleta Inglesa (T-5) y Punta Farellones (T-3).

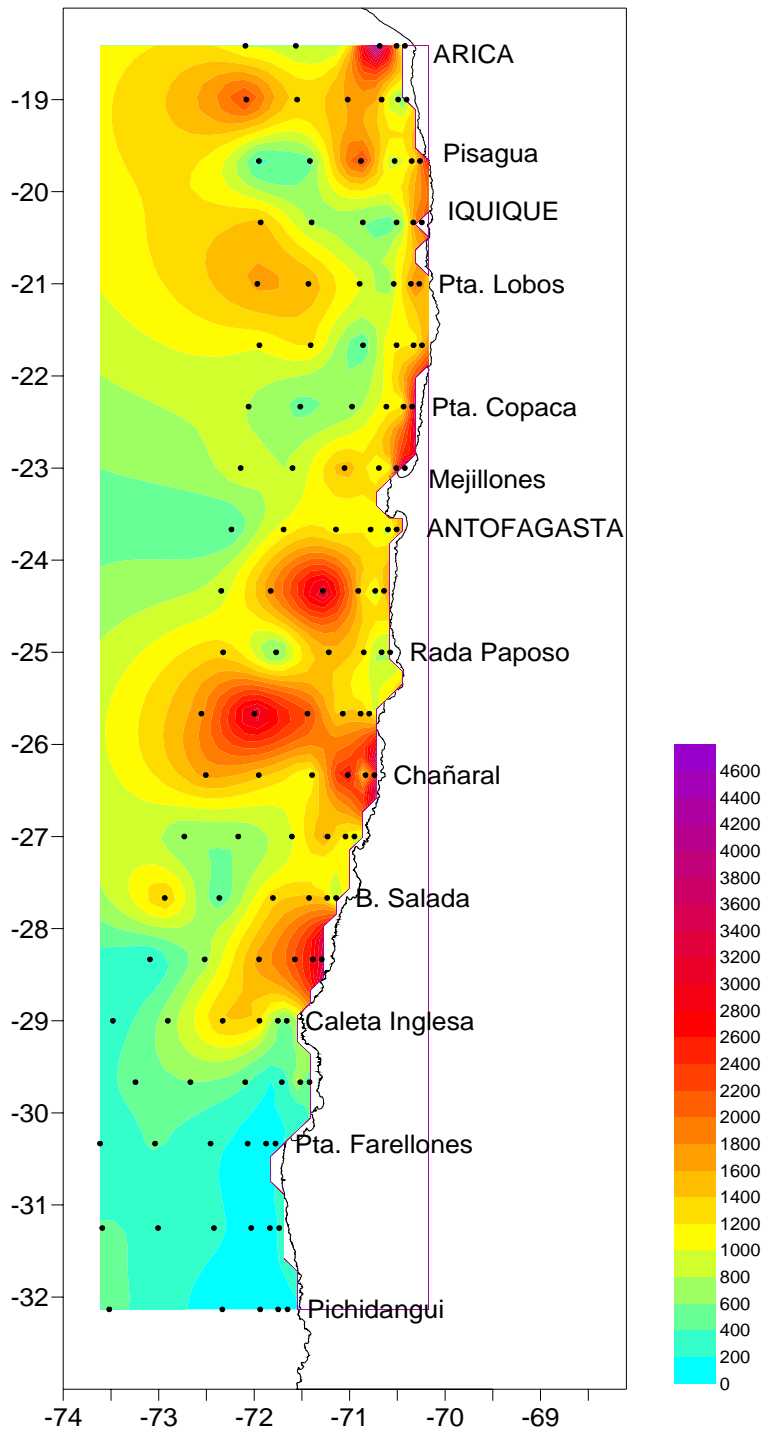


Figura 69. Distribuci3n horizontal de la abundancia total (ind/m<sup>3</sup>) de zooplancton en el estrato 0-25 m de profundidad.

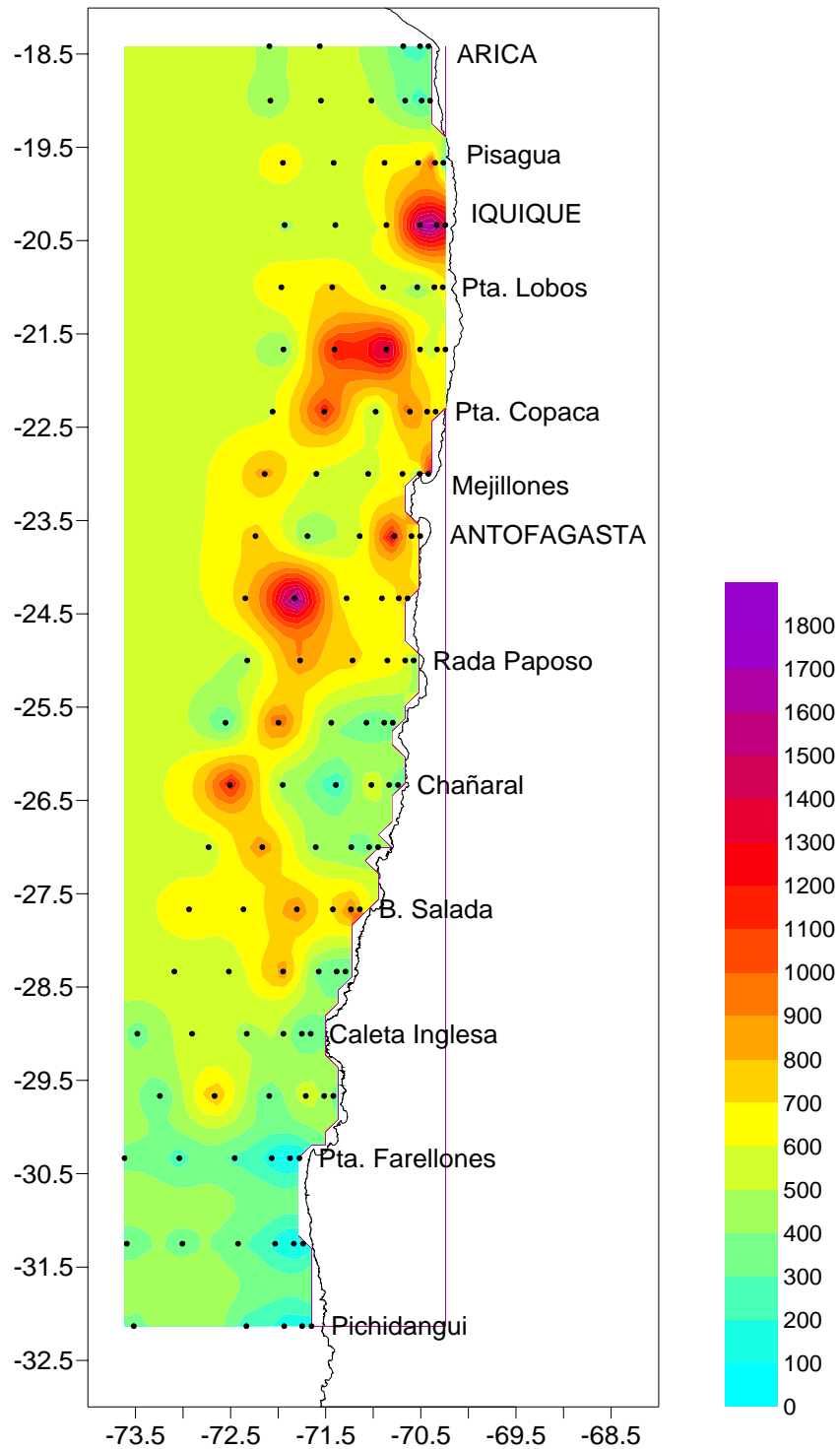


Figura 70. Distribuci3n horizontal de la abundancia total (ind/m<sup>3</sup>) de zooplancton en el estrato 25-50 m de profundidad.

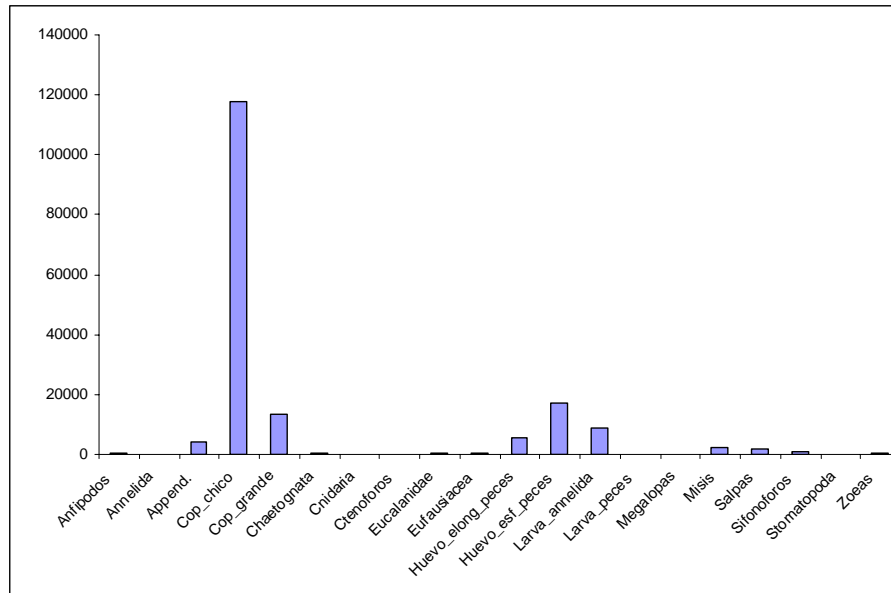


Figura 71. Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) de los grupos zoopláctónicos en el estrato 0-25 m de profundidad.

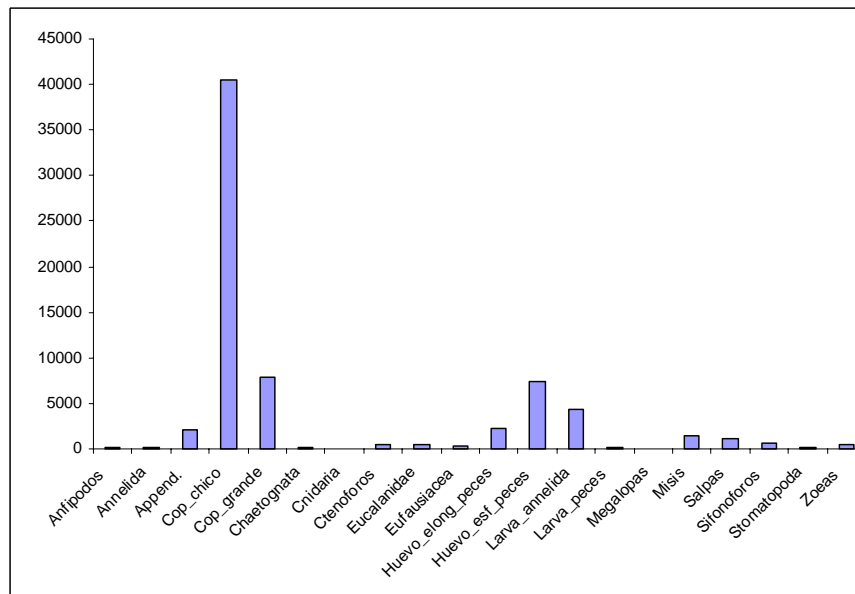


Figura 72. Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) de los grupos zoopláctónicos en el estrato 25-50 m de profundidad.

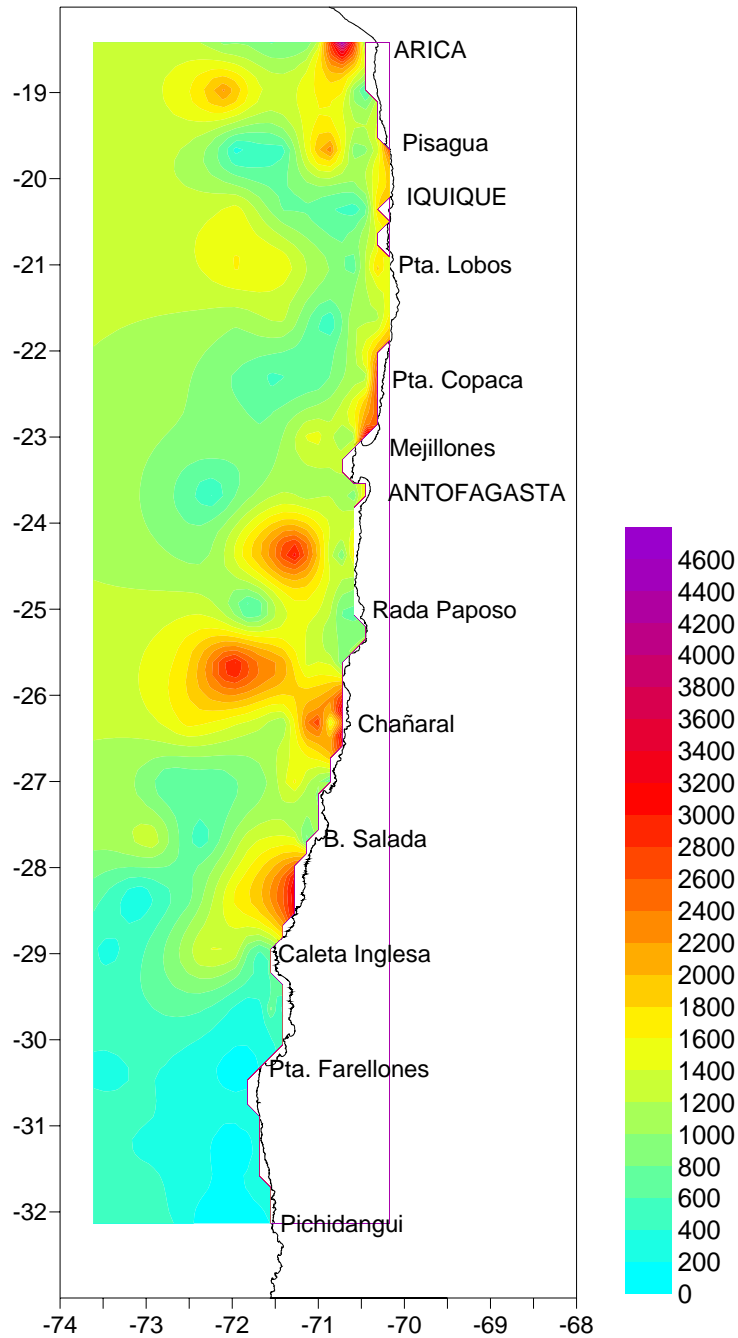


Figura 73. Abundancias totales (ind/m<sup>3</sup>) de organismos zooplanct3nicos menores a 2,25 mm de longitud en el estrato 0-25 m de profundidad.



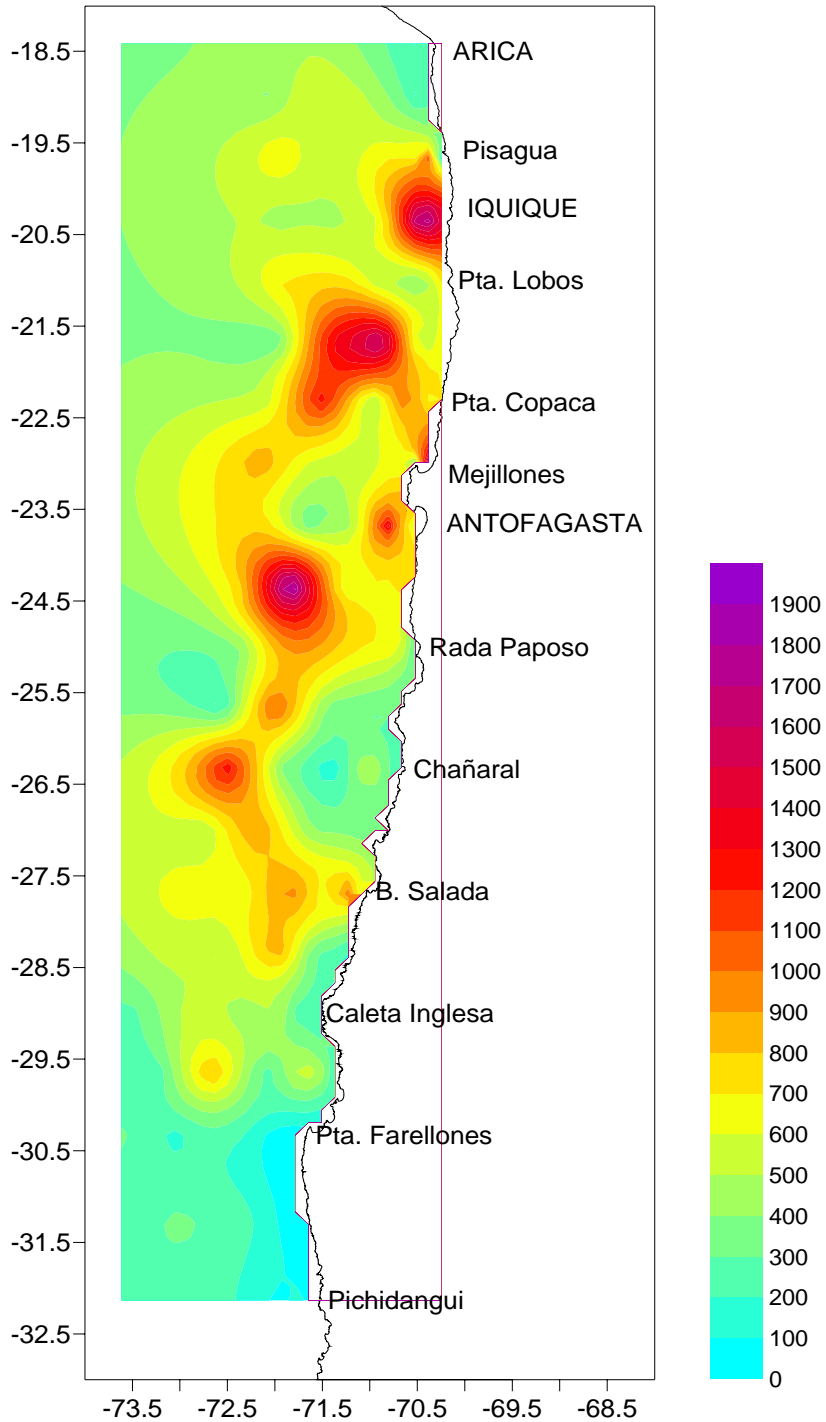


Figura 74. Abundancias totales (ind/m<sup>3</sup>) de organismos zooplanct3nicos menores a 2,25 mm de longitud en el estrato 25-50 m de profundidad.

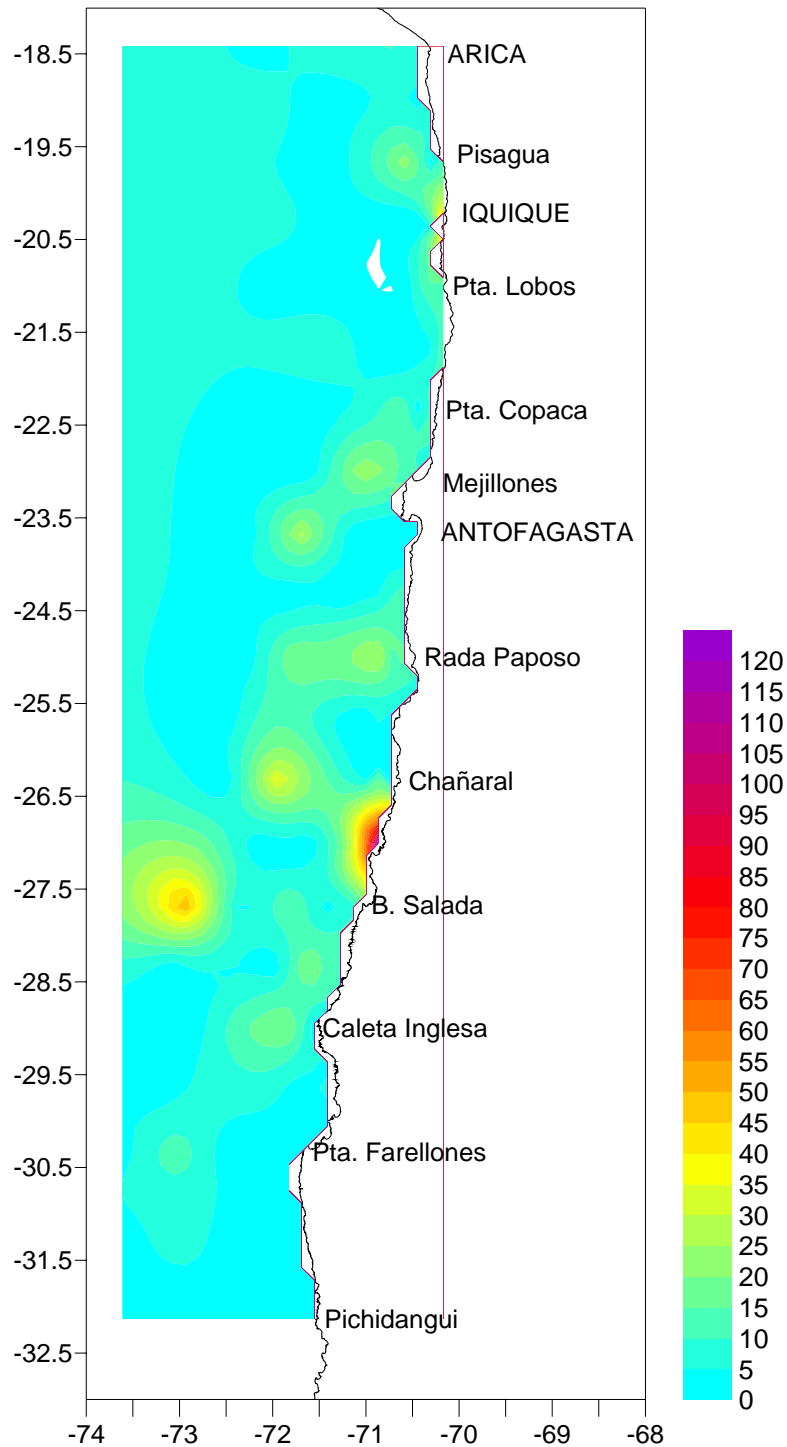


Figura 75. Abundancias totales (ind/m<sup>3</sup>) de organismos zooplanct3nicos mayores a 2,25 mm de longitud en el estrato 0-25 m de profundidad.

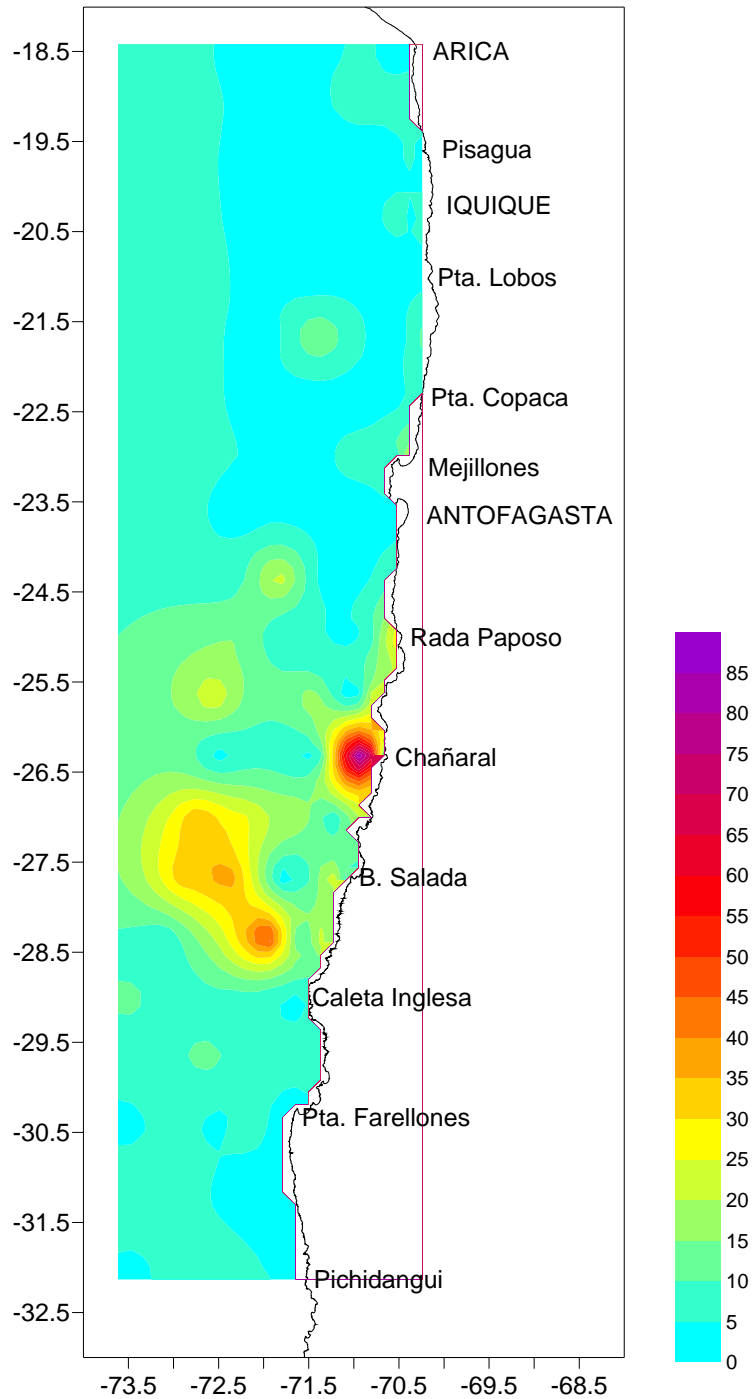


Figura 76. Abundancias totales (ind/m<sup>3</sup>) de organismos zooplanct3nicos mayores a 2,25 mm de longitud en el estrato 25-50 m de profundidad.

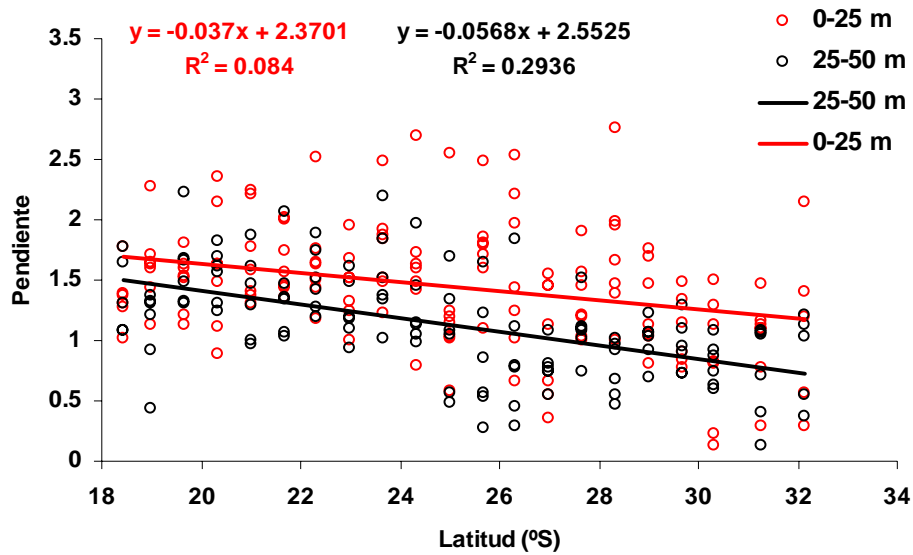


Figura 77. Relaci3n entre la pendiente del espectro de tamaños por estaci3n y la latitud (°S) para los estratos 0-25 y 25-50 m de profundidad.

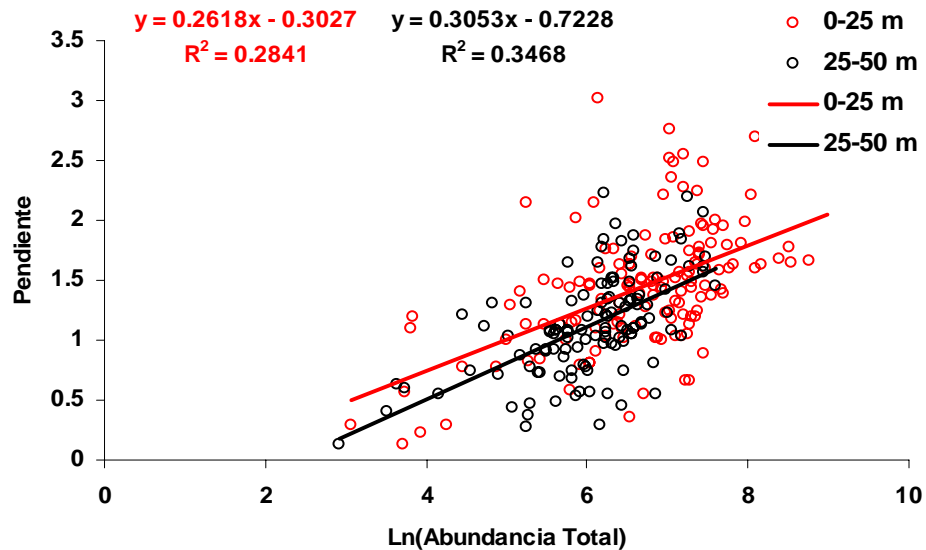


Figura 78. Relaci3n entre la pendiente del espectro de tamaños por estaci3n y la abundancia total de zooplancton (Logaritmo natural).

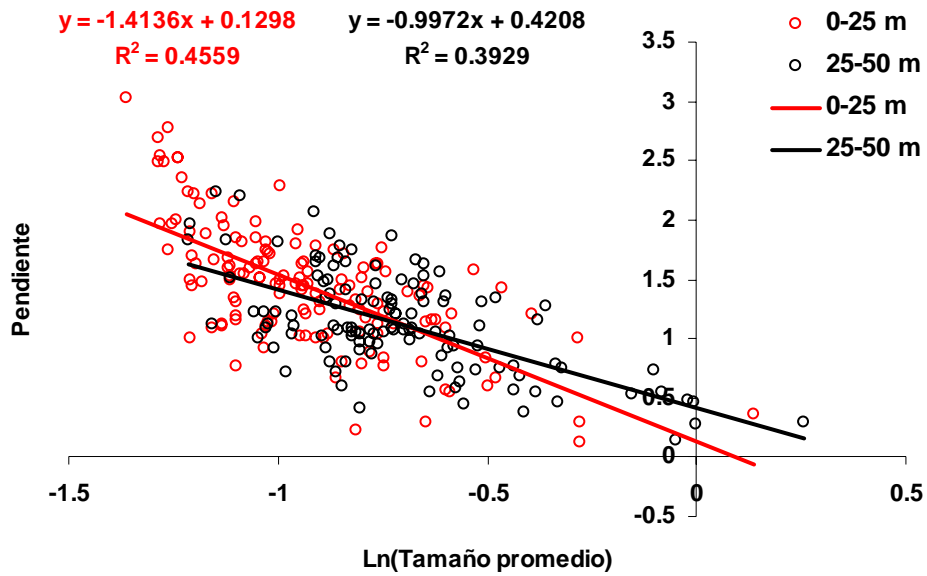


Figura 79. Relaci3n entre la pendiente del espectro de tamaños y el tamaño promedio del zooplancton por estaci3n (Logaritmo natural).

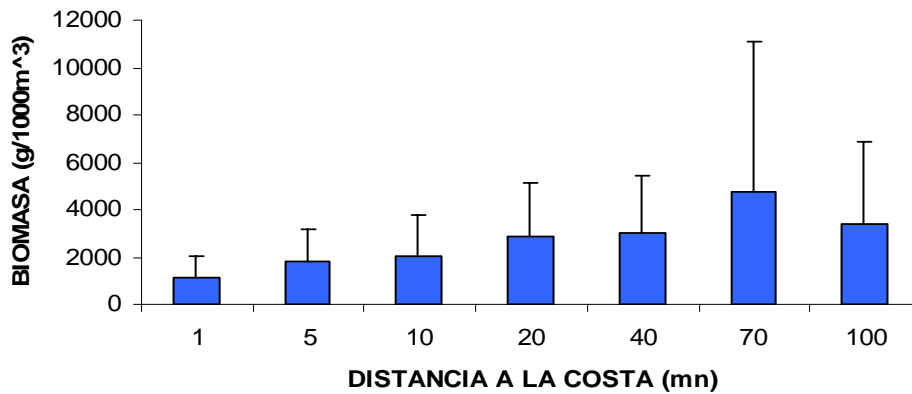


Figura 80. Biomasa peso h3medo promedio (g/1000 m³) en la columna de agua en funci3n de la distancia a la costa.

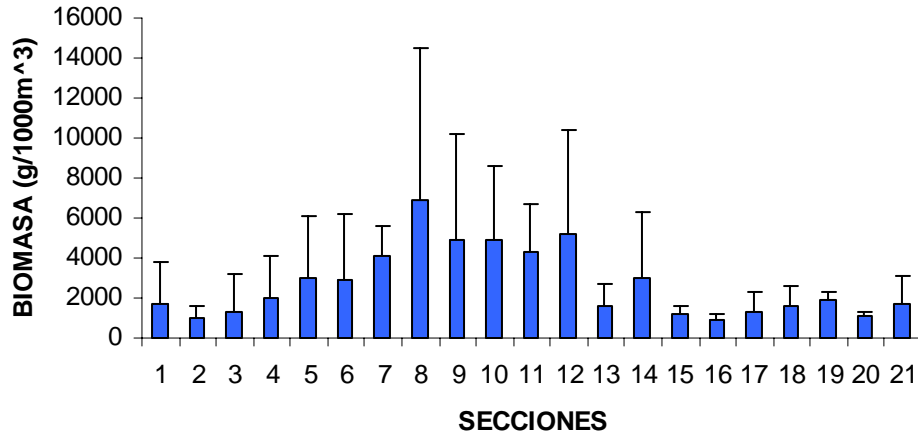


Figura 81. Biomasa peso húmedo promedio (g/1000 m<sup>3</sup>) en la columna de agua en funci3n de la latitud.

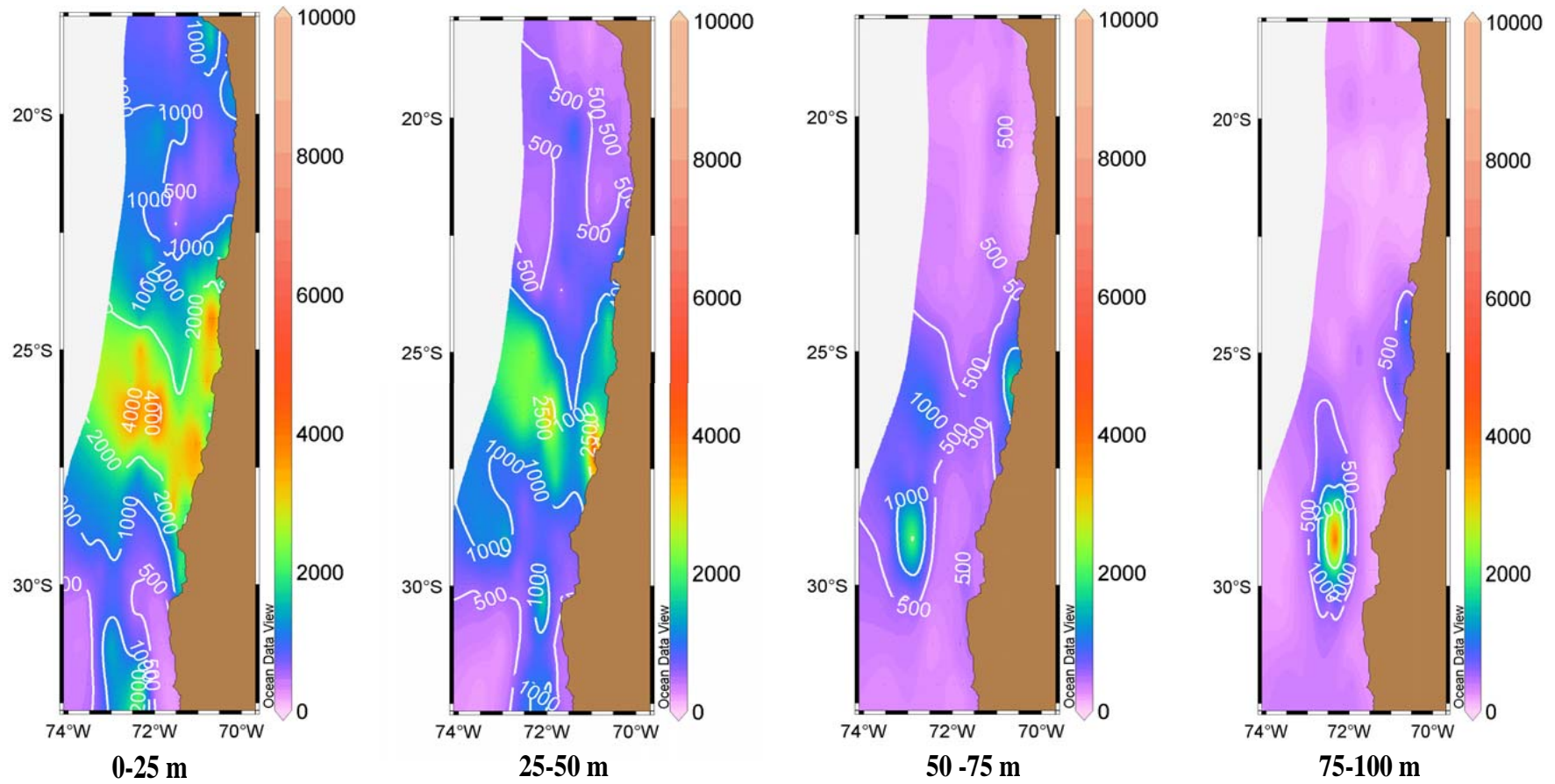


Figura 82. Distribuci3n horizontal de la biomasa zooplanct3nica en los estratos 0-25, 25-50, 50-75 y 75-100 m de profundidad.

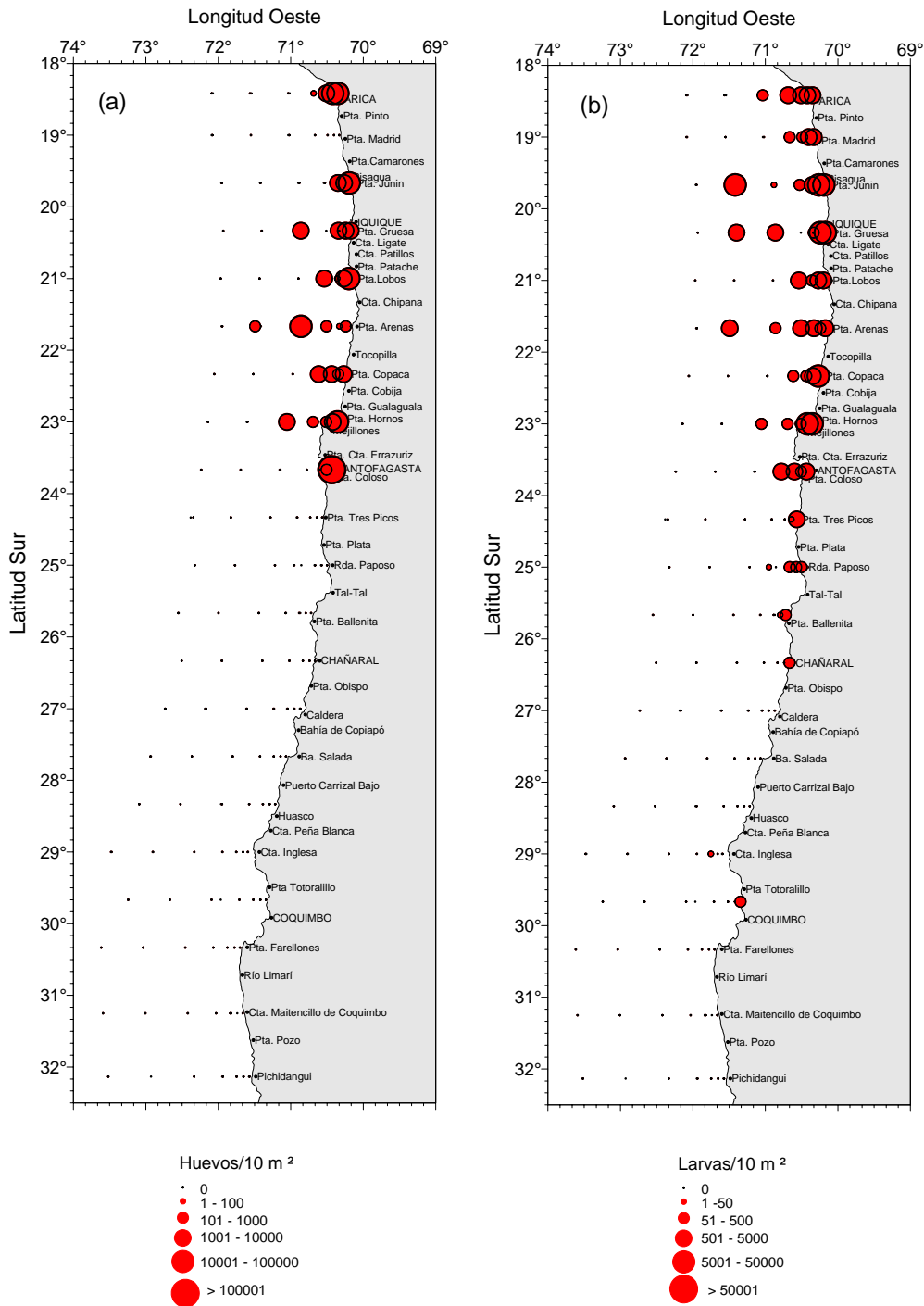


Figura 83. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Anchoveta N°huevos/larvas/10m<sup>2</sup>). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.



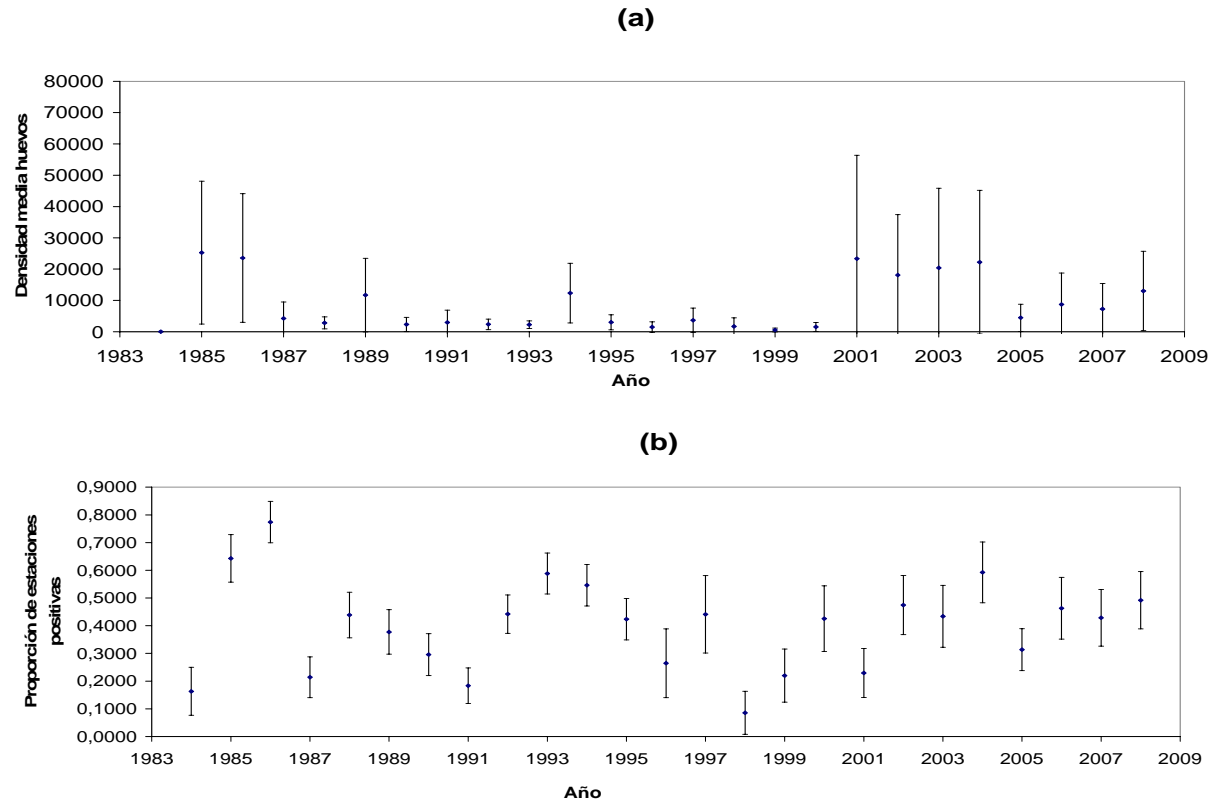


Figura 84. Densidad media de huevos de anchoveta (a) estimada para el período 1992-2008, a través del estimador de la media de una distribución delta y proporción de estaciones positivas (b) período 1992-2008. intervalos de confianza  $\alpha=0,1$ .

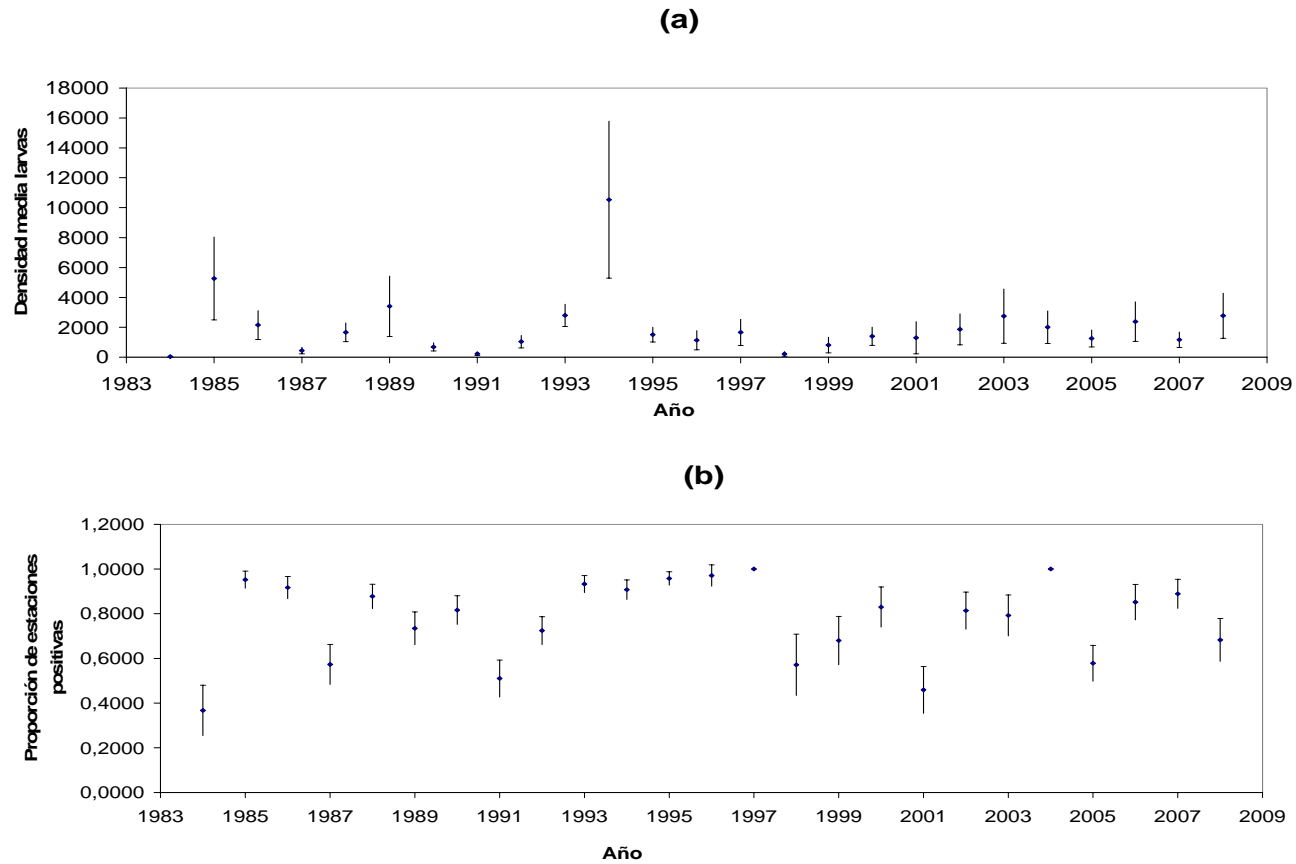


Figura 85. Densidad media de larvas de anchoveta (a) estimada para el período 1992-2008, a través del estimador de la media de una distribución delta y proporción de estaciones positivas (b) período 1992-2008. intervalos de confianza  $\alpha=0,1$ .

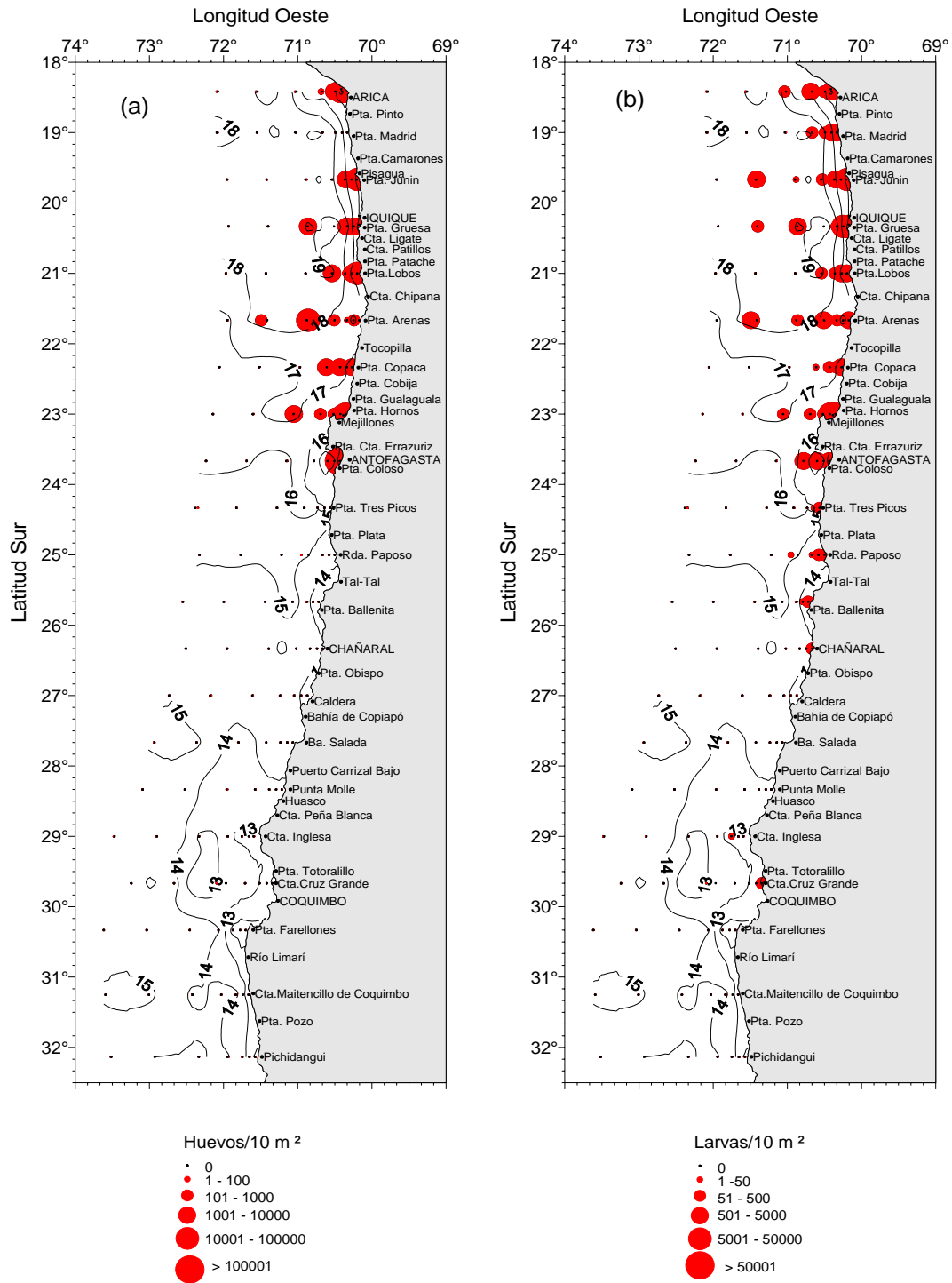


Figura 86. Distribuci3n espacial de huevos (a) y larvas (b) de anchoveta con relaci3n a la distribuci3n de temperatura superficial del mar. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

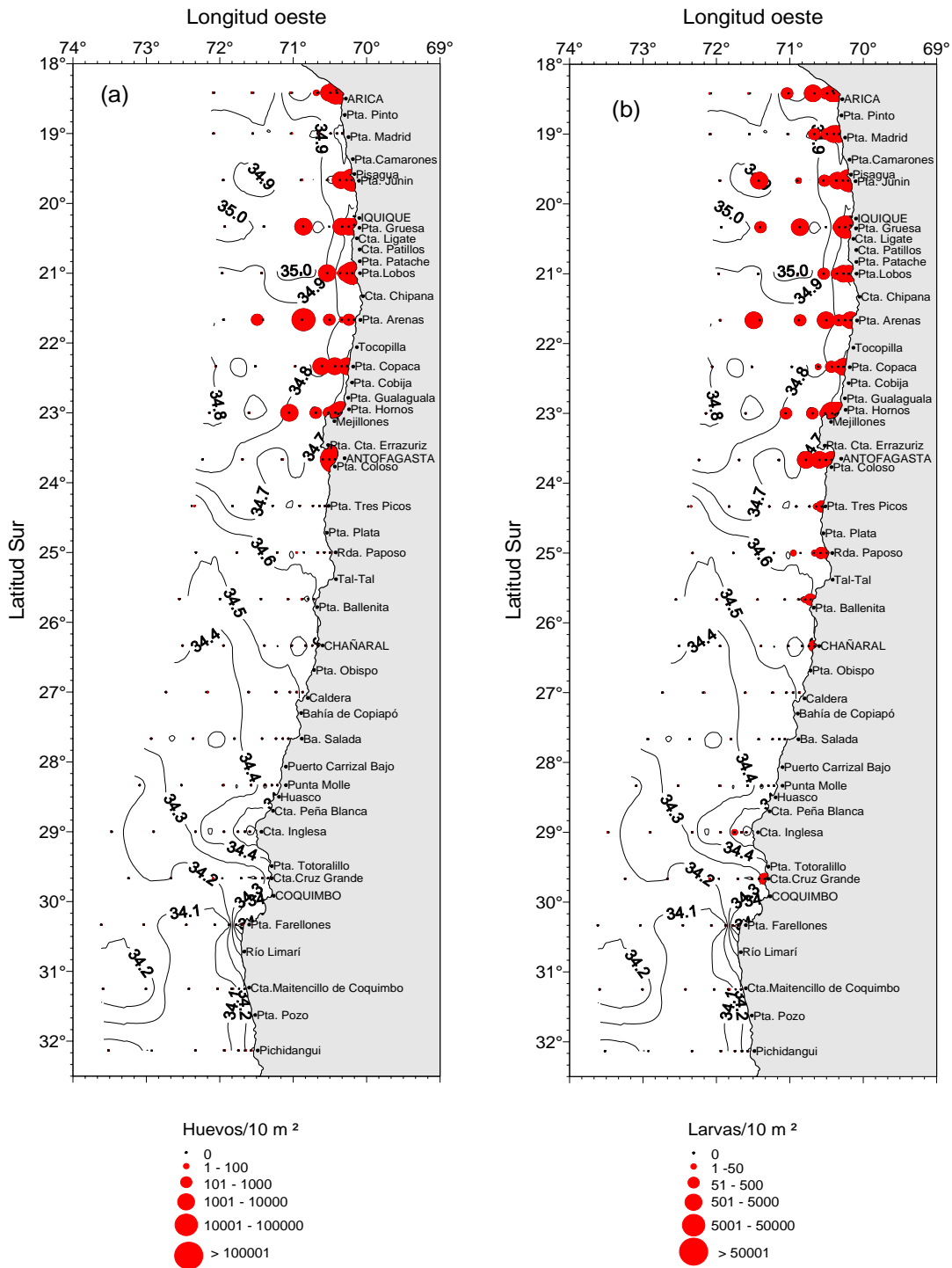


Figura 87. Distribuci3n espacial de huevos (a) y larvas (b) de anchoveta con relaci3n a la distribuci3n de salinidad superficial del mar. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

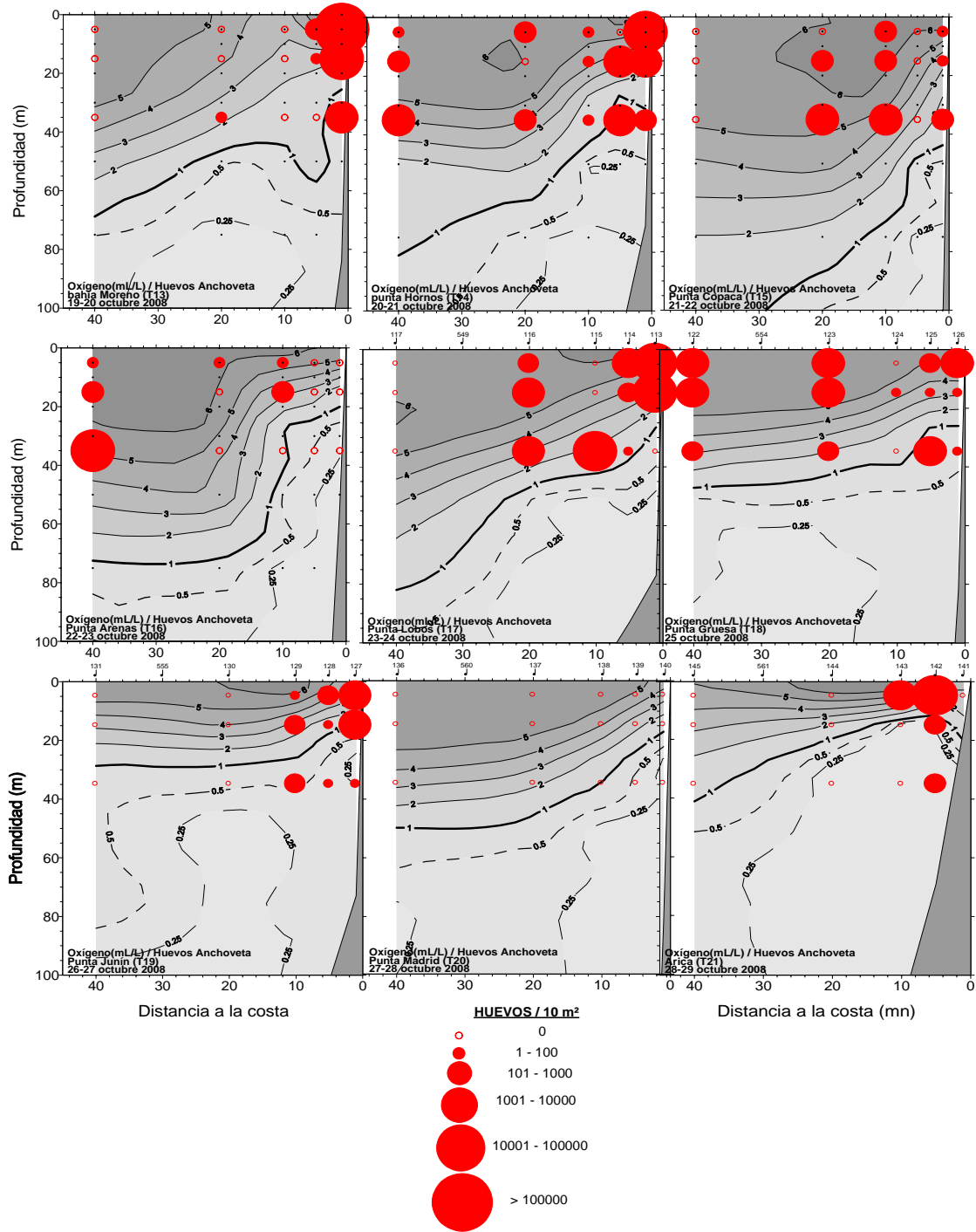


Figura 88. Distribución vertical de huevos de anchoveta con respecto a la distribución del contenido de oxígeno disuelto por transecta, en los intervalos de profundidad de 0-10, 10-25 y 25-50 m. Crucero MOBIO 0810.

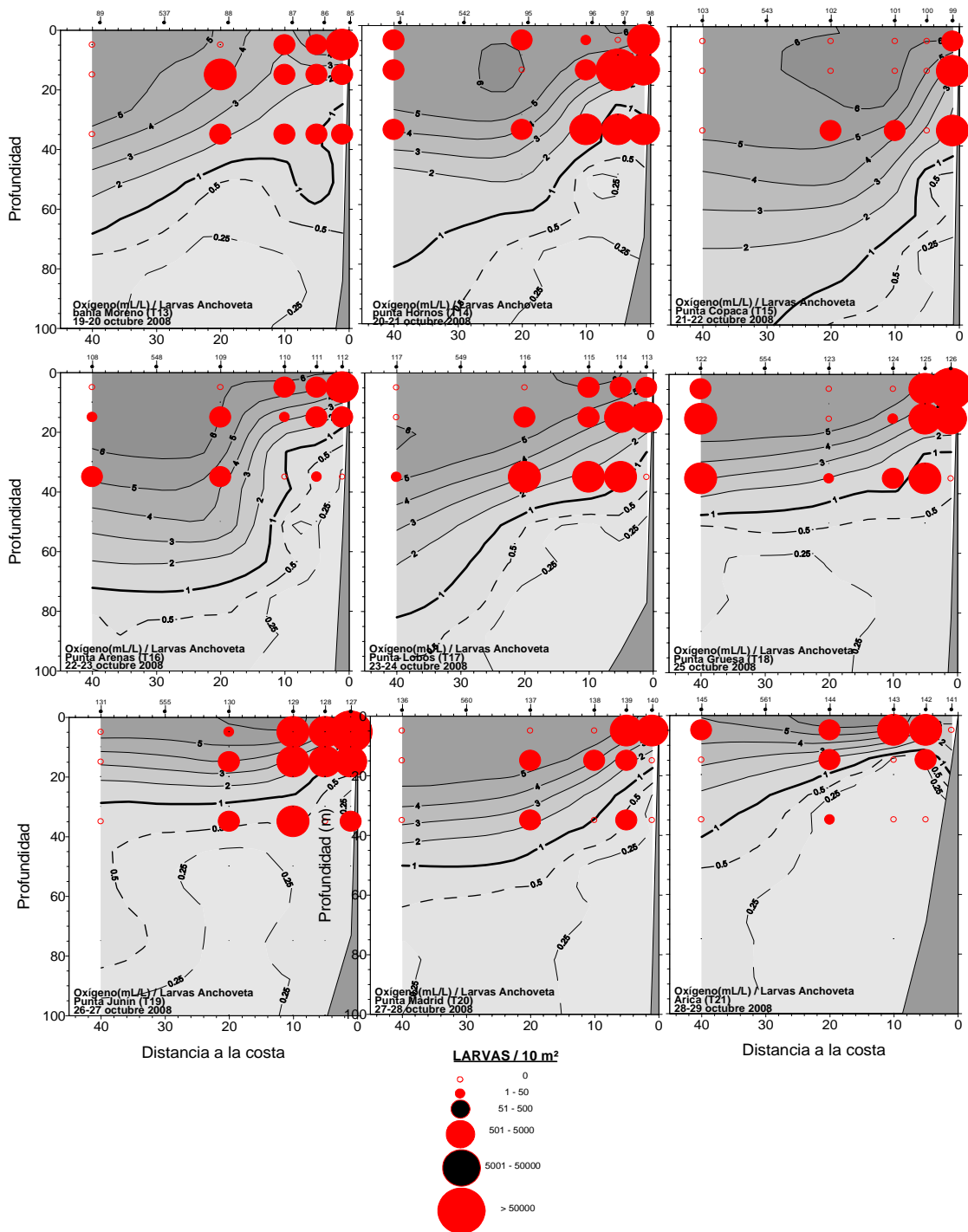


Figura 89. Distribuci3n vertical de larvas de anchoveta con respecto a la distribuci3n del contenido de oxigeno disuelto por transecta, en los intervalos de profundidad de 0-10, 10-25 y 25-50 m. Crucero MOBIO 0810.

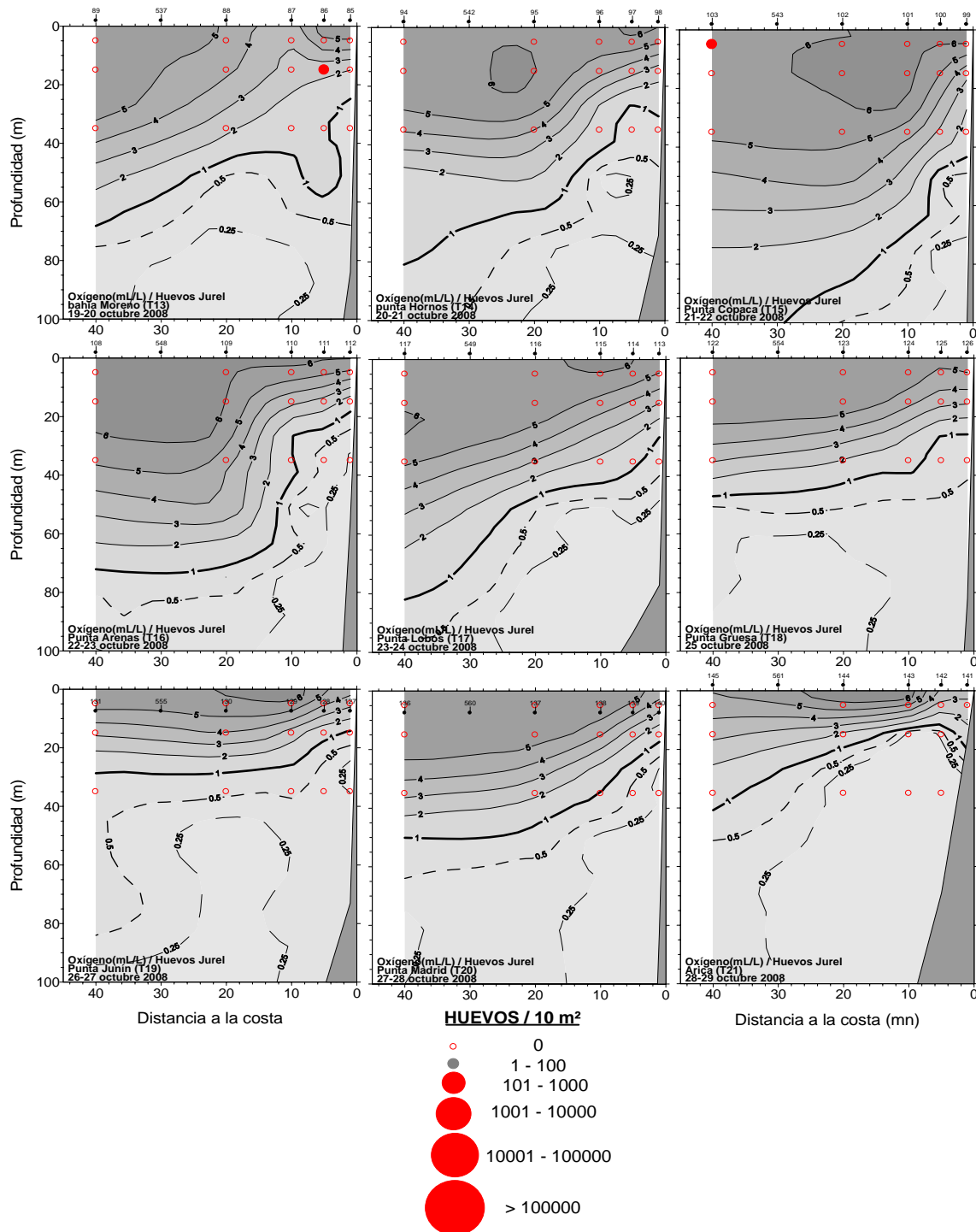


Figura 90. Distribuci3n vertical de huevos de jurel con respecto a la distribuci3n del contenido de oxígeno disuelto por transecta, en los intervalos de profundidad de 0-10, 10-25 y 25-50 m. Crucero MOBIO 0810.

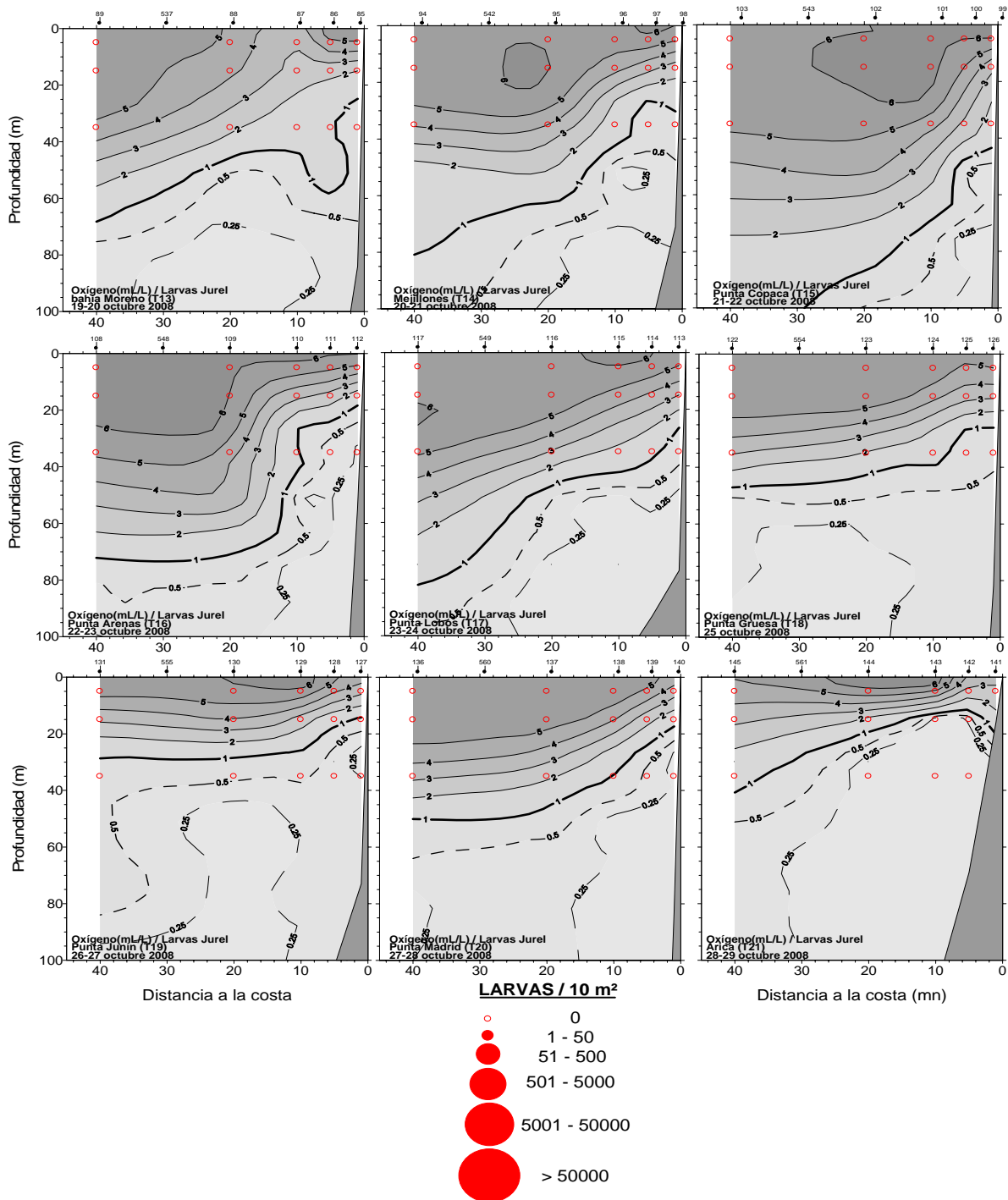


Figura 91. Distribuci3n vertical de larvas de jurel con respecto a la distribuci3n del contenido de oxígeno disuelto por transecta, en los intervalos de profundidad de 0-10, 10-25 y 25-50 m. Crucero MOBIO 0810.



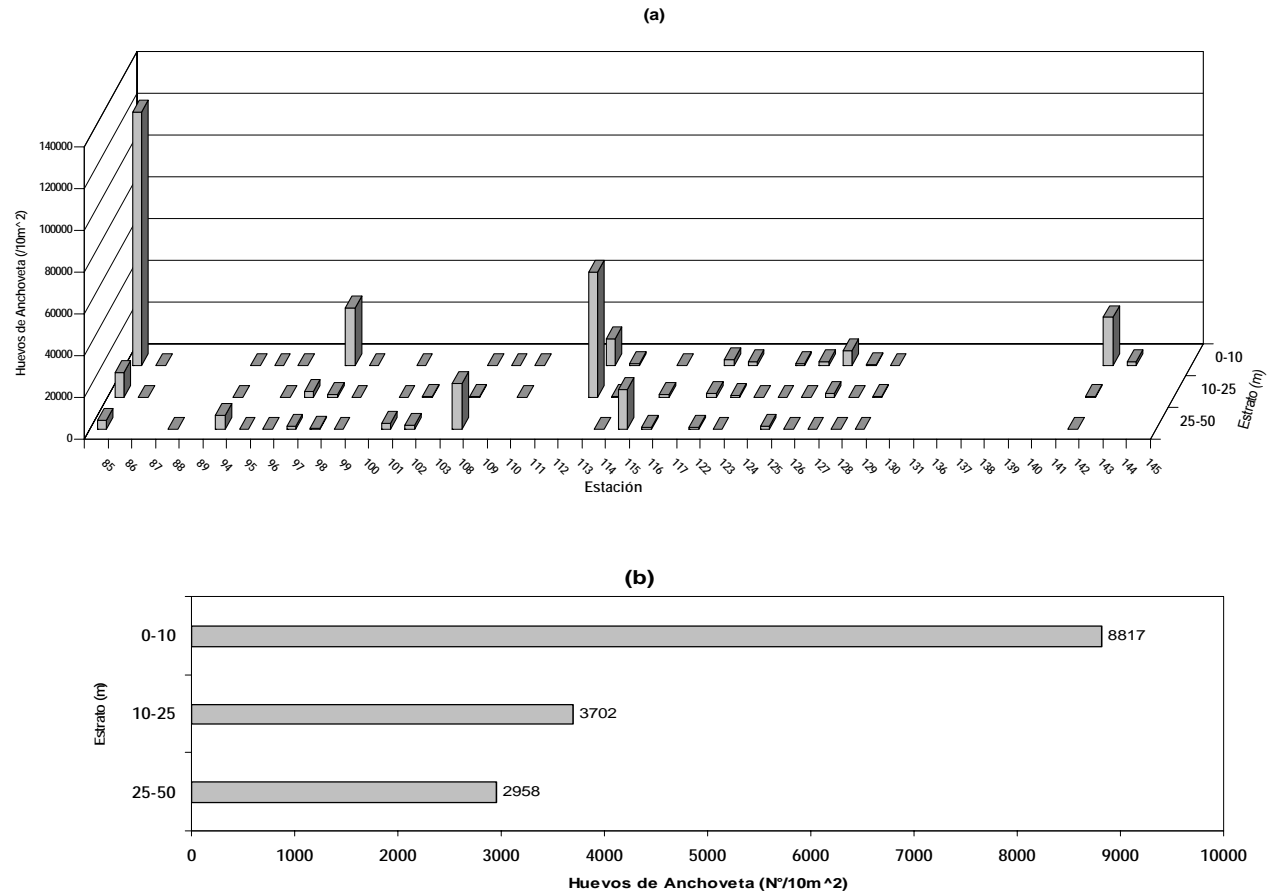


Figura 92. Distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta por estaci3n (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO Octubre 2008.

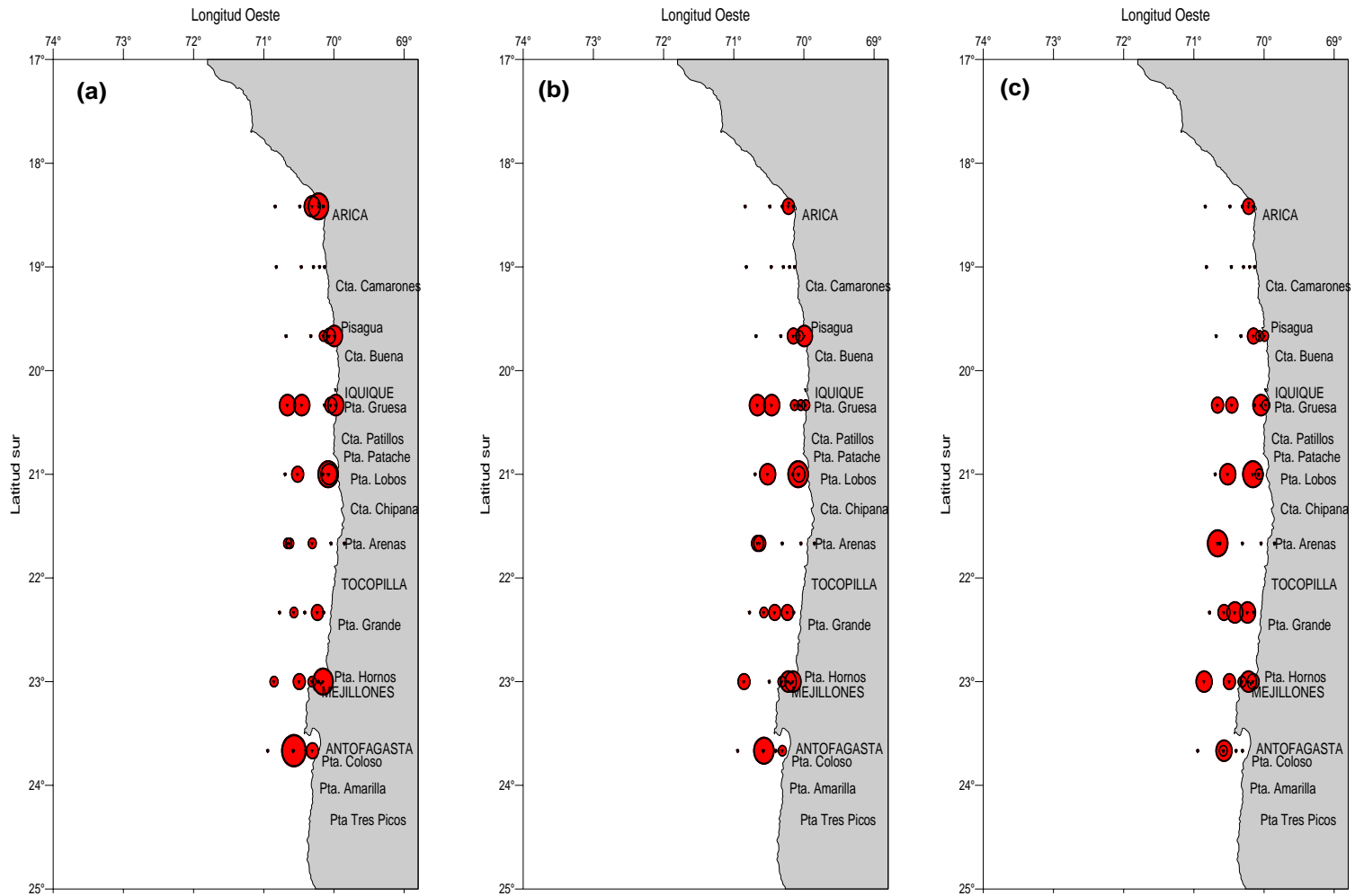


Figura 93. Distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta en los estratos (a) 0-10, (b) 25-10 y (c) 50-25m. Crucero MOBIO 0810 - 2008.

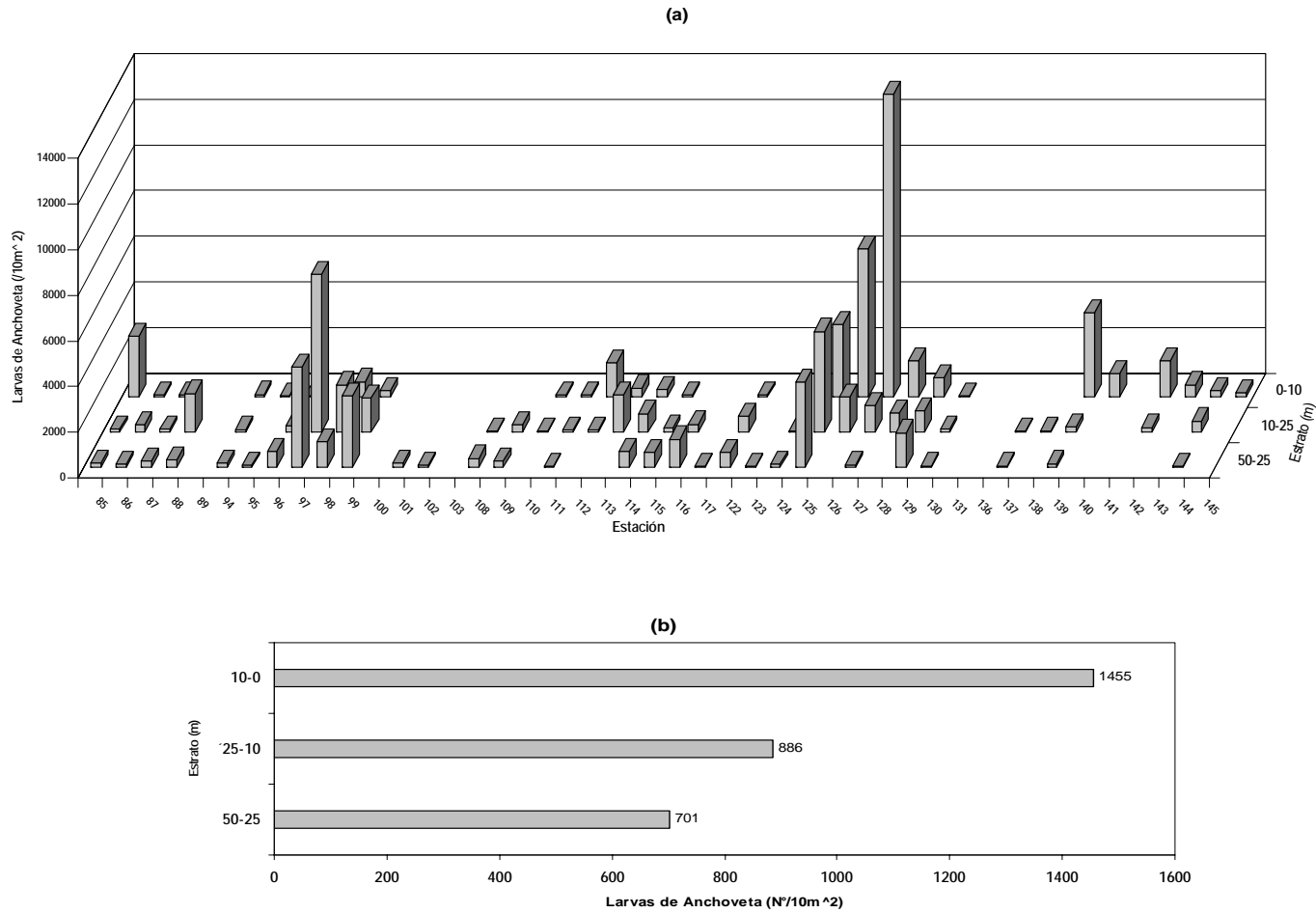


Figura 94. Distribuci3n y abundancia de larvas de anchoveta por estaci3n (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO Octubre 2008.

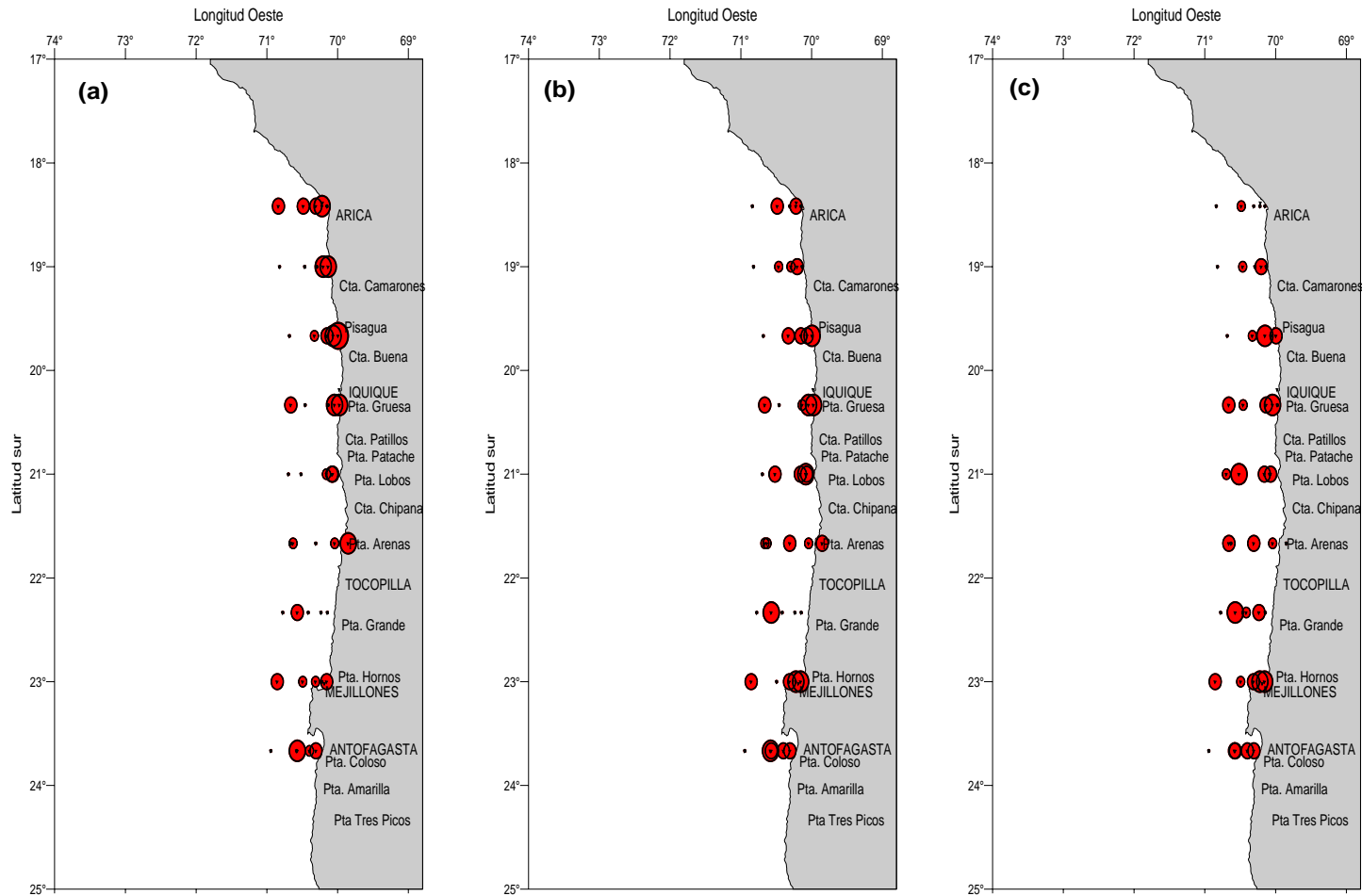


Figura 95. Distribuci3n y abundancia de larvas de anchoveta en los estratos (a) 0-10, (b) 25-10 y (c) 50-25m. Crucero MOBIO 0810 - 2008.

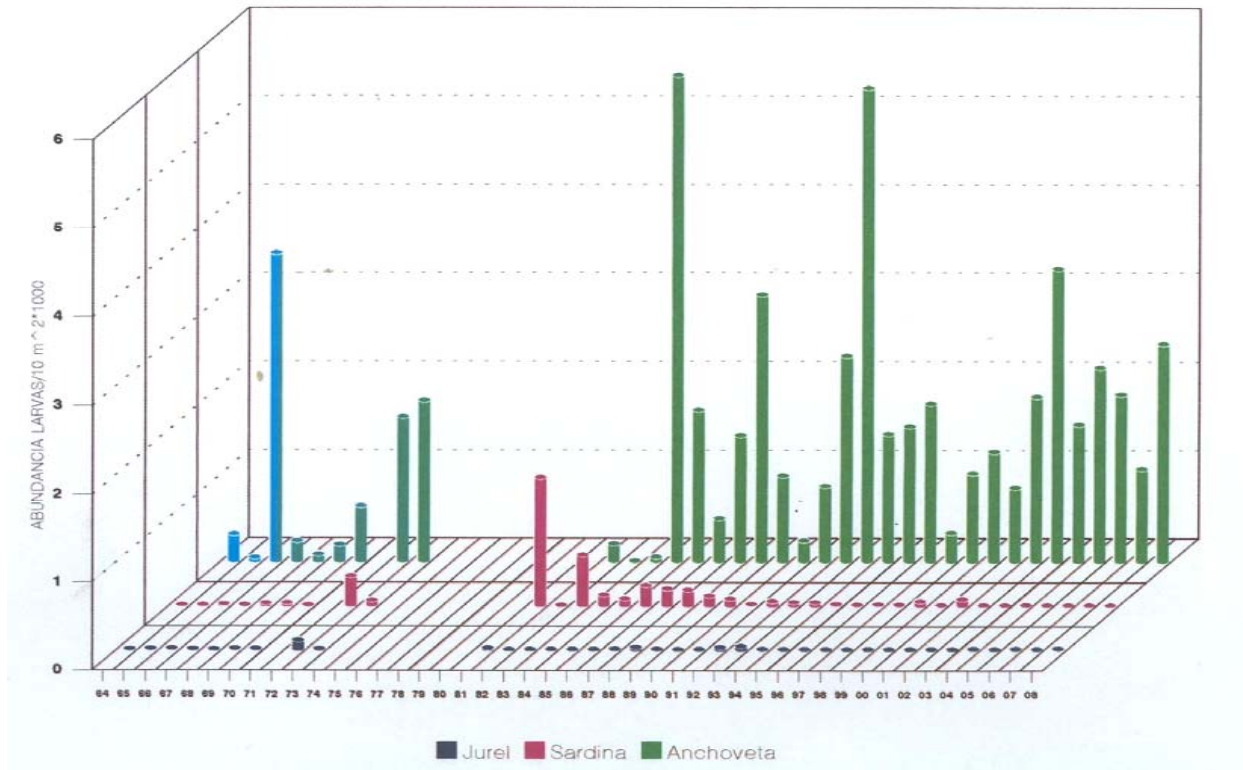


Figura 96. Estimaci3n Abundancia Promedio Larvas (dpet) per3odo Agosto – Octubre 1964 – 2008.

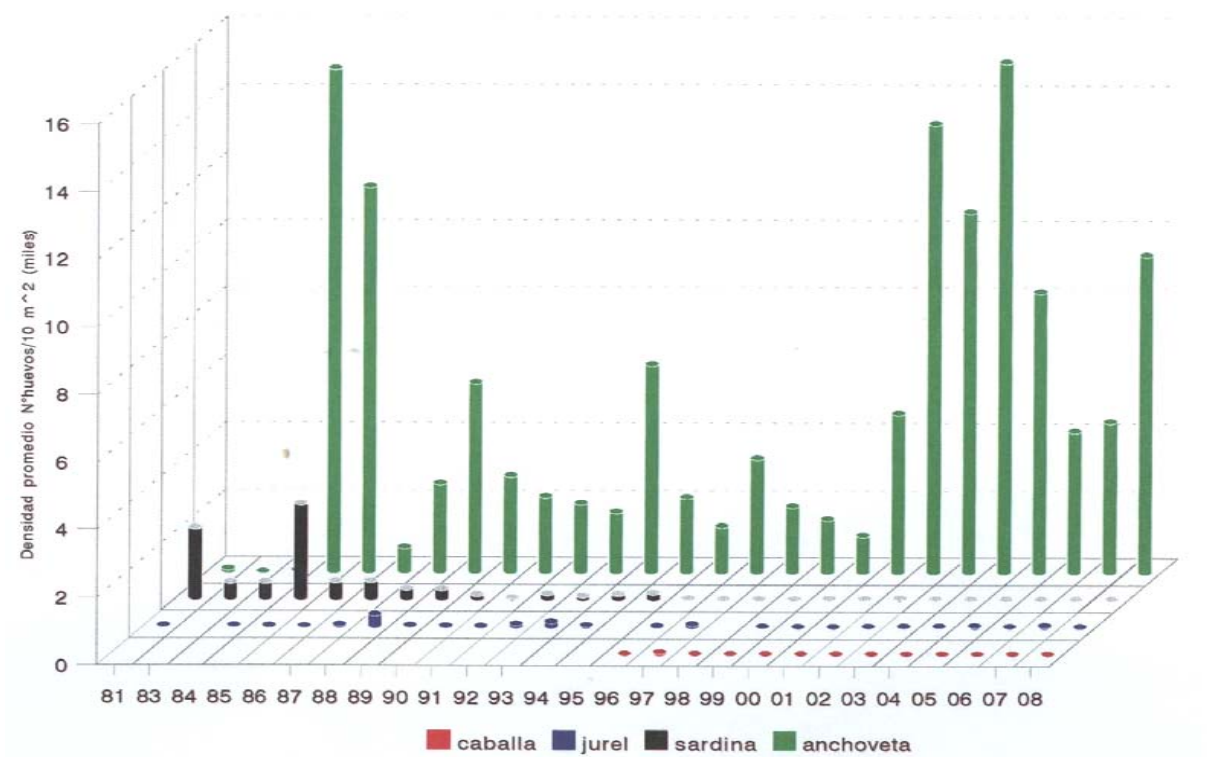


Figura 97. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en el trimestre agosto-octubre de los años 1981-2008.

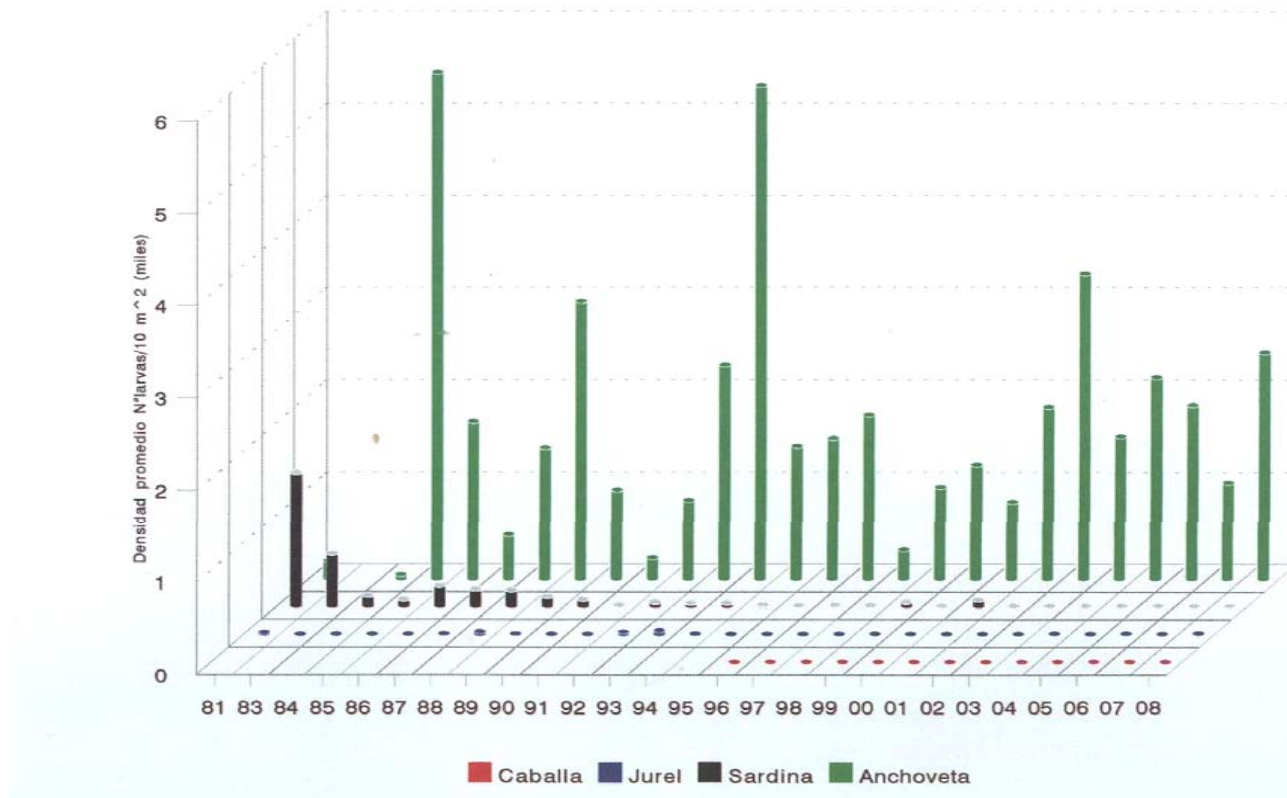


Figura 98. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en el trimestre agosto-octubre de los años 1981-2008.

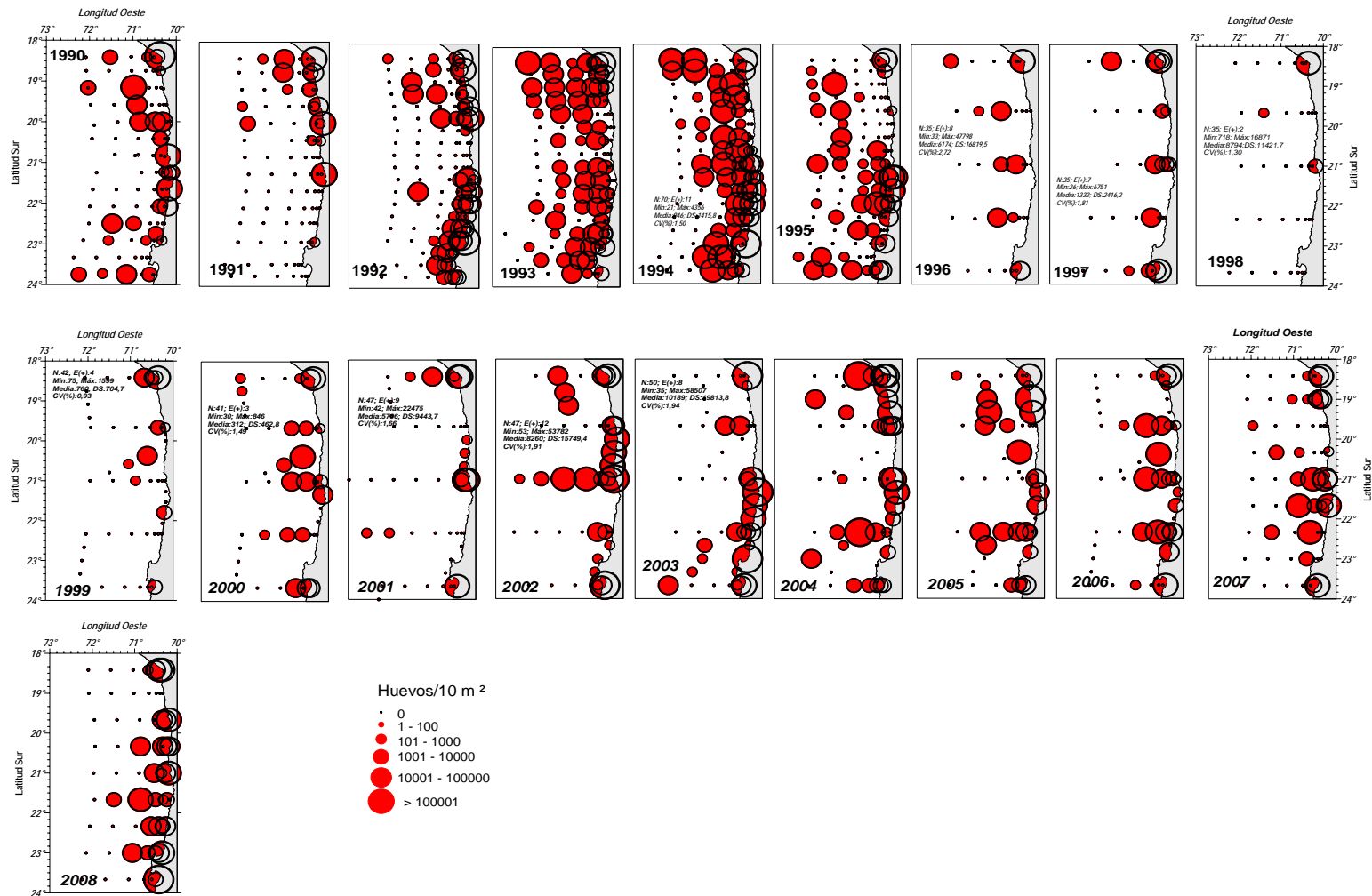


Figura 99. Distribuci3n y Abundancia de huevos de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros agosto - octubre 1990 - 2008.



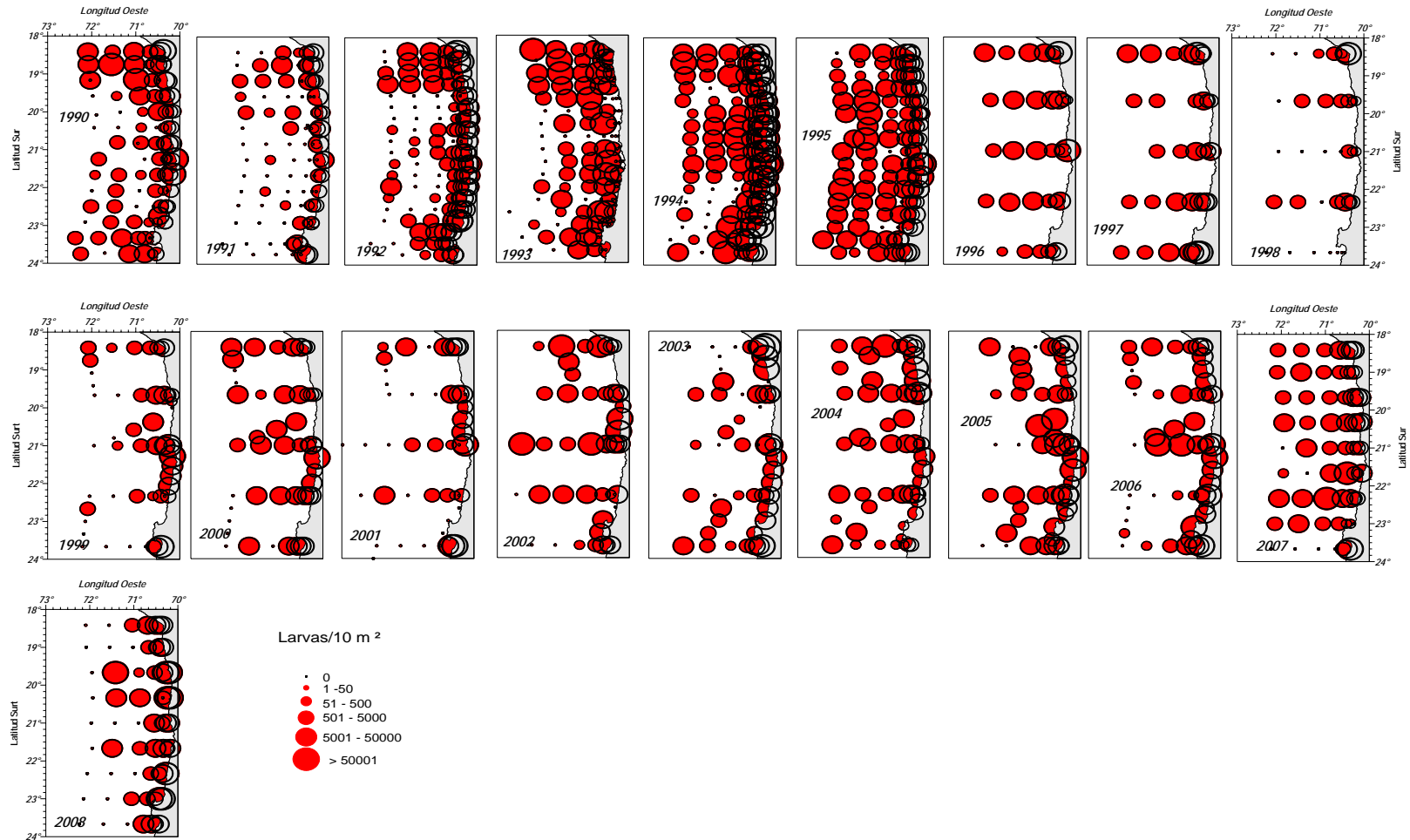


Figura 100. Distribuci3n y abundancia de larvas de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros agosto - octubre 1990 - 2008.

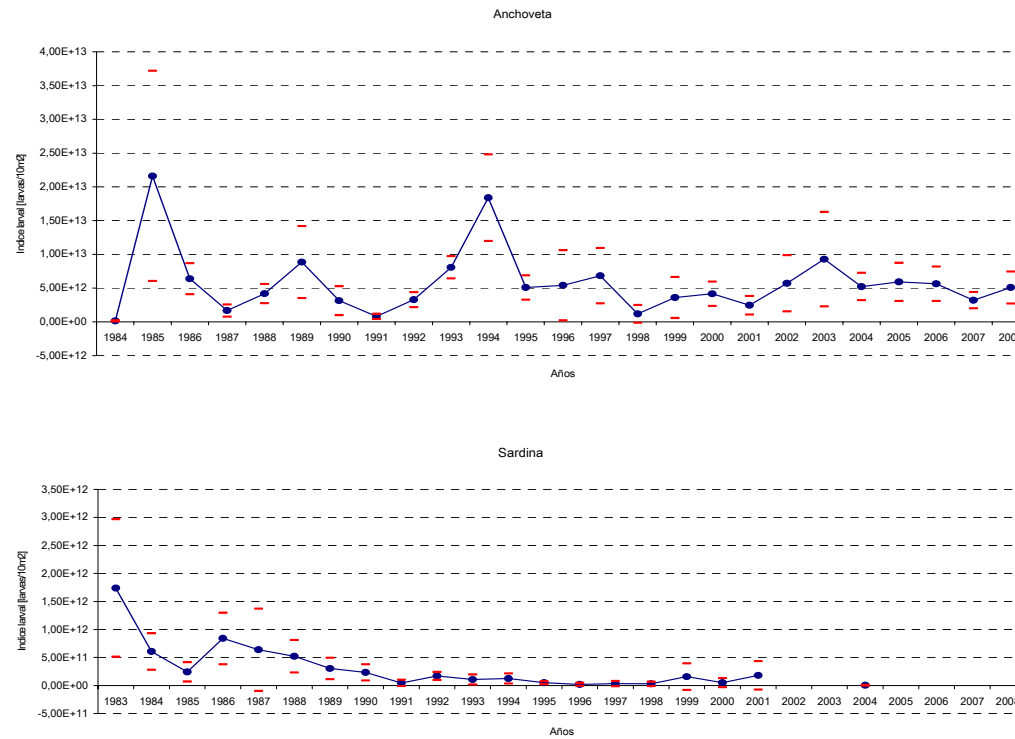


Figura 101. Estimaci3n del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina durante el período agosto - octubre de los años 1984/2008.

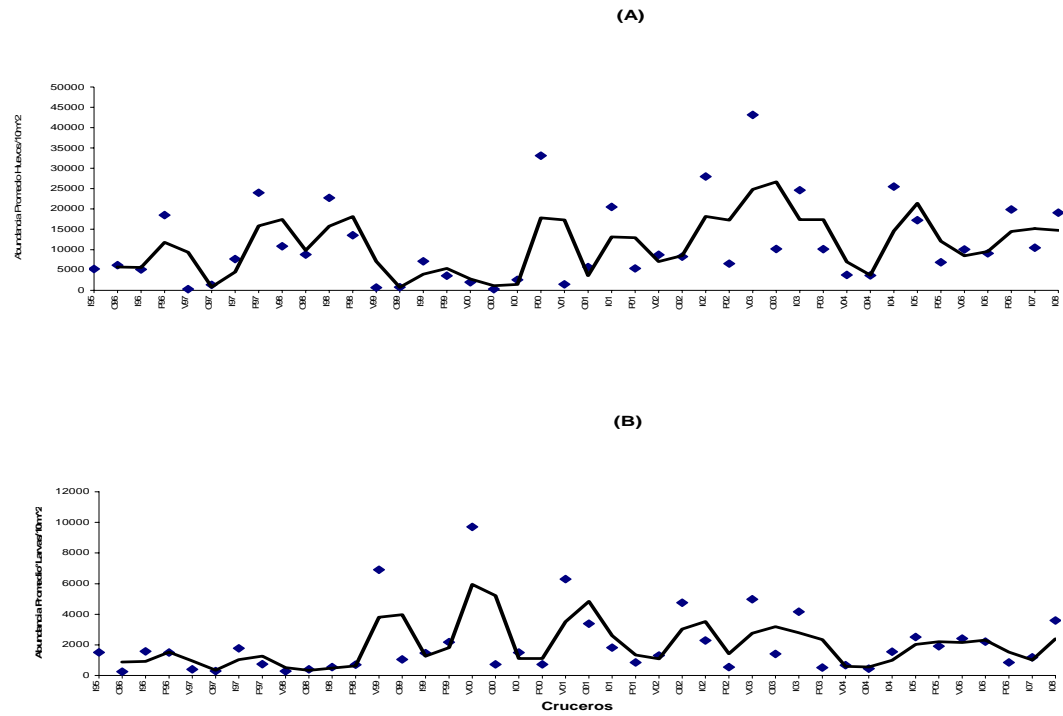


Figura 102. Variaci3n temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta, para el periodo invierno 1995 - invierno 2008. (Línea negra = media móvil)

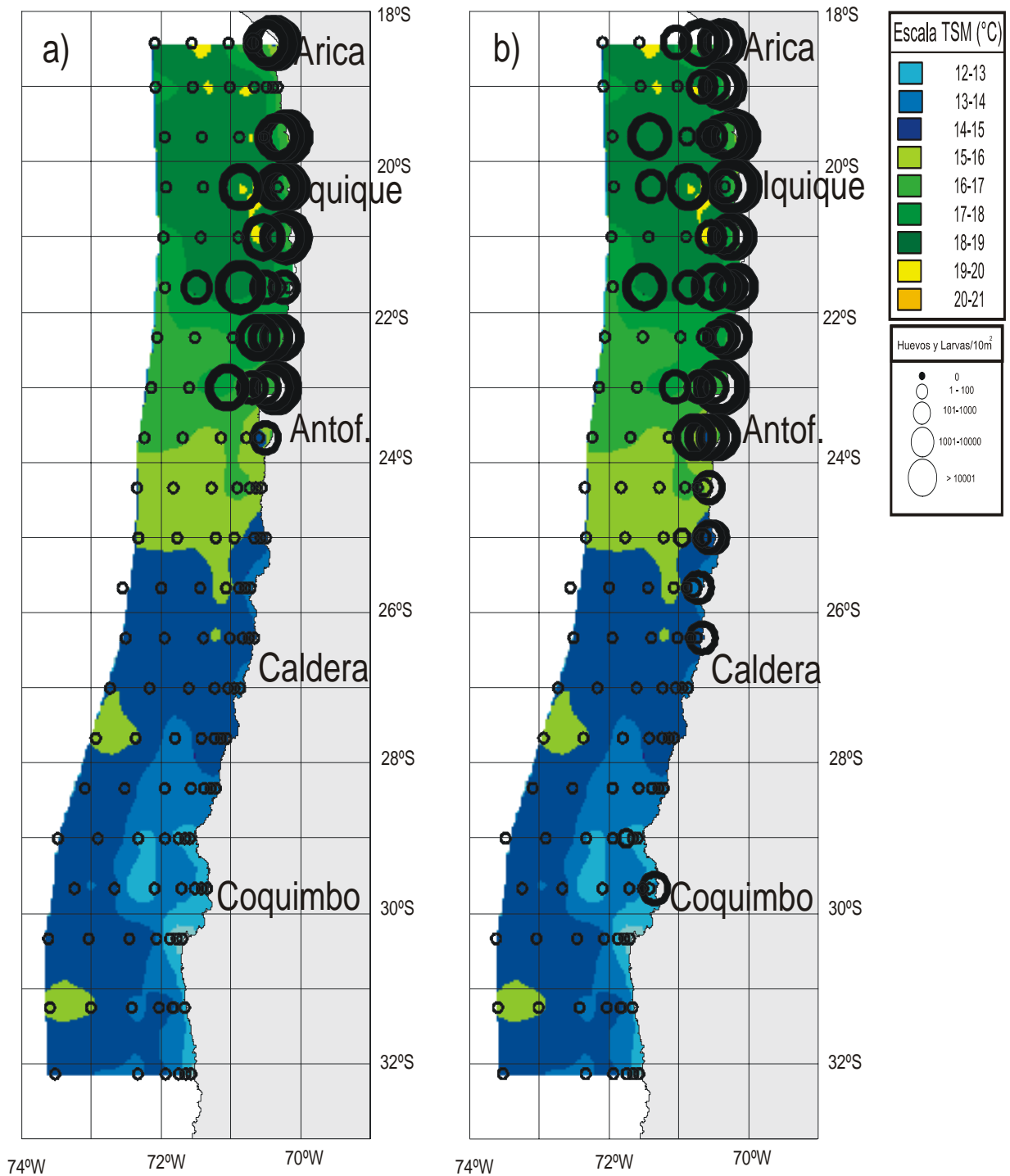


Figura 103. Distribuci3n espacial de la TSM satelital y de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Crucero MOBIO octubre 2008.

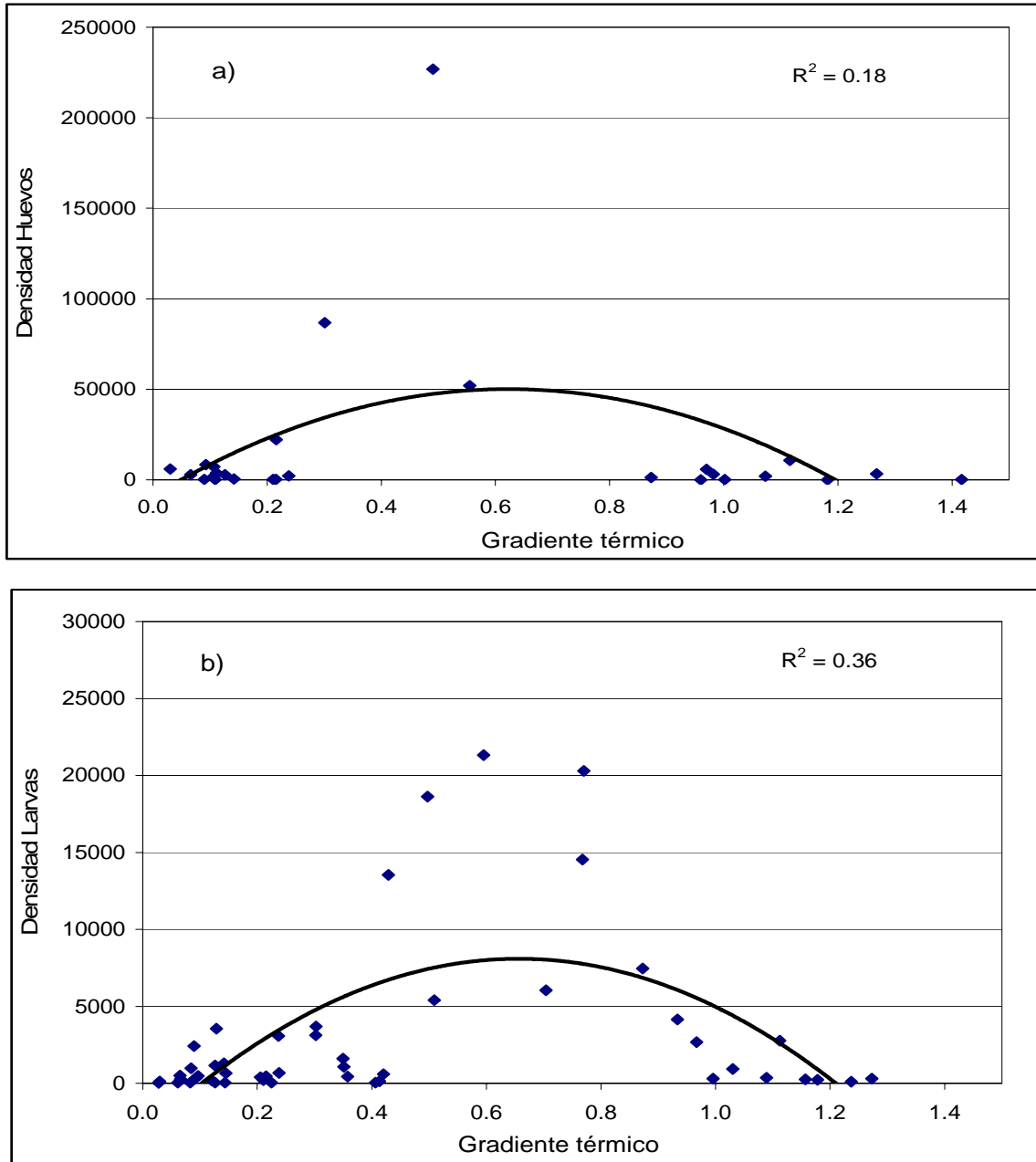


Figura 104. Relaciones entre la densidad de a) huevos y b) larvas de anchoveta y el gradiente térmico.

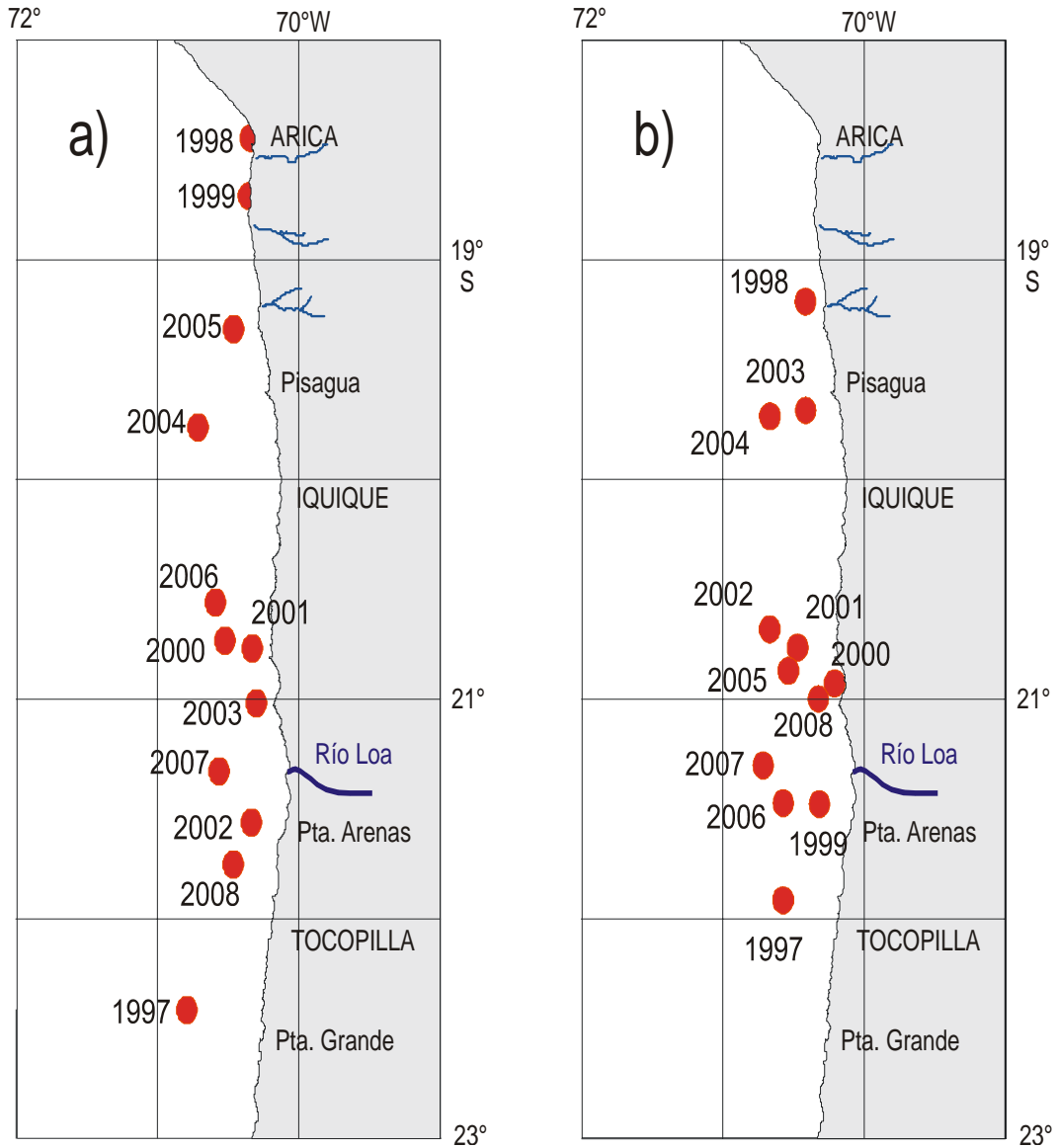
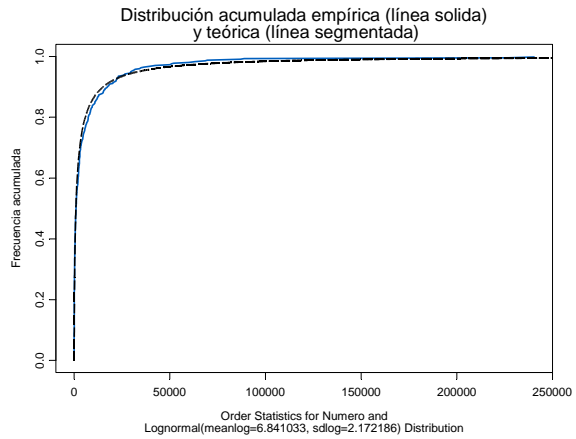
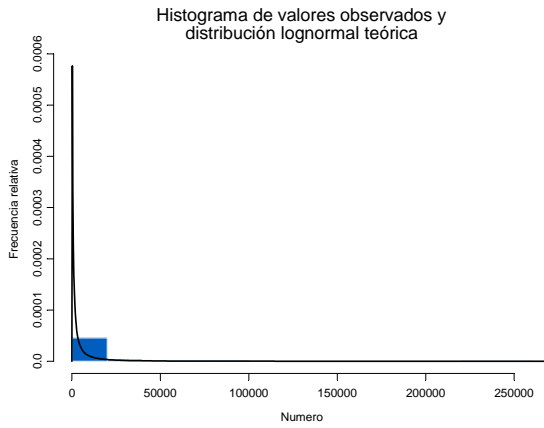


Figura 105. Distribuci3n espacial de los centros de gravedad de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile.



### Densidad de huevos de anchoveta

(a)



### Densidad de larvas de anchoveta

(b)

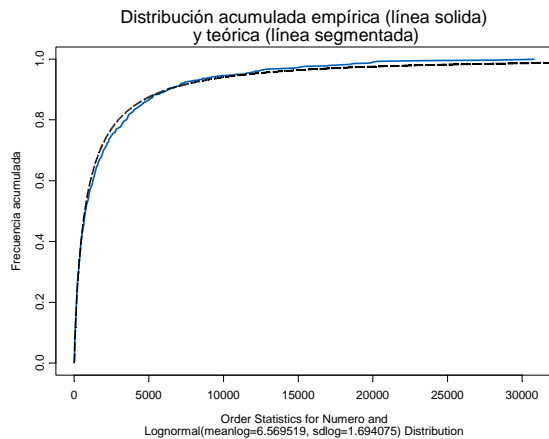


Figura 106. Histograma, funci3n de densidad de probabilidad te3rica lognormal (a) y funci3n de distribuci3n acumulada emp3rica y te3rica (b) para la variable densidad de huevos, cruceros realizados en la I y II Regi3n entre Septiembre y Octubre durante el periodo de 1993 a 2008.

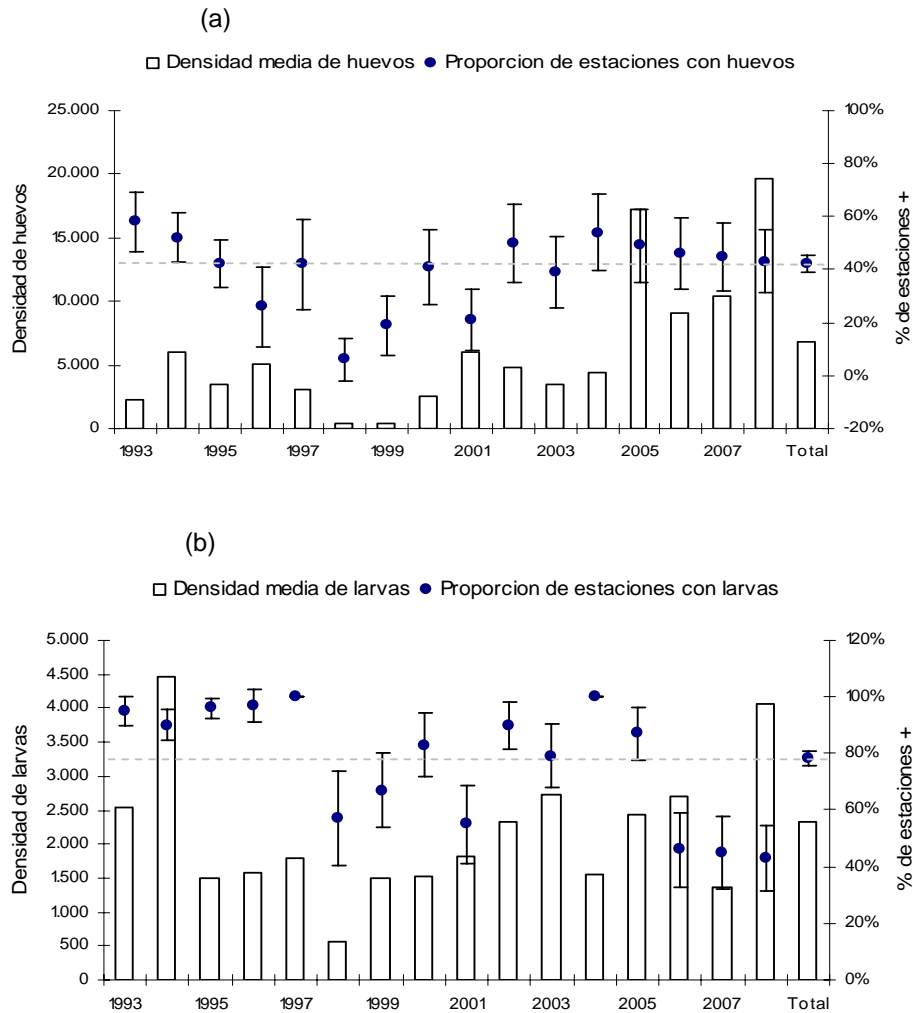
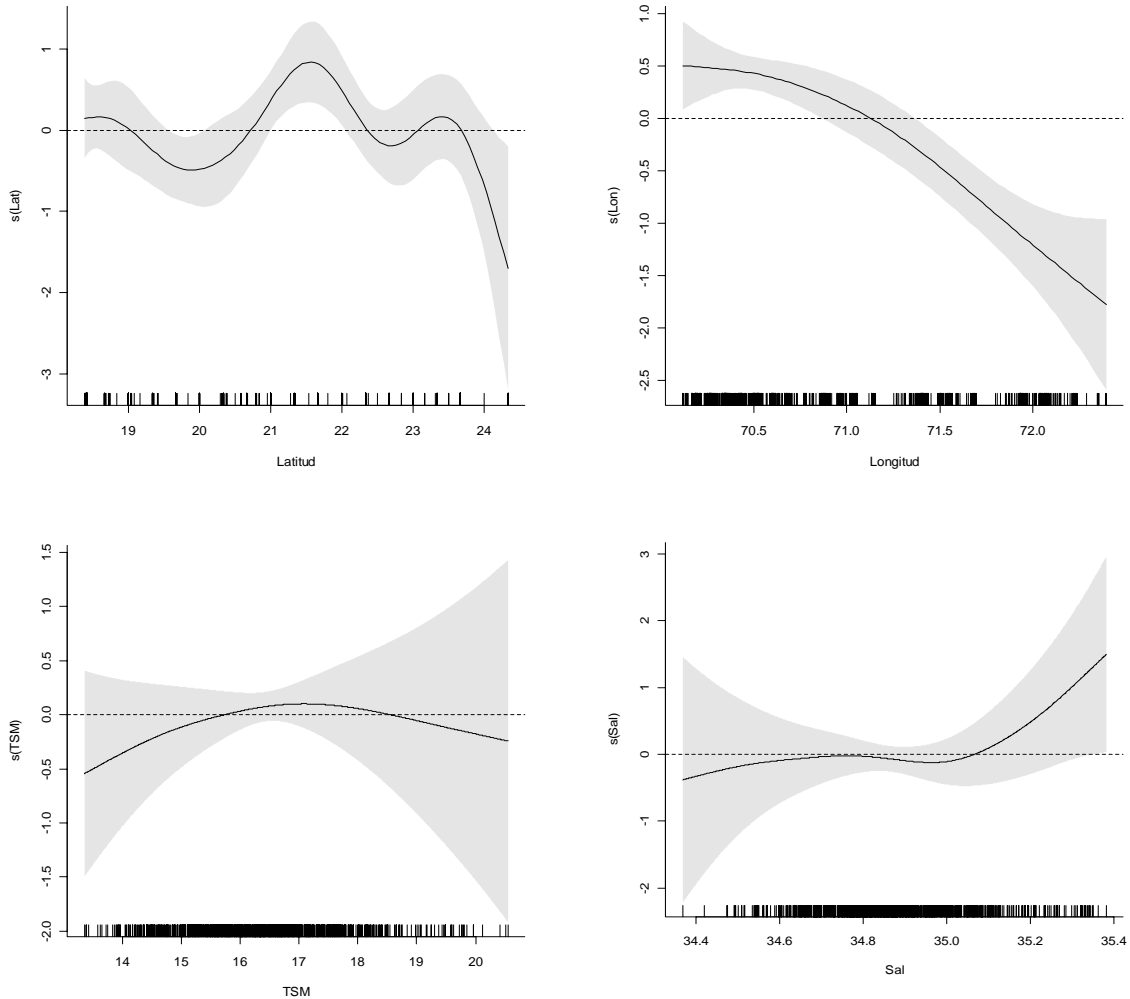


Figura 107. Densidad media y proporción de estaciones positivas con su intervalo de confianza para huevos (a) y larvas (b) de anchoveta, por año y periodo total. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre entre los años 1993 a 2008.





**Figura 108.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estaci3n, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersi3n (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, l3neas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X,P)$  corresponde a la funci3n suavizadora spline para la variable  $X$  con  $P$  grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Regi3n entre Septiembre y Octubre , desde el a3o 1993 a 2008.

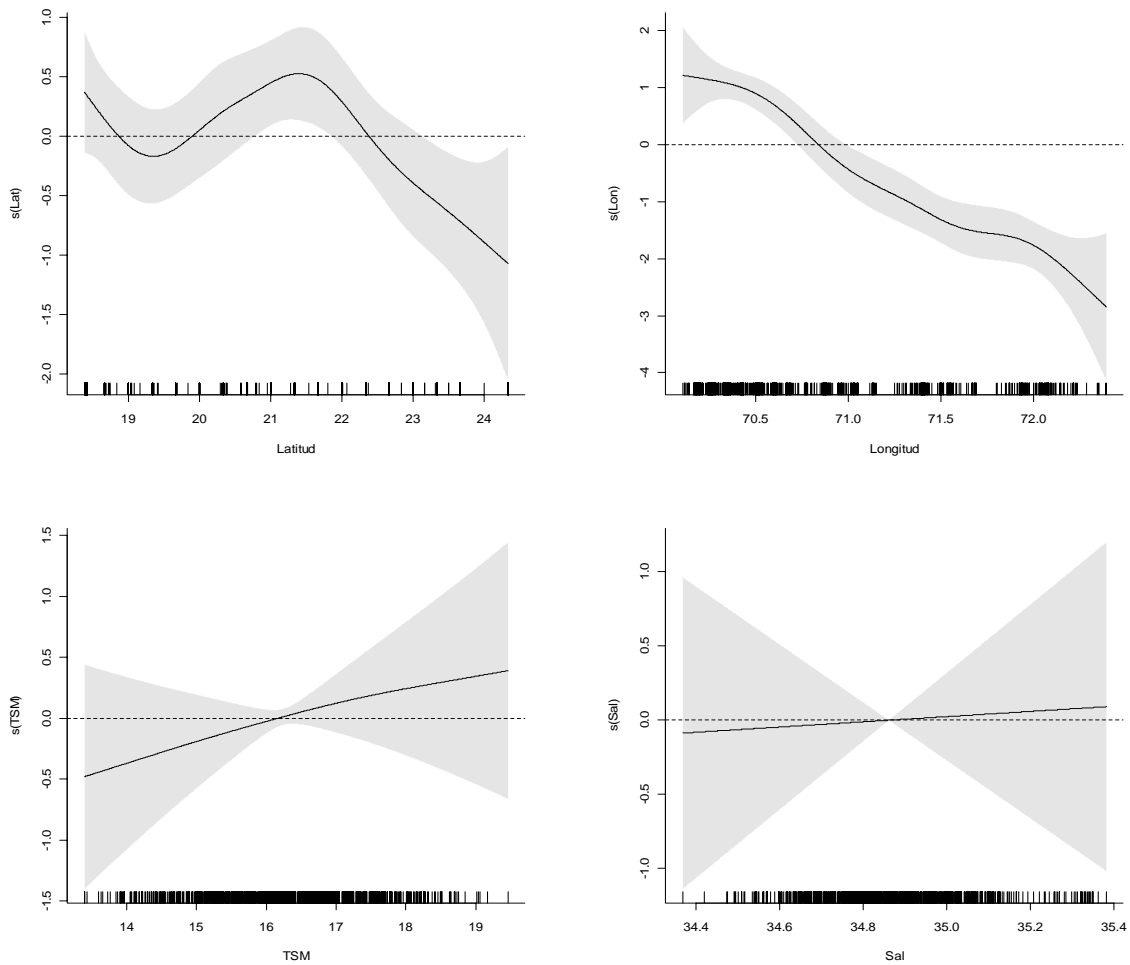


Figura 109. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de larvas de anchoveta por estaci3n, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersi3n (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, lneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X, P)$  corresponde a la funci3n suavizadora spline para la variable  $X$  con  $P$  grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Regi3n entre Septiembre y Octubre, desde el a3o 1993 a 2008.

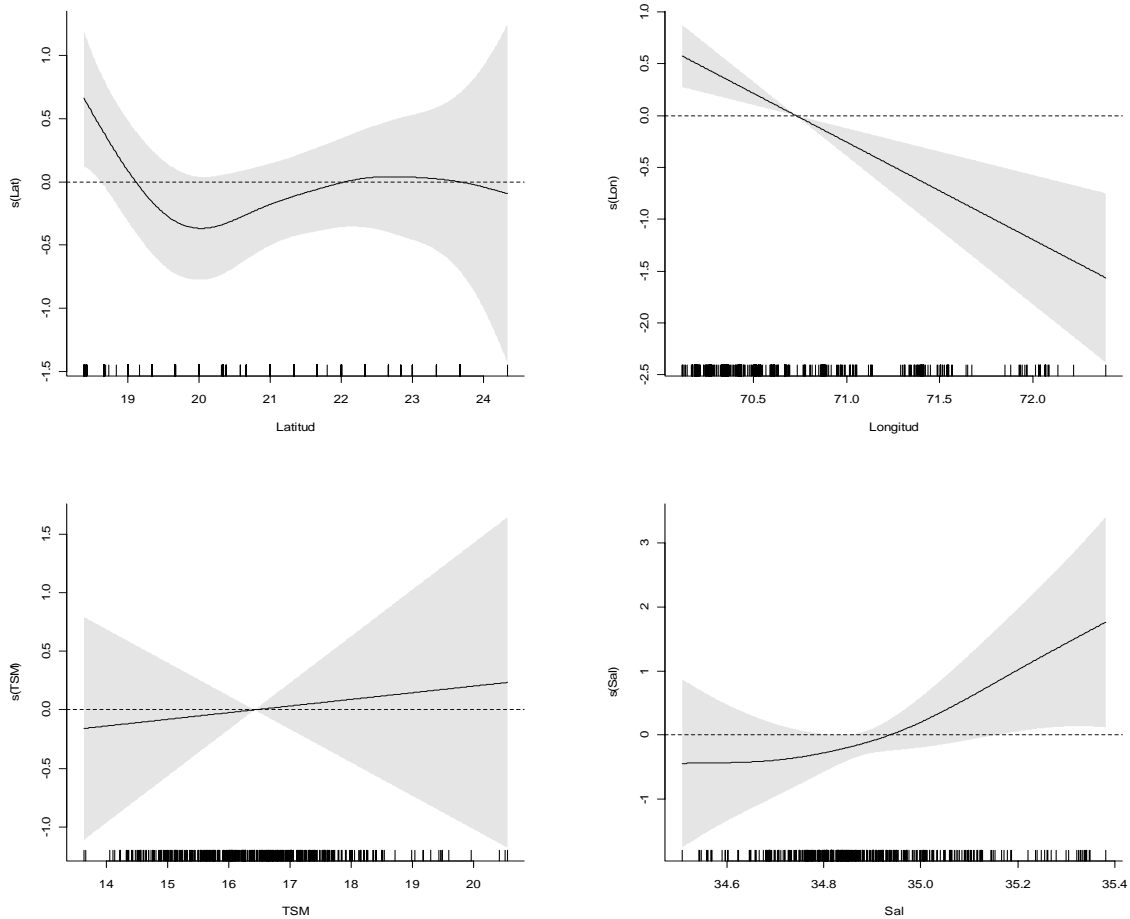
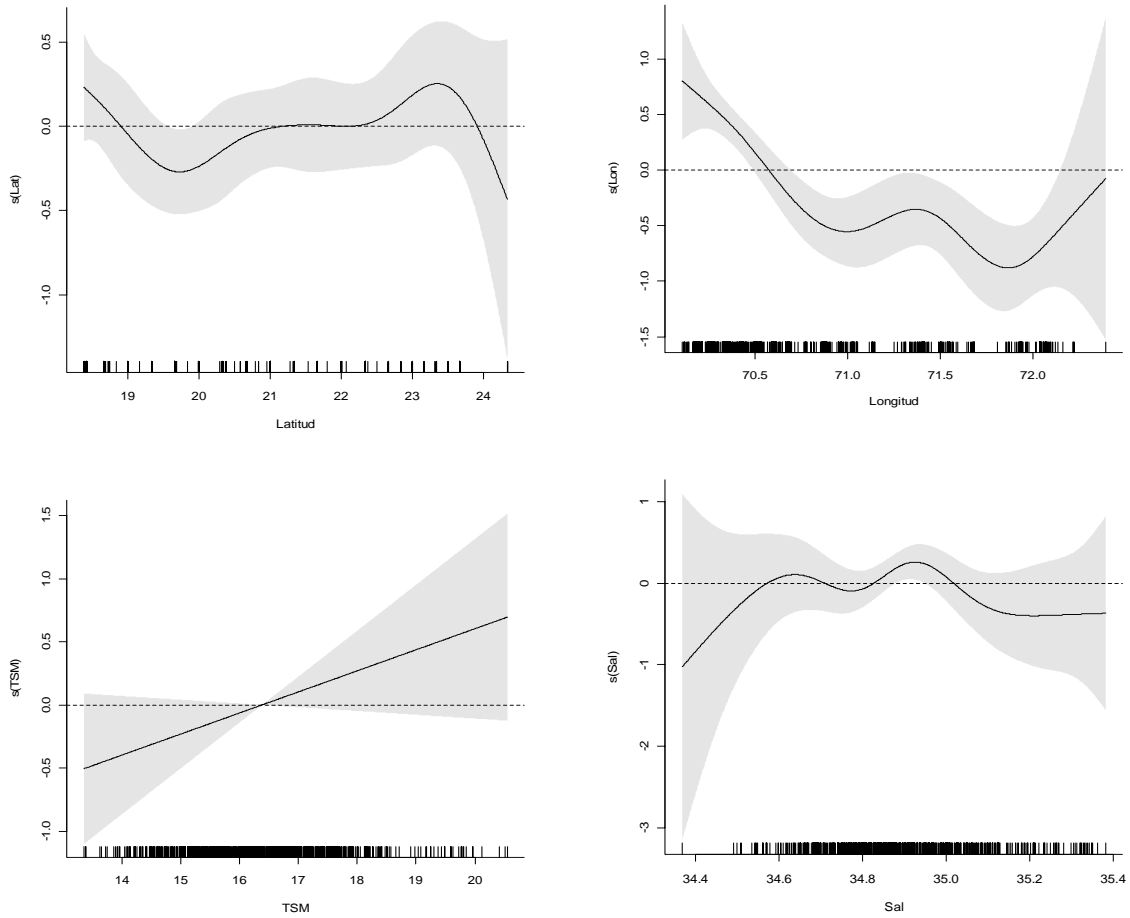


Figura 110. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X,P)$  corresponde a la función suavizada spline para la variable  $X$  con  $P$  grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre, desde el año 1993 a 2008.



**Figura 111.** Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de larvas de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X, P)$  corresponde a la funci3n suavizadora spline para la variable  $X$  con  $P$  grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Regi3n entre Septiembre y Octubre, desde el a3o 1993 a 2008.

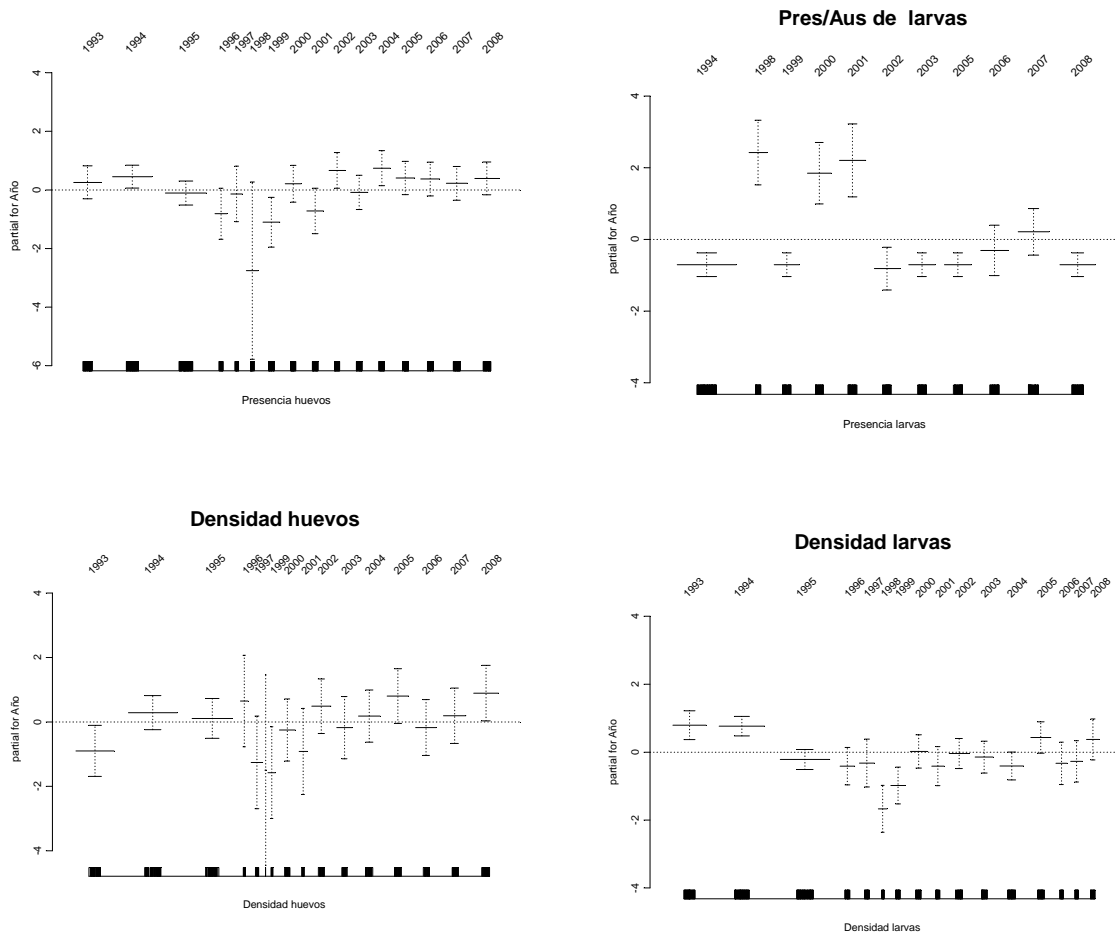


Figura 112. Tendencias de los índices por crucero obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre, desde el año 1993 a 2008.

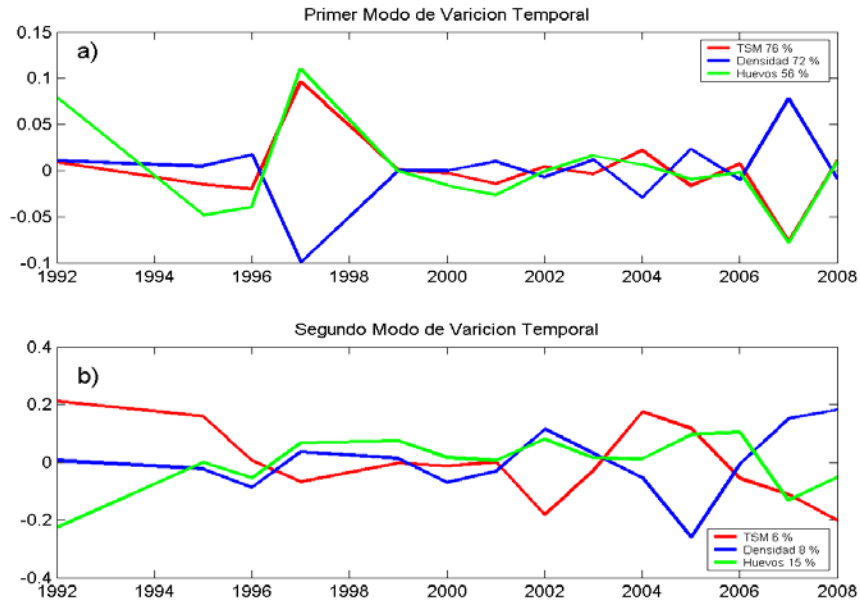


Figura 113. Primer (a) y segundo (b) modo de variaci3n temporal de la TSM, densidad y Huevos de anchoveta. Periodo 1992-2008.

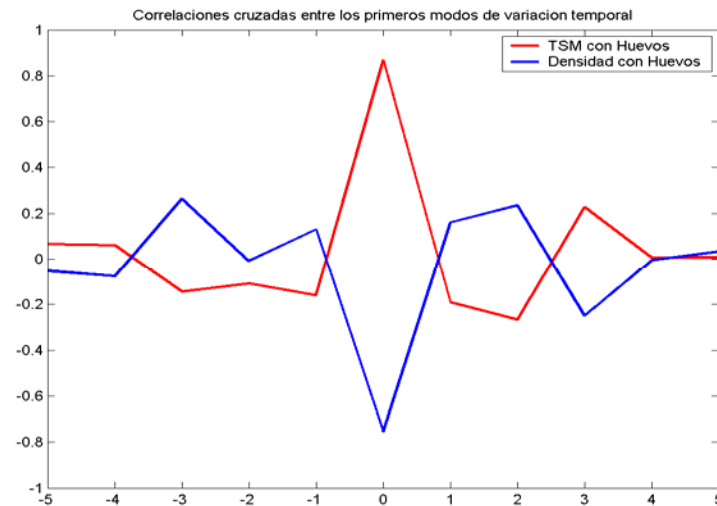


Figura 114. Correlaciones cruzadas normalizadas entre el primer modo de variaci3n de la TSM y huevos de anchoveta y en primer modo de variaci3n de la densidad y los huevos de anchoveta con un desplazamiento temporal de hasta 5 a1os (lags). Periodo 1992-2008.

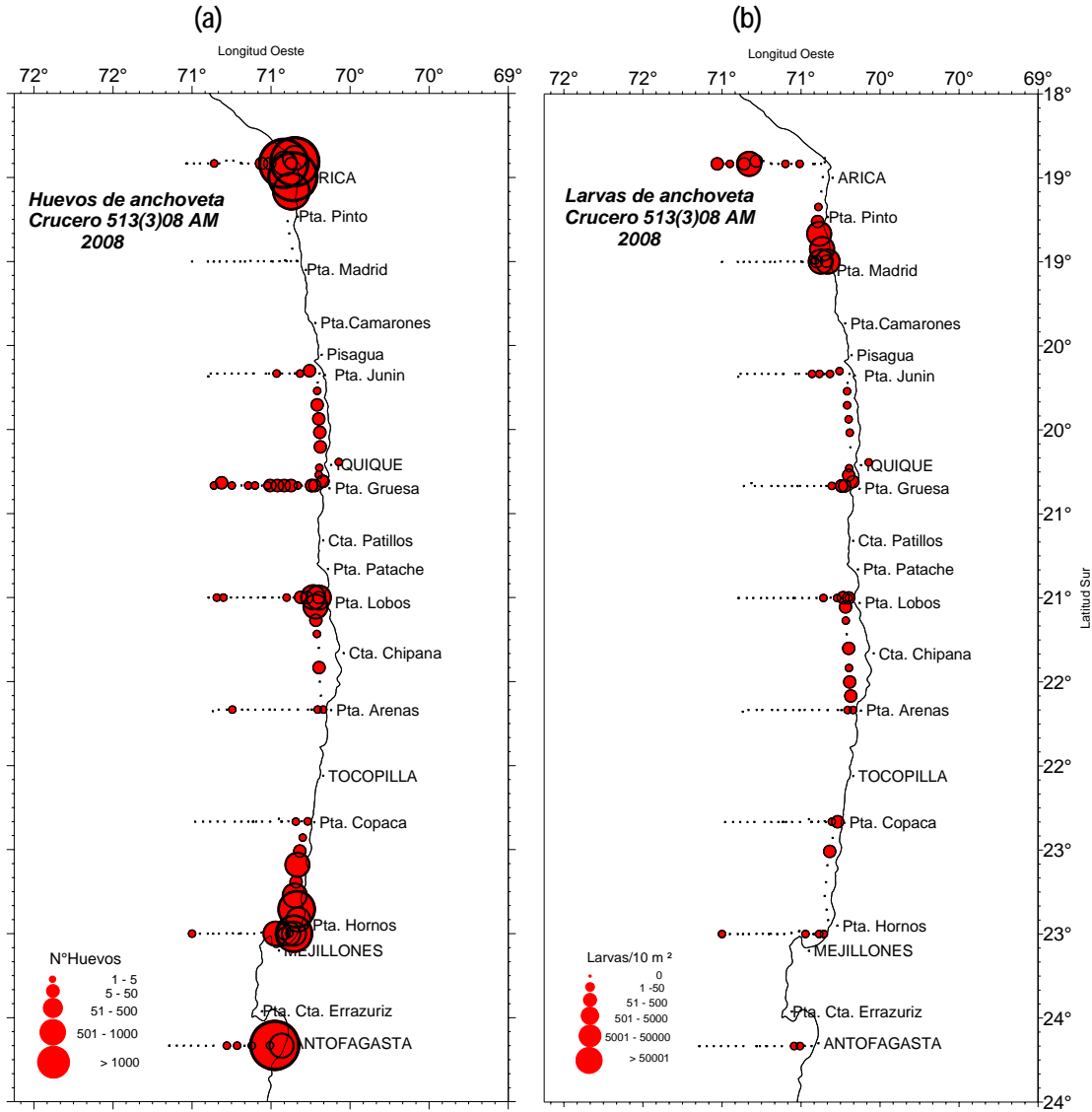


Figura 115. Distribuci3n espacial y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de anchoveta recolectados con la bomba de huevos CUFES. Crucero MOBIO 0810. Octubre 2008.

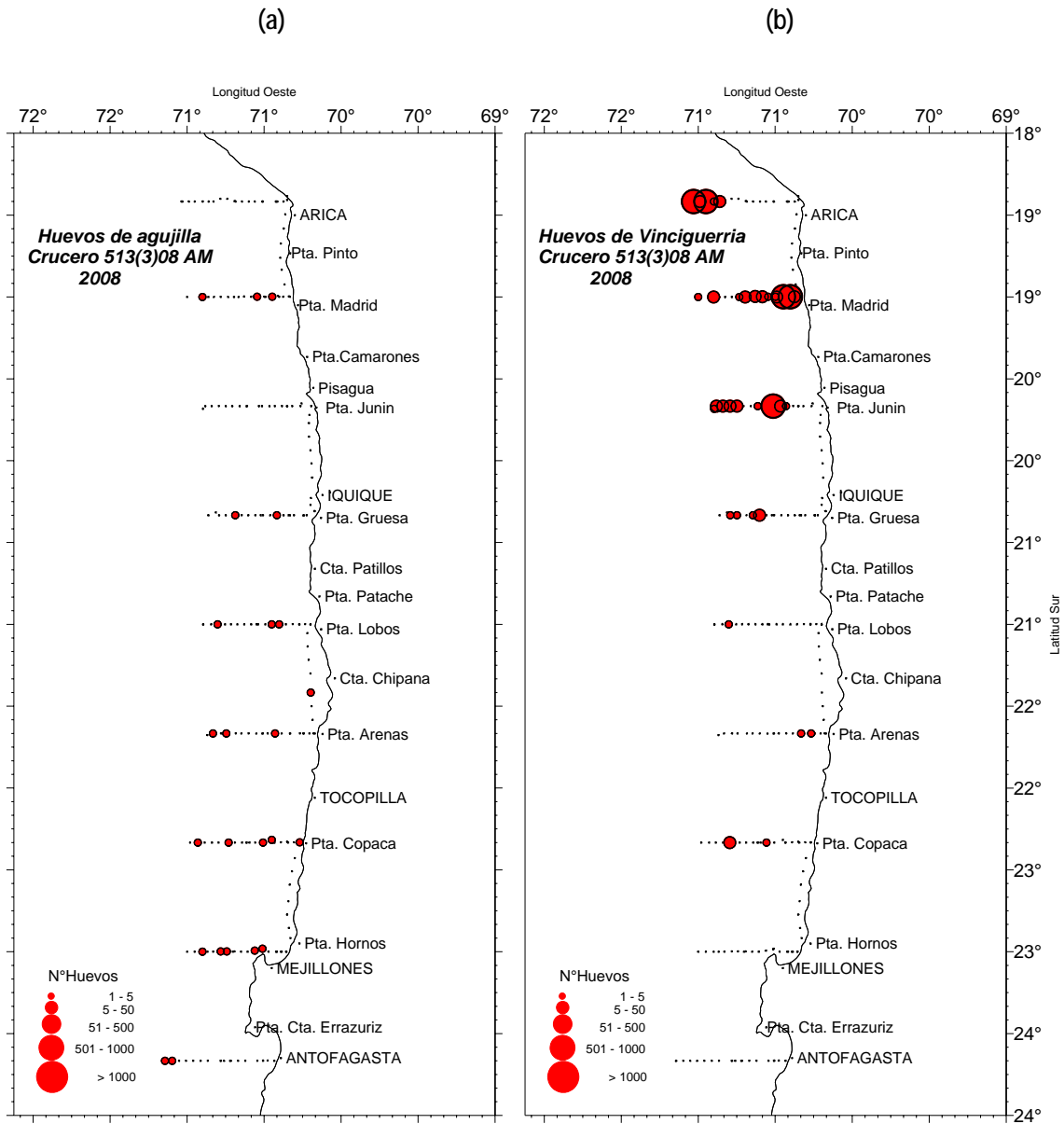


Figura 116. Distribución espacial y abundancia de huevos de (a) agujilla y (b) *Vinciguerria*, recolectados con la bomba de huevos CUFES. Crucero MOBIO 0810. Octubre 2008.



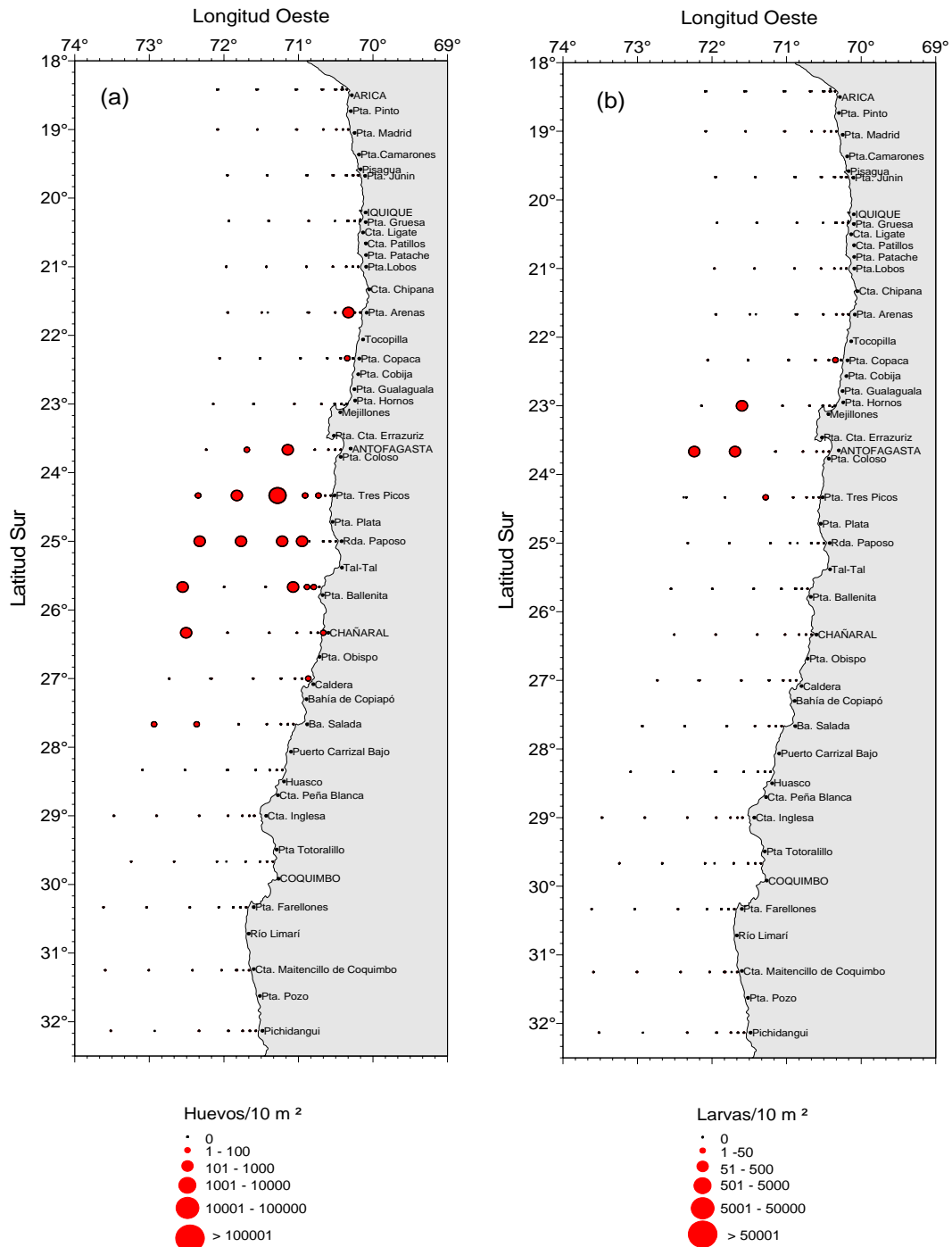


Figura 117. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de jurel. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

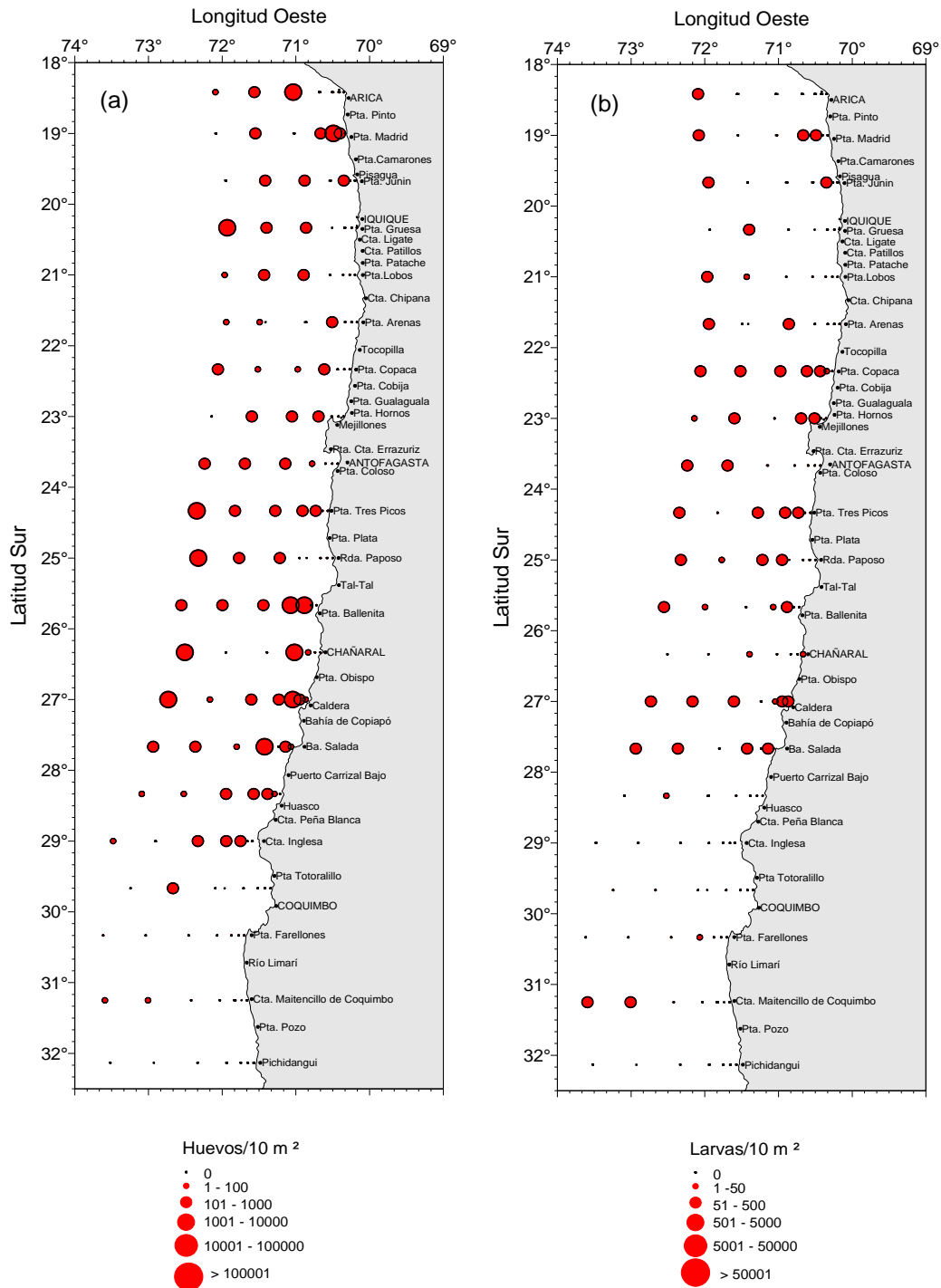


Figura 118. Distribuci3n y abundancia de huevos (a) y larvas (b) de Vinciguerria. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

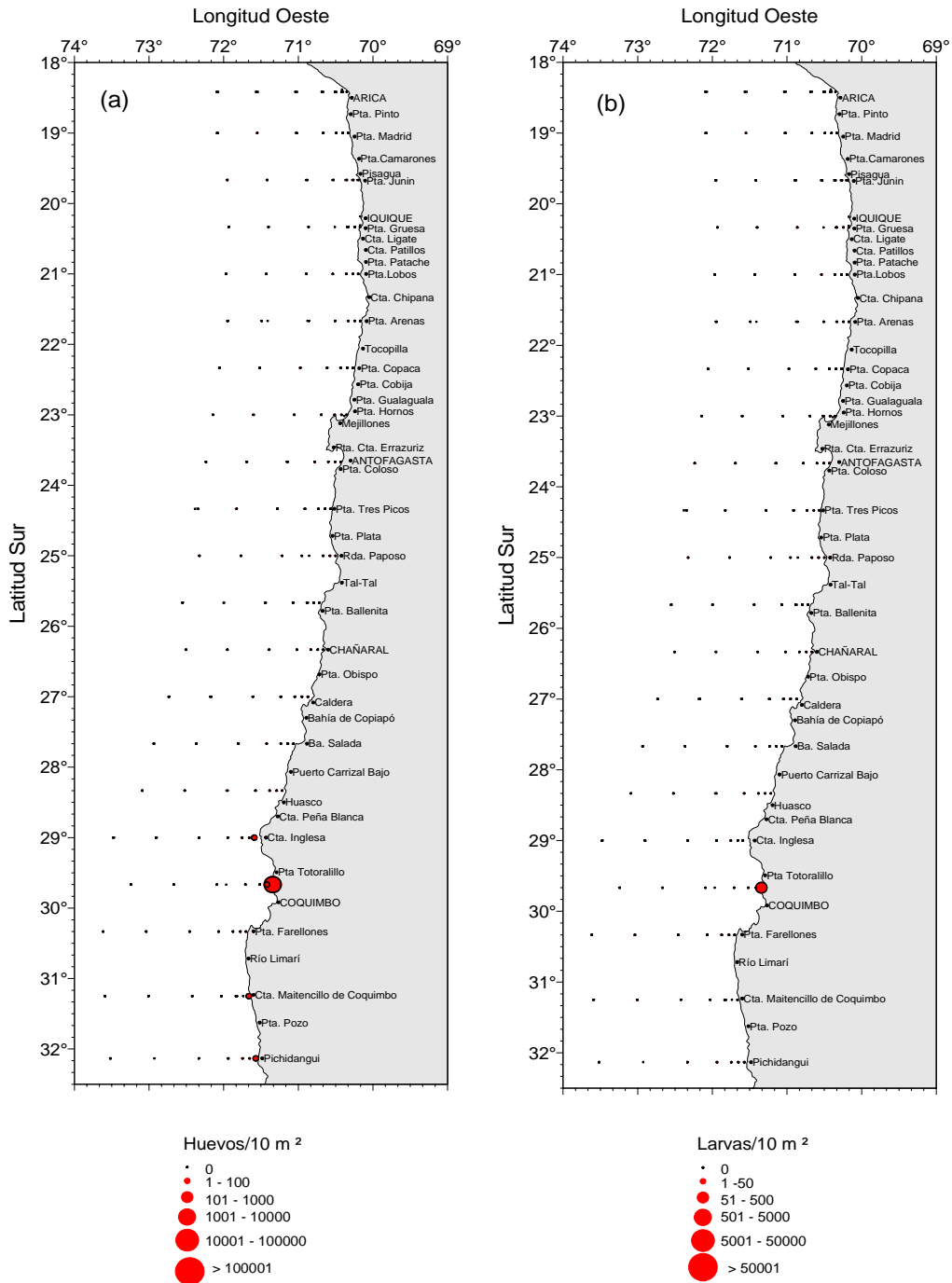


Figura 119. Distribuci3n y abundancia de huevos (a) y larvas (b) de merluza com3n. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

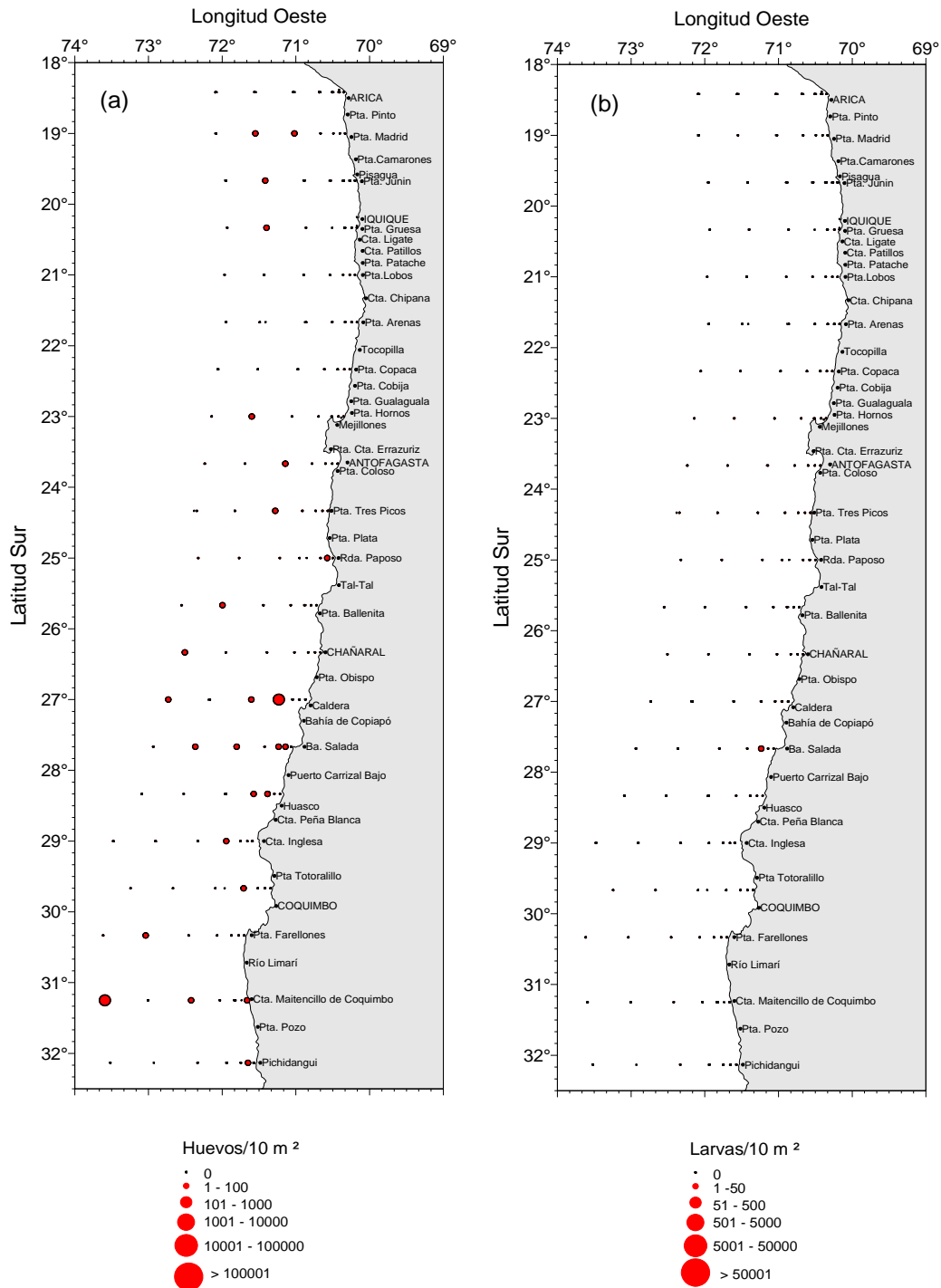


Figura 120. Distribuci3n y abundancia de huevos (a) y larvas (b) de agujilla. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

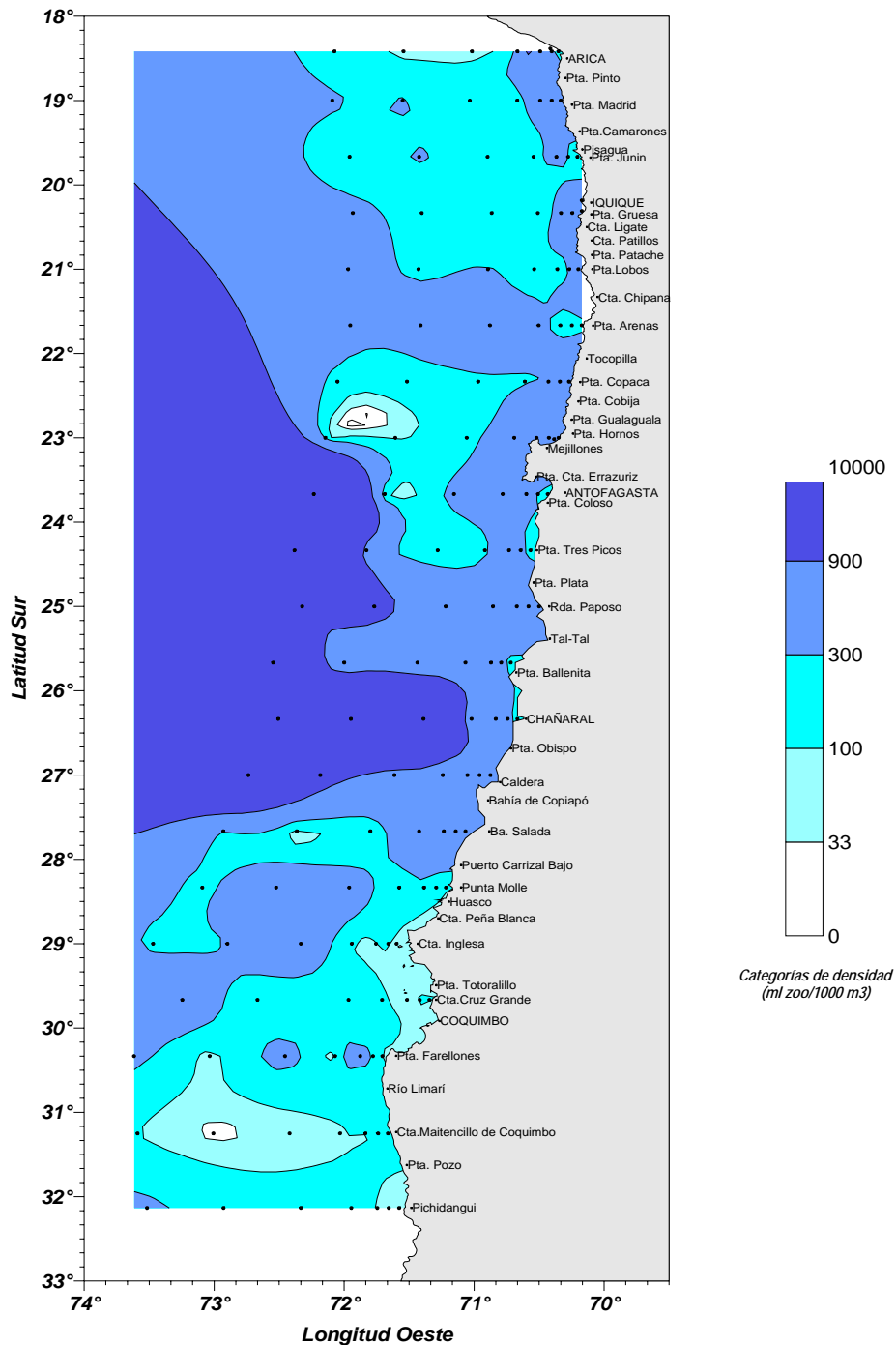


Figura 121. Distribución de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1000 m<sup>3</sup> de agua filtrada). Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

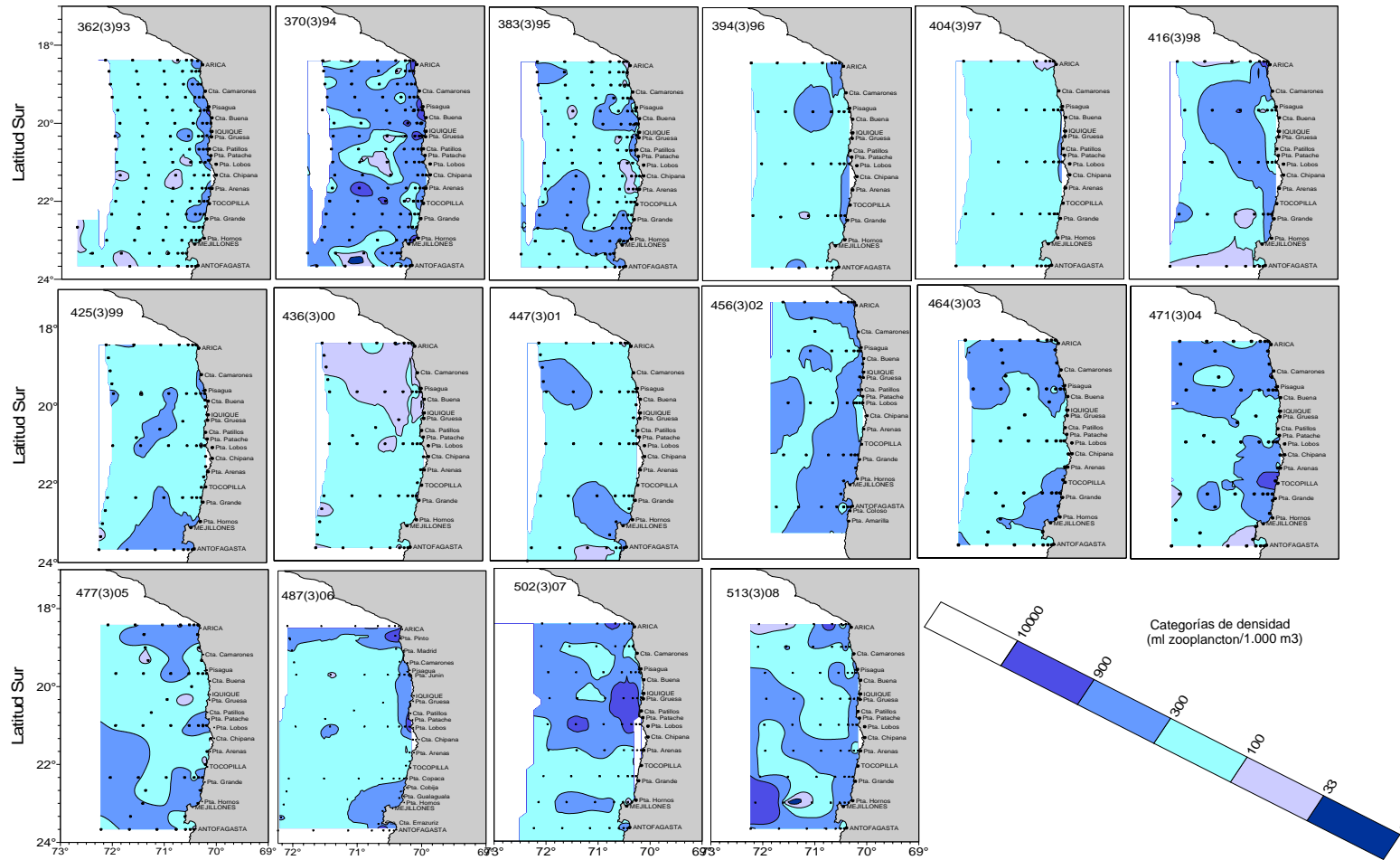


Figura 122. Distribuci3n de la biomasa zooplanct3nica para la zona Arica - Antofagasta para el per3odo agosto-octubre de los a3os 1993 - 2008.

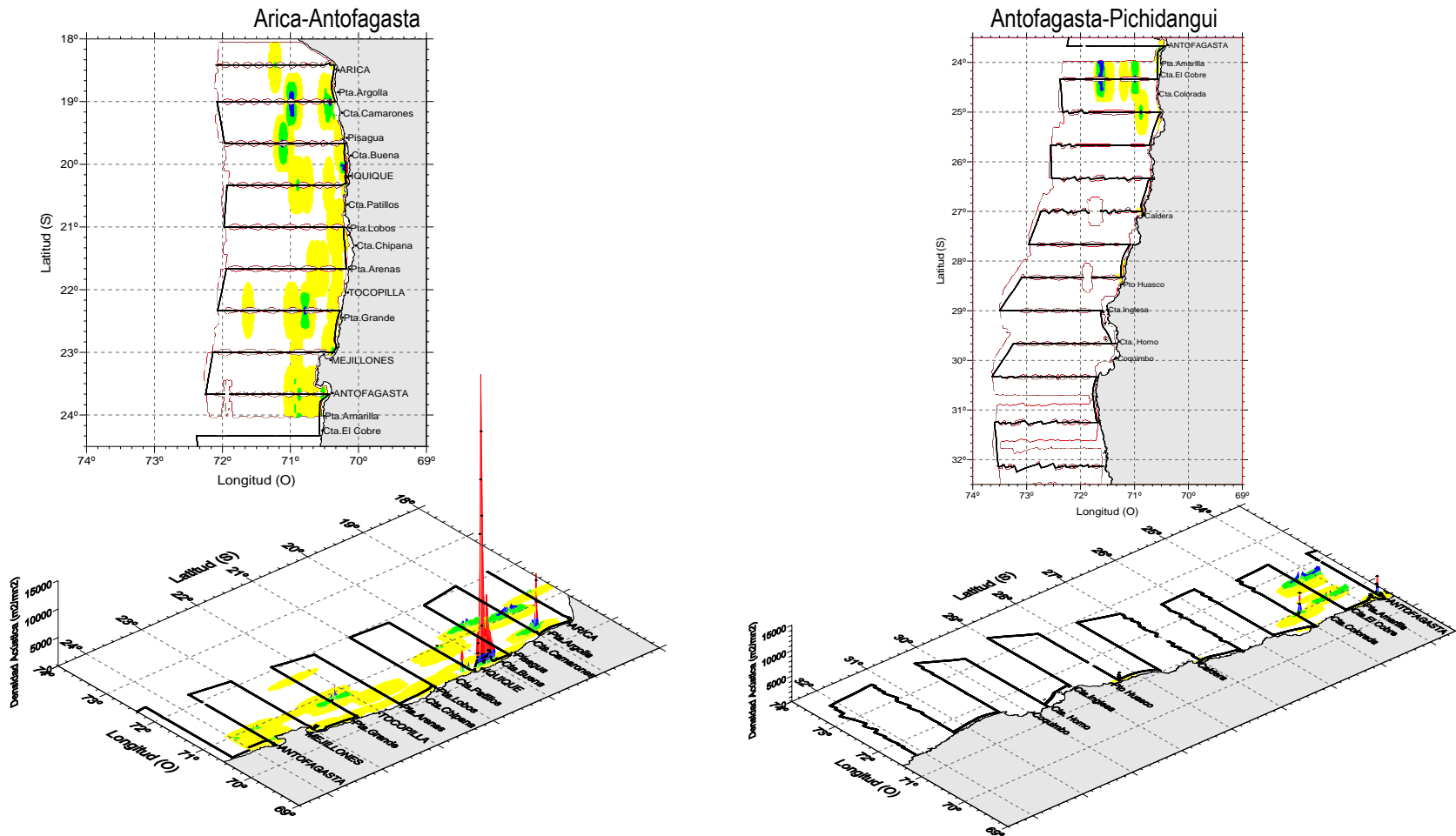


Figura 123. Distribuci3n geogr3fica de anchoveta entre Arica-Antofagasta y Antofagasta-Pichidanguí. Crucero MOBIO 0810.

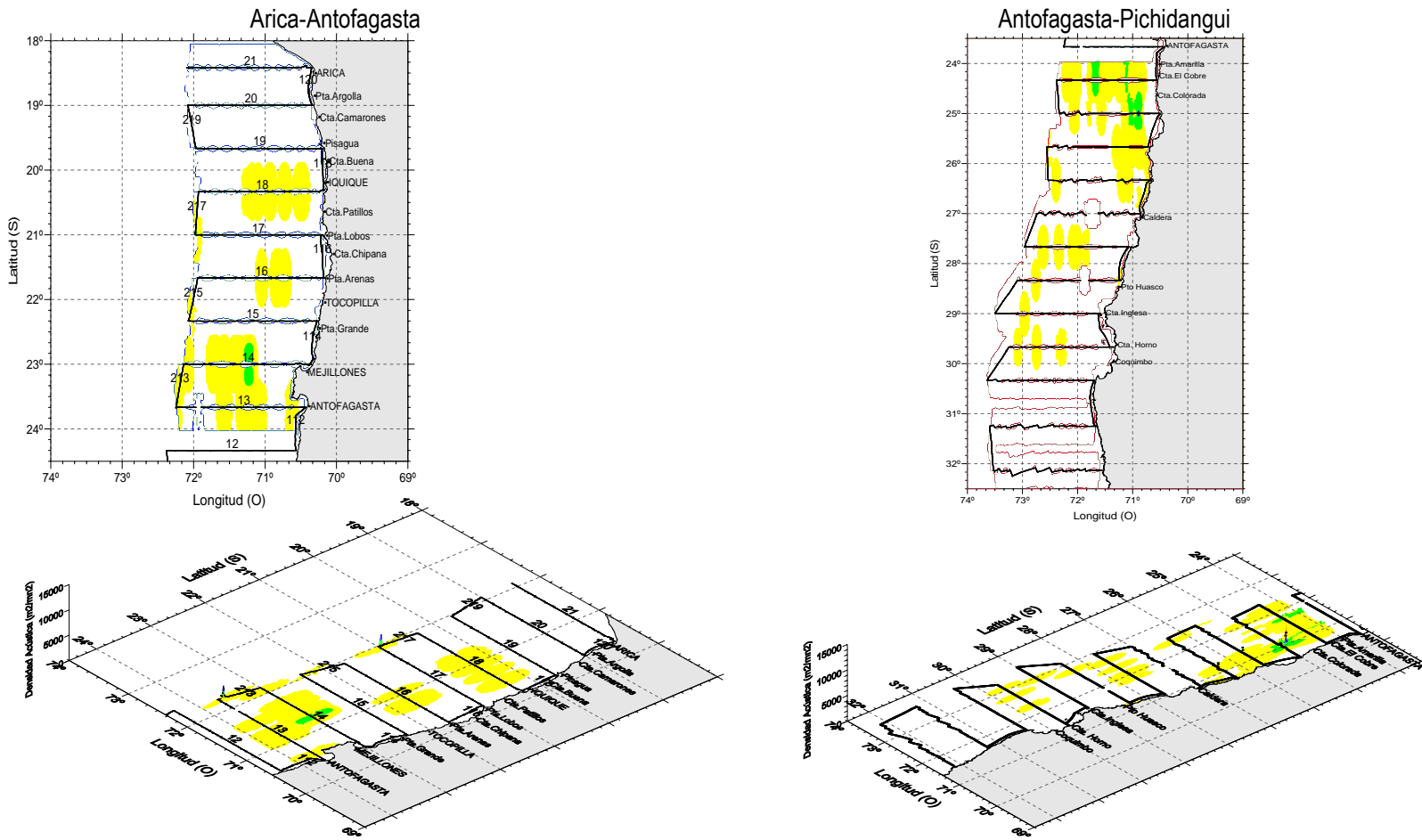


Figura 124. Distribuci3n geogr1fica de jurel entre Arica-Antofagasta y Antofagasta-Pichidangui. Crucero MOBIO 0810.



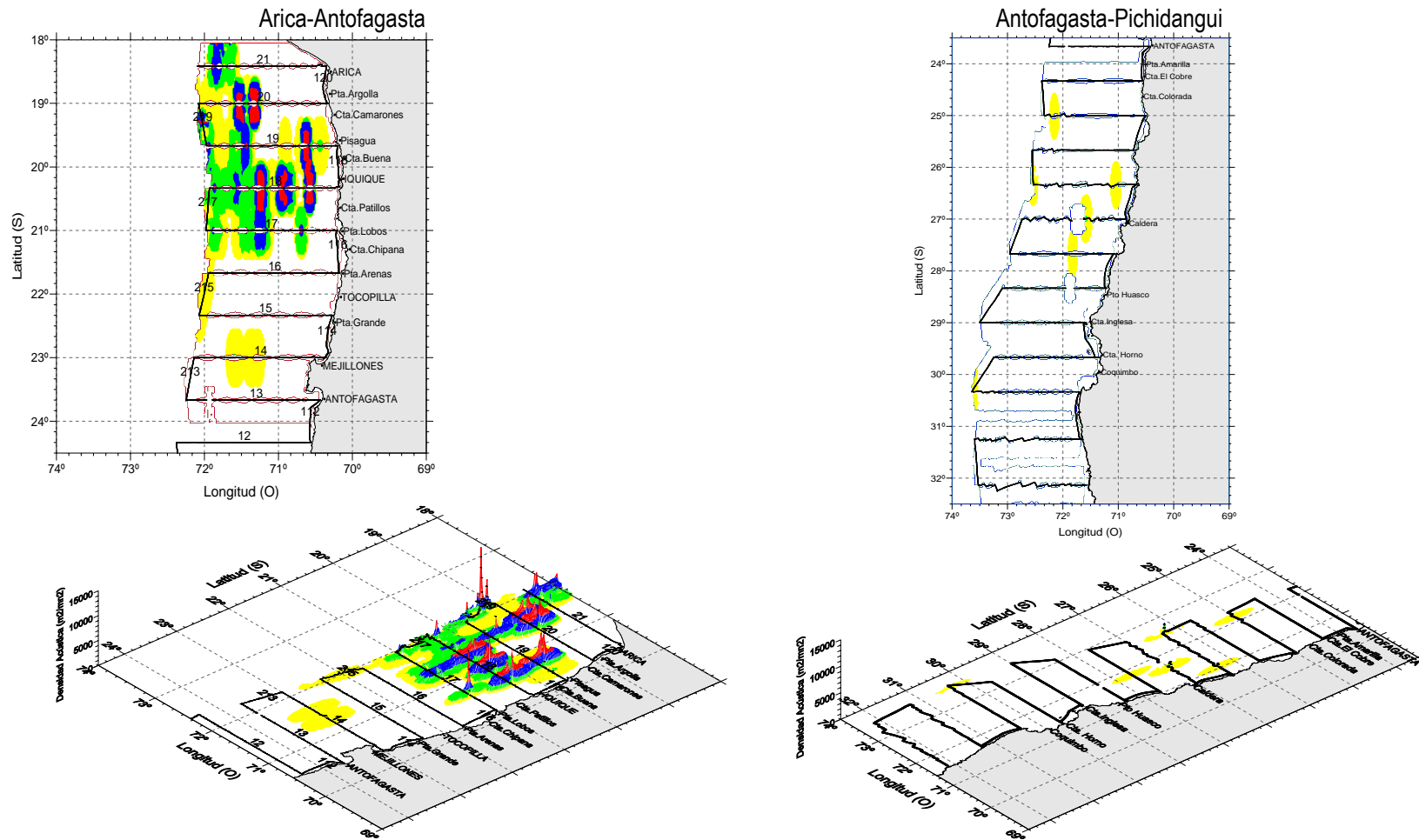


Figura 125. Distribuci3n geogr1fica de pez linterna entre Arica-Antofagasta y Antofagasta-Pichidangui. Crucero MOBIO 0810.

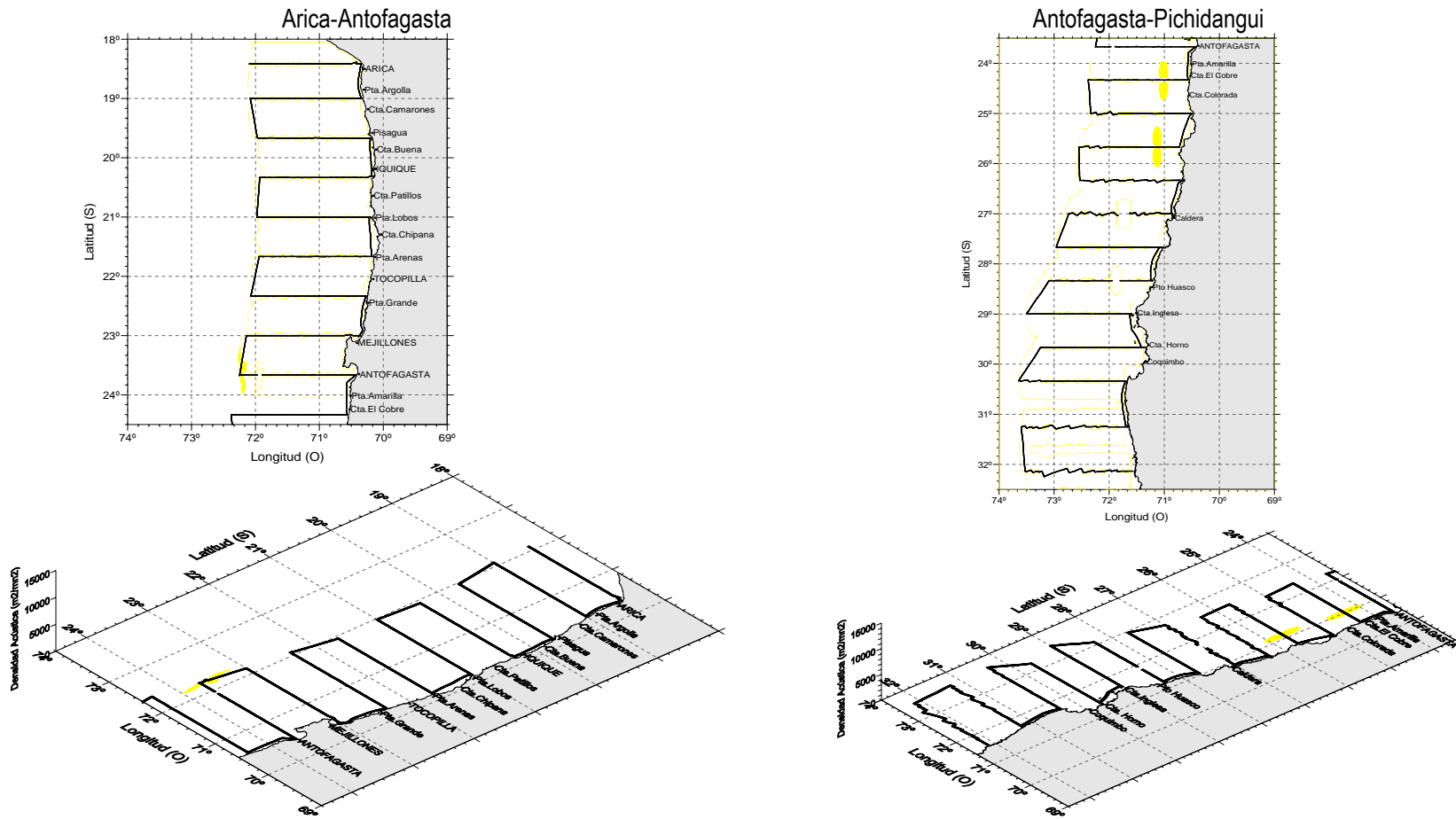


Figura 126. Distribuci3n geogr1fica de caballa entre Arica-Antofagasta y Antofagasta-Pichidangui. Crucero MOBIO 0810.

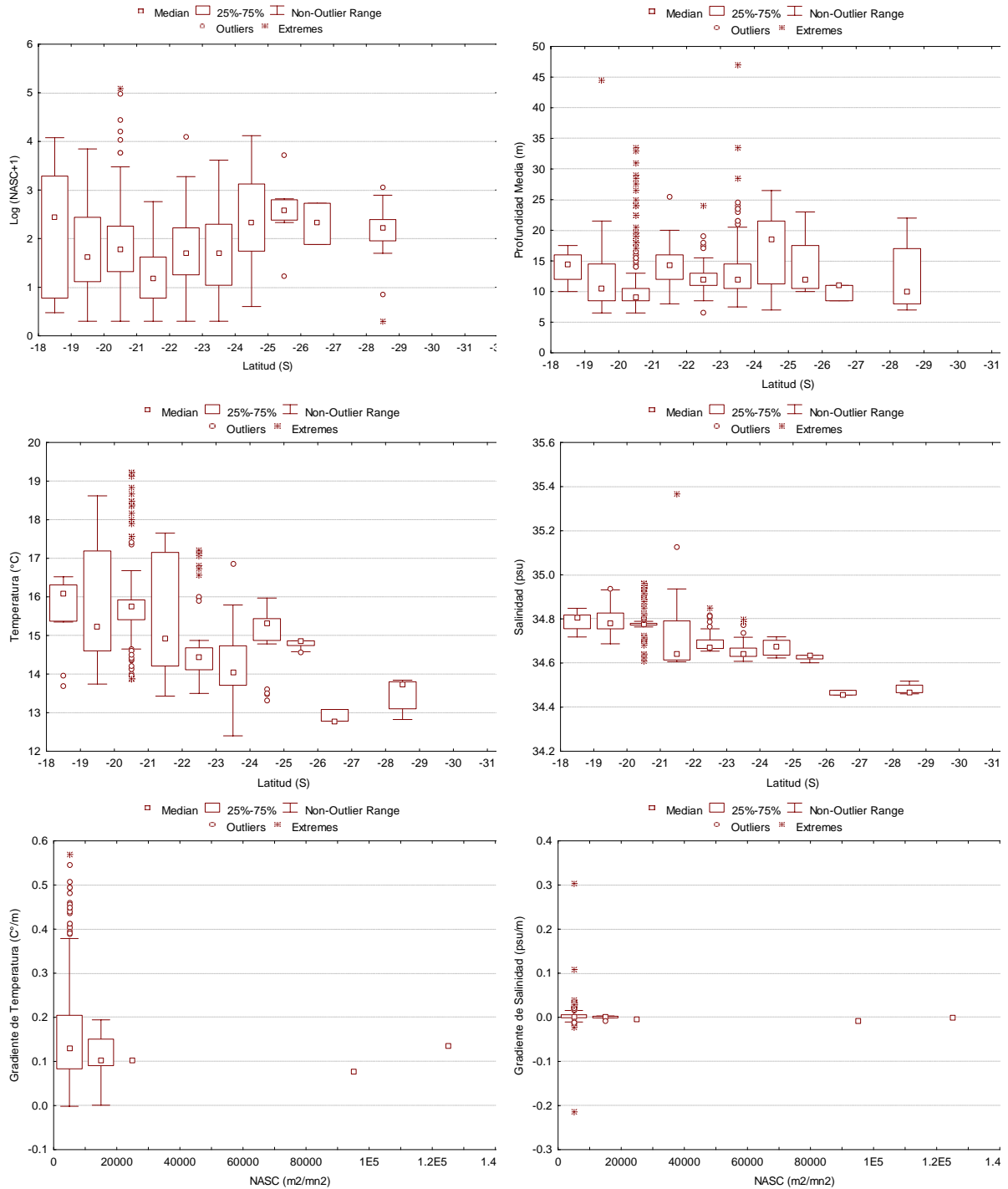


Figura 127. Relaciones de las densidades acústicas de anchoveta respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0810.

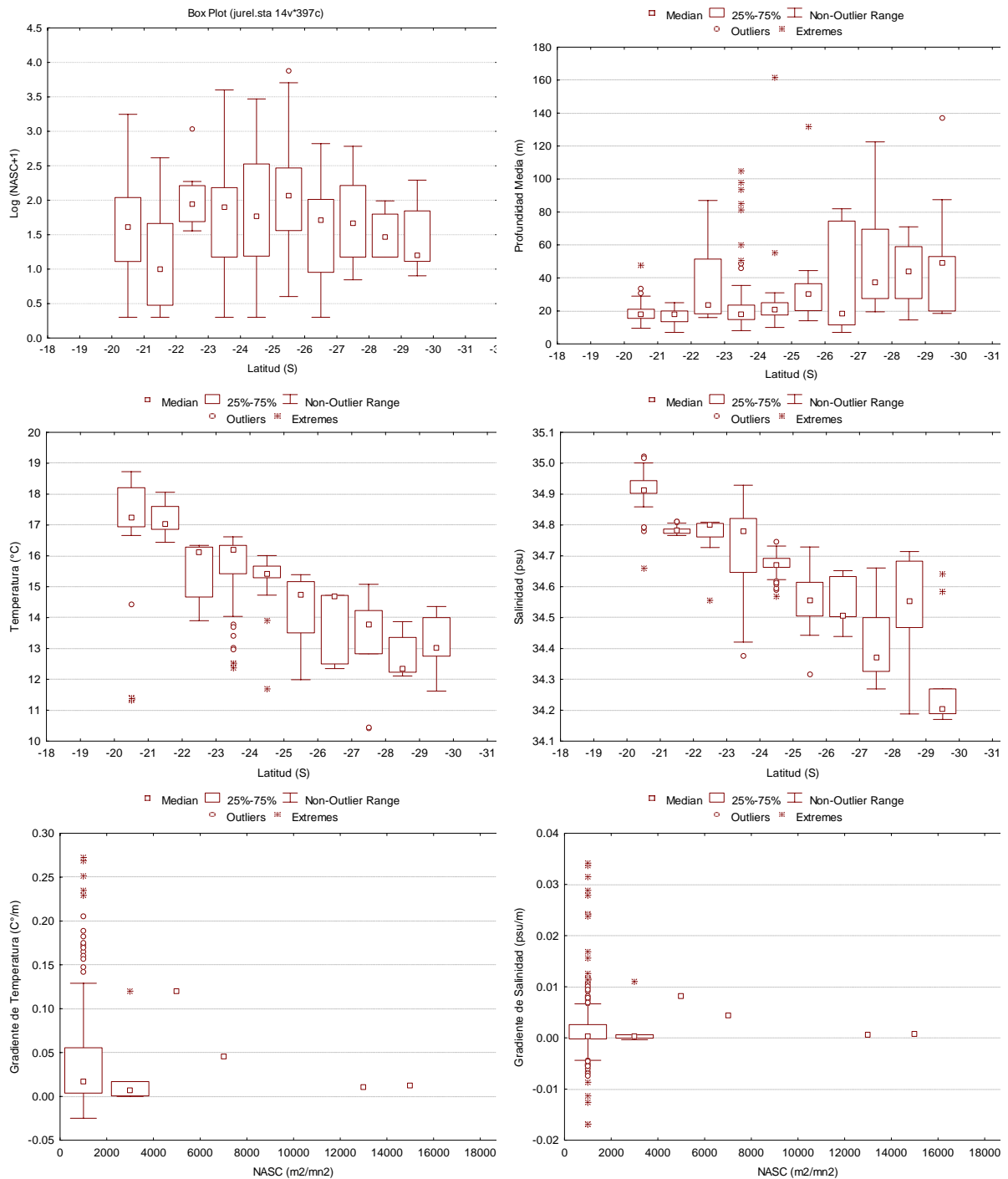


Figura 128. Relaciones de las densidades acústicas de jurel respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0810.

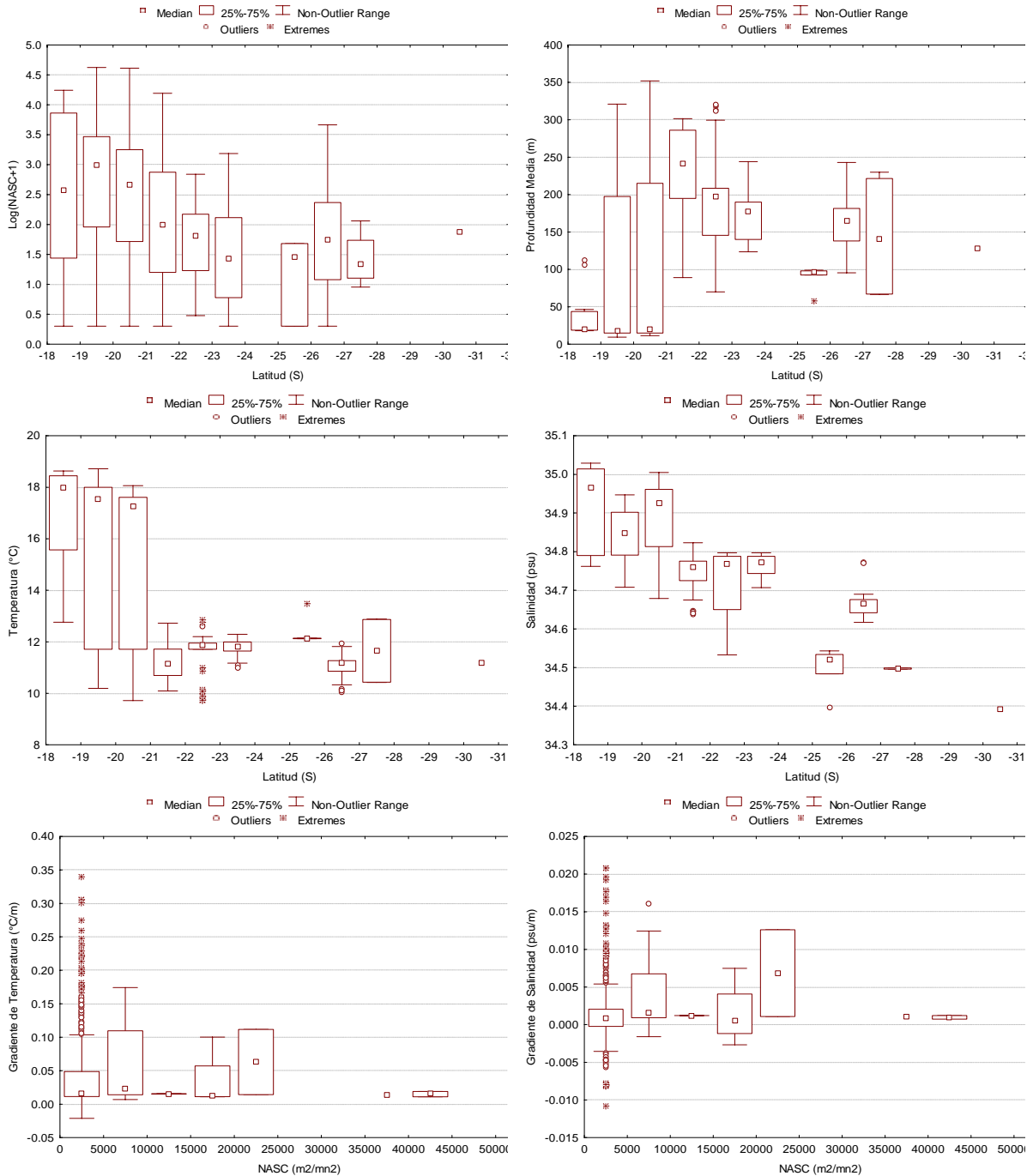


Figura 129. Relaciones de las densidades acústicas de pez linterna respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0810.

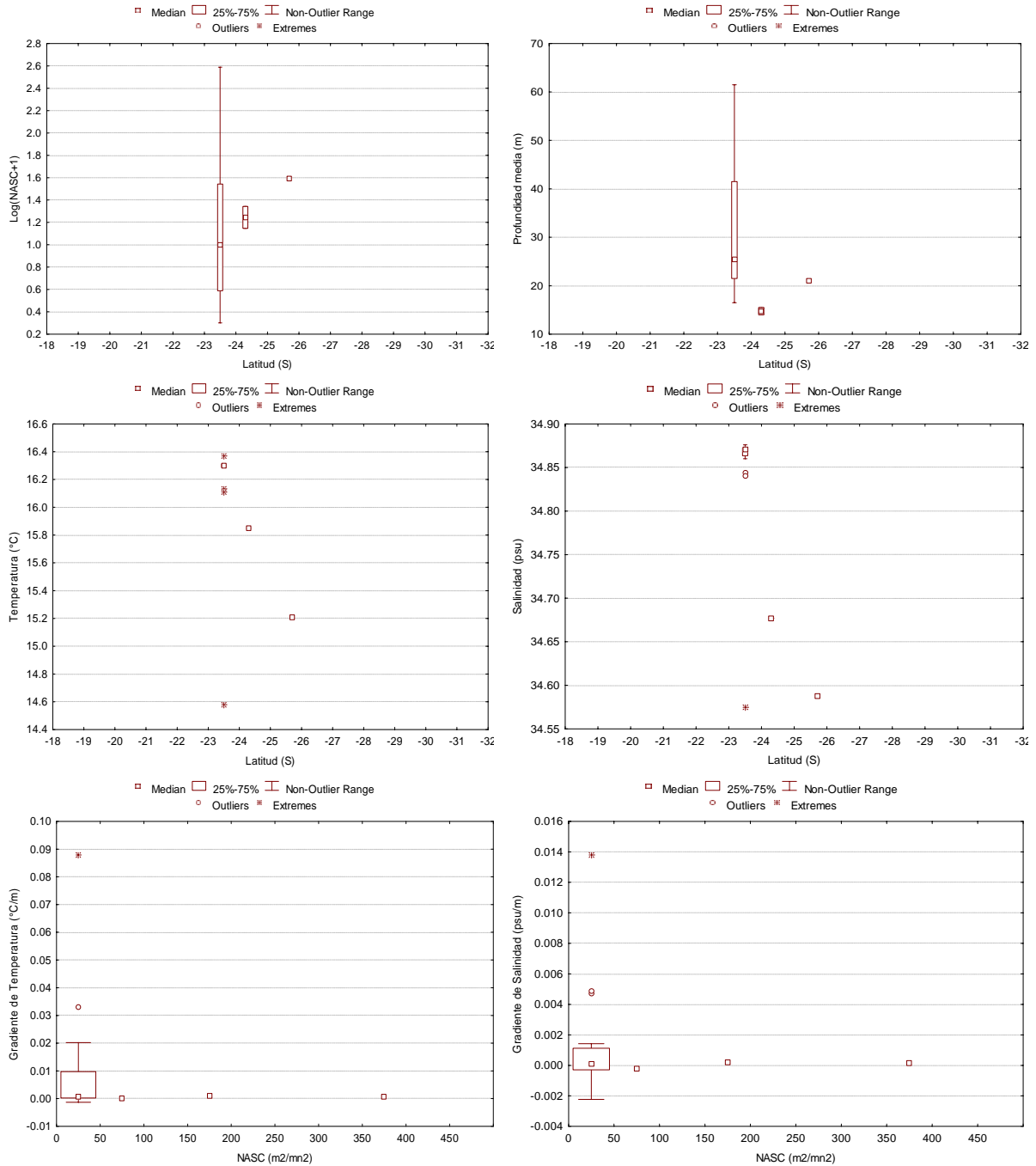


Figura 130. Relaciones de las densidades acústicas de caballa respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0810.

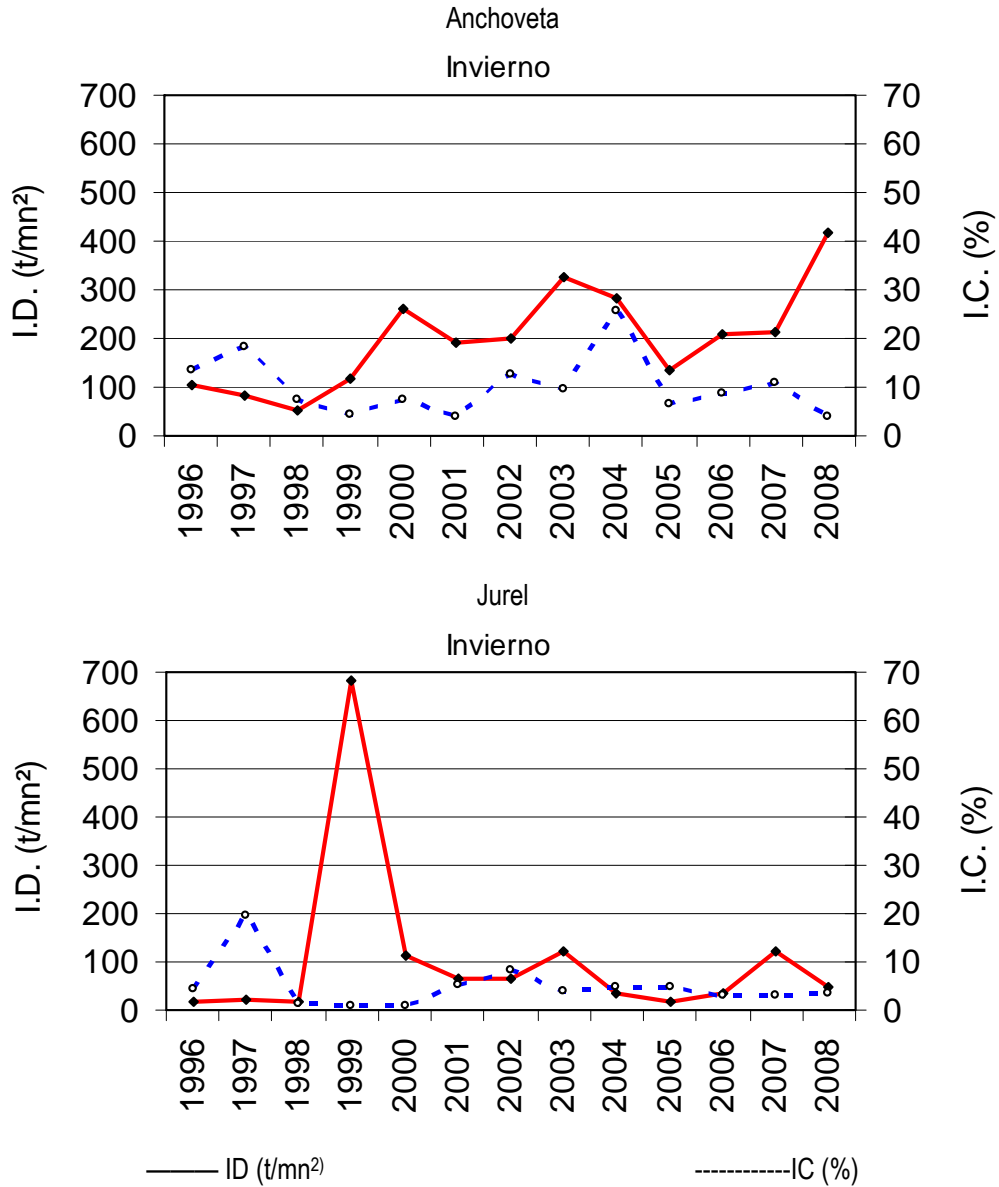


Figura 131. Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (t/mn<sup>2</sup>) de anchoveta y jurel en los inviernos del período 1997-2008.

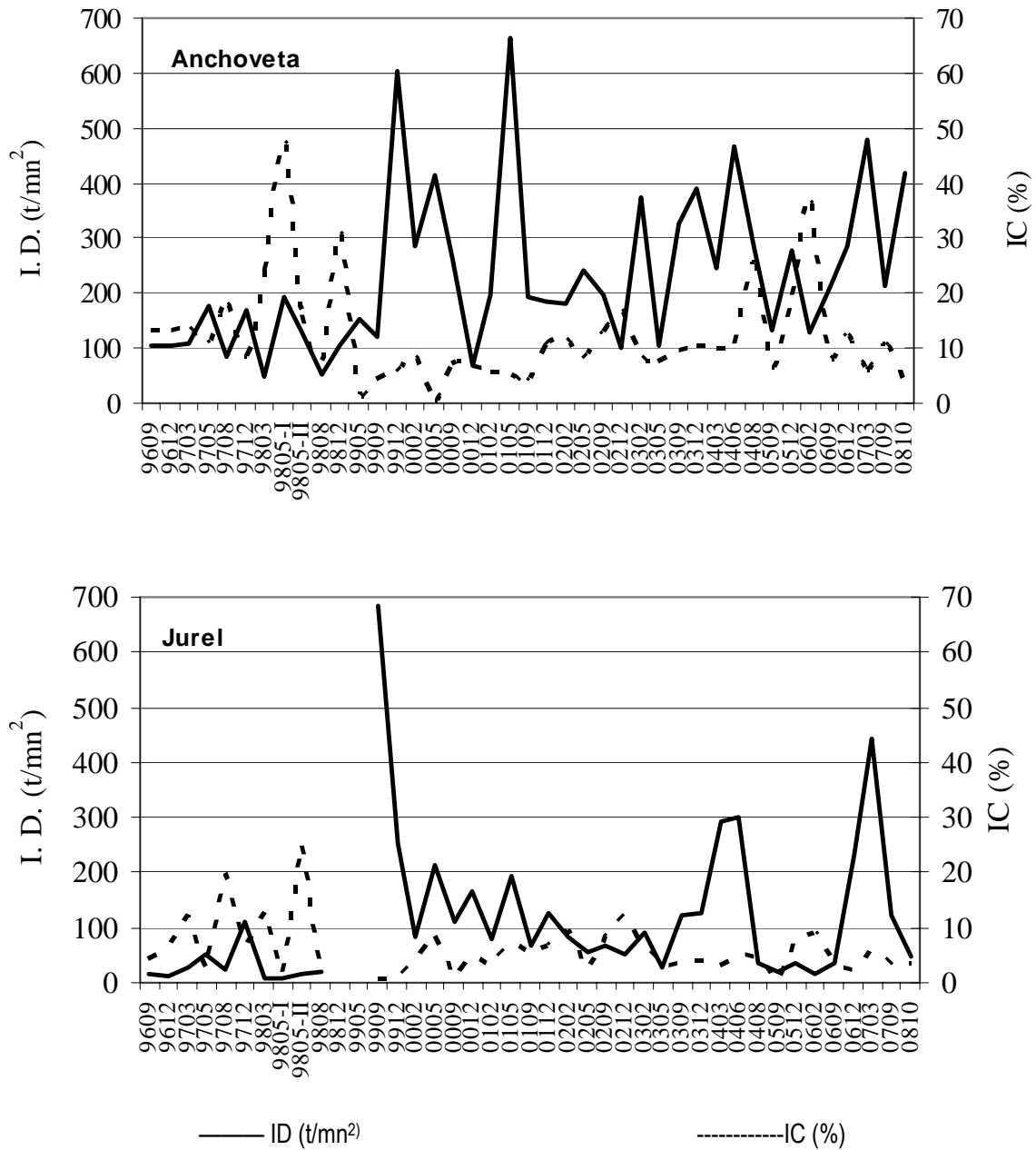


Figura 132. Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (t/mn<sup>2</sup>) de anchoveta y jurel históricos. Período 1997-2008.



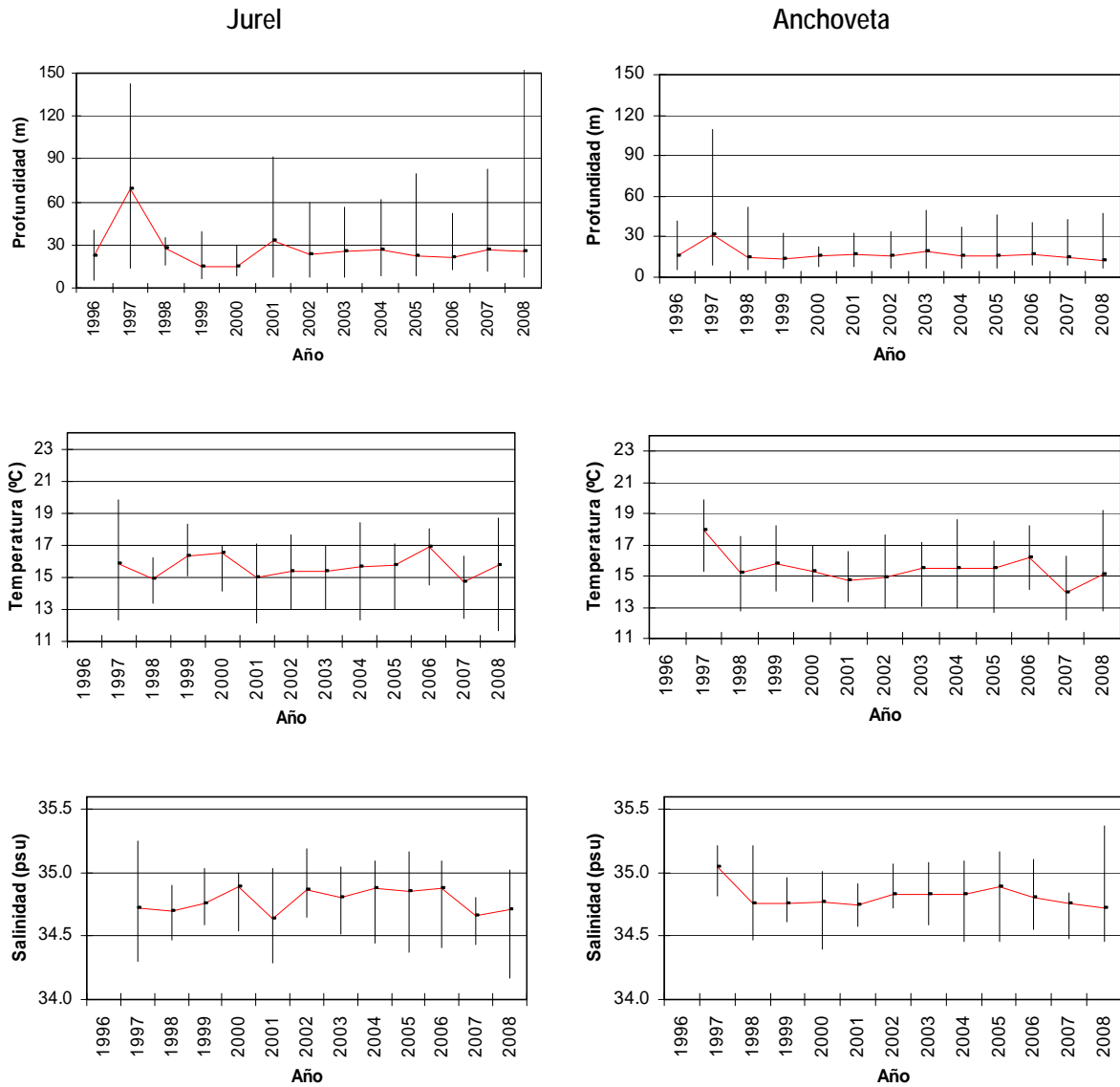


Figura 133. Serie histórica de los valores promedio, mínimos y máximos de profundidad, temperatura y salinidad de jurel u anchoveta en los inviernos de los períodos 1996-2008.

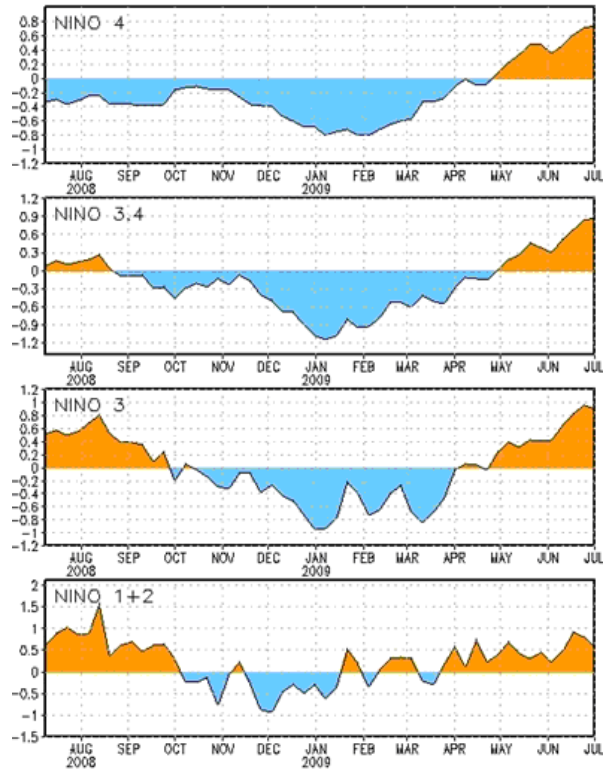


Figura 134. Series de tiempo de áreas promediadas de las anomalías de temperatura (°C) de la superficie del océano en las regiones de El Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4. Las anomalías de TSM son variaciones de los promedios semanales del periodo base 1971-200(Xue et al. 2003, J. Climate, 16, 1601-1612)

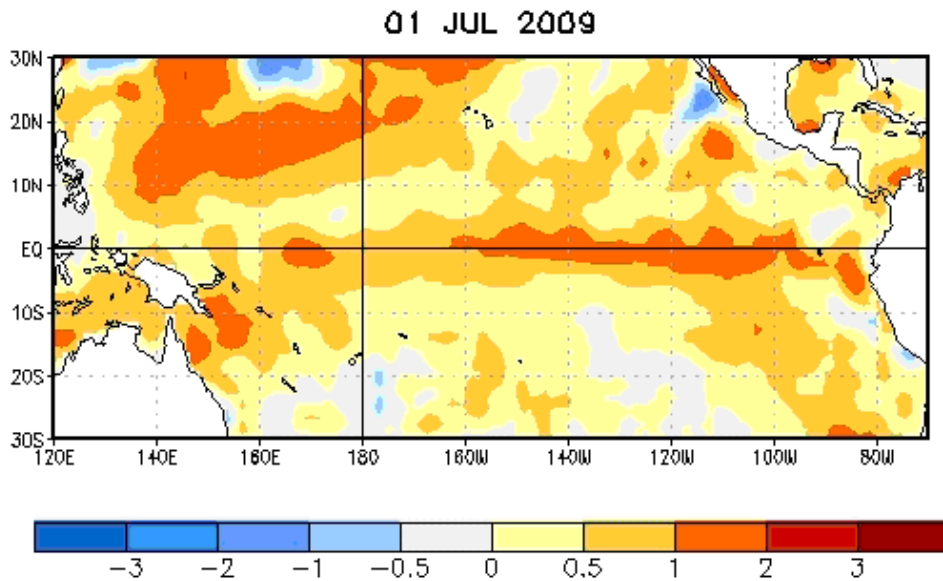


Figura 135. Anomalías de TSM (°C) promedio durante el 1 de julio de 2009. Las anomalías de TSM son variaciones de los promedios semanales del periodo base 1971-200(Xue et al. 2003, J. Climate, 16, 1601-1612)

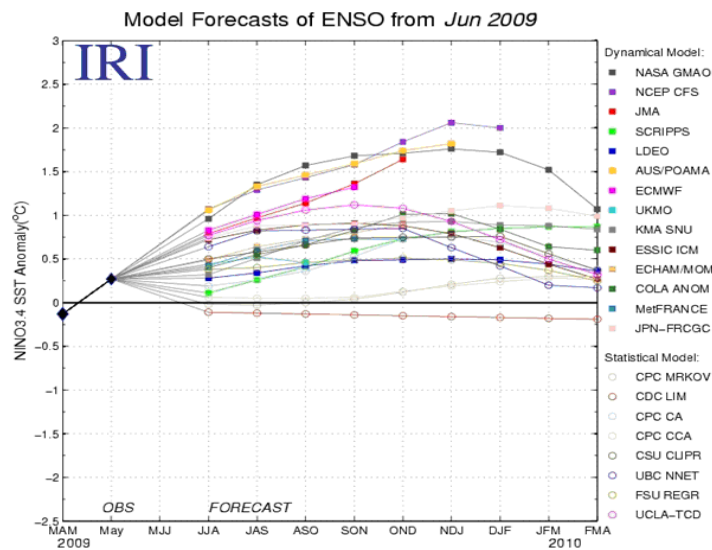


Figura 136. Anomalías de TSM (°C) promedio durante el 1 de julio de 2009. Las anomalías de TSM son variaciones de los promedios semanales del periodo base 1971-200(Xue et al. 2003, J. Climate, 16, 1601-1612).

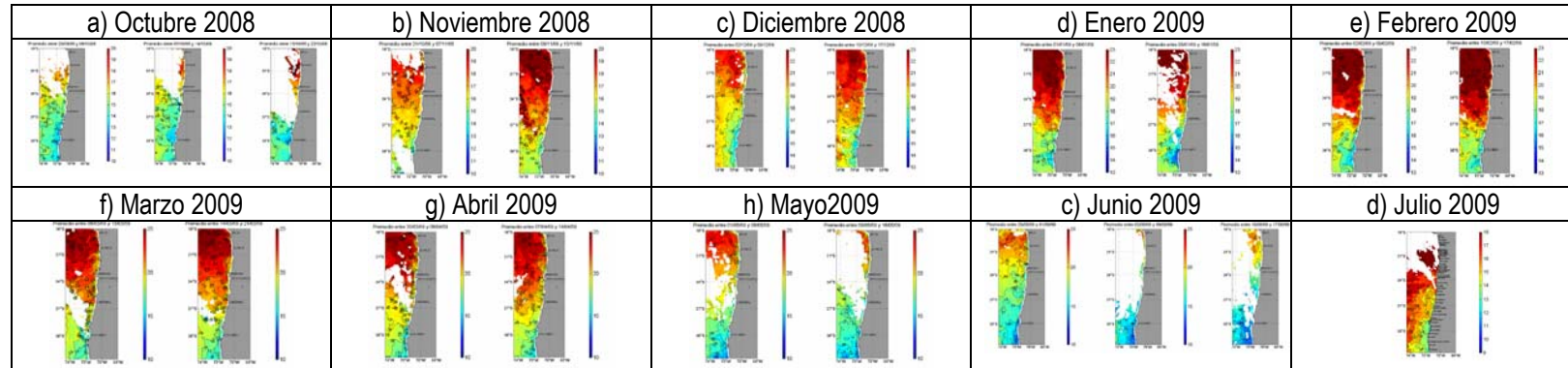


Figura 137. Distribuci3n de TSM entre el mes de octubre de 2008 y julio de 2009. Cada imagen corresponde a un promedio semanal dentro de cada mes correspondiente (Fuente: Ocean Color Web).

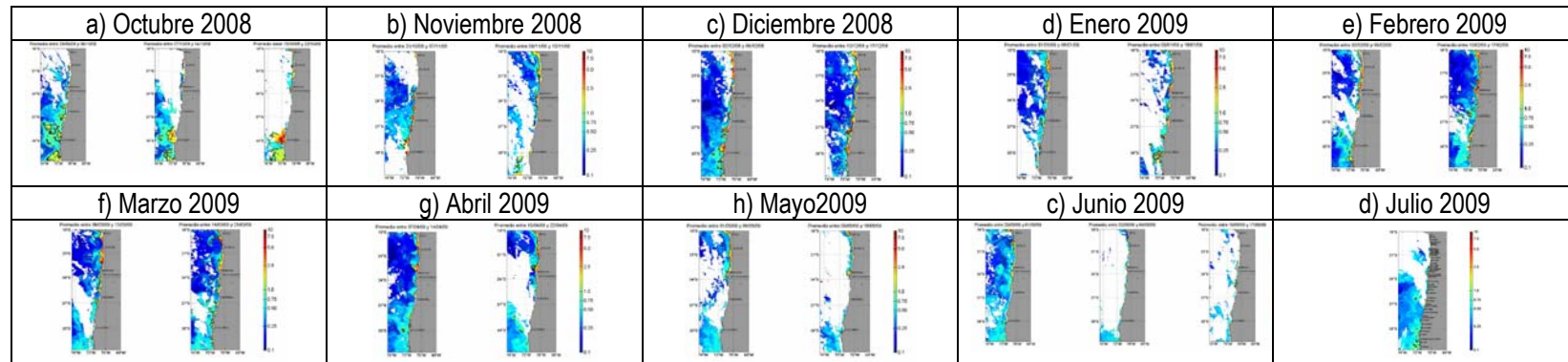


Figura 138. Distribuci3n de Cloa entre el mes de octubre de 2008 y julio de 2009. Cada imagen corresponde a un promedio semanal dentro de cada mes correspondiente (Fuente: Ocean Color Web).

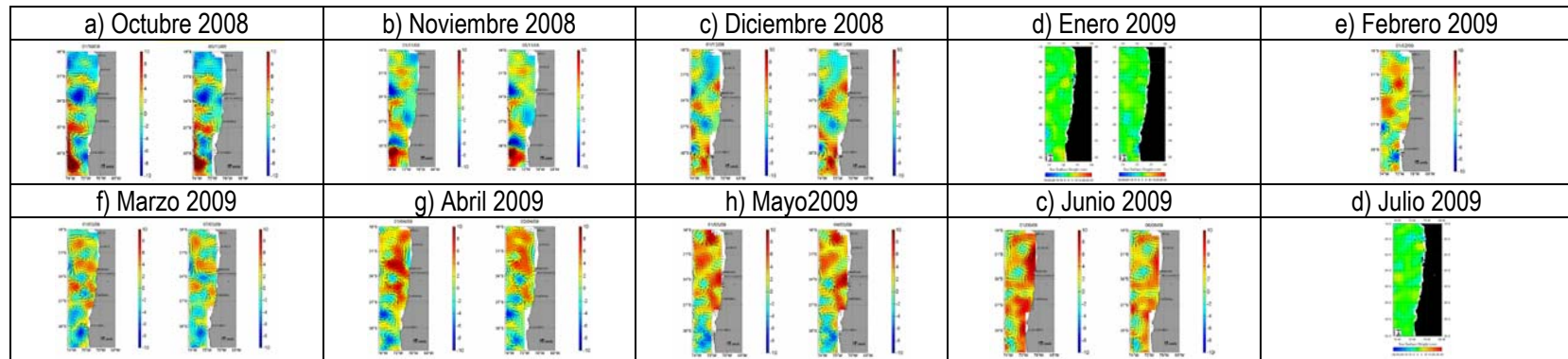


Figura 139. Distribuci3n superficial de anomalía de nivel del mar (cm) y corrientes geostróficas (cm/s) entre el mes de octubre de 2008 y julio de 2009. Cada imagen corresponde a un día representativo del mes correspondiente (Fuente: AVISO)

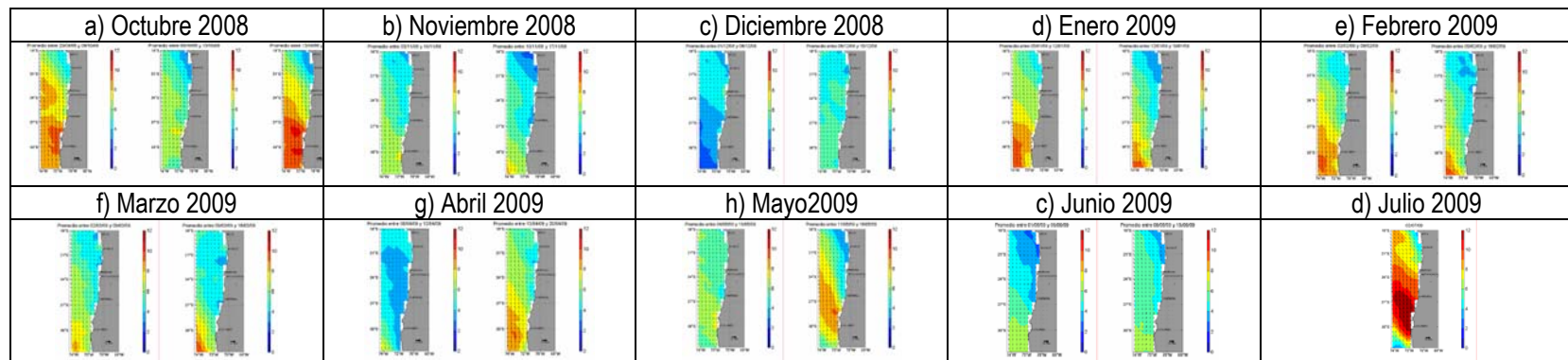


Figura 140. Distribuci3n superficial de magnitud del viento y vectores de viento superficial (m/s) entre el mes de octubre de 2008 y julio de 2009. Cada imagen corresponde a un día representativo del mes correspondiente (Fuente: IFREMER)



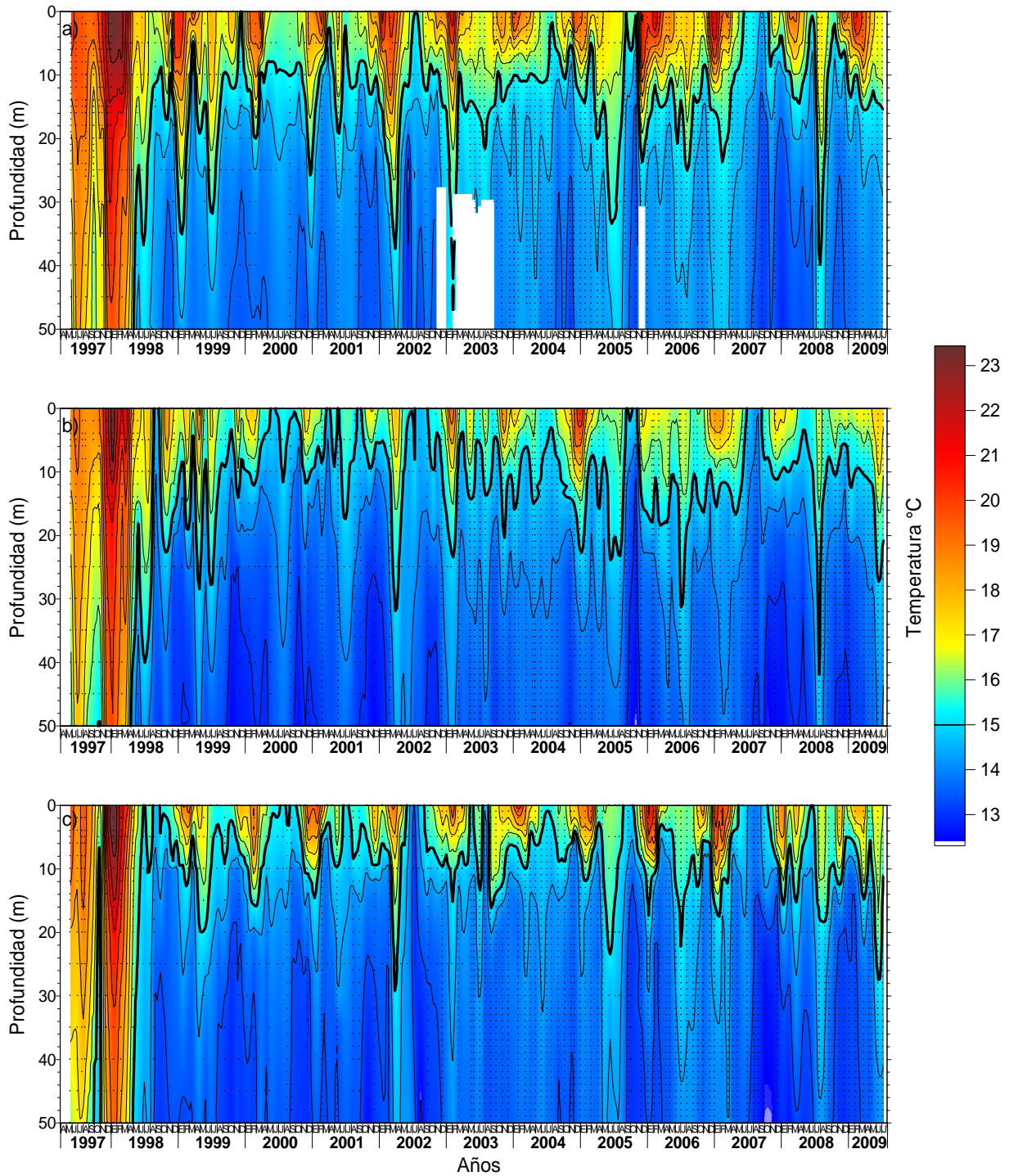


Figura 141. Variabilidad temporal de la distribución vertical de temperatura (°C) en las estaciones costeras de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a Julio de 2009.

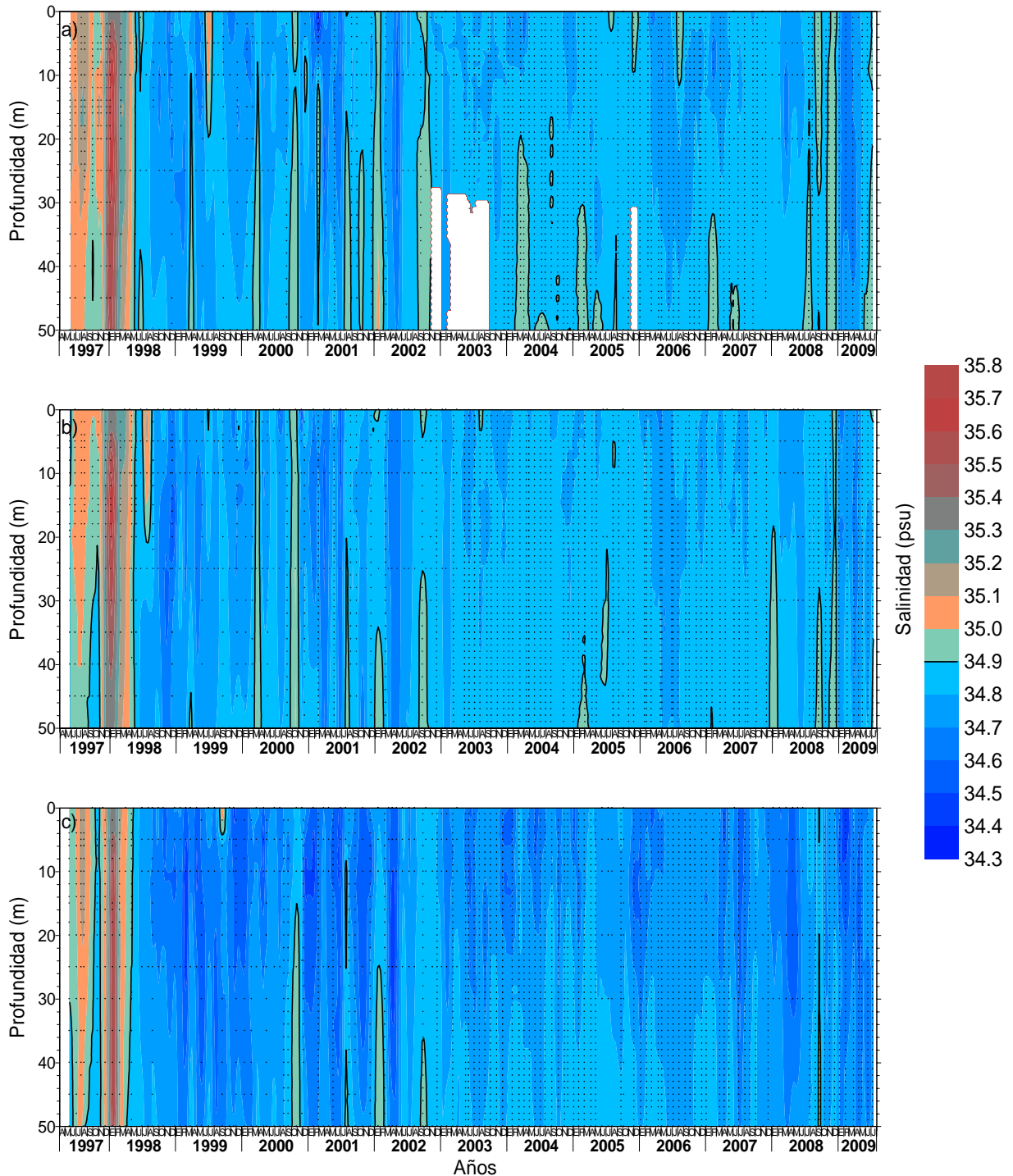


Figura 142. Variabilidad temporal de la distribución vertical de salinidad (psu) en las estaciones costeras de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a Julio de 2009.

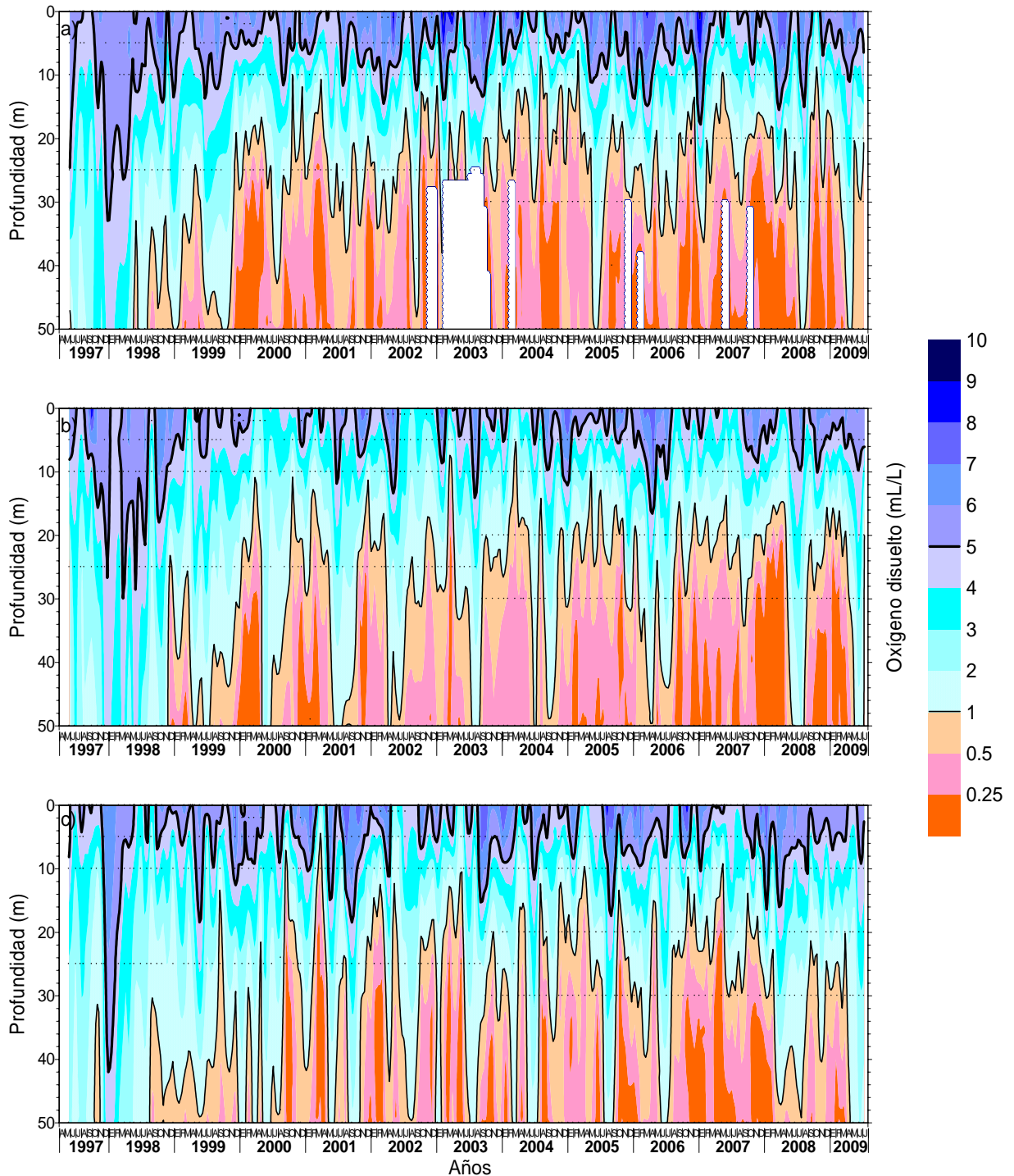


Figura 143. Variabilidad temporal de la distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones costeras de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a Julio de 2009.



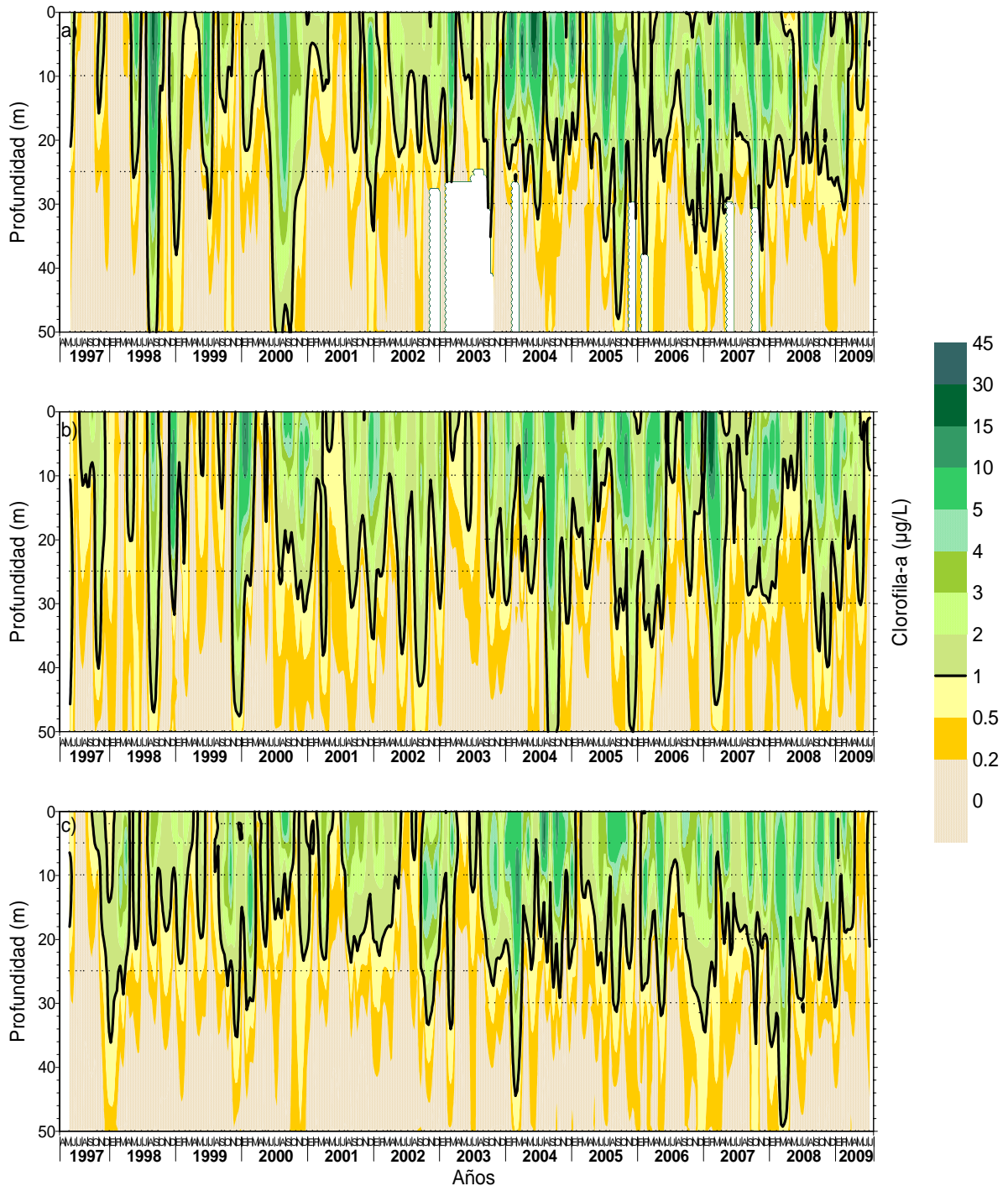


Figura 144. Variabilidad temporal de la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) en las estaciones costeras de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a Julio de 2009.

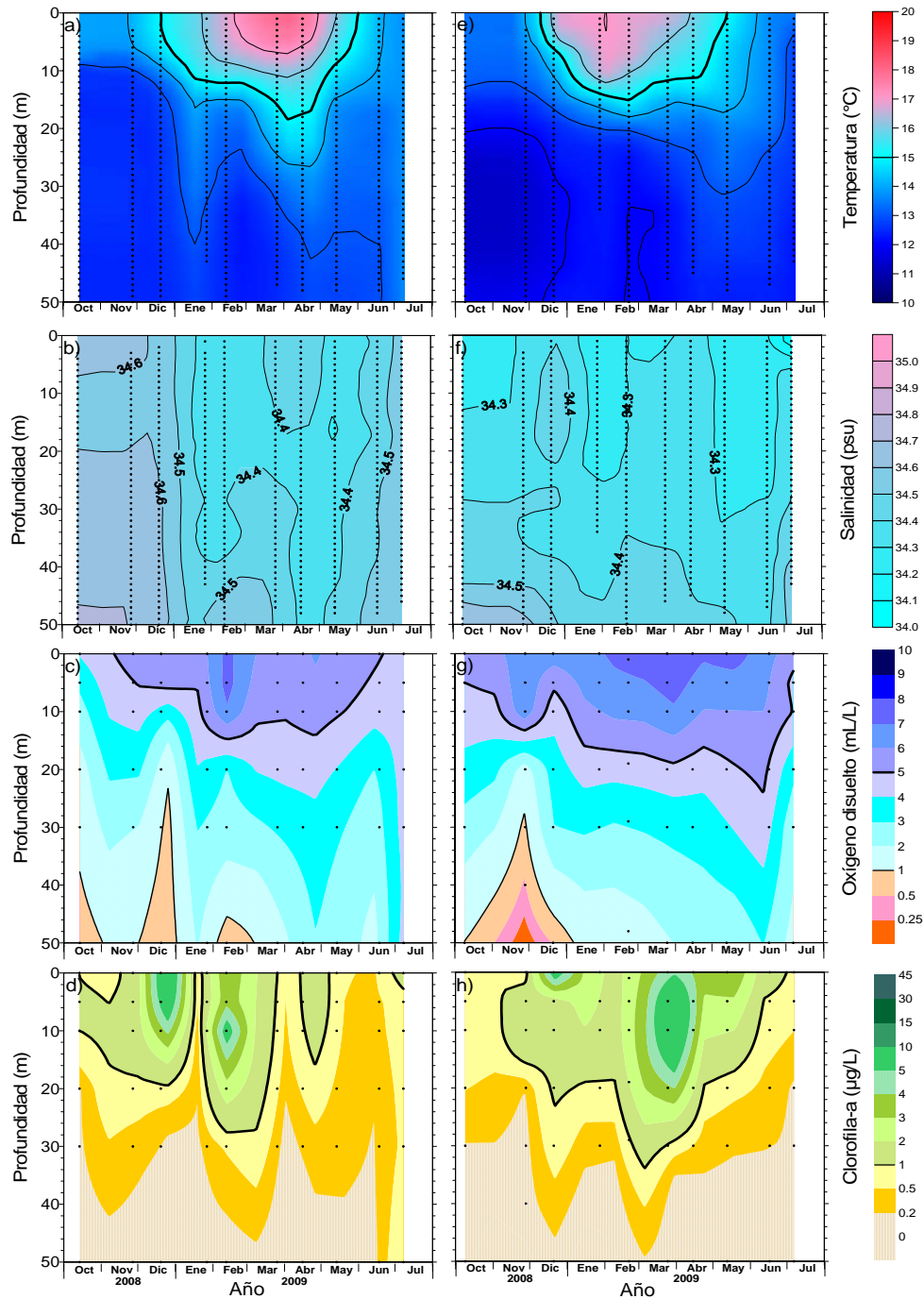


Figura 145. Variabilidad temporal de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), oxígeno disuelto (mL/L) y clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ), en la estación costera de Caldera, gráficos a) a d) y Coquimbo, gráficos e) a f). Octubre 2008 – Julio 2009.

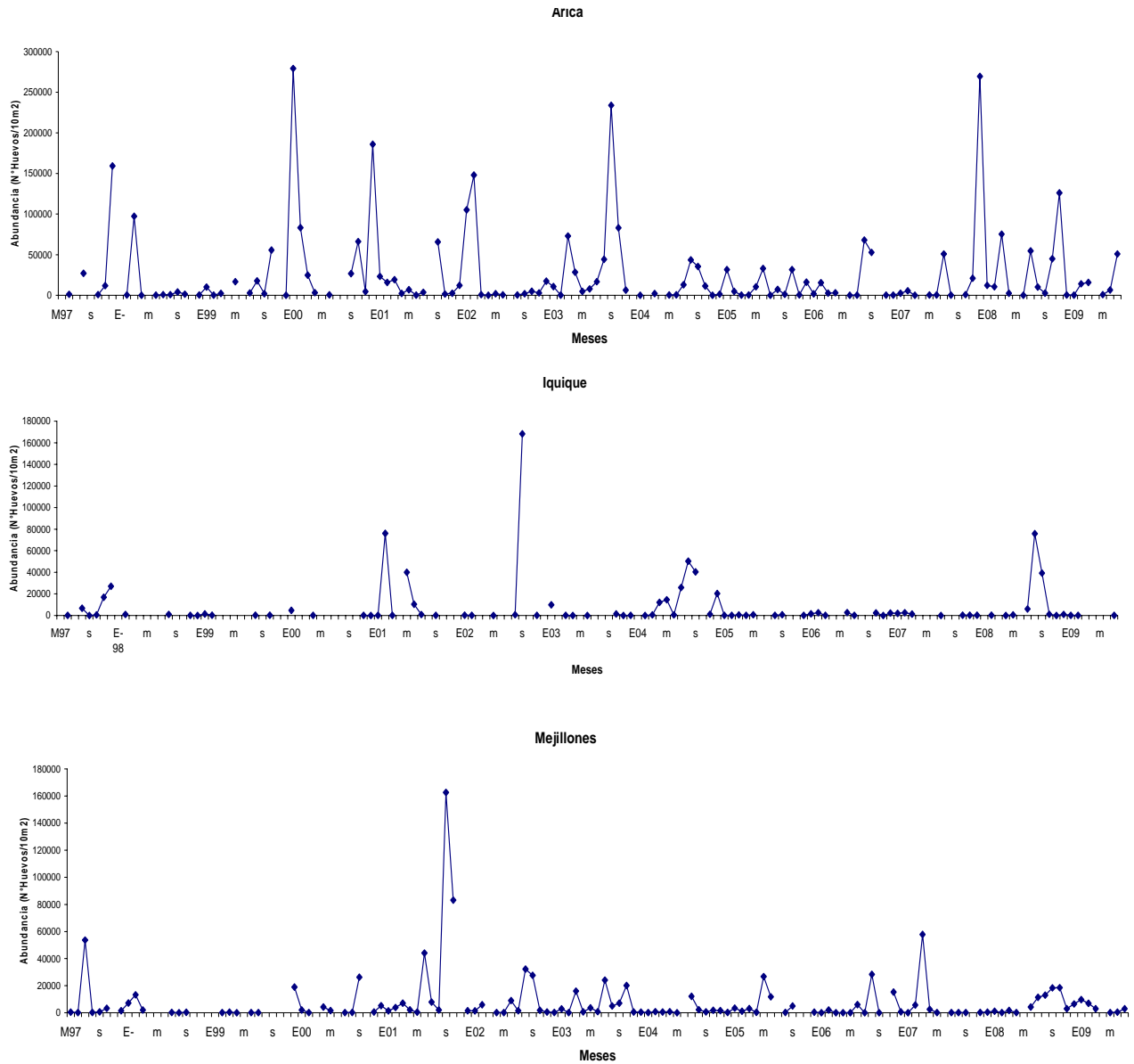


Figura 146. Variación temporal de la distribución y abundancia de huevos de anchoveta en las estaciones fijas de vigilancia mensual de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Julio 2009.

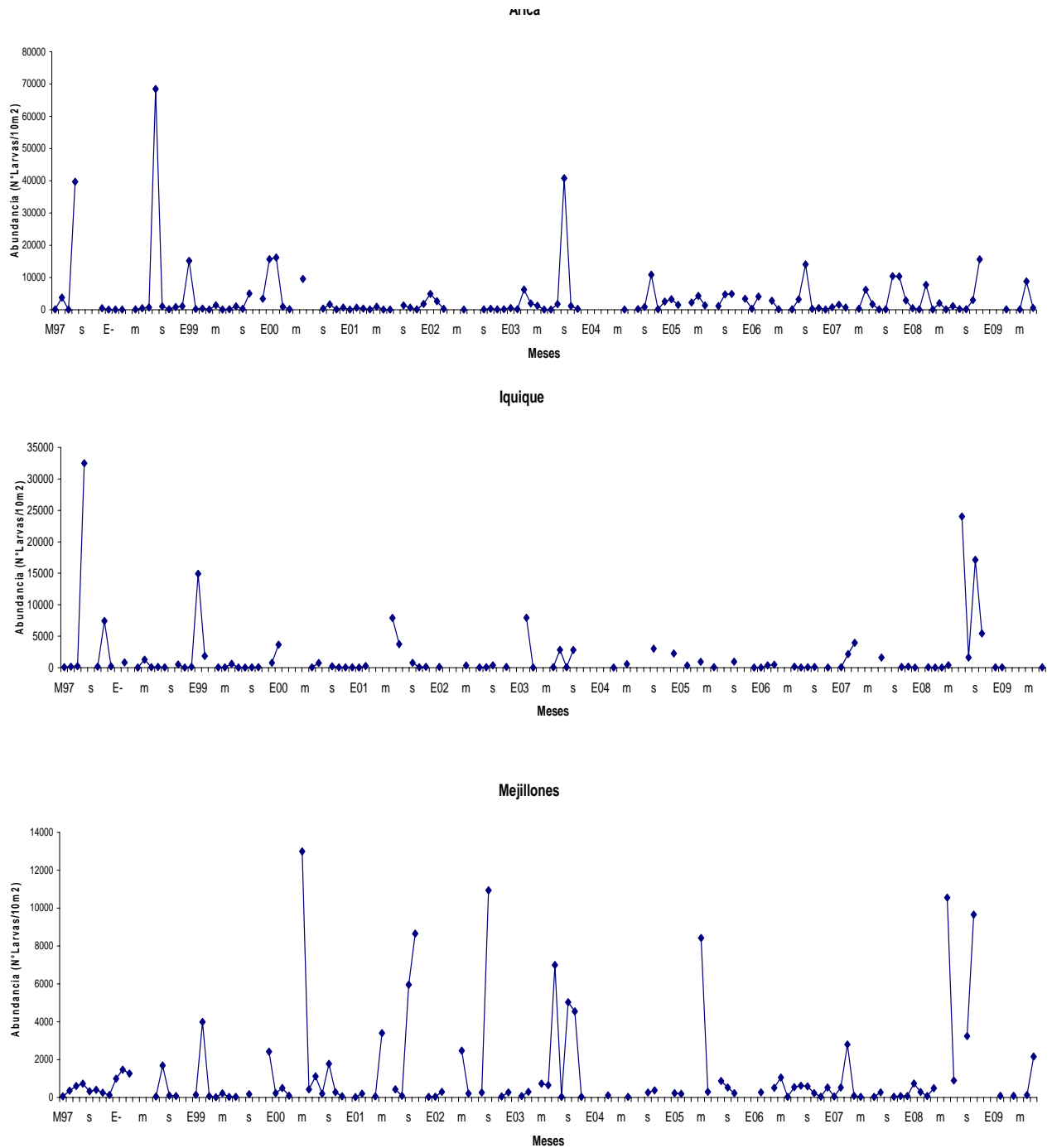


Figura 147. Variación temporal de la distribución y abundancia de larvas de anchoveta en las estaciones fijas de vigilancia mensual de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Julio 2009.

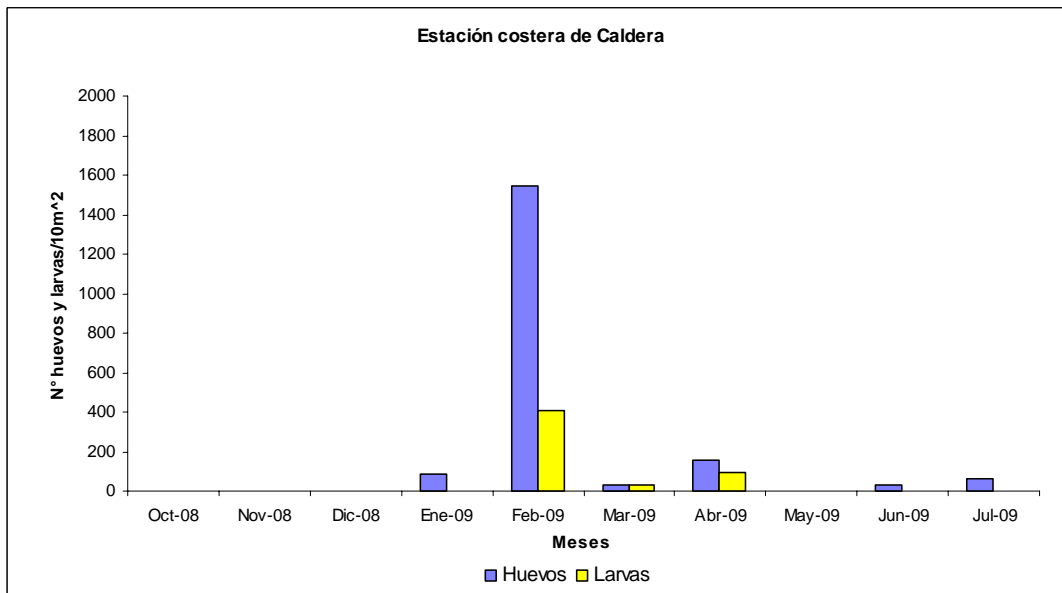
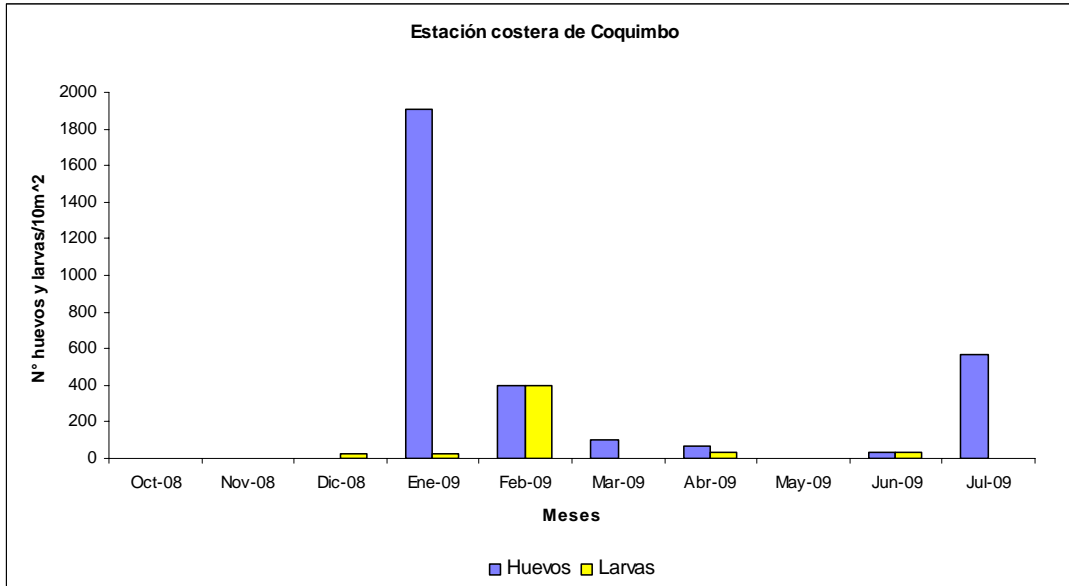


Figura 148. Variación temporal de la distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta en las estaciones costeras de vigilancia mensual de Coquimbo y Caldera. Octubre 2008 - Julio 2009.

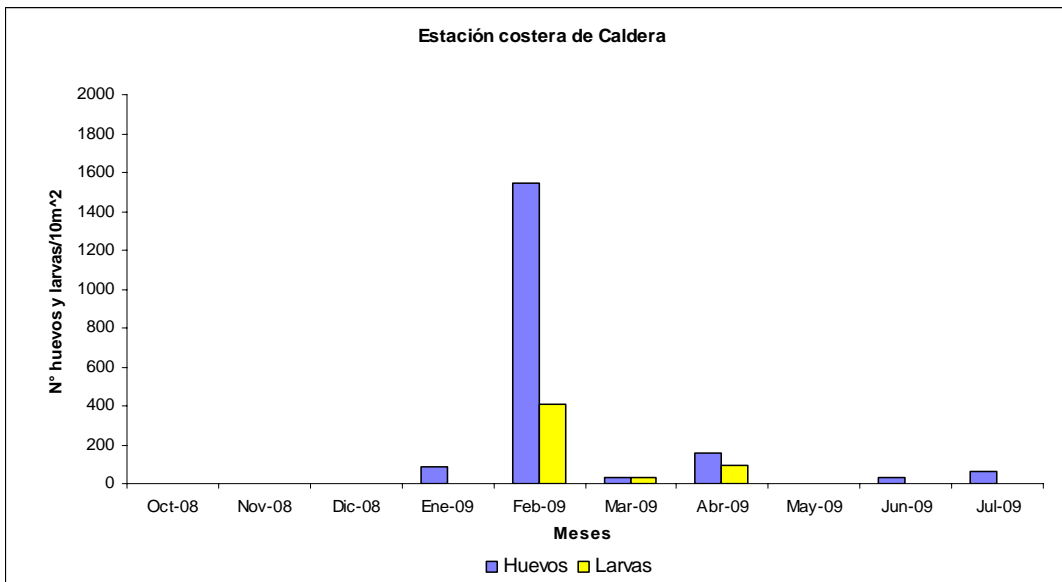
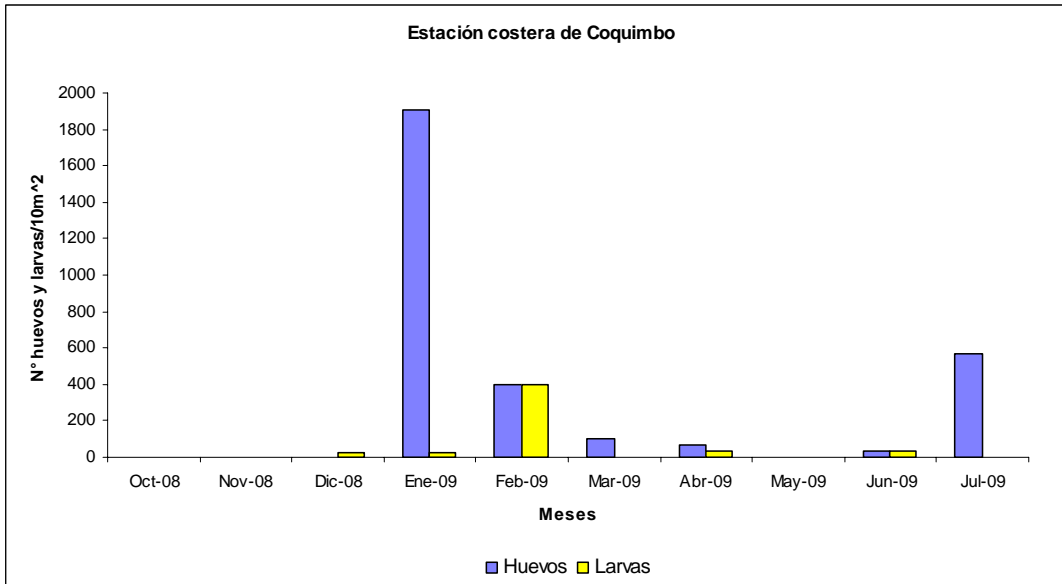


Figura 148. Variaci3n temporal de la distribuci3n y abundancia de huevos y larvas de anchoveta en las estaci3n costeras de vigilancia mensual de Coquimbo y Caldera. Octubre 2008 - Julio 2009.

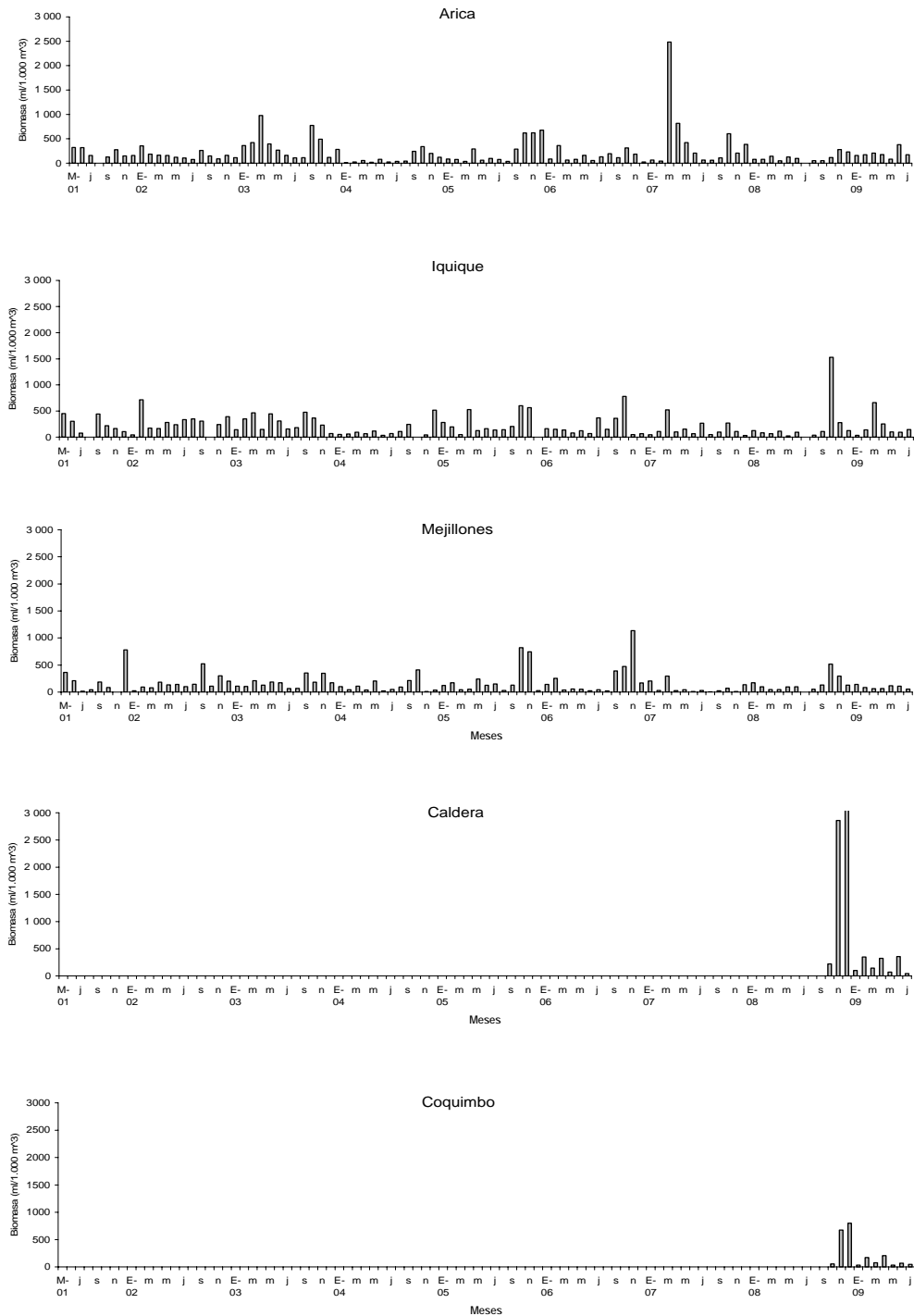


Figura 149. Variación temporal de la biomasa zooplanctónica en las estaciones fijas de vigilancia mensual de Arica, Iquique y Mejillones, por estrato de profundidad. Octubre 2008 – Julio 2009.

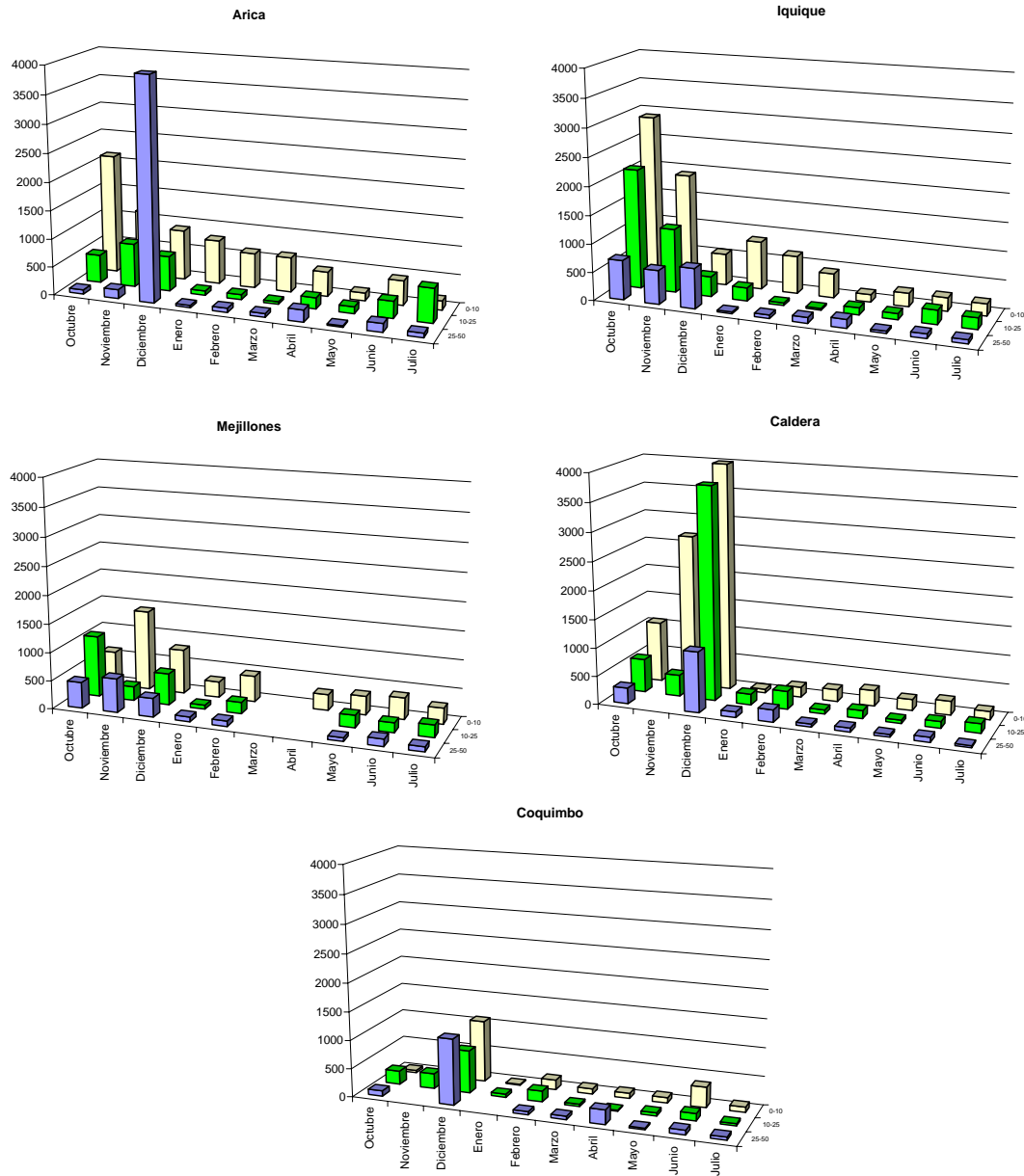


Figura 150. Variaci3n temporal de la biomasa zooplanct3nica por estrato de profundidad en las estaciones costeras mensuales. Octubre 2008 – Julio 2009.



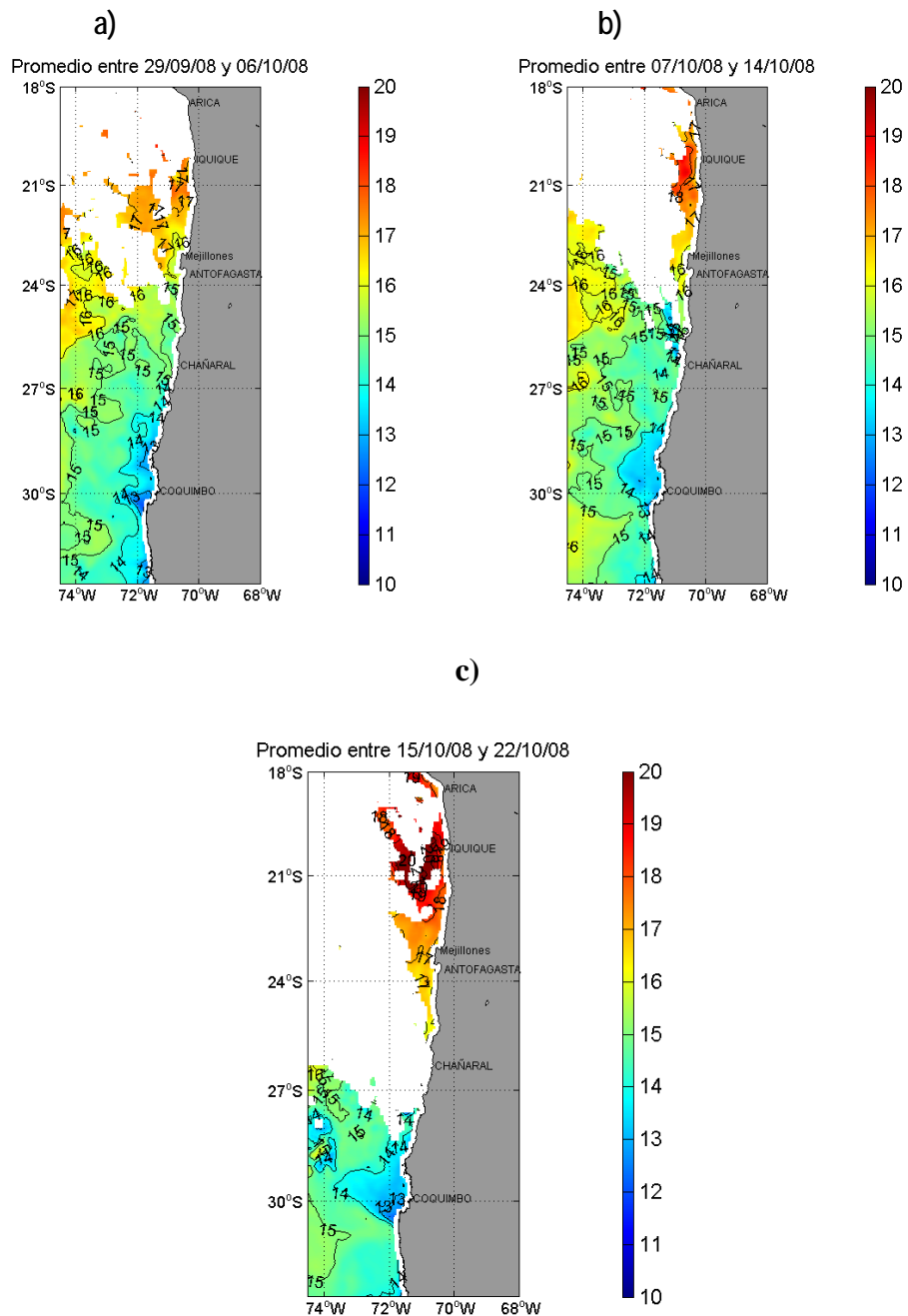


Figura 151. Temperatura superficial del mar (°C) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales entre los días 29 de septiembre al 6 de octubre(a), 7 al 14(b) y 15 al 22(c) de 2008. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

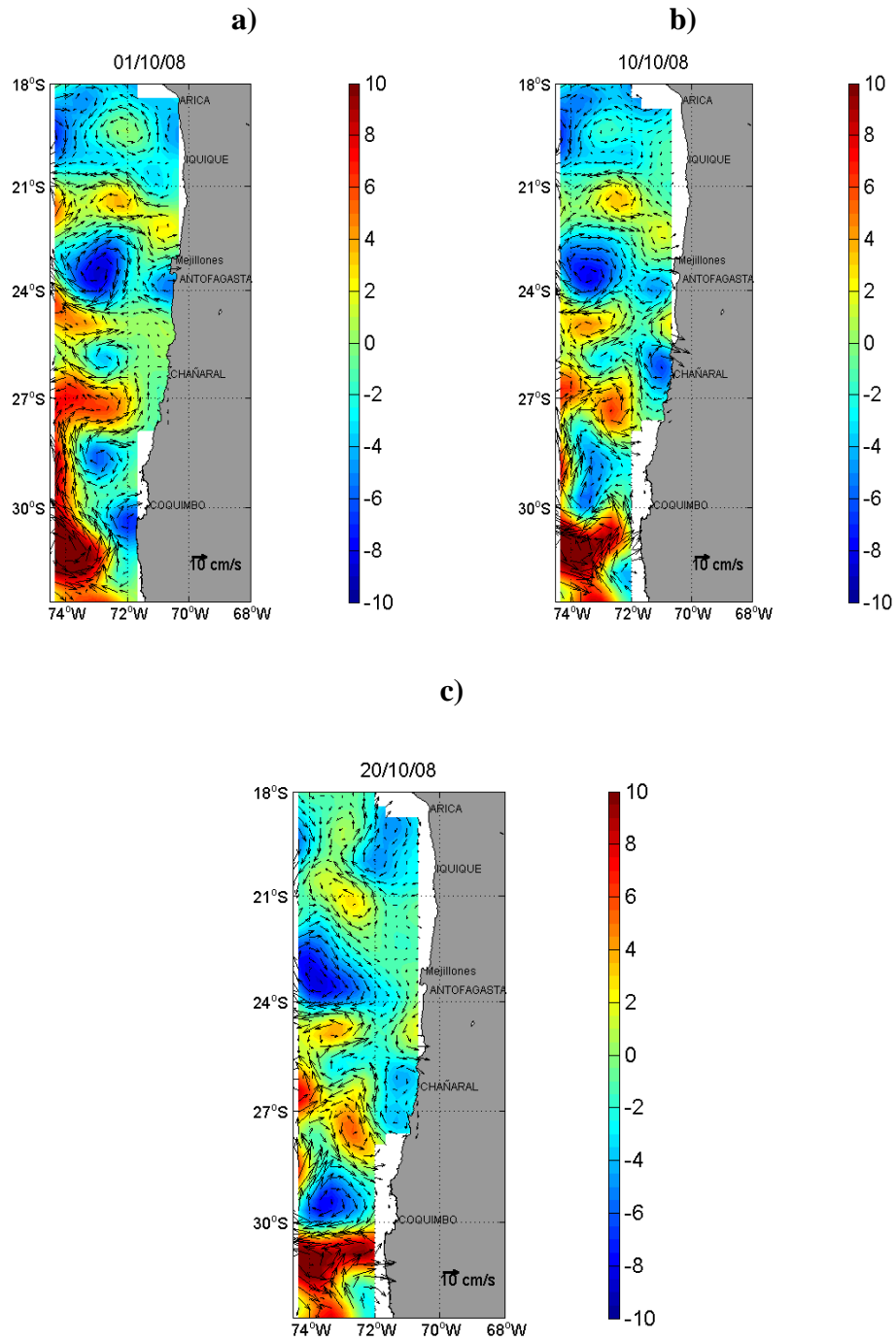


Figura 152. Anomala de nivel del mar (cm) y velocidad geostr3fica (cm/s) de los d1a(a), 10(b) y 20(c) de octubre de 2008. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

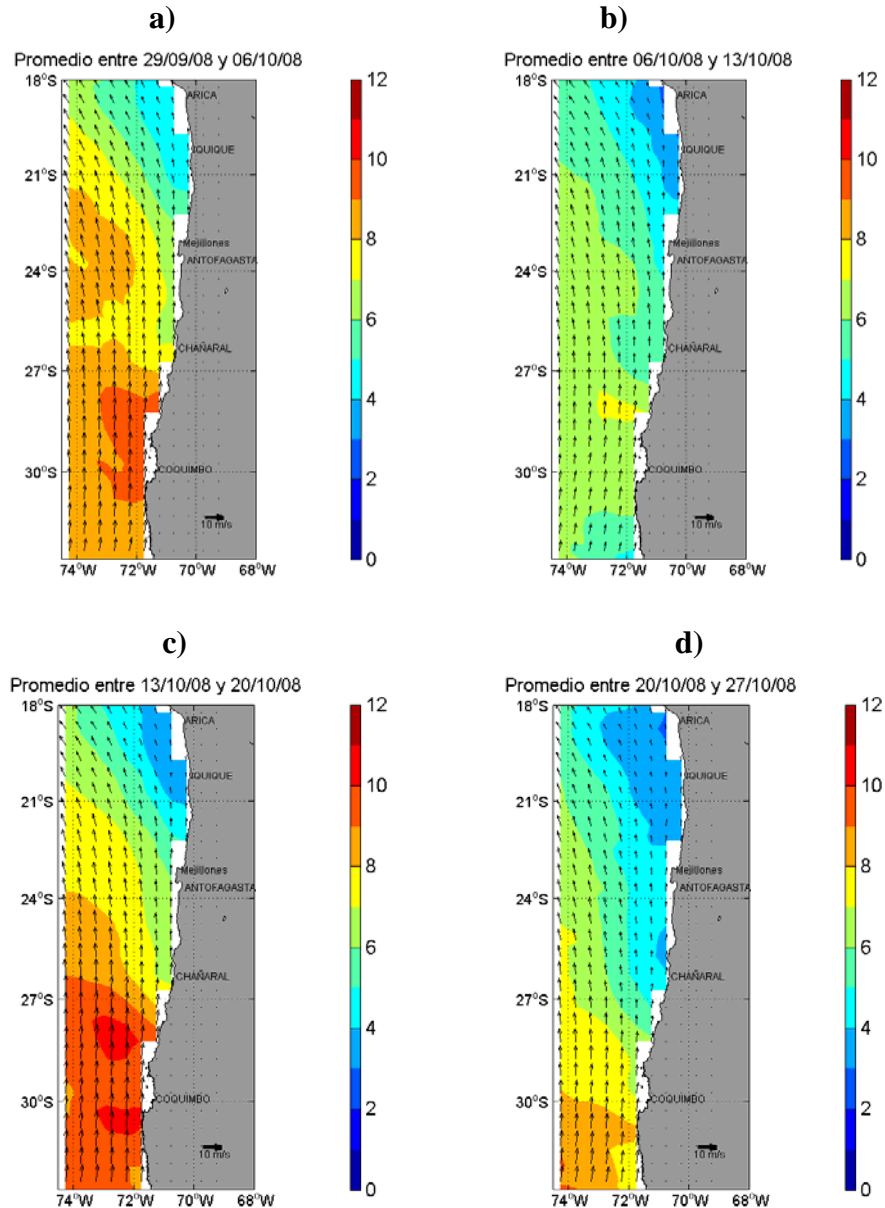


Figura 153. Intensidad del viento (m/s) y velocidad del viento (m/s) de los promedios semanales de imágenes satelitales Quikscat correspondiente a los periodos entre los días 29 de septiembre al 6 de octubre(a), 6 al 13(b), 13 al 20(c) y 20 al 27(d) de octubre de 2008. Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008

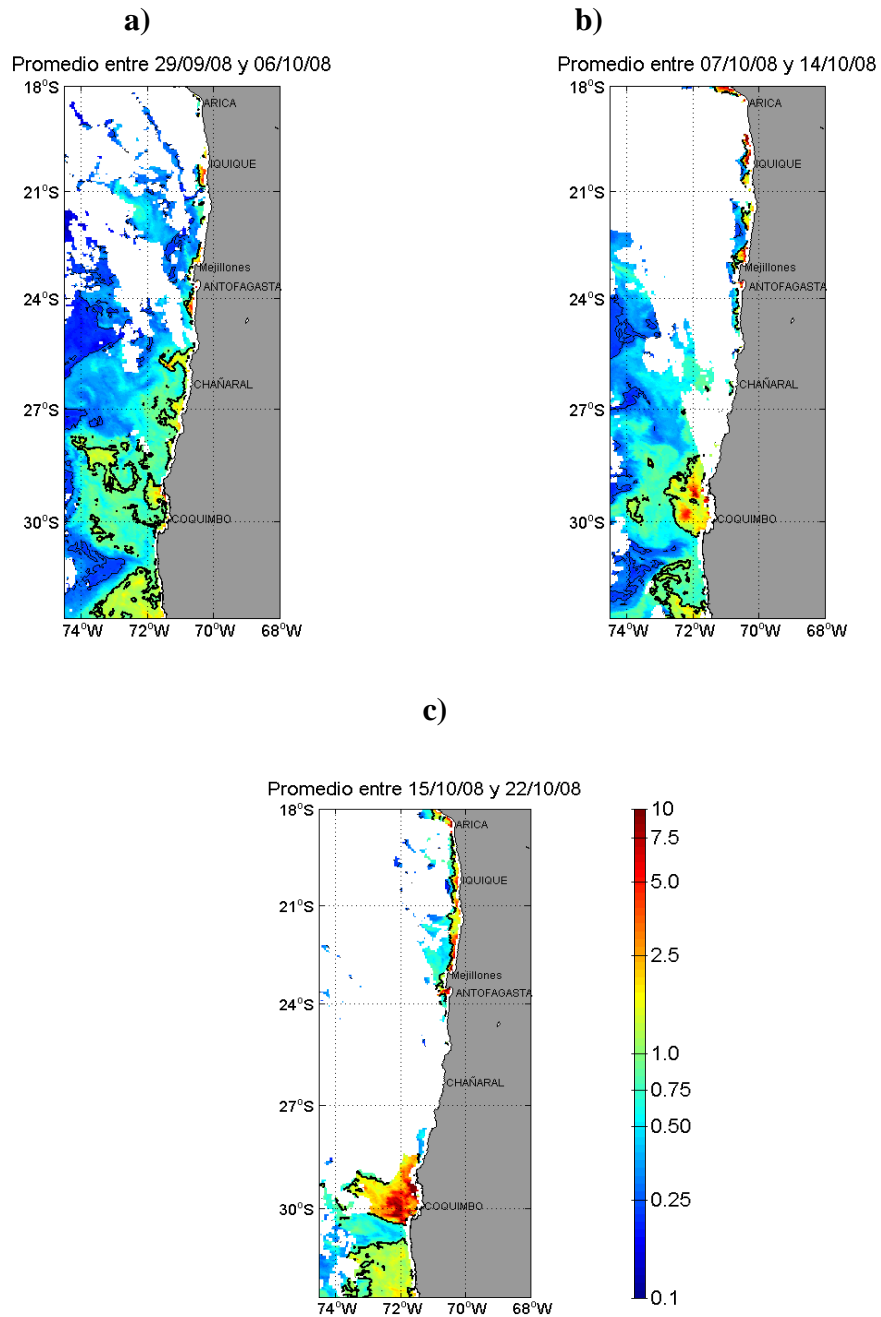


Figura 154. Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) de imágenes del satélite MODIS-A, correspondiente a los promedios semanales de entre los días 29 de septiembre al 6 de octubre(a), 7 al 14(b) y 15 al 22(c) de octubre de 2008. La línea negra gruesa marca la isolinea de  $1 \mu\text{g/L}$  y la línea negra delgada marca la concentración de  $0,25 \mu\text{g/L}$ . Crucero MOBIO 0810 - Octubre 2008.

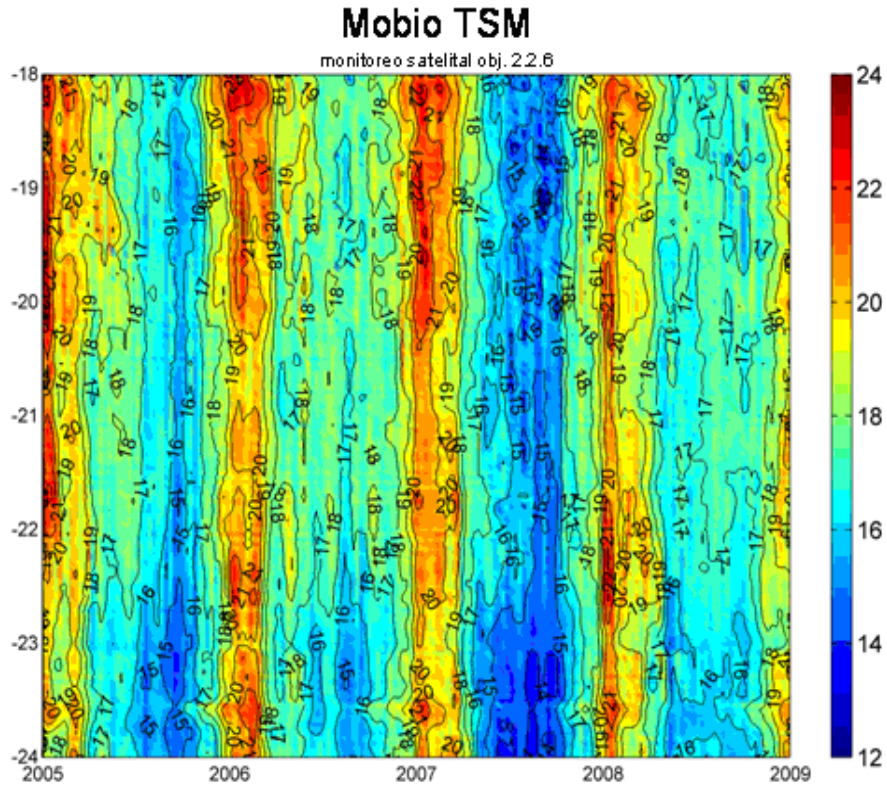


Figura 155. Monitoreo de temperatura (°C) en al banda costera (~20 km) de la zona norte de Chile (18°-24°S), durante el periodo 2005-2008. (Fuente: Ocean Color Web, <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>.)

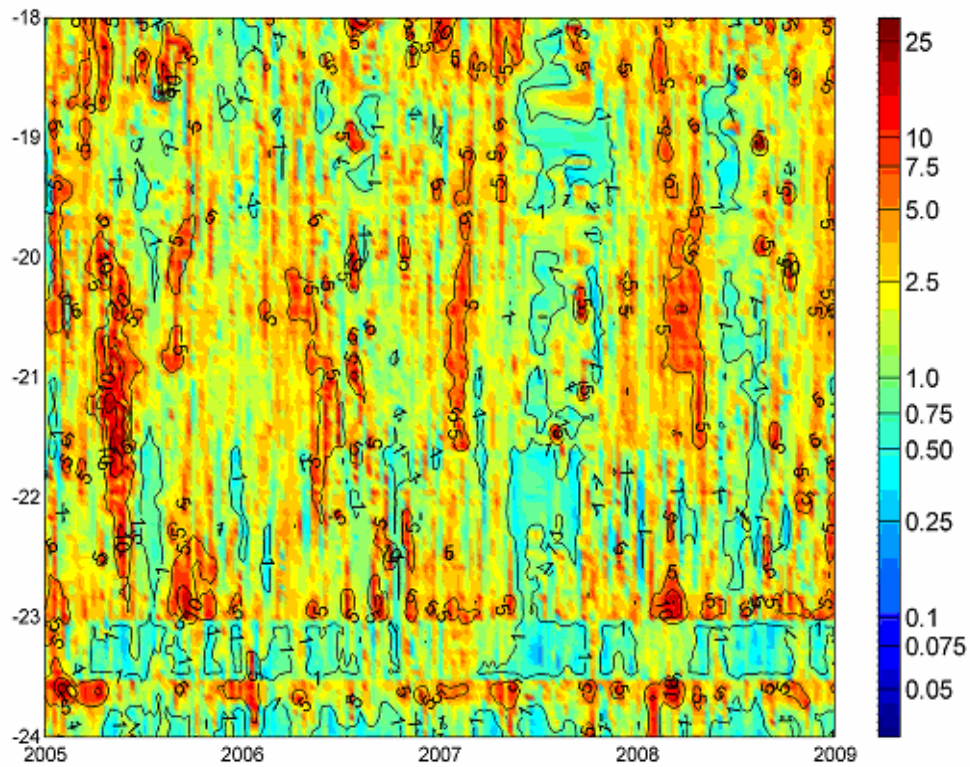


Figura 156. Monitoreo de la concentraci3n de clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la banda costera (~20 km) de la zona norte de Chile ( $18^\circ$ - $24^\circ$ S), durante el periodo 2005-2008. (Fuente: Ocean Color Web, <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>.)



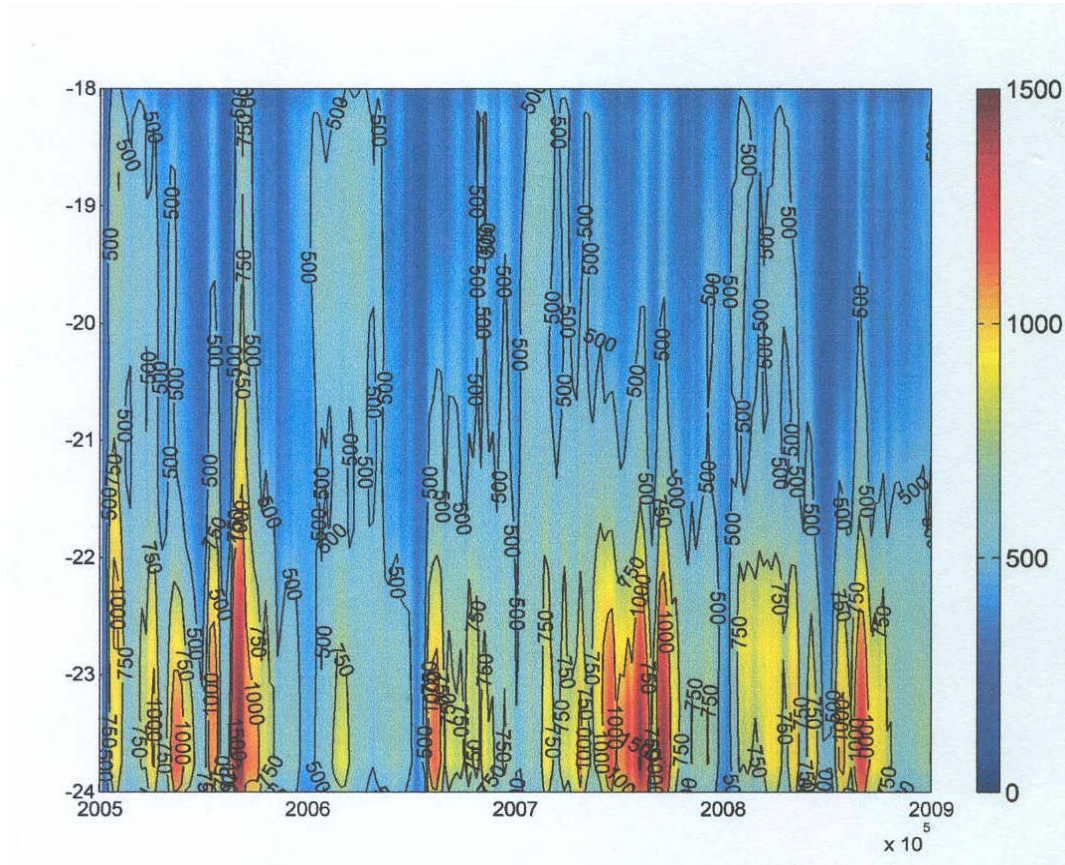


Figura 157. Transporte perpendicular a la costa ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) por 1000 m de costa generado por la componente a lo largo de la costa del viento medido por el satélite QuikScat en la banda costera de la zona norte de Chile ( $18^\circ\text{-}24^\circ\text{S}$ ), durante el periodo 2005-2008. (Fuente: CERSAT, <http://www.ifremer.fr/cersat/>)

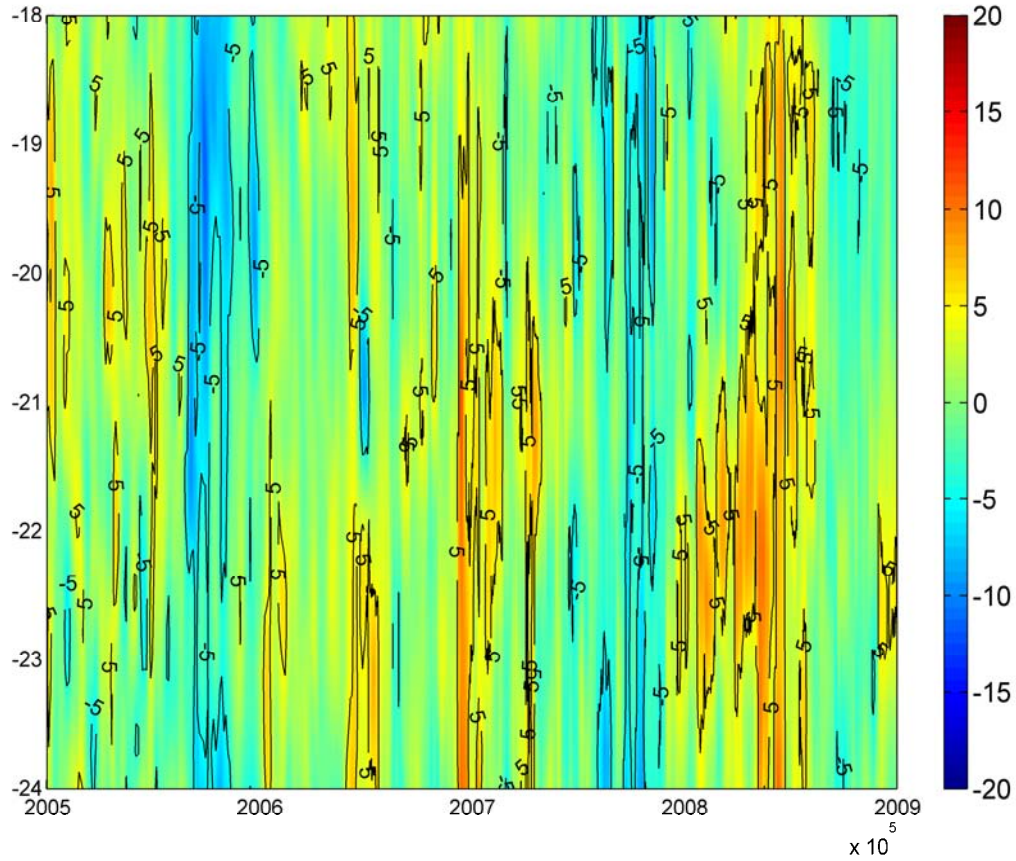


Figura 158. Anomalía del nivel del mar (cm) de la zona más cercana a la plataforma continental medido por la combinación de los el satélites ERS, Topex y Jason durante el periodo 2005-2008. (Fuente: AVISO, <http://www.aviso.oceanobs.com>)



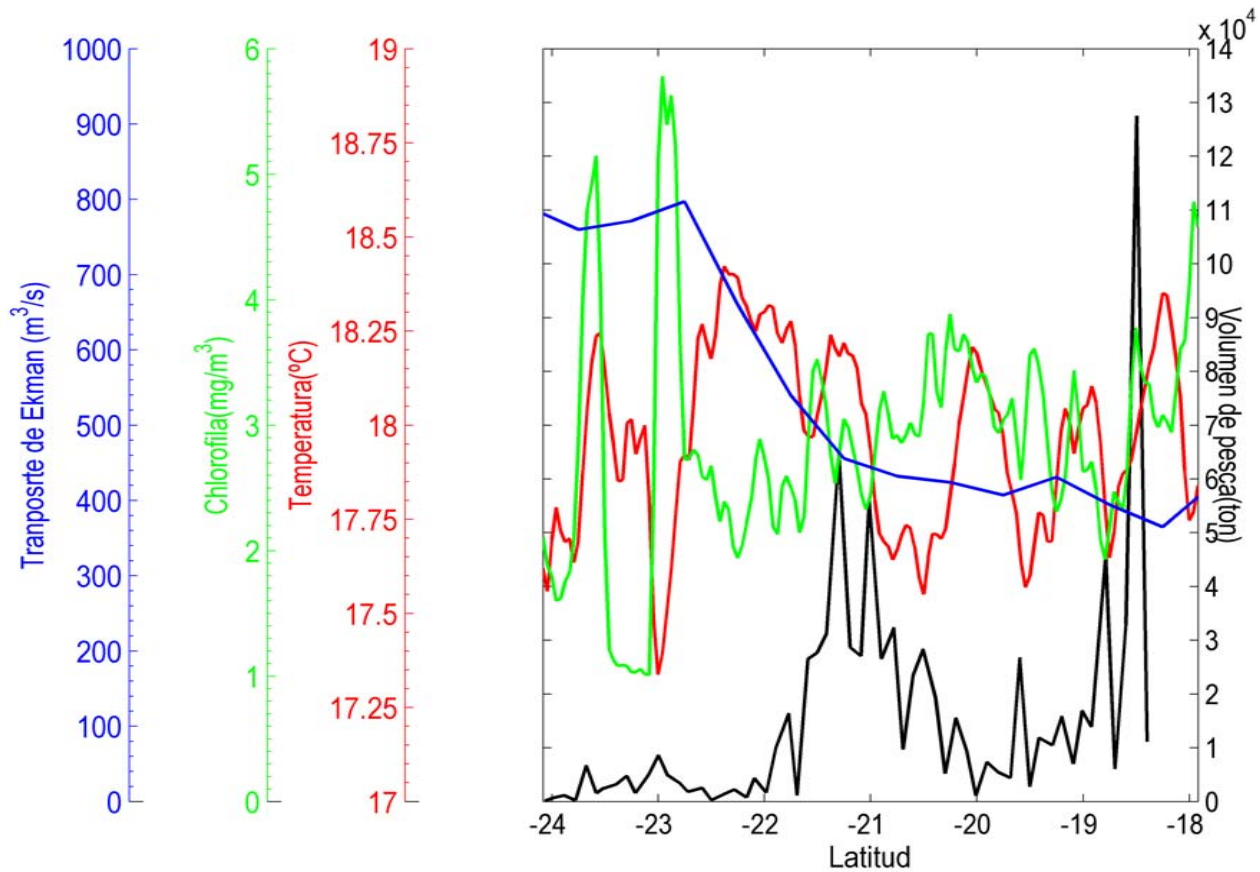


Figura 159. Series latitudinales promedio del a1o 2008 de transporte de Ekman, concentraci3n de cloa, temperatura promedio junto con captura totales (ton).

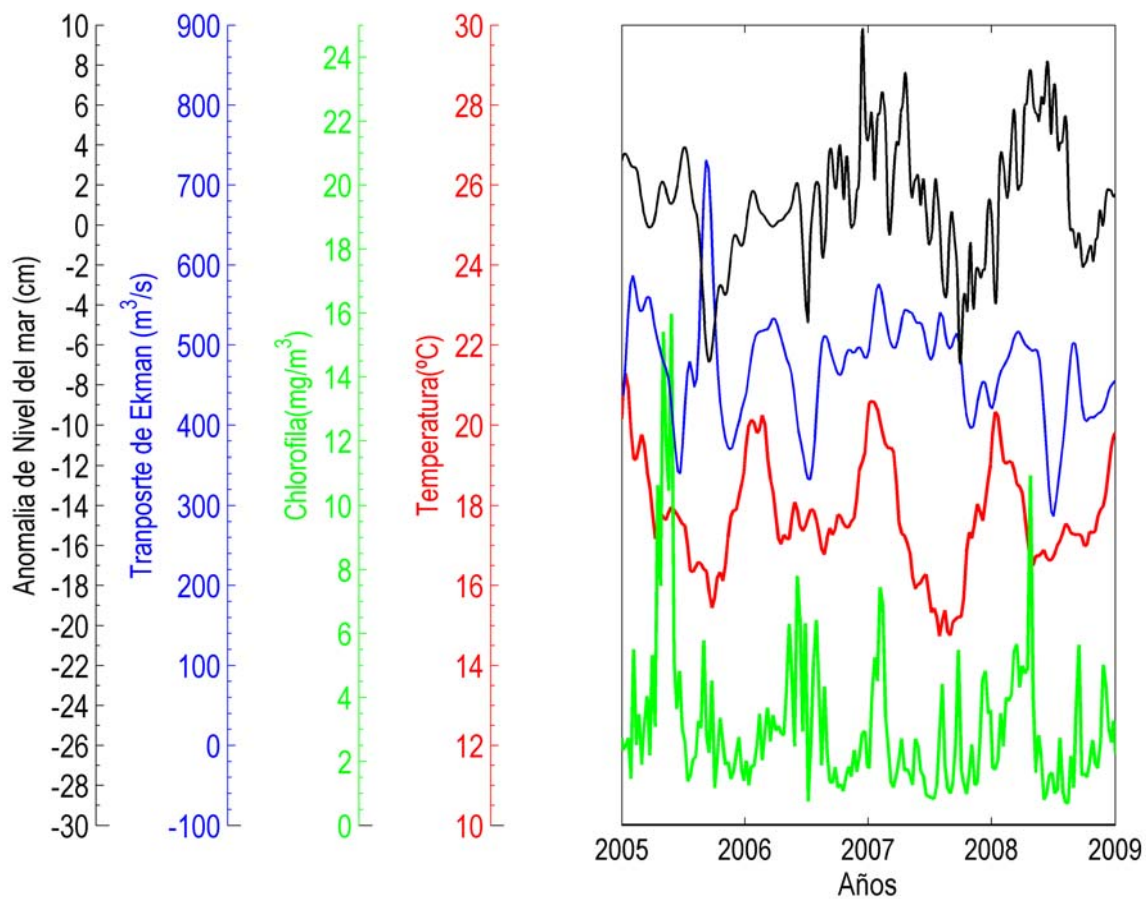


Figura 160. Series temporales de anomalía de nivel del mar, transporte de Ekman, concentración de cloa y temperatura promedio de la banda entre los 20°30' y 21°30'S durante el periodo 2005-2008.

# T A B L A S

---





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

Table with columns for station numbers (e.g., 55, 56), dates (month, day), coordinates (lat, lon), and various data points (e.g., 57.0, 196, 3, 297, 648, 1, 36, 1, 36, 100, 23, 16.0, 14.0, 13.0, 5, 8, 5, 21, 18, 14, 2, 6, 8). Stations are grouped into regions like Chañaral, Pta. Ballenita, Rada Papeo, Pta. Tres Picos, Bahía Moreno, Pta. Hornos, Pta. Copaca, Pta. Arenas, and Pta. Lobos.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

116	8	10	24	4	22	21	0	70	43	920	3	297	680	1	21	1	24	100	27	17,5	18	16	20	17	3	20	3	10	2	6	8
549	8	10	24	7	15	21	0	70	43	2440										18	18	16	30	17	4	20	11	4	2	6	8
117	8	10	24	8	52	21	0	70	53,7	3870	3	297	600	1	30	1	28	100	21	18	17	15	40	17	5	20	0	0	2	6	8
550	8	10	24	12	0	21	0	71	9,9	<6000										19	20	18	55	17	5	20	20	3	1	6	6
118	8	10	24	14	6	21	0	71	25,9	>5000	3	297	623	1	22	1	35	100	20	20	21	17	70	17	5	20	20	8	8	6	8
551	8	10	24	16	57	21	0	71	41,9	4100										18,5	21	17	85	17	4	20	19	10	1	6	7
119	8	10	24	19	13	21	0	71	58	4333	3	297	650	1	32	1	28	100	19	19	18,5	16	100	17	4	20	19,0	8	1,0	6	5
120	8	10	25	1	6	20	20	71	55,9	3400	3	297	541	1	32	1	40	100	18	20,5	16	14	100	18	4	20	16	8	1	6	2
552	8	10	25	4	13	20	20	71	39,9	4600										18	17	15	85	18	4	20	18	10	1	6	2
121	8	10	25	6	22	20	20	71	23,9	>5000	3	297	548	1	25	1	20	100	15	17,5	18	16	70	18	4	20	18	13	1	6	2
553	8	10	25	9	13	20	20	71	7,8	<6000										18	17	15	55	18	4	20	19	15	2	6	8
122	8	10	25	11	23	20	20	70	51,7	3300	3	297	715	1	37	1	31	100	18	19	19	17	40	18	4	20	19	15	2	6	7
554	8	10	25	14	0	20	20	70	41,2	1470										19	20	17	30	18	4	20	18	15	2	6	8
123	8	10	25	15	41	20	20	70	39,5	805	3	297	789	1	33	1	26	100	33	16	23,5	19	20	18	4	20	19	18	1	6	5
124	8	10	25	18	27	20	20	70	20	543	3	297	578	1	25	1	25	100	12	16	17	15	10	18	4	20	18	14	1	6	4
125	8	10	25	20	30	20	20	70	14,6	231	3	297	550	1	38	1	28	100	10	16	17	15	5	18	4	20	18	14	6	4	7
126	8	10	25	22	7	20	20	70	10,4	82	3	297	311	1	10	1	10	70	6	16	17	15	1	18	4	20	21	10	1	6	4
127	8	10	26	5	48	19	40	70	11,6	73	3	297	370	1	10	1	55	70	13	16	17	16	1	19	1	22	18	4	2	6	8
128	8	10	26	7	39	19	40	70	15,8	102	3	297	550	1	30	1	27	100	7	16	17,5	16	5	19	4	22	13	4	2	6	8
129	8	10	26	9	17	19	40	70	21	666	3	297	575	1	33	1	24	100	15	16	17	16	10	19	4	20	14	5	2	6	8
130	8	10	26	11	56	19	40	70	31,7	796	3	297	732	1	27	1	24	100	35	17	20	17	20	19	4	20	14	5	2	6	8
555	8	10	26	14	42	19	40	70	42,3	1086										17	21	18	30	19	4	20	14	5	2	6	8
131	8	10	26	16	22	19	40	70	52,9	2348	3	297	627	1	32	1	30	100	21	15,5	21	18	40	19	4	21	15	7	2	6	8
556	8	10	26	19	43	19	40	71	9	4230										17	19	16	55	19	4	21	16	9	2	6	8
132	8	10	26	21	49	19	40	71	25	<5000	3	297	509	1	32	1	31	100	16	17	17	15	70	19	4	21	20	7	2	6	8
557	8	10	27	0	46	19	40	71	41	>4000										19	17	15	85	19	4	21	18	8	2	6	8
133	8	10	27	2	48	19	40	71	57	4570	3	297	616	1	41	1	31	100	18	17	17	15	100	19	4	21	14	8	2	6	8
134	8	10	27	9	1	19	0	72	4,9	<6000	3	297	636	1	26	1	28	100	18	18	19	16	100	20	4	21	17	10	2	6	8
558	8	10	27	11	56	19	0	71	4,4	<6000										19	20	17	85	20	4	21	17	12	2	6	8
135	8	10	27	14	4	19	0	71	33	3090	3	297	628	1	18	1	28	100	16	18	21	18	70	20	4	20	17	10	2	6	8
559	8	10	27	16	56	19	0	71	17,2	2770										17	20,5	17,5	55	20	4	20	18	13	2	6	8
136	8	10	27	19	0	19	0	71	1,2	2060	3	297	620	1	27	1	26	100	12	17	19	17	40	20	4	20	17	10	2	6	8
560	8	10	27	21	35	19	0	70	50,6	1570										18	18	17	30	20	4	20	17	8	2	6	8
137	8	10	27	23	16	19	0	70	39,9	1366	3	297	622	1	32	1	28	100	21	18	18	17	20	20	4	20	12	4	2	6	8
138	8	10	28	1	54	19	0	70	29,5	990	3	297	525	1	38	1	22	100	14	18,5	17	15	10	20	4	20	11	5	2	6	8
139	8	10	28	3	57	19	0	70	24,2	345	3	297	529	1	31	1	24	100	11	17	18	16	5	20	4	20	15	5	2	6	8
140	8	10	28	5	52	19	0	70	20	83	3	297	419	1	8	1	10	80	16	17,5	18	16	1	20	3	20	17	5	2	6	8
141	8	10	28	11	47	18	25	70	21	16	3	297	70	0	12	0	12	10	11	18	18	16	1	21	3	20	0,0	0	2	6	8
142	8	10	28	12	42	18	25	70	25,2	69	3	297	320	0	52	0	52	60	12	18	22	19	5	21	4	22	20	5	2	6	8
143	8	10	28	15	14	18	25	70	30,5	111	3	297	578	1	23	1	26	100	16	17	22	19	10	21	4	21	19,0	8	1	6	4
144	8	10	28	17	36	18	25	70	41,1	700	3	297	528	1	29	1	26	100	11	16,5	21	18	20	21	3	21	21	5	1	6	6
561	8	10	28	20	23	18	25	70	51,6	975										18	17	15	30	21	4	21	20	5	1	6	4
145	8	10	28	22	2	18	25	71	2,2	898	3	297	631	1	35	1	22	100	14	18	17	15	40	21	4	21	15	5	1	6	8
562	8	10	29	1	10	18	25	71	18	1116										18	18	16	55	21	4	21	14	8	2	6	8
146	8	10	29	3	11	18	25	71	33,8	2130	3	297	615	1	35	1	30	100	13	17	18	16	70	21	4	21	17	8	2	6	8
563	8	10	29	6	15	18	25	71	49,7	2620										16	19	17	85	21	4	21	17	10	1	6	6
147	8	10	29	8	23	18	25	72	5,5	4440	3	297	600	1	29	1	31	100	30	16	19	17	100	21	4	21	20	10	2	6	7
Arica	8	10	28	13	45	18	23	70	24,8	51	3	297	281	0	43	0	47	50	4	18	22	19	2	4	22	23	10	1	6	5	
Iquique	8	10	24	0	41	20	11	70	10,5	80	3	297	153	0	45	0	43	50	5	17	18	16	1,9	20	3	20	18	10	2	6	8
Mejillones	8	10	21	9	30	23	1	70	23,1	87	3	297	275	1	5	1	29	70	8	18	16	14	2	0	0	0	0	0	2	6	7
Caldera	8	10	14	6	12	27	2	70	50,9	102	3	297	303	0	50	0	47	50	25	16,5	14,5	13,5	2	1	24	0	0	0	2	6	8
Coquimbo	8	10	9	6	59	29	57	71	23,6	129	3	297	290	0	48	0	53	50	18	16	14	13,5	2,7	2	23	0	0	2	6	8	



Tabla 2. Categorías por densidad

Categoría	Intervalo (t/mn <sup>2</sup> )	Calificaci3n de densidad
I	1 - 75	Muy baja
II	76 - 150	Baja
III	151 - 300	Densa
IV	301 - >	Muy densa



**Tabla 3.** Bitácora de las estaciones con medición de profundidad del 1% de penetración de luz. Octubre 2008

tran	est	dcost	hora	minuto	z 1% lo	capa de mezcla
1	2	5	11	25	68,4	6
1	3	10	13	20	74,2	5
2	11	20	13	55	59,9	10
2	12	10	15	26	50,8	12
3	19	40	12	33	63,5	9
4	23	70	12	25	71,2	6
5	34	70	10	25	45,6	11
5	35	100	15	50	51,5	4
6	39	20	13	10	81,2	3
6	40	10	15	30	39,9	3
7	47	40	10	35	43,2	4
7	48	70	16	59	81,5	14
9	57	1	12	40	25,2	3
9	58	5	13	37	77,4	4
9	59	10	15	2	62,8	3
10	67	20	12	30	67,3	11
10	68	10	14	47	47,0	5
10	69	5	16	35	62,7	3
11	76	70	15	4	56,3	16
12	80	40	14	33	43,7	3
13	87	10	10	10	39,2	0
13	88	20	13	7	39,2	3
14	92	100	11	28	94,2	11
14	93	70	16	36	70,9	0
15	99	1	15	54	42,4	0
15	105	100	13	40	88,9	5
16	109	20	10	35	52,3	3
16	110	10	13	11	49,9	3
16	111	5	15	4	54,8	0
16	112	1	16	34	66,2	0
17	118	70	14	6	65,0	3
18	122	40	11	23	52,3	6
18	123	20	15	41	70,4	5
19	130	20	11	56	55,8	3
19	131	40	16	22	54,4	4
20	135	70	14	4	70,6	0





**Tabla 4.** Abundancia integrada (cél/mLx10<sup>3</sup>) del componente picoplanctónico. BACTE: bacterias, PEUCA: picoplancton eucarionte, PAUTO: picoplancton autotrófico. TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estaci3n.

TRAN	DDC	EST	BACTE	PEUCA	PAUTO
1	1	1	289.0	2.6	7.8
1	5	2	509.4	3.8	40.6
1	10	3	732.6	3.3	45.7
2	40	10	797.9	2.0	31.8
2	20	11	653.2	0.8	17.6
2	10	12	618.8	2.0	37.5
2	5	13	344.3	2.7	30.9
2	1	14	359.7	12.6	38.8
3	1	15	327.3	10.1	3.9
3	5	16	377.6	3.7	5.4
3	10	17	430.4	2.0	8.7
3	20	18	586.4	0.3	8.8
3	40	19	636.6	2.0	56.3
3	70	20	498.1	2.3	23.5
3	100	21	657.0	2.7	30.3
4	100	22	675.5	1.2	14.9
4	70	23	568.3	0.8	8.9
4	40	24	565.6	2.6	14.6
4	10	26	597.9	3.7	19.0
4	5	27	742.6	16.5	37.3
4	1	28	664.1	15.8	39.3
5	1	29	749.6	13.1	69.9
5	5	30	466.7	13.6	83.8
5	10	31	384.7	6.4	17.8
5	20	32	417.1	5.3	26.0
5	40	33	413.9	6.4	27.1
5	70	34	602.1	4.0	27.6
5	100	35	619.5	0.7	25.8
6	100	36	443.1	2.0	16.0
6	70	37	466.9	0.8	4.5
6	40	38	551.6	7.5	27.1
6	20	39	379.9	2.3	16.8
6	10	40	566.1	6.0	65.5
6	5	41	523.1	4.0	45.3
6	1	42	693.4	18.9	89.3
7	1	43	986.5	7.3	52.1
7	5	44	2473.6	11.4	127.3
7	10	45	720.1	10.2	81.0
7	20	46	403.9	6.0	27.5
7	40	47	347.7	3.5	22.0
7	70	48	228.4	0.9	13.6
7	100	49	230.6	1.5	14.3



Continuación Tabla 4

TRAN	DDC	EST	BACTE	PEUCA	PAUTO	TRAN	DDC	EST	BACTE	PEUCA	PAUTO
8	20	53	328.55	2.07	31.77	14	100	92	637.36	0.68	17.02
8	10	54	457.64	3.73	65.23	14	70	93	630.97	2.11	12.17
8	5	55	657.26	3.71	45.26	14	40	94	501.20	4.52	12.42
8	1	56	760.69	6.93	39.92	14	20	95	693.31	3.67	19.63
9	1	57	659.60	7.15	24.50	14	10	96	648.80	4.89	16.42
9	5	58	765.96	6.20	39.27	14	5	97	1121.53	2.73	18.41
9	10	59	763.73	5.08	39.23	14	1	98	1122.55	3.42	12.35
9	20	60	720.09	6.00	89.11	15	1	99	1375.17	2.33	10.98
9	40	61	614.28	8.50	26.81	15	5	100	791.95	7.30	30.71
9	70	62	732.99	3.68	17.70	15	10	101	752.84	2.25	53.06
9	100	63	796.26	16.97	31.94	15	20	102	630.41	1.03	33.51
10	100	64	803.72	7.26	37.42	15	40	103	714.64	1.33	10.56
10	70	65	672.30	5.41	29.45	15	70	104	544.97	2.01	23.65
10	40	66	585.15	6.80	12.06	15	100	105	635.30	1.33	20.75
10	20	67	488.52	4.63	49.94	16	100	106	687.69	2.46	24.21
10	10	68	442.49	2.88	33.32	16	70	107	608.97	2.46	40.46
10	5	69	405.93	5.07	50.15	16	40	108	844.05	2.91	48.45
10	1	70	324.95	5.11	16.53	16	20	109	1151.28	4.57	90.63
11	1	71	583.32	13.58	37.85	16	10	110	599.94	4.66	29.22
11	5	72	611.86	9.36	32.36	16	5	111	952.01	8.60	33.53
11	10	73	567.84	9.40	16.37	16	1	112	1494.43	14.39	30.94
11	20	74	420.91	1.95	11.91	17	1	113	1223.21	16.71	32.98
11	40	75	616.93	11.21	21.53	17	5	114	834.54	11.84	34.82
11	70	76	499.51	2.90	30.90	17	10	115	1158.10	7.79	54.37
11	100	77	483.93	3.70	17.73	17	20	116	896.71	2.07	43.08
12	100	78	457.07	3.23	17.08	17	40	117	753.81	1.36	40.83
12	70	79	501.95	7.08	4.08	17	70	118	589.25	1.79	39.04
12	40	80	334.48	2.20	16.50	17	100	119	440.71	2.05	26.75
12	20	81	353.19	5.61	8.11	18	100	120	418.84	1.55	28.61
12	10	82	672.24	13.18	22.58	18	70	121	382.64	0.74	43.86
12	5	83	698.85	20.36	28.10	18	40	122	382.55	1.15	21.32
12	1	84	993.26	19.58	39.21	18	20	123	588.33	0.54	43.11
13	1	85	1091.26	0.97	31.30	18	10	124	551.23	2.40	33.83
13	5	86	1000.56	8.00	25.75	18	5	125	555.56	4.05	47.26
13	10	87	886.98	7.69	14.97	18	1	126	682.93	0.01	21.39
13	20	88	599.42	14.96	34.45	19	1	127	591.58	0.07	68.65
13	40	89	758.76	4.47	19.72	19	5	128	730.53	0.06	37.18
13	70	90	576.77	0.51	20.32						
13	100	91	1331.92	2.03	14.77						



Tabla 5. Abundancia celular integrada (cél/L) del nanoplancton total (NT) y por clase de tamaño ( $\mu\text{m}$ ).  
TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estación.

TRAN	DDC	EST	NT	<4	4-8	8-12	12-16	16-20
1	1	1	2.38E+07	1.64E+07	6.93E+06	3.22E+05	1.61E+05	0.00E+00
1	5	2	8.39E+06	5.92E+06	2.34E+06	1.07E+05	2.15E+04	0.00E+00
1	10	3	7.13E+06	4.39E+06	2.28E+06	4.15E+05	5.01E+04	0.00E+00
2	40	10	1.10E+07	5.56E+06	3.28E+06	1.05E+06	6.16E+05	4.87E+05
2	20	11	9.39E+06	4.57E+06	2.95E+06	1.01E+06	4.78E+05	3.81E+05
2	10	12	1.59E+07	1.01E+07	5.03E+06	4.37E+05	1.79E+05	2.86E+04
2	5	13	1.43E+07	1.02E+07	4.11E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	1	14	8.40E+06	4.05E+06	3.33E+06	6.71E+05	2.42E+05	1.07E+05
3	1	15	9.77E+06	6.31E+06	2.26E+06	5.64E+05	5.64E+05	0.00E+00
3	5	16	3.05E+06	1.20E+06	9.24E+05	5.37E+05	6.44E+04	1.18E+05
3	10	17	1.08E+07	5.53E+06	3.31E+06	1.17E+06	4.13E+05	1.07E+05
3	20	18	3.58E+06	1.51E+06	1.05E+06	5.58E+05	1.02E+05	1.29E+05
3	40	19	6.97E+06	4.43E+06	1.80E+06	4.73E+05	5.10E+04	6.44E+04
3	70	20	1.04E+07	7.34E+06	2.55E+06	3.87E+05	0.00E+00	0.00E+00
3	100	21	4.84E+06	3.06E+06	1.17E+06	3.76E+05	1.66E+05	3.22E+04
4	100	22	4.98E+06	3.14E+06	1.22E+06	3.76E+05	1.66E+05	3.22E+04
4	70	23	4.84E+06	3.06E+06	1.17E+06	3.76E+05	1.66E+05	3.22E+04
4	40	24	1.85E+07	1.06E+07	4.98E+06	1.65E+06	5.85E+05	2.42E+05
4	10	26	2.70E+07	1.76E+07	7.98E+06	2.33E+05	1.79E+05	6.55E+05
4	5	27	1.01E+07	8.50E+06	5.08E+05	8.59E+04	0.00E+00	6.59E+05
4	1	28	2.25E+07	1.32E+07	5.05E+06	2.60E+06	6.71E+05	4.30E+05
5	1	29	5.26E+06	3.44E+06	1.24E+06	5.91E+05	0.00E+00	0.00E+00
5	5	30	3.00E+06	1.60E+06	1.18E+06	1.83E+05	0.00E+00	3.22E+04
5	10	31	3.08E+06	1.50E+06	1.20E+06	2.15E+05	4.30E+04	6.44E+04
5	20	32	1.06E+07	5.08E+06	2.78E+06	1.27E+06	6.84E+05	3.78E+05
5	40	33	9.31E+06	4.86E+06	2.56E+06	1.06E+06	4.67E+05	1.61E+05
5	70	34	4.09E+06	1.82E+06	9.02E+05	1.13E+06	2.36E+05	5.37E+03
5	100	36	2.23E+07	1.33E+07	7.07E+06	1.32E+06	5.80E+05	0.00E+00
6	70	37	1.13E+07	6.62E+06	3.05E+06	1.04E+06	2.79E+05	2.58E+05
6	40	38	2.53E+06	2.34E+06	1.66E+05	1.07E+04	1.07E+04	0.00E+00
6	20	39	1.13E+07	7.08E+06	3.31E+06	9.40E+05	0.00E+00	0.00E+00
6	10	40	1.31E+07	9.59E+06	3.01E+06	4.65E+05	7.88E+04	0.00E+00
6	5	41	7.11E+06	5.00E+06	1.79E+06	2.72E+05	5.58E+04	0.00E+00
6	1	42	8.30E+06	4.13E+06	2.87E+06	8.59E+05	4.30E+05	0.00E+00
6	1	43	1.14E+07	2.79E+06	3.97E+06	1.02E+06	5.91E+05	6.44E+05
7	5	44	8.59E+06	7.15E+06	9.84E+05	4.53E+05	0.00E+00	0.00E+00
7	10	45	4.76E+06	4.00E+06	5.58E+05	2.08E+05	0.00E+00	0.00E+00
7	70	48	4.18E+06	2.18E+06	8.54E+05	3.65E+05	2.09E+05	4.40E+05
7	100	49	2.97E+06	4.03E+05	6.12E+05	5.96E+05	2.47E+05	2.95E+05
7	10	54	4.76E+06	4.00E+06	5.58E+05	2.08E+05	0.00E+00	0.00E+00
7	5	58	1.28E+07	1.07E+07	1.63E+06	5.37E+05	0.00E+00	0.00E+00
7	70	62	3.27E+06	2.45E+06	4.83E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.99E+05
8	100	64	6.03E+06	3.02E+06	2.30E+06	4.08E+05	1.07E+05	0.00E+00
8	70	65	4.61E+06	2.28E+06	1.65E+06	3.97E+05	9.67E+04	0.00E+00
8	40	66	4.79E+06	1.78E+06	2.12E+06	6.44E+05	0.00E+00	0.00E+00
8	20	67	5.36E+06	2.54E+06	2.16E+06	4.40E+05	6.44E+04	0.00E+00



Continuación Tabla 5.

TRAN	DDC	EST	NT	<4	4-8	8-12	12-16	16-20
1	40	11	5.18E+06	3.00E+06	2.08E+06	1.02E+05	0.00E+00	0.00E+00
1	10	12	1.13E+07	5.22E+06	3.95E+06	7.81E+05	1.05E+06	1.12E+05
1	5	12	7.59E+06	3.36E+06	3.10E+06	5.91E+05	5.26E+05	0.00E+00
2	1	12	1.43E+07	6.61E+06	4.35E+06	1.13E+06	1.18E+06	4.30E+05
2	1	13	8.48E+06	3.30E+06	2.17E+06	5.64E+05	5.91E+05	8.32E+05
2	5	13	2.10E+07	8.50E+06	6.05E+06	1.46E+06	1.25E+06	1.87E+06
2	100	13	4.01E+06	1.44E+06	1.86E+06	2.52E+05	0.00E+00	0.00E+00
2	100	14	4.40E+06	1.21E+06	2.22E+06	4.46E+05	0.00E+00	0.00E+00
3	100	15	5.87E+06	3.24E+06	1.86E+06	3.83E+05	3.68E+05	1.07E+04
3	100	16	2.93E+06	1.62E+06	9.28E+05	1.92E+05	1.84E+05	5.37E+03
3	70	16	8.63E+06	4.32E+06	2.50E+06	5.69E+05	5.21E+05	0.00E+00
3	40	16	3.24E+06	1.27E+06	1.55E+06	4.25E+05	0.00E+00	0.00E+00
3	20	16	4.32E+06	2.16E+06	1.25E+06	2.85E+05	2.60E+05	0.00E+00
3	10	16	9.74E+06	3.87E+06	4.74E+06	1.13E+06	0.00E+00	0.00E+00
3	5	16	1.82E+07	7.79E+06	9.34E+06	1.07E+06	0.00E+00	0.00E+00
4	1	16	2.12E+07	8.46E+06	1.19E+07	6.44E+05	2.15E+05	0.00E+00
4	70	17	1.19E+07	3.52E+06	4.44E+06	1.58E+06	1.15E+06	3.95E+05
4	100	17	5.93E+06	1.76E+06	2.22E+06	7.89E+05	5.77E+05	1.98E+05
4	100	18	3.14E+06	9.32E+05	1.18E+06	4.18E+05	3.06E+05	1.05E+05
4	70	18	1.57E+07	4.66E+06	5.88E+06	2.09E+06	1.53E+06	5.24E+05
4	40	18	1.05E+07	3.02E+06	3.88E+06	1.44E+06	1.05E+06	3.71E+05
5	20	18	3.68E+07	1.22E+07	1.37E+07	6.88E+06	2.05E+06	1.20E+06
5	10	18	4.49E+07	1.88E+07	1.80E+07	6.06E+06	1.05E+06	9.56E+05
5	5	18	2.98E+07	1.23E+07	1.22E+07	4.01E+06	7.10E+05	6.14E+05
5	1	18	1.40E+07	5.93E+06	5.91E+06	1.58E+06	3.49E+05	2.15E+05
5	1	19	4.20E+07	1.78E+07	1.77E+07	4.75E+06	1.05E+06	6.44E+05
5	5	19	6.42E+06	3.40E+06	2.06E+06	6.12E+05	3.44E+05	0.00E+00
5	10	19	9.00E+06	4.04E+06	4.50E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6	20	19	1.50E+07	6.95E+06	7.74E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6	40	19	1.08E+07	2.17E+06	6.03E+06	2.52E+06	0.00E+00	0.00E+00
6	70	19	6.09E+06	1.22E+06	3.41E+06	1.42E+06	1.07E+04	1.07E+04
6	100	19	2.56E+06	7.95E+05	1.03E+06	7.41E+05	0.00E+00	0.00E+00
6	100	20	3.75E+06	7.95E+05	2.22E+06	7.41E+05	0.00E+00	0.00E+00
6	70	20	2.65E+06	9.18E+05	1.36E+06	3.76E+05	0.00E+00	0.00E+00
6	40	20	2.51E+06	7.89E+05	4.83E+05	3.33E+05	3.54E+05	7.52E+04
7	20	20	1.99E+06	7.14E+05	9.08E+05	2.31E+05	0.00E+00	1.34E+05
7	10	20	1.88E+06	7.23E+05	8.23E+05	2.00E+05	0.00E+00	1.29E+05
7	5	20	2.33E+07	1.23E+07	6.27E+06	3.68E+06	7.41E+05	6.44E+04
7	1	20	5.66E+07	3.16E+07	1.58E+07	5.10E+06	1.85E+06	7.52E+05
7	1	21	3.18E+07	1.93E+07	8.05E+06	1.34E+06	5.37E+05	6.44E+05
7	5	21	2.11E+07	1.21E+07	7.27E+06	6.34E+05	2.15E+05	3.11E+05
7	10	21	1.67E+07	9.59E+06	4.78E+06	1.17E+06	4.15E+05	2.43E+05
8	20	21	6.20E+06	3.58E+06	9.61E+05	4.19E+05	4.30E+05	2.26E+05
8	40	21	6.48E+06	3.97E+06	1.15E+06	3.92E+05	5.80E+05	3.76E+05
8	70	21	4.21E+06	2.58E+06	7.50E+05	2.55E+05	3.77E+05	2.44E+05
8	100	21	4.22E+06	2.04E+06	1.61E+06	5.80E+05	0.00E+00	0.00E+00



Tabla 6. Especies de diatomeas identificadas con sus rangos de tamaño.

DIATOMEAS EN CADENA	Tamaño (µm)		DIATOMEAS EN CADENA	Tamaño (µm)	
	mín	máx		mín	max
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	70	200	<i>Odontella longicuris</i>	85	525
<i>Asteromphalus brookei</i>	75	100	<i>Proboscia alata</i>	119	1850
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	65	378	<i>Proboscia indica</i>	310	1660
<i>Bacteriastrum elongatum</i>	70	325	<i>Pseudonitzschia australis</i>	90	635
<i>Cerataulina pelagica</i>	50	90	<i>Pseudonitzschia multiseris</i>	73	580
<i>Chaetoceros affinis</i>	125	365	<i>P. pseudodelicatissima</i>	69	558
<i>Chaetoceros coarctatus</i>	350	698	<i>Pseudosolenia calcaravis</i>	225	1875
<i>Chaetoceros compressus</i>	67	265	<i>Rhizosolenia bergonii</i>	100	915
<i>Chaetoceros constrictus</i>	85	450	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	175	1750
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	50	225	<i>Rhizosolenia imbricata var. minuta</i>	120	2258
<i>Chaetoceros danicus</i>	25	182	<i>Skeletonema costatum</i>	80	358
<i>Chaetoceros debilis</i>	50	315	<i>Stephanopyxis turris</i>	100	250
<i>Chaetoceros decipiens</i>	50	850	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	70	400
<i>Chaetoceros dichaeta</i>	83	450	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	60	290
<i>Chaetoceros messanensis</i>	110	400	<i>Thalassiosira aestivalis</i>	50	513
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	61	775	<i>Thalassiosira minuscula</i>	90	650
<i>Chaetoceros protuberans</i>	63	358	<i>Thalassiosira rotula</i>	75	290
<i>Chaetoceros radicans</i>	65	255	<i>Thalassiosira subtilis</i>	100	650
<i>Chaetoceros teres</i>	80	350	<b>DIATOMEAS SOLITARIAS</b>	<b>mín</b>	<b>máx</b>
<i>Chaetoceros tetrastichon</i>	475	475	<i>Actinocyclus curvatulus</i>	53	110
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	55	503	<i>Asteromphalus arachne</i>	40	100
<i>Detonula pumila</i>	68	598	<i>Corethron criophilum</i>	75	563
<i>Eucampia cornuta</i>	43	200	<i>Coscinodiscus centralis</i>	100	200
<i>Eucampia zodiacus</i>	40	408	<i>Coscinodiscus concinnus</i>	180	340
<i>Fragilariopsis doliolus</i>	35	170	<i>Cylindrotheca closterium</i>	60	100
<i>Guinardia cylindrus</i>	175	1350	<i>Ditylum brightwellii</i>	175	351
<i>Guinardia delicatula</i>	113	168	<i>Lioloma delicatulum</i>	1125	2833
<i>Guinardia striata</i>	78	315	<i>Lioloma pacificum</i>	525	1050
<i>Hemiaulus hauckii</i>	75	250	<i>Nitzschia longissima</i>	112	425
<i>Hemiaulus sinensis</i>	85	200	<i>Planktoniella sol</i>	50	242
<i>Lauderia annulata</i>	95	140	<i>Rhizosolenia setigera</i>	140	670
<i>Leptocylindrus danicus</i>	55	575	<i>Rhizosolenia styliformis</i>	321	1990
<i>L. mediterraneus</i>	50	855	<i>Rhizosolenia tempereii</i>	465	940
<i>Lithodesmium undulatum</i>	50	550	<i>Thalassiotrix antartica?</i>	1992	3700



Tabla 7. Especies de flagelados identificados con sus rangos de tamaño

FLAGELADOS TECADOS	Tamaño		FLAGELADOS TECADOS	Tamaño	
	mín	máx		mín	máx
<i>Actiniscus pentasterias</i>	30	45	<i>Distephanus speculum</i>	35	77
<i>Amylax triacantha</i>	40	50	<i>Distephanus speculum var. octonarius</i>	40	60
<i>Asterodinium sp.</i>	40	50	<i>Goniodoma polyedricum</i>	75	80
<i>Cerathocorys horrida</i>	95	95	<i>Gonyaulax fusiformis</i>	90	110
<i>Ceratium arietinum</i>	125	250	<i>Gonyaulax grindleyi</i>	50	65
<i>Ceratium azoricum</i>	100	218	<i>Gonyaulax polygramma</i>	75	95
<i>Ceratium belone</i>	400	465	<i>Gonyaulax spinifera</i>	55	85
<i>Ceratium breve</i>	185	210	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	50	70
<i>Ceratium candelabrum</i>	165	240	<i>Micracanthodinium setiferum</i>	75	75
<i>Ceratium contortum</i>	240	425	<i>Podolampas bipes</i>	85	110
<i>Ceratium deflexum</i>	320	355	<i>Podolampas palmipes</i>	85	130
<i>Ceratium extensum</i>	415	1003	<i>Podolampas spinifera</i>	110	170
<i>Ceratium furca var. berghii</i>	150	325	<i>Prorocentrum gracile</i>	35	35
<i>Ceratium fusus var. seta</i>	200	395	<i>Prorocentrum micans</i>	55	55
<i>Ceratium horridum</i>	225	450	<i>Prorocentrum obtusidens</i>	65	75
<i>Ceratium incisum</i>	140	500	<i>Protoberidinium claudicans</i>	100	160
<i>Ceratium limulus</i>	100	115	<i>Protoberidinium conicum</i>	95	110
<i>Ceratium lineatum</i>	70	155	<i>Protoberidinium depressum</i>	125	250
<i>Ceratium macroceros</i>	250	500	<i>Protoberidinium divergens</i>	70	125
<i>Ceratium massiliense</i>	120	350	<i>Protoberidinium grande</i>	150	150
<i>Ceratium minutum</i>	75	145	<i>Protoberidinium leonis</i>	60	100
<i>Ceratium pentagonum</i>	125	680	<i>Protoberidinium longiceps</i>	130	130
<i>Ceratium pulchellum</i>	150	290	<i>Protoberidinium oceanicum</i>	185	230
<i>Ceratium symmetricum</i>	200	475	<i>Protoberidinium pellucidum</i>	50	79
<i>Ceratium trichoceros</i>	350	535	<i>Protoberidinium pentagonum</i>	85	85
<i>Ceratium tripos</i>	170	340	<i>Protoberidinium pyrum</i>	53	75
<i>Corythodinium diploconus</i>	70	100	<i>Protoberidinium steinii</i>	80	110
<i>Corythodinium longiceps</i>	60	85	<i>Protoberidinium tenuissimum</i>	70	100
<i>Corythodinium reticulatum</i>	45	65	<i>Ptychodiscus noctiluca</i>	75	90
<i>Corythodinium sceptrum</i>	55	85	<i>Scrippsiella sp.</i>	30	45
<i>Corythodinium scolopax</i>	100	125	<b>FLAGELADOS ATECADOS</b>	<b>mín</b>	<b>máx</b>
<i>Corythodinium sphaeroideum</i>	38	38	<i>Amphidinium sp.</i>	50	65
<i>Corythodinium tessellatum</i>	75	100	<i>Amphisolenia sp.</i>	208	208
<i>Dictyocha fibula</i>	35	90	<i>Dissodinium elegans</i>	80	175
<i>Dinophysis acuminata</i>	50	60	<i>Eutreptiella marina</i>	50	50
<i>Dinophysis caudata</i>	95	125	<i>Gymnodinium coeruleum</i>	110	145
<i>Dinophysis hastata</i>	105	105	<i>Gymnodinium multistriatum</i>	110	125
<i>Dinophysis mitra</i>	50	80	<i>Gymnodinium sp.</i>	40	165
<i>Dinophysis ovata</i>	50	60	<i>Gyrodinium sp.</i>	45	250
<i>Dinophysis rotundata</i>	50	60	<i>Karenia sp.</i>	29	38
<i>Dinophysis tripos</i>	100	135	<i>Kofoidinium splendens</i>	205	395
<i>Diplopsalis lenticula</i>	100	100	<i>Polykrikos kofoidii</i>	90	115
<i>Diplopsalis minor</i>	50	90			



**Tabla 8.** Abundancia celular (cél/mL) integrada de diatomeas (DIATO) y flagelados (FLAGE) y aporte porcentual (%) de cada grupo. TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estación.

TRAN	DDC	EST	DIATO	FLAGE	TOTAL	%DIATO	%FLAGE
1	1	1	2,1	0,1	2,3	93,6	6,4
1	5	2	13,8	0,2	14,0	98,6	1,4
1	10	3	16,5	0,5	17,0	97,2	2,8
2	40	10	66,9	0,1	67,0	99,8	0,2
2	20	11	37,9	0,3	38,2	99,1	0,9
2	10	12	21,4	0,3	21,7	98,5	1,5
2	5	13	29,0	0,5	29,6	98,2	1,8
2	1	14	13,4	0,0	13,4	99,7	0,3
3	1	15	2,7	0,1	2,8	97,0	3,0
3	5	16	3,8	0,1	3,8	98,5	1,5
3	10	17	9,3	0,2	9,5	97,7	2,3
3	20	18	5,7	0,9	6,5	86,8	13,2
3	40	19	5,0	0,6	5,6	89,3	10,7
3	70	20	21,0	0,7	21,6	96,9	3,1
3	100	21	11,7	0,6	12,3	94,9	5,1
4	100	22	25,0	0,6	25,6	97,6	2,4
4	70	23	42,8	0,6	43,5	98,6	1,4
4	40	24	130,2	0,2	130,4	99,8	0,2
4	10	26	166,3	0,2	166,5	99,9	0,1
4	5	27	26,4	0,1	26,4	99,7	0,3
4	1	28	103,9	0,3	104,2	99,7	0,3
5	1	29	42,1	0,1	42,2	99,8	0,2
5	5	30	50,5	0,1	50,6	99,8	0,2
5	10	31	203,3	0,2	203,5	99,9	0,1
5	20	32	17,6	0,1	17,8	99,4	0,6
5	40	33	90,8	0,3	91,0	99,7	0,3
5	70	34	55,0	1,8	56,8	96,9	3,1
5	100	35	24,3	0,5	24,8	98,0	2,0
6	100	36	13,8	0,9	14,7	94,0	6,0
6	70	37	15,5	0,6	16,1	96,2	3,8
6	40	38	50,3	0,5	50,8	99,1	0,9
6	20	39	17,2	0,4	17,6	98,0	2,0
6	10	40	48,9	0,3	49,2	99,4	0,6
6	5	41	18,4	0,2	18,6	98,7	1,3
6	1	42	0,5	0,1	0,6	87,2	12,8
7	1	43	34,6	0,5	35,1	98,7	1,3
7	5	44	22,1	0,2	22,3	98,9	1,1
7	10	45	13,2	0,3	13,5	98,0	2,0
7	20	46	26,0	0,3	26,3	98,9	1,1
7	40	47	19,0	0,2	19,2	98,9	1,1
7	70	48	8,7	0,9	9,7	90,6	9,4
7	100	49	11,8	0,8	12,6	93,3	6,7
8	20	53	39,3	0,3	39,6	99,2	0,8
8	10	54	11,2	0,2	11,4	98,4	1,6
8	5	55	5,3	0,3	5,6	93,8	6,2
8	1	56	421,4	0,9	422,3	99,8	0,2



Continuación Tabla 8.

TRAN	DDC	EST	DIATO	FLAGE	TOTAL	%DIATO	%FLAGE
9	1	57	454,8	0,6	455,4	99,9	0,1
9	5	58	37,3	0,2	37,5	99,5	0,5
9	10	59	3,9	0,1	4,0	97,1	2,9
9	20	60	6,0	0,1	6,1	98,7	1,3
9	40	61	13,6	0,4	14,0	97,4	2,6
9	70	62	22,7	0,4	23,1	98,4	1,6
9	100	63	35,3	0,4	35,8	98,8	1,2
10	100	64	87,0	2,2	89,2	97,5	2,5
10	70	65	15,8	0,6	16,4	96,4	3,6
10	40	66	10,4	0,1	10,5	98,6	1,4
10	20	67	8,4	0,4	8,8	95,4	4,6
10	10	68	1,6	0,1	1,6	96,8	3,2
10	5	69	2,3	0,1	2,4	96,8	3,2
10	1	70	35,3	0,1	35,3	99,8	0,2
11	1	71	6,1	0,1	6,2	98,8	1,2
11	5	72	13,2	0,1	13,3	99,1	0,9
11	10	73	27,3	0,2	27,5	99,4	0,6
11	20	74	53,0	0,3	53,3	99,5	0,5
11	40	75	16,1	2,0	18,1	88,8	11,2
11	70	76	20,2	0,6	20,9	97,0	3,0
11	100	77	44,4	0,2	44,6	99,6	0,4
12	100	78	26,4	0,4	26,8	98,4	1,6
12	70	79	15,3	0,2	15,5	98,7	1,3
12	40	80	91,8	0,3	92,2	99,6	0,4
12	20	81	21,1	1,0	22,0	95,7	4,3
12	10	82	16,7	0,3	17,0	98,4	1,6
12	5	83	69,8	0,8	70,6	98,9	1,1
12	1	84	2,4	0,2	2,6	91,4	8,6
13	1	85	397,7	18,7	416,4	95,5	4,5
13	5	86	372,8	5,7	378,5	98,5	1,5
13	10	87	5,8	0,3	6,1	95,2	4,8
13	20	88	42,9	0,4	43,3	99,0	1,0
13	40	89	13,0	0,3	13,4	97,7	2,3
13	70	90	83,9	0,4	84,3	99,5	0,5
13	100	91	4,2	0,1	4,3	97,9	2,1
14	100	92	7,4	0,2	7,6	97,5	2,5
14	70	93	1,2	0,4	1,6	76,1	23,9
14	40	94	18,0	1,3	19,3	93,4	6,6
14	20	95	70,2	1,0	71,2	98,6	1,4
14	10	96	8,9	1,2	10,1	87,9	12,1
14	5	97	625,7	27,9	653,7	95,7	4,3
14	1	98	1310,3	104,3	1414,6	92,6	7,4
15	1	99	1178,7	16,9	1195,6	98,6	1,4
15	5	100	135,5	2,0	137,5	98,5	1,5
15	10	101	1,1	0,4	1,5	72,7	27,3
15	20	102	7,6	0,5	8,1	93,4	6,6
15	40	103	2,4	1,3	3,7	64,2	35,8
15	70	104	0,8	0,5	1,2	61,4	38,6
15	100	105	7,7	0,2	7,9	97,6	2,4





Continuación Tabla 8.

TRAN	DDC	EST	DIATO	FLAGE	TOTAL	%DIATO	%FLAGE
16	100	106	21,8	0,3	22,1	98,6	1,4
16	70	107	12,4	2,1	14,5	85,5	14,5
16	40	108	10,4	2,2	12,6	82,5	17,5
16	20	109	12,3	1,3	13,7	90,3	9,7
16	10	110	42,3	4,1	46,3	91,2	8,8
16	5	111	48,3	17,6	65,9	73,3	26,7
16	1	112	675,7	8,5	684,3	98,8	1,2
17	1	113	535,1	44,1	579,2	92,4	7,6
17	5	114	183,3	3,6	186,9	98,1	1,9
17	10	115	40,5	5,5	46,0	88,1	11,9
17	20	116	3,3	3,0	6,3	52,0	48,0
17	40	117	0,5	0,4	0,9	55,4	44,6
17	70	118	0,1	0,6	0,7	17,1	82,9
17	100	119	0,6	1,6	2,3	28,0	72,0
18	100	120	0,1	0,2	0,3	44,7	55,3
18	70	121	0,1	0,4	0,5	18,1	81,9
18	40	122	0,3	1,0	1,3	25,8	74,2
18	20	123	0,5	0,9	1,4	36,6	63,4
18	10	124	28,3	1,9	30,3	93,6	6,4
18	5	125	357,2	7,6	364,8	97,9	2,1
18	1	126	1334,4	36,5	1370,9	97,3	2,7
19	1	127	786,0	36,7	822,7	95,5	4,5
19	5	128	328,5	13,5	342,0	96,1	3,9
19	10	129	88,0	9,9	97,9	89,9	10,1
19	20	130	4,4	2,7	7,1	61,4	38,6
19	40	131	0,7	1,7	2,4	30,0	70,0
19	70	132	1,2	1,4	2,7	46,4	53,6
19	100	133	0,2	0,2	0,4	45,9	54,1
20	100	134	0,2	0,4	0,6	33,9	66,1
20	70	135	0,1	0,7	0,7	12,2	87,8
20	40	136	1,6	2,7	4,3	36,9	63,1
20	20	137	3,1	1,8	4,9	63,6	36,4
20	10	138	2,3	2,6	4,8	47,2	52,8
20	5	139	38,4	3,1	41,5	92,6	7,4
20	1	140	905,3	21,2	926,5	97,7	2,3
21	1	141	1245,4	44,8	1290,2	96,5	3,5
21	5	142	211,3	2,4	213,7	98,9	1,1
21	10	143	315,1	5,8	320,9	98,2	1,8
21	20	144	891,2	10,0	901,2	98,9	1,1
21	40	145	5,6	7,8	13,4	41,5	58,5
21	70	146	0,1	0,1	0,3	46,4	53,6
21	100	147	0,1	0,2	0,3	22,3	77,7



Tabla 9. Tamaños ( $\mu\text{m}$ ) promedio de diatomeas (T-DIATO) y flagelados (T-FLAGE). TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estación.

TRAN	DDC	EST	T-DIA	T-FLA	TRAN	DDC	EST	T-DIA	T-FLA
1	1	1	142,4	55,9	9	1	57	244,7	60,0
1	5	2	202,7	97,7	9	5	58	375,1	60,7
1	10	3	418,6	136,9	9	10	59	372,0	59,3
2	40	10	380,7	126,0	9	20	60	309,7	61,3
2	20	11	353,2	80,2	9	40	61	414,3	125,5
2	10	12	336,7	129,7	9	70	62	405,1	134,8
2	5	13	267,6	103,7	9	100	63	464,1	182,2
2	1	14	267,5	55,0	10	100	64	471,1	152,0
3	1	15	193,2	68,5	10	70	65	491,3	118,2
3	5	16	280,5	77,0	10	40	66	383,5	121,3
3	10	17	327,5	126,3	10	20	67	438,8	148,7
3	20	18	501,6	133,5	10	10	68	363,2	57,0
3	40	19	478,0	175,6	10	5	69	217,8	67,3
3	70	20	521,6	137,5	10	1	70	139,3	46,3
3	100	21	530,0	161,1	11	1	71	215,9	59,0
4	100	22	480,7	155,8	11	5	72	289,3	57,7
4	70	23	397,8	148,0	11	10	73	306,6	112,8
4	40	24	307,3	142,7	11	20	74	367,7	113,3
4	10	26	336,8	101,7	11	40	75	444,0	157,1
4	5	27	196,8	92,5	11	70	76	457,0	151,6
4	1	28	271,3	139,6	11	100	77	499,6	93,6
5	1	29	204,3	48,8	12	100	78	465,2	204,2
5	5	30	225,1	68,0	12	70	79	348,0	223,0
5	10	31	381,5	48,4	12	40	80	263,0	186,6
5	20	32	271,3	52,9	12	20	81	387,3	155,7
5	40	33	312,4	55,5	12	10	82	322,0	118,2
5	70	34	465,3	172,9	12	5	83	250,2	98,0
5	100	35	431,6	131,3	12	1	84	365,0	48,7
6	100	36	542,3	130,0	13	1	85	185,3	100,2
6	70	37	403,7	128,6	13	5	86	184,0	77,5
6	40	38	371,7	100,2	13	10	87	137,5	65,4
6	20	39	412,6	144,9	13	20	88	215,7	119,5
6	10	40	329,6	67,6	13	40	89	408,9	114,3
6	5	41	352,1	89,4	13	70	90	358,8	179,1
6	1	42	358,0	93,8	13	100	91	378,9	153,6
7	1	43	436,3	90,2	14	100	92	418,8	168,0
7	5	44	449,6	71,3	14	70	93	331,5	132,7
7	10	45	520,8	86,0	14	40	94	235,8	146,9
7	20	46	459,9	80,0	14	20	95	271,7	111,1
7	40	47	453,6	113,5	14	10	96	243,1	95,1
7	70	48	381,3	157,4	14	5	97	152,5	98,8
7	100	49	453,0	124,6	14	1	98	149,8	91,4
8	20	53	532,1	94,4	15	1	99	144,9	94,6
8	10	54	377,4	73,5	15	5	100	162,9	99,2
8	5	55	330,7	58,0	15	10	101	228,8	181,6
8	1	56	318,0	54,6	15	20	102	257,3	147,5
					15	40	103	178,7	155,8
					15	70	104	301,7	155,2
					15	100	105	357,5	238,6



Continuaci3n Tabla 9.

TRAN	DDC	EST	T-DIA	T-FLA
16	100	106	349,3	113,6
16	70	107	239,1	137,3
16	40	108	263,4	110,7
16	20	109	249,0	144,7
16	10	110	165,4	104,2
16	5	111	189,8	106,3
16	1	112	205,6	123,3
17	1	113	188,7	106,6
17	5	114	223,8	109,5
17	10	115	253,6	117,4
17	20	116	282,1	131,0
17	40	117	167,8	119,1
17	70	118	283,5	113,6
17	100	119	361,6	103,4
18	100	120	329,5	109,7
18	70	121	323,8	131,9
18	40	122	268,7	125,6
18	20	123	304,4	107,0
18	10	124	155,8	129,5
18	5	125	220,8	103,0
18	1	126	206,8	111,2
19	1	127	187,1	114,9
19	5	128	174,3	104,1
19	10	129	188,5	81,6
19	20	130	240,3	109,4
19	40	131	276,9	108,3
19	70	132	302,6	134,2
19	100	133	312,1	90,8
20	100	134	667,5	123,3
20	70	135	445,9	137,3
20	40	136	365,5	109,8
20	20	137	294,3	127,2
20	10	138	288,5	91,0
20	5	139	194,8	79,9
20	1	140	261,2	102,9
21	1	141	191,3	147,6
21	5	142	139,0	91,8
21	10	143	193,7	75,4
21	20	144	208,3	83,2
21	40	145	228,4	106,8
21	70	146	324,7	105,2
21	100	147	302,9	109,1



**Tabla 10.** Aporte porcentual por transecta de las especies de diatomeas (DIATO) y flagelados (FLAGE) con las mayores abundancias. T: transecta, PO: porcentaje de ocurrencia (%), AT: aporte porcentual total (%).

D1: *Chaetoceros compressus*, D2: *C. decipiens*, D3: *Corethron criophilum*, D4: *Detonula pumila*, D5: *Eucampia zodiacus*, D6: *Leptocylindrus danicus*, D7: *Lioloma delicatulum*, D8: *Pseudonitzschia multiseriata*, D9: *P. pseudodelicatissima*.  
 F1: *Ceratium furca* var. *berghii*, F2: *C. fusus* var. *seta*, F3: *C. lineatum*, F4: *C. Pentagonum*, F5: *C. tripos*, F6: *Dictyocha fibula*, F7: *Diplopsalis minor*, F8: *Distephanus speculum*, F9: *Gyrodinium* sp., F10: *Prorocentrum micans*, F11: *Protoperdinium depressum*, F12: *P. pellucidum*.

DIATO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	PO	
D1	7,2	16,5		8,3	27,0	16,5		35,5					26,9	11,0	8,6	16,2	14,7	12,8	8,6	10,0	5,1	33,7	
D2				6,4	7,9	6,1		30,8	78,8														44,8
D3	5,2	20,4	15,5	7,0																			52,7
D4																49,6	21,3					10,7	16,7
D5																		22,7	51,0	60,4	7,0		15,3
D6												24,8	33,6	69,9	70,8	15,0	39,5	6,1	10,0		49,5	30,0	
D7			6,4			10,8	28,4			10,1	6,4												47,0
D8	6,4		6,8	7,8		9,9	8,9			8,0	26,4	15,2						6,1					66,0
D9	50,2	49,5	55,7	34,5	26,9	35,8	35,5	4,6	8,2	61,3	37,5	33,8	15,7					22,6	24,2				84,0
<b>AT</b>	<b>69,0</b>	<b>86,4</b>	<b>84,4</b>	<b>64,1</b>	<b>61,7</b>	<b>79,1</b>	<b>72,8</b>	<b>70,9</b>	<b>87,0</b>	<b>79,5</b>	<b>70,3</b>	<b>73,7</b>	<b>76,2</b>	<b>80,9</b>	<b>79,4</b>	<b>80,7</b>	<b>75,4</b>	<b>70,4</b>	<b>93,8</b>	<b>70,4</b>	<b>72,3</b>		
FLAGE	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	PO	
F1	6,3	4,7	10,3	10,8	10,3	6,0	5,6			9,3	16,9	11,6	10,3	33,5	21,0	36,9	36,9	35,3	18,9	21,0	34,7	46,5	
F2	9,0	9,5	20,6	10,5	4,7	7,8	8,4		6,0														30,7
F3	7,0	27,6	16,6	7,3	4,5	6,6																	18,7
F4	17,3		8,4	14,8	7,9	13,0	15,4		13,6	49,9		9,2											26,0
F5										5,9	32,6	14,8											24,4
F6	5,5	10,0			8,3	8,7	18,4	34,3	13,4	8,9	7,4	7,6	8,0	11,7	23,5	9,5	12,6	12,2	5,2	10,2	25,3	46,5	
F7		8,7				14,2		18,7	12,5				19,9	5,7	8,5		7,5		21,2	9,6	5,8	19,3	
F8	9,5		6,2	14,4	31,6	5,3	12,8	8,5		6,0													25,9
F9	22,3	18,4	6,7	9,4	6,7				8,8														27,4
F10													22,6	5,0									15,7
F11														16,9					7,3	9,4			11,8
F12				12,5	7,1			5,3	10,8				7,5	12,8	8,9	12,0		8,9	10,8	5,3			23,1
<b>AT</b>	<b>76,9</b>	<b>78,9</b>	<b>68,8</b>	<b>79,7</b>	<b>81,1</b>	<b>61,7</b>	<b>60,6</b>	<b>66,7</b>	<b>65,2</b>	<b>79,9</b>	<b>56,9</b>	<b>50,7</b>	<b>73,5</b>	<b>81,7</b>	<b>65,0</b>	<b>46,4</b>	<b>65,9</b>	<b>58,3</b>	<b>57,8</b>	<b>50,2</b>	<b>65,9</b>		



Tabla 11. Grupos del microzooplancton holoplanct3nico (HOLO) y meroplanct3nico (MERO) con sus rangos de tama1o.

HOLOPLANCTON	Tama1o ( $\mu\text{m}$ )		MEROPLANCTON	Tama1o ( $\mu\text{m}$ )	
	m3n	m3x		m3n	m3x
Ciliados aloricados	39	525	Huevos	59	372
Clad3ceros	85	840	Huevos en racimo	75	600
Copepoditos	120	950	Larvas Asteroideos	100	825
Estadios Naupliares	40	435	Larvas Equinodermos	75	500
Foramin3feros	25	200	Larvas Ofiuroideos	159	550
Larvas Hidromedusa	84	500	Larvas Bivalvos	60	456
Radiolarios	25	1725	Larvas Gastropodos	85	355
Rot3feros	55	630	Larvas Troc3fora	88	390
Tint3nidos	26	500	Larvas Poliquetos	100	1043



**Tabla 12.** Abundancia total (ind/mL) integrada del microzooplancton (AT-MZ). TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estación.

TRAN	DDC	EST	AT-MZ	TRAN	DDC	EST	AT-MZ	TRAN	DDC	EST	AT-MZ
1	1	1	0,3	9	1	57	1,0	16	100	106	1,2
1	5	2	12,1	9	5	58	0,5	16	70	107	2,9
1	10	3	3,5	9	10	59	0,5	16	40	108	1,9
2	40	10	3,9	9	20	60	1,2	16	20	109	2,0
2	20	11	7,2	9	40	61	1,0	16	10	110	1,9
2	10	12	11,9	9	70	62	1,3	16	5	111	1,9
2	5	13	1,3	9	100	63	0,8	16	1	112	2,4
2	1	14	0,4	10	100	64	1,5	17	1	113	4,6
3	1	15	0,5	10	70	65	2,1	17	5	114	2,3
3	5	16	0,3	10	40	66	1,4	17	10	115	2,4
3	10	17	0,4	10	20	67	0,6	17	20	116	1,5
3	20	18	9,6	10	10	68	1,2	17	40	117	1,0
3	40	19	4,7	10	5	69	0,8	17	70	118	0,5
3	70	20	9,2	10	1	70	0,9	17	100	119	0,9
3	100	21	4,5	11	1	71	0,9	18	100	120	0,3
4	100	22	6,5	11	5	72	0,4	18	70	121	0,5
4	70	23	7,4	11	10	73	1,4	18	40	122	1,6
4	40	24	1,4	11	20	74	1,1	18	20	123	0,6
4	10	26	2,1	11	40	75	0,9	18	10	124	2,3
4	5	27	1,1	11	70	76	0,6	18	5	125	5,3
4	1	28	1,8	11	100	77	0,6	18	1	126	27,7
5	1	29	0,5	12	100	78	0,5	19	1	127	17,0
5	5	30	1,5	12	70	79	0,4	19	5	128	8,3
5	10	31	0,5	12	40	80	0,7	19	10	129	3,6
5	20	32	0,6	12	20	81	0,6	19	20	130	0,5
5	40	33	5,2	12	10	82	0,9	19	40	131	1,8
5	70	34	2,3	12	5	83	0,6	19	70	132	2,2
5	100	35	13,9	12	1	84	0,5	19	100	133	0,3
6	100	36	8,5	13	1	85	5,8	20	100	134	0,5
6	70	37	2,7	13	5	86	2,9	20	70	135	0,6
6	40	38	1,5	13	10	87	0,2	20	40	136	2,6
6	20	39	1,0	13	20	88	1,2	20	20	137	0,9
6	10	40	0,7	13	40	89	1,1	20	10	138	0,6
6	5	41	0,6	13	70	90	0,4	20	5	139	0,8
6	1	42	0,6	13	100	91	0,5	20	1	140	26,1
7	1	43	0,5	14	100	92	0,3	21	1	141	5,8
7	5	44	1,2	14	70	93	1,0	21	5	142	1,8
7	10	45	0,5	14	40	94	1,6	21	10	143	1,7
7	20	46	0,7	14	20	95	2,2	21	20	144	4,3
7	40	47	0,6	14	10	96	1,5	21	40	145	2,8
7	70	48	1,3	14	5	97	3,7	21	70	146	0,4
7	100	49	1,4	14	1	98	6,7	21	100	147	0,2
8	20	53	0,2	15	1	99	3,6				
8	10	54	0,8	15	5	100	0,7				
8	5	55	0,5	15	10	101	0,5				
8	1	56	0,9	15	20	102	0,7				
				15	40	103	0,9				
				15	70	104	1,8				
				15	100	105	0,3				



Tabla 13. Tamaños ( $\mu\text{m}$ ) promedio del microzooplancton (T-MZ). TRAN: transecta, DDC: distancia de la costa (mn), EST: estación.

TRAN	DDC	EST	T-MZ	TRAN	DDC	EST	T-MZ	TRAN	DDC	EST	T-MZ
1	1	1	153,5	9	1	57	166,6	16	100	106	143,8
1	5	2	127,2	9	5	58	162,2	16	70	107	156,9
1	10	3	150,3	9	10	59	111,3	16	40	108	156,5
2	40	10	137,0	9	20	60	134,3	16	20	109	145,5
2	20	11	126,7	9	40	61	125,3	16	10	110	96,4
2	10	12	100,7	9	70	62	177,7	16	5	111	116,8
2	5	13	108,9	9	100	63	154,6	16	1	112	135,2
2	1	14	107,9	10	100	64	157,5	17	1	113	158,2
3	1	15	101,5	10	70	65	171,8	17	5	114	140,8
3	5	16	238,2	10	40	66	143,6	17	10	115	128,7
3	10	17	139,3	10	20	67	136,9	17	20	116	139,4
3	20	18	139,9	10	10	68	114,4	17	40	117	151,5
3	40	19	145,5	10	5	69	158,0	17	70	118	155,9
3	70	20	132,7	10	1	70	149,5	17	100	119	151,7
3	100	21	177,1	11	1	71	133,2	18	100	120	170,6
4	100	22	169,7	11	5	72	111,5	18	70	121	125,0
4	70	23	143,9	11	10	73	119,2	18	40	122	133,2
4	40	24	182,5	11	20	74	130,4	18	20	123	133,2
4	10	26	166,9	11	40	75	129,4	18	10	124	133,1
4	5	27	172,8	11	70	76	128,1	18	5	125	150,7
4	1	28	173,4	11	100	77	144,9	18	1	126	166,2
5	1	29	198,2	12	100	78	133,7	19	1	127	180,4
5	5	30	98,6	12	70	79	122,6	19	5	128	157,3
5	10	31	157,0	12	40	80	188,2	19	10	129	126,3
5	20	32	125,8	12	20	81	163,1	19	20	130	112,5
5	40	33	137,0	12	10	82	172,1	19	40	131	152,1
5	70	34	159,8	12	5	83	142,0	19	70	132	153,8
5	100	35	144,4	12	1	84	143,5	19	100	133	146,0
6	100	36	145,9	13	1	85	169,7	20	100	134	163,6
6	70	37	148,7	13	5	86	108,3	20	70	135	142,2
6	40	38	147,7	13	10	87	130,2	20	40	136	152,3
6	20	39	122,0	13	20	88	103,4	20	20	137	172,8
6	10	40	144,2	13	40	89	173,0	20	10	138	119,3
6	5	41	136,1	13	70	90	147,7	20	5	139	146,2
6	1	42	186,2	13	100	91	155,6	20	1	140	127,0
7	1	43	130,9	14	100	92	137,7	21	1	141	160,6
7	5	44	123,2	14	70	93	140,8	21	5	142	133,5
7	10	45	138,7	14	40	94	147,7	21	10	143	118,3
7	20	46	120,2	14	20	95	119,8	21	20	144	144,1
7	40	47	98,0	14	10	96	122,9	21	40	145	162,3
7	70	48	150,1	14	5	97	145,9	21	70	146	123,7
7	100	49	139,3	14	1	98	175,2	21	100	147	161,2
8	20	53	127,6	15	1	99	133,3				
8	10	54	97,0	15	5	100	129,6				
8	5	55	148,1	15	10	101	127,3				
8	1	56	104,0	15	20	102	155,1				
				15	40	103	146,8				
				15	70	104	145,3				
				15	100	105	152,6				



**Tabla 14.** Aporte porcentual (%) por transecta de los grupos microzooplanct3nicos con las mayores abundancias. T: transecta, PO: porcentaje de ocurrencia (%), AT: aporte porcentual total (%).

CIL: Ciliados aloricados, COP: Copepoditos, NAU: Estadios Naupliares, HUE: Huevos, RAD: Radiolarios, TIN: Tint3nidos.

GRUPOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	PO	
CIL	14,5	13,0	20,8	19,2	13,5	33,9	41,1	30,5	57,5	74,7	48,0	41,9	35,4	32,1	23,4	48,4	38,3	24,8	30,3	13,8	18,1	94,1	
COP												6,1											58,9
NAU				5,5		5,4	14,1	18,5	14,5	9,0	17,2	21,6	8,7	20,9	26,6	7,8	12,4	4,0	3,9	7,5	7,7	91,6	
HUE							7,9	13,4	11,3	5,9	11,8	14,6	24,7	32,9	29,7	15,6	15,6	15,8	6,7	8,4	19,7	78,9	
RAD					7,2		13,1					6,1											62,7
TIN	81,4	84,3	75,0	69,1	73,1	54,1	19,3	30,3	8,0	6,3	15,9	7,3	24,3	8,3	15,2	21,9	26,8	42,8	53,4	66,7	49,2	92,0	
<b>AT</b>	<b>95,9</b>	<b>97,3</b>	<b>95,8</b>	<b>93,9</b>	<b>93,8</b>	<b>93,4</b>	<b>95,4</b>	<b>92,6</b>	<b>91,3</b>	<b>95,8</b>	<b>92,8</b>	<b>97,6</b>	<b>93,2</b>	<b>94,2</b>	<b>95,0</b>	<b>93,7</b>	<b>93,1</b>	<b>87,4</b>	<b>94,3</b>	<b>96,3</b>	<b>94,7</b>		





Tabla 15. Taxocenosis del zooplancton holoplanctónico y patrones de ocurrencia y clasificación de constancia.

TAXA	FREC	FREC%	CLASIF	TAXA	FREC	FREC%	CLASIF
RADIOLARIA	10	9,7	ACD	CLADOCERA SIDOIDEA. Evadne sp.	1	1,0	ACD
FORAMINIFERA	30	29,1	ACC	OSTRACODA	96	93,2	CTE
HIDROMEDUSAE SP. 1	1	1,0	ACD	ANFIPODA HIPERIDEA	48	46,6	ACC
HIDROMEDUSAE INDETERMINADA	33	32,0	ACC	ANFIPODA GAMMARIDEA	49	47,6	ACC
SIPHONOPHORA SP1	78	75,7	CTE	EUPHAUSIDA	62	60,2	CTE
SIPHONOPHORA SP. 2	17	16,5	ACD	MYSIDACEA	2	1,9	ACD
CTENOPHORA P. pileus	5	4,9	ACD	COPEPODA CALANOIDA	103	100,0	CTE
POLYCHAETA ALCIOPIDAE	18	17,5	ACD	COPEPODA CYCLOPOIDA	92	89,3	CTE
POLYCHAETA TOMOPTERIDAE	71	68,9	CTE	COPEPODA HARPACTICOIDA	35	34,0	ACC
POLYCHAETA SP. 1	43	41,7	ACC	GALATHEIDAE	1	1,0	ACD
POLYCHAETA INDETERMINADA	2	1,9	ACD	CHAETOGNATHA	102	99,0	CTE
GASTROPODA TECOSOMATA	15	14,6	ACD	APPENDICULARIA	93	90,3	CTE
GASTROPODA GYMNOSOMATA	26	25,2	ACC	SALPIDAE	66	64,1	CTE
GASTROPODA PTEROTRACHEIDAE	5	4,9	ACD				

(ACD = accidental, ACC = accesorio, CTE = constante)

Tabla 16. Taxocenosis del zooplancton meroplanctónico y patrones de ocurrencia y clasificación de constancia.

TAXA	FREC	FREC%	CLASIF	TAXA	FREC	FREC%	CLASIF
L. ACTINULA	4	3,9	ACD	ZOEAE EMERITA	7	6,8	ACD
L. LINGULA	6	5,8	ACD	ZOEAE PORCELLANIDA	7	6,8	ACD
L. CYPHONAUTA	60	58,3	CTE	ZOEAE BRACHYURA	28	27,2	ACC
L. POLYCHAETA	80	77,7	CTE	MEGALOPA	14	13,6	ACD
L. PELECYPODA	2	1,9	ACD	L. SERGESTIDAE	16	15,5	ACD
L. GASTROPODA	52	50,5	CTE	L. CRUSTACEA INDETERMINADA	2	1,9	ACD
PARALARVA CEPHALOPODA	2	1,9	ACD	L. ASTEROIDEA	14	13,6	ACD
L. METATROCOPHORA	26	25,2	ACC	L. BRACHIOLARIA	4	3,9	ACD
NAUPLI	57	55,3	CTE	L. PLUTEUS	17	16,5	ACD
NAUPLI CIRIPEDIA	5	4,9	ACD	H. INVERTEBRADOS	56	54,4	CTE
CYPRIS CIRIPEDIA	6	5,8	ACD	L. INVERTEBRADOS	18	17,5	ACD
L. ISOPODA	12	11,7	ACD	L. CEPHALOCHORDATA	3	2,9	ACD
L. STOMATOPODA	4	3,9	ACD	H. TELEOSTEOS INDETERMINADOS	66	64,1	CTE
L. CALIPTOPIS FURCILIA	82	79,6	CTE	H. ANCHOVETA	9	8,7	ACD
ZOEAE ANOMURA	12	11,7	ACD	L. TELEOSTEOS	62	60,2	CTE

(ACD = accidental, ACC = accesorio, CTE = constante)



Tabla 17. Abundancias medias (ind/m<sup>3</sup>) en el estrato 0-25 m de profundidad.

<b>Estaci3n</b>	<b>Abd total (N°/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Estaci3n</b>	<b>Abd total (N°/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Estaci3n</b>	<b>Abd total (N°/m<sup>3</sup>)</b>
1	177.29	51	632.97	99	5077.80
2	46.30	52	933.04	100	689.82
3	189.30	53	1774.65	101	1133.48
4	43.08	54	814.65	102	1163.96
5	70.62	55	1383.15	103	685.13
7	459.19	56	689.23	104	512.82
8	420.22	57	7970.70	105	800.00
9	358.10	58	325.86	106	1013.92
10	290.11	59	1137.00	107	1268.28
11	44.84	60	3094.51	108	356.34
12	130.70	61	957.07	109	1461.10
13	21.39	62	1438.24	110	678.68
14	454.21	63	1694.95	111	1985.64
15	192.82	64	1726.59	112	1700.81
16	51.87	65	3282.05	113	1305.20
17	41.90	66	2302.12	114	2091.14
18	156.48	67	1183.88	115	1891.87
19	239.41	68	1910.62	116	604.84
20	424.03	69	622.42	117	1057.88
21	238.83	70	902.56	118	1595.31
22	484.10	71	586.67	119	1656.26
24	449.52	72	990.48	120	1505.05
25	85.57	73	475.31	121	743.15
26	1044.40	74	1329.23	122	609.52
27	228.86	75	1578.32	123	443.08
28	336.41	76	331.14	124	1149.89
29	566.74	77	1350.33	125	3558.68
30	517.22	78	908.42	126	1741.83
31	423.74	79	1787.55	127	2745.20
32	1401.90	80	3373.48	128	1219.05
33	1444.10	81	1614.07	129	1420.66
34	709.16	82	370.40	130	614.21
35	283.66	83	2170.84	131	2466.23
36	150.04	84	1665.64	132	475.90
37	693.92	85	1930.55	133	289.23
38	1716.04	86	918.39	134	2351.36
39	2187.84	87	834.58	135	1336.26
40	2922.78	88	1197.95	136	1644.54
41	1141.10	89	1094.80	137	1567.18
42	6389.45	90	1067.84	138	189.30
43	1228.42	91	369.82	139	702.12
44	308.86	92	972.89	140	1483.96
45	1460.51	93	797.07	142	634.73
46	1449.96	94	1623.44	143	1284.69
47	1349.16	95	1037.36	144	5042.64
48	419.93	96	1230.77	145	833.41
49	1483.96	97	4374.51	146	788.28
50	570.84	98	2224.76	147	943.59



**Tabla 18.** Abundancias medias (ind/m<sup>3</sup>) en el estrato 25-50 m de profundidad.

<b>Estación</b>	<b>Abd total (Nº/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Estación</b>	<b>Abd total (Nº/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Estación</b>	<b>Abd total (Nº/m<sup>3</sup>)</b>
2	87.18	51	947.11	100	659.93
3	151.50	52	406.74	101	718.24
4	65.20	53	378.61	102	1064.91
5	195.75	54	337.58	103	406.74
7	291.87	55	403.22	104	1287.03
8	266.37	58	198.68	105	570.84
9	321.17	59	474.73	106	322.93
10	276.63	60	625.93	107	1325.71
11	134.80	61	114.58	108	1738.61
12	33.85	62	393.85	109	530.99
13	18.90	63	1326.30	110	537.14
16	42.05	64	191.06	111	703.88
17	38.83	65	1108.86	114	720.29
18	94.65	66	370.40	115	501.68
19	244.84	67	322.64	116	397.66
20	175.24	68	306.23	117	487.33
21	323.81	69	357.51	118	757.22
22	225.64	72	276.63	119	717.95
23	870.92	73	710.92	120	466.52
24	242.49	74	679.85	121	484.69
25	583.74	75	752.53	122	625.05
26	518.68	76	965.86	123	1727.77
27	222.12	77	419.63	124	1773.48
30	254.36	78	798.24	125	1458.46
31	217.44	79	1995.02	128	126.59
32	508.42	80	596.63	129	1162.20
33	448.94	81	716.19	130	687.77
34	550.92	82	647.03	131	693.33
35	289.52	83	802.93	132	498.75
36	550.62	86	553.26	133	699.78
37	510.48	87	523.96	134	390.92
38	950.62	88	1431.21	135	607.77
39	272.82	89	496.41	136	511.65
40	337.00	90	324.69	137	338.46
41	202.20	91	777.14	138	161.17
44	623.00	92	907.25	139	315.60
45	1151.65	93	573.19	142	278.10
46	606.01	94	523.37	143	189.01
47	969.38	95	726.74	144	255.53
48	643.52	96	367.47	146	490.55
49	717.36	97	1720.15	147	463.00
50	525.13				



Tabla 19. Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) por grupo zooplanctónico en el estrato de 0-2 m de profundidad.

<b>Grupo Zooplancton</b>	<b>Abundancia</b>	
	<b>Abundancia Total (N°/m<sup>3</sup>)</b>	<b>media (N°/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Anfipodos</b>	234.29	1.63
<b>Annelida</b>	119.41	0.83
<b>Append.</b>	4233.55	29.40
<b>Cop_chico</b>	117692.60	817.31
<b>Cop_grande</b>	13321.32	92.51
<b>Chaetognata</b>	641.17	4.45
<b>Cnidaria</b>	144.32	1.00
<b>Ctenoforos</b>	115.90	0.80
<b>Eucalanidae</b>	642.64	4.46
<b>Eufausiacea</b>	335.09	2.33
<b>Huevo_elong_peces</b>	5588.28	38.81
<b>Huevo_esf_peces</b>	17107.55	118.80
<b>Larvaannelida</b>	8754.58	60.80
<b>Larva_peces</b>	130.11	0.90
<b>Megalopas</b>	78.10	0.54
<b>Misis</b>	2414.95	16.77
<b>Salpas</b>	1806.15	12.54
<b>Sifonoforos</b>	805.57	5.59
<b>Stomatopoda</b>	221.83	1.54
<b>Zoeas</b>	608.35	4.22

Tabla 20. Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) por grupo zooplanctónico en el estrato de 25-50 m de profundidad.

Grupo Zooplancton	Abundancia	
	Abundancia Total (N°/m <sup>3</sup> )	media (N°/m <sup>3</sup> )
Anfipodos	152.82	1.23
Annelida	117.22	0.95
Append.	2042.93	16.48
Cop_chico	40421.10	325.98
Cop_grande	7943.88	64.06
Chaetognata	87.62	0.71
Cnidaria	73.55	0.59
Ctenoforos	478.10	3.86
Eucalanidae	529.67	4.27
Eufausiacea	311.21	2.51
Huevo_elong_pece:	2278.53	18.38
Huevo_esf_peces	7389.60	59.59
Larva_annelida	4357.51	35.14
Larva_peces	95.53	0.77
Megalopas	52.60	0.42
Misis	1447.47	11.67
Salpas	1067.69	8.61
Sifonoforos	585.79	4.72
Stomatopoda	178.90	1.44
Zoeas	549.45	4.43



**Tabla 21.** Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) por espectro de tama1o de zooplancton para el estrato 0-25 m de profundidad.

<b>Espectro tama1o</b>	<b>Abd.media (N°/m3)</b>
<b>0.25</b>	1007.10
<b>0.75</b>	143.07
<b>1.25</b>	37.30
<b>1.75</b>	9.96
<b>2.25</b>	4.63
<b>2.75</b>	2.59
<b>3.25</b>	1.86
<b>3.75</b>	1.42
<b>4.25</b>	1.08
<b>4.75</b>	0.89
<b>5.25</b>	0.59
<b>5.75</b>	0.30
<b>6.25</b>	0.16
<b>6.75</b>	0.15
<b>7.25</b>	0.04
<b>7.75</b>	0.05
<b>8.25</b>	0.09
<b>8.75</b>	0.03
<b>9.25</b>	0.02
<b>9.75</b>	0.00
<b>10.25</b>	0.00
<b>10.75</b>	0.00
<b>11.25</b>	0.01



**Tabla 22.** Abundancia media (ind/m<sup>3</sup>) por espectro de tama1o de zooplancton para el estrato de profundidad de 25-50m, en el 1rea total de muestreo.

<b>Espectro tama1o</b>	<b>Abd.media (N°/m3)</b>
<b>0.25</b>	422.78
<b>0.75</b>	88.13
<b>1.25</b>	29.88
<b>1.75</b>	8.97
<b>2.25</b>	4.50
<b>2.75</b>	2.63
<b>3.25</b>	2.01
<b>3.75</b>	1.58
<b>4.25</b>	1.08
<b>4.75</b>	0.77
<b>5.25</b>	0.42
<b>5.75</b>	0.17
<b>6.25</b>	0.11
<b>6.75</b>	0.12
<b>7.25</b>	0.09
<b>7.75</b>	0.08
<b>8.25</b>	0.12
<b>8.75</b>	0.09
<b>9.25</b>	0.03
<b>9.75</b>	0.02



**Tabla 23.** Contribución porcentual mínima y máxima de los taxa holoplanctónicos y frecuencia de ocurrencia por nivel de clasificación de dominancia.

CONTRIBUCION %	MIN	MAX	ACD	ACC	DOM	CONTRIBUCION %	MIN	MAX	ACD	ACC	DOM
RADIOLARIA	0,03	0,15	10			CLADOCERA Sidoidea. Evadne sp.	0,02	0,02	1		
FORAMINIFERA	0,05	2,01	30			OSTRACODA	0,31	33,33	57	22	17
HIDROMEDUSAE SP. 1	4,76	4,76		1		ANFIPODA HIPERIDEA	0,04	11,90	42	4	2
HIDROMEDUSAE	0,02	8,33	30	1	2	ANFIPODA GAMMARIDEA	0,02	7,69	45	3	1
SIPHONOPHORA sp. 1	0,08	7,69	62	13	3	EUPHAUSIDA	0,03	25,90	55	3	4
SIPHONOPHORA SP. 2	0,06	4,20	15	2		MYSIDACEA	0,03	0,40	2		
CTENOPHORA Plerurobrachia pileus	0,02	0,07	5			COPEPODA CALANOIDA	9,30	82,27			103
POLYCHAETA ALCIOPIDAE	0,02	0,29	18			COPEPODA CYCLOPOIDA	0,39	43,48	13	4	75
POLYCHAETA TOMOPTERIDAE	0,03	27,07	60	10	1	COPEPODA HARPACTICOIDA	0,02	2,99	34	1	
POLYCHAETA SP. 1	0,04	7,16	38	4	1	GALATHEIDAE	0,55	0,55			
POLYCHAETA IND	0,03	0,14	2			CHAETOGNATHA	0,40	54,29	17	28	57
GASTROPODA TECOSOMATA	0,02	1,33	15			APPENDICULARIA	0,20	21,71	49	23	21
GASTROPODA GYMNOSOMATA	0,02	1,27	26			SALPIDAE	0,04	26,78	57	5	4
GASTROPODA PTEROTRACHEIDAE	0,06	0,29	5								

**Tabla 24.** Contribución porcentual mínima y máxima de los componentes meroplanctónicos y frecuencia de ocurrencia por nivel de clasificación de dominancia.

CONTRIBUCION %	MIN	MAX	ACD	ACC	DOM	CONTRIBUCION %	MIN	MAX	ACD	ACC	DOM
L. ACTINULA	0,06	0,14	4			ZOEA EMERITA	0,02	0,40	7		
L. LINGULA	0,02	0,28	6			ZOEA PORCELLANIDA	0,04	0,76	7		
L. CYPHONAUTA	0,03	3,73	59	1		ZOEA BRACHYURA	0,02	2,27	28		
L. POLYCHAETA	0,04	70,76	58	4	28	MEGALOPA	0,03	0,55	14		
L. PELECYPODA	0,05	0,09	2			L. SERGESTIDAE	0,03	0,36	16		
L. GASTROPODA	0,04	8,33	51		1	L. CRUSTACEA INDETERMINADA	0,11	0,20	2		
PARALARVA CEPHALOPODA	0,05	0,08	2			L. ASTEROIDEA	0,04	1,66	14		
L. METATROCOPHORA	0,03	1,45	26			L. BRACHIOLARIA	0,02	0,10	4		
NAUPLI	0,03	28,67	48	8	1	L. PLUTEUS	0,02	12,11	14		3
NAUPLI CIRIPEDIA	0,03	9,34	4		1	H. INVERTEBRADOS	0,06	29,38	33	9	14
CYPRIS CIRRIPIEDIA	0,04	2,78	5	1		L. INVERTEBRADOS	0,03	1,94	18		
L. ISOPODA	0,02	1,80	12			L. CEPHALOCHORDATA	0,06	0,09	3		
L. STOMATOPODA	0,07	0,72	4			H. TELEOSTEOS INDETERMINADOS	0,02	19,05	61	2	3
L. CALIPTOPIS FURCILIA	0,11	29,10	52	19	11	H. ANCHOVETA	0,06	0,51	9		
ZOEA ANOMURA	0,06	8,39	10	1	1	L. TELEOSTEOS	0,03	2,04	62		

**Tabla 25.** Biomasa zooplanctónica media (g/1000m<sup>3</sup>) en función de la distancia a la costa.

ESTRATO	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv std.	Coef. Var.
<b>0 – 25 m</b>	<b>16</b>	<b>8.867</b>	<b>1.483</b>	<b>1.784</b>	<b>120</b>
<b>25 – 50 m</b>	<b>45</b>	<b>16.135</b>	<b>881</b>	<b>1.656</b>	<b>188</b>
<b>50 – 75 m</b>	<b>5</b>	<b>5.093</b>	<b>401</b>	<b>615</b>	<b>153</b>
<b>75 – 100 m</b>	<b>3</b>	<b>6.131</b>	<b>343</b>	<b>773</b>	<b>225</b>
<b>Columna</b>	<b>80</b>	<b>23.781</b>	<b>2.705</b>	<b>3.237</b>	<b>120</b>





**Tabla 26.** Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de peces. Crucero MOBIO Octubre 2008. Zona Arica – Pichidangui

<b>Huevos</b>	Anchoveta	Sardina	Jurel	Caballa	Vinciguerra	Merluza	Agujilla	Machuelo	Otros Huevos	Total Huevos
N°Total Estaciones	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
N° Estaciones positivas	31		22		72	5	26	2	56	120
Abundancia (H/10m <sup>2</sup> )	591701		4801		41334	2394	1389	189	32807	674615
Mínimo Est (+)	51		41		26	36	17	57	19	17
Máximo Est (+)	226907		1139		3994	2135	141	132	8919	226968
Std.Dev Est (+)	45030,89		305,64		840,31	926,03	28,58	52,77	1303,23	24124,51
Media Est. Positivas	19087		218		574	479	53	95	586	5622
Media Est. Totales	4053		33		283	16	10	1	225	4621
Constancia	21,23		15,07		49,32	3,42	17,81	1,37	38,36	82,19
Dominancia numérica	87,71		0,71		6,13	0,35	0,21	0,03	4,86	100,00
CV(%)	2,36		1,40		1,46	1,93	0,53	0,56	2,22	4,29

<b>Larvas</b>	Anchoveta	Sardina	Jurel	Caballa	Vinciguerra	Merluza	Agujilla	Machuelo	Otros Larvas	Total Larvas
N°Total Estaciones	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
N° Estaciones positivas	54		5		51	1	1		137	137
Abundancia (L/10m <sup>2</sup> )	157368		474		6623	74	29		64038	228604
Mínimo Est (+)	31		46		30				20	20
Máximo Est (+)	21312		232		400				4527	22067
Std.Dev Est (+)	5132,08		78,61		92,18				588,42	3796,72
Media Est. Positivas	2914		95		130	74			467	1669
Media Est. Totales	1078		3		45	1			439	1566
Constancia	36,99		3,42		34,93	0,68			93,84	93,84
Dominancia numérica	68,84		0,21		2,90	0,03			28,01	100,00
CV(%)	1,76		0,83		0,71	0,00			1,26	2,28



Tabla 27. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en el trimestre agosto-octubre de los años 1984 - 2008.

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
1984	1,61E+11	2,15E+21	0,0797	7,00E+10	2,52E+11
1985	2,16E+13	6,29E+25	0,1265	6,05E+12	3,72E+13
1986	6,40E+12	1,36E+24	0,0327	4,11E+12	8,68E+12
1987	1,68E+12	2,11E+23	0,0721	7,80E+11	2,58E+12
1988	4,19E+12	5,96E+23	0,0334	2,77E+12	5,61E+12
1989	8,86E+12	8,33E+24	0,1009	3,54E+12	1,42E+13
1990	3,15E+12	1,21E+24	0,1151	1,00E+12	5,30E+12
1991	8,16E+11	3,67E+22	0,0537	4,40E+11	1,19E+12
1992	3,29E+12	3,19E+23	0,0290	2,18E+12	4,40E+12
1993	8,08E+12	7,04E+23	0,0107	6,44E+12	9,73E+12
1994	1,84E+13	1,07E+25	0,0311	1,20E+13	2,48E+13
1995	5,09E+12	8,32E+23	0,0316	3,31E+12	6,88E+12
1996	5,42E+12	7,03E+24	0,2146	2,21E+11	1,06E+13
1997	6,84E+12	4,37E+24	0,0893	2,74E+12	1,09E+12
1998	1,20E+12	4,47E+23	0,2703	-1,11E+11	2,51E+12
1999	3,62E+12	2,40E+24	0,1682	5,84E+11	6,65E+12
2000	4,18E+12	8,47E+23	0,0473	2,37E+12	5,98E+12
2001	2,47E+12	4,89E+23	0,0771	1,10E+12	3,84E+12
2002	5,72E+12	4,51E+24	0,1291	1,56E+12	9,88E+12
2003	9,28E+12	1,27E+25	0,1376	2,30E+12	1,63E+13
2004	5,23E+12	1,07E+24	0,0384	3,21E+12	7,26E+12
2005	5,94E+12	2,08E+24	0,0574	3,11E+12	8,76E+12
2006	5,65E+12	1,69E+24	0,0516	3,10E+12	8,20E+12
2007	3,22E+12	3,80E+23	0,0360	2,01E+12	4,43E+12
2008	5,10E+12	1,46E+24	0,0547	2,73E+12	7,46E+12

Tabla 28. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en el trimestre agosto-octubre de los años 1983 - 2008.

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
1983	1,74E+12	3,92E+23	0,1218	5,13E+11	2,97E+12
1984	6,08E+11	2,77E+11	0,0000	2,81E+11	9,34E+11
1985	2,43E+11	7,71E+21	0,1227	7,05E+10	4,15E+11
1986	8,40E+11	5,56E+22	0,0758	3,77E+11	1,30E+12
1987	6,38E+11	1,41E+23	0,2974	-9,76E+10	1,37E+12
1988	5,22E+11	2,19E+22	0,0773	2,32E+11	8,12E+11
1989	3,03E+11	9,61E+21	0,0996	1,11E+11	4,95E+11
1990	2,34E+11	5,46E+21	0,0951	8,97E+10	3,79E+11
1991	4,60E+10	8,73E+20	0,3454	-1,17E+10	1,04E+11
1992	1,70E+11	1,34E+21	0,0453	9,82E+10	2,41E+11
1993	1,07E+11	2,08E+21	0,1669	1,76E+10	1,96E+11
1994	1,24E+11	2,08E+21	0,1269	3,43E+10	2,13E+11
1995	4,90E+10	1,96E+20	0,0785	2,15E+10	7,64E+10
1996	2,00E+10	1,93E+20	0,3937	-7,29E+09	4,72E+10
1997	3,30E+10	5,83E+20	0,4288	-1,40E+10	8,06E+10
1998	2,90E+10	4,17E+20	0,4027	-1,09E+10	6,91E+10
1999	1,58E+11	1,47E+22	0,4630	-7,91E+10	3,96E+11
2000	5,10E+10	1,72E+21	0,5076	-3,06E+10	1,32E+11
2001	1,82E+11	1,67E+22	0,4082	-7,14E+10	4,35E+11
2002	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-
2004	4,00E+09	8,62E+18	0,431	-1,56E+09	9,95E+09
2005	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	-	-



**Tabla 29.** Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de sardina, anchoveta y jurel. Area Comparativa: Antofagasta - Coquimbo 0 - 100m.n. Período: 1983 - 2008

E S P E C I E	Año	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia (%)	Dominancia numérica (%)	
				Totales	Positivas			
Sardinops sagax	1983	12	12336	649	1028	63,2	67,4	
	1984	8	13455	336	1682	20,0	60,4	
	1986	7	4465	223	638	35,0	19,5	
	1987	16	6970	162	436	37,2	12,8	
	1991	11	4138	61	376	16,2	34,9	
	1993	9	3218	34	358	9,5	3,9	
	1994	29	9139	79	315	25,2	2,3	
	1995	17	5008	44	295	14,8	1,5	
	2004	0						
	2005	0						
	2006	3		144	3	48	6,1	0,2
	2007	0						
	2008	0						
Engraulis ringens	1983	0						
	1984	14	3127	78	223	35,0	14,0	
	1986	15	17379	869	1159	75,0	75,8	
	1987	21	26427	615	1258	48,8	48,6	
	1991	0						
	1993	8	23893	252	2987	8,4	29,1	
	1994	32	347088	3018	10847	27,8	87,4	
	1995	27	289577	2518	10725	23,5	86,3	
	2004	15	7623	212	508	41,7	52,9	
	2005	6	3817	80	636	12,5	22,6	
	2006	4	76065	1552	19016	8,2	81,9	
	2007	3	3490	42	1163	3,6	15,3	
	2008	0						
Trachurus murphyi	1983	0						
	1984	1	43	1	43	2,5	0,2	
	1986	1	32	2	32	5,0	0,1	
	1987	13	1790	42	138	30,2	3,3	
	1991	4	649	10	162	5,9	5,5	
	1993	13	1373	14	106	13,7	1,7	
	1994	43	11936	104	278	37,4	3,0	
	1995	4	387	3	97	3,5	0,1	
	2004	4	851	24	213	11,1	5,9	
	2005	11	4265	89	388	22,9	25,2	
	2006	5	2472	50	494	10,2	2,7	
	2007	2	167	2	84	2,4	0,7	
	2008	18	4402	53	245	21,7	11,9	



**Tabla 30.** Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de sardina, anchoveta y jurel. Area Comparativa: Antofagasta - Coquimbo 0 - 100m.n. Período: 1983 - 2008

E S P E C I E	Año	Número de estaciones positivas	Número de larvas	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia (%)	Dominancia numérica (%)
				Totales	Positivas		
Sardinops sagax	1983	14	5492	289	392	73,7	44,6
	1984	6	5317	133	886	15,0	35,7
	1986	6	927	46	155	30,0	4,0
	1987	16	2050	48	128	37,2	5,1
	1991	20	3584	53	179	29,4	14,3
	1993	28	1659	17	59	29,5	3,1
	1994	24	4230	37	176	20,9	2,3
	1995	10	877	8	88	8,7	0,9
	2004	0					
	2005	0					
	2006	0					
	2007	0					
	2008	0					
	Engraulis ringens	1983	0				
1984		22	1423	36	65	55,0	9,6
1986		14	16009	800	1144	70,0	69,8
1987		33	23616	549	716	76,7	59,0
1991		10	1015	15	102	14,7	4,0
1993		42	9660	102	230	44,2	18,1
1994		85	138691	1206	1632	73,9	76,6
1995		68	62400	543	918	59,1	61,6
2004		30	11032	306	368	83,3	42,7
2005		12	4392	92	366	25,0	11,6
2006		10	4684	96	468	20,4	25,9
2007		7	653	8	93	8,3	2,5
2008		11	2654	32	241	13,3	7,7
Trachurus murphyi		1983	0				
	1984	0					
	1986	0					
	1987	5	504	12	101	11,6	1,3
	1991	0					
	1993	5	303	3	61	5,3	0,6
	1994	28	2866	25	102	24,3	1,6
	1995	0					
	2004	0					
	2005	4	758	16	190	8,3	2,0
	2006	2	82	2	41	4,1	0,5
	2007	0					
	2008	1	46	1	46	1,2	0,1



**Tabla 31.** Tamaños de muestra, valor del estadístico y p-value de prueba de Kolmogorov-Smirnov, para el análisis distribucional de la densidad de huevos o larvas de anchoveta, en los cruceros realizados entre Septiembre y Octubre, desde los años 1993 a 2008.

Hipótesis distribucional lognormal	n	Estadístico (KS)	Valor P
Densidad de huevos	393	0,072	0,04
Densidad de larvas	746	0,035	0,32

**Tabla 32.** Síntesis por año del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos y larvas de anchoveta y densidad media de las estaciones positivas. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre.

	AÑO																Promedio histórico
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Estaciones	80	115	118	34	34	35	49	46	51	50	52	54	53	54	60	69	60
Estac. sin huevos	33	54	68	25	19	32	39	27	38	23	30	22	27	29	33	39	34
Estac. con huevos	46	59	49	9	14	2	9	19	10	23	19	26	26	25	27	30	25
Densidad media de huevos / 10 m <sup>2</sup>	2218,6	5955,5	3476,5	5123,6	3086,8	404,0	431,7	2574,1	6067,4	4849,9	3433,3	4424,7	17245,0	9070,9	10445,3	19658,3	6154,1
Estac. sin larvas	4	11	5	1	0	15	16	8	23	5	11	0	7	29	33	39	13
Estac. con larvas	76	104	113	33	34	20	33	38	28	45	41	54	46	25	27	30	47
Densidad media de larvas / 10 m <sup>2</sup>	2528,7	4475,7	1503,0	1572,3	1780,0	550,7	1503,1	1523,6	1825,3	2315,1	2731,4	1547,5	2446,3	2704,1	1352,8	4052,0	2150,7



**Tabla 33.** Resumen de estadísticas descriptivas por año para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Regi3n entre Septiembre y Octubre.

		Año															Promedio histórico	
		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		2008
Longitud (° W)	Min	-72,22	-72,39	-72,39	-72,07	-72,22	-72,22	-72,21	-72,20	-72,35	-72,36	-72,22	-72,22	-72,23	-72,23	-72,23	-72,34	-72,26
	Max	-70,12	-70,12	-70,12	-70,18	-70,19	-70,18	-70,17	-70,13	-70,19	-70,14	-70,11	-70,12	-70,12	-70,14	-70,17	-70,17	-70,15
	Range	2,10	2,27	2,27	1,89	2,03	2,04	2,04	2,07	2,16	2,22	2,11	2,10	2,11	2,09	2,06	2,17	2,11
	Mean	-70,88	-70,89	-70,87	-70,86	-70,86	-70,90	-70,97	-71,02	-70,99	-70,91	-70,88	-70,91	-70,84	-70,94	-70,88	-70,92	-70,91
	Median	-70,63	-70,65	-70,64	-70,61	-70,61	-70,60	-70,67	-70,82	-70,72	-70,67	-70,61	-70,62	-70,60	-70,61	-70,64	-70,69	-70,65
	S.D.	0,63	0,63	0,61	0,58	0,61	0,63	0,72	0,71	0,68	0,62	0,60	0,64	0,59	0,69	0,62	0,64	0,64
Latitud (° S)	Min	-23,67	-23,67	-23,67	-23,67	-23,67	-23,67	-23,67	-23,67	-24,33	-24,33	-23,67	-23,67	-23,67	-23,67	-23,67	-24,33	-23,79
	Max	-18,38	-18,40	-18,40	-18,42	-18,42	-18,42	-18,42	-18,42	-18,42	-18,42	-18,42	-18,42	-18,42	-18,42	-18,42	-18,42	-18,42
	Range	5,29	5,27	5,27	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,91	5,91	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,91	5,38
	Mean	-20,18	-20,99	-21,00	-20,94	-20,98	-21,05	-21,08	-21,03	-21,47	-21,48	-21,01	-21,11	-21,07	-21,07	-21,03	-21,36	-21,05
	Median	-20,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,00	-21,67	-20,98
	S.D.	1,21	1,63	1,64	1,85	1,89	1,86	1,71	1,80	2,08	2,08	1,79	1,82	1,84	1,82	1,74	1,92	1,79
Temperatura superficial (° C)	Min	15,22	14,13	13,39	13,96	17,51	13,95	14,85	14,63	13,43	14,47	14,05	13,36	13,62	15,01	13,59	14,18	14,33
	Max	18,71	17,58	17,18	16,68	20,55	18,26	18,46	17,51	17,74	17,78	18,03	19,18	17,42	18,63	16,53	19,46	18,11
	Range	3,49	3,45	3,79	2,72	3,04	4,31	3,61	2,88	4,31	3,31	3,98	5,82	3,8	3,62	2,94	5,28	3,77
	Mean	17,05	16,40	15,59	15,72	19,32	15,86	16,79	16,32	16,01	16,38	16,14	16,63	15,53	16,96	15,23	17,13	16,44
	Median	17,10	16,50	15,62	15,71	19,49	15,68	16,69	16,35	16,03	16,20	16,17	16,64	15,50	16,83	15,24	16,92	16,42
	S.D.	0,76	0,71	0,88	0,64	0,77	1,17	0,98	0,65	1,01	0,82	0,99	1,36	0,94	0,94	0,76	1,29	0,92
Salinidad superficial (psu)	Min	34,63	34,74	34,51	34,37	34,76	34,54	34,60	34,56	34,52	34,63	34,68	34,50	34,49	34,42	34,47	34,50	34,56
	Max	35,38	35,22	35,06	34,91	35,26	35,29	35,17	35,03	35,09	35,18	35,13	35,09	35,12	35,14	34,84	35,06	35,12
	Range	0,750	0,480	0,550	0,540	0,500	0,750	0,570	0,470	0,570	0,550	0,450	0,590	0,630	0,720	0,370	0,560	0,566
	Mean	35,12	34,94	34,81	34,74	35,15	34,83	34,83	34,82	34,79	34,87	34,87	34,85	34,84	34,87	34,74	34,80	34,87
	Median	35,10	34,92	34,84	34,77	35,19	34,80	34,79	34,83	34,78	34,87	34,85	34,84	34,87	34,84	34,77	34,80	34,87
	S.D.	0,17	0,10	0,12	0,13	0,11	0,20	0,13	0,12	0,16	0,14	0,12	0,13	0,17	0,15	0,10	0,12	0,13
Densidad de huevos/10 m <sup>2</sup>	Min	23	28	27	67	26	30	30	25	43	62	31	38	47	25	28	51	36
	Max	12.230	31.250	29.490	29.540	15.520	778	1.268	11.360	30.370	25.040	23.100	31.890	240.400	88.870	63.100	226.900	53.819
	Range	12.207	31.222	29.463	29.473	15.494	748	1.238	11.335	30.327	24.978	23.069	31.852	240.353	88.845	63.072	226.849	53.783
	Mean	2.219	5.955	3.476	5.124	3.087	404	432	2.574	6.067	4.850	3.433	4.425	17.240	9.071	10.450	19.660	6.154
	Median	799	1.171	747	1.265	900	404	134	487	87	1.662	538	1.008	2.308	1.998	561	2.796	1.054
	S.D.	2.947	8.261	6.281	9.473	4.503	529	515	3.826	11.803	6.583	6.067	8.048	47.995	19.089	18.799	45.686	12.525
Densidad de larvas/10 m <sup>2</sup>	Min	35	2	28	20	55	21	31	35	32	38	37	20	32	34	38	0	29
	Max	9.443	28.330	15.450	19.920	17.610	5.005	18.740	12.050	8.592	30.800	29.120	10.320	18.510	18.170	9.622	21.310	17.062
	Range	9.408	28.328	15.422	19.900	17.555	4.984	18.709	12.015	8.560	30.762	29.083	10.300	18.478	18.136	9.584	21.310	17.033
	Mean	2.529	4.476	1.503	1.572	1.780	551	1.503	1.524	1.825	2.315	2.731	1.547	2.446	2.704	1.353	4.052	2.151
	Median	1.851	2.726	528	371	550	114	254	1.038	735	545	617	529	942	1.076	375	1.663	870
	S.D.	2.383	5.390	2.786	4.181	3.369	1.260	3.599	2.085	2.339	5.276	6.034	2.296	3.796	4.323	2.138	6.127	3.586



**Tabla 34.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre, desde los años 1993 a 2008.

Modelo binomial presencia/ausencia de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Año	15		2,233	< 0,01
s(Lat)	1,0	6,5	5,42	< 0,01
s(Lon)	1,0	1,4	6,33	< 0,01
s(TSM)	1,0	1,2	3,35	0,060
s(Sal)	1,0	2,3	5,12	< 0,01

Pseudo R2 (18,2 %)

Modelo binomial presencia/ausencia de larvas

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Año	10		10,41	< 0,01
s(Lat)	1,0	2,8	6,67	< 0,01
s(Lon)	1,0	0,1	2,45	0,062
s(TSM)	1,0	0,0	2,44	< 0,05
s(Sal)	1,0	0,0	0,86	< 0,05

Pseudo R2 (40,1 %)

**Tabla 35.** Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM normal para la variable logaritmo de la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región entre Septiembre y Octubre, desde los años 1993 a 2008.

Densidad de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Año	14		1,832	< 0,05
s(Lat)	1,0	2,3	3,81	< 0,05
s(Lon)	1,0	0,1	1,26	0,107
s(TSM)	1,0	0,0	0,30	0,061
s(Sal)	1,0	1,0	3,08	0,080

Densidad de larvas

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Año	15		5,166	< 0,01
s(Lat)	1,0	4,4	2,92	< 0,05
s(Lon)	1,0	4,2	4,82	< 0,01
s(TSM)	1,0	0,0	0,55	0,061
s(Sal)	1,0	4,5	2,94	< 0,05

Pseudo R2 (21,7 %)



Tabla 36. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Per3odo:1993 - 2008.

<b>Crucero</b>	<b>N</b>	<b>M3nimo</b>	<b>M3ximo</b>	<b>Promedio</b>	<b>Sd</b>	<b>CV(%)</b>
362(3)93 CF	118	57	1123	249	205,58	0,85
370(3)94 CF	118	14	4002	471	479,35	1,02
383(3)95 CF	118	8	1016	253	178,33	0,71
394(2)96CF	34	79	484	240	103,24	0,43
404(3)97CF	34	61	534	197	95,12	0,48
416(3)98CF	35	47	2551	299	457,50	1,53
425(3)99CF	50	54	701	254	131,60	0,52
436(3)00CF	47	24	354	139	79,18	0,57
447(3)01CF	45	4	552	216	120,60	0,56
456(3)02CF	43	85	1215	375	210,84	0,56
464(3)03CF	53	80	921	304	181,9	0,6
471(3)04CF	54	73	2135	375	330,8	0,88
477(3)05CF	54	28	988	318	231,2	0,73
487(3)06AM	53	80	921	304	181,9	0,6
502(3)07AM	63	48	2664	453	395,61	1,15
513(3)08AM	63	24	5246	408	672,82	1,65





**Tabla 37.** Resultados de las calibraciones hidroacústicas históricas del sistema Simrad EK-500 y EK-60 del B/C "Abate Molina", para la frecuencia de 38 Khz, por longitudes de pulso.

Fecha	Lugar	TS-transducer gain			Sv-transducer gain		
		Corto (0,3ms)	Medio (1,0ms)	Largo (3,0ms)	Corto (0,3ms)	Medio (1,0ms)	Largo (3,0ms)
01.10.92	Quintero	26.9	27.9	28.1	27.0	27.5	27.9
20.06.93	Valparaíso	26.8	27.9	27.9	26.9	27.5	27.6
09.11.93	Valparaíso	26.5	27.2	27.4	26.9	27.2	27.6
27.02.94	Mejillones	26.0	27.0	27.0	26.1	26.7	27.0
15.05.94	Mejillones	26.1	27.1	27.1	26.2	27.0	27.2
06.01.95	Mejillones	27.0	27.6	27.8	27.1	27.7	28.1
12.07.95	Valparaíso	27.1	28.1	28.0	27.2	28.0	28.1
04.09.96	Pto. Yates	26.8	27.9	27.9	26.9	27.6	28.1
19.11.96	Mejillones	26.7	27.9	27.9	26.9	27.7	28.0
18.04.97	Valparaíso	26.8	27.5	27.6	27.3	27.7	27.8
29.12.97	Valparaíso	26.8	27.7	27.7	27.2	27.5	27.9
21.11.98	Valparaíso	26.9	27.4	27.2	27.1	27.2	27.3
21.12.99	Valparaíso	26.34	27.52		27.02	27.32	
13.01.00	Valparaíso	26.82	27.43	29.09	26.47	27.64	27.40
28.12.00	Valparaíso	26.47	27.64	27.40	26.82	27.43	27.09
23.12.01	Valparaíso	26,57	27,67	28,35	26,97	27,53	25,27
02.01.03	Valparaíso	26,52	27,23	27,63	25,98	27,30	28,01
03.01.05	Valparaíso	26.35	27.7	28.04	26.76	27.38	27.77
03.01.06	Valparaíso	26,42	27,23	27,50	26,81	27,06	27,29
01.03.06	Valparaíso	26,5	27,80	28,60	26,90	27,60	27,20
29.12.06	Valparaíso	26.27	27.61	28.37	26.87	27.58	28.13
28.10.07	Mejillones	26.59	27.83	28.43	27.05	27.68	28.18
10.06.08	Valparaíso(*)		25.59			25.59	

(\*) EK-60



**Tabla 38.** Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el crucero MOBIO 0810 respecto de las variables profundidad, temperatura y salinidad, entre Arica y Antofagasta.

		<b>Jurel</b>	<b>Anchoveta</b>	<b>Pez Linterna</b>	<b>Caballa</b>
NASC(m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	N	211	678	417	16
	Suma	34569	468359	688509	776
	Promedio	164	691	1651	49
	Max	3982	123746.0	42072	387
	Min	1	1	1	1
	Var	185732.87	38605950.06	23674950.49	10084.80
Profundidad (m)	N	211	678	417	16
	Promedio	21.2	12.3	140.6	30.8
	Max	105.0	47.0	352.0	61.5
	Min	7.0	6.5	9.5	16.5
	Var	208.27	20.08	11300.34	185.32
Temperatura (°C)	N	211	678	417	16
	Promedio	16.6	15.1	13.8	16.2
	Max	18.7	19.2	18.7	16.4
	Min	12.4	12.8	9.7	14.6
	Var	1.48479	1.45604	9.39861	0.18544
Salinidad (psu)	N	211	678	417	16
	Promedio	34.818	34.725	34.819	34.849
	Max	35.021	35.366	35.029	34.876
	Min	34.375	34.606	34.533	34.575
	Var	0.0144	0.0076	0.0091	0.0054



**Tabla 39.** Estadísticos de la distribuci3n vertical de las especies detectadas en el crucero MOBIO 0810 respecto de las variables profundidad, temperatura y salinidad, entre Antofagasta y Pichidangui.

		<b>Jurel</b>	<b>Anchoveta</b>	<b>Pez linterna</b>	<b>Caballa</b>
NASC(m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	N	187	52	55	3
	Suma	57887	50928	13860	72
	Promedio	310	979	252	24
	Max	7486	13086.0	4636	38
	Min	1	1	1	13
	Var	672247.33	4996612.83	449430.52	163.00
Profundidad (m)	N	187	52	55	3
	Promedio	30.5	14.8	154.3	16.8
	Max	161.5	26.5	243.0	21.0
	Min	7.0	7.0	57.5	14.0
	Var	578.26	33.38	2050.70	13.58
Temperatura (°C)	N	187	52	55	3
	Promedio	14.6	14.4	11.2	15.6
	Max	16.0	16.0	13.5	15.9
	Min	11.6	12.8	10.1	15.2
	Var	1.31528	0.97122	0.44994	0.13653
Salinidad (psu)	N	187	52	55	3
	Promedio	34.593	34.596	34.637	34.647
	Max	34.747	34.719	34.772	34.677
	Min	34.170	34.455	34.392	34.588
	Var	0.0158	0.0085	0.0053	0.0026



**Tabla 40.** Índices de cobertura (IC) (%) y de Densidad (ID) (t/mn<sup>2</sup>) de anchoveta, jurel, caballa y pez linterna estimados por zona en el cruce MOBIO 0810.

Especie	Arica-Antofagasta		Antofagasta-Pichidanguí	
	IC (%)	ID (t/mn <sup>2</sup> )	IC (%)	ID (t/mn <sup>2</sup> )
Anchoveta	8.3	412.7	0.65	407.4
Jurel	4.3	36.1	3.16	60.9
Caballa	0.2	21.7	0.06	5.0
Pez linterna	8.9	436.1	0.45	121.2

Nota:

Anchoveta

$\bar{L}_{\rightarrow}$  = 14,8 cm (Arica-Antofagasta)

$\bar{L}_{\rightarrow}$  = 15 cm (Antofagasta-Pichidanguí)

TS = 20Log(L) – 73,58 (Castillo et al 2004)

Peso= 0,00571\*L<sup>3,06229</sup>, R<sup>2</sup>=0,95 (2004)

Cb (Ar-Antofa)= 0,1814 (t/mn<sup>2</sup>)

Cb (Antofa-Pich)=0,1840 (t/mn<sup>2</sup>)

Jurel

$\bar{L}_{\rightarrow}$  = 18 cm (Arica-Pichidanguí)

TS = 20,11Log(L) – 68,67 (Córdova, com Pers)

Peso= 0,01182\*L<sup>2,96789</sup>, R<sup>2</sup>=0,92 (2004)

Cb (Ar-Pich)= 0,1118 (t/mn<sup>2</sup>)

Caballa

Cb=0,14 (t/mn<sup>2</sup>)

Pez linterna

Cb=0,14 (t/mn<sup>2</sup>)



**Tabla 41.** Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el periodo 1994-2003 por estación respecto a las variables densidad acústica (Sa), profundidad, temperatura y salinidad. Se ha descartado el año 1997 por presentarse fuera de rango en la mayoría de las variables.

		Otoño s/1997 y 1998							Invierno s/1997						
	especie	Sardina	Jurel	Anchoveta	Caballa	Linterna	Langostino	Bacaladillo	Sardina	Jurel	Anchoveta	Caballa	Linterna	Langostino	Bacaladillo
Sa	$\bar{X}$	2.726,43	999,96	2.127,17	509,13	315,00	450,33	312,50	2877	579	2148,25	356,11	3488,80	4647,73	3429,47
	Máx.	59.028	59.647	84.095	6.545	1.516	2.500	854	20051	7655	40213,00	4422,00	20409,00	74749,00	71438,00
	Mín.	38	2	1	0	11	34	84	150	3	10	10	54	50	8
	$S^2(\bar{X})$	69.043.589,54	7.634.008,05	34.046.415,52	1.076.409,09	100.038,83	428.332,75	53.138,00	31333835,78	710050,28	13247687,58	345201,59	20061032,90	79243531,57	107483032,87
	CV	3,05	2,76	2,74	2,04	1,00	1,45	0,74	1,95	1,45	1,69	1,65	1,28	1,92	3,02
Profundidad	$\bar{X}$	15,48	52,71	19,51	25,25	91,32	99,21	13,44	26,47	24,94	17,01	14,17	81,33	34,37	22,32
	Máx.	33,00	233,00	93,00	68,00	194,50	198,00	15,00	41	91,5	52	103,5	240,5	121	34,5
	Mín.	8,00	5,00	6,00	4,50	31,50	33,50	13,00	18	5	5,5	6,5	21,5	14,5	11
	$S^2(\bar{X})$	26,95	2.697,33	219,83	186,81	1.222,30	2.639,85	0,53	43,98	151,58	37,70	108,85	2645,60	514,37	40,13
	CV	0,34	0,99	0,76	0,54	0,38	0,52	0,05	0,25	0,49	0,36	0,74	0,63	0,66	0,28
Temperatura	$\bar{X}$	17,96	15,05	16,20	16,78	13,67	15,04	14,61	15,29	15,40	15,25	16,07	13,74	15,73	13,98
	Máx.	21,57	21,78	21,39	21,31	17,18	19,10	16,27	15,66	18,27	18,238	17,69	16,42	17,43	15,23
	Mín.	14,08	11,70	12,75	12,95	11,56	11,15	14,02	14,27	12,11	12,74	13,11	11,17	12,43	13,23
	$S^2(\bar{X})$	4,97	4,25	3,69	4,62	2,22	8,26	1,02	0,19	1,20	1,07	1,35	1,05	2,26	0,39
	CV	0,12	0,14	0,12	0,13	0,11	0,19	0,07	0,03	0,07	0,07	0,07	0,07	0,10	0,04
Salinidad	$\bar{X}$	34,918	34,592	34,748	34,817	34,748	34,517	34,732	34,686	34,803	34,808	34,884	34,841	34,855	34,844
	Máx.	35,693	35,711	35,577	35,545	34,884	34,829	34,775	34,813	35,184	35,21	35,185	34,962	35,055	34,902
	Mín.	34,510	33,937	34,180	34,501	34,599	33,780	34,715	34,507	34,293	34,394	34,643	34,678	34,572	34,774
	$S^2(\bar{X})$	0,06	0,05	0,04	0,04	0,01	0,09	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
	CV	0,007	0,007	0,006	0,006	0,002	0,009	0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



**Tabla 42.** Valores de temperatura (°C), salinidad (psu), Oxígeno disuelto (mL/L) y clorofila-a (µg/L) en las estaciones fijas de Arica, Iquique, Mejillones, Caldera y Coquimbo, obtenidos entre julio de 2008 y julio de 2009.

localidad mes	DATOS FÍSICOS										DATOS QUÍMICOS									
	Arica 25-Jul-08		Iquique 29-Jul-08		Mejillones 30-Jul-08		Caldera		Coquimbo		Arica 25-Jul-08		Iquique 29-Jul-08		Mejillones 30-Jul-08		Caldera		Coquimbo	
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	16.75	34.89	16.67	34.81	16.45	34.83					6.59	11.19	6.56	5.65	6.26	1.00				
2	16.73	34.88	16.66	34.81	16.45	34.83														
4	16.70	34.90	16.57	34.84	16.40	34.83														
5	16.70	34.90	16.53	34.85	16.38	34.84					6.55	11.04	5.91	5.96	5.09	1.20				
6	16.68	34.90	16.50	34.85	16.37	34.85														
8	16.66	34.89	16.45	34.86	16.35	34.85														
10	16.54	34.89	16.41	34.87	16.33	34.85				5.47	5.47	4.70	5.23	4.58	1.98					
15	15.91	34.91	16.12	34.84	15.19	34.78														
20	15.58	34.90	15.59	34.83	14.82	34.77				2.08	0.40	2.73	0.58	2.35	0.20					
25	15.32	34.92	15.32	34.86	14.65	34.77														
30	15.06	34.93	15.25	34.87	14.60	34.79				2.18	0.40	2.65	0.39	1.31	0.14					
35	15.05	34.93	15.19	34.87	14.46	34.79														
40	14.95	34.93	15.09	34.86	14.42	34.80														
45	14.91	34.93	14.95	34.87	14.10	34.78														
50	14.77	34.94	14.87	34.88	13.59	34.81				1.10	0.19	2.02	0.25	1.04	0.11					
mes	13-Ago-08		20-Ago-08		30-Ago-08						13-Ago-08		20-Ago-08		30-Ago-08					
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	17.03	34.88	15.62	34.82	16.06	34.78					6.08	1.80	4.05	0.65	5.47	2.60				
2	16.97	34.87	15.62	34.82	16.06	34.78														
4	16.83	34.87	15.63	34.82	16.04	34.78														
5	16.85	34.88	15.62	34.82	16.02	34.78					5.98	2.65	3.71	0.59	5.42	2.61				
6	16.82	34.88	15.61	34.82	16.00	34.78														
8	16.78	34.87	15.59	34.82	15.96	34.78														
10	16.57	34.86	15.56	34.82	15.90	34.77				5.80	2.20		0.45	5.23	2.72					
15	16.44	34.86	14.68	34.79	15.56	34.79														
20	16.34	34.85	14.37	34.79	14.58	34.78				4.32	1.44	1.73	0.20	2.29	1.01					
25	15.30	34.84	14.14	34.80	14.25	34.80														
30	15.09	34.84	14.09	34.82	14.10	34.81				2.54	0.29	1.18	0.09	0.88	0.32					
35			14.08	34.84	13.97	34.82														
40			14.02	34.84	13.85	34.82														
45			13.88	34.85	13.74	34.82														
50			13.87	34.88	13.67	34.83							0.26	0.04	0.39	0.16				
mes	14-Sep-08		16-Sep-08		21-Sep-08						14-Sep-08		16-Sep-08		21-Sep-08					
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	16.04	34.95									6.57	8.09	6.45	4.00	5.71	3.61				
2	15.98	34.95	16.00	34.90	15.34	34.94														
4	15.77	34.96	15.61	34.89	15.27	34.93														
5	15.71	34.96	15.47	34.87	15.24	34.93					4.55	11.49	3.47	12.93	3.13	6.08				
6	15.67	34.95	15.30	34.87	15.23	34.93														
8	15.29	34.94	14.82	34.86	15.16	34.93														
10	14.80	34.95	14.64	34.85	14.96	34.92														
15	14.39	34.93	14.23	34.86	14.72	34.93				1.59	0.91	1.95	5.56	1.69	5.74					
20	14.19	34.94	14.02	34.88	14.07	34.92				0.77	0.22	0.93	1.94	0.82	0.13					
25	13.96	34.92	13.87	34.88	13.76	34.92														
30	13.79	34.90	13.67	34.92	13.40	34.93				0.63	0.10	0.56	1.13	0.54	0.08					
35	13.53	34.85	13.65	34.94	13.23	34.94														
40	13.37	34.87	13.55	34.95	13.19	34.95														
45	13.35	34.89	13.51	34.95	13.16	34.95														
50	13.32	34.90	13.39	34.96	13.12	34.96				0.20	0.05	0.37	0.52	0.25	0.11					
mes	28-Oct-08		26-Oct-08		21-Oct-08		14-Oct-08		9-Oct-08		28-Oct-08		26-Oct-08		21-Oct-08		14-Oct-08		9-Oct-08	
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	15.14	34.81	16.48	34.80	15.68	34.67	13.93	34.63	13.33	34.29	3.69	7.86	6.40	6.05	5.59	6.58	4.00	0.99	5.78	0.91
2	15.14	34.81	16.48	34.80	15.68	34.67	13.93	34.63	13.33	34.29										
4	14.23	34.80	16.34	34.80	15.66	34.67	13.93	34.63	13.33	34.29										
5	13.94	34.81	16.21	34.80	15.58	34.67	13.90	34.62	13.33	34.29	0.79	1.44	6.25	5.59	5.39	7.84	3.24	1.46	5.00	0.75
6	13.83	34.81	16.16	34.80	15.53	34.67	13.81	34.61	13.31	34.29										
8	13.69	34.83	15.82	34.79	15.19	34.67	13.59	34.59	13.23	34.29										
10	13.65	34.83	15.19	34.78	14.87	34.67	12.67	34.51	13.20	34.30	0.34	1.07	5.30	6.58	3.49	5.97	2.59	1.00	4.51	0.73
15	13.54	34.83	14.43	34.78	13.35	34.67	12.48	34.55	12.55	34.32										
20	13.31	34.85	13.93	34.77	13.25	34.68	12.51	34.60	12.07	34.34	0.25	1.01	1.42	2.85	1.13	1.23	1.54	0.16	3.70	0.51
25	13.25	34.85	13.46	34.78	13.20	34.69	12.52	34.62	11.41	34.38										
30	13.14	34.86	13.28	34.80	13.02	34.70	12.56	34.64	11.30	34.40	0.19	0.33	0.34	0.42	0.73	0.31	1.22	0.16	2.56	0.19
35	13.02	34.86	13.11	34.81	13.00	34.71	12.55	34.65	11.30	34.41										
40	12.89	34.87	13.04	34.81	12.97	34.72	12.48	34.67	11.32	34.43										
45	12.78	34.87	12.97	34.83	12.96	34.74	12.44	34.70	11.55	34.56	0.10	0.22	0.10	0.29	0.68	0.14	0.62	0.06	0.98	0.04
50	12.78	34.87	12.95	34.84	12.93	34.73	12.44	34.70	11.76	34.65										
mes	14-Nov-08		20-Nov-08		17-Nov-08		27-Nov-08		28-Nov-08		14-Nov-08		20-Nov-08		17-Nov-08		27-Nov-08		28-Nov-08	
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	17.66	34.89	16.83	34.87	18.55	34.81	15.79	34.54	16.15	34.44	6.57		6.25	0.86		1.21	5.69	0.46	6.46	0.54
2	17.43	34.89	15.72	34.87	18.42	34.82	15.68	34.56	15.73	34.44										
4	16.55	34.90	15.30	34.84	18.12	34.82	15.33	34.51	15.60	34.44										
5	16.03	34.90	15.26	34.85	17.80	34.81	15.01	34.51	15.54	34.44	6.34		5.61	2.41		1.72	5.34	1.11	6.75	1.76
6	15.87	34.93	15.17	34.83	17.73	34.81	14.83	34.52	15.34	34.46										
8	14.98	34.96	14.75	34.84	17.33	34.81	14.74	34.50	15.00	34.46										
10	14.65	34.98	14.47	34.83	16.82	34.82	14.60	34.50	14.78	34.46	3.16		4.09	3.80		0.27	4.91	1.09	6.79	2.10
15	14.06	34.98	14.38	34.81	14.54	34.78	14.25	34.52	13.10	34.46										
20	13.05	34.98	13.83	34.72	12.94	34.71	13.87	34.56	12.19	34.52	1.51		1.01	1.56		0.11	3.78	0.70	1.43	0.20
25	12.92	34.99	13.90	34.85	12.78	34.72	13.47	34.56	12.05	34.57										
30	12.82	34.99	13.60	34.88	12.76	34.72	13.35	34.57	12.02	34.60	0.45		0.42	2.22						



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

Continuación Tabla 42

localidad mes	DATOS FÍSICOS												DATOS QUÍMICOS											
	Arica 9-Ene-09		Iquique 7-Ene-09		Mejillones 11-Ene-09		Caldera 27-Ene-09		Coquimbo 28-Ene-09		Arica 9-Ene-09		Iquique 7-Ene-09		Mejillones 11-Ene-09		Caldera 27-Ene-09		Coquimbo 28-Ene-09					
	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa				
1	18,26	34,75	16,30	34,62	17,34	34,61	16,01	34,35	17,05	34,22	5,71	1,29	6,00	4,84	5,14	1,33	5,33	0,39	6,91	2,05				
2	17,94	34,71	16,26	34,64	16,02	34,54	16,01	34,35	17,05	34,22														
4	17,63	34,71	15,48	34,66	15,16	34,55	16,00	34,35	17,05	34,22														
5	17,57	34,72	15,38	34,67	15,10	34,54	15,99	34,35	17,04	34,22	5,63	2,46	4,65	10,05	4,96	1,34	5,33	0,33	6,77	2,07				
6	17,51	34,72	15,34	34,68	14,98	34,52	15,98	34,35	17,02	34,22														
8	17,26	34,68	15,31	34,68	13,73	34,49	15,93	34,35	16,98	34,22														
10	16,32	34,68	15,21	34,69	13,02	34,53	15,84	34,34	16,98	34,22	0,94	4,38	3,98	9,15	4,65	4,81	5,16	0,16	6,77	2,06				
15	14,85	34,70	15,06	34,69	13,09	34,62	14,61	34,32	14,33	34,22														
20	14,32	34,71	14,36	34,52	13,09	34,69	14,23	34,33	13,08	34,22	0,45	1,51	0,62	1,29	1,95	1,99	4,43	0,22	4,50	0,07				
25	13,47	34,69	13,48	34,71	12,99	34,73	13,94	34,33	12,37	34,29														
30	13,22	34,69	13,24	34,72	12,97	34,70	13,77	34,34	12,36	34,35	0,17	0,42	0,56	0,28	0,68	0,54	3,30	0,21	3,04	0,03				
35	13,15	34,67	13,16	34,71	12,95	34,65	13,39	34,33	12,35	34,34														
40	13,08	34,69	13,09	34,72	12,91	34,66	13,14	34,34																
45	13,02	34,69	13,00	34,71	12,90	34,66																		
50	13,01	34,68	12,98	34,71	12,83	34,67					0,28	0,42	0,45	0,26	0,39	0,11	2,53	0,22						
mes	14-Feb-09		22-Feb-09		12-Feb-09		12-Feb-09		21-Feb-09		14-Feb-09		22-Feb-09		12-Feb-09		12-Feb-09		21-Feb-09					
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa				
1	21,21	16,84	18,09		18,09		16,99	34,35	16,82	34,30	5,80	0,78	5,80	3,48	5,77	7,48	7,26	3,95	7,03	1,00				
2	21,16	16,73	18,03		18,03		16,87	34,35	16,82	34,30														
4	20,45	15,80	16,21		16,21		16,81	34,34	16,83	34,30														
5	19,54	15,54	15,47		15,47		16,70	34,35	16,82	34,30	5,20	5,44	4,45	6,95	5,58	5,67	7,41	3,61	7,13	1,13				
6	18,06	15,44	15,09		15,09		16,56	34,35	16,76	34,30														
8	16,60	15,22	14,75		14,75		16,26	34,34	16,83	34,30														
10	14,66	14,89	13,81		13,81		15,62	34,33	16,09	34,30	2,50	3,02	1,83	1,20	2,79	1,79	6,88	5,93	6,89	2,27				
15	13,82	14,37	12,93		12,93		13,35	34,32	15,08	34,30														
20	13,52	14,01	12,85		12,85		12,52	34,40	13,10	34,30	1,17	8,92	0,48	0,20	0,90	0,40	2,96	2,59	3,73	2,08				
25	13,44	13,56	12,89		12,89		12,46	34,40	12,19	34,32														
30	13,38	13,47	12,90		12,90		12,35	34,41	12,05	34,35	0,37	0,61	0,20	0,12	0,28	0,09	2,49	0,54	2,66	0,55				
35	13,25	13,37	12,91		12,91		12,06	34,37	11,97	34,40														
40	13,14	13,26	12,88		12,88		12,05	34,47	11,98	34,42														
45	13,13	13,21	12,82		12,82		12,22	34,57	11,98	34,45														
50	13,12	13,14	12,81		12,81		12,23	34,61	11,95	34,51	0,43	0,24	0,34	0,20	0,31	0,13	0,44	0,05	1,62	0,26				
mes	25-Mar-09		31-Mar-09		29-Mar-09		26-Mar-09		25-Mar-09		25-Mar-09		31-Mar-09		29-Mar-09		26-Mar-09		25-Mar-09					
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa				
1	19,72	34,73	16,89	34,72	18,01	34,73	18,11	34,41	16,89	34,24	6,98	0,78	6,50	1,29	5,70	1,48	5,06	0,16	7,73	3,11				
2	19,64	34,74	16,59	34,72	17,20	34,71	17,78	34,41	16,41	34,25														
4	19,40	34,75	16,61	34,72	17,06	34,71	17,68	34,41	16,05	34,25														
5	19,37	34,74	16,20	34,72	16,97	34,70	17,57	34,42	15,87	34,30	6,39	2,77	5,85	4,16	5,23	4,59	5,19	0,02	7,67	10,79				
6	19,23	34,74	15,79	34,71	16,90	34,71	17,51	34,42	15,75	34,31														
8	18,50	34,70	15,44	34,70	16,74	34,71	16,89	34,41	15,63	34,32														
10	17,57	34,65	15,11	34,69	16,62	34,69	16,25	34,40	15,28	34,32	3,81	0,40	2,88	2,78	3,75	3,46	5,07	0,10	7,33	9,22				
15	15,10	34,71	14,50	34,68	14,96	34,69	15,16	34,39	13,89	34,32														
20	14,31	34,65	14,28	34,67	14,27	34,69	14,64	34,39	13,49	34,33	2,75	0,29	0,85	0,93	0,88	0,64	4,32	0,10	4,72	4,66				
25	14,19	34,66	13,87	34,67	13,69	34,72	14,00	34,41	12,76	34,32														
30	13,85	34,65	13,63	34,69	13,43	34,73	13,08	34,45	12,43	34,35	1,42	0,12	0,40	0,42	0,60	0,27	2,94	0,05	3,24	0,23				
35	13,74	34,65	13,59	34,68	13,33	34,74	12,78	34,48	11,97	34,38														
40	13,52	34,67	13,43	34,70	13,25	34,74	12,55	34,48	12,06	34,44														
45	13,46	34,72	13,24	34,71	13,18	34,75	12,42	34,52	12,04	34,44														
50	13,46	34,73	13,16	34,75	13,14	34,75					0,31	0,08	0,20	0,17	0,26	0,25	1,30	0,03	1,94	0,13				
mes	26-Abr-09		25-Abr-09		27-Abr-09		16-Abr-09		15-Abr-09		26-Abr-09		25-Abr-09		27-Abr-09		16-Abr-09		15-Abr-09					
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa				
1	34,77	16,49	34,67	14,88	34,57	17,88	34,45	15,87	34,40	6,34	0,25	5,85	5,57	4,55	0,40	6,24	1,47	6,96	3,42					
2	34,77	16,31	34,67	14,87	34,57	17,86	34,45	15,85	34,40															
4	34,77	15,92	34,66	14,82	34,56	17,69	34,49	15,79	34,40															
5	34,75	15,24	34,66	14,64	34,56	17,46	34,49	15,73	34,40	6,13	0,23	5,11	0,67	3,94	0,47	6,03	2,43	6,88	3,36					
6	34,75	15,40	34,67	14,55	34,55	17,29	34,50	15,69	34,40															
8	34,75	15,34	34,68	14,49	34,54	16,67	34,51	15,50	34,40															
10	34,75	15,18	34,69	14,31	34,52	16,30	34,49	15,27	34,39	5,03	0,72	3,67	1,78	3,54	0,26	5,49	1,50	6,35	2,71					
15	34,75	14,59	34,71	13,71	34,46	15,68	34,44	14,44	34,41															
20	34,74	14,52	34,70	13,29	34,48	15,01	34,39	13,22	34,41	3,76	0,75	2,04	0,23	2,09	0,13	4,32	0,81	3,93	0,98					
25	34,74	14,35	34,69	13,21	34,55	14,48	34,37	12,94	34,39															
30	34,74	14,00	34,71	13,15	34,56	13,86	34,39	12,87	34,38	3,04	0,42	1,18	0,29	1,87	0,15	3,64	0,17	3,45	0,46					
35	34,74	13,86	34,73	13,11	34,59	13,42	34,32	12,73	34,39															
40	34,74	13,80	34,73	13,03	34,59	13,09	34,32	12,60	34,39															
45	34,74	13,78	34,72	13,00	34,56	12,94	34,32	12,43	34,40															
50	34,77	13,79	34,71	12,99	34,54					1,17	0,16	0,39	0,21	1,22	0,04	3,05	0,07	2,26	0,27					
mes	15-May-09		16-May-09		13-May-09		14-May-09		13-May-09		15-May-09		16-May-09		13-May-09		14-May-09		13-May-09					
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa				
1	17,37	34,87	17,25	34,88	16,21	34,67	15,97	34,38	15,02	34,21														
2	17,12	34,85	16,73	34,87	15,96	34,69	15,67	34,49	14,66	34,23														
4	16,93	34,83	16,63	34,89	15,94	34,69	15,60	34,34	14,56	34,24	6,57	7,26	5,47	0,85	3,41	0,51	5,85	0,69	6,00	2,43				



Tabla 43. Valores de la biomasa zooplanctónica en las estaciones costeras de Arica, Iquique, Mejillones, Caldera y Coquimbo. Período Mayo 2001 – Julio 2009.

BIOMASA	ARICA	IQUIQUE	MEJILLONES	CALDERA	COQUIMBO	PROMEDIO	
May-01	322	451	363			379	
Junio	320	304	211			278	
Julio	158	77	16			84	
Agosto			44			44	
Septiembre	128	442	187			252	
Octubre	278	219	83			193	
Noviembre	148	166				157	
Diciembre	159	105				348	
Ene-02	356	44	24			141	
Febrero	187	715	91			331	
Marzo	166	173	78			139	
Abril	161	167	184			171	
Mayo	123	280	134			179	
Junio	108	239	142			163	
Julio	75	334	100			170	
Agosto	263	350	145			253	
Septiembre	148	308	524			327	
Octubre	90		107			99	
Noviembre	164	243	299			235	
Diciembre	115	391	202			236	
Ene-03	360	(11/01/03)	141	(13/01/03)	110	(09/01/03)	204
Febrero	421	(01/02/03)	350	(01/02/03)	102	(05/02/03)	291
Marzo	978	(17/03/03)	466	(15/03/03)	209	(11/03/03)	551
Abril	397	(01/04/03)	150	(02/04/03)	128	(03/04/03)	225
Mayo	269	(16/05/03)	447	(16/05/03)	187	(21/05/03)	301
Junio	162	(11/06/03)	309	(09/06/03)	171	(06/06/03)	214
Julio	110	(08/07/03)	158	(09/07/03)	85	(07/07/03)	111
Agosto	155	(09/08/03)	183	(08/08/03)	67	(07/08/03)	135
Septiembre	774	(23/09/03)	477	(14/09/03)	351	(02/09/03)	534
Octubre	491	(07/10/03)	366	(09/10/03)	185	(04/10/03)	347
Noviembre	118	(04/11/03)	230	(12/11/03)	347	(08/11/03)	232
Diciembre	282	(19/12/03)	67	(17/12/03)	174	(11/12/03)	174
Ene-04	16	(11/01/04)	54	(14/01/04)	101	(09/01/04)	57
Febrero	25	(04/02/04)	59	(05/02/04)	42	(02/02/04)	42
Marzo	54	(11/03/04)	96	(16/03/04)	111	(19/03/04)	87
Abril	21	(6/04/04)	64	(20/04/04)	38	(7/04/04)	41
Mayo	78	(5/05/04)	116	(3/05/04)	204	(6/05/04)	133
Junio	27	(3/06/04)	35	(4/06/04)	20	(7/06/04)	27
Julio	39	(13/07/04)	67	(7/07/04)	50	(6/07/04)	52
Agosto	45	(02/08/04)	110	(04/08/04)	91	(01/08/04)	82
Septiembre	244	(04/09/04)	246	(01/09/04)	212	(07/09/04)	234
Octubre	301	(10/10/04)			378	(13/10/04)	340
Noviembre	202	(12/11/04)	43	(11/11/04)	10	(16/11/04)	85
Diciembre	123	(03/12/04)	518	(06/12/04)	35	(04/12/04)	225
Ene-05	87	(05/01/05)	281	(04/01/05)	124	(06/01/05)	164
Febrero	75	(01/02/05)	197	(03/02/05)	172	(02/02/05)	148
Marzo	39	(03/03/05)	49	(08/03/05)	45	(06/03/05)	44
Abril	292	(09/04/05)	527	(17/04/05)	53	(11/04/05)	291
Mayo	60	(09/05/05)	124	(11/05/05)	242	(07/05/05)	142
Junio	99	(09/06/05)	162	(17/06/05)	126	(11/06/05)	129
Julio	75	(12/07/05)	136	(09/07/05)	149	(15/07/05)	120
g	39	(13/08/05)	142	(11/08/05)	28	(05/08/05)	70
Septiembre	288	(07/09/05)	204	(12/09/05)	129	(06/09/05)	207
Octubre	620	(07/10/05)	602	(05/10/05)	820	(08/10/05)	681
Noviembre	623	(03/11/05)	567	(04/11/05)	744	(06/11/05)	645
Diciembre	679	(12/12/05)		(02/12/05)	25	(04/12/05)	352
Ene-06	87	(06/01/06)	163	(11/01/06)	143	(10/01/06)	131
Febrero	362	(19/02/06)	150	(10/02/06)	254	(12/02/06)	255
Marzo	65	(10/03/06)	136	(9/03/06)	37	(11/03/06)	79
Abril	79	(19/04/06)	79	(29/04/06)	57	(17/04/06)	72
Mayo	162	(5/05/06)	123	(7/05/06)	52	(6/05/06)	112
Junio	56	(14/06/06)	67	(30/06/06)	24	(9/06/06)	49
Julio	130	(10/07/06)	370	(7/07/06)	42	(8/07/06)	181
Agosto	195	(08/08/06)	151	(04/08/06)	22	(09/08/06)	123
Septiembre	115	(17/09/06)	361	(15/09/06)	391	(12/09/06)	289
Octubre	316	(08/10/06)	781	(05/10/06)	474	(09/10/06)	524
Noviembre	185	(29/11/06)	50	(12/11/06)	1134	(05/11/06)	456
Diciembre	26	(07/12/06)	64	(10/12/06)	418	(12/12/06)	169
Ene-07	64	(03/01/07)	45	(06/01/07)	206	(09/01/07)	105
Febrero	43	(03/02/07)	108	(06/02/07)	29	(09/02/07)	60
Marzo	2485	(26/03/07)	522	(24/03/07)	295	(22/03/07)	1101
Abril	818	(14/04/07)	100	(22/04/07)	26	(15/04/07)	315
Mayo	421	(14/05/07)	156	(19/05/07)	41	(12/05/07)	206
Junio	206	(09/06/07)	66	(19/06/07)	11	(11/06/07)	94
Julio	65	(07/07)	266	(07/07)	30	(07/07)	120
Agosto	61	(08/07)	50	(08/07)	6	(08/07)	39
Septiembre	112	(09/07)	97	(09/07)	24	(09/07)	78
Octubre	605	(15/10/07)	269	(10/10/07)	70	(06/10/07)	315
Noviembre	207	(12/11/07)	109	(10/11/07)	11	(15/11/07)	109
Diciembre	387	(11/12/07)	33	(5/12/07)	137	(14/12/07)	186
Ene-08	80	(1/1/08)	124	(5/1/08)	170	(14/1/08)	125
Febrero	80	(13/2/08)	85	(19/2/08)	97	(14/2/08)	87
Marzo	142	(18/3/08)	66	(16/3/08)	46	(22/3/08)	85
Abril	49	(26/4/08)	115	(3/5/08)	46	(27/4/08)	70
Mayo	129	(24/5/08)	24	(27/5/08)	94	(25/5/08)	82
Junio	98	(21/6/08)	94	(23/6/08)	97	(22/6/08)	96
Julio	84	(25/7/08)	139	(29/7/08)	85	(30/7/08)	103
Agosto	53	(13/8/08)	39	(20/8/08)	52	(30/8/08)	48
Septiembre	53	(14/9/08)	109	(16/9/08)	131	(21/9/08)	98
Octubre	116	(28/10/08)	1529	(24/10/08)	518	(21/10/08)	488
Noviembre	280	(14/11/08)	278	(20/11/08)	295	(17/11/08)	877
Diciembre	232	(16/12/08)	125	(18/12/08)	130	(14/12/08)	5948
Ene-09	159	(09/01/09)	34	(07/01/09)	143	(11/01/09)	34
Febrero	174	(14/02/09)	139	(22/02/09)	84	(12/02/09)	172
Marzo	208	(25/03/09)	662	(31/03/09)	62	(29/03/09)	77
Abril	179	(26/04/09)	254	(25/04/09)	65	(27/04/09)	77
Mayo	82	(15/05/09)	101	(16/05/09)	117	(13/05/09)	35
Junio	382	(13/06/09)	96	(16/06/09)	110	(15/06/09)	67
Julio	174	(9/07/09)	144	(13/07/09)	55	(11/07/09)	45

(1): Fecha Muestreo





**Tabla 44.** Abundancia de huevos y larvas de anchoveta en cada estrato de profundidad de las estaciones fijas de Arica, Iquique, Mejillones, Caldera y Coquimbo. Octubre 2008 a Julio de 2009.

	Huevos de Anchoveta			Larvas de Anchoveta		
	0-10 (m)	10-25 (m)	25-50 (m)	0-10 (m)	10-25 (m)	25-50 (m)
<b>Octubre</b>						
Arica	67676	1319	797	11134	455	
Iquique	530	1438	102	2703	6261	613
Mejillones	20340	2437	52	705	7680	1302
Caldera						
Coquimbo						
<b>Noviembre</b>						
Arica	12326		252	4765	182	378
Iquique					139	
Mejillones	1964	46			184	
Caldera						
Coquimbo						
<b>Diciembre</b>						
Arica	137	273				
Iquique	954	1252	102			
Mejillones	7001	2300	156			
Caldera						
Coquimbo	31			31		
<b>Enero 2009</b>						
Arica	137					
Iquique	901	139		186	46	
Mejillones	15564	322	417			
Caldera	97	33				
Coquimbo	1408	68		31	23	
<b>Febrero</b>						
Arica	14021	318	210			126
Iquique						
Mejillones	5440	4323		101		
Caldera	226	458	30	32	131	30
Coquimbo		316			158	
<b>Marzo</b>						
Arica	10539	136	126			168
Iquique						
Mejillones	3123		156	50		
Caldera	32					



Continuaci3n Tabla 44						
Coquimbo		23		31		
<b>Abril</b>						
Arica						
Iquique						
Mejillones						
Caldera	194	65	30			
Coquimbo	31					
<b>Mayo</b>						
Arica	962	182	210			
Iquique						
Mejillones						
Caldera						
Coquimbo						
<b>Junio</b>						
Arica	6002	1728	378			
Iquique						
Mejillones	504					
Caldera	32					
Coquimbo						
<b>Julio</b>						
Arica	38260	19825	84			
Iquique	53					
Mejillones	1561	322				
Caldera						
Coquimbo						

# ANEXOS

---

# A N E X O 1

---

**Criterios de análisis de las condiciones  
oceanográficas superficiales**

---



## CRITERIOS DE ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS SUPERFICIALES FIP N° 2008-21

---

Uno de los análisis de la condición oceanográfica superficial estacional de la zona de estudio, hace uso de valores de anomalía de temperatura y salinidad obtenidos de los datos de crucero y de promedios de datos históricos para el mes. Así, los valores de estas variables, registrados en el sector oceánico de la zona de estudio y que comprenden el rango  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $\pm 0,1$  psu, respectivamente, no son significativos, ya que están en el rango de 1 desviación estándar, por lo tanto, se encuentran dentro lo que se considera como variación normal del sistema. En el caso del sector costero, en promedio, éste rango aumenta al doble, es decir  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $\pm 0,2$  psu.

La importancia de identificar un proceso local como generador de anomalías térmicas y salinas a nivel superficial radica en que éstos pueden abarcar un área menor de la zona de estudio dentro de un período de tiempo que va de horas a meses. Como procesos locales de corta duración (horas a días), 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 duración (semanas a meses), se encuentran los giros de mesoescala que provocan ascensos o hundimientos de agua y que afectan la distribución vertical de las variables físicas y químicas, incluso hasta profundidades mayores a 500 m (Narváez, 2000), definiendo también la distribución de oxígeno y la producción fitoplanctónica. Los procesos que provocan los cambios señalados 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 (Hormazábal, *et al.*, 2001). Las características del muestreo y la información recopilada durante los cruceros no permiten 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. Tambi3n se busca distinguir el proceso que origina las anomal1as, tanto las significativas como las que no lo son.

## A N E X O 2

---

**Personal participante por actividad**

---



## PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD FIP N° 2008-21

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO IFOP - CORPESCA S.A - UNAP

Nombre	Título	Función
J. Mauricio Braun Alegría	Licenciado en Biología	Jefe de Proyecto Coordinación general Crucero y estaciones costeras de vigilancia, Participa en crucero estacional, procesamiento, análisis de plancton fraccionado e ictioplancton y sus relaciones con variables físicas, CUFES, elaboración de boletines mensuales, informes y análisis integrado .
Hernán Reyes Rivas	Oceanógrafo	Participa en crucero, procesamiento y análisis de información oceanográfica física, elaboración de boletines mensual e informe de avance.
Jorge Castillo Pizarro	Ingeniero Pesquero	Participa en crucero, procesamiento y análisis de datos acústicos, elaboración de informes.
Vivian Valenzuela Cuevas	Biólogo Marino	Participa en crucero. Coordinación estaciones costeras, procesamiento y análisis del ictioplancton, CUFES, elaboración boletines mensuales e informe de avance.
Elisa Milena Pizarro Revello	Oceanógrafo (Tesis en preparación).	Participa en crucero, procesamiento y análisis de clorofila-a y contenido de oxígeno disuelto a bordo, elaboración de boletines mensuales e informes.
Victor Catasti Barraza	Ingeniero Pesquero	Participa en crucero, análisis de TSM satelitales y relaciones exploratorias entre huevos y larvas de anchoveta y variables físicas, elaboración de boletines mensuales e informe de avance.
Guillermo Galindo Pérez	Técnico	Participa en crucero, procesamiento de muestras zooplanctónicas.
José Cañon Canales	Oceanógrafo CORPESCA	Estaciones costeras de vigilancia, Elaboración boletines, Condiciones Regionales y de Pesca.





Jorge Toro Marín	Técnico CORPESCA	Participa en estaciones costeras, recolección de muestras de zooplancton y analista de oxígeno a bordo.
Manuel Rojas García	Técnico Marino	Participa en crucero in situ, componente acústica.
Jaime Letelier Pino	Oceanógrafo Físico Candidato a Doctor en Cs.	Procesamiento y análisis sensores remotos y determinación de patrones migratorios de jurel y anchoveta.
Juan Saavedra Nievas	Master en Estadística	Análisis estadístico - Modelación Numérica
Jorge Angulo Aros	Técnico	Participa en crucero, procesamiento de muestras zooplanctónicas
Liliana Herrera Campos	Doctor (C) en Oceanografía UNAP	Responsable del procesamiento y análisis nanoplancton, microplancton y nutrientes
Edgardo Santander P.	Biólogo Marino UNAP	Responsable del procesamiento y análisis del picoplancton, nanoplancton y nutrientes
Gabriel Claramunt Q.	Biólogo Marino, Magíster en Pesquerías UNAP	Responsable del análisis del zooplancton
Eduardo Oliva A.	Biólogo Marino, Magíster en Biología Marina UNAP	Responsable del análisis del zooplancton
Cristina Andrade	Técnico 1 UNAP	Análisis de muestras
Jeannelle Jaque	Técnico 2 UNAP	Análisis de muestras
Paola Moreno	Técnico 3 UNAP	Análisis de muestras
Débora Albornoz	Muestreador UNAP	Participa en crucero, muestreo biológico
Daniel Zepeda	Muestreador UNAP	Participa en crucero, muestreo biológico



## PLAN DETALLADO DE ASIGNACIÓN DE PERSONAL PROFESIONAL Y TÉCNICO (HH) ASIGNACIÓN HORAS HOMBRE POR ACTIVIDAD PRINCIPAL

### Objetivo Específico 2.1

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Hernán Reyes	156	10	30	22	218
Elisa Pizarro	156	20	35	27	238
Jaime Letelier		20	62	25	107
<b>UNAP</b>					
Liliana Herrera	6		30	5	41
Edgardo Santander			30	5	35
Cristina Andrade		120			120
Débora Albornoz	156				156
<b>TOTAL</b>	<b>474</b>	<b>170</b>	<b>187</b>	<b>84</b>	<b>915</b>

### Objetivo Específico 2.2

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Mauricio Braun			5	32	37
<b>UNAP</b>					
Liliana Herrera	6		30	5	41
Edgardo Santander			30	5	35
Gabriel Claramunt			60	10	70
Eduardo Oliva			60	10	70
Jeannelle Jaque		120			120
Paola Moreno		120			120
Daniel Zepeda	156				156
<b>TOTAL</b>	<b>162</b>	<b>240</b>	<b>185</b>	<b>62</b>	<b>649</b>



### Objetivo Específico 2.3

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Mauricio Braun	18	80	140	120	358
Vivian Valenzuela	156	90	70	33	349
Guillermo Galindo	156	150			306
Victor Catasti	156	9	9	5	179
Juan Saavedra		50	15	15	80
Jorge Angulo	156	160			316
<b>TOTAL</b>	<b>642</b>	<b>539</b>	<b>234</b>	<b>173</b>	<b>1588</b>

### Objetivo Específico 2.4

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Jorge Castillo	156	40	55	90	341
Manuel Rojas	156				156
<b>TOTAL</b>	<b>312</b>	<b>40</b>	<b>55</b>	<b>90</b>	<b>497</b>

### Objetivo Específico 2.5

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Mauricio Braun		60	120	95	275
Milena Pizarro		28	35	27	90
Vivian Valenzuela	216	72	32	20	340
Guillermo Galindo	216	62			278
Victor Catasti		3	3	2	8
Hernán Reyes		28	35	27	90
<b>CORPESCA</b>					
José Cañon	240	36		300	576
Jorge Toro	760	40		64	864
<b>TOTAL</b>	<b>1432</b>	<b>329</b>	<b>225</b>	<b>535</b>	<b>2521</b>



### Objetivo Específico 2.6

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
<b>IFOP</b>					
Hernan Reyes		10	20	20	50
Victor Catasti		5	4		9
Jaime Letelier		20	42	25	87
Elisa Pizarro		10	20	3	33
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>	<b>86</b>	<b>48</b>	<b>179</b>



---

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO  
**Unidad de Ediciones y Producción**  
Blanco 839, Fono 56-32-2151500  
Valparaíso, Chile  
[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)

---