



## INFORME FINAL

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA  
Proyecto  
FIP N° 2004-01

**Monitoreo de las condiciones  
bio-oceanográficas entre  
la I y IV Regiones,  
año 2004**

MAYO  
**2005**



---

## INFORME FINAL

---

FIP 2004-01

**Monitoreo de las condiciones  
bio-oceanográficas  
entre la I y IV Regiones,  
año 2004**

• Mayo, 2005 •



#### **REQUIRENTE**

---

**FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA,**  
Presidente del Consejo  
**Felipe Sandoval Precht**

#### **EJECUTOR**

---

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP**  
Jefe División Investigación Pesquera  
**Mauricio Braun Alegría**  
Director Ejecutivo:  
**Guillermo Moreno Paredes**



JEFE DE PROYECTO

---

**MAURICIO BRAUN ALEGRÍA**

AUTORES

---

**MAURICIO BRAUN A.  
HERNÁN REYES R.  
ELISA PIZARRO R.  
JORGE CASTILLO P.  
JUAN SAAVEDRA N.  
VICTOR CATASTI B.  
VIVIAN VALENZUELA C.**

• Mayo, 2005 •





## I. RESUMEN EJECUTIVO

---

El presente documento, corresponde al informe final del proyecto FIP N° 2004-01 “**Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas en la I y IV Regiones, Año 2004**”, presentándose los resultados de las condiciones oceanográficas físico-químicas; la distribuci3n geográfica y abundancia de huevos y larvas de los recursos anchoveta, sardina, jurel y caballa y su variabilidad estacional; y la distribuci3n de los recursos detectados por medio de técnicas hidroacústicas en la I y II regiones, registradas durante los cruceros estacionales de monitoreo **MOBIO 0406 y MOBIO 0408**, realizados en otoño e invierno de 2004. Entrega además la serie de tiempo mensual generada producto de la ocupaci3n de las estaciones costeras de vigilancia localizadas frente a los puertos de Mejillones, Iquique y Arica para el período mayo 2004 - noviembre 2004 y la abundancia y distribuci3n mensual de Ila biomasa zooplanct3nica.

Los cruceros estacionales de monitoreo se realizaron a bordo del B/C “Carlos Porter” y abarcaron la zona comprendida entre los 23°40'S (bahía Moreno - II Regi3n) y los 18°25'S (Arica - I Regi3n) en otoño y hasta la IV Regi3n (Pichidanguí - 32°08'S) en invierno, extendiéndose longitudinalmente desde una milla hasta una distancia máxima de 100 mn de la costa, prospectndose el área con un total de 5 y 12 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí cada 80 mn, realizándose además estaciones bio-oceanográficas durante la navegaci3n intertransectas en cada uno de los cruceros.

Las estaciones bio-oceanográficas se localizaron a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 millas de la costa. En ellas se obtuvieron registros de temperatura y salinidad hasta una profundidad de 500 m, contenido de oxígeno disuelto y clorofila-a hasta una profundidad máxima de 300 m, penetraci3n de la luz y pescas planct3nicas



integradas y estratificadas mediante arrastres verticales desde una profundidad m3xima de 100 m a superficie con una red modelo WP-2 de 297 micras de abertura de malla, complementada su boca con un fluj3metro marca TSK calibrado, totaliz3ndose 144 estaciones planct3nicas. Adem3s se realiz3 un muestreo profundo en algunas estaciones oce3nicas hasta 700 m de profundidad a objeto de poder detectar el l3mite inferior de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial y evaluar fluctuaciones a profundidades intermedias que pueden ser de gran relevancia en el monitoreo del ENSO y de otras fluctuaciones de gran escala.

Cabe destacar que el crucero de invierno de 2004 – **MOBIO 0408** form3 parte del S3ptimo Crucero Regional Conjunto de Investigaci3n Oceanogr3fica en el Pac3fico Sudeste, coordinado bajo la responsabilidad de la Direcci3n Cient3fica de la Comisi3n Permanente del Pac3fico Sur (CPPS), cuya institucionalizaci3n se llev3 a cabo en la VI Reuni3n de Ministros de Relaciones Exteriores de la Comisi3n Permanente del Pac3fico Sur, a trav3s de la Declaraci3n de Santiago de 2000. Esta nueva exploraci3n constituy3 la continuaci3n de los esfuerzos realizados por los pa3ses miembros de la CPPS y cont3 con el intercambio de cient3ficos a bordo de los buques participantes, recibiendo Chile en esta oportunidad, a un qu3mico del Instituto Oceanogr3fico de la Armada del Ecuador - INOCAR, viajando a Ecuador un bi3logo chileno.

La condici3n superficial encontrada en la zona de estudio durante el crucero de oto3o, correspondi3 en general, a una condici3n fr3a y de baja salinidad, caracterizada por el predominio de anomal3as negativas y significativas de temperatura (TSM) y salinidad (SSM) superficial, situaci3n que afect3 principalmente al sector oce3nico entre punta Lobos y Antofagasta.

En este per3odo, los giros cicl3nicos no se caracterizaron por tener flujos intensos y, por lo tanto, no se asociaron con la magnitud de las anomal3as negativas de



TSM y SSM. Por otra parte, se encontró una mayor participación de la masa de agua ecuatorial subsuperficial (AESS) en un nivel superficial desde Arica hasta Camarones ( $19^{\circ}22'S$ ), lo que provocaría las bajas concentraciones de oxígeno disuelto (OD) en aquella área.

La franja costera discontinua de altos valores de clorofila *a* (cloa) superficial presentó sus mayores concentraciones en los extremos de la zona de estudio (Arica y bahía Moreno). La distribución vertical de cloa en la zona costera fue bien representada por la cloa integrada y, aunque todas las transectas registraron núcleos eutróficos, las mayores concentraciones se midieron en las transectas de bahía Moreno, punta Lobos y Arica.

Se observaron anomalías negativas de temperatura y salinidad en la capa superficial de los primeros 100 m de las transectas extremas e intermedia de la zona. Tal situación se asoció a la mayor participación de la masa de agua ecuatorial subsuperficial y menor de la subtropical. Por otra parte, anomalías encontradas bajo los 100 m de profundidad se asociaron a la presencia de importantes núcleos de ASAA.

Algunos núcleos de anomalía de temperatura y salinidad en la vertical tuvieron valores significativos, sin que se haya podido indicar la causa de éstas.

En el crucero de invierno de 2004, la baja intensidad del viento se tradujo en dos situaciones notorias: la primera es una capa de mezcla muy reducida y que, incluso, no se presentó entre las localidades de Pisagua y Arica; y la segunda es la presencia de anomalías positivas de temperatura superficial, pero no significativas, que abarcaron prácticamente toda el área entre Arica y rada Paposó.



Giros cicl3nicos de un diámetro aproximado de 50 mn se ubicaron frente a punta Madrid y Mejillones, provocado el ascenso de la isoterma de 15°C y de la capa de mínimo OD (< 1 mL/L). Por el contrario, giros anticicl3nicos en la zona provocaron una profundizaci3n de la isoterma de 15°C y de la capa de mínimo OD, como se observ3 en los sectores ubicados frente a punta Lobos y rada Paposo, originando anomalías positivas de estas variables.

El OD superficial present3 la mayor frecuencia de focos sub3xicos costeros entre Arica y bahía Moreno, registrándose el menor valor superficial en el sector de Mejillones, lo que implicaría una surgencia de relativa mayor intensidad y mayor participaci3n de AESS. Entre rada Paposo y Pichidangui se registraron s3lo dos focos con valores sub3xicos, lo que coincidi3 con un aumento en la participaci3n de ASAA. La distribuci3n de cloa present3 focos de altas concentraciones a lo largo de todo el sector costero, pero la mayor frecuencia de éstos se registr3 entre Arica y bahía Moreno.

El invierno de 2004, se caracteriz3 por presentar concentraciones altas en la zona, principalmente entre Arica y bahía Moreno, sin embargo, las transectas de caleta Inglesa y Pichidangui tuvieron concentraciones meso-oligotr3ficos. Una probable causa de las bajas concentraciones frente Pichidangui, estaría dada por una mayor intensidad de la surgencia.

La surgencia en este perío do de invierno se manifest3 claramente en gran parte del sector costero de la zona. El foco de surgencia de mayor intensidad relativa, según la TSM y los valores de OD superficiales, se observ3 hacia la punta norte de la península de Mejillones, mientras que los sectores de rada Paposo y Coquimbo serían los de menor intensidad.



En las estaciones de vigilancia mensual, la distribuci3n de temperatura en el per3odo 2003-2004, y en relaci3n a la serie 1999 - 2002, evidenci3 una mayor temperatura subsuperficial entre 0,5 a 1°C. En la salinidad, el per3odo 2003-2004 mostr3 una menor variaci3n de salinidad en sentido temporal, es decir, el rango de valores observado fue menor, en cada estaci3n, con respecto al otro per3odo.

En relaci3n al paso de ondas Kelvin por la zona norte, en las series de las estaciones fijas no se observ3 en el a3o 2004 esta situaci3n, la cual era esperada para los dos 3ltimos meses del a3o. En forma general el OD en las tres estaciones de vigilancia durante el 2004, present3 las fluctuaciones t3picas de un sistema dinámico sin presentar rasgos an3malos, con la presencia de una capa 3xica en gran parte del per3odo observado y profundidades del l3mite superior de la capa de m3nimo OD similares a las registradas en per3odos anteriores. En el a3o 2004, se registr3 un aumento en las concentraciones de clorofila *a* en las tres estaciones de vigilancia, con respecto a los per3odos anteriores, situaci3n que se observ3 m3s claramente en la localidad de Mejillones.

Los dos per3odos en estudio registraron vientos d3biles, sin embargo, el de invierno tuvo vientos de una magnitud menor en relaci3n a lo observado en per3odos similares. Por otra parte, las magnitudes en el sector oceánico fueron mayores, en comparaci3n al costero, durante el oto3o, lo que se present3 en forma inversa en el crucero de invierno. En cuanto a la direcci3n, en oto3o esta variable tuvo una componente sur en el sector costero entre punta Lobos y Antofagasta.

Los 3ndices de surgencia, obtenidos de las estaciones terrestres de Antofagasta e Iquique, mostraron que la magnitud de estos se agrup3 en dos per3odos, febrero-mayo y junio-octubre de 2004. La estaci3n de Antofagasta registr3 en el primer per3odo una menor variabilidad de los 3ndices de surgencia (IS), pero el segundo tuvo los m3ximos del per3odo. En la estaci3n de Iquique hubo m3ximos valores y



mayor variabilidad del IS que en el per3odo febrero-mayo. Se encontr3 una buena asociaci3n en las magnitudes de Arica y Antofagasta en el per3odo se1alado, sin embargo esta asociaci3n tuvo un coeficiente de correlaci3n de 0,71 al analizar el per3odo junio a octubre.

De acuerdo a lo observado en las distintas variables recopiladas en el crucero de oto1o de 2004, se puede indicar que la zona de estudio durante el mes de junio registr3 en superficie condiciones normales de OD, sin embargo, tanto la temperatura como la salinidad estuvieron bajo los promedios hist3ricos, situaci3n que alcanz3 adem3s hasta los primeros 100 m de profundidad. En invierno de 2004, la zona de estudio se encontraba bajo condiciones oceanogr3ficas normales de acuerdo a los valores de anomal3a, la generaci3n de 3stas y la distribuci3n de distintas variables superficiales y verticales en comparaci3n con la de per3odos anteriores, aunque se registr3 un claro aumento en las concentraciones de clorofila.

Para el estudio de la temperatura superficial del mar, se recepcionaron y procesaron 44 cartas satelitales de alta resoluci3n de la TSM, provenientes de los sat3lites NOAA, correspondiente al per3odo abril-noviembre de 2004. En t3rminos generales se advierte que la estructura t3rmica superficial del per3odo abril-septiembre del presente a1o en m3s fr3o si se compara con los a1os 2002 y 2003, principalmente entre los meses de junio y agosto. Lo antes mencionado, es coincidente con lo expresado por el SHOA en el bolet3n de alerta clim3tica (BAC N3 167) en el sentido que las estaciones ubicadas en la zona norte del pa3s entre Arica y Caldera, mantuvieron una condici3n fr3a, la cual se reflej3 en anomal3as negativas de TSM del orden de  $-1,0^{\circ}\text{C}$ . No obstante lo anterior, en los meses de octubre-noviembre se aprecia un aumento de las TSM por lo que al comparar la estructura t3rmica de estos meses con respecto al 2003, se observa una situaci3n bastante similar con un marcado predominio de aguas de  $18-20^{\circ}\text{C}$  con un bols3n de aguas c3lidas en el extremo norte y una franja de aguas fr3as en la costa, que



produce fuertes gradientes térmicos. Según el SHOA, en estos meses se presentaron condiciones de normalidad con anomalías ligeramente negativas a lo largo de la costa norte del país (BAC N° 169 y 170).

La distribución espacio-temporal indica que las mayores TSM se registraron en abril, con temperaturas comprendidas entre los 16°C y 24°C, con bolsones de aguas cálidas en el extremo norte de la zona de estudio y una franja nerítica de aguas frías y surgentes que recorre toda la costa y que provoca fuertes gradientes laterales. Los meses de mayo y junio se caracterizaron por una disminución de la temperatura, localizándose sus valores en el rango 14° a 21°C con una repartición espacial más homoterma. Julio-agosto presentan TSM que varían entre 14° y 18,5° C con un marcado predominio de aguas entre 15° y 17°C y se caracterizan por exhibir una homogenización de la estructura térmica superficial lo que implica que la intensidad de los gradientes térmicos disminuya. Entre septiembre y octubre se observa un aumento de los registros con un predominio de aguas con temperaturas de 16° a 17°C, destacándose la intrusión de aguas oceánicas de más de 20°C frente al puerto de Arica. Finalmente, en noviembre continúa el aumento de las TSM con temperaturas que se ubican entre los 16° y 21 °C, en este mes se observa una intrusión de aguas cálidas desde la zona noroeste y una franja de aguas frías en los sectores ribereños, lo que trae consigo la aparición de gradientes térmicos más relevantes que los exhibidos en los meses anteriores.

La anchoveta fue la especie mas frecuente y abundante, representando entre el 56,9 y 83,3% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en el invierno (83,3%). En los dos cruceros analizados, la anchoveta se distribuyó de manera similar al patrón general descrito anteriormente, localizándose en áreas más oceánicas en invierno, llegando hasta las 100 mn de costa.



Los rangos de distribución preferencial de los huevos y larvas de anchoveta respecto de la temperatura superficial indican que el ictioplancton se distribuye vinculado con ciertos rangos característicos. En términos generales, los huevos de la anchoveta exhiben un rango de temperaturas más estrecho que el que presentan las larvas; es así como los huevos se distribuyen entre los 14° y los 19°C, con una moda entre las TSM de 15°-18°C; en tanto que las larvas se distribuyen en un rango más amplio de 14° y 21°C, con una preferencia por el estrato de 16°-19°C.

Del análisis visual de los centros de gravedad (CG), se observa que en general los CG de los huevos tienden a ser más costeros con respecto a los obtenidos para las fases larvarias. Por otra parte, es importante señalar que los CG en el período de invierno se localizan en zonas más oceánicas con respecto a la estación de otoño, lo anterior debido a que en los meses de invierno el ictioplancton presenta una mayor cobertura espacial. También debe destacarse el año 1997, el cual debido a la influencia del evento ENOS, presenta los CG más desplazados hacia el sur, en este sentido otros autores ya habían planteado el desplazamiento hacia el sur de la anchoveta y sardina en la zona Arica – Antofagasta, al estar influenciada por eventos ENOS.

La variación temporal de la intensidad del desove de anchoveta, estimada a través del seguimiento del parámetro poblacional densidad promedio por estaciones positivas, muestra para el período invierno de 1995 – invierno de 2004, la misma tendencia decreciente para las respectivas fases de desarrollo, exhibiendo ambos estadios con respecto al otoño de 2004, un importante incremento en sus niveles de abundancia lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 597% para huevos y 250% para larvas. Para el período precitado, es decir, invierno de 1995 - invierno de 2004, los huevos de anchoveta han presentado ocho picks de abundancias significativamente





importantes ( $> 18.000$  huevos/ $10\text{m}^2$ ) 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 y verano e invierno de 2003 y 2004. De la misma manera se han registrado 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/ $10\text{m}^2$ , las que han sido reportadas en verano de 1999, 2000 y 2001, otoño de 2002 y verano e invierno de 2003.

Con respecto al índice de cobertura (IC) de anchoveta, éste fluctuó entre 11,04% en otoño y 25,65% en invierno de 2004, verificándose un incremento relativo respecto a similares estaciones anteriores. Los ID variaron entre  $467,1 \text{ t/mn}^2$  en otoño y  $282,9 \text{ t/mn}^2$  en invierno, registrándose incrementos respecto a los periodos otoñales pero reduciéndose en un 12,8% en relación al invierno de 2003.

En el sentido vertical, la anchoveta se localizó preferentemente en los primeros 20 m de profundidad, con valores medios que fluctuaron entre 18,2 m en otoño y 15,9 m en invierno. Las temperaturas promedio en que se distribuyó la anchoveta variaron entre  $15,3^\circ\text{C}$  en otoño y  $15,5^\circ\text{C}$  en invierno. Las salinidades promedio, variaron entre 34,77 psu en otoño y 34,83 psu en invierno.

El jurel fue la segunda especie en importancia relativa registrándose en otoño de 2004 en el 26,9% de las observaciones acústicas totales y en el 11,4% en el invierno. Como ha sido característico en los últimos años el jurel se presentó en bajas densidades con algunos focos de densidad relativamente mayores en otoño y una mayor dispersión en invierno. El índice de cobertura de esta especie (IC) fluctuó entre 5,2 % en otoño y 4,9% en invierno. Los Indices de Densidad (ID) variaron entre  $301,7 \text{ t/mn}^2$  en otoño y  $36,4 \text{ t/mn}^2$  en invierno. La profundidad



promedio de la distribuci3n vertical del jurel vari3 entre 26,8 m en oto1o y 26,5 m en invierno. Las isotermas promedio asociadas a esta distribuci3n vertical, fueron similares en ambas estaciones, siendo cercanas a 15,6°C. Las salinidades promedio fluctuaron entre 34,775 psu en oto1o y 34,876 psu en invierno.

Hubo aportes marginales de otras especies, particularmente en el invierno de 2004, destacando la caballa, langostino, pez linterna y bacaladillo con menos del 2% de presencia en las observaciones ac3sticas totales.



## II. 3NDICE GENERAL

	<b>P3gina</b>
<b>I. RESUMEN EJECUTIVO -----</b>	<b>1</b>
<b>II. 3NDICE GENERAL -----</b>	<b>11</b>
<b>III. 3NDICE DE FIGURAS Y TABLAS -----</b>	<b>13</b>
<b>IV. OBJETIVOS -----</b>	<b>33</b>
1. Objetivo general -----	33
2. Objetivos espec3ficos -----	33
<b>V ANTECEDENTES GENERALES -----</b>	<b>34</b>
<b>VI. METODOLOG3A POR OBJETIVO -----</b>	<b>39</b>
1. Objetivo espec3fico N3 2.1 -----	39
1.1 Colecta de muestras y registro de datos -----	40
1.2 Medici3n de la clorofila-a y penetraci3n de la luz-----	41
1.3 Procesamiento de la informaci3n-----	42
2. Objetivo espec3fico N3 2.2 -----	55
2.1 Calibraci3n de fluj3metros TSK -----	55
2.2 Colecta de las muestras -----	56
2.3 Tratamiento de las muestras a bordo -----	57
2.4 Explorar las relaciones entre la distribuci3n de huevos y larvas de anchoveta y las variables oceanogr3ficas -----	64
3. Objetivo espec3fico N3 2.3-----	69
3.1 Calibraci3n del sistema ac3stico-----	69
3.2 Distribuci3n de los recursos-----	72
4. Objetivo espec3fico N3 2.4-----	74
<b>VII. RESULTADOS-----</b>	<b>75</b>
1. Zona de estudio -----	75
2. Cruceros -----	75



A.	Objetivo espec3fico N° 2.1 -----	76
3.	Condiciones oceanogr3ficas-----	77
B.	Objetivo espec3fico N° 2.2 -----	143
4.	Distribuci3n y abundancia de huevos y larvas de peces -----	143
C.	Objetivo espec3fico N° 2.3 -----	191
5.	Calibraci3n electroacústica-----	191
D.	Objetivo espec3fico N° 2.4 -----	208
6.	Estaciones costeras de vigilancia -----	208
<b>VIII.</b>	<b>DISCUSI3N-----</b>	<b>226</b>
<b>IX.</b>	<b>CONCLUSIONES -----</b>	<b>270</b>
<b>X.</b>	<b>BASE DE DATOS -----</b>	<b>275</b>
<b>XI.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGR3FICAS -----</b>	<b>285</b>

**FIGURAS**

**TABLAS**

**ANEXOS**

**Anexo 1.** Personal participante por actividad.

**Anexo 2.** Calibraci3n de las im3genes satelitales.

**Anexo 3.** Informe Final FIP 2004-01 en PDF



### III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

---

#### FIGURAS

- Figura 1. Posici3n geogr3fica de las estaciones bio-oceanogr3ficas. Crucero MOBIO 0406. Otoño 2004.
- Figura 2. Posici3n geogr3fica de las estaciones bio-oceanogr3ficas. Crucero MOBIO 0408. Invierno 2004.
- Figura 3. Posici3n geogr3fica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0406. Otoño 2004.
- Figura 4. Posici3n geogr3fica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0408. Invierno 2004.
- Figura 5. Direcci3n e intensidad del viento (m/s) registrado cada una hora sobre el track de navegaci3n en a) Otoño y b) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 6. Promedios del Índice de Surgencia costero en a) Otoño y b) Invierno y del Índice de Turbulencia costero y oceánico en c) Otoño y d) Invierno, durante los cruceros de monitoreo de 2004. El promedio costero se obtuvo de mediciones de viento horario, cada 1° de latitud y hasta 30 mn de la costa y el oceánico con datos de entre 30 y 100 mn.
- Figura 7. Índice de surgencia (IS) instantáneo e IS filtrado (promedio móvil de 6 pesos) obtenido con el viento registrado cada 4 horas en los aeropuertos de a) Antofagasta (Cerro Moreno) y b) Iquique (Diego Aracena) entre el 1 de Febrero y 31 de Octubre de 2004 y c) IS filtrado de ambas localidades.
- Figura 8. Distribuci3n superficial de temperatura (°C) en a) Otoño y b) Invierno, y de su anomalía (°C) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 9. Distribuci3n superficial de salinidad (psu) en a) Otoño y b) Invierno, y de su anomalía (psu) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.



- Figura 10. Distribución superficial de la densidad del mar ( $\sigma\text{-t}$ ) ( $\text{kg/m}^3$ ) en a) Otoño y b) Invierno, y del contenido de oxígeno disuelto ( $\text{mL/L}$ ) en c) Otoño y b) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 11. Profundidad de la isoterma de  $15^\circ\text{C}$  (m) en a) Otoño y b) Invierno, y anomalía de profundidad de la isoterma  $15^\circ\text{C}$  (m) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 12. Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 (db) en a) Otoño y b) Invierno y espesor de la capa de mezcla (m) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 13. Espesor de la termoclina (m) en a) Otoño y b) Invierno y temperatura base de la termoclina ( $^\circ\text{C}$ ) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 14. Profundidad base de la termoclina (m) en a) Otoño y b) Invierno y gradiente de temperatura promedio de la termoclina ( $^\circ\text{C/m}$ ) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 15. Máximo gradiente de temperatura en la termoclina ( $^\circ\text{C/m}$ ) en a) Otoño y b) Invierno y profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 16. Distribución vertical de temperatura ( $^\circ\text{C}$ ) en las transectas de Arica (T5; Lat.  $18^\circ 25'\text{S}$ ), punta Junín (T4; Lat.  $19^\circ 40'\text{S}$ ), punta Lobos (T3; Lat.  $21^\circ 00'\text{S}$ ), punta Copaca (T2; Lat.  $22^\circ 20'\text{S}$ ) y bahía Moreno (T1; Lat.  $23^\circ 40'\text{S}$ ), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.
- Figura 17. Distribución vertical de temperatura ( $^\circ\text{C}$ ) en las transectas de Arica (T5; Lat.  $18^\circ 25'\text{S}$ ), punta Junín (T4; Lat.  $19^\circ 40'\text{S}$ ), punta Lobos (T3; Lat.  $21^\circ 00'\text{S}$ ), punta Copaca (T2; Lat.  $22^\circ 20'\text{S}$ ) y bahía Moreno (T1; Lat.  $23^\circ 40'\text{S}$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 18. Distribución vertical de temperatura ( $^\circ\text{C}$ ) en las transectas de rada Paposos (T6; Lat.  $25^\circ 00'\text{S}$ ), punta Ballenita (T7; Lat.  $26^\circ 00'\text{S}$ ), bahía Salada (T8; Lat.  $27^\circ 40'\text{S}$ ), caleta Inglesa (T9; Lat.  $29^\circ 00'\text{S}$ ), Coquimbo (T10; Lat.  $30^\circ 00'\text{S}$ ) y Pichidangui (T11; Lat.  $32^\circ 08'\text{S}$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.



- Figura 19. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18° 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19° 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21° 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22° 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23° 40'S), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.
- Figura 20. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18° 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19° 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21° 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22° 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23° 40'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 21. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de rada Paposo (T6; Lat. 25° 00'S), punta Ballenita (T7; Lat. 26° 00'S), bahía Salada (T8; Lat. 27° 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat. 29° 00'S), Coquimbo (T10; Lat. 30° 00'S) y Pichidangui (T11; Lat. 32° 08'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 22. Distribución vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18°25'S), punta Junín (T4; Lat. 19°40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21°00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22°20'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23°40'S), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.
- Figura 23. Distribución vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18°25'S), punta Junín (T4; Lat. 19°40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21°00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22°20'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23°40'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 24. Distribución vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas de rada Paposo (T6; Lat. 25° 00'S), punta Ballenita (T7; Lat. 26°00'S), bahía Salada (T8; Lat. 27° 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat. 29°00'S), Coquimbo (T10; Lat. 30°00'S) y Pichidangui (T11; Lat. 32° 08'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 25. Anomalía vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18°25'S), punta Lobos (T3; Lat. 21°00'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23°40'S), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.
- Figura 26. Anomalía vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18°25'S), punta Lobos (T3; Lat. 21°00'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23° 40'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.



- Figura 27. Anomalia vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad (psu) en las transectas de punta Ballenita (T7; Lat.  $26^{\circ}00'\text{S}$ ) y caleta Inglesa (T9; Lat.  $29^{\circ}00'\text{S}$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 28. Distribuci3n vertical del contenido de oxigeno disuelto (mL/L) en las transectas de Arica (T5; Lat.  $18^{\circ}25'\text{S}$ ), punta Junin (T4; Lat.  $19^{\circ}40'\text{S}$ ), punta Lobos (T3; Lat.  $21^{\circ}00'\text{S}$ ), punta Copaca (T2; Lat.  $22^{\circ}20'\text{S}$ ) y bahia Moreno (T1; Lat.  $23^{\circ}40'\text{S}$ ), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.
- Figura 29. Distribuci3n vertical del contenido de oxigeno disuelto (mL/L) en las transectas de Arica (T5; Lat.  $18^{\circ}25'\text{S}$ ), punta Junin (T4; Lat.  $19^{\circ}40'\text{S}$ ), punta Lobos (T3; Lat.  $21^{\circ}00'\text{S}$ ), punta Copaca (T2; Lat.  $22^{\circ}20'\text{S}$ ) y bahia Moreno (T1; Lat.  $23^{\circ}40'\text{S}$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 30. Distribuci3n vertical del contenido de oxigeno disuelto (mL/L) en las transectas de rada Paposos (T6; Lat.  $25^{\circ}00'\text{S}$ ), punta Ballenita (T7; Lat.  $26^{\circ}00'\text{S}$ ), bahia Salada (T8; Lat.  $27^{\circ}40'\text{S}$ ), caleta Inglesa (T9; Lat.  $29^{\circ}00'\text{S}$ ), Coquimbo (T10; Lat.  $30^{\circ}00'\text{S}$ ) y Pichidangui (T11; Lat.  $32^{\circ}08'\text{S}$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 31. Profundidad de la isolinea de oxigeno correspondiente a la concentraci3n de 1 mL/L, como indicadora del limite superior de la capa de minimo oxigeno disuelto en a) Otoño y b) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 32. Distribuci3n vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), contenido de oxigeno disuelto (mL/L) y del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.
- Figura 33. Distribuci3n vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), contenido de oxigeno disuelto (mL/L) y del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 34. Diagramas **T-S** de todas las estaciones agrupadas por transecta en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.





- Figura 35. Diagramas **T-S** de todas las estaciones agrupadas por transecta en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 36. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18°25'S), punta Junín (T4; Lat. 19°40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21°00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22°20'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23°40'S), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.
- Figura 37. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18°25'S), punta Junín (T4; Lat. 19°40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21°00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22°20'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23°40'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 38. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de rada Paposo (T6; Lat. 25°00'S), punta Ballenita (T7; Lat. 26°00'S), bahía Salada (T8; Lat. 27°40'S), caleta Inglesa (T9; Lat. 29°00'S), Coquimbo (T10; Lat. 30°00'S) y Pichidangui (T11; Lat. 32°08'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 39. Distribución espacial mensual de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Abril-noviembre 2004.
- Figura 40. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Abril-julio 2004.
- Figura 41. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Agosto-noviembre 2004.
- Figura 42. Distribución de clorofila a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) en a) Otoño y b) Invierno, y de los feopigmentos superficiales ( $\mu\text{g/L}$ ) en c) Otoño, d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 43. Distribución de clorofila a integrada ( $\text{mg/m}^2$ ) en a) Otoño y b) Invierno, y de feopigmentos integrados ( $\text{mg/m}^2$ ) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.



- Figura 44. Distribuci3n espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los d1as 15 y 22 de junio. Oto1o 2004. Crucero estacional. Junio 2004.
- Figura 45. Distribuci3n espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los d1as 7 y 24 de septiembre y 5 de octubre. Invierno 2004. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 46. Distribuci3n hist3rica de clorofila a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) de Oto1o en el per1odo 1993 - 2004. **(cruceros realizados entre 1993 y 1996 sin informaci3n de clorofila a)**
- Figura 47. Distribuci3n hist3rica de clorofila a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) de Invierno en el per1odo 1993 - 2004. **(cruceros realizados en 1993 y 1996 sin informaci3n de clorofila a)**
- Figura 48. Distribuci3n vertical de a) clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) y b) feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ), en las transectas de Arica (T5; Lat.  $18^{\circ} 25'S$ ), punta Jun1n (T4; Lat.  $19^{\circ} 40'S$ ), punta Lobos (T3; Lat.  $21^{\circ} 00'S$ ), punta Copaca (T2; Lat.  $22^{\circ} 20'S$ ) y bah1a Moreno (T1; Lat.  $23^{\circ} 40'S$ ), en Oto1o. Crucero estacional. Junio 2004.
- Figura 49. Distribuci3n vertical de a) clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) y b) feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ), en las transectas de Arica (T5; Lat.  $18^{\circ} 25'S$ ), punta Jun1n (T4; Lat.  $19^{\circ} 40'S$ ), punta Lobos (T3; Lat.  $21^{\circ} 00'S$ ), punta Copaca (T2; Lat.  $22^{\circ} 20'S$ ), bah1a Moreno (T1; Lat.  $23^{\circ} 40'S$ ), rada Paposo (T6; Lat.  $25^{\circ} 00'S$ ), punta Ballenita (T7; Lat.  $26^{\circ} 00'S$ ) y bah1a Salada (T8; Lat.  $27^{\circ} 40'S$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 50. Distribuci3n vertical de a) clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) y b) feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ), en las transectas de caleta Inglesa (T9; Lat.  $29^{\circ} 00'S$ ), Coquimbo (T10; Lat.  $30^{\circ} 00'S$ ) y Pichidangui (T11; Lat.  $32^{\circ} 08'S$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.
- Figura 51. Histograma, funci3n de densidad de probabilidad te3rica lognormal (a) y funci3n de distribuci3n acumulada emp1rica y te3rica (b) para la variable concentraci3n de clorofila total. Cruceros realizados en oto1o e invierno de 2004, 1rea de Arica-Bah1a Moreno.
- Figura 52. Efectos del predictor profundidad del disco secchi y tendencias de los 1ndices por estaci3n sobre la variable logaritmo de la clorofila total, 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 profundidad con dos grados de libertad. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área: Arica- Bahía Moreno.

- Figura 53. Diagrama de dispersi3n y curvas ajustadas de los distintos modelos utilizados para describir la relaci3n entre la profundidad del disco secchi y la concentraci3n de clorofila total. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área: Arica-Bahía Moreno.
- Figura 54. Distribuci3n y abundancia de huevos de (a) Anchoveta, (b) Sardina, (c) Jurel y (d) Caballa. Crucero MOBIO 0406 – Otoño 2004.
- Figura 55. Distribuci3n y abundancia de larvas de (a) Anchoveta, (b) Sardina, (c) Jurel y (d) Caballa. Crucero MOBIO 0406 – Otoño 2004.
- Figura 56. Distribuci3n de (a) huevos y (b) larvas de Anchoveta y su relaci3n con la distribuci3n de la temperatura superficial en otoño de 2004.
- Figura 57. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y la temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto superficial. Otoño 2004.
- Figura 58. Distribuci3n y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Anchoveta. Crucero MOBIO 0408 – Invierno 2004.
- Figura 59. Abundancia promedio de (a) huevos y (b) larvas de anchoveta con respecto a la latitud. Crucero MOBIO 0408 – Invierno 2004.
- Figura 60. Distribuci3n de (a) huevos y (b) larvas de Anchoveta y su relaci3n con la distribuci3n de la temperatura superficial, Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.
- Figura 61. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y la temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto superficial. Invierno 2004.
- Figura 62. Distribuci3n y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Sardina. Crucero MOBIO 0408 – Invierno 2004.
- Figura 63. Distribuci3n y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Jurel. Crucero MOBIO 0408 – Invierno 2004.



- Figura 64. Posici3n geogr3fica de las estaciones zooplanct3nicas estratificadas. Cruceros MOBIO de Otoño e Invierno 2004.
- Figura 65. Distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta por estaci3n (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0406.
- Figura 66. Distribuci3n y abundancia de larvas de anchoveta por estaci3n (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0406.
- Figura 67. Distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta por estaci3n (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0408.
- Figura 68. Distribuci3n y abundancia de larvas de anchoveta por estaci3n (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0408.
- Figura 69. Distribuci3n vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el otoño de 2004 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad de 10-0, 25-10 y 50-25m.
- Figura 70. Distribuci3n vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el otoño de 2004 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad de 10-0, 25-10 y 50-25m.
- Figura 71. Distribuci3n vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el invierno de 2004 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad de 10-0, 25-10 y 50-25m.
- Figura 72. Distribuci3n vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el invierno de 2004 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad de 10-0, 25-10 y 50-25m.
- Figura 73. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES. Crucero MOBIO 0406. Otoño 2004 – 469(2)04CP.
- Figura 74. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES. Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.



- Figura 75. Distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica (ml de zooplancton/1.000m<sup>3</sup> de agua filtrada). Crucero MOBIO 0406 – Otoño 2004.
- Figura 76. Distribuci3n de la biomasa zooplanct3nica (ml de zooplancton/1.000m<sup>3</sup> de agua filtrada). Cruceros de Otoño 1993/2004.
- Figura 77. Distribuci3n de la biomasa zooplanct3nica por estaci3n (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO–Otoño 2004.
- Figura 78. Distribuci3n de frecuencias y porcentaje acumulado de la biomasa zooplanct3nica por estrato de profundidad. Crucero MOBIO Otoño 2004.
- Figura 79. Distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica (ml de zooplancton/1.000m<sup>3</sup> de agua filtrada). Crucero MOBIO 0408 – Invierno 2004.
- Figura 80. Distribuci3n de frecuencias y porcentaje acumulado de la biomasa zooplanct3nica (a), promedio m3vil de la biomasa con respecto a la latitud (b) y biomasa promedio con respecto a la distancia de la costa (c). Crucero MOBIO – Invierno 2004.
- Figura 81. Distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los ańos 1993 – 2004.
- Figura 82. Distribuci3n de la biomasa zooplanct3nica por estaci3n (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO – Invierno 2004.
- Figura 83. Distribuci3n de frecuencias y porcentaje acumulado de la biomasa zooplanct3nica por estrato de profundidad. Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.
- Figura 84. Variaci3n temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta, para el per3odo invierno 1995 – invierno de 2004. (l3nea negra: media m3vil, 2 pes).
- Figura 85. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los ańos 1983/2004.
- Figura 86. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los ańos 1983/2004.



- Figura 87. Distribuci3n y abundancia de huevos de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Otoño Per3odo 1993 – 2004.
- Figura 88. Distribuci3n y abundancia de larvas de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Otoño Per3odo 1993 – 2004.
- Figura 89. Estimaci3n del 3ndice de abundancia larval para anchoveta y sardina en otoño del per3odo 1993/2004.
- Figura 90. Estimaci3n Abundancia promedio Larvas (dpet) Per3odo Invierno 1964 – 2004.
- Figura 91. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/2004.
- Figura 92. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/2004.
- Figura 93. Distribuci3n y abundancia de huevos de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Invierno Per3odo 1993 – 2004.
- Figura 94. Distribuci3n y abundancia de Larvas de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Invierno Per3odo 1993 – 2004.
- Figura 95. Estimaci3n del 3ndice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los años 1984/2004.
- Figura 96. Densidad promedio de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta - Coquimbo en invierno de los años 1983/2004.
- Figura 97. Densidad promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta - Coquimbo en invierno de los años 1983/2004.
- Figura 98. Rangos de distribuci3n preferencial de: a) huevos y b) larvas de anchoveta respecto de la temperatura superficial. Per3odos de Otoño 1996 – 2004.
- Figura 99. Rangos de distribuci3n preferencial de: a) huevos y b) larvas de anchoveta respecto de la temperatura superficial. Per3odos de Invierno 1996 – 2004.



- Figura 100. Distribución espacial de los centros de gravedad (CG) de a) huevos y b) larvas de anchoveta. Períodos de Otoño 1996 – 2004.
- Figura 101. Distribución espacial de los centros de gravedad (CG) de a) huevos y b) larvas de anchoveta. Períodos de Invierno 1997 – 2004.
- Figura 102. 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 otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región (línea segmentada indica la proporción media de estaciones positivas).
- Figura 103. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial y densidad zooplanctónica (Bio) 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 otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región
- Figura 104. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial y densidad zooplanctónica (Bio) 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 otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.
- Figura 105. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial y densidad zooplanctónica (Bio) 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 otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región





- Figura 106. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial y densidad zooplanct3nica (Bio) 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, 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 otoño en el per3odo 1994 a 2004, I y II Regi3n.
- Figura 107. Tendencias de los 3ndices por año obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Lneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Cruceros realizados en otoño en el per3odo 1994 a 2004, I y II Regi3n.
- Figura 108. 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 en invierno durante el periodo de 1993 a 2004.
- Figura 109. Densidad media y proporci3n 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 Regi3n en invierno entre los años 1993 a 2004.
- Figura 110. 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, 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 en invierno, desde el año 1993 a 2004.
- Figura 111. 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 Región en invierno, desde el año 1993 a 2004.

- Figura 112. 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 en invierno, desde el año 1993 a 2004.
- Figura 113. 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 en invierno, desde el año 1993 a 2004.
- Figura 114. 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 en invierno, desde el año 1993 a 2004.
- Figura 115. Distribución espacial de anchoveta en los cruceros MOBIO 0406 y 0408.
- Figura 116. Distribución batimétrica (m) de la densidad acústica –  $S_a$  ( $m^2/mn^2$ ) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0406) e invierno (0408).
- Figura 117. Distribución vertical de la densidad acústica –  $S_a$  ( $m^2/mn^2$ ) respecto a la temperatura de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0406) e invierno (0408).
- Figura 118. Distribución vertical de la densidad acústica –  $S_a$  ( $m^2/mn^2$ ) respecto a la salinidad de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0406) e invierno (0408).



- Figura 119. Distribuci3n horaria de la densidad ac3stica –  $S_a$  ( $m^2/mn^2$ ) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0406) e invierno (0408).
- Figura 120. Distribuci3n espacial de jurel en los cruceros MOBIO 0406 y 0408
- Figura 121. Distribuci3n espacial de caballa en los cruceros MOBIO 0406 y 0408
- Figura 122. Distribuci3n espacial de sardina en el crucero MOBIO 0406 y Vicinguerria en el crucero MOBIO 0408.
- Figura 123. Profundidades m3ximas, m3nimas y promedio de la distribuci3n vertical de jurel y anchoveta
- Figura 124. Temperaturas m3ximas, m3nimas y promedio de la distribuci3n vertical de jurel y anchoveta.
- Figura 125. Salinidad (psu) m3ximas, m3nimas y promedio de la distribuci3n vertical de jurel y anchoveta.
- Figura 126. Indices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) secuenciales de anchoveta y jurel, periodo 1996-2004.
- Figura 127. Indices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) estacionales de anchoveta y jurel, periodo 1996-2004.
- Figura 128. Variabilidad temporal de la distribuci3n vertical de temperatura ( $^{\circ}C$ ) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Diciembre de 2004.
- Figura 129. Variabilidad temporal de la distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Diciembre de 2004.
- Figura 130. Variabilidad temporal de la distribuci3n vertical de ox3geno disuelto ( $mL/L$ ) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Diciembre de 2004.
- Figura 131. Variabilidad temporal de la distribuci3n vertical de la biomasa fitoplanct3nica estimada como clorofila a ( $\mu g/L$ ) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Diciembre de 2004.
- Figura 132. Variaci3n temporal de la distribuci3n y abundancia de huevos y larvas de anchoveta en las estaciones fijas de a) Arica, b) iquique y c) Mejillones. Abril 2001 – Diciembre 2004.



- Figura 133. Variaci3n temporal de la distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica en las estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 2001 – Diciembre 2004.
- Figura 134. Distribuci3n y abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta en los diferentes estratos de profundidad para el per3odo mayo - diciembre de 2004 en las estaciones fijas de monitoreo.
- Figura 135. Distribuci3n de la biomasa zooplanct3nica promedio por estrato de profundidad en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones para el per3odo mayo - diciembre de 2004 en las estaciones fijas de monitoreo.



## TABLAS

- Tabla 1. Detalle de la información utilizada para el cálculo de los promedios mensuales históricos de temperatura y salinidad para las transectas 1, 3, 5, 7 y 9.
- Tabla 2. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0406 – Otoño 2004.
- Tabla 3. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0408 – Invierno 2004.
- Tabla 4. Tasa de flujo bomba de huevos y volúmenes de agua filtrada por la red CalVET y sistema CUFES.
- Tabla 5. Categorías por densidad.
- Tabla 6. Valores máximos y mínimos de las principales variables monitoreadas en el crucero MOBIO 0406 – Otoño 2004.
- Tabla 7. Valores máximos y mínimos de las principales variables monitoreadas en el crucero MOBIO 0408 – Invierno 2004.
- Tabla 8. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, y las correspondientes profundidades del 10% y 1% de penetración de luz en Otoño de 2004.
- Tabla 9. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, y las correspondientes profundidades del 10% y 1% de penetración de luz en Invierno de 2004.
- Tabla 10. Parámetros estimados, tamaño de muestra, valor del estadístico y p-value de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para el análisis distribucional de la variable clorofila total. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área: Arica - Bahía Moreno.
- Tabla 11. Selección paso a paso de un modelo de efectos principales a partir de un modelo nulo, basado en el criterio de información de Akaike. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área: Arica - Bahía Moreno.



- Tabla 12. Análisis de devianza de los modelos aditivos generalizados para los efectos principales, ajustados a la concentración de clorofila total. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área: Arica-Bahía Moreno.
- Tabla 13. Resumen de parámetros estimados para los distintos modelos que relacionan la concentración de clorofila total y la profundidad del disco secchi, por estación. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área: Arica-Bahía Moreno.
- Tabla 14. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de peces. Cruceros trimestrales MOBIO 2004.
- Tabla 15. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces. Cruceros trimestrales MOBIO 2004.
- Tabla 16. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros trimestrales Otoño e Invierno de 2004.
- Tabla 17. Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros estacionales MOBIO.
- Tabla 18. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de sardina, *Sardinops sagax*. Cruceros trimestrales Otoño e Invierno de 2004.
- Tabla 19. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de jurel, *Trachurus murphyi*. Cruceros trimestrales Otoño e Invierno de 2004.
- Tabla 20. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta colectados en la zona Arica – Antofagasta en 3 intervalos de profundidad. Cruceros estacionales MOBIO 2004.
- Tabla 21. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Otoño 1993/2004.
- Tabla 22. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero Zona Arica – Antofagasta. Serie Invierno 1993 – 2004.
- Tabla 23. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, zona Antofagasta – Arica en otoño de 1993 - 2004.



- Tabla 24. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, zona Antofagasta – Arica en otoño de 1993 - 2004.
- Tabla 25. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en invierno de 1984 - 2004.
- Tabla 26. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en invierno de 1983 - 2004.
- Tabla 27. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de sardina, anchoveta y jurel. Area comparativa: Antofagasta – Coquimbo 0 – 100mn. Invierno 1983 – 2004.
- Tabla 28. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de sardina, anchoveta y jurel. Area comparativa: Antofagasta – Coquimbo 0 – 100mn. Invierno 1983 – 2004.
- Tabla 29. Síntesis anual 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 otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.
- Tabla 30. Resumen de estadísticas descriptivas anuales para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial, densidad zooplanctónica y densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.
- Tabla 31. Parámetros estimados, tamaño de muestra, valor del estadístico y p-value de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para el análisis distribucional de la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.
- Tabla 32. Análisis de devianza de los modelos aditivos generalizados para los efectos principales, ajustados a la presencia/ausencia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.
- Tabla 33. Análisis de devianza de los modelos aditivos generalizados para los efectos principales, ajustados al logaritmo de la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.



- Tabla 34. 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 en invierno, desde los años 1993 a 2004.
- Tabla 35. 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, en la estación de invierno.
- Tabla 36. 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, en la estación de invierno.
- Tabla 37. 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 en invierno, desde los años 1993 a 2004.
- Tabla 38. 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 en invierno, desde los años 1993 a 2004.
- Tabla 39. Resultados históricos de las calibraciones del sistema acústico EK-500 del B/C Carlos Porter, en 38 Khz.
- Tabla 40. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en los cruceros MOBIO 0406 0408 respecto a las variables profundidad, temperatura, salinidad y densidad acústica. El crucero MOBIO 0408 se presenta separado por zonas.
- Tabla 41. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el periodo 1994-2003 por estación respecto a las variables densidad acústica ( $S_a$ ), profundidad, temperatura y salinidad. Se ha descartado el año 1997 por presentarse fuera de rango en la mayoría de las variables.
- Tabla 42. Índices de cobertura (IC) y densidad (ID) por especie y crucero



- Tabla 43. Valores de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), Ox3geno disuelto (mL/L) y clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones obtenidos desde mayo de 2004 a diciembre de 2004.
- Tabla 44. Valores de la biomasa zooplanct3nica en las estaciones costeras de Arica, Iquique y mejillones entre mayo de 2001 y diciembre de 2004.
- Tabla 45. Abundancia relativa estandarizada de los grupos zooplanct3nicos analizados entre mayo –diciembre de 2004 en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones.
- Tabla 46. Distribuci3n temporal de la densidad de huevos y larvas de anchoveta en Arica, Iquique y Mejillones en los diferentes estratos de profundidad per3odo mayo – diciembre de 2004.





## **IV. OBJETIVOS**

---

### **1. Objetivo general**

**Monitorear las condiciones bio-oceanogr3ficas de la zona norte de Chile, entre Arica y Pichidangui y hasta 100 mn de la costa.**

### **2. Objetivos espec3ficos**

**2.1** Describir y analizar el patr3n estacional de la temperatura, salinidad, densidad, ox3geno disuelto, clorofila-a y penetraci3n de la luz, en la zona de estudio, en la estructura vertical de 0 a 200 metros.

**2.2** Describir y analizar la distribuci3n de abundancia estacional del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio, y su relaci3n con las condiciones oceanogr3ficas.

**2.3** Caracterizar los recursos pel3gicos presentes en la zona de estudio, mediante 3ndices de abundancia relativa y de cobertura geogr3fica, en relaci3n a las condiciones bio-oceanogr3ficas.

**2.4** Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual de las variables se3aladas en los objetivos 2.1 y 2.2, con observaciones realizadas en, a lo menos, 3 estaciones costeras dentro de la zona de estudio.



## V. ANTECEDENTES GENERALES

---

Las pesquerías de recursos pelágicos sitúan a Chile como una potencia mundial en términos de captura. Dichos desembarques se sustentan principalmente en la extracción de unas pocas especies pelágicas y demersales. En nuestro país, los principales recursos pelágicos son: jurel, anchoveta, sardina española, caballa y sardina común, los cuales representan una fracción relevante de la captura total (SERNAPESCA, 2001).

En la zona norte de Chile, la pesquería de peces pelágicos comenzó su desarrollo a finales de los años 50, llegando a ser, en conjunto con Perú, una de las más importantes del mundo por los volúmenes de pesca desembarcados. Esta pesquería se basó casi exclusivamente en la captura de anchoveta (*Engraulis ringens*) hasta mediados de la década del 70, pero en 1977 ésta especie prácticamente colapsó. En forma paralela, los desembarques de sardina española (*Sardinops sagax*) aumentaron significativamente hasta 1985, pasando a constituirse en el principal recurso explotado en dicha región. Posteriormente, las capturas de anchoveta, desde 1992-93 en adelante, han representado el desembarque mayoritario de la zona y en el año 2004 la anchoveta representó el 81,3% de las capturas totales, seguida de la caballa con el 8,79%, jurel con 8,72% y sardina con 0,05% (R. Aravena, com. per).

En relación al medio ambiente, la zona norte del país se caracteriza por poseer aguas neríticas relativamente frías para su latitud, situación explicada por la presencia de la corriente de Humboldt y por los procesos de surgencia (Martínez *et al.*, 1992; Pizarro *et al.*, 1994). En efecto, el sistema de corrientes de Humboldt, es un sistema de borde donde el afloramiento de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes promueve una alta producción fitoplanctónica disponible para el



zooplancton y peces (Jacob, 2002). A su vez, esta zona se caracteriza por el predominio de vientos sur y suroeste, que tambi3n influyen los procesos de surgencia que traen como consecuencia el afloramiento de aguas m3s profundas (García, 1993; Pizarro *et al.*, 1994). Adicionalmente, dicha zona se caracteriza por poseer una elevada insolaci3n, que en conjunto con el afloramiento de aguas frías, ricas en nutrientes, permiten desarrollar una productividad primaria capaz de sostener altos niveles de biomasa de recursos pesqueros (Pizarro *et al.*, *op cit*). Por otra parte, en esta regi3n los sectores de mayores densidades y agregaci3n de recursos est3n localizados mayoritariamente en las primeras 20 mn de la costa, 3rea que se caracteriza por presentar procesos de surgencia durante la mayor parte del ańo, adem3s de fuertes gradientes t3rmicos y salinos; en este sentido Strub *et al.*, (1991) encontraron una fuerte correlaci3n espacial entre diferenciales t3rmicos y la presencia de altas concentraciones de fitoplancton.

Por otra parte, las variaciones ambientales y la actividad extractiva pueden llevar r3pidamente a las pesquerías a colapsar. En el caso de la pesquería pel3gica desarrollada en la zona norte, los desembarques muestran grandes fluctuaciones, asociados a la inestabilidad del stock de anchoveta provocada por la sobreexplotaci3n del recurso y condiciones ambientales desfavorables, relacionadas con el fen3meno de "El Nińo" (Martínez *et al.*, 1995; Y3ñez *et al.*, 1995). En este contexto, cabe destacar que el comportamiento y distribuci3n de los recursos pel3gicos est3n estrechamente relacionados con el medio ambiente, así se menciona que los cambios en el medio f3sico condicionan de manera importante la cobertura geogr3fica de los recursos y su abundancia (García, *op cit*). En este sentido es importante seńalar que la distribuci3n y abundancia de los recursos y de sus estadios de desarrollo (huevos y larvas) se ven afectadas seriamente durante los fen3menos de "El Nińo", debido a la aparici3n de masas de agua m3s c3lidas y salinas de origen subtropical, desapareciendo los frentes superficiales (Jacob, 2002). A lo anterior, se suma el hecho de que masas de agua con alto contenido de



nutrientes se profundizan quedando fuera de la zona tr3fica, interrumpiendo los procesos de producci3n autotr3fica y heterotr3fica, lo que implica que las especies se ubiquen en aguas de menor temperatura y salinidad.

En el caso particular de la anchoveta, 3sta experimenta considerables cambios en su comportamiento con el fen3meno de "El Ni3o", debido a que se profundiza para alcanzar zonas de bajas tensiones de ox3geno disuelto, con el fin de utilizar productos autotr3ficos en condiciones de m3nimos de ox3geno (Morales *et al.*, 1996); a su vez, las m3s altas agregaciones se relacionan fuertemente al fondo marino, formando card3menes y estratos de altas densidades, asoci3ndose esta localizaci3n con una profundizaci3n de la termoclina, situaci3n que disminuye su vulnerabilidad al cerco (Braun *et al.*, 1999). Las prospecciones ac3sticas realizadas durante el per3odo 1996-98, indican que la anchoveta mostr3 una distribuci3n geogr3fica netamente costera, cuando la zona de estudio estuvo afectada por el evento "El Ni3o" 1997-98 (Braun *et al.*, *op cit.*).

No obstante que esta pesquer3a ha sido analizada tomando en cuenta la evoluci3n del esfuerzo de pesca y la variabilidad del medio ambiente para comprender los cambios en el largo, mediano y corto plazo de la abundancia de los recursos explotados, y considerando que algunos estudios han tomado en cuenta el efecto del medio ambiente sobre dichos recursos (Ca33n, 1986; Castillo y Guzm3n, 1985; Castillo *et al.*, 1995), se deduce que es necesario monitorear, relacionar y modelar los diferentes escenarios en los cuales ocurren cambios, para servir de apoyo a la toma de decisiones y a la planificaci3n de la actividad pesquera.

Un patr3n estacional en la participaci3n de las masas de agua se reflejar3a en las caracter3sticas f3sicas y qu3micas de la columna de agua a lo largo de la extensa costa de Chile, por lo tanto, algunos trabajos previos en la zona norte y central han intentado definir si este patr3n existe (Robles *et al.*, 1974; Ortiz, 1998; Hormaz3bal



1994). Tales estudios no llegaron a conclusiones categóricas, debido a lo corto de sus series de datos, y en algunos casos la información utilizada pudo haber estado bajo efectos de perturbaciones remotas como lo son las fases cálida y fría del ENOS. Por otra parte, las variaciones intra estacionales y las de baja frecuencia de la corriente Subsuperficial Perú-Chile (Shaffer *et al.*, 1995; Hormazabal, 1994; Shaffer *et al.*, 1999; Castillo, 2003) podrían afectar la participación de los núcleos del AESS y posiblemente ello también dificulte la observación de un patrón estacional con series de datos relativamente cortas de estas masas de agua.

El estudio de la variación estacional de la participación de masas de agua es de utilidad para interpretar la información sinóptica que se recopila de ellas, es decir, es importante definir si existe un patrón estacional o bien indicar si éste no se observa debido a la variación intraestacional, entre otras. Existe notable evidencia de una variación interanual en el AST asociada a los eventos El Niño, pero esta no ha sido cuantificada y no se sabe como estos eventos afectan a la participación de AESS en la columna de agua y espacialmente a lo largo de la zona de estudio. De la misma manera, no se sabe como los eventos fríos La Niña afectan la distribución y participación de las masas de agua en la zona norte de Chile.

En este sentido, la zona norte del país, ha sido objeto de diversos estudios oceanográficos y pesqueros en las últimas décadas, dentro de los cuales los proyectos de Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas, han sido una herramienta fundamental para la vigilancia de las condiciones ambientales en la que se desarrollan los recursos de interés. Es así, que los antecedentes recopilados a partir de 42 cruceros realizados por IFOP desde 1993 a la fecha, han permitido analizar el comportamiento del recurso y de sus fases larvarias antes, durante y después de la ocurrencia del fenómeno del “El Niño” observándose que las mermas más importantes de la especie están asociadas a dicho evento, particularmente en los años 1991 y 1997-98.



Debido a lo anterior, y considerando la importancia de este tipo de estudios para incrementar la comprensi3n de la influencia de los par3metros oceanogr3ficos en la distribuci3n y abundancia de los recursos pel3gicos, el Consejo de Investigaci3n Pesquera decidi3 continuar el monitoreo de los recursos pel3gicos y de su medio ambiente en el programa de investigaci3n para el a3o 2004, con el objeto mantener un sistema regular, oportuno y peri3dico de observaci3n de las condiciones bio-oceanogr3ficas de la zona, para fundamentar de mejor manera la adopci3n de medidas de administraci3n pesquera en pos de la adecuada conservaci3n de los recursos hidrobiol3gicos.



## VI. METODOLOGÍA POR OBJETIVO

---

### 1. Objetivo específico N° 2.1

**Describir y analizar el patrón estacional de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y penetración de la luz, en la zona de estudio, en la estructura vertical de 0 a 200 metros**

El proyecto FIP 2004-01 comprendió la realización de dos cruceros bio-oceanográficos estacionales, el primero en el período de otoño y el segundo en el de invierno, realizándose ambos en el B/I “Carlos Porter” perteneciente al Instituto de Fomento Pesquero.

El crucero de otoño se efectuó entre los días 15 y 23 de junio de 2004 y abarcó la zona marítima de la primera y segunda región, efectuándose 5 transectas perpendiculares a la costa que se extendieron hasta las 100 mn. Las transectas se realizaron frente a las localidades de Arica (T5; 18°25'S), punta Junín (T4; 19°40'S), punta Lobos (T3; 21°00'S), punta Copaca (T2; 22°20'S) y bahía Moreno (T1; 23° 40'S). El crucero de invierno se efectuó entre los días 22 de agosto y 5 de octubre, en la zona marítima de la primera a cuarta región. En este crucero se realizaron 11 transectas perpendiculares a la costa que se extendieron hasta las 100 mn. Las transectas se realizaron frente a las localidades de Arica (T5; 18°25'S), punta Junín (T4; 19°40'S), punta Lobos (T3; 21°00'S), punta Copaca (T2; 22°20'S) y bahía Moreno (T1; 23° 40'S) rada Paposó (T6; 25°00'S), punta Ballenita (T7; 26°00'S), bahía Salada (T8; 27° 40'S), caleta Inglesa (T9; 29°00'S), Coquimbo (T10; 30°00'S) y Pichidangui (T11; 32°08'S) (**Figura 1**).



Inicialmente para el crucero de invierno se contempl3 la realizaci3n de una transecta de muestreo frente a caleta Maintencillo de Coquimbo (Lat. 31°14'S), con la intenci3n de completar un total de 12 transectas, sin embargo, esta no se pudo efectuar por malas condiciones meteorol3gicas. Esta misma situaci3n caus3 que las transectas 7, 10 y 11 no se realizaran hasta las 100 mn, como estaba planificado, llegando éstas sólo hasta las 70, 40 y 20 mn, respectivamente. En esta ocasi3n, se complet3 un total de 90 estaciones (**Figura 2**).

### 1.1 Colecta de muestras y registro de datos

En cada transecta se realizaron 7 estaciones bio-oceanogr3ficas ubicadas a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 millas de la costa (**Figuras 1 y 2**), obteniéndose registros continuos de temperatura (°C) y salinidad con profundidad hasta un máximo de 500 m, mediante el uso de un CTD marca Sea Bird modelo 19, equipado con bomba. Para la toma de muestras de agua se utilizaron botellas Niskin de 1,7 L equipadas, algunas de ellas, con term3metros de inversi3n. Para la determinaci3n de la concentraci3n de oxígeno disuelto y clorofila **a** se colectaron muestras de agua, a profundidades est3ndares de 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200 y 300 metros como máximo. Los análisis de oxígeno disuelto se realizaron a bordo mediante el método de Winkler modificado por Carpenter (1965), y la clorofila **a** según la metodología descrita en 1.2. Los análisis de determinaci3n de salinidad de las muestras obtenidas durante los cruceros fueron efectuados con un salin3metro digital marca TSK modelo DIGIAUTO.

De las estaciones oceánicas ubicadas a 100 mn de la costa entre Arica y Antofagasta, 7 de ellas se realizaron hasta una profundidad de 700 m, las que correspondieron a las estaciones asignadas con los números 11, 13, 15, 31, 41, 43, y 45, en otoño y a los números 43, 47, 57, 67, 77 y 84 en el período de invierno. Las muestras de agua para los análisis de oxígeno en estas estaciones fueron tomadas





en las profundidades est3andar sealadas anteriormente, sum3ndose los niveles de 400, 500 y 700 m en el crucero de otoño y 400 y 700 m en el crucero de invierno.

Durante la realizaci3n de las estaciones bio-oceanogr3ficas se registr3 informaci3n meteorol3gica de car3cter b3sico: temperatura del aire (bulbo seco y h3medo), presi3n atmosf3rica, intensidad y direcci3n del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y direcci3n de las olas. En el registro se utilizaron las normas, tablas y c3digos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991). Los datos de viento fueron registrados con un anem3metro fijo marca Simrad modelo IS-12, y los datos corresponden al valor predominante observado durante la ejecuci3n de la estaci3n. De igual forma, durante la navegaci3n se recopil3 tambi3n informaci3n del viento en forma horaria, que corresponde al valor predominante observado.

## 1.2 Medici3n de la clorofila-a y penetraci3n de la luz

Se colectaron 430 muestras en otoño y 679 en invierno para los an3lisis de clorofila **a**, en las profundidades est3andar mencionadas en 1.1 hasta un m3ximo de 100 m. Las muestras se filtraron *in situ* con un sistema de filtrado m3ltiple, utilizando filtros de fibra de vidrio (Whatman GF-75, 0,7  $\mu\text{m}$ , 25 cm de di3metro), con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL, almacen3ndose 3stas a  $-20^{\circ}\text{C}$  en ambiente anhidro, utilizando como desecante  $\text{CaCl}_2$  para su posterior an3lisis en laboratorio en tierra.

La extracci3n de la muestra para el an3lisis de clorofila **a**, se realiz3 en forma pasiva, con una soluci3n acuosa de acetona al 90 % v/v, por un per3odo no inferior a las 12 horas y a ca.  $0^{\circ}\text{C}$ . La lectura del sobrenadante se efectu3 en ambiente de baja luminosidad con la t3cnica fluorim3trica con y sin acidificaci3n descrita en Parsons *et al.* (1984), utilizando para tales efectos un fluor3metro digital marca



Turner Designs, modelo 10AU, calibrado con un est3ndar puro de clorofila **a** marca Sigma Chemicals.

La penetraci3n de la luz se midi3 con un disco de Secchi de 30 cm de di3metro. El disco fue bajado con un cable medido previamente a intervalos de 1 m. El disco se arri3 hasta que 3ste fuera apenas perceptible, por el costado sombreado del barco, registr3ndose la profundidad, luego se continu3 baj3ndolo hasta que desapareciera completamente. Entonces, se iz3 lentamente hasta que fuera nuevamente visible, consign3ndose 3sta segunda lectura. La lectura final del disco se obtuvo al promediar ambas lecturas.

### **1.3 Procesamiento de la informaci3n**

La informaci3n de CTD se proces3 de acuerdo a procedimientos est3ndar recomendados por el fabricante. El control de calidad de los datos de CTD se realiz3 con la informaci3n de temperatura obtenida en terreno utilizando term3metros de inversi3n y con los an3lisis de muestras de agua para salinidad, los cuales se hicieron en los laboratorios de IFOP.

Dado que los term3metros y el salin3metro utilizados como instrumentos de control tienen s3lo una precisi3n de  $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$  y  $\pm 0,05$  psu, respectivamente, es que se utiliz3 este valor como l3mite en las diferencias entre las mediciones del CTD y la de estos dos instrumentos. Para determinar el comportamiento del equipo electr3nico CTD en el tiempo, la observaci3n de las diferencias entre ambas mediciones (CTD y control) se hizo en forma secuencial de acuerdo a la realizaci3n de las estaciones. Ya que no hubo diferencias sobre el valor  $\pm 0,05$  en las mediciones de CTD de ambas variables, respecto a las obtenidas con los equipos de control, no fue necesario corregir la informaci3n.



Con los datos ya procesados se confeccionaron las cartas de distribución superficial y vertical de las variables temperatura, salinidad, oxígeno y densidad ( $\sigma-t$ ). Con los datos verticales se obtuvo información de la capa de mezcla (espesor), termoclina (espesor, profundidad de la base, temperatura base, gradiente de temperatura promedio y máximo, profundidad del máximo gradiente), anomalía geopotencial de superficie referida a 500 m y profundidad del límite superior de la capa de mínimo OD, realizándose las respectivas cartas y su posterior análisis y comparación estacional.

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

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



- L3mite de la capa de m3nimo ox3geno disuelto: Corresponde a la profundidad de ubicaci3n superior de la concentraci3n de 1 mL/L de ox3geno disuelto. Dado que los datos obtenidos en terreno son discretos, la ubicaci3n en la columna de agua de los l3mites superior e inferior de esta capa, se obtuvo por interpolaci3n lineal.

Para el c3lculo de densidad se utiliz3 la ecuaci3n internacional de estado del agua de mar de 1980 dada por Millero and Poisson (1981) y UNESCO (1981a y 1981b), de acuerdo a:

(T en °C, S en psu ,  $\rho$  en kg/m<sup>3</sup>)

$$\rho = \rho_o + AS + BS^{3/2} + CS^2$$

donde:

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

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

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

y  $\rho_o$  es la densidad del agua

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



Los valores de salinidad se entregan en forma adimensional, siguiendo recomendaciones de UNESCO (1981c); por conveniencia se anotan omitiendo el factor  $10^{-3}$ .

Para el nivel superficial se calcularon valores de anomalía estacional de temperatura y salinidad, como también a nivel subsuperficial el de profundidad de la isoterma de 15°C. Estos valores fueron obtenidos de los promedios mensuales calculados por IFOP en el proyecto FIP N° 2001-01 (Braun *et al.*, 2002), según la metodología indicada por Blanco *et al.*, (2001)

Se calcularon los valores de anomalía vertical de temperatura y salinidad a lo largo de la transecta de Arica (18°25'S), Punta Lobos (21°00'S) y bahía Moreno (23°40'S) en ambos períodos, incorporando en el invierno de 2004 a las transectas realizadas frente a las localidades de caleta Inglesa (29°00'S) y punta Ballenita (26°00'S). Los valores promedio estacionales de temperatura y salinidad de las transectas señaladas fueron calculadas con la serie histórica de datos de IFOP desde 1963 a 2003 (**Tabla 1**), aplicando la metodología indicada por Blanco *et al.*, (2001). Los datos para la estación de otoño, se calcularon sólo con estaciones realizadas en el mes de junio y los de invierno con los de agosto o septiembre, según la fecha de realización de cada transecta. Con la información de anomalía se confeccionaron gráficos de distribución estacional de estas dos variables.

Para el análisis estacional de las masas de agua se confeccionaron diagramas **T-S** para todas las transectas. Se realizaron también cartas verticales del porcentaje de participación (PPM) de las masas de agua Subtropical, Subantártica y Ecuatorial subsuperficial, obtenidos mediante el método del triángulo de mezcla (Mamayev, 1975) a lo largo de todas las transectas y hasta el nivel de 500 metros de profundidad.



Con los datos de viento horario, obtenidos durante la ejecuci3n de los cruceros, se elabor3 una carta de intensidad y direcci3n, las cuales se utilizaron principalmente en la interpretaci3n de los datos oceanogr3ficos superficiales.

Con la informaci3n de viento horario obtenido durante la navegaci3n se calcul3 el promedio del índice de turbulencia (IT) costero y oceánico y el promedio del índice de surgencia (IS) costero. El promedio costero corresponde a la media de las observaciones instantáneas dentro de la franja de las primeras 30 mn de la costa, y el promedio oceánico a la media de los datos observados entre las 30 y 100 mn, en ambos casos considerando datos dentro de un grado de latitud. El índice de turbulencia corresponde al cubo de la magnitud de la velocidad del viento ( $W^3$ ).

Con la informaci3n de vientos de los aeropuertos Diego Aracena de Iquique y Cerro Moreno de Antofagasta (Direcci3n Meteorol3gica de Chile), correspondiente a observaciones efectuadas a las 4, 8, 12, 16, 20 y 24 horas, en el per3odo 1 de febrero y 31 de octubre de 2004, se calculo el IS instantáneo e IS promedio. El IS promedio corresponde al promedio móvil de 6 pesos de los IS instantáneos, con la finalidad de eliminar el efecto de frecuencias menores a 24 horas. Los valores del IS se expresan en  $m^3 \cdot s^{-1}$  por 1000 metros de costa, lo que a continuaci3n se indicará sólo por  $m^3 \cdot s^{-1}$ .

Los IS instantáneos de las observaciones horarias en crucero y las de cada 4 horas en las estaciones fijas se calcularon de acuerdo a lo indicado por Bakun y Parrish (1982) utilizando la siguiente expresi3n:

$$M_x = t_y / f$$



Donde:

- $t_y$  = Coacci3n del viento sobre la superficie en la direcci3n norte sur
- $t_y = r_a C_d v |W|$
- $r_a$  = densidad del aire (1.25 Kg/m<sup>3</sup>)
- $c_d$  = coeficiente de arrastre
- $v$  = componente norte sur de la velocidad del viento
- $|W|$  = magnitud de la velocidad del viento
- $f$  = par3metro de Coriolis =  $2 \omega \text{ Sen } (l)$
- $\omega$  = velocidad angular de la tierra
- $l$  = latitud del lugar

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

La informaci3n meteorol3gica obtenida en cada una de las estaciones bio-oceanogr3ficas se entrega en las **Tablas 2 y 3** para cada uno de los cruceros estacionales y fue remitida al CENDOC a fin de mantener actualizada la base de datos meteorol3gica del pa3s.

La determinaci3n de la "condici3n de normalidad", se realiz3 considerando los valores de anomal3as de las variables mencionadas anteriormente y su respectiva desviaci3n est3ndar. En t3rminos generales, la aparici3n de condiciones an3malas para la zona y per3odo de estudio, est3 dada por valores  $\pm 1$  desviaci3n est3ndar (DS) por sobre el promedio hist3rico en cada variable, discuti3ndose en este caso la causa de la anormalidad registrada.

En este sentido, las DS de TSM y SSM en el sector costero (1 - 30 mn) son cercanos a 2°C y 0,2 psu, respectivamente, mientras que en el sector oce3nico



s3lo son de 1°C y 0,1 psu. En el caso de la profundidad de la isoterma de 15°C, la DS es de casi 10 m en ambos sectores. Dado que no se cuenta con informaci3n de anomal3as en una extensi3n temporal mayor, s3lo los cruceros, es que no se puede analizar en este contexto la informaci3n. La DS de la variable profundidad de la isoterma de 15°C es de 10 m en ambos sectores. En el caso de las DS de temperatura y salinidad en la vertical, 3sta es variable pues en general los valores est3n entre 0° y 2,5°C y entre 0° y 0,3°C, respectivamente, dependiendo de nivel de profundidad en la columna de agua, de la transecta (Arica, punta Lobos y Antofagasta) y de la 3poca del a3o.

Respecto a la distribuci3n de ox3geno disuelto (OD), en este trabajo se utiliz3 para la caracterizaci3n de los tipos de agua la escala dada por Braun *et al.* (2004) y que se entrega a continuaci3n:

- Nivel Oxico  $\geq 5$  mL/L
- Nivel Sub3xico  $>1$  a  $< 5$  mL/L
- Nivel m3nimo de ox3geno  $\leq 1$  mL/L

Respecto a la clorofila, una vez cuantificadas las muestras, la informaci3n fue codificada, digitada y georeferenciada por profundidad de origen. Esta informaci3n permiti3 confeccionar cartas de distribuci3n vertical para todas las transectas, adem3s de las cartas superficiales. Los resultados de clorofila *a* y de los productos de degradaci3n o feopigmentos se expresan en  $\mu\text{g/L}$ .

La caracterizaci3n de los cuerpos de agua en la zona de estudio de acuerdo a su nivel tr3fico, se efectu3 utilizando la distribuci3n cuali y cuantitativa de la biomasa fitoplanct3nica, usando como indicador la clorofila *a* (cloa). Esta clasificaci3n consider3 las zonas biol3gicamente productivas a muy poco productivas, tanto en





el plano superficial como en la columna de agua y surgi3 de la compilaci3n de informaci3n de cloa realizada por IFOP en los 3ltimos a3os.

Los niveles tr3ficos se definieron de acuerdo a la siguiente escala de biomasa fitoplanct3nica dada en Braun *et al.* (*op cit*):

- Nivel Eutr3fico  $\geq 1 \mu\text{g/L}$
- Nivel Mesotr3fico  $\geq 0,5 \mu\text{g/L} < 1 \mu\text{g/L}$
- Nivel Oligotr3fico  $\geq 0,2 \mu\text{g/L} < 0,5 \mu\text{g/L}$
- Nivel Ultraoligotr3fico  $< 0,2 \mu\text{g/L}$

La concentraci3n de los productos de degradaci3n de la cloa o feopigmentos (feop) fue analizada solamente como un 3ndice relativo de la degradaci3n de la biomasa fitoplanct3nica activa.

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

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

donde:

- i : son las profundidades de muestreo discretas definidas en el punto 1.2
- C<sub>i</sub> y C<sub>i+1</sub> : son las concentraciones de clorofila ( $\mu\text{g/L}$ ), en la profundidad i, desde superficie a la profundidad m3xima de 100 m.
- D<sub>i</sub> y D<sub>i+1</sub> : son las profundidades respectivas (m)



Este cálculo permite representar la clorofila **a** de toda la columna en unidades de área ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ), de esta forma se expresan adecuadamente los máximos sub-superficiales de la biomasa fitoplanctónica, situación que es subestimada muchas veces por la clorofila superficial. Esta información se entrega en cartas de distribución tanto para la clorofila integrada como para los feopigmentos integrados.

### **1.3.1 Análisis de la relación entre la concentración de clorofila y variables oceanográficas**

Con el propósito de conocer la relación entre las variables oceanográficas y la concentración de clorofila, se utilizó un modelo aditivo generalizado (GAM), el cual permitió identificar las variables que contribuyen a explicar en forma significativa la variabilidad en la concentración de clorofila en el agua. 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 (Hastie y Tibshirani, 1990). La variable respuesta fue modelada asumiendo una distribución de probabilidad log-normal contrastándola con la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1974).

La variable respuesta de interés correspondió a la concentración de clorofila total ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) (cloat) y fue modelada como una función de las variables oceanográficas salinidad, temperatura superficial, oxígeno y profundidad del disco Secchi, las cuales fueron introducidas en el modelo a través de funciones no-paramétricas suaves, de la forma de los suavizadores splines cuadráticos (Hastie y Tibshirani, **op cit**); además, se incorporó un predictor lineal correspondiente al período de muestreo, estaciones de otoño e invierno. Este último factor permite conocer el comportamiento del índice en un contexto intra anual.



Para la selecci3n de variables en el modelo, se utiliz3 el m3todo paso a paso, empleando como criterio de selecci3n el 3ndice de informaci3n de akaike (AIC; Sakamoto *et al.*, 1986). 3ste se basa en la minimizaci3n de la distancia Kullback-Leibler entre la distribuci3n de la variable de respuesta bajo el modelo reducido y bajo el modelo completo, y el criterio consiste en seleccionar aquel modelo con el menor valor de AIC.

Posteriormente, con las variables predictoras seleccionadas se ajustaron los modelos exponencial y potencial, considerando polinomios cuadr3ticos para ambos modelos y adem3s, un polinomio c3bico para el caso exponencial, cuyas expresiones son las siguientes:

Exponencial:

$$y = a e^{b_1 x} \quad , \quad \text{de orden 1}$$
$$y = a e^{b_1 x + b_2 x^2} \quad , \quad \text{de orden 2}$$
$$y = a e^{b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3} \quad , \quad \text{de orden 3}$$

Potencia:

$$y = a x^{b_1} \quad , \quad \text{de orden 1}$$
$$y = a x^{b_1 + b_2 \log(x)} \quad , \quad \text{de orden 2}$$

### 1.3.2 Im3genes satelitales de clorofila-a superficial del mar (Cloas)

Para el an3lisis de la clorofila superficial del mar, se recepcionaron y procesaron 2 im3genes satelitales diarias, en el per3odo de oto3o y 3 cartas diarias en el crucero de invierno, dichas im3genes son de alta resoluci3n y fueron derivadas del sensor SeaWifs a bordo de sat3lites SeaStar. Las im3genes fueron georreferenciadas y resampladas con el objeto de obtener los valores de clorofila. El tratamiento de las im3genes se realiz3 con el software IDRISI. Dichas im3genes fueron contempor3neas a la realizaci3n de los cruceros.



Al igual que las imágenes de TSM satelital, la disponibilidad de imágenes de Cloa 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.

Finalmente, con el objeto de validar las cartas de Cloa satelital, éstas fueron contrastadas con datos recolectados *in situ*.

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

Para el análisis de la estructura térmica superficial, se recibieron y procesaron 44 imágenes satelitales de alta resolución de la temperatura superficial del mar (TSM), provenientes del radiómetro de alta resolución (AVHRR) a bordo de los satélites NOAA. Dichas imágenes corresponden al período abril - noviembre de 2004.

Las cartas satélites son matrices de datos, que fueron corregidas atmosféricamente y posteriormente georreferenciadas, para finalmente obtener los valores de TSM. 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 transformándose en el mayor problema en la recepción de la información satelital (Barbieri *et al.*, 1989; Maravelias y Reid, 1995). En base a las imágenes satelitales calibradas y georreferenciadas disponibles para una determinada semana y, con el propósito de minimizar el efecto de las nubes, se elaboró una imagen promedio semanal de la TSM de la siguiente manera:

- Reclasificación (si es necesario) la imagen de TSM satelital diaria del día  $i$ .
- Confeccionar imagen máscara del día  $i$  ( $MAS_i$ ), a la cual se le asigna valores ceros (pixeles contaminados por nubes) y unos (celdas sin presencia de nubes).



- Multiplicar las cartas generadas en los puntos anteriores, con el fin de eliminar los pixeles contaminados, generando la imagen diaria de TSM no contaminada ( $TSM_i$ ).

Luego, la carta promedio semanal de la TSM-NOAA (TSMS) fue calculada de la siguiente manera:

$$TSMS = \frac{\sum_{i=1}^i TSM_i}{\sum_{i=1}^i MAS_i}$$

donde:

$TSM_i$  : imagen diaria de TSM no contaminada por nubes (i desde 1 a 7 dependiendo del n3mero de cartas diarias que se posea en una semana).

$MAS_i$  : imagen mascara de la TSM diaria (compuesta por valores “ceros” y “unos”).

De la misma manera, y en base a im3genes semanales, se generaron cartas satelitales mensuales de la siguiente forma:

$$TSMM = \frac{\sum_{s=1}^s TSMS_s}{\sum_{s=1}^s MAS_s}$$

donde:

$TSMS_s$  : imagen semanal de TSM no contaminada por nubes (n desde 1 a 4 o 5 dependiendo del n3mero de cartas semanales).

$MAS_s$  : imagen mascara de la TSM semanal (compuesta por “ceros” y “unos”).



Dicha metodologfa es tambi3n conocida como “promedios ponderados” Letelier (com. pers) y ha sido utilizada con 3xito en diferentes trabajos como Braun *et al.*, (2004), Barrfa *et al.*, (2001), Silva *et al.*, (1999), Letelier (1998) y Y3ñez *et al.*, (1996), entre otros.

Para confeccionar la imagen m3scara se utiliz3 el m3dulo RECLASS del SIG IDRISI, el cual reclasifica los valores de las celdas de una imagen (en esta caso “ceros” y “unos”). Se debe recordar que la imagen m3scara asigna valores ceros a los p3xeles contaminados por nubes y unos a las celdas sin presencia de nubes. Asimismo, los p3xeles contaminados de las im3genes de TSM-NOAA quedan con un valor cero. Para asegurar una mejor exclusi3n de los p3xeles contaminados y evitar su interferencia en los promedios semanales y mensuales se utilizaron “zonas de borde”, alrededor de las 3reas contaminadas con nubes, a las cuales tambi3n se les asigna un valor cero.

El prop3sito de estimar la carta promedio semanal es el de obtener una buena visualizaci3n de los fen3menos t3rmicos superficiales y minimizar el efecto de la nubosidad, lo anterior se sostiene en dos fundamentos principales: primero, Pizarro *et al.* (1994), al describir el comportamiento de las fluctuaciones interdiarias indica que los eventos de surgencia tienen una respuesta temporal de 8 o m3s dfa, por otro lado Barbieri *et al.* (1995) al efectuar un an3lisis multitemporal de las im3genes diarias en la zona norte llega a la conclusi3n que los procesos asociados con la estructura t3rmica superficial y/o eventos de surgencia tienen una moda de 8 dfa.



## 2. Objetivo espec3fico N° 2.2

**Describir y analizar la distribuci3n de abundancia estacional del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio, y su relaci3n con las condiciones oceanogr3ficas.**

### 2.1 Calibraci3n de fluj3metros TSK

Los fluj3metros utilizados durante los cruceros estacionales de monitoreo realizados en los meses de junio y agosto-septiembre de 2004, fueron calibrados durante la navegaci3n entre caleta Patillo y punta Patache el d3a 15 de junio a una distancia de 3 mn de la costa y en la bah3a de Mejillones el d3a 15 de agosto de 2004, previo al inicio de las prospecciones, de acuerdo a la metodolog3a propuesta por Smith y Richardson (1979) y metodolog3a est3ndar del Instituto Nacional de Hidr3ulica de Chile.

Los datos del n3mero de revoluciones por segundo y metros por segundo registrados para cada lance, fueron analizados mediante una regresi3n lineal simple y cuya ecuaci3n de calibraci3n fue igual a:

**Crucero MOBIO - 0406 TSK 4771 (A06)  $V = 0,146959207 * N + 0,017663337$**

**TSK 5336 (A07)  $V = 0,146832245 * N + 0,050744067$**

**Crucero MOBIO - 0408 TSK 5336 (A01)  $V = 0,151936699 * N + 0,024970629$**

**TSK 4771 (A02)  $V = 0,147489184 * N + 0,009367260$**



## 2.2 Colecta de las muestras

Durante la ejecuci3n de los cruceros estacionales de monitoreo se efectuaron 144 estaciones zooplanct3nicas, mediante el uso de una red modelo WP-2, complementada con un medidor de flujo marca T.S.K., el que permiti3 cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance.

El muestreo cuantitativo de zooplancton se realiz3 mediante arrastres verticales desde profundidades m3ximas de 100 m hasta la superficie, con velocidades de calado e izado de la red iguales a 0,8 m/s y 0,6 m/s, respectivamente.

La profundidad real de muestreo fue corregida mediante la medici3n del 3ngulo del cable a m3xima profundidad, a trav3s de un clin3metro manual. Durante los cruceros realizados en el a3o 2004, el 3ngulo fluctu3 entre 2° y 44° con una media igual a 16° en oto3o y entre 3° y 55° con una media en los 18° en invierno de 2004.

Durante la realizaci3n de cada uno de los lances planct3nicos, se registr3 en planillas especialmente dise3adas los siguientes datos de car3cter b3sico: c3digo de crucero, n3mero de estaci3n, duraci3n del lance, posici3n geogr3fica, tipo de red y de pesca, n3mero de revoluciones del fluj3metro, lecturas del clin3metro y cable arriado e informaci3n ambiental de car3cter complementario (**Tablas 2 y 3**).

Adem3s, y con el fin de aumentar la cobertura espacial del muestreo durante la ejecuci3n de los cruceros estacionales, se efectu3 el monitoreo continuo superficial de huevos de anchoveta, mediante el uso de la bomba de huevos - CUFES – (Continuos Underway Fish Egg Sampler) (Checkley *et al.*, 1997), desde la costa hasta una distancia m3xima de 40 mn, incorporando adem3s una l3nea paralela a la costa distante 2 mn de ella (**Figuras 3 y 4**).





El sistema CUFES colect3 muestras cada 2,5 mn (app cada 20 minutos), a una profundidad de 3 m. Entregándose en la **Tabla 4** informaci3n relativa a la tasa de flujo de bomba para los respectivos cruceros, la velocidad de crucero, el volumen de agua filtrado por la red CalVET en cada uno de ellos, el cual fue calculado mediante metodología propuesta por Smith *et al.*, (1985) y el volumen de agua promedio del sistema CUFES.

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

Las muestras colectadas con la red WP-2 fueron preservadas con una soluci3n de formalina al 5% en agua de mar neutralizada con disodio tetraborato, almacenándose éstas en frascos plásticos de 500 cc de alta densidad debidamente rotulados. El proceso de fijaci3n se realiz3 tan pronto como éstas fueron extraídas del colector, evitando de esta manera un posible deterioro de los ejemplares capturados.

#### **2.3.1 Procedimiento en laboratorio**

##### **2.3.1.1 Separaci3n e identificaci3n de huevos y larvas**

El procesamiento de las muestras en laboratorio en tierra, contempl3 cuatro etapas:

- Separaci3n de la totalidad de los estadios tempranos de peces (huevos y larvas) de cada una de las muestras,
- Identificaci3n taxon3mica de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa,
- Cuantificaci3n de huevos y larvas de las especies objetivo, y finalmente,
- Enumeraci3n y agrupaci3n del resto del ictioplancton, bajo la denominaci3n de "otras especies".



Para el procesamiento de las muestras, se emplearon microscopios estereosc3picos marca Nikon y Zeiss con aumento de 8 a 40 veces, examinando la totalidad de la muestra.

La determinaci3n taxon3mica de las especies objetivo de este estudio, se realiz3 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); Balbont3n y Garret3n, (1977); P3rez, (1978); Aron, (1980); Balbont3n y P3rez, (1980); Boltovskoy, (1981); Rojas y Mujica, (1981); Rojas *et al.* (1983); Fahay, (1983); Orellana y Balbont3n, (1983); Santander *et al.* (1984); Sinclair y Tremblay, (1984); Sinclair *et al.* (1985); Matarese *et al.* (1989) y Olivar y Fortu3o, (1991).

### 2.3.1.2 Estandarizaci3n de la estimaci3n de la abundancia del ictioplancton

Con el prop3sito de hacer comparable el n3mero de huevos y larvas obtenidos de los cruceros estacionales cuantitativos, se estandariz3 toda la colecci3n a una base com3n, en t3rminos de n3mero de huevos o larvas existentes en una unidad de 3rea est3ndar de 10 m<sup>2</sup>.

La estimaci3n del n3mero de huevos y larvas bajo una unidad de 3rea de mar, se obtuvo mediante la siguiente expresi3n:

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



donde:

- $C$  : n3mero de huevos o larvas en una unidad de 3rea de mar ( $10 \text{ m}^2$ )  
 $d$  : profundidad m3xima del lance (m).  
 $w$  : volumen de agua filtrado ( $\text{m}^3$ ).  
 $c$  : n3mero de huevos o larvas en la muestra.

El valor " $d$ " se obtiene de los datos del lance por medio de la ecuaci3n:

$$d = L_o * \cos \theta$$

donde:

- $L_o$  : Cantidad de cable arriado (m).  
 $\cos \theta$  : coseno del 3ngulo registrado antes del virado de la red.

El volumen de agua filtrado " $W$ " se calcul3 por la ecuaci3n:

$$W = Q * t$$

donde:

- $Q$  : volumen de agua filtrado por unidad de tiempo ( $\text{m}^3/\text{seg}$ ).  
 $t$  : tiempo empleado en el arrastre (seg).

El valor de " $Q$ " se calcula de la ecuaci3n:

$$Q = V * A$$

donde:

- $V$  : velocidad de arrastre de la red expresada en m/seg.  
 $A$  : 3rea de la boca de la red ( $\text{m}^2$ ).



La velocidad se obtiene a partir de un ajuste de la curva de calibraci3n del medidor de flujo:

$$V = a * N + b$$

donde:

**N** : n3mero de revoluciones por segundo.

**a y b** : constantes

Basado en los valores cuantitativos de los an3lisis y con el prop3sito de contar con antecedentes comparativos entre las fases de desarrollo de las especies ictioplanct3nicas, se determinaron algunos par3metros tales como el poblacional, densidad promedio respecto de las estaciones totales y positivas y los comunitarios, constancia y dominancia num3rica.

En forma complementaria se incorpora la estimaci3n de la densidad de huevos y larvas mediante la distribuci3n Log-normal de acuerdo a:

Estimador de la media de la distribuci3n delta (Pennigton, 1986)

Un estimador desarrollado por Pennington (1986) para estimar la media de una variable, en la cual una fracci3n de las observaciones es igual a cero y las restantes tienen distribuci3n lognormal, se puede plantear de la forma:

$$c = \left( \frac{m}{n} \right) \exp(\bar{y}) G_m(r)$$

donde m es la cantidad de estaciones (observaciones) positivas, n es el total de estaciones,  $\bar{y}$  es la media de la variable transformada a logaritmo natural, y  $G_m(r)$  es una funci3n de la varianza de la variable transformada a logaritmo, de la forma:



$$G_m(r) = 1 + \frac{(m-1)r}{m} + \frac{(m-1)^3 r^2}{2! m^2 (m+1)} + \frac{(m-1)^5 r^3}{3! m^3 (m+1)(m+3)} + \dots$$

donde;

$$r = \frac{s^2}{2}$$

siendo  $s^2$  la varianza de la variable transformada a logaritmo. Puede apreciarse que  $G_m(r)$  es una serie infinita que depende de la varianza de los datos transformados a logaritmo y de la cantidad de valores distintos de cero.

La varianza de la densidad media estimada viene dada por :

$$\hat{v}(c) = \left[ \frac{m}{n} \right] \exp(2\bar{y}) \left[ \left( \frac{m}{n} \right) G_m^2(r) - \frac{(m-1)}{(n-1)} G_m \left( \frac{(m-2)}{(m-1)} 2r \right) \right]$$

Para la confecci3n de mapas de distribuci3n, abundancia y asignaci3n de categorías de densidad para huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa se utiliz3 la escala geométrica de Frontier (1966) modificada y un software **ad hoc**, SURFER 7.0.

Para efectos de establecer una comparaci3n interanual, se utilizaron series hist3ricas estandarizadas del ictioplancton de las especies objetivo para el perío do 1993/2004, obtenidas para las estaciones de otoño e invierno para la zona Antofagasta - Arica, desde la costa hasta una distancia má xima de 100 mn. Para la zona comprendida entre Antofagasta y Pichidangui se utiliz3 informaci3n proveniente de los cruceros realizados en invierno de los ań os 1983, 1984, 1986, 1987, 1991, 1993, 1994, 1995 y 2004 a la zona Antofagasta – Coquimbo.



### 2.3.1.3 Estimaci3n del 3ndice de abundancia larval

Para el c3lculo del 3ndice de abundancia larval de sardina y anchoveta, el cual entrega informaci3n respecto de la intensidad y extensi3n del desove, se utiliz3 la metodolog3a propuesta por Smith y Richardson (1979).

Si se asimila el dise1o de un crucero cualquiera a un muestreo aleatorio simple, entonces el 3ndice larval (L) y su varianza se puede estimar como:

$$L = A (p \cdot c)$$

$$\text{var}(L) = A^2 \text{var}(\bar{c})$$

siendo

- L : 3ndice de larvas
- A : Factor areal
- p : Proporci3n de estaciones positivas a larvas
- c : N3mero promedio de larvas de las estaciones positivas

La varianza de la captura promedio por lance se estim3 como:

$$\text{var}(\bar{c}) = \left( \frac{A - N}{A} \right) \frac{s^2}{N}$$

La varianza de la muestra se calcul3 a trav3s de toda la muestra, incluyendo estaciones positivas y negativas mediante (Cochran, 1977):

$$s^2 = \frac{1}{N - 1} \sum_{i=1}^N (c_i - \bar{c})^2$$



donde,

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^N c_i}{N}$$

La raz3n de hacerlo a trav3s de toda la muestra, es porque no se conoce con exactitud el n3mero total de 3reas de 10m<sup>2</sup>, presentes en la zona de estudio con registros positivos.

El promedio sobre todas las estaciones resulta de multiplicar la proporci3n de estaciones positivas, por el promedio sobre las mismas estaciones, es decir:

$$\bar{c} = P \cdot \bar{c}^+ = \left( \frac{N^+}{N} \right) \left( \frac{\sum_{i=1}^{N^+} c_i}{N^+} \right)$$

luego, el 3ndice larval (L) se puede expresar como:

$$L = A \cdot \bar{c} .$$

Intervalos de confianza al 95% se obtienen mediante:

$$L \pm 1.96 \cdot \sqrt{\text{var}(L)} .$$

En ocasiones tambi3n es importante conocer la varianza de lnL, la cual se obtiene mediante:

$$\text{var}(\ln L) = \ln(CV^2(L) + 1)$$

El estimador de varianza propuesto corresponde a la varianza de un estimador del total para una subpoblaci3n (Cochran, 1977).



## 2.4 Explorar las relaciones entre la distribuci3n de huevos y larvas de anchoveta y las variables oceanogr3ficas

Para efectuar el an3lisis integrado de las variables recolectadas se realiz3 un estudio espacio-temporal de la distribuci3n y abundancia de los huevos y larvas de anchoveta y de las variables oceanogr3ficas asociadas. Para ello se utilizaron los archivos de la base de datos correspondientes a cruceros bio-oceanogr3ficos realizados en el per3odo 1993 - 2004. La informaci3n considera los siguientes registros: fecha, latitud y longitud de las lecturas de huevos y larvas de anchoveta y su correspondiente valor de densidad; asimismo, se utilizan los datos de temperatura y salinidad superficial provenientes de las estaciones oceanogr3ficas.

### 2.4.1 Procesamiento de la informaci3n

Para el an3lisis integrado de las variables registradas tanto pesqueras como bio-oceanogr3ficas, se utiliz3 como plataforma de trabajo los sistemas de informaci3n geogr3fica (SIG) IDRISI (Eastman, 1995) y TNTmips (Microimages, 1997). El objetivo principal de la utilizaci3n del SIG es la de superponer distintos planos de informaci3n, por ejemplo datos bio-oceanogr3ficos, pesqueros o im3genes satelitales, para encontrar relaciones espaciales y temporales.

La confecci3n de mapas implico realizar previamente la georreferenciaci3n de la costa, que se obtuvo desde las cartas n3uticas electr3nicas (CNE) del SHOA, mediante la t3cnica 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 distintos planos de informaci3n, 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. Lo anterior significó generar imágenes en rasters con similares cantidades 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 SIG: 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.

#### **2.4.2 Análisis integrado**

Con los SIG mencionados y para detectar la posible asociación entre la distribución del ictioplancton y los parámetros ambientales, se desarrollaron tres enfoques: a) se realizó un análisis espacial y visual de la información realizando la cartografía de las variables y explorando las correlaciones espaciales cruzadas (crosstabulaciones) y se calculó el número de celdas de huevos y larvas respecto de la temperatura con el propósito de generar gráficos con la frecuencia (número de celdas) respecto de dichas variables, b) se estiman los CG de las distribuciones de huevos y larvas de anchoveta; y c) se efectuó un modelamiento estadístico de la densidad del ictioplancton asociado a variables ambientales.

##### **a) Análisis cartográfico entre la distribución del ictioplancton y las variables oceanográficas**

Para establecer las relaciones se realizaron asociaciones cruzadas entre la distribución de huevos y larvas de la especie y las variables oceanográficas; posteriormente, se generaron los gráficos con la frecuencia (número de celdas) de



la distribuci3n con respecto a la temperatura. Con esto se determinaron rangos 3ptimos de preferencia en relaci3n a dicha variable.

Para establecer las relaciones entre las variables, en primer lugar se realiz3 un estudio visual (en pantalla) de las im3genes generadas, luego se ejecutaron asociaciones cruzadas entre la distribuci3n de los huevos y larvas y las variables oceanogr3ficas; posteriormente, se generaron los gr3ficos con la frecuencia (n3mero de celdas) de la distribuci3n del ictioplancton con respecto a la temperatura, con esto se determinaron rangos de distribuci3n de los productos del desove y estratos 3ptimos de preferencia en relaci3n a dicha variable.

#### **b) Determinaci3n de los centros de gravedad (CG)**

Una vez realizada la cartograf3a se procedi3 a calcular los 3ndices estad3sticos de los mapas. En el caso de las cartograf3as de huevos y larvas de anchoveta, se calculo el centro de gravedad (CG).

Para el c3lculo del CG de los respectivos cruceros se utiliz3 la siguiente formula:

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

donde:

$CG_n$  : Centro de gravedad del n-3simo crucero.

$Lat(Long)_{in}$  : Latitud (Longitud) de la i-3sima estaci3n.

$Den_{in}$  : Densidad de huevos y larvas de la i-3sima estaci3n.



**c) Modelamiento estadístico de la densidad del ictioplancton asociado a variables ambientales**

El modelamiento de la densidad de huevos y larvas de anchoveta se realizó mediante dos alternativas: un modelo lineal generalizado, GLM (McCullagh y Nelder, 1989), y un modelo aditivo generalizado, GAM (Hastie y Tibshirani, 1990).

El GLM propuesto, corresponde básicamente a un modelo en el cual la respuesta (densidad de huevos) corresponde a una variable aleatoria con distribución perteneciente a la familia exponencial.

De esta forma se plantea un modelo de la forma:

$$g(\mu) = \eta_i \quad (1)$$

donde:

$$\eta_i = \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip} \quad (2)$$

Se denomina predictor lineal con p predictores y g corresponde a la funci3n de enlace, la cual relaciona el predictor lineal con la media de la variable respuesta (en este caso la densidad de huevos). Los predictores corresponden a las variables ambientales y de posici3n (temperatura, salinidad, latitud y longitud).

El m3todo de estimaci3n de los parámetros del modelo corresponde a máxima verosimilitud. Para resolver los sistemas de ecuaciones se utiliza el Método Scoring, el cual consiste, en términos operacionales, en un estimador de mínimos cuadrados iterativamente ponderados (Krzanowski, 1998).



El GAM por su parte, en su estructura aleatoria es similar al GLM, dado que la variable respuesta sigue perteneciendo a la familia exponencial. La diferencia reside en la componente sistemática, es decir en el predictor lineal, el cual tiene la siguiente forma:

$$\eta_i = f_1(X_{i1}) + f_2(X_{i2}) + \dots + f_p(X_{ip}) \quad (3)$$

donde:  $f$  son funciones no especificadas (“no paramétricas”) las que son estimadas utilizando un algoritmo cuya estructura básica corresponde a un “scatterplot smother”. Las funciones estimadas  $f_j(x_j)$  pueden revelar posibles no-linealidades en los efectos de los predictores sobre la variable respuesta.

El suavizamiento spline cúbico es utilizado, de forma tal de buscar una funci3n  $f(x)$  que minimice la expresi3n:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \int_a^b (f''(t))^2 dt \quad (4)$$

N3tese que la integral de la segunda derivada de la funci3n mide que tan suave es la funci3n  $f$ .  $\lambda$  es un parámetro de suavizamiento no-negativo, el cual gobierna el “trade-off” entre la bondad del ajuste a los datos y que tan suave es la funci3n  $f$ .

El ajuste del modelo se realiza a trav3s de un procedimiento conocido como retro-ajuste ponderado descrito en detalle en Hastie y Tibshirani, (1990).

La bondad de los ajustes en GLM y GAM se estudia a trav3s del análisis de deviance, el cual corresponde a un test de raz3n de verosimilitud entre un modelo saturado ( $n$  parámetros) y un modelo propuesto ( $p$  parámetros). Adem3s, la deviance puede ser usada para comparar modelos anidados y de esta forma realizar inferencia sobre el efecto particular de ciertos predictores en la respuesta estudiada.



### 3. Objetivo específico N° 2.3

**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.**

#### 3.1 Calibración del sistema acústico

##### 3.1.1 Calibración electroacústica

El procedimiento de calibración electroacústica del sistema de ecointegración SIMRAD EK 500, consiste en un proceso iterativo, en que se miden las señales de la intensidad de blanco (TS) y ecointegración (Sa), provenientes de un blanco de referencia conocido, ubicado en el centro del haz acústico, los que deben converger hacia el valor teórico del blanco de referencia (Foote *et al.*, 1987).

Para este fin se utilizaron blancos estándares de cobre diseñados para las frecuencias de 38 y 120 KHz, según las recomendaciones del Grupo de Trabajo de Acústica del ICES y por el fabricante (Foote *et al.*, *op cit*). 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 de cada crucero. El buque se fondeó con dos anclas por la proa y una por la popa (barbas de gato).



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:

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

donde:

- G<sub>1</sub> : nueva ganancia del transductor
- G<sub>0</sub> : ganancia antigua
- TSm : intensidad de blanco medida (dB)
- TSb : intensidad de blanco teórico (dB)

Para ajustar los parámetros de las lecturas del econtegrador (S<sub>a</sub>) se aplica el siguiente procedimiento:

$$G_i = G_0 + \frac{10 \log \frac{Sa_{(m)}}{Sa_{(t)}}}{2}$$

siendo:

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

donde:

- S<sub>bs</sub> : sección dispersante de la esfera (dB).
- r : profundidad de la esfera (m).
- r<sub>0</sub> : profundidad de referencia (1 m).



$\psi$  : 3ngulo equivalente del haz ac3stico (dB).

$S_{a(t)}$  : salida te3rica del ecoinTEGRADOR.

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

### 3.1.2 Identificaci3n de especies

La identificaci3n de especies fue realizada mediante la aplicaci3n del m3todo ac3stico (Guzm3n *et al.*, 1983), el que considera el an3lisis de la forma geom3trica de los card3menes y su relaci3n con la se3al ac3stica, seg3n la siguiente formulaci3n:

$$S_v = \frac{CIV^2}{LxD}$$

donde:

$S_v$  : coeficiente volum3trico de dispersi3n de la agregaci3n 3 card3men.

$C1$  : constante de calibraci3n electr3nica del equipo. En el caso del EK 500 est3 incluida en la salida calibrada del ecoinTEGRADOR.

$L$  : longitud de la agregaci3n (m)

$D$  : altura media de la se3al remitida por la agregaci3n (m).

$V^2$  : voltaje al cuadrado, equivalente a la lectura del ecoinTEGRADOR.

La informaci3n ac3stica que se utiliz3 corresponde a la relaci3n entre las caracter3sticas geom3tricas de los card3menes (largo, alto, forma), medidas en el ecograma, respecto a la se3al ac3stica remitida, medida en el ecoinTEGRADOR (voltaje), ambas mediciones se combinan y se determina el factor denominado "coeficiente volum3trico de dispersi3n o  $S_v$ ", que presenta rangos claramente diferenciables entre sardina espa3ola, jurel y anchoveta. Los valores t3picos de este 3ndice son  $-31,9$  dB para sardina espa3ola;  $-42,1$  dB para jurel y  $-36$  dB para anchoveta.



### 3.2 Distribuci3n de los recursos

La informaci3n acústica por Intervalo Básico de Muestreo (I.B.M.) acústico de 0,5 mn, separada por especie, es presentada en mapas de distribuci3n espacial, utilizando una escala de densidad ( $t/mn^2$ ), determinada por la siguiente expresi3n  $75 * 2^{(n-1)}$ , donde n representa el nivel de la categoría, siendo  $0 < n \leq 4$  (**Tabla 5**).

Los mapas de distribuci3n espacial se confeccionaron realizando una interpolaci3n segun el método de la distancia inversa al cuadrado entre las I.B.M's y transectas cercanas, trazando líneas de isodensidad segun las categorías seáladas anteriormente.

#### 3.2.1 Índices de cobertura y abundancia relativa

El índice de cobertura indica el porcentaje del área ocupada efectivamente por la especie, dando una idea acerca del grado de agregaci3n presentado por la especie en el momento de la prospecci3n, su cálculo fue realizado de acuerdo a:

$$I.C. = \frac{k}{z} * 100$$

La abundancia relativa de los recursos se determina con el índice de densidad (I.D.), que indica el grado de concentraci3n de ellos en aquellas observaciones acústicas donde se detectó su presencia. El procedimiento de cálculo utilizado fue el siguiente:

$$I.D. = \sum \frac{S_{ai} * c}{k}$$





donde:

- k : observaciones acústicas con presencia de recurso.
- z : número total de observaciones acústicas en el crucero.
- Sa<sub>i</sub> : lecturas acústicas en la i-ésima I.B.M.
- C : factor de ecointegración, obtenido en base a un TS<sub>kg</sub> de -32,5 dB/Kg.
- I.C. : índice de cobertura (%).
- I.D. : índice de densidad en t/mn<sup>2</sup>.

El TS<sub>kg</sub>, corresponde a la seña 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<sub>kg</sub> 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 anchoveta, se aplica la relación  $TS = 20 \log L - 73,3$  determinada por Castillo *et al.*, (2000) y que corresponde a una compilación de una serie de experiencias realizadas en proyectos financiados por el FIP. En el caso de jurel y caballa, se utiliza la relación  $TS = 20 \log L - 68,67$ , ajustada por Córdoba *et al.* (1997) para la zona centro-sur.



#### **4. Objetivo espec3fico N° 2.4**

**Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual de las variables se±aladas en los objetivos 2.1 y 2.2, con observaciones realizadas en, a lo menos, 3 estaciones costeras dentro de la zona de estudio**

Las estaciones costeras de vigilancia ubicadas a 2 mn al oeste de los puertos de Mejillones, Iquique y Arica, fueron monitoreadas durante 7 meses, lo que equivale al per3odo comprendido entre mayo y noviembre de 2004. De los siete muestreos, dos de ellos se realizaron a bordo del B/I "Carlos Porter" y los 5 restantes a bordo de embarcaciones pesqueras. En ellas se obtuvieron muestras discretas para los an3lisis de salinidad, ox3geno disuelto, clorofila **a** y registros de temperatura en superficie y a las profundidades de 5, 10, 25 y 50 m, utilizando botellas Niskin de 1,7L equipadas con term3metros de inversi3n. Se realizaron adem3s lances planct3nicos en arrastres verticales con red WP-2. El procesamiento de las muestras colectadas y su respectivo an3lisis se realiz3 siguiendo las rutinas descritas para los objetivos **2.1 y 2.2**.

Los datos de temperatura y el resultado del an3lisis de las muestras de salinidad, contenido de ox3geno disuelto y clorofila-**a**, fueron ingresados a las bases de datos y se graficaron como serie de tiempo con profundidad. El resto de la informaci3n, es decir, feopigmentos, abundancia de huevos y larvas de peces y biomasa zooplanct3nica se entregan graficadas como series de tiempo.



## VII. RESULTADOS

---

### 1. Zona de estudio

El proyecto FIP N° 2004-01 comprendió la realización de dos cruceros bio-oceanográficos estacionales, el primero en el período de otoño y el segundo en invierno, realizándose ambos en el B/I “Carlos Porter” de los registros del Instituto de Fomento Pesquero.

El crucero de otoño abarcó la zona marítima de la primera y segunda Región, efectuándose 5 transectas perpendiculares a la costa que se extendieron hasta las 100 mn. Las transectas se realizaron frente a las localidades de Arica (T5; 18°25'S), punta Junín (T4; 19°40'S), punta Lobos (T3; 21°00'S), punta Copaca (T2; 22°20'S) y bahía Moreno (T1; 23°40'S), realizándose un total de 54 estaciones (**Figura 1**).

El crucero de invierno abarcó la zona marítima de la primera a cuarta región. En este crucero se realizaron 11 transectas perpendiculares a la costa, las cuales se extendieron hasta una distancia máxima de 100 mn. Las transectas se realizaron frente a las localidades de Arica (T5; 18°25'S), punta Junín (T4; 19°40'S), punta Lobos (T3; 21°00'S), punta Copaca (T2; 22°20'S), bahía Moreno (T1; 23°40'S), rada Paposo (T6; 25°00'S), punta Ballenita (T7; 26°00'S), bahía Salada (T8; 27°40'S), caleta Inglesa (T9; 29°00'S), Coquimbo (T10; 30° 00'S) y Pichidangui (T11; 32°08'S), realizándose un total de 90 estaciones (**Figura 2**).

### 2. Cruceros

Durante el período comprendido entre mayo y diciembre de 2004, el Instituto de Fomento Pesquero – IFOP – realizó a bordo del B/I “Carlos Porter” los siguientes cruceros estacionales de monitoreo:



- **Otoño** : **MOBIO 0406 (12 al 22 de junio de 2004),**
- **Invierno** : **MOBIO 0408 (22 de agosto al 05 de octubre de 2004)**

Se efectuaron adem1s, las estaciones costeras de vigilancia de frecuencia de observaci3n mensual durante el per3odo comprendido entre mayo y noviembre de 2004, frente a los puertos de Mejillones, Iquique y Arica y estaciones bio-oceanogr1ficas durante la navegaci3n intertransectas en cada uno de los cruceros (**Figuras 1 y 2; Tablas 2 y 3**).

Cabe destacar que el crucero de invierno de 2004 – **MOBIO 0408** form3 parte del S3ptimo Crucero Regional Conjunto de Investigaci3n Oceanogr1fica en el Pac3fico Sudeste, coordinado bajo la responsabilidad de la Direcci3n Cient3fica de la Comisi3n Permanente del Pac3fico Sur (CPPS), cuya institucionalizaci3n se llev3 a cabo en la VI Reuni3n de Ministros de Relaciones Exteriores de la Comisi3n Permanente del Pac3fico Sur, a trav3s de la Declaraci3n de Santiago de 2000. Esta nueva exploraci3n constituy3 la continuaci3n de los esfuerzos realizados por los pa3ses miembros de la CPPS y cont3 con el intercambio de cient3ficos a bordo de los buques participantes, recibiendo Chile en esta oportunidad, a un qu3mico del Instituto Oceanogr1fico de la Armada del Ecuador - INOCAR, viajando a Ecuador un bi3logo chileno.

#### **A. Objetivo espec3fico N° 2.1**

**Describir y analizar el patr3n estacional de temperatura, salinidad, densidad, ox3geno disuelto, clorofila-a y penetraci3n de la luz, en la zona de estudio, en la estructura vertical de 0 a 200 metros.**



### 3. Condiciones oceanográficas

#### 3.1 Vientos

Las observaciones horarias (**Figura 5a**) durante la navegaci3n en otoño de 2004, totalizaron 174 mediciones. De éstas, el 19% indic3 direcci3n del primer cuadrante, el 72% del segundo y tercer cuadrante y un 9% del cuarto cuadrante. El 40% de las observaciones en este período estuvo en el rango comprendido entre 5 y 10 m/s, mientras que las intensidades del viento mayores a 10 m/s acumularon s3lo el 2% del total de registros.

En invierno, la intensidad de los vientos predominantes, que corresponden a un total de 970 observaciones (**Figura 5b**), sealaron que el 61% de estos estuvieron bajo el valor de 5 m/s, mientras que un 33% estuvo entre 5 y 10 m/s y el 6% restante correspondi3 a valores por sobre los 10 m/s. Del total de registros, s3lo un 2% aproximadamente, correspondi3 a una condici3n de calma. Las velocidades máximas observadas fueron de 16 m/s (aproximadamente 30 nudos) y se registraron en el sector oceánico frente a punta Tres Picos (2430'S). Los sectores que presentaron las mayores intensidades del viento fueron:

- entre Coquimbo y Pichidangui (30a 32S), con 10 m/s en promedio,
- entre Mejillones y punta Tres Picos, con un valor promedio de 6,6 m/s.

De Antofagasta al norte, las intensidades del viento fueron menores, registrándose las más bajas intensidades en el sector entre punta Junín y Arica, con un promedio igual a 3,5 m/s. En general, en la zona de estudio predomin3 el viento del segundo y tercer cuadrante, con un 83% de los registros, correspondiendo el 73% del total de observaciones a aquellos de direcci3n entre 135 y 225 (SE y SW). Algunos sectores tuvieron eventos de viento del primer y cuarto cuadrante,



los cuales se observaron desde rada Paposo a punta Ballenita ( $25^{\circ}$  a  $26^{\circ}$ S ) y entre punta Totalillo y Coquimbo ( $29^{\circ}30'S$  a  $30^{\circ}$ S), con algunos otros casos que se presentaron en forma aislada.

El índice de surgencia promedio (IS) se presentó en otoño (**Figura 6a**) con valores negativos desde Antofagasta hasta caleta Chipana ( $21^{\circ}20'S$ ; Est. 24), en un rango de  $-172$  a  $-316$   $m^3/s$ , sin embargo, al norte de esta latitud los valores promedio fueron positivos con magnitudes de IS entre  $245$  y  $604$   $m^3/s$ . En invierno, el IS costero (**Figura 6b**) presentó una tendencia a mayores valores desde Antofagasta hacia el sur de la zona de estudio. El máximo valor positivo fue de  $3615$   $m^3/s$  y corresponde al promedio entre los  $31^{\circ}$  y  $32^{\circ}$ S, seguido en magnitud por el IS de  $1820$   $m^3/s$  entre los  $26^{\circ}$  y  $27^{\circ}$ S. Los menores IS positivos, (transporte hacia el oeste) se presentaron en las cercanías de Huasco y Arica, ambos con un valor cercano a los  $300$   $m^3/s$ . Valores promedio negativos de IS, es decir transporte hacia la costa, fueron de  $119$  y  $616$   $m^3/s$ , localizados respectivamente entre los  $29^{\circ}$  a  $30^{\circ}$ S y entre los  $25^{\circ}$  y  $26^{\circ}$ S de latitud.

El índice de turbulencia (IT) de otoño (**Figura 6c**), fue notoriamente menor en la franja costera en relación a aquellos del sector oceánico, observándose los mayores valores de esta variable en las intertransectas y también en el sector oceánico de la transecta de punta Lobos. El máximo valor de turbulencia fue de  $1204$   $m^3/s^3$  y se registró a  $80$  mn de la costa frente a punta Lobos.

El IT de invierno (**Figura 6d**), presentó promedios latitudinales máximos de  $1227$  y  $1055$   $m^3/s^3$ , ambos en el sector costero para la zona que se extiende desde Coquimbo a Pichidangui. El segundo sector con un mayor IT, tanto en la franja costera como en el sector oceánico, fue el de Antofagasta a punta Obispo, con valores cercanos a  $400$   $m^3/s^3$ . Los menores IT se encontraron en el extremo norte



de la zona de estudio, Arica a Iquique, y de Huasco a Coquimbo, con valores menores a  $50 \text{ m}^3/\text{s}^3$ .

Los IS instant3neos (ISI) y los IS filtrados (ISF), de las estaciones fijas en los aeropuertos de Iquique y Antofagasta, se entregan en la **figura 7**.

En Antofagasta (**Figura 7a**) el promedio general de la serie fue de  $313 \text{ m}^3/\text{s}$ , con un ISI m3ximo positivo de  $3017 \text{ m}^3/\text{s}$  el d3a 14 de agosto y negativo de  $-2878 \text{ m}^3/\text{s}$  el d3a 29 del mismo mes, mientras que los ISF son de  $1438$  el 8 de octubre y de  $-1346$ , tambi3n el 29 de agosto. La mayor variabilidad del IS, en t3rminos relativos, se observ3 en los meses de junio a agosto, ya que este per3odo registr3 la mayor cantidad de eventos de IS negativos junto a valores de IS positivos que alcanzaron m3ximos de la serie.

El promedio de los IS de la serie total de Iquique (**Figura 7b**) fue de  $380 \text{ m}^3/\text{s}$ , mientras que el ISI m3ximo positivo fue de  $4964 \text{ m}^3/\text{s}$  el d3a 24 de abril y el m3ximo negativo de  $-1091 \text{ m}^3/\text{s}$  el d3a 29 de agosto. En el caso de los ISF, el m3ximo positivo fue de  $-1852 \text{ m}^3/\text{s}$  y el m3ximo negativo lleg3 a  $-537 \text{ m}^3/\text{s}$ , ambos los mismos d3as que los m3ximos de los ISI. En t3rminos relativos, los mayores IS positivos de esta serie se presentaron en los meses de febrero a abril. Eventos de IS negativos fueron escasos en la serie, registr3ndose la mayor3a de ellos entre los meses de junio y septiembre, pero que fueron en general de baja magnitud. Es este mismo per3odo indicado, los ISF positivos registraron tambi3n las menores magnitudes de la serie de esta localidad.

Al comparar las dos series de ISF (**Figura 7c**) se observ3 que ambas tienen un comportamiento similar, es decir, una tendencia a un aumento o disminuci3n simult3nea de los valores de IS. Sin embargo, en los meses de febrero a abril las magnitudes de IS de la estaci3n de Iquique son notoriamente mayores a las de



Antofagasta. Por otro lado, en el período junio – octubre, ambas series muestran una notable asociación. En este sentido, al aplicar una correlación simple a los valores de ISF de la serie completa se obtuvo que el coeficiente de correlación fue de 0,53, mientras que para la serie de febrero a mayo el  $r = 0,50$  y para la serie de junio a octubre  $r = 0,71$ , siendo todas las correlaciones significativas ( $p\text{-value} < 0.001$ ).

### 3.2 Temperatura superficial del mar

En otoño, la temperatura superficial (TSM) en la zona de estudio (**Figura 8a**) fluctuó entre  $14,6^{\circ}\text{C}$  y  $18,4^{\circ}\text{C}$ , el mínimo se localizó en la transecta de bahía Moreno (T1) a 5 mn de la costa, mientras que el máximo estuvo localizado a 100 mn frente a punta Madrid ( $19^{\circ}03'S$ ; Est. 53) (**Tabla 6**). En la franja costera se registró un gradiente térmico débil y el sector de Tocopilla tuvo la presencia de aguas de mayor temperatura relativa ( $> 17^{\circ}\text{C}$ ). El sector oceánico mostró, en general, TSM mayores a  $17^{\circ}\text{C}$ , con un foco de máximos entre punta Junín (T4) y punta Lobos (T3), los que superaron los  $18^{\circ}\text{C}$ . El sector costero donde se registraron TSM menores a  $17^{\circ}\text{C}$  abarcó desde Arica (T5) hasta Tocopilla y el sector con TSM menores a  $16^{\circ}\text{C}$  se presentó entre punta Copaca (T2) y Antofagasta.

En el invierno de 2004, la TSM del área de estudio (**Figura 8b**), presentó un rango comprendido entre  $12,8$  y  $19,2^{\circ}\text{C}$ , el primer valor registrado a 1 mn de la costa en la sección de Coquimbo (T10) y el segundo en la estación ubicada a 100 mn de la costa frente a punta Madrid ( $19^{\circ}00'S$ ; Est. 81) (**Tabla 7**). En el sector oceánico que va desde Arica (T5) a punta Copaca (T4), las TSM fueron  $> 17^{\circ}\text{C}$ , con un foco que superó los  $18^{\circ}\text{C}$  entre Arica (T5) y punta Junín (T4). Hacia el sur las temperaturas disminuyeron a valores menores a  $13^{\circ}\text{C}$  frente a Coquimbo. En el sector costero, el gradiente térmico se observó más fortalecido en la parte norte del área de estudio, observándose el principal foco de aguas frías en la punta norte de la





península de Mejillones ( $23^{\circ}10'S$ ). En el sector desde punta Ballenita (T7) al sur, las TSM costeras fueron inferiores a  $15^{\circ}C$ , registrándose en las estaciones costeras de Coquimbo el foco de menores temperaturas del crucero, las cuales fueron inferiores a  $< 13^{\circ}C$ .

La anomalía de TSM de otoño (**Figura 8c**) tuvo una notoria predominancia de valores negativos en toda la zona de estudio. Estos valores de anomalía no superaron los  $2^{\circ}C$  hacia la franja costera, y en la franja oceánica se observaron anomalías negativas que superaron el valor de  $1^{\circ}C$ . La mayor anomalía negativa de TSM fue de  $-3,5^{\circ}C$  y se ubicó entre punta Copaca (T2) y Mejillones (**Tabla 6**), por sobre las 50 mn de la costa, dentro de un núcleo de valores negativos  $> 2^{\circ}C$  pero que es, relativo al área total, de pequeño tamaño. El sector oceánico con menores anomalías fue el sector central de la zona, específicamente entre Iquique y Mejillones, el que registró valores negativos de desviación del promedio histórico inferiores a  $1^{\circ}C$ .

En invierno, la anomalía de TSM (**Figura 8d; Tabla 7**) en el sector oceánico mantuvo valores positivos, formando tres focos de valores  $> 1^{\circ}C$ . Uno de estos focos se ubicó entre las estaciones oceánicas de Arica (T5) y la estación de 100 mn frente a punta Madrid ( $19^{\circ}00'S$ ), otro entre punta Lobos (T3) y punta Copaca (T2), y un tercer foco centrado en la estación de 100 mn de la transecta realizada frente a rada Paposo (T6). En el sector costero, las anomalías fueron principalmente negativas, donde los focos presentaron valores de anomalías  $> 1^{\circ}C$ . La mayor anomalía negativa se registró en la estación 46 en la punta norte de la península de Mejillones ( $23^{\circ}10'S$ ;  $-1,9^{\circ}C$ ), extendiéndose este foco hacia el norte hasta punta Copaca (T2). Otros tres focos de similar valor, pero de una menor extensión, se registraron en las estaciones costeras de: punta Lobos (T3), desde punta Junín (T4) a punta Camarones ( $19^{\circ}20'S$ ), y en la estación de 1 mn frente a punta Pinto ( $18^{\circ}40'S$ ).



### 3.3 Salinidad superficial del mar

La salinidad superficial del mar (SSM) (**Figura 9a**) registr3 en oto1o, al igual que la TSM, un gradiente este-oeste, con valores m3nimos en la costa y mayores en el 1rea oce1nica. En la costa la SSM fue menor que 34,9 psu entre Arica (T5) y caleta Patillos (20°35'S; Est. 33) y de 34,8 psu entre Tocopilla y el l3mite sur de la zona prospectada. La m3nima salinidad se registr3 en el sector de punta Cobija (22°34'S; Est. 1) a Antofagasta, con valores menores a 34,7 psu mientras que el m1ximo de 35,15 psu estuvo a 70 mn de la costa frente a punta Patache (20°48'S; Est.32) (**Tabla 6**). El sector oce1nico de la zona se dividi3 en dos, la mitad norte que va desde Arica (T5) a punta Lobos (T3) con valores por sobre los 35,0 psu, con un m1ximo de 35,1 psu formando un peque1o foco a 70 mn frente a caleta Patillos (20°35'S; Est. 33), mientras que en la mitad sur, la salinidad disminuy3 gradualmente hasta valores de 34,8 psu frente a Antofagasta.

La SSM en invierno de 2004 (**Figura 9b; Tabla 7**), present3 un gradiente paralelo a la costa desde bah3a Moreno (T1) hasta el l3mite norte. En este sector, destac3 un foco de baja salinidad (< 34,7 psu) el cual se se ubic3 entre las 20 y 40 mn de la transecta de punta Copaca (T2), mientras que en el sector oce1nico comprendido desde punta Lobos (T3) al norte, la SSM exhibi3 valores superiores a 35 psu. En el sector sur, entre bah3a Moreno (T1) y punta Ballenita (T7) la SSM del sector costero fue inferior a 34,7 psu. Al sur de bah3a Salada (T8) las isol3neas se distribuyeron casi perpendiculares a la costa, disminuyendo gradualmente hacia el sur hasta alcanzar un m3nimo de 34,6 psu, valor que se registr3 en la estaci3n de 10 mn frente a bah3a Moreno (T1).

En oto1o, la anomal3a de SSM (**Figura 9c, Tabla 6**), al igual que la variable temperatura, present3 un amplio predominio de valores negativos, anomal3as menores a 0,1 psu en la franja costera y en la mitad norte de la zona. En la mitad



sur, sin embargo, se registró un importante foco de anomalías que llegaron hasta  $-0,4$  psu en el sector oceánico frente a punta Copaca, sector que también registró las anomalías negativas de TSM mayores a  $1^{\circ}\text{C}$  que fueron mencionadas anteriormente.

La anomalía de SSM de invierno (**Figura 9d; Tabla 7**), presentó un amplio predominio de valores negativos, principalmente en el sector costero. Las mayores anomalías, que llegaron hasta  $-0,4$  psu, se registraron a 40 mn al oeste de punta Copaca (T2), en tanto que en el sector norte las mayores anomalías negativas superaron los  $0,2$  psu en un foco ubicado entre las 20 y 40 mn sobre la sección de punta Junín (T4). En el sector oceánico se registró una franja de anomalías positivas de SSM desde punta Patache ( $20^{\circ}50'S$ ; Est. 68) hasta rada Paposó (T6), con valores que no superaron los  $0,1$  psu.

### 3.4 Densidad superficial

En otoño, la densidad superficial (**Figura 10a**) registró un rango de valores de  $25,26$  a  $25,79$   $\text{Kg}/\text{m}^3$ , ubicándose el máximo en el sector costero a 1 mn frente a Arica (T5) y el mínimo a 20 mn de esta misma localidad (**Tabla 6**). Los valores mínimos de densidad, es decir menores a  $25,3$   $\text{Kg}/\text{m}^3$ , se extendieron desde el sector central frente a Arica hacia el área oceánica abarcando gran parte del área hasta Tocopilla. Frente a Tocopilla los mínimos valores de densidad se presentaron también cercanos a la costa, por lo que este sector no registró gradiente horizontal costero en la zona. En el sector entre Arica (T5) y punta Lobos (T3), los mayores gradientes de esta variable estuvieron en el rango de  $0,02$  a  $0,03$   $\text{Kg}/\text{m}^3/\text{mn}$ .

En invierno, la densidad superficial (**Figura 10b; Tabla 7**), registró los menores valores en el sector oceánico de la parte norte de la zona de estudio, los cuales tuvieron un valor inferior a  $25,0$   $\text{Kg}/\text{m}^3$  en la estación de 60 mn de la costa frente a



punta Pinto ( $18^{\circ}40'S$ ; Est. 82). En general, en la zona costera los valores de densidad superaron los  $25,6 \text{ Kg/m}^3$ , registrándose el valor más alto en la punta norte de la península de Mejillones ( $23^{\circ}10'S$ ; Est. 46;  $26,2 \text{ Kg/m}^3$ ). En el sector sur de la zona de estudio, los mayores valores de densidad ( $> 25,8 \text{ Kg/m}^3$ ) se registraron en las estaciones costeras de bahía Salada (T8) y de Coquimbo (T9), por lo que además en esta última, y en Pichidanguí (T12), las isolíneas de densidad se ubicaron en forma perpendicular a la costa, manteniendo valores más homogéneos en un sentido este-oeste, a través de las transectas.

### 3.5 Distribución superficial de OD

En otoño, la distribución de oxígeno disuelto (OD) superficial (**Figura 10c**), presentó en gran parte del sector oceánico del área de estudio valores entre 5 y 6 mL/L, sin variaciones importantes. Hacia el sector costero, en cambio, se observó mayor contraste, con tres focos de altas concentraciones ( $> 6 \text{ mL/L}$ ): uno ubicado en la estación frente a punta Gruesa ( $20^{\circ}23'S$ ), un segundo foco ubicado en la estación costera frente a punta Arenas ( $21^{\circ}40'S$ ) y el tercero de mayor extensión ubicado entre la estación costera al norte de Mejillones ( $22^{\circ}48'S$ ; Est. 2) y la estación de 40 mn frente a bahía Moreno (T1). Por otra parte, los focos subóxicos ( $< 5 \text{ mL/L}$ ) de la franja costera se concentraron en el sector norte, abarcando entre Arica (T5) y punta Camarones ( $19^{\circ}22'S$ ), mientras que hacia el sur, se detectó un sólo foco ubicado frente a punta Cobija ( $22^{\circ}34'S$ ).

En invierno, la concentración de OD a nivel superficial en la zona de estudio, se presentó entre  $> 5$  y  $< 7 \text{ mL/L}$  (**Figura 10d**). En el sector oceánico, la mayoría de los valores de OD fueron altos,  $> 6 \text{ mL/L}$ , con algunas excepciones como tres focos de altas concentraciones ( $> 7 \text{ mL/L}$ ), uno a 40 mn de la transecta frente a Pichidanguí (T11), y los otros dos a 20 mn en las transectas de punta Copaca (T2) y punta Junín (T4); por otra parte, se registraron valores  $< 6 \text{ mL/L}$  en un foco



oceánico ubicado en la parte norte entre Arica (T5) y Pisagua; un pequeño foco a 40 mn frente a bahía Salada (T8); en el sector que rodea la transecta de Coquimbo (T10); y en el área costera entre Tocopilla y bahía Moreno (T1).

En el sector costero, la mayor cantidad de focos subóxicos se observaron en el sector norte del área de estudio, comprendido entre Arica (T5) y Mejillones ubicándose estos en las primeras 5 mn frente a punta Junín (T4; 3,8 mL/L); en la estación 50 ubicada a 2 mn (Lat. 20°30'S; 3,8 mL/L); en la punta norte de la península de Mejillones (Lat. 23°10'S; 2,5 mL/L), siendo éste último además el valor más bajo registrado; en la estación de 5 mn de la transecta de bahía Salada (T8, 4,7 mL/L) y en la estación costera frente a Coquimbo (T10; 4,7 mL/L). El valor de OD más alto registrado en el crucero, se midió en la estación costera de 1 mn frente a Pichidangui (T11; > 8 mL/L).

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

La profundidad de la isoterma de 15°C (ZI15) en otoño (**Figura 11a**) tuvo un máximo de 56 m el cual se registró a 70 mn frente a punta Copaca (**Tabla 6**), y formó un foco de máximos valores que se extendió en esa área hacia el oeste. El sector de menores profundidades de la isoterma, o bien donde no se registró la temperatura de 15°C en la vertical, fue el sector costero de la transecta de bahía Moreno. En general, el sector de menores profundidades en toda la zona fue el costero, pues hasta las 20 mn éste tuvo ZI15 menores a los 20 metros.

La ZI15 de invierno (**Figura 11b; Tabla 7**), mostró un gradiente costa océano a lo largo de toda el área de estudio. En el sector oceánico desde punta Copaca (T2) a caleta Inglesa (T9), la ZI15 se mantuvo en general bajo los 60 m de profundidad, mientras que en la parte costera su nivel fue inferior a 50 m, con la excepción de un foco con una profundidad mayor a 50 m, entre caleta Ligate (20°30'S; Est. 69) y



punta Lobos (T3) a 40 mn de la costa. Gran parte del sector costero present3 ZI15 inferiores a 10 m, observándose incluso profundidades m3nimas (cercanas a la superficie), en las estaciones costeras de punta Ballenita (T7).

Las anomal3as de la ZI15 en otoño (**Figura 11c**) fueron en la zona todas negativas, y estuvieron en el rango total de -57 a -2 m. El sector costero registr3 tanto el m3ximo como el m3nimo de anomal3a, ubicándose el primero a 2 mn de la costa frente a punta Cobija (22°30'S; Est.1), lo que correspondi3 a un solo punto, pero que form3 un foco de m3ximas con las estaciones vecinas las cuales tuvieron valores sobre -40 m. El m3nimo estuvo a 20 mn frente a Arica (**Tabla 6**). Se observ3 tambi3n un m3ximo oce3nico de anomal3a que fue de -46 m y que se ubic3 en el sector norte a 100 mn frente a punta Madrid, el cual form3 un pequeño foco oce3nico, y otro m3ximo de -43 m a 100 mn frente a Mejillones.

En invierno, las anomal3as de esta variable (**Figura 11d; Tabla 7**) fueron negativas entre punta Jun3n (T4) y Arica (T5), registrándose la mayor de 3stas, que fue > 30 m, en la secci3n T4 a 70 mn. Desde este lugar, y hasta caleta Chipana (21° 20'S; Est 62), se observ3 centrado en las 40 mn un foco de anomal3as positivas, mientras que en el sector oce3nico los valores fueron negativos y cercanos a los -10 m. Al sur de caleta Chipana (21° 20'S; Est 62), se observ3 nuevamente otro foco de anomal3as negativas > 30 m en la transecta de punta Copaca (T2) a 20 mn de la costa. Desde la pen3nsula de Mejillones hasta rada Paposo (T6) las anomal3as de ZI15 fueron en general positivas, encontrándose la m3s alta, > 30 m, en esta 3ltima secci3n a 20 mn de la costa, mientras que en las estaciones m3s costeras las anomal3as de ZI15 fueron negativas e inferiores a 30 m.



### 3.7 Circulaci3n geotr3fica superficial

Para el per3odo de oto1o, la carta de circulaci3n geotr3fica superficial (**Figura 12a**) mostr3 variadas condiciones de flujo en la zona. El sector costero, y parte del sector central (en sentido norte-sur) frente a Iquique, registr3 un patr3n de flujo hacia el norte entre las latitudes 19°S y 22°S, sin embargo, en punta Lobos (T3) y pegado a la costa, se ubic3 un peque1o foco que tuvo direcci3n sur. Las l3neas de flujo del extremo noroeste de la zona parecieron corresponder a parte de un giro cicl3nico, mientras que inmediatamente al sur de 3ste se ubicar3a un giro anticicl3nico. M3s hacia el sur, siempre en el sector oce3nico, el flujo fue en direcci3n este, para luego desviarse hacia el oeste nuevamente, en lo que parece tambi3n ser parte de un giro cicl3nico. Entre Tocopilla y Mejillones, y centrado en las 70 mn, se ubicar3a un giro anticicl3nico, aunque dada la separaci3n de las estaciones las isol3neas de anomal3a geopotencial que forman el giro podr3an estar conectadas con las l3neas de igual valor que se ubicaron junto a la pen3nsula de Mejillones. Centrado en las 40 mn frente a Antofagasta se observ3 tambi3n lo que ser3a parte de un giro cicl3nico, mientras que en el sector oce3nico, las l3neas de flujo fueron en direcci3n sureste. En el 3rea costera de Mejillones, el flujo geotr3fico del sector norte de la pen3nsula fue hacia el oeste, para luego girar hacia la costa en el lado sur de la pen3nsula.

En invierno, la circulaci3n geotr3fica superficial (**Figura 12b**) tuvo tambi3n una variedad de flujos y giros a lo largo de la extensa zona de estudio. En los sectores sin presencia de giros, el flujo geotr3fico tuvo una direcci3n principalmente hacia el norte y hacia la costa, no observ3ndose flujos importantes hacia el sur. Los giros mencionados se localizaron claramente en el sector oce3nico desde el l3mite norte hasta los 25°S, y son tanto de tipo cicl3nico como anticicl3nico. Del primer tipo se presentaron 2, ubicado el primero frente a punta Madrid, centrado en los 19°S, mientras que el segundo lo hizo frente a Mejillones, en los 23°S. Los giros anticicl3nicos que se observaron casi en forma completa son tambi3n dos, uno



frente a caleta Patillos en los 20°40'S y el otro frente a rada Paposos en los 25°S. Otros dos posibles giros anticiclónicos se ubicaron en el borde oeste del área de muestreo, frente a bahía Salada y punta Totoralillo.

### 3.8 Capa de mezcla

La capa de mezcla (CM) observada en el crucero de otoño (**Figura 12c**) presentó un espesor máximo de 36 m en la estación de 100 mn frente a punta Copaca (**Tabla 6**). Algunas estaciones no presentaron CM, lo que ocurrió en algunas de ellas ubicadas en el sector costero de la mitad sur de la zona. El sector costero, en general, registró una CM de hasta 5 m, sin embargo hacia el sector oceánico aumentó el espesor hasta 15 m, con algunos puntos de máximo que superaron este valor, como ocurrió en la estación de 40 mn al oeste de punta Junín y en la estación de 100 mn frente a punta Copaca (estación del máximo).

En invierno la CM (**Figura 12d; Tabla 7**) en la zona de Arica a Mejillones fue prácticamente inexistente, salvo por un foco de espesor menor a 5 m a 100 mn de punta Junín (T4) y otro de más de 10 m ubicado entre las 20 y 40 mn frente a punta Lobos (T3). Hacia el sur, a 70 mn de la costa frente a bahía Moreno (T1) se registró una CM que superó los 30 m, siguiéndole una CM mayor a 20 m en la sección de punta Ballenita (T7) a 60 mn de la costa. Desde bahía Salada (T8) hasta Coquimbo (T10) prácticamente no hubo CM en la zona costera. En tanto que en Pichidangui, a 20 mn de la costa, se registró la mayor CM del crucero, la cual llegó a 40 m de espesor.

### 3.9 Termoclina

El rango de espesor de la termoclina (ET) (**Figura 13a**) fluctuó entre 0 y 18 m (**Tabla 6**). Las estaciones donde no hubo termoclina fueron las estaciones entre 1 y 10 mn de la sección de bahía Moreno (T1) y las estaciones costeras que rodearon la





península de Mejillones. El máximo espesor, que llegó a 18 m, se encontró en las estaciones de 10 y 40 mn en la sección de Arica (T5) y en la estación de 70 mn frente a punta Patache (20°48'S; Est. 32). Las estaciones de la milla que registraron valores de ET mayores a 10 m fueron solamente aquellas ubicadas frente a Tocopilla y punta Pinto (18°44'S; Est. 52). En general, la termoclina registró en el sector oceánico un ET de 10 a 15 m, excepto en el sector oceánico central desde Iquique a Tocopilla y de punta Cobija (22°34'S; Est. 1) hasta el límite sur, donde una extensión hacia el sector oceánico de la isolínea de 10 m indicó que los sectores centrales, hasta 50 mn, tuvieron ET menores a ese valor.

El ET observado en el crucero de invierno fluctuó entre 0 y 24 m (**Figura 13b; Tabla 7**), registrándose los máximos ET (> 20 m) en el sector oceánico norte entre punta Junín (T4) y Arica (T5), seguidos por un foco de profundidades mayores a 15 m entre punta Copaca (T2) y la estación de 100 mn frente a Mejillones (23°00'S). Desde bahía Moreno (T1) al sur el ET fue inferior a 10 m. En la zona costera, en general, los ET fueron inferiores a 10 m. Desde bahía Salada (T8) hacia el sur no se presentó termoclina en la mayoría de las estaciones realizadas.

La temperatura registrada en la base de la termoclina en el crucero de otoño (**Figura 13c**) presentó un rango de valores de 13,5 a 17,5°C (**Tabla 6**), ubicándose las menores temperaturas a lo largo de la franja costera y en el área oceánica por sobre las 70 mn desde Tocopilla al sur, sector donde se ubicó el mínimo térmico. El sector oceánico central (franja de 20 a 70 mn de la costa) de la mitad sur y todo el sector oceánico de la mitad norte de la zona registró en la base de la termoclina temperaturas entre 15 y 16°C. Dos pequeños focos con valores sobre 16°C se midieron en la transecta de punta Copaca (T2) en las estaciones de 40 y 100 mn, donde esta última estación tuvo el máximo indicado para el período de estudio.



La temperatura base de la termoclina (**Figura 13d**) presentó en invierno de 2004, un rango de valores comprendidos entre 12,0 y 16,1°C (**Tabla 7**). Se registraron dos focos de temperatura mayores a 15°C, uno de ellos se ubicó a 100 mn en la transecta de punta Lobos (T3) y el otro en el sector oceánico desde la latitud de rada Paposo (T6) a punta Ballenita (T7). Las menores temperaturas relativas se registraron en el sector desde caleta Inglesa (T9) a Pichidangui (T11), midiéndose el mínimo térmico relativo en la estación costera de esta última transecta.

La base de la termoclina en otoño (**Figura 14a**) se ubicó en un rango de profundidad de 9 a 63 m (**Tabla 6**). El mínimo se localizó a 40 mn en la sección de bahía Moreno (T1) y el máximo a 70 mn en la transecta de punta Copaca (T2). El sector costero de las primeras 5 mn, en general, tuvo una profundidad de base de la termoclina menor a 20 m, excepto en el sector de punta Junín a Iquique, donde ésta fue mayor a 20 m. El sector oceánico, registró profundidades de la termoclina mayores a 30 m, con un foco mayor a 40 m desde Pisagua al sur, el cual se extendió hasta el borde suroeste de la zona, con algunos focos aislados de profundidad mayor a 50 metros.

En invierno, la profundidad base de la termoclina (**Figura 14b**) estuvo en el rango entre 7 y 104 m (**Tabla 7**). En la zona costera desde Arica (T5) hasta Mejillones la profundidad fue inferior a 20 m, registrándose en la estación de 1 mn frente a Cobija (22°30'S; Est. 50) el menor nivel de profundidad de la termoclina. En el sector oceánico de la transecta de punta Lobos (T3) se registró un foco de más de 60 m en la estación de 40 mn y otro foco con una profundidad que superó los 80 m en la estación de 10 mn frente a bahía Moreno (T1). En la parte sur del área de muestreo, la franja costera presentó niveles de profundidad menores a 40 m, y registró un foco de más de 80 m a 20 mn de rada Paposo (T6), mientras que en Coquimbo (T10) ésta no superó los 20 m en la estación de 1 mn. En el sector oceánico, la mayor profundidad de esta área de muestreo se registró en la



estación de 100 mn frente a bahía Salada (T8), donde el nivel de la base de la termoclina superó los 100 metros.

El gradiente promedio de la termoclina en otoño (**Figura 14c**) tuvo un rango de valores de 0,11 a 0,33°C/m (**Tabla 6**). Gran parte de la zona registró valores de gradiente menores a 0,2°C/m, ubicándose los mayores gradientes en forma de núcleos, que se localizaron uno en el sector oceánico y central hasta caleta Chipana (21°20'S; Est. 24) y otro foco, de menor tamaño, en el extremo suroeste. El máximo de 0,33°C/m correspondió a una sola estación que se ubicó a 40 mn frente a caleta Patillos (20°35'S; Est. 33).

El gradiente de temperatura promedio en invierno (**Figura 14d**) fluctuó entre 0,1 y 0,31 °C/m (**Tabla 7**). La mayor parte de la zona de estudio presentó gradientes inferiores a 0,2°C/m, observándose los mayores valores en un solo foco ubicado en el sector oceánico de la transecta de punta Lobos (T3). No se registró termoclina en las estaciones de punta Madrid (19°00'S; Est. 80), al norte de Mejillones (22°50'S, Est. 48), en la punta norte de Mejillones (Lat. 23°10'S, Est. 46), a 70 mn en rada Paposo (T6) y en gran parte las estaciones costeras desde rada Paposo (T6) hasta Pichidangui (T11) como también en algunas estaciones oceánicas al sur de bahía Salada.

En otoño, el gradiente máximo de la termoclina (**Figura 15a**) tuvo un rango de valores de 0,11 a 0,69°C/m (**Tabla 6**). Los gradientes máximos sobre 0,3°C/m se localizaron en el sector oceánico hacia los bordes noroeste y suroeste y también en el sector oceánico central frente a Iquique. El sector costero registró gradientes menores a 0,3°C/m, excepto frente a Tocopilla, donde hubo un pequeño foco con un gradiente que superó los 0,4°C. En invierno (**Figura 15b**) se presentó un rango entre 0,1 y 0,93°C/m (**Tabla 7**), registrándose el máximo en la estación costera de la sección de Arica (T5). En el sector entre Arica y bahía Moreno (T1), el gradiente



se mantuvo en la mayor parte de las estaciones por sobre los 0,2 °C/m, observándose un foco mayor a 0,4°C/m a 70 mn entre punta Junín (T4) y la estación de 60 mn frente a punta Camarones (19°20'S), y otro foco ubicado a 70 mn entre bahía Moreno (T1) y la estación de 40 mn frente a la península de Mejillones. En la zona sur la mayoría de las estaciones no registró termoclina, a excepción de dos focos de 0,2 °C/m, el primero ubicado a 40 mn frente a punta Ballenita (T7) y el otro a 100 mn al oeste de punta Salada (T8).

El gradiente máximo de la termoclina en otoño se ubicó a una profundidad que fluctuó entre 8 y 55 m (**Figura 15c, Tabla 6**). En el sector costero de la zona de estudio, y en el sector oceánico de Arica a punta Camarones, este gradiente se ubicó en general a menos de 20 m de profundidad, mientras que en el sector oceánico desde punta Camarones (19°22'S; Est. 54) al sur el gradiente máximo estuvo a más de 30 m, con un máximo nivel sobre 40 m, en focos ubicados frente a punta Junín, Tocopilla y Antofagasta. En invierno (**Figura 15d**) estuvo entre 2 y 20 m en la zona costera del sector correspondiente entre Arica T(5) y bahía Moreno (T1), ubicándose en la estación de 100 mn de esta última sección un nivel de profundidad que superó los 80 m. Hacia el sur, entre las 40 y 70 mn frente a rada Paposó, las profundidades del máximo gradiente superaron los 70 m, en tanto que a 100 mn de bahía Salada se registró la mayor profundidad en el área de estudio, la que fue de 103 m. En la zona costera las profundidades del máximo gradiente térmico fluctuaron entre 14 y 60 metros.

### **3.10 Distribución vertical de temperatura**

La distribución vertical de temperatura para la estación de otoño de 2004, se muestra en la **Figura 16**. La distribución de temperatura en la vertical de las secciones perpendiculares a la costa, mostró un ascenso de las isotermas en la franja costera, situación que fue más gradual frente a punta Lobos (T3) en



comparaci3n con las otras secciones. Una capa superficial de agua m1s fr1a en relaci3n a las otras transectas se registr3 en el sector oce1nico de la secci3n de bah1a Moreno (T1), la cual tuvo valores menores a 17°C, excepto en el sector central de la transecta, donde la temperatura aument3 levemente por sobre este valor. En esta misma secci3n, la isoterma de 15°C estuvo m1s cerca de la superficie desde las 40 mn hacia la costa, alrededor de 20 m, y alcanz3 al nivel de cero metro a 10 mn de la costa, ambas situaciones no se repitieron en las otras secciones. La transecta de punta Copaca (T2) mostr3 una mayor temperatura vertical en los primeros 50 m de profundidad, en comparaci3n con la transecta anterior (T1), y se destac3 el hecho que hubo un n1cleo superficial de temperatura mayor a 17°C que lleg3 hasta las 10 mn. Desde las transecta de punta Lobos (T3) hasta la de Arica (T5) la termoclina se observ3 m1s intensa, dada la cercan1a de las isotermas de 14° a 17°C, las cuales se ubicaron entre los niveles de 25 y 50 m. En las secciones de punta Jun1n y Arica, (T4 y T5) la isoterma de 13°C se ubic3 bajo los 100 m de profundidad, mientras que en las tres primeras esta isol1nea lo hizo por sobre el nivel indicado. Bajo los 100 m de profundidad, las isotermas de las secciones de bah1a Moreno (T1) y punta Lobos (T3) presentaron una pendiente negativa que se hizo m1s notoria en las primeras 20 mn, en donde se produjo una brusca profundizaci3n de 1stas en m1s de 50 metros. En la otras tres transectas las isotermas disminuyeron la pendiente negativa, principalmente en la franja costera, registrando incluso aquellas de 12 y 13°C, de la transecta de Arica, un ascenso en la vertical. A un nivel m1s profundo, la columna de agua no registr3 temperaturas menores a 8°C a 500 m en las secciones de punta Jun1n y Arica (T4 y T5). La transecta de Arica fue la que present3 una mayor variaci3n de profundidad en las isotermas de 12° y 13°, las que en el 1rea central de la secci3n registraron profundizaciones de 30 a 50 metros.

La distribuci3n vertical de temperatura en invierno se muestra en las **Figuras 17 y 18**. Esta variable se caracteriz3 por presentar gradientes m1s intensos hacia el



norte de la zona, pues en el extremo sur, al menos desde la transecta de caleta Inglesa (T9) y hasta Pichidangui (T11), los gradientes verticales fueron menores a  $0,1^{\circ}\text{C}/\text{m}$  (sin termoclina) en algunos sectores. Asimismo, la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  no se observ3 en la vertical del 3rea entre las dos transectas indicadas. Las temperaturas m3s altas de la capa superficial se registraron tambi3n hacia la mitad norte de la zona (Arica a Antofagasta), con valores m3ximos en superficie que superaron los  $18^{\circ}\text{C}$ . Hacia el sector costero del extremo sur de la zona, los valores no llegaron a  $14^{\circ}\text{C}$  en las transectas T10 y T11, mientras que en la T9 la temperatura fue de  $14^{\circ}$  a  $15^{\circ}\text{C}$ .

A nivel subsuperficial, la temperatura decreci3 tambi3n de norte a sur, lo que se evidencia por el ascenso de todas las isotermas a profundidades menores, como es el caso de la isoterma de  $12^{\circ}$  que subi3 desde el nivel de 200 m en la transecta de Arica a s3lo 100 m en la transecta de Pichidangui (T11). En esta isoterma se observ3 tambi3n una disminuci3n relativamente abrupta de la profundidad de ubicaci3n, lo que ocurri3 entre las transectas de Paposo (T6) y punta Ballenita (T7). En esta 3ltima secci3n, la isol3nea se ubic3 en el sector oce3nico en forma pareja en el nivel de 100 m, pero se profundiz3 r3pidamente hacia la costa hasta los 200 m, sin embargo en la secci3n de Coquimbo (T10) esta isoterma se localiz3 hasta un nivel de 50 m en el sector costero. En un nivel aun m3s profundo, la isoterma de  $8^{\circ}\text{C}$  mostr3 tambi3n una disminuci3n de la profundidad de ubicaci3n, subiendo desde un nivel de 500 m hasta el de 400 m entre ambos extremos de la zona. Solamente en las transectas T9 y T11 se observ3 la isoterma de  $7^{\circ}\text{C}$ , la que se ubic3 entre 450 y 500 m de profundidad. Las m3s notorias variaciones de nivel de profundidad de las isotermas, a nivel subsuperficial, ocurrieron en las secciones perpendiculares a la costa, es decir, en las transectas 5, 7, 8 y 10.



### 3.11 Distribución vertical de salinidad

La distribución vertical de salinidad en otoño se muestra en la **Figura 19**. Las variaciones de distribución de salinidad en la vertical en las secciones analizadas son notorias, principalmente hacia la sección del extremo sur de la zona (bahía Moreno) debido a la presencia de importantes núcleos de mínima salinidad. En las transectas de bahía Moreno y punta Copaca (T1 y T2) la salinidad de la capa superficial de los primeros 50 m fue la más baja de las 5 transectas pues se observaron valores menores a 34,9 psu. Hacia el norte, esta variable estuvo por sobre los 35,0 psu en la capa de los primeros 25 m del sector oceánico de las transectas de punta Junín y Arica (T4 y T5).

Todas las transectas presentaron un núcleo de baja salinidad a nivel superficial en las primeros 10 mn de la costa, lo que es una extensión del núcleo de mayor tamaño ubicado a nivel subsuperficial y que va disminuyendo su espesor y salinidad hacia las transectas ubicadas más al norte. Un mayor tamaño del núcleo, y las mínimas salinidades en éste, se registraron en las dos transectas del extremo sur de la zona (T1 y T2), las cuales tuvieron valores inferiores a 34,4 psu, mientras que en la transecta de Arica (T5) este mismo núcleo registró valores de 34,6 a 34,7 psu. El núcleo de mínima salinidad se ubicó en el sector oeste de cada sección, entre los 50 y 100 m de profundidad, pero ascendió hasta el nivel superficial en el sector costero.

Bajo el núcleo de mínima salinidad, se localizó el núcleo de máxima subsuperficial, que se encontró más desarrollado en el extremo norte de la zona, transectas de punta Junín (T4) y Arica (T5), donde el núcleo de 34,8 a 34,9 psu abarcó gran parte del área de muestreo de la sección, conteniendo incluso un núcleo de salinidad que fue mayor a 34,9 psu. La transecta de bahía Moreno (T1) tuvo el menor espesor del núcleo de máxima salinidad (con valores de 34,8 a 34,9 psu),



el cual en esta secci3n se peg3 a la costa y no alcanz3 a llegar hasta las 70 millas n3uticas. El l3mite superior del n3cleo indicado se present3 en el nivel de 100 m en las primeras dos transectas, sin embargo, 3ste subi3 de nivel y lleg3 a ubicarse hasta los 50 m de profundidad en las transectas T3 a T5. El l3mite inferior se ubic3 en los 200 m de profundidad hacia el extremo sur de la zona, sin embargo, lleg3 hasta los 300 m en el extremo norte. Las isohalinas presentaron, en general bajo los 300 m, una pendiente negativa principalmente en la franja de las primeras 40 mn de la costa.

La distribuci3n vertical de salinidad en invierno se muestra en las **Figuras 20 y 21**. La distribuci3n de salinidad en la vertical tuvo diversas estructuras tanto en un sentido latitudinal como longitudinal. En la mitad norte de la zona, Arica (T5) a bah3a Moreno (T1), predominaron las salinidades de mayor valor relativo, principalmente en el sector oce3nico, mientras que hacia la costa la situaci3n fue variada, encontr3ndose bajas salinidades en las secciones T1 a T3, mientras que en las secciones T4 y T5 la salinidad costera en superficie se mantuvo relativamente alta.

En este per3odo, n3cleos de baja salinidad se destacaron, al tener una fuerte participaci3n, desde la transecta T3 (> 34,8 psu) hasta la T11 (< 34,5 psu), los que se ubicaron a nivel subsuperficial, siendo 3stos m3s someros en la mitad norte y m3s profundos en la mitad sur, encontr3ndose tambi3n tanto en la costa como en el sector oce3nico de las secciones. En la secci3n T9 ya se observ3 como este n3cleo de m3nima subsuperficial abarc3 la capa superficial de los primeros 100 a 150 m, encontr3ndose este n3cleo en la costa de la transecta T10 y T11 en forma muy desarrollada (3nica 3rea muestreada). Bajo este m3nimo subsuperficial se ubic3 un n3cleo de m3xima salinidad relativa, que fue m3s importante hacia la mitad norte, disminuyendo su salinidad y espesor hacia el extremo sur de la zona. Es as3 como en las secciones punta Copaca y Arica (T4 y T5), este n3cleo, con salinidades





mayores a 34,8 psu, present3 un espesor de casi 200 m, disminuyendo 3ste en la secciones siguientes, como ocurri3 en la costa de punta Lobos (T3) y en sector oce3nico de la secci3n de punta Jun3n (T4), mientras que en la secciones de bah3a moreno (T1) y rada Paposos (T6) este n3cleo se present3 a lo largo de toda la secci3n pero visiblemente con una menor salinidad, de 34,7 psu. Desde la secci3n de punta ballenita (T7) hacia el sur, este n3cleo tuvo una salinidad m3xima de 34,6 psu, quedando los n3cleos de salinidad mayor a 34,7 y 34,8 psu con un menor tama3o y espesor y tambi3n ubicados m3s pegados a la costa.

### 3.12 Distribuci3n vertical de densidad

La distribuci3n vertical de densidad en oto3o se muestra en la **Figura 22**. La densidad vertical de oto3o, vista en las secciones perpendiculares a la costa, mostr3 ascensos de las isopicnas en la franja costera, similar a lo presentado por las isotermas, condici3n que fue m3s notoria en las secciones T4 y T5. La densidad en la capa de los primeros 50 m fue mayor en las transectas del sur de la zona estudiada, con valores  $> 25,4 \text{ Kg/m}^3$ , pero esta variable disminuy3 hacia el norte a valores menores al indicado. Los mayores gradientes verticales de densidad se presentaron en las transectas T4 y T5 con 0,015 a 0,02  $\text{Kg/m}^3$ . Al igual que la variable temperatura en la vertical, la densidad en las transectas registr3 tambi3n la inclinaci3n de sus isopicnas en el sector oce3nico a nivel subsuperficial, siendo tal situaci3n m3s notoria en las transectas de bah3a Moreno y punta Lobos T1 y T3.

La distribuci3n vertical de densidad en invierno se muestra en las **Figuras 23 y 24**. La distribuci3n de densidad en invierno mostr3 los mayores gradientes de densidad (o picnoclina) se encontraron en la mitad norte de la zona, con valores que llegaron hasta 0,02  $\text{kg/m}^3$  en la transecta T4 y T5, abarcando pr3cticamente la capa de los primeros 50 m. En la transecta T3 a T1 el gradiente de la picnoclina se mantuvo de valor similar pero con un menor espesor. Hacia las transectas de la



mitad sur, la pycnoclina redujo a la mitad su gradiente, ubicándose esta capa también más profunda, con el gradiente máximo en general bajo los 50 m de profundidad. El ascenso de las isopícnas hacia la capa superficial en el sector costero se presentó en forma más importante en las secciones T3, T6, T8 y T11, y en menor grado en las secciones restantes, excepto en la sección T10 en donde se observó una profundización de las isopícnas ubicadas próximas a la superficie.

De los ascensos de las isopícnas en el sector costero, indicados anteriormente, la de mayor pendiente correspondió a la sección T6, en donde las isolíneas ascendieron desde al menos el nivel de 100 m de profundidad en la estación de 20 mn. Las secciones de punta Junín y Arica (T4 y T5) presentaron la menor pendiente de las isopícnas en el sector costero.

### **3.13 Anomalías de temperatura y salinidad en la columna de agua frente a Arica (Transecta N° 5 - 18°20'S), punta Lobos (Transecta N° 3 - 21°00'S), bahía Moreno (Transecta N° 1 - 23°40'S), Punta Ballenita (Transecta N°7 - 26°00'S) y caleta Inglesa (Transecta N° 9 - 29°00'S).**

En el crucero de otoño sólo se calcularon las anomalías de las transectas de Arica, punta Lobos y bahía Moreno y se entregan en la **Figura 25**.

En la transecta de bahía Moreno (T1) se registraron anomalías negativas de temperatura y salinidad en los primeros 100 m de profundidad. En temperatura, las anomalías estuvieron entre -1 y -2°C excepto en la capa superficial en el sector oceánico central (70 mn) y hacia la costa (en 20 mn) en donde fueron menores a 1°C. En los primeros 100 m de esta transecta, las anomalías de salinidad fueron de -0,1 a -0,2 psu, con un máximo de -0,3 psu en el borde Oeste de la sección. Anomalías de salinidad de valor de 0 a -0,1 psu se registraron en superficie



formando un n3cleo asociado al n3cleo de anomal3as t3rmicas de menor valor, el cual estuvo posicionado a 70 millas n3uticas.

Bajo los 100 m, las anomal3as de ambas variables fueron inferiores a las encontradas en la capa superficial, registr3ndose valores de temperatura que son menores y estuvieron en el rango de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , excepto en las estaciones de 10 y 20 mn en que 3stas fueron positivas y llegaron a superar el valor de  $+1^{\circ}\text{C}$  bajo los 300 m de profundidad. En el caso de la salinidad, las anomal3as estuvieron en el rango de  $\pm 0,05$  psu, con la 3nica excepci3n de una peque1a capa de anomal3as de  $+0,05$  a  $+0,1$  psu que se localiz3 entre los niveles de 100 y 150 m y que se extendi3 entre ambos extremos de la secci3n. En esta variable no se registraron anomal3as positivas, como en el caso de la salinidad, en los niveles subsuperficiales a m3s de 300 metros.

En la secci3n de punta Lobos (T3), las anomal3as de ambas variables fueron tambi3n negativas en la capa de los primeros 100 m de profundidad, sin embargo, estas tuvieron una mayor magnitud que las observadas en la transecta de bah3a Moreno (T1). Las anomal3as t3rmicas superaron el valor de  $-3^{\circ}\text{C}$  en dos n3cleos, uno que se ubic3 pegado al borde Oeste de la transecta y el otro en el sector costero el cual se extendi3 m3s all3 de las 40 mn de la costa. El sector central de la transecta registr3 anomal3as menores,  $-1^{\circ}$  a  $-2^{\circ}\text{C}$ . Las anomal3as de salinidad fueron negativas, superando en magnitud los 0,2 psu en dos n3cleos de m3xima desviaci3n, uno de menor tama1o ubicado en el borde Oeste de la secci3n, con valores mayores a 0,4 psu, y otro a 10 mn de la costa que tuvo valores mayores a 0,5 psu. A nivel subsuperficial, las anomal3as t3rmicas estuvieron en el rango de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , registr3ndose adem3s un n3cleo de anomal3as positivas de  $+0,5^{\circ}\text{C}$  que estuvo centrado en los 400 m de profundidad a 20 mn de la costa, como el observado en la transecta de bah3a Moreno (T1), pero de un menor tama1o. En salinidad, a nivel subsuperficial se mantuvo la predominancia de anomal3as en el rango de  $\pm 0,05$  psu y la presencia de un foco de salinidad de  $+0,05$  a  $+0,1$  psu



centrado en el nivel de 100 m, destacándose en esta transecta la formaci3n de un n3cleo de anomalías positivas en el mismo rango anterior y centrado a 350 m, el cual estuvo pegado a la costa en el mismo lugar del n3cleo positivo subsuperficial encontrado en temperatura.

La secci3n 5, que corresponde a la de Arica, se caracteriz3 por presentar anomalías negativas pero con la menor magnitud en relaci3n a las encontradas en las transectas analizadas anteriormente. En temperatura, la capa de los primeros 100 metros registr3 s3lo un n3cleo de m3xima anomalía ubicado en el sector Oeste de la transecta, entre las 70 y 100 mn, y otro n3cleo peque1o en el sector costero hasta las 20 mn. Estos n3cleos dejaron un sector central de la secci3n, de 10 a 50 mn, con anomalías inferiores a 0,5°C. En salinidad, la capa superficial registr3 un n3cleo de anomalías negativas m3ximas de -0,2 psu en el borde Oeste de la secci3n, que coincidi3 con el de temperatura, el cual se extendi3 hasta la costa y form3 una delgada capa de anomalías negativas de hasta -0,1 psu. A nivel subsuperficial se mantuvo el n3cleo de anomalías positivas m3ximas de +0,5 psu que se present3 centrado en los 100 m, pero bajo los 300 m en el sector costero de esta transecta no se registr3 alg3n n3cleo de anomalías positivas.

Las anomalías de temperatura y salinidad, en las secciones impares, a lo largo de la zona de estudio, correspondientes al crucero de invierno, se entregan en las **Figuras 26 y 27.**

Las anomalías de ambas variables presentaron en el nivel intermedio de entre 50 y 150 m de profundidad, en general, valores tanto positivos como negativos mayores a 1°C y 0,1 psu, respectivamente. En algunos casos valores m3ximos se ubicaron tambi3n a nivel superficial. Las mayores anomalías de salinidad se registraron en la secci3n de bahía Moreno (T1), en donde se observ3 una capa de 100 m de espesor con valores mayores a 0,1 psu y de hasta 0,2 psu a 40 mn de la



costa. En el caso de las anomalías de temperatura, las mayores fueron de tipo negativo en el sector costero y sector intermedio (30 a 60 mn de la costa) en las secciones T1 y T5, respectivamente, con un máximo de  $-2^{\circ}\text{C}$ . La presencia de núcleos de anomalías de temperatura no estuvo en general asociado a núcleos de salinidad, como tampoco lo estuvieron en su magnitud relativa. Tal es el caso, y a modo de ejemplo, lo que ocurre en la sección T9, en donde las anomalías de salinidad centradas en el nivel de 100 m de profundidad fueron de hasta  $-0,3$  psu, mientras que las anomalías de temperatura fueron de  $+1^{\circ}\text{C}$  o negativas no mayores a  $0,05^{\circ}\text{C}$ . En la sección de Arica (T5), las anomalías de temperatura negativas de hasta  $-2^{\circ}\text{C}$  coincidieron con el tipo de anomalía de la variable salinidad, y ésta superó los  $-0,1$  psu, siendo prácticamente el único caso en que existió alguna simultaneidad en tipo (positiva o negativa) y magnitud (relativa en cada variable) de las anomalías.

Bajo el nivel de 200 m de profundidad, las anomalías fueron en general menores a  $1^{\circ}\text{C}$  y  $0,1$  psu, en particular en las secciones T7 y T9, en donde este valor fue menor a  $0,5^{\circ}\text{C}$  en la temperatura. En el caso de la salinidad, las anomalías fueron menores a  $0,05$  psu en las secciones T5 y T3. En general, las mayores anomalías bajo el nivel indicado se registraron en la sección T1, en donde valores positivos estuvieron entre  $0,5^{\circ}$  y  $1^{\circ}\text{C}$  en temperatura y entre  $0,05$  y  $0,1$  psu en salinidad, y que abarcaron gran parte de la sección. En forma aislada se encontraron anomalías máximas de  $1^{\circ}\text{C}$  en la sección T5, centrada en la estación de 20 mn, y también en la sección T1, correspondientes a la estación de 40 millas náuticas.

### 3.14 Distribución vertical de oxígeno disuelto

La distribución vertical de oxígeno disuelto en otoño se muestra en la **Figura 28**. La distribución de OD presentó en la transecta de Arica (T5), una capa óxica ( $> 5$  mL/L) que mantuvo un espesor relativamente constante de 20 m entre las estaciones de



100 mn y 20 mn, desde donde disminuyó drásticamente hacia la costa. El gradiente óxico (1 a 5 mL/L) típico siguió la misma distribución de la capa óxica, encontrándose el límite superior de la capa de mínimo OD (LSCMOD), representado por la isolínea de 1 mL/L alrededor de los 50 metros. Desde la estación de 20 mn las isolíneas subóxicas se levantan interceptando la superficie en la estación de 5 mn, sin embargo, en la estación costera los valores de OD aumentaron en los 5 primeros metros, observándose la isolínea de 1 mL/L en los 20 m de profundidad.

En la transecta de punta Junín (T4), las isolíneas se profundizaron en la estación de 70 mn, donde la capa óxica presentó un espesor máximo de 50 m, mientras que el LSCMOD se registró alrededor de los 80 m de profundidad. Hacia la costa, las isolíneas levantan hasta la estación de las 5 mn, observándose entre esta estación y en la de 10 mn el mayor fortalecimiento del gradiente óxico. En la estación costera aumentan las concentraciones de OD en la capa de 50 m, por lo que las isolíneas tendieron a profundizarse, encontrándose la de 1 mL/L alrededor de los 45 m de profundidad.

En la transecta de punta Lobos (T3), la capa óxica presentó un menor espesor que las transectas anteriores, el máximo sólo fue de 30 m en la estación de 70 mn, desde donde se adelgazó progresivamente hasta alcanzar un espesor de 5 m en la estación costera. Dentro de esta capa se observó un pequeño núcleo de concentraciones > 6 mL/L en los primeros 5 m de la estación de 20 millas náuticas. En la estación de 70 mn las isolíneas se profundizaron, observándose en este punto el nivel más profundo de la isolínea de 1 mL/L, aproximadamente 100 m. Hacia la costa las isolíneas se elevan hacia la superficie intensificándose el gradiente óxico, sin embargo las concentraciones subóxicas no llegaron a interceptar la superficie, en tanto que la isolínea de 1 mL/L se ubicó en los 20 m de profundidad en la estación costera.



En la transecta de punta Copaca (T2), la distribuci3n de OD present3 una capa 3xica con espesor variable, observ3ndose el m3ximo en la estaci3n de 70 mn con aproximadamente 50 m, disminuyendo hacia la costa donde alcanz3 un espesor de 10 metros. Por otro lado, el gradiente 3xico tubo su mayor espesor (80 m) en la estaci3n de 100 mn disminuyendo hasta aproximadamente 40 m en la estaci3n de 70 mn, desde donde se mantuvo m3s o menos constante hasta la estaci3n costera. Por otra parte, LSCMOD se ubic3 a 110 m en la estaci3n oce3nica elev3ndose gradualmente hasta los 50 m en la costa. Valores > 6 mL/L se observaron s3lo en un peque1o n3cleo ubicado a 20 m en la estaci3n de 70 millas n3uticas.

En la transecta de bah3a Moreno (T1), se observ3 una clara inclinaci3n de las isol3neas hacia la superficie desde la estaci3n m3s oce3nica hacia la costa, aunque los valores sub3xicos no interceptaron la superficie. La capa 3xica (> 5 mL/L) en la estaci3n de 100 mn tuvo un espesor de 50 m disminuyendo progresivamente hasta un espesor aproximado de 5 m en la estaci3n costera, en tanto que el LSCMOD se ubic3 entre los 120 m en la estaci3n oce3nica y los 50 m en la costera. Altos valores (> 6 mL/L) se registraron en los primeros 10 m de la estaci3n de 40 millas n3uticas. El gradiente 3xico mantuvo un espesor relativamente constante de 40 m, a trav3s de toda la transecta.

En general, bajo los 100 m fue usual detectar concentraciones inferiores a 0,25 mL/L.

La distribuci3n vertical de ox3geno disuelto en invierno se muestra en las **Figuras 29 y 30**. En la transecta de Arica (T5), el mayor espesor de la capa 3xica se observ3 en el sector oce3nico con aproximadamente 30 m, el que fue disminuyendo hacia la costa sin llegar a ser inferior a los 10 m. En los primeros metros de la columna de agua, el OD present3 una delgada capa de altos valores (> 6 mL/L) a lo largo de gran parte de la transecta. El gradiente 3xico t3pico (entre 1 a 5 mL/L), present3 una disminuci3n de la profundidad en forma gradual desde el sector oce3nico hacia el costero. En este sentido, el LSCMOD se ubic3 a 70 m



en la estación de 100 mn y a 20 m en el sector costero. Bajo este límite las concentraciones fluctuaron alrededor del valor de 0,5 mL/L.

En la transecta de punta Junín (T4), se observaron altas concentraciones de OD superficial ( $> 6$  mL/L) entre las 12 y 90 mn aproximadamente. En esta transecta el gradiente óxico presentó una inclinación positiva hacia la costa, sin embargo en la estación 75 ubicada a 40 mn, éste se profundizó desplazando la isolínea de 1 mL/L hasta al rededor de los 70 m, que es una ubicación similar a la observada en la estación de 100 mn, mientras que en la estación de 70 mn esta isolínea se registró cerca de los 30 m. En el sector costero, las isolíneas subóxicas interceptaron la superficie, ubicándose la de 1 mL/L cerca de lo 30 m de profundidad.

En la transecta de punta Lobos (T3), la capa óxica presentó un espesor de aproximadamente 20 m entre las estaciones de 100 y 70 mn, para luego aumentar hasta alrededor de 50 m en la estación de 40 mn, desde donde las isolíneas se elevan hasta cerca de la superficie en la estación costera. Siguiendo un comportamiento similar, el LSCMOD se encontró cerca de los 60 m en la estación oceánica, profundizándose progresivamente hasta los 100 m en la estación de 20 mn y para posteriormente elevarse hasta 20 m en la estación costera. Dentro de la capa óxica se destacó un gruesa capa de altos valores de OD ( $> 6$  mL/L), la que ocupó los primeros 20 m de gran parte de la transecta.

En la transecta de punta Copaca (T2), las isolíneas de OD se levantaron progresivamente desde la estación oceánica hacia la superficie en la zona costera. La capa óxica presentó el mayor espesor (50 m) en la estación de 100 mn, mientras que la isolínea de 1 mL/L se ubicó bajo los 160 m en la estación de 70 mn. Desde las 20 mn a la costa, las isolíneas subóxicas se acercaron a la superficie pero no la interceptaron, en tanto que el LSCMOD se ubicó por sobre los 50 metros.





En la transecta de bahía Moreno (T1), la capa 3xica present3 un espesor aproximado de 60 m en la estaci3n oceánica, el que disminuy3 a 30 m entre las estaciones de 70 y 40 mn, y a 5 m en la estaci3n de 10 mn, desde donde aument3 su espesor hacia la costa hasta alcanzar los 12 m en la estaci3n de 1 mn. En esta capa hubo una clara presencia de altos valores de OD a lo largo de gran parte de la transecta. El LSCMOD se ubic3 alrededor de los 150 m en la estaci3n oceánica, disminuyendo su profundidad a 50 m en la estaci3n de 70 mn, para posteriormente profundizarse hasta 100 m en la estaci3n de 40 mn, desde donde vuelve a disminuir su profundidad hasta los 40 m en la costa.

En la transecta de Rada Paposo (T6), la capa 3xica mantuvo un espesor aproximado de 60 m entre las 100 y las 40 mn. El mayor espesor (75 m) se observ3 en la estaci3n de 20 mn y desde ah3 disminuy3 r3pidamente hasta un espesor de 5 m en la estaci3n costera. Altos valores de OD (> 6 mL/L) se midieron en los primeros 30 a 50 m de esta capa entre las 100 y 20 mn, disminuyendo su presencia hacia la costa. La isol3nea de 1 mL/L se ubic3 en los 120 m en el sector oceánico, ascendiendo hasta cerca de los 100 m en la estaci3n de 70 mn y profundizándose nuevamente en las 40 mn a m3s de 140 m, para desde este punto elevarse hasta los 40 m en la estaci3n costera.

En la transecta de punta Ballenita (T7), las isol3neas de OD ascendieron desde el sector oceánico (60 mn) hacia la costa. El espesor de la capa 3xica alcanz3 los 75 m en el sector oceánico y disminuy3 gradualmente hasta 25 m en la estaci3n costera. Altos valores de OD (> 6 mL/L) ocuparon gran parte de la capa 3xica. El LSCMOD present3 su nivel m3s profundo (> 150 m) en la estaci3n m3s oceánica, en tanto que la menor profundidad (60 m) se observ3 en la estaci3n de 10 mn, aumentando 3ste en cerca de 20 m en las estaciones m3s costeras.



En la transecta de bahía Salada (T8), entre las 70 y 100 mn las isolíneas del gradiente óxico de valor entre 2 y 6 mL/L se mantuvieron relativamente horizontales, observándose una gruesa capa óxica de aproximadamente 120 m de profundidad. En este sector el LSCMOD presentó una profundidad superior a los 230 m. Entre las 40 y 20 mn las isolíneas de OD disminuyeron su profundidad en forma brusca, generando un marcado gradiente horizontal. En la zona costera entre 1 y 20 mn, las isolíneas de 1 a 4 mL/L se mantuvieron estables a un mismo nivel de profundidad, observándose la primera de ellas alrededor de los 50 m. Por otra parte, en la superficie los valores de OD < 4 mL/L interceptaron la superficie en la estación de 5 mn, mientras que en la estación costera superaron los 6 mL/L.

En la transecta de caleta Inglesa (T9), se observó una capa de altos valores (> 6 mL/L) de 50 m de espesor entre las 10 y 100 mn y sólo en el sector costero disminuyó su espesor a 30 m. El gradiente entre 2 y 5 mL/L sigue una distribución similar aunque con una gradual profundización hacia la estación de 20 mn, lo que se observa mejor en la isolínea de 2 mL/L. El LSCMOD presentó una profundidad cercana a los 140 m en la estación oceánica, aumentando a 200 m en las 40 mn, para posteriormente ascender hasta cerca de los 110 m en la estación costera.

En la transecta de Coquimbo (T10), la capa óxica presentó un espesor de 30 m en la estación de 40 mn, disminuyendo a 10 m entre las estaciones de 20 y 5 mn. En la estación costera el OD superficial fue de 4,7 mL/L, valor que aumentó levemente hasta las 30 m. La isolínea de 2 mL/L se observó a 50 m de profundidad en la estación de 40 mn levantándose hasta los 30 m en la estación de 20 mn, distribución que se altera en las 5 mn donde se profundizó hasta los 100 m para volver a elevarse hasta los 50 m en la estación costera. El LSCMOD se mantuvo bajo los 100 m a lo largo de toda la transecta, observándose el mayor nivel (> 240 m) en la estación costera de 5 millas náuticas.



En la transecta de Pichidangui (T11), la capa óxica tuvo un espesor de 70 m en la estación de 40 mn, él que disminuyó progresivamente hasta los 40 m en la estación costera. En esta capa, ubicada desde la superficie hasta los 30 m, los valores de OD fueron superiores a 6 mL/L y presentaron una delgada cuña de concentraciones > 7 mL/L que se profundizó desde la superficie en la estación de 40 mn hasta los 20 m en la estación costera. Además, en esta última estación, se midió una concentración superficial > 8 mL/L. La isolínea de 1 mL/L se detectó cerca de los 140 m en la estación costera de 5 mn, nivel máximo de muestreo en esta transecta.

### 3.15 Distribución de la profundidad de la isolínea de 1mL/L

En el otoño de 2004, la zona costera del sector norte de la zona de estudio, presentó profundidades de la isolínea de 1 mL/L (**Figura 31a**), considerada como el límite superior de la capa de mínimo OD, de alrededor de 20 m con una profundidad mínima de 9 m en la estación de 5 mn frente a punta Junín (T4), sin embargo, en la estación costera de la misma transecta la isolínea se profundizó bruscamente más de 40 metros. Hacia el sur fue usual encontrar mayores niveles de profundidad (> 30 m). En el sector oceánico, las mayores profundizaciones de la isolínea de 1 mL/L se observaron a 70 mn de punta Junín (T4, 80 m), a 70 mn frente a punta Lobos (T3, 104 m) y en las estaciones oceánicas de punta Copaca (T2, 108 m) y bahía Moreno (T1, 119 m).

En el invierno de 2004, los menores niveles de profundidad de la isolínea de 1 mL/L (**Figura 31b**), se observaron en el sector más norte de la zona de estudio, él que va de Arica (T5) a punta Gruesa (20° 20'S; Est. 70), presentando profundidades inferiores a 30 m en el sector costero, mientras que en el sector oceánico ésta superó los 60 metros.



Entre punta Lobos (T3) y Mejillones, los niveles de profundidad de esta isolínea aumentaron hasta más de 100 m en el sector oceánico, observándose la mayor profundización (> 150 m) en la estación de 70 mn de punta Copaca (T4). En tanto que, en el sector costero se registró el menor nivel de profundidad de toda el área de muestreo, en la estación de caleta Chipana (21° 20'S; 16 m), mientras que las demás mediciones fluctuaron entre los 20 y 40 metros.

Desde bahía Moreno (T5) al sur en general, la profundidad de la isolínea de 1 mL/L aumentó con respecto a la parte norte del área de muestreo. En el sector costero los niveles fluctuaron entre 40 y 100 m, midiéndose las menores profundidades en la transecta de bahía Salada (T8), mientras que en el sector oceánico la profundidad sobrepasó ampliamente los 120 m, aunque en la estación de 70 mn frente a bahía Moreno (T5) se observó una clara elevación, la que llegó cerca de los 50 m. Los mayores niveles de profundidad del área oceánica (> 240 m) se registraron en bahía Salada (T8), formando un gran núcleo que se extendió hasta la estación de 70 mn en la transecta de caleta Inglesa (T9) con profundidades que superaron los 200 metros.

### **3.16 Distribución vertical de temperatura, salinidad, contenido de oxígeno disuelto 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**

La distribución de temperatura, salinidad, contenido de oxígeno disuelto y porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial, correspondientes al crucero de otoño, se entregan en la **Figura 32**.

La distribución de temperatura en la sección paralela a la costa mostró en general una condición que fue similar a lo largo de toda ella. Las isotermas presentaron la



tendencia a ubicarse en forma paralela entre ellas y a la superficie, salvo por el ascenso hacia la superficie de la isoterma de 17°C en el borde sur de la zona, y también por el cambio de nivel de profundidad de la isoterma de 13°, la que ascendió de los 120 m a los 80 m en los 21°S de latitud. La termoclina, en esta sección, estuvo en general ubicada entre los 25 y 50 m de profundidad. Entre el nivel de 600 y 700 m de profundidad, este último correspondiente al máximo nivel de muestreo en la transecta, la isoterma de 6°C se observó presente sólo desde los 20°30'S y ascendió hasta los 650 m hacia el sur.

La salinidad registró una mayor variación en la distribución de valores respecto a lo observado en la temperatura, tanto en un sentido norte sur como en profundidad. En la capa superficial, la isohalina de 35,0 psu se presentó desde el límite norte hasta los 22°S, mostrando menores valores relativos de salinidad hacia el sector sur de la sección a este nivel de profundidad. Desde los 50 y hasta los 250 m de profundidad se presentaron núcleos con características de salinidad distintas, los que son dos de mínima y un tercero de máxima subsuperficial. Los de mínima salinidad estuvieron delimitados por la isolínea de 34,8 psu, y registraron valores inferiores a 34,6 psu y 34,5 psu en su centro, extendiéndose uno de estos núcleos desde el borde sur hasta los 21°S; mientras que el otro se ubicó en el nivel de 50 m, centrado en la estación de los 19°S. El núcleo de máxima salinidad subsuperficial se extendió desde el límite norte de la zona hasta el límite sur y estuvo centrado en el nivel de profundidad de 150 m con un espesor promedio aproximado de 150 m. Este núcleo se encontró delimitado por arriba por la isolínea de 34,7 psu, y registró además la presencia de un núcleo de máximo valor, > 34,8 psu, que llegó sólo hasta los 23°30'S. Bajo el nivel de 300 m las isolíneas se ubicaron paralelas entre si con una leve pendiente positiva hacia el borde sur de la zona, lo que señaló la presencia de menores salinidades a nivel subsuperficial en el borde sur, respecto al borde norte de la zona.



La distribución de OD mostró una capa óxica que se adelgazó de sur a norte, sector donde el gradiente se desarrolló con mayor fuerza. La capa de mínimo OD centrada en los 300 m, presentó su mayor espesor ( $> 500$  m) en la estación 45, correspondiente a la transecta de Arica (T5), adelgazándose gradualmente hasta un espesor aproximado de 300 m en la estación frente a bahía Moreno (T1). En la parte profunda de la transecta el límite inferior de la capa de mínimo OD (1 mL/L) se detectó cerca de los 570 m en la parte norte del área de estudio, mientras que en el extremo sur ésta se ubicó alrededor de los 460 m de profundidad.

La masa de agua ecuatorial subsuperficial (AESS), registró en la vertical de esta sección un acercamiento de las isolíneas de participación de masa de agua (PPMA) hacia el extremo sur de la zona. El núcleo de PPMA de 80% formó un núcleo que, por lo tanto, se adelgazó hacia el sur, variando su espesor de 200 m en la estación norte a sólo 80 m en la estación sur. Un pequeño núcleo de PPMA de 90% se registró solamente en el extremo norte de la zona, el cual alcanzó un espesor máximo de 50 m. A lo largo de la sección, la capa superficial de los primeros 25 m tuvo PPMA de AESS entre 30% y 40% hasta los 22°30'S, en tanto que los PPMA disminuyeron a valores de 20% a 30% desde esa latitud hacia el sur. En la transecta de Arica (estación 45), en particular, se registraron valores de composición mayores a 40% en los primeros 25 m. Los PPMA bajo los 600 m estuvieron por sobre el valor de 30% a lo largo de toda la sección.

La distribución de temperatura, salinidad, contenido de oxígeno disuelto y PPMA de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial, correspondientes al crucero de invierno se entregan en la **Figura 33**.

La TSM a lo largo de esta sección decreció levemente, alrededor de 1°C desde Arica (T5) a bahía Moreno (T1). La temperatura registró los mayores gradientes verticales en los primeros 50 m de profundidad. La isoterma de 15°C se mantuvo paralela a la



superficie y cercana al nivel de 50 m a lo largo de toda la secci3n. En general, las isotermas a nivel subsuperficial se mantuvieron tambi3n relativamente paralelas a la superficie, presentando una leve pendiente positiva hacia la transecta de bahía Moreno (T1), situaci3n que fue m3s notoria en las isotermas de 11° a 13°C.

En el caso de la salinidad, 3sta present3 una estructura vertical m3s variada ya que se registraron diversos n3cleos de m3ximas y m3nimas relativas entre superficie y el nivel de los 700 m. En este sentido, a nivel superficial en el sector norte de la secci3n se encontraron las mayores salinidades relativas, las cuales, con valores por sobre los 34,9 psu, se presentaron hasta la latitud de 22°C. En ambos extremos de la secci3n hubo dos situaciones distintas, en el norte se ubic3 un n3cleo de m3xima subsuperficial con valor por sobre los 34,8 psu y con m3ximos levemente superiores a 34,9 psu. Este n3cleo se localiz3 entre los 50 y 250 m y se extendi3 hacia el sur centrado en los 150 m, hasta al menos los 23°S, donde a esta latitud tuvo un espesor menor a los 100 m. En el extremo sur, entre superficie y los 150 m de profundidad se ubic3 un n3cleo de m3nima subsuperficial, con valores menores a 34,8 psu y que lleg3 a valores m3nimos de 34,4 psu. Este n3cleo se extendi3 hacia el norte hasta los 21°S, adelgaz3ndose r3pidamente y ubic3ndose por debajo del m3ximo superficial desde los 22°S. Bajo los 300 m, la salinidad decreci3 en forma m3s pareja a lo largo de la secci3n, hasta un m3nimo de 34,5 a 34,4 psu en los 700 m, y las isol3neas presentaron, de norte a sur, una leve pendiente positiva.

La distribuci3n de OD present3 en los primeros metros de la columna una capa 3xica con un espesor de aproximadamente 30 m en la estaci3n de Arica (T5), el que aument3 a 60 m en la transecta de bahía Moreno (T1). Dentro de esta capa se observ3 otra, de altos valores (> 6 mL/L) que estuvo presente a lo largo de toda la transecta, y que sigui3 la misma tendencia de la capa 3xica con un espesor de 5 m en la transecta norte y de 40 m en la sur. Por otra parte, en el sector norte de la zona de estudio la capa de m3nimo OD tuvo un espesor de aproximadamente 500 m,



mientras que este espesor disminuy3 a 240 m en la transecta de bahía Moreno (T1). El límite inferior de la capa de mínimo OD fue detectada en todas las estaciones de esta secci3n, registrándose éste bajo los 560 m en la parte norte y bajo los 380 m en la parte sur. Dentro de esta capa se midieron valores > 2 mL/L desde los 22 °S hacia el sur.

Los PPMA Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de esta secci3n señalaron que la participaci3n de ésta aumentó de un valor menor al 20% hasta un porcentaje de 30%, a nivel superficial en una direcci3n norte-sur. En la estaci3n de los 23°S, este porcentaje aumentó levemente a valores mayores a 30% en los primeros 50 m de la columna de agua. La isolínea superior de PPMA 50% se localizó centrada en el nivel de 50 m de profundidad, mientras que la isolínea inferior lo hizo alrededor de los 500 m de profundidad. El núcleo de PPMA 80% se extendió de norte a sur, sin embargo, se adelgazó hacia el sur de la secci3n desde un nivel de 200 m a sólo 100 m. Pequeños núcleos de PPMA 90% se registraron en la mitad norte de la secci3n y centrados en el nivel de 150 metros.

### 3.17 Masas de agua

Los diagramas **T-S** de las estaciones agrupadas por transecta, correspondientes al crucero de otoño, se muestran en la **Figura 34** y las del crucero de invierno en la **Figura 35**. Los porcentajes de participaci3n de masas de agua (PPMA) de las masas de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) por transecta en el período de otoño se entregan en la **Figura 36** y los de invierno en las **Figuras 37 y 38**.

En los diagramas **T-S** de otoño (**Figura 34**), se ve que la masa de agua (MA) Subtropical (AST) se ubicó superficialmente presentando un aumento de participaci3n hacia las transectas de la mitad norte de la zona, pues cambio de





valores característicos de 34,9 psu y 17,37°C, en temperatura y salinidad respectivamente, en la transecta de bahía Moreno (T1) a 35,06 psu y 18°C en la transecta de Arica (T5). Por el contrario, la inflexión de las curvas que corresponde al núcleo del agua subantártica (ASAA), ubicado a un nivel subsuperficial, indicó que la situación para esta MA es inversa a la AST. Lo señalado anteriormente se desprende del hecho que en la transecta de bahía Moreno (T1) los valores de temperatura y salinidad en el núcleo fueron de 34,3 psu y 12,5°C, mientras que hacia la mitad norte de la zona los valores de éstas variables aumentaron en el núcleo a 34,7 psu y 14,2°C. En las transectas de punta Lobos (T3) y punta Copaca (T2) solamente una estación indicó una mayor presencia relativa de ASAA. El AESS, también ubicado a nivel subsuperficial bajo el ASAA, registró participación en todas las transectas, con valores máximos en el núcleo que fueron de 12,7°C y 34,86 psu en la transecta de bahía Moreno (T1) y de hasta de 13,5°C y 34,92 psu en la transecta de Arica (T5).

El AST registró un PPMA (**Figura 36**) de 10% hasta los 60 m de profundidad en la transecta de bahía Moreno (T1) pero aumentó su nivel de profundidad hasta los 90 m en la transecta de Arica (T5). Los núcleos de máxima composición de AST llegaron hasta el 50%, con un mayor espesor y cobertura en la transecta punta Lobos (T3) y punta Junín (T4). La transecta de bahía Moreno (T1) registró un núcleo máximo de 40%. En todas las secciones, pero particularmente en la sección de bahía Moreno (T1), las isolíneas de PPMA mostraron un ascenso hacia la superficie, evidenciando una menor participación de esta MA en la franja de las primeras 20 mn de la costa, respecto a lo que se encontró en el sector oceánico.

El PPMA de 10% de la ASAA se encontró en los 180 m en la transecta de bahía Moreno (T1), la que subió de nivel en la vertical hasta los 100 en la transecta de Arica (T5). El PPMA a nivel superficial también disminuyó de un valor de 20 a 30% en la transecta del extremo sur a un porcentaje menor al 10% en el extremo norte



de la zona. Los núcleos de composición máxima se localizaron en la transectas de bahía Moreno (T1) y punta Copaca (T2) con un 40%. En las transectas de punta Lobos (T3) y punta Junín (T4) este núcleo disminuyó a un 30% y finalmente éste fue de sólo un PPMA de 20% en la transecta de Arica (T5). El ASAA se caracterizó por extenderse a lo largo de todas las secciones, pero en general mostró los núcleos de máxima participación más desarrollados hacia el borde oeste y también pegados a la costa. En general los PPMA más altos de esta MA se encontraron en el borde costero y pegados a la superficie.

El AESS fue la MA que tuvo mayor cobertura en área de participación en todas las secciones en comparación con las otras dos. En este período de estudio, el AESS alcanzó en superficie niveles de composición de 30 a 40% en las transectas del extremo sur de la zona (bahía Moreno y punta Copaca) y de 40% a 50% en las transectas del límite norte (Arica). A un nivel de 500 m de profundidad en gran parte de la extensión de la transectas de punta Copaca (T2) y punta Lobos (T3), el PPMA fue de 50 a 60%, mientras que en la transecta de bahía Moreno (T1) el PPMA fue levemente menor, de 40 a 50%. El núcleo de 80% estuvo bien desarrollado en todas las transectas, siendo solamente la transecta de bahía Moreno (T1) en donde éste no abarcó toda la sección, alcanzando sólo hasta las 80 millas náuticas. El núcleo de PPMA de 90% solamente se presentó en las transectas de punta Copaca a Arica (T2 a T5), pero sólo en las últimas 2 transectas, punta Junín (T4) y Arica (T5), se puede indicar que el núcleo fue importante en tamaño, como también que éste estuvo ubicado pegado a la costa. Las isolíneas de PPMA mostraron un ascenso del núcleo de AESS en el sector costero, evidenciando con ello una importante participación de esta MA a nivel superficial, en relación a los menores PPMA que se observaron al oeste de las primeras 10 mn.

En invierno, la importante variación de participación de las 3 MA en la zona de estudio, tanto a nivel superficial como vertical, se observó en los diagramas TS



**(Figura 35).** En la superficie se registr3 la participaci3n del AST en forma importante en las primeras 6 transectas, disminuyendo r3pidamente esta participaci3n desde la secci3n T7 hacia el sur, para pr3cticamente desaparecer en la secci3n de T10 y T11. El ASAA registr3 una situaci3n inversa, es decir con la m3xima participaci3n en la secci3n ubicada en el extremo sur de la zona de estudio. El AESS, si bien disminuy3 su participaci3n en direcci3n norte a sur, es la 3nica de las tres MA que se observ3 en forma notoria a lo largo de toda la zona. La secci3n de bah3a Salada (T8) es la 3nica secci3n que registr3 una variabilidad mayor del AESS, situaci3n que es mostrada por la separaci3n de las l3neas TS cerca del par tipo de esta MA.

Los PPMA de invierno (**Figuras 37 y 38**), se3alan que el AST registr3 porcentajes mayores a 80% en el extremo norte, m3s precisamente en el sector oce3nico y a nivel de superficie de esta 3rea. Los PPMA disminuyeron hacia el sur alrededor de un 10% en cada transecta, llegando a valores menores a 10% en la secci3n de Pichidangui (T11). A nivel subsuperficial, el PPMA de 10% lleg3 hasta una profundidad de 50 m en la secci3n norte, manteni3ndose esta isol3nea a un nivel relativamente constante hacia el sur, alcanzando hasta un m3ximo de 100 m de profundidad. No obstante lo anterior, en forma comparativa, los porcentajes de participaci3n por sobre esta isol3nea disminuyen hacia el sur. La mayor3a de las transectas registraron un ascenso de las isol3neas de PPMA hacia el sector costero, siendo 3ste ascenso m3ximo en la secci3n de punta Copaca (T2), y por el contrario, en la secci3n de caleta Inglesa (T9) se observ3 un peque3o descenso de las isol3neas y aumento en el PPMA en el sector indicado.

El ASAA tuvo PPMA m3nimos en la vertical de la secci3n del extremo norte (Arica), con porcentajes que superaron levemente el 20% en el sector oce3nico, ubic3ndose el porcentaje de 10% hasta 100 m de profundidad. El PPMA aument3 gradualmente hacia el sur, formando n3cleos costeros a nivel de superficie y subsuperficiales en el



sector oceánico, los cuales estuvieron entre 30% y 50% hasta la transecta de rada Paposo (T6), aumentando en forma más importante en la transecta de caleta inglesa (T9) a un PPMA > 50%, el cual abarcó una capa de 80 a 100 m de espesor comenzando desde la superficie. No obstante lo anterior, en la sección frente a Coquimbo (T10) el espesor del núcleo de PPMA de 50% disminuyó considerablemente a menos de 20 m. La isolínea de PPMA de 10% aumentó su nivel de profundidad también hacia el sur de la zona desde 100 m a 200 m, sin embargo, es en la sección de bahía Salada (T8) en donde el ASAA registró su mayor nivel de profundidad, el cual alcanzó los 300 m en el sector oceánico. En general, las isolíneas de PPMA ascendieron en el área costera, señalando una disminución de la participación de esta MA en el sector mencionado.

El AESS registró núcleos de PPMA que superaron el 90% en la mitad norte de la zona (Arica a Antofagasta), con un núcleo de nivel de composición de 80% que tuvo un espesor que superó los 200 m en el sector norte. Este último núcleo desapareció en la sección de caleta Inglesa (T9), pero presentó aun núcleos importantes de PPMA mayores a un 70% hasta la sección de Coquimbo (T10). Tanto los núcleos de 70% como los de 80% se pegaron a la costa al sur de la sección de punta Ballenita (T7), por lo tanto no abarcaron la sección completa. En la capa superficial, los porcentajes de participación de esta MA fueron variables, y si bien el núcleo del AESS disminuyó su composición hacia el sur, en la superficie se observó en general un aumento de los porcentajes. En este sentido, los PPMA máximos en superficie se registraron en la sección de Coquimbo (T10), en donde esta MA llegó a presentar de un 30% a 50% en la capa de los primeros 50 m, en comparación a la transecta de Arica (T5) que tuvo PPMA menores a un 10% en superficie y en general menor a 40% en la capa de los 50 m iniciales. En el nivel más subsuperficial de las secciones los PPMA también presentaron una gradual disminución hacia el sur, registrando en el borde norte de la zona porcentajes de 50%, mientras que en la sección T10, ésta fue cercana a un 40%.



### 3.18 Distribuci3n espacial y mensual de la TSM satelital

La **Figura 39** muestra la repartici3n mensual de la TSM satelital; en ella se aprecia que las mayores TSM se registran en abril, con temperaturas que se distribuyen entre los 16°C y 24°C, con bolsones de aguas c3lidas en el extremo norte de la zona de estudio y una franja costera de aguas frías y surgentes que recorre toda la costa y que provoca fuertes diferenciales de temperatura en el sentido costa-oc3ano. El perío3o mayo-junio se caracteriza por la disminuci3n de las temperaturas que se localizan en el rango 14-21°C debido a la transici3n entre otoño e invierno observándose una distribuci3n geogr3fica m3s homoterma en las TSM y que se refleja en el desplazamiento de las isotermas de menores temperaturas hacia sectores oce3nicos y en el afloramiento de aguas frías en los sectores ribereños. Julio-agosto presenta TSM que varían entre 14° y 18,5° C con un marcado predominio de aguas de 15°, 16° y 17°C y se caracteriza por exhibir una homogenizaci3n de la estructura térmica superficial lo que implica que la intensidad de los gradientes térmicos disminuya. Durante los meses de septiembre y octubre se observa, en términos generales, un aumento de los registros de TSM, adem3s existe una alta nubosidad y un predominio de aguas con temperaturas de 16 y 17°C (color verde claro); asimismo, se destaca la intrusi3n de aguas oce3nicas de m3s de 20°C frente al puerto de Arica. En noviembre continúa el aumento de las TSM con temperaturas que se ubican entre los 16 y 21 °C, en este mes se aprecia la penetraci3n de aguas c3lidas desde la zona noroeste y una franja de aguas frías en los sectores ribereños, lo que trae consigo la aparici3n de gradientes térmicos m3s relevantes que los exhibidos en meses anteriores.

#### 3.18.1 Distribuci3n espacial semanal de la TSM satelital

Abril presenta temperaturas que fluctúan entre los 16° y 24°C, donde los mayores registros se sitúan en el sector oce3nico norte y las m3s bajas en el sector



costero, asociadas a eventos de surgencia. En la primera semana del mes hay un bols3n de aguas c3lidas ( $>24^{\circ}\text{C}$ ) en el sector oce3nico frente a las costas de Arica y focos de aguas frías, asociados a eventos de surgencias, en las proximidades de Iquique; lo anterior gener3 fuertes gradientes laterales en la zona. La segunda semana presenta una estructura térmica con aguas en el sector oce3nico que son levemente más frías en app.  $1^{\circ}\text{C}$  respecto a la semana anterior, con prácticamente ausencia de aguas de temperatura  $>24^{\circ}\text{C}$ ; esta semana se caracteriza por un notable desplazamiento de las isotermas mayores a los  $22^{\circ}\text{C}$  en direcci3n noroeste, aunque aguas de esta temperatura o superior siguen cubriendo una extensa área, asimismo se advierten dos focos de aguas relativamente frías ( $>19^{\circ}\text{C}$ ), uno al sur de Iquique y otro frente al puerto de Antofagasta, condici3n relacionada con eventos de surgencias. Durante las semanas siguientes prosigue la fuerte disminuci3n de las TSM, estas semanas dan cuenta de la desaparici3n de aguas  $>23^{\circ}\text{C}$  y se destaca el fortalecimiento de la franja de aguas frías que recorre la costa, distinguiéndose dos focos principales, uno localizado al sur de Iquique y otro en las cercanías de Mejillones, con temperaturas  $<17^{\circ}\text{C}$ , que generan frentes térmicos relevantes en la franja costera y hasta las 30 mn de la costa (**Figura 40**).

Mayo presenta TSM que fluctúan entre los  $15$  y  $21^{\circ}\text{C}$  y se caracteriza por una masa de aguas c3lidas en el área oce3nica del sector norte y una franja de aguas frías desde Pisagua al sur que se relaciona con eventos de surgencias. La primera semana exhibe una estructura térmica muy similar a la registrada durante la última semana de abril, con aguas entre los  $17$  y  $21^{\circ}\text{C}$ , con una gran cobertura espacial de las aguas mayores a  $20^{\circ}\text{C}$ , aunque éstas desaparecen al sur de Tocopilla, y una banda de aguas frías en las primeras millas de la costa. En la segunda semana existe un claro predominio de aguas de  $18-21^{\circ}\text{C}$ , destacándose la disminuci3n en la extensi3n geográfica del foco de aguas de  $21^{\circ}\text{C}$  (rojo claro) que se localiza al noroeste de Arica, lo anterior también se refleja en el desplazamiento de la isoterma de  $20^{\circ}\text{C}$  hacia zonas oce3nicas; por otra parte, el sector costero



entre Arica y Pisagua no registr3 un frente térmico importante, indicando con ello menores intensidades de los eventos de surgencia. En las semanas tercera y cuarta prosigue la sostenida disminuci3n de las TSM respecto de las semanas anteriores, en estas semanas se advierte en el sector oceánico la desaparici3n de aguas mayores a 21°C y se destaca el fortalecimiento de la franja de aguas frías que recorre la costa, distinguiéndose un foco principal situado en los alrededores del Río Loa con TSM < 16°C, que implica gradientes térmicos relevantes en las primeras 25-30 mn y un núcleo ubicado frente a Antofagasta que posee un gran filamento de aguas frías que alcanz3 las 80-100 millas náuticas.

En junio, las TSM oscilan entre los 14 y 20°C presentando una estructura térmica mucho más homoterma que los meses precedentes. La primera semana exhibe aguas que fluctúan entre 16 y 20°C, destacándose una masa de aguas más cálidas en el sector oceánico del extremo norte y una franja de aguas frías que se localiza en las primeras millas de la costa, lo que origina fuertes diferenciales de temperatura en el sentido costa-océano. La segunda semana continúa presentando un núcleo de aguas cálidas en el sector norte, aunque se aprecia una considerable merma en la extensi3n geográfica del foco de aguas > 19°C que se refleja en el desplazamiento de la isoterma de 19°C (color amarillo) hacia zonas oceánicas; por otra parte, se observa la expansi3n de la franja de aguas de 16°C y la aparici3n de aguas de 15°C en las proximidades de Mejillones. En las semanas tercera y cuarta prosigue la sostenida disminuci3n de las TSM en app. 0,5°C respecto de la semana anterior. En este período desaparece la masa de aguas de 19°C en el sector norte y se aprecia una homogenizaci3n de la estructura térmica superficial en aquel sector, también se observa la gran cobertura geográfica que alcanzan las aguas de 16 y 17°C con un área que cubre sobre el 80% de la zona de estudio; finalmente, se destacan focos surgentes frente al río Loa y entre Mejillones y Antofagasta.



Durante julio las TSM varían entre 14° y 18,5° C con un marcado predominio de aguas de 15°-17°C y se caracteriza por poseer una estructura térmica mucho más homoterma que los meses precedentes. En las dos primeras semanas se destaca un sector cálido con TSM superiores a los 18° C en el área oceánica a unas 120 mn frente a Arica, y el fortalecimiento de las surgencias costeras con un foco principal situado en el extremo sur de la zona de estudio el cual cubre una vasta área en las primeras 20 mn de la costa. Durante la tercera semana se advierte una homogenización de la estructura térmica superficial, no obstante lo anterior se sigue apreciando el foco de aguas frías frente a Mejillones aunque de manera bastante menos intensa y en un área mucho mas reducida. Las semanas siguientes se vuelve a presentar un decrecimiento en los registros de TSM y se produce una reducci3n de las mismas en aproximadamente 0,5°C, advirtiéndose un repliegue de las aguas de 17°C y un comportamiento más homoterma de la condici3n térmica superficial lo que implica que la intensidad de los frentes térmicos costeros disminuya (**Figura 40**).

Por su parte, agosto se caracteriza por presentar una alta nubosidad con temperaturas que fluctúan entre 14° y 17,5° C y un marcado predominio de aguas de 15° y 16°C las cuales ocupan app el 85% de toda la zona de estudio. Además, se caracteriza por presentar una estructura térmica mucho más homoterma que los meses precedentes y un foco aguas muy frías y surgentes en las proximidades de Mejillones-Antofagasta. En la primera semana se aprecia una disminuci3n de las TSM, las que varían entre los 14° y 17°C, con un pequeño núcleo de TSM superiores a los 17° C localizado a unas 130 mn al SW de Iquique; paralelamente se aprecia un fortalecimiento de las surgencias costeras con un foco principal situado en el extremo sur de la zona de estudio el cual cubre un amplio sector en las primeras millas de la costa. Durante la segunda semana se advierte una estructura térmica similar a la semana anterior, no obstante se aprecia una leve homogenización de las TSM, también se destaca el gran desplazamiento de la





isoterma de 16°C en sentido noroeste y la gran cobertura espacial que alcanzan las aguas de 15°C. En las semanas siguientes debido a problemas de t3cnicos y de nubosidad no se lograron obtener im3genes satelitales de TSM (**Figura 41**).

Las dos primeras semanas de septiembre continúan con una alta nubosidad destacándose un predominio de aguas con temperaturas de 16 y 17°C. En este per3odo se observa una estructura t3rmica bastante homoterma, en la que no se aprecian gradientes t3rmicos longitudinales relevantes; asimismo, se observa una clara intrusi3n de aguas oce3nicas que llegan hasta un sector ubicado a la cuadra de Iquique. La tercera semana presenta una estructura t3rmica muy similar a la registrada durante las semanas precedentes, es decir existe un predominio de aguas de 16 y 17°C y con una distribuci3n homog3nea de las TSM. En la cuarta semana siguen presentándose condiciones similares a las registradas anteriormente, con un claro predominio de aguas de 16-17°C en el sector oce3nico, destacándose la desaparici3n del foco de aguas c3lidas que se ubic3 al noroeste de Arica, de la misma manera se destaca una lengua de aguas de 17°C en el sector norte de la zona de estudio. Durante la 3ltima semana se presenta un aumento de los valores de temperatura en aproximadamente 1,0°C, lo que se aprecia n3tidamente frente al puerto de Arica con la aparici3n de aguas de 19°C; adem3s se destaca el notable desplazamiento de la isoterma de 18°C, con direcci3n sureste alcanzando la cuadra de Iquique. Asimismo, se aprecia una masa de aguas fr3as que se localiza en el extremo sur y que alcanza las costas de Iquique provocando diferenciales t3rmicos importantes.

Durante la primera semana de octubre se observa una leve disminuci3n de las temperaturas respecto a las 3ltimas semanas de septiembre, en esta semana se aprecia el desplazamiento de la isoterma de 14°C (color azul) en direcci3n norte, y paralelamente, se aprecia una migraci3n de las isotermas de 16 y 17°C hacia el sur lo que provoca gradientes t3rmicos importantes. La segunda semana, presenta



un aumento de los valores de temperatura en aproximadamente  $1,0^{\circ}\text{C}$ , lo que se aprecia nítidamente frente al puerto de Arica con la aparición de aguas de  $19^{\circ}\text{C}$ ; además se destaca el desplazamiento de la isoterma de  $16^{\circ}\text{C}$ , en forma de cuña, con dirección sureste alcanzando la cuadra del río Loa. En las semanas posteriores se vuelve a observar un aumento en los valores de TSM con un predominio de aguas  $> 16^{\circ}\text{C}$ , en estas semanas se destaca la desaparición de aguas de  $14^{\circ}\text{C}$  y el fortalecimiento del foco de aguas cálidas (de  $20^{\circ}\text{C}$ ) que se localiza frente al puerto de Arica; finalmente, se vuelve a destacar en notable desplazamiento de la isoterma de  $17^{\circ}\text{C}$ , con dirección sureste y que alcanza la cuadra de Mejillones (**Figura 41**).

En las dos primeras semanas de noviembre se observa un leve aumento de las temperaturas en app.  $+0,5^{\circ}\text{C}$  respecto de las últimas semanas de octubre, las TSM presentan una distribución entre los  $16$  y  $20^{\circ}\text{C}$  apreciándose la desaparición de aguas inferiores a los  $15^{\circ}\text{C}$  y un desplazamiento de las isotermas de  $18^{\circ}\text{C}$  y  $19^{\circ}\text{C}$  en dirección sur, alcanzando la cuadra de Mejillones, asimismo, se aprecia una delgada franja de aguas frías en la costa que estaría asociada a eventos de surgencia. La tercera semana nuevamente presenta un aumento de las TSM, especialmente en el sector oceánico debido al desplazamiento de la masa de aguas de  $20^{\circ}\text{C}$  y a la intrusión de aguas con  $21^{\circ}\text{C}$ . La semana cuarta presenta una estructura térmica similar a la de la semana anterior, no obstante en esta semana se aprecia una migración de las isotermas de  $20$  y  $21^{\circ}\text{C}$  en sentido sur, implicando un leve aumento de las temperaturas, principalmente en la mitad norte oceánica del área de estudio, también se observa el fortalecimiento de la banda costera de aguas frías, en especial el núcleo surgente localizado frente a Mejillones y que provoca bruscos diferenciales térmicos en ese sector.



### 3.19 Análisis de pigmentos vegetales

#### 3.19.1 Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica

En el otoño de 2004, la clorofila a (cloa) (**Figura 42a**) superficial presentó una franja costera discontinua con altos valores. En Arica (T5) el núcleo pigmentario alcanzó su máxima concentración, 6,8  $\mu\text{g/L}$ , en la estación costera, disminuyendo a la mitad hacia las 5 mn, sin embargo este núcleo se extendió más allá de las 70 mn con una concentración superior a 1  $\mu\text{g/L}$ . Hacia el sur, la franja costera eutrófica ( $> 1 \mu\text{g/L}$ ) se percibió en forma continua hasta la transecta de punta Lobos (T3), con una extensión hacia el oeste variable, la que superó las 20 mn frente a punta Gruesa (20°23'S; Est. 34). Dentro de esta franja destacan núcleos de concentraciones  $> 2 \mu\text{g/L}$  en las estaciones costeras de punta Camarones (19°22'S; Est. 54), punta Junín (T4) y punta Lobos (T3). Entre caleta Chipana (21°20'S; Est. 24) y punta Copaca (T2), al menos en la zona costera, las concentraciones de cloa fueron inferiores a 0,5  $\mu\text{g/L}$ . Desde punta Cobija (22°34'S; Est. 1) hasta bahía Moreno (T1), los valores pigmentarios vuelven a aumentar sobre 1  $\mu\text{g/L}$ , midiéndose las mayores concentraciones del área de estudio,  $> 7 \mu\text{g/L}$ , dentro de las 5 mn frente a bahía Moreno (T1). En el sector oceánico destacan dos núcleos ( $> 1 \mu\text{g/L}$ ), uno frente a punta Madrid (19°03'S; Est. 53) y el segundo frente a punta Lobos (T3), en tanto que un amplio núcleo de concentraciones mesotróficas se detectaron entre punta Junín (T4) y Tocopilla (22°00'S), al igual que el sector norte del área de estudio. Por otra parte, los feopigmentos (feop) (**Figura 42c**), siguieron una distribución similar a la de la cloa, manteniendo en general concentraciones inferiores a ésta en la zona costera. Los mayores valores de feop ( $> 2 \mu\text{g/L}$ ) se detectaron en las estaciones costeras de Arica (T5) y de bahía Moreno (T1), sin embargo al igual que en la distribución de cloa, se observó una franja de  $> 1 \mu\text{g/L}$  en la zona costera entre Arica (T5) y punta Lobos (T3).



En invierno, la cloa (**Figura 42b**) superficial present3 una franja costera discontinua en las concentraciones altas. En el sector norte del 3rea de estudio, entre Arica (T5) e Iquique se identificaron dos focos de altas concentraciones: uno en la estaci3n costera frente a punta Pinto (18° 40'S; Est. 82; 7,9 µg/L) y el segundo en la estaci3n de punta Camarones (19° 20'S; Est. 78; 6,3 µg/L), los que formaron parte de una amplia franja de concentraciones > 2 µg/L que se extendi3 dentro de las primeras 15 mn, aproximadamente, entre la transecta de Arica (T5), donde el foco pigmentario eutr3fico (> 1 µg/L) se extendi3 m3s all3 de las 40 mn, y la transecta de punta Jun3n (T4).

Hacia el sur, la franja costera eutr3fica se percibi3 en forma continua hasta la transecta de rada Paposo (T6), con una extensi3n variable hacia el oeste, la que super3 las 40 mn frente a punta Copaca (T2), observ3ndose en esta transecta, a pesar de lo anterior, un foco mesotr3fico entre las 5 y 10 mn. Dentro de la franja eutr3fica se gener3 un continuo de valores > 3 µg/L donde, adem3s, se observaron tres focos de altas concentraci3n. El primero de ellos tuvo la mayor extensi3n, que abarc3 entre las estaciones costeras de punta Lobos (T3) y la estaci3n costera de punta Arenas (21° 40'S; Est. 59) con valores que superaron los 7 µg/L. Un segundo foco se detect3 en la estaci3n costera al norte de Mejillones (22° 50'S; Est. 48; > 8 µg/L), mientras que el tercer foco, de concentraciones > 6 µg/L, se identific3 desde la punta sur de la pen3nsula de Mejillones (23° 10'S) hasta las estaciones costeras de transecta de bah3a Moreno (T1), midi3ndose en la estaci3n de 1 mn un valor de 9,3 µg/L.

Los valores pigmentarios disminuyeron dr3sticamente en la transecta de rada Paposo (T6), restring3ndose a la estaci3n costera un n3cleo de concentraci3n superior a 1 µg/L, en tanto que hacia el sur, en la transecta de punta Ballenita (T7) las concentraciones descendieron a mesotr3ficas (< 1 µg/L) en la costa. En la transecta de bah3a Salada (T8) se observ3 una recuperaci3n de las concentraciones



de cloa, extendiéndose los valores  $> 1 \mu\text{g/L}$  hasta cerca de las 20 mn, mientras que en la estaci3n costera el valor de cloa super3 los  $15 \mu\text{g/L}$ , siendo 3ste el valor m3s alto medido en el crucero. En caleta Inglesa (T9), por el contrario, las concentraciones oligotr3ficas ocuparon toda la transecta, mientras que frente a Coquimbo (T10) en la estaci3n de 5 mn se detect3 un n3cleo de altas concentraciones, las que superaron los  $6 \mu\text{g/L}$ . Hacia la transecta de Pichidangui (T11) este n3cleo volvi3 a desaparecer, registrándose s3lo algunos valores mesotr3ficos tanto en la estaci3n costera como en la de 20 millas n3utcas.

Los feop (**Figura 42d**), siguieron una distribuci3n muy similar a la de cloa, manteniendo en general concentraciones inferiores a 3sta en la zona costera. Al igual que en la distribuci3n de cloa, en el sector norte los feop presentaron dos focos de altas concentraciones en las estaciones costeras frente a punta Pinto ( $18^\circ 40'S$ ; Est 82) y punta Camarones ( $19^\circ 20'S$ ; Est. 78) con valores  $> 3 \mu\text{g/L}$ , que formaron parte de un n3cleo de valores  $> 1 \mu\text{g/L}$  que abarc3 desde las estaciones costeras de Arica (T5) hasta punta Jun3n (T4). Otra franja de concentraci3n  $> 1 \mu\text{g/L}$  se desarroll3 desde punta Lobos (T3) hasta la estaci3n 48 al norte de Mejillones ( $22^\circ 50'S$ ), donde los mayores valores de feop se registraron en las estaciones frente a: caleta Chipana ( $21^\circ 20'S$ ; Est 62;  $> 5 \mu\text{g/L}$ ), punta Arenas ( $21^\circ 40'S$ ; Est. 59;  $> 3 \mu\text{g/L}$ ), a 20 mn en punta Copaca (T4;  $> 2 \mu\text{g/L}$ ) y la estaci3n 48 al norte de Mejillones ( $22^\circ 50'S$ ;  $> 2 \mu\text{g/L}$ ). Otro n3cleo de valores  $> 1 \mu\text{g/L}$  se extendi3 desde la punta sur de la Pen3nsula de Mejillones ( $23^\circ 30'S$ ) hasta la transecta de bah3a Moreno (T1) abarcando las primeras 10 mn con un valor de  $2 \mu\text{g/L}$  en la costa. Un tercer n3cleo de importancia se registr3 en la estaci3n costera de bah3a Salada (T8;  $> 3 \mu\text{g/L}$ ). Por otra parte, entre las transectas de rada Paposos (T6) y punta Ballenita (T7) as3 como desde caleta Inglesa (T9) hasta Pichidangui (T11) los valores de feop fueron inferiores a  $1 \mu\text{g/L}$ . En el sector oce3nico, los valores de feop registrados fueron  $> 0,2 \mu\text{g/L}$ .



### 3.19.2 Distribución de la biomasa fitoplanctónica integrada

La clorofila integrada (cloint) (**Figura 43a**) en el otoño de 2004, presentó valores moderados ( $> 60 \text{ mg/m}^3$ ) frente a Arica (T5), en la franja comprendida entre la estación costera de punta Junín (T4) y caleta Chipana ( $21^{\circ}20'S$ ; Est 24), midiéndose las mayores concentraciones,  $> 100 \text{ mg/m}^3$ , en la estación costera de punta Lobos (T3) y la estación de 5 mn frente a bahía Moreno (T1). Los feopigmentos integrados (feopint) (**Figura 43c**) tuvieron una distribución algo distinta a la cloint, observándose en general valores levemente superiores a ella. Las mayores concentraciones de feopint ( $> 100 \text{ mg/m}^3$ ), se midieron en las estaciones 34 frente a punta Gruesa ( $20^{\circ}23'S$ ) y a 5 mn de bahía Moreno (T1).

En invierno, la distribución cloint (**Figura 43b**) fue similar a la de cloa superficial y en esta oportunidad, las concentraciones de cloint en general fueron altas. Entre Arica (T5) a punta Junín (T4) se observó un núcleo de valores  $> 150 \text{ mg/m}^3$ , conteniendo focos de cloint  $> 200 \text{ mg/m}^3$  en la estación de 40 mn de la transecta de Arica (T5) y la estación costera de punta Pinto ( $18^{\circ} 40'S$ ; Est. 82). Otros focos de la misma magnitud se registraron en la estación 48 al norte de Mejillones ( $22^{\circ} 50'S$ ) y en la estación costera de bahía Moreno (T1). Las mayores concentraciones se registraron en la estación costera de punta Arenas ( $21^{\circ} 40'S$ ;  $> 300 \text{ mg/m}^3$ ) y en la estación costera bahía Salada (T8;  $> 450 \text{ mg/m}^3$ ). Por otra parte, en el sector norte del área de estudio las transectas de punta Lobos (T3) y punta Copaca (T2) presentaron valores  $< 90 \text{ mg/m}^3$ , en tanto que en el sector sur, similares concentraciones se registraron en las transectas de rada Paposo (T6), punta ballenita (T7), caleta Inglesa (T9), Coquimbo (T10) y Pichidangui (T11). Los feopint (**Figura 43d**), presentaron altos valores ( $100 \text{ mg/m}^3$ ) en el sector comprendido entre Arica (T5) y punta Junín (T4), con focos de valores  $> 150 \text{ mg/m}^3$  en la estación de 40 mn frente a Arica (T5) y la estación de punta Pinto ( $18^{\circ} 40'S$ ). Otro foco de feopint de más de  $> 100 \text{ mg/m}^3$ , se registró frente a punta



Arenas (21° 40'S), y más al sur se observó una franja de valores  $> 80 \text{ mg/m}^3$  entre punta Copaca (T2) y Mejillones, en donde se registraron focos  $> 100 \text{ mg/m}^3$ , en la estación de 5 mn de punta Copaca (T2), y en la estación 50 (22° 30'S) ubicada al sur de punta Copaca (T2). Entre la punta sur de la península de Mejillones y las estaciones costeras de bahía Moreno (T1) las concentraciones de feoint nuevamente formaron un núcleo de valores  $> 80 \text{ mg/m}^3$ . Posteriormente en la transecta de bahía Salada (T8) se presentó un foco de alto valor ( $> 150 \text{ mg/m}^3$ ) restringido a la estación costera. Las demás localidades presentaron, en general, bajos valores de feopint fluctuando alrededor de los  $40 \text{ mg/m}^3$ .

### 3.19.3 Clorofila satelital

En el otoño de 2004, se registraron dos imágenes del clorofila satelital (cloas) correspondiente a los días 15 y 22 de junio (**Figura 44**). En el primer caso la gran cantidad de nubes no permitió hacer una comparación con los valores *in situ*, sin embargo se pudo observar un núcleo eutrófico que abarcó desde los 19°S al norte con concentraciones  $< 2 \text{ } \mu\text{g/L}$ , destacándose un pequeño núcleo –entre las 8 y 20 millas frente a Arica- que presenta valores entre 3 y 5  $\mu\text{g/L}$ .

En la imagen del día 22 de junio, se observó una banda costera casi continua de concentraciones eutróficas, a lo largo de la costa. En esta oportunidad el muestreo *in situ* coincidió con el sector de la transecta de Arica, realizada entre las 10 y 100 mn además de la estación 44 ubicada a 100 mn frente a punta Pinto (18°44'S). La imagen de cloas mostró, en este sector, una amplia distribución pigmentaria, mayor a la observada el día 15, con un núcleo que se expandió hasta cerca de las 100 mn con concentraciones relativamente parejas entre 2 y 3  $\mu\text{g/L}$ , situación que fue corroborada por la información de los filtros. En esta imagen se puede apreciar que en el sector comprendido ente punta Copaca (T2) y el río Loa, donde el muestreo se realizó entre 3 y 4 días antes de la toma de la imagen (8 y 9 de junio),



existió un claro aumento en las concentraciones, las que sólo fueron de orden mesotrófico en la informaci3n *in situ*.

En invierno, se consideraron tres imágenes de cloas. La imagen de color correspondiente al 7 de septiembre de 2004, coincidió con el muestreo realizado en la estaci3n costera de la transecta de bahía Moreno (T1), la que registró un valor de clorofila total (cloat) de 11,5 µg/L. En esta imagen se observó en la secci3n de bahía Moreno un núcleo costero de clorofila satelital (cloas) con concentraciones superiores a los 7 µg/L, mientras que valores > 1µg/L se extendieron ampliamente hacia el oeste, en forma de lenguas de agua que superan las 80 mn de la costa (**Figura 45**).

La siguiente carta, que corresponde al día 24 de septiembre, coincidió con el muestreo realizado en el sector oceánico de la transecta de punta Lobos (T3), entre las 40 y 100 mn incluyendo la estaci3n 68 correspondiente a la intertransecta T3-T2. En este sector las concentraciones de cloas fueron < 1 µg/L, con un núcleo centrado a las 70 mn de valores inferiores a 0,5 µg/L, lo que coincidió con valores de cloat discreta que fluctuaron entre 0,4 y 1,1 µg/L (**Figura 45**).

La última imagen, perteneciente al día 5 de octubre de 2004, corresponde al día siguiente del muestreo realizado en la transecta de Arica (T1). No obstante lo anterior y a pesar de esta diferencia temporal, se observó una buena relaci3n entre los datos *in situ* y la imagen de color, que indica cerca de 5 µg/L en el sector costero y una extensi3n de los valores > 1 µg/L que sobrepasó las 20 mn, en ambas mediciones (**Figura 45**).

Finalmente, en términos generales, se destaca que al observar las tres imágenes se pudo identificar dos núcleos de altas concentraciones: el primero se localizó entre Pisagua e Iquique, y el segundo se ubicó en el sector de Mejillones. Ambos





núcleos evolucionaron desde el día 7 de septiembre hasta el 5 de octubre donde alcanzaron los mayores valores de cloas. En contraste, en bahía Moreno (T1), se observó que las concentraciones fueron descendiendo hasta prácticamente desaparecer el foco de cloas.

#### **3.19.4 Distribuci3n histórica de clorofila a desde 1993 a 2004**

La distribuci3n histórica de clorofila a para la estaci3n de otoño se muestra en la **Figura 46**.

En el otoño de 1997, la cloa superficial mostr3 una distribuci3n atípica, aunque se observaron núcleos eutr3ficos ( $> 1 \mu\text{g/L}$ ) en las estaciones costeras de cuatro de las cinco transectas, siendo la excepci3n punta Lobos (T3), sin embargo las concentraciones m3s altas fluctuaron alrededor de los  $2 \mu\text{g/L}$ , lo que se podr3a considerar concentraciones moderadas para la zona. En el sector oce3nico destacan dos focos de concentraciones  $> 1 \mu\text{g/L}$ , uno en punta Copaca (T2) y otro en punta Lobos (T3) y una gran extensi3n de valores mesotr3ficos. Esta distribuci3n podr3a estar sintiendo los primeros efectos del evento El Niño 1997-98.

En el otoño de 1998, la notoria baja en las concentraciones de cloa es debida al evento El Niño 1997-98. La mayor parte de las estaciones presentaron concentraciones entre oligo y ultraoligotr3ficas. La única excepci3n fue el sector costero de Arica (T5), donde la cloa alcanz3 los  $2 \mu\text{g/L}$ .

En el otoño de 1999, la situaci3n es absolutamente distinta, los núcleos eutr3ficos se observaron en gran parte de la zona costera del área de estudio, midiéndose las mayores concentraciones en: Arica (T5) con valores máximos de  $6 \mu\text{g/L}$ , punta Lobos (T3) con un núcleo de  $4 \mu\text{g/L}$  y la estaci3n fija de Mejillones con  $2,3 \mu\text{g/L}$ . Las menores concentraciones se midieron en la transecta de bahía Moreno (T1)



donde se observaron s3lo dos n3cleos mesotr3ficos (< 1  $\mu\text{g/L}$ ) y en la transecta de punta Copaca (T2) donde las concentraciones fueron oligotr3ficas.

En el oto3o de 2000, la distribuci3n pigmentaria fue similar a la de oto3o de 1999. La 3nica transecta con concentraciones oligotr3ficas fue punta Copaca (T2), con una concentraci3n m3xima de 0,4  $\mu\text{g/L}$ . Por otra parte las concentraciones m3s altas se dieron nuevamente en Arica (T5) con un m3ximo de 6,3  $\mu\text{g/L}$ , le sigui3 bah3a Moreno (T1) con 3,6  $\mu\text{g/L}$ , en tanto que en punta Jun3n (T4) y punta Lobos (T3) la concentraci3n de cloa super3 los 2  $\mu\text{g/L}$ .

En el oto3o de 2001, la distribuci3n de cloa se invierte en relaci3n al oto3o del a3o 1999, dado que en esta ocasi3n las menores concentraciones, de las transectas, se dieron en Arica (T5) con 1,6  $\mu\text{g/L}$ , y las mayores en bah3a Moreno (T1) con 3,6  $\mu\text{g/L}$ . Salvo por la estaci3n costera de Arica (T5) y de Tocopilla, el resto de las estaciones costeras presentaron concentraciones > 1  $\mu\text{g/L}$ .

En el oto3o de 2002, las menores concentraciones de orden meso-oligotr3fico se midieron en bah3a Moreno (T1) mientras que una franja mesotr3fica se observ3 entre caleta Chipana y Tocopilla. Por otra parte las concentraciones m3s elevadas se dieron en Arica (T5) con 7,2  $\mu\text{g/L}$ , punta Copaca (T2) con 5,2  $\mu\text{g/L}$  y en la estaci3n fija de Iquique con 4,5  $\mu\text{g/L}$ .

En el oto3o de 2003, las mayores concentraciones de cloa se dieron nuevamente en Arica (T5) con 6,8  $\mu\text{g/L}$  y en bah3a Moreno (T1) con 4,1  $\mu\text{g/L}$ , las menores concentraciones se dieron en punta Lobos (T3), mientras que en punta Copaca (T2) se observ3 un n3cleo eutr3fico a 100 mn de la costa. En general la cobertura de valores eutr3ficos es menor que la observada el a3o anterior.



En el otoño de 2004, al igual que en el otoño de 2003, las mayores concentraciones de cloa se dieron en Arica (T5) con 6,8  $\mu\text{g/L}$  y en bahía Moreno (T1) con 7,9  $\mu\text{g/L}$ , en tanto que las menores concentraciones costeras, de orden mesotrófico, se dieron entre punta Copaca (T2) y caleta Chipana. En el sector oceánico se detectaron dos focos eutróficos a 100 mn de la costa, uno frente a punta Lobos (T3) y el otro frente a punta Madrid. En esta oportunidad destacan los relativos altos valores en el sector oceánico, no detectándose valores  $< 0,2 \mu\text{g/L}$ .

La distribución histórica de clorofila a en invierno se muestra en la **Figura 47**.

En el invierno de 1994, las concentraciones de cloa fueron muy altas. Todas las transectas presentaron valores eutróficos en las estaciones costeras, y de éstos los menores valores se dieron en punta Copaca (T2) (1,6  $\mu\text{g/L}$ ) mientras que las más altas concentraciones se observaron en punta Junín (T4) donde la cloa superó los 11  $\mu\text{g/L}$ .

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

En el invierno de 1997, se observó un abrupto descenso en las concentraciones de cloa debido al efecto del evento de El Niño, por lo que la gran mayoría de los datos variaron entre meso y oligotróficos. A pesar de esto, valores eutróficos se midieron en las estaciones costeras de: Arica (T5), punta Copaca (T2) y bahía Moreno (T1), aunque éstas no superaron los 2  $\mu\text{g/L}$ .

En el invierno de 1998, se produce una completa recuperación del sistema observándose altas concentraciones en todas las transectas. Los menores valores



se observaron en bahía Moreno (T1) donde la cloa alcanzó los 2,7 µg/L y los mayores en punta Copaca (T2) superando los 14 µg/L.

En el invierno de 1999, a pesar que los valores de cloa son inferiores a los del año precedente, la única transecta que no presentó concentraciones eutróficas fue la de punta Lobos (T3) donde los valores fueron inferiores a 1 µg/L. Por otra parte las mayores concentraciones 6,8 µg/L se midieron en Arica (T5).

En el invierno de 2000, las concentraciones de cloa fueron eutróficas en todas las estaciones costeras de las distintas transectas, sin embargo en general, no se midieron los altos valores de los primeros años. Las menores concentraciones se observaron en punta Copaca (T2) con 2 µg/L de cloa, y la máxima medida fue 6,8 µg/L en punta Junín (T4).

En el invierno de 2001, las concentraciones de cloa son incluso inferiores a las del año 2000. Las estaciones costeras de las distintas transectas presentaron concentraciones eutróficas, sin embargo superaron levemente 1 µg/L. Las menores concentraciones se observaron en punta Lobos (T3) con 1,1 µg/L de cloa, y la máxima fue de 3 µg/L en punta Junín (T4). En este caso el mayor valor medido se observó en Iquique con 3,3 µg/L.

En el invierno de 2002, las concentraciones de cloa se mantienen en similar rango visto en el año 2001. La única transecta que no presentó concentraciones eutróficas en las estaciones costeras fue punta Junín (T4), mientras que la máxima fue de 3,7 µg/L en Arica (T5). En este caso el mayor valor registrado para las estaciones de intertransecta se midió en Iquique con 3,3 µg/L.

En el invierno de 2003, las concentraciones de cloa vuelven a aumentar aunque no a los niveles observados en 1998, 1995 ó 1994. En esta oportunidad son dos



las transectas que presentaron concentraciones mesotr3ficas: punta Copaca (T2) y punta Jun3n (T4), mientras que la transecta con m3s cloa fue bah3a Moreno (T1) con 5  $\mu\text{g/L}$ . En este caso el mayor valor medido se observ3 en la intertransecta entre Arica (T5) y punta Jun3n (T4) con 6,9  $\mu\text{g/L}$ .

En el invierno de 2004, todas las transectas presentaron concentraciones eutr3ficas, observ3ndose n3cleos de altas concentraciones de cloa a lo largo de toda la zona costera. Los valores m3s altos ( $> 10 \mu\text{g/L}$ ) se observaron en la transecta de punta Lobos (T3) y en la intertransecta entre punta Lobos (T3) y punta Copaca (T2)  $\mu\text{g/L}$ , sigui3ndole en concentraci3n, la estaci3n costera de bah3a Moreno (T1;  $> 9 \mu\text{g/L}$ ), mientras que los valores m3s bajos de las transectas se registraron en Arica (T5) y punta Jun3n (T4,  $> 3 \mu\text{g/L}$ ).

### 3.19.5 Distribuci3n vertical de la biomasa fitoplanct3nica

La distribuci3n vertical de clorofila a y feopigmentos en oto3o se muestra en la **Figura 48**.

En la transecta de Arica (T5), el n3cleo eutr3fico ( $> 1 \mu\text{g/L}$ ) se observ3 ampliamente distribuido hacia el oeste sobrepasando las 70 mn, el espesor aunque variable no super3 los 20 m, en tanto que en la estaci3n de 40 mn este n3cleo se present3 s3lo superficialmente. En la zona costera la mayor concentraci3n del n3cleo ( $> 7 \mu\text{g/L}$ ), se midi3 a 5 m de profundidad en la estaci3n costera form3ndose adem3s, en este lugar, una capa de altas concentraciones ( $> 5 \mu\text{g/L}$ ) que sobrepas3 los 10 m, hacia el oeste las concentraciones fueron descendiendo, sin embargo valores  $> 2 \mu\text{g/L}$  se extendieron hasta las 10 mn. Los feopigmentos (feop), presentaron una distribuci3n similar a la de la cloa, en la zona costera, con concentraciones que superaron los 3  $\mu\text{g/L}$  entre lo 5 y 10 m en la estaci3n de 1 mn, en tanto que valores  $> 2 \mu\text{g/L}$  se extendieron hasta las 5 mn,



siempre en la capa superficial. Los valores  $> 1 \mu\text{g/L}$  ocuparon gran parte de la columna en las estaciones costeras.

En la transecta de punta Jun3n (T4), el n3cleo eutr3fico present3 su mayor espesor en la estaci3n costera, donde adem3s se midieron concentraciones  $> 2 \mu\text{g/L}$  entre la superficie y los 30 m, hacia el oeste el n3cleo se adelgaz3, disminuyendo adem3s, su concentraci3n hasta las 10 mn, desde este punto una fracci3n del n3cleo se profundiz3 hasta los 30 m extendi3ndose en forma de lengua hasta la estaci3n de 40 mn, por otra parte el n3cleo mesotr3fico abarc3 una amplia franja que se extendi3 hasta aproximadamente las 60 mn, con una profundidad variable que sobrepas3 los 30 m, tanto en la estaci3n costera como en las 40 millas n3uticas. En el sector oce3nico se observ3 un segundo n3cleo mesotr3fico dentro de los 10 primeros metros de la columna de agua. Los feop presentaron una distribuci3n similar a la de cloa, con un n3cleo ( $>1 \mu\text{g/L}$ ) que se desarroll3 en el sector costero con una lengua que se detect3 hasta las 40 mn, en la zona profunda se desarroll3 un n3cleo con valores  $> 1 \mu\text{g/L}$  desde la estaci3n costera hasta las 20 millas n3uticas.

En la transecta de punta Lobos (T3), el n3cleo eutr3fico se desarroll3 desde la costa y super3 las 20 mn, en tanto que los valores mesotr3ficos se extendieron hasta cerca de las 40 millas n3uticas. El n3cleo eutr3fico present3 su m3ximo espesor (30 m) en la estaci3n costera, observ3ndose adem3s en esta estaci3n las mayores concentraciones ( $> 6 \mu\text{g/L}$ ) centradas en los 10 m de profundidad. Dentro de este n3cleo, en la estaci3n de 10 mn se observ3 una disminuci3n de las concentraciones, las que fueron inferiores a  $1 \mu\text{g/L}$  en la capa superficial de los primeros 5 metros. Hacia el sector oce3nico, un n3cleo mesotr3fico se desarroll3 desde las 60 mn aproximadamente hasta la estaci3n m3s oce3nica, donde se detect3 un n3cleo  $>1 \mu\text{g/L}$  entre la superficie y los 5 m de profundidad. Los feop, presentaron concentraciones  $> 1\mu\text{g/L}$  en las estaciones costeras hasta las 5 mn,



aumentando su extensi3n en profundidad. Las concentraciones m1s altas  $> 2 \mu\text{g/L}$ , se detectaron sobre los 20 m coincidiendo con el n1cleo de cloa.

En la transecta de punta Copaca (T2), el n1cleo eutr3fico se present3 a nivel subsuperficial entre la estaci3n costera y las 5 mn, con un espesor que abarc3 entre los 5 y 10 m, donde las concentraciones no superaron los  $2 \mu\text{g/L}$ . Un amplio n1cleo mesotr3fico se distribuy3 hasta las 40 mn, abarcando desde la superficie hasta una profundidad m1xima de 30 m, en tanto que en el sector oce1nico un segundo n1cleo mesotr3fico se desarroll3 entre los 5 y 10 m de profundidad. Los feop fluctuaron en general alrededor de  $0,5 \mu\text{g/L}$ , con un peque1o n1cleo de  $> 1 \mu\text{g/L}$  ubicado a 30 m en la estaci3n de 20 mn y un segundo ubicado a 75 m en la estaci3n de 5 millas n1uticas.

En la transecta de bah1a Moreno (T1), se observ3 un n1cleo eutr3fico con altas concentraciones el que se distribuy3 entre la estaci3n costera y las 10 mn con un espesor m1ximo de 30 m. Las mayores concentraciones se detectaron hasta las 5 mn, con valores que superaron los  $7 \mu\text{g/L}$  y un m1ximo de  $8,9 \mu\text{g/L}$  medido a 10 m en la estaci3n de 5 mn. Hacia el sector oce1nico se observ3 un n1cleo subsuperficial de concentraciones mesotr3ficas centrado a 10 m en la estaci3n de 40 mn, en tanto que un segundo n1cleo de menor di1metro se detect3 a 20 m en la estaci3n de 100 mn. Los feop siguieron una distribuci3n similar a la de cloa, con un n1cleo ( $> 1 \mu\text{g/L}$ ) de similares dimensiones que el de cloa aunque con inferiores valores, los que superaron los  $2 \mu\text{g/L}$  en la estaci3n de 5 millas n1uticas.

La distribuci3n vertical de clorofila a y feopigmentos en invierno se muestra en las **Figuras 49 y 50**. En la transecta de Arica (T5), la clorofila a (cloa) present3 una amplia capa eutr3fica ( $> 1 \mu\text{g/L}$ ), la que se extendi3 desde la costa hasta cerca de las 70 mn. El n1cleo de altas concentraciones se ubic3 a nivel subsuperficial, formando una lengua de valores  $> 4 \mu\text{g/L}$  que sobrepas3 las 40 mn. En esta



lengua se observaron dos focos de concentraciones  $> 7 \mu\text{g/L}$ , uno en la estaci3n costera centrado a 10 m y el otro ubicado a la misma profundidad entre las 20 y 40 mn. En esta 3ltima estaci3n el n3cleo eutr3fico alcanz3 su mayor espesor ( $> 40$  m). Los feopigmentos (feop) siguieron una tendencia similar al de la cloa, con dos n3cleos con valores que superaron los  $4 \mu\text{g/L}$ , uno en la costa centrado a los 10 m y un segundo n3cleo ubicado en la estaci3n de 40 mn centrado a 20 m de profundidad. A diferencia de la cloa, los feop presentaron una distribuci3n m3s profunda de los valores  $> 1 \mu\text{g/L}$ .

En la transecta de punta Jun3n (T4), el n3cleo eutr3fico se extendi3 entre la costa y las 40 mn, con un espesor que se mantuvo en 20 m en las primeras 20 mn, profundiz3ndose hasta los 30 m en la estaci3n de 40 mn. Dentro de esta capa se observaron altas concentraciones ( $> 5 \mu\text{g/L}$ ) entre las 10 y 20 mn, mientras que hacia la costa, los valores m3s altos superaron levemente los  $2 \mu\text{g/L}$ . El valor m3s alto de cloa ( $> 11 \mu\text{g/L}$ ) en esta transecta se midi3 a 10 m en la estaci3n de 20 mn. Las concentraciones mesotr3ficas se distribuyeron cercanas al n3cleo productivo con una profundidad m3xima de 40 m y una extensi3n horizontal que super3 las 50 mn. Los feop siguieron una tendencia muy similar al de la cloa, con un n3cleo con valores que superaron los  $4 \mu\text{g/L}$  centrado a los 10 m en la estaci3n de 20 mn. Al igual que en la cloa, la distribuci3n de los valores de feop  $> 1 \mu\text{g/L}$  abarcaron desde la costa hasta las 40 mn.

En la transecta de punta Lobos (T3), la capa eutr3fica estuvo restringida a los primeros metros de las estaciones costeras. El espesor de esta capa fluctu3, aproximadamente, de 7 m en la estaci3n de 5 mn hasta los 19 m en la estaci3n de 1 mn, observ3ndose adem3s en esta estaci3n, un segundo foco profundo centrado a 30 m con una concentraci3n de  $1,5 \mu\text{g/L}$ . En la estaci3n costera los valores de cloa fueron  $> 3 \mu\text{g/L}$ , en tanto que el valor m3s alto ( $> 10 \mu\text{g/L}$ ) se registr3 en el nivel superficial de la estaci3n de 5 mn. Los valores mesotr3ficos se distribuyeron





hasta los 40 m en la estaci3n costera, mientras que en el sector oce3nico, formaron un n3cleo entre las 70 y 100 mn con un espesor de 30 m. Los feop siguieron una tendencia similar al de la cloa, con un n3cleo de feop con valores  $> 1 \mu\text{g/L}$  dentro de las primeras 5 mn, hasta una profundidad de 50 m en la estaci3n costera. El valor m3s alto de feop se registr3 a nivel superficial de la estaci3n de 5 mn. Al igual que en la distribuci3n de cloa, se observ3 un n3cleo oce3nico de concentraciones  $> 0,5 \mu\text{g/L}$  entre las 70 y las 100 millas n3uticas.

En la transecta de punta Copaca (T2), la cloa present3 dos n3cleos, el primero se ubic3 en las estaciones costeras de 1 y 5 mn con un espesor m3ximo de 30 m, donde las concentraciones superaron los  $2 \mu\text{g/L}$  con un m3ximo de  $4,1 \mu\text{g/L}$  a 20 m en la estaci3n de 5 mn. El segundo n3cleo eutr3fico se desarroll3 entre las 11 y 60 mn, este n3cleo con forma de lengua se profundiz3 hacia el sector oce3nico, registr3ndose los mayores valores ( $> 4 \mu\text{g/L}$ ) en los primeros 5 m de la estaci3n de 20 mn, disminuyendo hacia la estaci3n de 40 mn. Un peque1o n3cleo mesotr3fico se localiz3 entre los 10 y 25 m en la estaci3n de 100 mn. Los feop siguieron una tendencia similar al de la cloa, con valores m3ximos que s3lo sobrepasaron los  $2 \mu\text{g/L}$ . La mayor diferencia se observ3 en la estaci3n costera donde los valores  $> 1 \mu\text{g/L}$  se registraron hasta bajo los 50 metros.

En la transecta de bah3a Moreno (T1), la capa eutr3fica se vio restringida a las primeras 15 mn con una profundidad m3xima cercana a los 30 m en la estaci3n costera. Un n3cleo con concentraciones sobre  $6 \mu\text{g/L}$  se observ3 entre 1 y 5 mn. Las mayores concentraciones del pigmento se dieron en la estaci3n costera, con valores que sobrepasaron los  $8 \mu\text{g/L}$ . En el sector oce3nico se observaron dos n3cleos de valores mesotr3ficos, uno superficial y otro subsuperficial de mayor tama1o centrado en los 50 m de profundidad. Los feop siguieron una tendencia similar al de la cloa pero con concentraciones en general mucho menores que



3sta. En la estaci3n costera se form3 un n3cleo de 2  $\mu\text{g/L}$  entre la superficie y los 30 m, con un valor m3ximo de 3,5  $\mu\text{g/L}$ .

En la transecta de rada Paposo (T6), la capa eutr3fica estuvo restringida al sector m3s costero sin llegar a las 5 mn, abarcando desde la superficie hasta los 20 m de profundidad. La concentraci3n m3s alta alcanz3 los 3  $\mu\text{g/L}$ . Salvo por un peque1o n3cleo mesotr3fico en la estaci3n de 70 mn, el resto de los valores de la transecta fluctuaron entre oligo y ultraoligotr3ficos. Los feop tambi3n se vieron restringidos a la estaci3n costera, presentando concentraciones  $> 0,2 \mu\text{g/L}$  en casi toda la columna muestreada, con s3lo un peque1o foco costero donde la concentraci3n fue  $> 1 \mu\text{g/L}$ , ubicado a 10 m de esta estaci3n de 1 mn. En el resto de la transecta se observaron dos n3cleos subsuperficiales de concentraciones  $> 0,5 \mu\text{g/L}$  tanto a 40 como a las 70 mn.

En la transecta de punta Ballenita (T7), se identific3 s3lo un peque1o foco de valor superior a 1  $\mu\text{g/L}$  centrado a los 20 m en la estaci3n costera. Los valores mesotr3ficos, abarcaron gran parte de la capa de los primeros 40 m entre la estaci3n costera y las 10 mn, adem3s de un n3cleo subsuperficial ubicado a 30 m en la estaci3n de 20 mn. Los feop de concentraci3n  $> 0,5 \mu\text{g/L}$  ocuparon pr3cticamente toda la columna muestreada entre la estaci3n costera y las 25 mn. El valor m3s alto de feop fue de 1,1  $\mu\text{g/L}$  y coincidi3 en la posici3n del valor m3s alto de cloa.

En la transecta de bah3a salada (T8), la capa eutr3fica se extendi3 desde la costa, donde alcanz3 una profundidad aproximada de 48 m, hasta cerca de las 20 mn donde el espesor del n3cleo lleg3 hasta los 20 m. Dentro de esta capa, las concentraciones m3s altas se dividieron en dos focos, el menor restringido a la estaci3n de 10 mn, donde los valores sobrepasaron los 3  $\mu\text{g/L}$  y el mayor en la estaci3n costera donde la cloa super3 los 12  $\mu\text{g/L}$  dentro de los primeros 20 m, registr3ndose en el nivel de 10 m el valor de cloa m3s alto del muestreo (17,2  $\mu\text{g/L}$ ). Los feop estuvieron restringidos a las primeras 5 mn, formando un n3cleo de



concentraciones  $> 1 \mu\text{g/L}$  que abarc3 desde la superficie hasta un m3ximo de 45 m, mientras que los valores  $> 0,5 \mu\text{g/L}$  superaron las 10 mn abarcando toda la columna muestreada en la estaci3n costera. En este n3cleo los mayores valores superaron los  $3 \mu\text{g/L}$  en los primeros 20 m de la estaci3n costera.

En la transecta de caleta Inglesa (T9), las concentraciones de cloa fueron bajas no detect3ndose capa eutr3fica. En el sector oce3nico se observ3 un gran n3cleo de concentraciones mesotr3ficas que abarc3 desde la superficie hasta los 50 m entre las estaciones de las 70 y 100 mn, en las estaciones costeras las concentraciones fueron incluso inferiores a  $0,2 \mu\text{g/L}$ . Los feop siguieron una distribuci3n similar a la cloa, con un n3cleo oce3nico de concentraciones  $> 0,5 \mu\text{g/L}$ , el resto de los valores fueron superiores a  $0,2 \mu\text{g/L}$ .

En la transecta de Coquimbo (T10), se observaron dos n3cleos eutr3ficos: uno en la zona costera, que se extendi3 hasta m3s all3 de las 10 mn, dentro del cual las concentraciones m3s altas se ubicaron en esta 3ltima estaci3n, formando un foco de valores  $> 5 \mu\text{g/L}$  desde la superficie hasta los 10 m. El otro n3cleo se detect3 en la estaci3n de 40 mn, el que se desarroll3 desde los 5 a los 30 m con concentraciones levemente superiores a  $1 \mu\text{g/L}$ , en tanto que las concentraciones mesotr3ficas se extendieron hasta los 50 m. Los feop siguieron una distribuci3n similar a la cloa, con dos n3cleos ubicados en la misma posici3n que los de cloa pero con valores que superaron los  $0,5 \mu\text{g/L}$ . S3lo en los primeros 5 m de la estaci3n de 10 mn se midieron valores de  $1,1 \mu\text{g/L}$ .

En la transecta de Pichidangui (T11), las concentraciones de cloa fueron bajas y s3lo se identificaron dos n3cleos mesotr3ficos, uno en la estaci3n costera abarcando los primeros 20 m y otro en la estaci3n de 20 mn, el que abarc3 desde la superficie hasta los 50 m de profundidad. Los feop al igual que la cloa mantuvo valores bajos en toda la transecta, observ3ndose en este caso s3lo un n3cleo de



concentraciones  $> 0,5 \mu\text{g/L}$ , el que estuvo ubicado entre la superficie y los 50 m de profundidad de al estaci3n de 20 millas n3uticas.

### 3.19.6 Profundidad del 10% y el 1% de penetraci3n de luz

En el crucero de otoño de 2004, se realiz3 lectura del disco Secchi en 17 estaciones, a partir de esta informaci3n se dedujo que la profundidad de el 10% de penetraci3n de luz se distribuy3 entre los 6 y 25 m de profundidad aumentando el rango a entre 14 y 17 m para el 1%, en la zona que abarc3 desde la costa hasta las 20 mn en las dos primeras transectas de la zona de estudio, esto coincidi3 con una CM de 2 m dentro de las 5 mn en bahía Moreno (T5), en tanto que en punta Copaca (T2) 3sta fue inexistente a igual distancia. Por otra parte hacia el sector oce3nico la distribuci3n de las estaciones con informaci3n de disco Secchi fue m3s amplia y los rangos que abarc3 cada porcentaje de penetraci3n de luz fue la siguiente: de 12 a 27 m para el 10 % y de 27 a 62 m para el 1%, coincidiendo adem3s con un rango de CM que fue desde los 5 a 23 m de profundidad (**Tabla 8**).

En el crucero de invierno de 2004, se realiz3 lectura del disco Secchi en 41 estaciones. En la zona que abarc3 desde la costa hasta las 20 mn, la profundidad del 10% de penetraci3n de luz se distribuy3 entre los 2,5 y 33 m, mientras que el 1% de penetraci3n de la luz fluctu3 entre los 6 y 79 m. En general, la profundidad de penetraci3n de la luz fue mayor hacia el sector sur del 3rea de muestreo. Similar tendencia se observ3 en el espesor de la CM, present3ndose CM iguales a cero entre la transectas de Arica (T5) y punta Copaca (T2), mientras que las mayores profundidades se registraron en la transecta de punta Ballenita (T7). Por otra parte, el rango que abarc3 cada porcentaje de penetraci3n de luz en el sector oce3nico fue el siguiente: de 9 a 30 m para el 10 % y de 21 a 70 m para el 1%, coincidiendo adem3s con un rango de CM que fue desde los 0 los 39 m de profundidad (**Tabla 9**).



### **3.19.7 An3lisis de la relaci3n entre la clorofila y variables oceanogr3ficas.**

#### **3.19.7.1 Modelamiento estadístico**

La hip3tesis distribucional no fue rechazada ( $p.value = 0,14$ ; **Tabla 8**; **Figura 51**), por lo tanto se utiliz3 un modelo que considera el logaritmo de la clorofila total (cloat) como respuesta, con distribuci3n normal y funci3n de enlace identidad. Los ajustes empleados fueron el cl3sico y robusto, seleccion3ndose sobre la base del criterio de  $C_p$  de Mallows un ajuste robusto.

Los resultados del m3todo paso a paso y los ajustes para el modelo aditivo generalizado se resumen en las **Tablas 9** y **10**. En el modelo de efectos principales de cuatro covariables (salinidad, temperatura superficial, ox3geno y profundidad del disco secchi) y un factor correspondiente a la estaci3n (otoño e invierno), fueron seleccionadas s3lo los efectos profundidad del disco secchi, estaci3n y temperatura, Si bien la temperatura aparece como una variable significativa en el modelo con el procedimiento paso a paso, 3sta no mejora mayormente el poder predictivo del modelo; por lo tanto, se seleccion3 un modelo que incorpora los efectos profundidad del disco secchi y estaci3n, siendo 3stos significativos con un pseudo- $r^2$  de 0,82.

Sobre la base de estos resultados, para cada estaci3n del año se ajustaron los modelos exponenciales y potenciales, considerando la concentraci3n de clorofila como variable respuesta y la profundidad del disco Secchi como variable predictora.

#### **3.19.7.2 Selecci3n de variables predictoras y relaci3n entre 3stas con la concentraci3n de clorofila**

Los resultados del m3todo paso a paso indican que las variables temperatura, profundidad del disco Secchi y el factor estaci3n aportan en explicar la



concentración de cloat (**Tabla 9**), sin embargo, la temperatura superficial a pesar de ser significativa en el procedimiento de selección de variables, entrega un menor aporte en la explicación de la variabilidad total, dado que la reducción de la devianza al no considerar ésta variable en el modelo es solo de un 5 % (**Tabla 10a**). Las variables salinidad superficial y oxígeno no son estadísticamente significativas ( $p.value > 0,05$ ; **Tabla 10b**). El ajuste considerando todas las variables presenta un pseudo  $r^2$  de 0,9 (**Tabla 10b**) y sólo con las variables seleccionadas éste es de 0,82 (**Tabla 10c**), con lo cual la varianza explicada por la variable profundidad del disco Secchi es notablemente superior a la varianza explicada considerando las demás variables.

La respuesta espacial de la concentración de cloat recoge una señal declinante con la profundidad, siendo más favorable las condiciones a profundidades menores de 10 m. En tanto, el gráfico del factor estación como predictor lineal, muestra la presencia de un efecto estacional, con una mayor concentración de clorofila en el agua durante el otoño (**Figura 52**).

### **3.19.7.3 Relación entre la concentración de clorofila y la profundidad del disco Secchi**

En la **Tabla 11** y **Figura 53** se presenta el resultado de los ajustes entre la concentración de cloat y la profundidad para cada temporada analizada, donde se aprecia que todos los modelos resultaron ser significativos. En términos globales, los ajustes para la temporada de otoño explican una mayor variabilidad para polinomios de grado dos o tres, con un  $r^2$  en torno al 95%, en comparación con el invierno, donde se estimó un  $r^2$  de alrededor del 70%.



## **B. Objetivo espec3fico N° 2.2**

**Describir y analizar la distribuci3n de abundancia estacional del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio, y su relaci3n con las condiciones bio-oceanogr3ficas.**

### **4. Distribuci3n y abundancia de huevos y larvas de peces**

El procesamiento y an3lisis de las 54 muestras planct3nicas colectadas durante el crucero de otoño de 2004, permiti3 verificar la presencia de 67.306 huevos y 37.691 larvas, lo que represent3 una frecuencia de 70,4% y 98,1% para cada una de las respectivas fases de desarrollo. De 3stos, 48.123 huevos y 12.811 larvas correspondieron a las especies objetivo. Cabe señalar, que en otoño de 2004 no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de jurel y caballa y larvas de sardina. De la misma manera, las 90 muestras planct3nicas colectadas durante el crucero de invierno de 2004 en la zona comprendida entre Arica y Pichidangui, permiti3 determinar la presencia de 840.677 huevos y 126.173 larvas, de los cuales 826.138 huevos (98,3%) y 94.932 larvas (75,2%) fueron identificados a nivel espec3fico, no registr3ndose estaciones positivas a huevos y larvas de caballa. El detalle del n3mero de huevos y larvas por especie y por crucero, correspondientes a la totalidad de las muestras analizadas se entrega en las **Tablas 14 y 15**.

#### **4.1 Anchoveta, *Engraulis ringens***

##### **4.1.1 Otoño 2004**

En otoño de 2004, anchoveta aparece como la m3s abundante en t3rminos de dominancia num3rica con valores de 70,6% para los huevos y de 34,0% en el caso de las larvas, reconoci3ndose 13 estaciones positivas para huevos y 29 para



larvas, lo que represent3 una frecuencia de 24,1% y 53,7%, respectivamente, identific3ndose un total de 47.550 huevos y 12.811 larvas/10m<sup>2</sup> de anchoveta, lo que se1ala actividad reproductiva de la especie en la zona de estudio (**Tabla 16**).

La fase de huevos exhibi3 abundancias que fluctuaron entre 38 y 23.073 huevos/10m<sup>2</sup>. La media de huevos por estaci3n positiva alcanz3 a 3.658 (DS= 6672,28), cifra 3,6% y 64,1% menor, respecto a la obtenida en verano de 2004 y oto1o de 2003, respectivamente.

El patr3n de distribuci3n espacial de los huevos de anchoveta en el 3rea de estudio, se1ala que el desove se verific3 en todo el rango latitudinal de la zona explorada y longitudinalmente estuvieron presentes hasta una distancia m3xima de 70 mn al oeste de Arica (**Figura 54a**). No obstante lo anterior, la mayor frecuencia de estaciones positivas (n=6) se observ3 en la zona comprendida entre bahía Moreno y punta Copaca, exhibiendo el desove una modalidad costera en la postura, ya que m3s del 95% de los huevos de esta especie se concentraron en la franja de estaciones comprendida entre la costa y las 10 millas n3uticas.

Los focos de desove m3s intensos (> 7.000 huevos/10m<sup>2</sup>) se localizaron en el sector ner3tico frente a Arica y punta Lobos (21°00'S), cuyas abundancias en conjunto representaron el 71,7% respecto del total de huevos de anchoveta cuantificados. En este contexto, las estaciones con las densidades m3s importantes (> 11.000 huevos) se localizaron a 1 mn al oeste de Arica y punta Lobos, respectivamente.

Con respecto al n3mero de huevos, el oto1o de 2004 present3 con respecto al crucero de oto1o precedente una tasa de cambio igual a -41,7%, constituy3ndose en el quinto registro m3s importante en cuanto al n3mero de huevos cuantificados de los 3ltimos 22 a1os, serie 1983/2004.





En otoño de 2004, las fases larvrias se presentaron en un total de 29 registros positivos de un total de 54, con una abundancia igual a 12.811 larvas/10m<sup>2</sup>. Respecto a las densidades larvrias, éstas fluctuaron entre 34 y 2.993 larvas/10m<sup>2</sup>, con una densidad promedio igual a 237 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estaci3n positiva alcanz3 a 442 (DS= 731,2), cifra 34,5% y 68,6% menor respecto a la obtenida en verano de 2004 y otoño de 2003, respectivamente.

El patr3n de distribuci3n espacial de las larvas de anchoveta en el área de estudio, señaala que el desove se verific3 en todo el rango latitudinal de la zona de estudio, exhibiendo una cobertura longitudinal mucho más amplia que la descrita para la fase de huevos, lo que se expresa por una parte, en un incremento en la frecuencia de estaciones positivas igual a 123% y en una disminuci3n en su densidad promedio por estaciones positivas igual a – 87,9% (**Figura 55 a**).

Las fases larvrias exhiben una modalidad de desove costero en la zona comprendida entre Bahía Moreno y Punta Copaca (22°20'S), donde su distribuci3n no sobrepas3 la línea de estaciones de 1mn. Desde Punta Copaca hasta Arica, se observa mayor cobertura longitudinal presentándose éstas hasta una distancia máxima de 100 mn frente a las localidades de punta Pinto (18°44'S), punta Madrid (19°2,5'S) y punta Lobos (21°00'S). No obstante lo anterior, en general, las larvas de esta especie se concentraron en las primeras 40 mn de la costa, franja que alberg3 al 96,2% de ellas.

Las áreas de desove más significativas (> 710 larvas) se localizaron frente a Arica, punta Junín y punta Copaca. En este contexto, las estaciones con las mayores abundancias, > 2.400 larvas/10m<sup>2</sup>, se localizaron a 1 y 40 mn al oeste de punta Junín y punta Copaca, respectivamente.



En relaci3n al n3mero de larvas, el oto3o de 2004 present3 respecto al crucero de oto3o precedente una disminuci3n que se traduce en una tasa de cambio igual a -24,1%, constituy3ndose en el sexto registro m3s importante en cuanto al n3mero de larvas cuantificadas de los 3ltimos 22 a3os, serie 1983/2004.

Los huevos de anchoveta se ubicaron principalmente en la franja costera asociadas a valores de TSM menores a 17°C. El sector costero desde punta Lobos al norte se caracteriz3 por presentar procesos de surgencia que se evidenciaron por las menores temperaturas en la costa y tambi3n por 3ndices de surgencia positivos que se registraron s3lo en la mitad norte de la zona de estudio. Desde Tocopilla al sur, donde se colectaron huevos en las estaciones de 10 mn, los procesos de surgencia fueron comparativamente d3biles, sin embargo, las TSM fueron menores a las de la mitad norte, condici3n que estuvo asociada a una mayoritaria participaci3n de ASAA y AESS en la superficie de este sector.

Las larvas de anchoveta registraron una distribuci3n principalmente costera, sin embargo ocuparon tambi3n ubicaciones m3s oce3nicas desde el extremo norte de la zona hasta los 22°S, donde las temperaturas fueron comparativamente las m3s altas de este periodo de estudio en relaci3n al resto de la zona. Como se indic3, la mitad norte de la zona registro un 3ndice de surgencia positivo que significa un transporte Ekman hacia el oeste, contrario a lo encontrado en la mitad sur. Cabe se3alar que el sector oce3nico de la zona, en este crucero, registr3 valores de clorofila inusualmente altos en comparaci3n a igual per3odo de a3os anteriores, condici3n que fue m3s notoria en el sector oce3nico de la mitad norte de la zona. Lo descrito anteriormente es coincidente tambi3n con una mayor participaci3n de AESS en el sector oce3nico, esto en relaci3n a lo encontrado en el per3odo de oto3o de 2003. y que se evidencia tambi3n en las anomal3as negativas de TSM que cubrieron toda la zona de estudio (**Figura 56**).



Con respecto a la salinidad, los huevos de anchoveta se encontraron en aguas cuyo rango de salinidad fluctu3 entre 34,60 y 35,07 psu, observ3ndose las mayores abundancias ( $> 70 (\sqrt{N^{\circ}\text{huevos}/10\text{m}^2})$ ) en aguas con salinidades comprendidas entre 34,74 y 34,87 psu. An3logamente, en cuanto a la variable densidad, los huevos de esta especie se presentan en densidades comprendidas entre 25,41 y 25,79, observ3ndose las m3s altas abundancias en densidades que fluctuaron entre 25,65 y 25,79 Kg/m<sup>3</sup>. En cuanto al ox3geno disuelto superficial las mayores abundancias de huevos de anchoveta se asociaron a aguas cuyo contenido de ox3geno fluctu3 entre 4,86 y 6,20 mL/L, no observ3ndose ninguna tendencia clara de esta variable con la abundancia de huevos de esta especie. Con respecto a las fases larvrias, la situaci3n es mas o menos similar con respecto a la descrita para huevos en cuanto a rangos distribucionales de las variables y a las m3ximas abundancias larvrias (**Figura 57**).

#### 4.1.2 Invierno 2004

Para esta especie se identificaron 47 estaciones positivas para huevos y 85 para larvas, lo que represento una frecuencia de 52,2% y 94,4% y una dominancia numerica igual a 98,0% y 75,0% para cada estadio de desarrollo, respectivamente (**Tabla 16**).

El analisis de las muestras colectadas en las 90 estaciones zooplanctonicas permitio verificar la presencia de 823.824 huevos y 94.595 larvas, se3alando una situaci3n caracteristica de una amplia e importante actividad reproductiva a lo largo de toda la extensi3n latitudinal de la zona de estudio, la cual es coincidente con el pico primario de desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie.



La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 29 y 333.433 huevos/10m<sup>2</sup>. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 17.528 (DS= 53055,61).

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove ocupó el rango latitudinal comprendido entre Arica y Pichidangui (32° 08S) y longitudinalmente se extendió hasta las 100 mn frente a punta Chacaya (23° 00S) y punta Madrid (19° 00S) (**Figura 58a**).

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 96,8% de ellos en las primeras 40 mn, presentando los niveles de abundancia una tendencia a incrementarse hacia el norte de la zona prospectada (**Figura 59a**).

Las áreas de mayor abundancia (> 26.500 huevos/10m<sup>2</sup>) se ubican frente a Arica, punta Baquedano (18° 40'S), punta Berger (19°20'S), punta Lobos (21°00'S), caleta Chipana (21°20'S) y punta Copaca (22°20'S), encontrándose configuradas por 8 registros positivos de un total de 47 (17%) los que en conjunto albergan al 92,2% 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 29 a 12.760 huevos/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 86, situada a 40 mn frente a Arica con 333.433 huevos/10m<sup>2</sup> (40,5%) (**Figura 58a**).



Con respecto al n3mero de huevos y para la zona Arica - Antofagasta, el invierno de 2004 present3 con respecto al crucero de invierno precedente una tasa de cambio positiva igual a 41,0%, constituy3ndose en el tercer registro m3s importante en cuanto al n3mero de huevos cuantificados de los 3ltimos 23 a3os.

En invierno de 2004, las fases larvarias se presentaron en 85 registros positivos de un total de 90, con una abundancia igual a 94.595 larvas/10m<sup>2</sup>. Respecto a las densidades larvarias, 3stas fluctuaron entre 20 y 10.320 larvas/10m<sup>2</sup>, con una densidad promedio igual a 1.051 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estaci3n positiva alcanz3 a 1.113 (DS= 2038,58).

El patr3n de distribuci3n espacial de las larvas de anchoveta en el 3rea de estudio, se3ala que el desove se verific3 en todo el rango latitudinal de la zona de estudio y longitudinalmente se extendi3 hasta una distancia de 100 mn de la costa (**Figura 58b**).

Con respecto 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 80,8% en la frecuencia de estaciones positivas y de -88,5% y -93,6% en la densidad promedio por estaciones totales y positivas, respectivamente; situaci3n que se produce en el primer caso debido al proceso de dispersi3n y transporte que afecta a los productos del desove en el curso de su desarrollo, y al efecto combinado de la mortalidad y capacidad de evasi3n por parte de las larvas mas desarrolladas (**Tabla 16**).



Las 1reas de desove m1s significativas ( $> 3.000$  larvas) se localizaron frente a Arica, punta Baquedano ( $18^{\circ} 40'S$ ), punta Madrid ( $19^{\circ}00'S$ ), punta Berger ( $19^{\circ}20'S$ ), punta Junin ( $19^{\circ}40'S$ ) y bahia Salado ( $27^{\circ}40'S$ ), exhibiendo los niveles de abundancia una tendencia a la disminuci3n en sentido norte sur (**Figura 59b**). En este contexto, la estacion positiva mas relevante en terminos de su densidad para la zona de estudio, fue la situada a 40 mn frente a Arica con  $10.320$  larvas/ $10m^2$  (10,9%).

En relaci3n al n1mero de larvas y para la zona Arica - Antofagasta, el invierno de 2004 present3 respecto al crucero de invierno precedente una disminuci3n que se traduce en una tasa de cambio igual a -52,2%, constituy3ndose en el d3cimo primer registro m1s importante en cuanto al n1mero de larvas cuantificadas de los 1ltimos 23 a1os.

Con respecto a las estimaciones de la densidad media, varianza y coeficientes de variaci3n de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta para la zona Arica - Antofagasta durante el a1o 2003 y verano, o1o1o e invierno de 2004, se presentan en la **Tabla 17**. En ella se aprecia en general, que los mayores coeficientes de variaci3n para ambas fases de desarrollo y para las estaciones de verano y o1o1o de 2003 e invierno de 2004 se obtuvieron para la estimaci3n mediante la distribuci3n Log-normal o distribuci3n delta, y a partir del invierno de 2003 y hasta el o1o1o de 2004 los coeficientes de variaci3n m1s bajos para ambas fases de desarrollo, se han obtenido para la distribuci3n delta.

Los gr1ficos de sobreposici3n de temperatura superficial con la distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta en invierno de 2004, muestra que estos se



distribuyeron principalmente en aguas cuyas temperaturas fluctuaron entre 13,32°C y 19,18°C, donde las mayores densidades de huevos ( $> 175$  ( $\sqrt{\text{N}^\circ\text{huevos}/10\text{m}^2}$ )) se observaron en un rango de temperaturas comprendido entre 14,83°C y 17,79°C, no se encontró registros positivos a temperaturas inferiores a 13 °C (**Figura 60a**).

Las larvas de anchoveta prefirieron un mayor rango de temperaturas (**Figura 60b**), el que abarcó en general desde los 15°C hasta los 19°C. Las mayores concentraciones prefirieron temperaturas de 15,4°C a 17,8°C con concentraciones que superaron las 20 ( $\sqrt{\text{N}^\circ\text{larvas}/10\text{m}^2}$ ) larvas/10 m<sup>2</sup>. A temperaturas inferiores a 13°C, se registraron estaciones positivas llegando a registrar hasta 5 ( $\sqrt{\text{N}^\circ\text{larvas}/10\text{m}^2}$ ) larvas/10 m<sup>2</sup>.

Con respecto a la salinidad, los huevos de anchoveta se encontraron en aguas cuyo rango de salinidad fluctuó entre 34,21 y 35,08 psu, observándose las mayores abundancias ( $> 175$  ( $\sqrt{\text{N}^\circ\text{huevos}/10\text{m}^2}$ )) en aguas con salinidades comprendidas entre 34,499 y 34,865 psu. Análogamente, en cuanto a la variable densidad, los huevos de esta especie se presentan en densidades comprendidas entre 25,04 y 26,10, observándose las más altas abundancias en densidades que fluctuaron entre 25,219 y 25,855 Kg/m<sup>3</sup>. En cuanto al oxígeno disuelto superficial los huevos de esta especie se observaron en aguas cuyo rango fluctuó entre 3,83 y 8,28 mL/L, asociándose las mayores abundancias a aguas cuyo contenido de oxígeno fluctuó entre 4,96 y 6,64 mL/L. Con respecto a las fases larvarias, la situación es más o menos similar con respecto a la descrita para huevos en cuanto a rangos distribucionales de las variables monitoreadas (**Figura 61**).



## 4.2 Sardina, *Sardinops sagax*

### 4.2.1 Otoño 2004

Durante el crucero de otoño de 2004, no se registraron estaciones positivas a larvas de esta especie, reconociéndose solo dos estaciones positivas a huevos, cuyas abundancias fluctuaron entre 36 y 537 huevos/10m<sup>2</sup>, las que se localizaron a 1mn frente al puerto de Arica y punta Junín (**Tabla 18; Figura 54b**).

### 4.2.2 Invierno 2004

Se reconocieron 3 estaciones positivas para huevos y 2 para larvas en las cuales se colectaron 129 huevos y 68 larvas, ambas cifras referidas a un área de superficie de 10m<sup>2</sup>, lo que señala para dichos estadios una dominancia numérica de 0,02% y 0,05% respecto del total de huevos y larvas colectados, situación que caracteriza una actividad reproductiva muy deprimida, presentando ambas fases de desarrollo la menor constancia numérica de las especies analizadas (3,3% y 2,2%, respectivamente) (**Tabla 18**).

Las estaciones con presencia de huevos se distribuyeron latitudinalmente entre punta Lobos (21°00'S) y caleta Yapes (22°50'S) siendo estas esencialmente neríticas. Con respecto a las fases larvarias estas se presentaron a 1 mn frente a punta Lobos y punta Madrid (**Figura 62 a y b**).





### 4.3 Jurel, *Trachurus symmetricus murphyi*

#### 4.3.1 Otoño 2004

Ausencia de huevos y larvas.

#### 4.3.2 Invierno 2004

En el curso de la prospección se encontraron 13 estaciones positivas para huevos y 5 para larvas con totales de 2.184 huevos y 269 larvas, situación que es característica de un proceso reproductivo en etapa inicial (**Figura 63 a y b**). Con respecto a anchoveta, los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel se presentan bajos, exhibiendo para cada una de dichas fases una dominancia numérica de 0,26% y 0,21% (**Tabla 19**).

La distribución espacial de los huevos de esta especie compromete la extensión latitudinal entre Arica y Chañaral ( $26^{\circ}20'S$ ), alcanzando una cobertura longitudinal máxima de 100 mn frente a bahía Moreno y Paposó ( $25^{\circ}00'S$ ); observándose que los niveles de abundancia promedio tendieron a incrementarse desde la costa hacia mar afuera y en sentido norte – sur.

Los focos de desove de mayor relevancia cuantitativa ( $> 340$  huevos/10m<sup>2</sup>), se localizaron frente a punta Lobos ( $21^{\circ}00'S$ ) y Paposó ( $25^{\circ}00'S$ ) y se encuentran configuradas por 2 registros positivos de un total de 13, aportando el 57,3% al total de la especie.

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 las localidades de Arica, punta Lobos y bahía Moreno. En el contexto de este



patrón de distribución, la fase de larva presenta una densidad promedio inferior a la de huevo, debido a que durante los meses de agosto – septiembre, el desove tiene un origen reciente, sin descartar la posibilidad de que durante su desarrollo, estas sean afectadas por procesos de transporte fuera de la zona de estudio.

#### **4.4 Caballa, *Scomber japonicus***

##### **4.4.1 Otoño 2004**

Ausencia de huevos y larvas.

##### **4.4.2 Invierno 2004**

Ausencia de huevos y larvas.

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

Durante los cruceros estacionales realizados en otoño e invierno de 2004, se obtuvieron muestras estratificadas diurno-nocturnas de zooplancton en los niveles de 0-10, 10-25 y 25-50 m de profundidad, entregándose en la **Figura 64 y Tabla 20**, la ubicación geográfica de estas estaciones y el detalle del número de estaciones positivas, la media y la desviación estándar de huevos y larvas de anchoveta referido a cada uno de los diferentes estratos de profundidad por crucero.

##### **4.5.1 Otoño 2004**

En términos generales y como se aprecia en la **Figura 65**, los huevos de anchoveta fueron encontrados en los intervalos de profundidad 50-25, 25-10 y 10-



0, con niveles de abundancia significativamente mayores en los estratos 25-10 y 10-0 m, exhibiendo respecto al intervalo 50-25m, porcentajes de cambio iguales a 334% y 393%, respectivamente; distribuyéndose las fases larvarias mayoritariamente en el estrato 25-10m (**Figura 66**).

Respecto al total de pescas estratificadas (n= 25), los huevos y larvas de anchoveta se reconocieron en 11 y 13 estaciones, respectivamente; con abundancias iguales a 20.955 huevos y 4.721 larvas. La distribución espacial de ambos estadios fue similar y se restringió a las localidades de punta Lobos, punta Junín y Arica

#### **4.5.2 Invierno 2004**

Como se muestra en la **Figura 67**, los huevos de anchoveta fueron encontrados en los tres intervalos de profundidad muestreados, con niveles de abundancia significativamente mayores en los estratos 10-0 y 25-10 m, exhibiendo con respecto al intervalo más profundo (50-25m), porcentajes de cambio iguales a 620% y 402%, respectivamente. Las fases larvarias se distribuyen al igual que el estadio de huevos en los tres estratos, con niveles de abundancia cuantitativamente importantes en los estratos más superficiales, es decir 10-0 y 25-10 m, con tasas de cambio respecto al nivel más profundo iguales a 350% y 264%, respectivamente (**Figura 68**). La distribución espacial de ambos estadios fue similar y se restringió a las localidades de punta Lobos, punta Junín y Arica.

En las **Figuras 69, 70, 71 y 72**, se muestra el efecto de la concentración de oxígeno sobre la distribución vertical de los huevos y larvas de anchoveta para la estación de otoño de 2004. Se aprecia que el límite superior de la capa de mínimo de oxígeno (ca. 1,0mL/L) en aquellas estaciones estratificadas y positivas a la presencia de huevos y larvas de anchoveta se localizó a baja profundidad (< 60m).



La comparación de las densidades promedios (huevos y larvas/10m<sup>2</sup>), entre las diferentes profundidades muestreadas, sugiere en general la ocurrencia de una barrera a la distribución vertical de ambos estadios de desarrollo localizada en las proximidades de concentraciones de oxígeno de 1mL/L.

En invierno de 2004, el límite superior de la capa de mínimo de oxígeno (ca. 1,0mL/L) en aquellas estaciones estratificadas y positivas a la presencia de huevos y larvas de anchoveta se localizó a baja profundidad (< 30m) en el sector costero para la zona Arica- punta Gruesa, superando los 60 m hacia el sector oceánico (**Figuras 71 y 72**).

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

##### **4.6.1 Otoño 2004**

El total de estaciones monitoreadas a través del sistema de muestreo CUFES fue de 158, encontrándose registros positivos para huevos de anchoveta en 41 estaciones, con un total de 3.445 huevos y un promedio de 84. Estos estuvieron distribuidos en concentraciones que fluctuaron entre 1 y 1.779. Espacialmente los huevos de anchoveta se distribuyeron a lo largo de toda la zona explorada y principalmente costera, con un mayor predominio dentro de las primeras 2,5 millas, extendiéndose hasta las 55 mn solo en la transecta situada frente a punta Copaca. Estos estuvieron agregados en concentraciones variables, principalmente en el sector de Arica y entre el sur de punta Junín a punta Lobos, albergándose en esta última área las estaciones con mayor número de huevos, destacando principalmente aquellas localizadas en las inmediaciones de caleta Patillos. A partir de punta Lobos hacia el sur las concentraciones fueron mínimas, esta última zona correspondió además al área de menor frecuencia de huevos (**Figura 73**).



Con la finalidad de conocer la existencia o no de larvas de anchoveta en las estaciones donde no se realiza el muestreo tradicional con red WP-2, se identificaron además de los huevos, el estadio larval, registrándose estas en el mayor porcentaje de las estaciones acorde a la presencia de huevos, siendo estas detectadas casi en su totalidad entre Arica y caleta Patillos, y exclusivamente a 2,5 millas de la costa, a excepción del tramo correspondiente a punta Junín donde se observaron hasta las 7,5 millas.

La presencia de huevos de anchoveta colectados a través de la bomba CUFES coincide en gran parte con aquellas estaciones con presencia de huevos colectados con la red WP-2, principalmente en la zona Arica - punta Lobos, también frente a punta Copaca y Antofagasta, lo que estaría indicando que la distribución de los huevos podría estar determinada a los primeros metros de la columna de agua en ese sector, mientras que entre el sur de punta Hornos y las estaciones mas oceánicas de Antofagasta los huevos estarían limitados a los estratos mas profundos.

#### **4.6.2 Invierno 2004**

De las 177 muestras colectadas con la bomba de huevos en invierno de 2004, la presencia de huevos de anchoveta se verificó en 65 registros positivos con un total de 10.619 huevos. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 163 (DS = 410,2), fluctuando sus densidades entre 1 y 2.409. Con respecto a su distribución espacial, éstos se presentaron frente a Arica y en el área lindante a esta localidad, frente a punta Junín y desde Iquique hasta el puerto de Huasco (**Figura 74**).



## 4.7 Biomasa zooplanctónica

### 4.7.1 Otoño 2004

La biomasa zooplanctónica fluctuó entre 84 – 940 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>, con un promedio general para la zona de estudio igual a 244. La zona se presentó con cuatro categorías de densidad, con una clara dominancia de valores categorizados dentro del rango 101-300, el que estuvo presente en la mayor parte del área de estudio, con un 73%, valores que prácticamente cubren toda la zona estudiada desde Arica a Antofagasta y desde la primera a las 100 millas náuticas de la costa (**Figura 75**), secundariamente se presentan los valores comprendidos dentro del rango de 301-900 con una dominancia de un 19%, detectándose estos principalmente en las estaciones mas costeras de la zona entre Arica a caleta Camarones y desde Tocopilla a punta caleta Errázuriz., siendo observados además en las 100 mn frente a Arica y punta Junín. El foco más importante estuvo localizado a 1 mn frente a Arica, con una biomasa zooplanctónica igual a 940 ml/1.000 m<sup>3</sup>.

La mayor parte de las estaciones monitoreadas estuvo dominada por grupos zooplanctónicos pertenecientes al mesozooplancton, donde predominan los copépodos, quetognatos y eufáusidos entre otros.

La biomasa zooplanctónica estimada durante el otoño de 2004, denota una tasa de cambio negativa respecto al año precedente igual a 46,8%, constituyéndose en el sexto registro más importante de la serie 1993- 2004 (**Tabla 21**).

En general, las biomásas promedio detectadas a lo largo de todos lo períodos analizados están comprendidas entre 190 – 459, correspondiendo ambas cifras a las encontradas durante los años 1997 y 2003.



En la **Figura 76** se aprecia que en la mayor parte de los per3odos analizados, 1993-2004, el rango predominante en la zona corresponde al comprendido entre 100 – 300 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>, contrariamente los a3os con presencia de concentraciones importantes de zooplancton correspondieron al 2000, 2002 y 2003, siendo estos valores registrados a lo largo de toda la zona explorada, con presencia en algunos sectores hasta las 100 mn.

Dentro de los tres estratos de profundidad muestreados durante el presente per3odo oto3al, se evidenciaron en forma general valores extremos comprendidos entre 13 – 3.477 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>, siendo detectados ambos valores en los estratos de profundidad de 50-25 y 10-0, respectivamente.

El total de estaciones muestreadas fue de 25, totalizando 73 muestras provenientes de los estratos de 0-10, 10-25 y 25-50 (**Figura 77a**).

Notoriamente se aprecia un predominio de organismos zooplanct3nicos en el nivel m3s superficial, donde se midi3 una biomasa promedio igual a 496 (**Figura 77b**), compartiendo los otros dos niveles valores promedio similares, siendo un poco m3s alto el correspondiente al estrato intermedio, 10-25 metros.

Las biomاسas m3s importantes correspondieron a aquellas localizadas en las estaciones insertas dentro de las primeras millas de la costa frente a punta Jun3n y Arica.

En los distintos estratos de profundidad, se observaron los cinco rangos de valores preestablecidos (**Figura 78**), a excepci3n del nivel de profundidad entre 10 – 25 metros, estrato en el que no se evidenci3 la presencia de biomاسas por sobre los 900 ml/1.000 m<sup>3</sup>. En general en los tres estratos analizados, se observa una equivalencia en cuanto a encontrarse el mayor porcentaje de muestras entre los



101 – 300 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>, aunque el mayor dominio y las máximas concentraciones encontradas en el nivel mas superficial estuvo principalmente entre los 900 y 3.477.

Las estaciones con menor presencia zooplanctónica estuvieron determinadas principalmente en los sectores correspondientes a las transectas situadas frente a Arica y punta Junín, sin embargo, la tendencia global que se observa en las distintas estaciones, es a incrementarse levemente en sentido sur a norte.

#### **4.7.2 Invierno 2004**

En invierno de 2004, la biomasa zooplanctónica total como medida estimativa de la productividad secundaria de la zona de estudio, presentó valores extremos comprendidos entre 65 y 2.135 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>, con un promedio general para la zona igual a 323 (DS = 281,92); predominando los valores comprendidos en los rangos de densidad categorizados entre 101-300 y 301-900 las que representaron el 46,6% y 37,7%, respectivamente. El 15,7% restante se categorizó dentro de los rangos 34-100 (13,3%) y 901-10.000 (2,2%).

El patrón de distribución espacial de la biomasa señala que el rango 101-300 se presentó prácticamente en todo el rango latitudinal comprendido entre Arica y Pichidangui, distribución que fue interrumpida por biomazas mayores ( 301-900) entre Arica y Pisagua, entre punta Lobos y Mejillones y por fuera de las 40 mn en la zona que se extiende entre bahía Salada y Pichidangui, respectivamente, exhibiendo sus valores promedio una tendencia creciente en sentido sur-norte, disminuyendo además desde la costa hacia el sector más oceánico (**Figuras 79 y 80**).

Las áreas donde se registraron las mayores biomazas promedio (> 400 mL de zooplancton) correspondieron a las observadas frente a Arica, punta Baquedano,





punta Madrid, punta Berger, punta Aña, caleta Gatico y caleta Yapes, respectivamente.

Con respecto a la constitución de las muestras, cabe señalar que el elemento predominante correspondió al mesozooplankton y particularmente al grupo de los copépodos, quetognatos y eufáusidos entre otros.

Cabe señalar que la biomasa zooplanctónica promedio estimada en invierno de 2004 y para la zona Arica - Antofagasta, presentó con respecto al crucero de invierno precedente una tasa de cambio positiva igual a 23,3%, constituyéndose en el segundo registro más importante en cuanto biomasa promedio de los últimos 12 años (**Tabla 22**).

Históricamente durante los cruceros invernales realizados desde el año 1993 a la fecha, y en comparación con los períodos otoñales, los valores más altos en la biomasa zooplanctónica promedio se han registrado durante los inviernos, destacando principalmente los años 1994, 2002 y 2003, con valores iguales a 471, 375 y 304 ml de zooplankton/1.000 m<sup>3</sup>. Las máximas biomásas han sido detectadas en los inviernos de los años 1993, 1994 y 1995, apreciándose una gran concentración de zooplancteres asociados principalmente a la costa, pero con una intrusión importante hacia la zona oceánica durante el invierno de 1994. Durante estos períodos se estimaron biomásas superiores a los 1.020 ml zooplankton/1.000 m<sup>3</sup>, siendo los años 1993 y 1994 donde se observó una mayor presencia de áreas con tales biomásas, las que se identificaron principalmente a lo largo del borde costero entre Punta Junín (19°40) y Punta Aña (22°00), (**Figura 81**). En los años 1998 y 2002 también destacan biomásas importantes asociadas a las primeras millas, y a lo largo de la costa. Cabe señalar que los años con la menor representatividad zooplanctónica fueron 1996, 1997, 2000 y 2001.



Los tres estratos analizados mostraron una distribución de la biomasa zooplanctónica relativamente homogénea, principalmente entre las estaciones localizadas desde Antofagasta a punta Copaca (**Figura 82a**), fueron además donde se reunieron las menores concentraciones de individuos, mientras que en el sector centro, particularmente desde las estaciones situadas a partir de las 20 mn de punta Copaca y las mas costeras de Pisagua, se registró un mayor número de estaciones con biomasa alta, pero principalmente esto se hizo notar en aquellas localizadas en los dos primeros estratos. Hacia la zona de mas al norte, las estaciones se observan nuevamente con concentraciones bajas de individuos, sin embargo, destacan dos de ellas, las situadas a 5 mn de Arica, hallándose la mayor biomasa en el estrato mas superficial.

Los valores de la biomasa zooplanctónica total observados en los tres estratos de profundidad fueron iguales a 938, 527 y 241 ml de zooplancton/1000 m<sup>3</sup>, (**Figura 82b**) observándose una paulatina declinación en la concentración zooplanctónica a medida que la profundidad iba en aumento. El rango de variación mas amplio en la biomasa fue observado en el nivel de 0 – 10 metros, con valores comprendidos entre 127 – 4.044 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>, localizándose ambas registros a 20 mn de Antofagasta y a 5 mn de Arica. En este estrato de profundidad predominaron las biomasa categorizadas dentro de los rangos de densidades comprendidos entre 301-900 y 901-10000 ml los cuales representaron el 47,6% y 28,5%, respectivamente (**Figura 83a**).

En el estrato de 25-10 m las biomasa estuvieron comprendidas entre 98 y 1911 ml de zooplancton/1000m<sup>3</sup>, localizándose éstos a 20 mn frente a Antofagasta y 5 mn de Arica, observándose una clara predominancia de las categorías de densidad comprendida entre 301-900 y 101 - 300, las que representaron el 47,6% y 28,6%, respectivamente (**Figura 83b**).



El estrato 50-25 m, exhibi3 valores de biomasa s menos amplios y que fluctuaron entre 65 y 498 ml, siendo estos detectados a 40 mn tambi3n de la localidad y a 5 mn de Pisagua (**Figura 83c**).

#### **4.8 Variaci3n temporal de la intensidad de desove de anchoveta**

La variaci3n temporal de la intensidad del desove de anchoveta, estimada a trav3s del seguimiento del par3metro poblacional densidad promedio por estaciones positivas, muestra para el per3odo invierno de 1995 – invierno de 2004, la misma tendencia decreciente para las respectivas fases de desarrollo, exhibiendo ambos estadios con respecto al otoño de 2004, un importante incremento en sus niveles de abundancia lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 597% para huevos y 250% para larvas (**Figura 84**). Para el per3odo precitado, es decir, invierno de 1995 - invierno de 2004, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general ascendente, con ocho picks de abundancias significativamente importantes ( $> 18.000$  huevos/ $10m^2$ ) los que se han registrado en la estaci3n de primavera de los ańos 1996 y 1997, invierno de 1998, primavera de 2000, invierno de 2001 y 2002 y verano e invierno de 2003 y 2004. De la misma manera se han registrado dr3sticas disminuciones en la intensidad del desove durante los per3odos de verano-otoño de 1997, 1999, 2000 y 2004 y verano de 2001. Con relaci3n a las fases larvarias, estas muestras una tendencia similar a la exhibida por el estadi3 de huevos, con abundancias superiores a 4100 larvas/ $10m^2$ , las que han sido reportadas en verano de 1999, 2000 y 2001, otoño de 2002 y verano e invierno de 2003.



## 4.9 Análisis estacional de huevos y larvas de peces

### 4.9.1 Desove de otoño

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los años 1983-2004, para la estación de otoño, indica que aún persiste el predominio de anchoveta respecto de las otras especies objetivo, situación que se ha mantenido sin alteraciones a partir del otoño de 1994 (**Figuras 85 y 86**) (Braun *et al.*, 2003 b).

Al contrastar los resultados obtenidos en otoño de 2004 con los informados en años precedentes, se verifica que los niveles de abundancia de huevos y larvas de anchoveta analizados en base a la densidad promedio por estaciones totales, presentan una disminución en su cobertura geográfica lo cual se refleja en tasas de cambio negativas respecto al otoño de 2003 iguales a 45,9% y 29,8%, respectivamente, constituyéndose el otoño de 2004 en el quinto registro más importante en cuanto a extensión del desove, de la serie 1983-2004 para el estadio de huevos y en el sexto de mayor relevancia para las fases larvarias. En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas muestran respecto al año 2003, la misma situación para los respectivos estadios de desarrollo. Es así, como huevos y larvas de esta especie exhiben una significativa disminución en su intensidad igual a 64,1% y 68,6%, respectivamente.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie 1993-2004, nos señala que el desove es eminentemente costero a excepción de lo observado en otoño de 1996, donde se constató un desove más oceánico, con presencia de huevos a 100 mn al oeste de Arica y a 70 mn de punta Lobos y punta Copaca, respectivamente. Durante los otoños de 1994, 2002 y 2004, 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 y Antofagasta (**Figura 87**).

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 los otoños de 1994, 1999 y 2004, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, siendo también importantes los registros de los años 2000 y 2001 (> 20 estaciones positivas). Con respecto a las áreas de desove, las larvas exhiben en general, una tendencia similar respecto a la fase de huevos, concentrándose éstas frente a las localidades de Arica, punta Lobos y Antofagasta, incorporándose durante los últimos 6 años, punta Junín (**Figura 88**).

Para ambos estadios de desarrollo, las más bajas frecuencias de estaciones positivas se registraron en otoño de 1998, asociadas a la presencia de El Niño 1997/98 en la zona de estudio, la cual se caracterizó por 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 a sardina, tanto los valores de la densidad promedio como los de frecuencia de estaciones positivas, indican que sus niveles de abundancia se encuentran en un nivel muy bajo, situación que dada la época del año, puede considerarse normal dado el proceso de recuperación y preparación de las gónadas para el desove primario, el que en normales condiciones se produciría durante los meses de julio a septiembre. Cabe señalar que en otoño de 2004, no hubo presencia de registros positivos a larvas de esta especie, reconociéndose tan sólo dos estaciones positivas a huevos.



Los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel, analizados a trav3s de los diferentes 3ndices utilizados, revelan ausencia de huevos y larvas durante el otoño de 2004, situaci3n que se ha venido presentando desde el otoño de 1993 a la fecha, con la 3nica excepci3n del año 1997, donde se reconocieron registros positivos a huevos de jurel.

Con respecto a caballa, destaca el otoño de 1998 como el m3s importante de la serie 1993-2004 tanto para huevos como para larvas de esta especie. Durante los 3ltimos 5 años no ha existido reconocimiento positivo a fases de desarrollo de caballa.

La estimaci3n del 3ndice de abundancia larval para anchoveta durante otoño de 2004, mantiene la misma tendencia descendente que se observa a partir de 2001, exhibiendo con respecto a otoño de 2003 una disminuci3n igual a -39,1%. Con respecto a sardina, el 3ndice larval presenta para la serie 1993-2004, valores muy bajos, situaci3n que se corresponde con las bajas abundancias observadas para la serie analizada y que han fluctuado entre 0 y 1.431 larvas/10m<sup>2</sup> (**Figura 89; Tablas 23 y 24**).

#### **4.9.2 Desove de invierno**

El par3metro poblacional densidad promedio por estaciones totales ha reflejado con bastante fidelidad los cambios que ha experimentado a nivel de ictioplancton la composici3n espec3fica de la comunidad pel3gica de la zona norte del pa3s, los que se han caracterizado por un per3odo comprendido entre 1964 y 1973 con un claro y absoluto predominio de anchoveta en el ecosistema y un cambio de dicha situaci3n con posterioridad a 1973 hasta 1985, por la dominancia de sardina.

La situaci3n que se observa con posterioridad a 1985, señaala que nuevamente estamos frente a un proceso de cambio con una categ3rica predominancia de anchoveta respecto de sardina y jurel en t3rminos de su abundancia, con



densidades sin precedentes las que han sido registradas en invierno de 1985, 1994 y en menor magnitud en 1989. De la misma manera las disminuciones m1s dr1sticas han estado asociadas a perturbaciones ambientales como lo ha sido la presencia del fen3meno de El Ni1o en la zona de estudio durante los a1os 1982/83, 1986/87, 1991/92 y 1997/98 (**Figura 90**).

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los a1os 1981-2004, para la estaci3n de invierno, indica que a1n persiste el predominio de anchoveta respecto de las otras especies objetivo, situaci3n que se ha mantenido sin alteraciones a partir del invierno de 1985 (**Figs. 91 y 92**) (Braun *et al.*, 2004).

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en invierno de 2004, respecto a las reportadas en inviernos precedentes para la serie 1981/2004, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en t1rminos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta una situaci3n diferente para ambas fases de desarrollo. Es as1, como el estadio de huevos exhibe con respecto al invierno de 2003, un incremento que se traduce en un porcentaje de cambio igual a 41,4%. Por su parte las fases larvarias experimentan una importante disminuci3n, con una tasa de cambio igual a - 53,0%.

En relaci3n a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas utilizadas como un 1ndice de la concentraci3n del desove, muestran con respecto al invierno de 2004, un leve incremento para la fase de huevos igual a 3,5%, observ1ndose para las fases larvarias una importante disminuci3n igual a -63%.

Con respecto al patr3n estacional de distribuci3n de huevos de anchoveta, la serie 1993-2004, nos se1ala que el desove de invierno respecto a la estaci3n precedente, oto1o, presenta un car1cter m1s oce1nico, con presencia de huevos a



100 mn al oeste de Arica y de otras localidades, durante los inviernos de los años 1993, 1994, 1995, 1996 y desde el año 2000 hasta la fecha, respectivamente.

Durante los inviernos de 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 y bahía Moreno (**Figura 93**).

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 los inviernos de los años 1993-1997, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, siendo también importantes los registros de los años 2000, 2002, 2003 y 2004. Con respecto 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 longitudinal, éstas se concentran mayoritariamente frente a las localidades de Arica, punta Junín, punta Lobos y bahía Moreno (**Figura 94**).

Para ambos estadios de desarrollo, las más bajas frecuencias de estaciones positivas se registraron en invierno de 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 más altas estimaciones se han obtenido en los inviernos de 1985, 1989, 1994 y 2003 y los más bajos han estado asociados a la presencia del fenómeno de El Niño registrados durante el año 1987, 1991 y 1998. Durante los inviernos de 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 invierno de 2001 e incrementarse significativamente en invierno de 2002 y 2003, observándose en invierno de 2004 una situación a la baja que se traduce en un porcentaje de cambio igual a -43,6% con respecto al año 2003 (**Figura 95, Tablas 25 y 26**).

En invierno de 2002 y 2003, no hubo presencia de larvas de sardina y los niveles de abundancia promedio exhibidos por el estadio de huevos respecto al invierno precedente presenta una disminución en su intensidad y en su cobertura geográfica, lo que se reflejó en porcentajes de cambio iguales a 73,6% y 83,3%, respectivamente.

Los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel analizados a través de los diferentes índices utilizados, revelan ausencia de huevos y larvas durante los inviernos de 2000 y 2001 y presencia de estos estadios de desarrollo para el invierno del año 2002 y ausencia de las fases larvarias para el 2003. En invierno de 2004, el estadio de huevos, exhibe con respecto al invierno de 2003 una disminución en la intensidad del desove y un incremento en su cobertura geográfica, con tasas de cambio iguales a -60% y +19%, respectivamente.

En relación a caballa, en invierno de 2004 no hubo registros positivos a huevos y larvas de esta especie, situación que se viene presentando durante los inviernos de los últimos 6 años.

Desde Antofagasta al sur, existe menos información y para efectos comparativos se utilizó información proveniente de cruceros realizadas para la estación de invierno 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 27 y 28**. En invierno de 2004 y para la zona Antofagasta –Coquimbo no se observaron estaciones positivas a huevos y larvas de sardina y larvas de jurel (**Figuras 96 y 97**).

En relaci3n a la intensidad del desove de anchoveta, las densidades promedio por estaciones positivas utilizadas como un índice de la concentraci3n del desove, muestran con respecto al invierno de 1995, importantes disminuciones para las respectivas fases del desarrollo iguales a -95,3% y -77,4%. Con respecto a su cobertura geogr3fica tanto huevos como larvas de anchoveta presentan una importante disminuci3n, con tasas de cambio respecto a 1995 iguales a -92%.

#### **4.10 Exploraci3n de las relaciones entre la distribuci3n de huevos y larvas de anchoveta en relaci3n con la temperatura**

En las **Figuras 98 y 99** se presentan los rangos de huevos y larvas respecto de la temperatura superficial del mar, en los cruceros realizados en la temporada de otoño e invierno entre los ańos 1996-2004.

En t3rminos generales, los huevos de la anchoveta exhiben un rango de temperaturas m3s estrecho que el que presentan las larvas; es as3 como los huevos se distribuyen entre los 14 y los 19°C (a excepci3n de 1996 y 1997), con una moda entre las TSM de 15-18°C. En cambio las larvas se distribuyen en un rango m3s amplio de 14 y 21°C, con una preferencia por el estrato de 16-19°C.

En el caso de los cruceros realizados en otoño, se aprecia que en el ańo 1996, durante otoño los huevos de anchoveta se presentan en TSM superiores a los 17°C con una moda en los 19°C; en el caso de las larvas, éstas se localizan en un rango m3s amplio de 15-20°C, con una preferencia por los 16-18°C (**Figura 98**). El ańo 1997 presenta una estructura t3rmica superficial atípica debido a que la zona



de estudio fue influenciada por el evento El Niño implicando un significativo incremento de las temperaturas y de las salinidades, es así que en la zona norte se observó una notable entrada de aguas cálidas incluso con temperaturas que superan los 20°C. En relación al ictioplancton, en este año, tanto huevos como larvas se localizan mayoritariamente en temperaturas superiores a los 17°C, con una moda de 19-20°C (**Figura 98**).

En el período de otoño de los años 1998-2000, la zona de estudio exhibe condiciones de TSM normales con un rango de distribución entre 14,14 y 21,41°C. En estos años hay una menor cobertura espacial de huevos pero se distinguen ciertos focos de mayores agregaciones, se destaca que los huevos de anchoveta se situaron entre los 16 y 20°C, con una nítida predilección por los 17-18°C; en cuanto a las larvas, éstas se localizaron en un estrato de distribución mucho más amplio que abarca desde los 14°C hasta los 20°C, pero que también presentan una cierta inclinación por los 17 y 19°C.

Durante los años 2001-2004, las temperaturas fluctuaron entre los 14 y 21°C, en este período los huevos de anchoveta se ubicaron en el rango de 14-19°C, con una preferencia por el rango de de 16-18°C; en el caso de las larvas, éstas se ubican en un espectro más extenso de entre 14 y 20°C, con una inclinación entre los 17 y 19°C (**Figura 98**).

Con respecto a los cruceros realizados en la estación de invierno, se observa que durante el año de 1996, las TSM varían entre los 13.96 y 16.68°C, destacándose que la gran mayoría de las TSM fluctúan entre los 15 y 16°C. En relación a los huevos de anchoveta, éstos se distribuyen entre los 15 y 16°C con una preferencia por la temperaturas de 16°C; en el caso de las larvas, éstas poseen un rango de distribución más amplio (14-16°C) (**Figura 99**).



El a1o 1997 presenta una estructura t3rmica superficial diferente debido al evento El Ni1o que trajo consigo una gran aumento de las temperaturas y de las salinidades superficiales, en el extremo norte de la zona de estudio se apreci3 una notable entrada de aguas c3lidas incluso con temperaturas que superan los 20-21°C. En relaci3n al ictioplancton, en este a1o, tanto huevos como larvas se localizan mayoritariamente en temperaturas superiores a los 17°C.

En los a1os 1998 y 1999, la zona de estudio exhibe condiciones de TSM m3s normales con un rango de distribuci3n entre 13,95 y 18,46°C. En estos a1os hay una menor cobertura espacial de huevos pero se aprecian n3cleos de altas densidades, se destaca que los huevos de la especie se registraron entre los 15 y 18°C, pero con una marcada preferencia por los 16-17°C, en el caso de las larvas, 3stas exhiben un rango de distribuci3n m3s extenso pero tambi3n presentan una n3tida preferencia por los 16 y 17°C.

Durante el crucero de invierno del a1o 2000, se observa una distribuci3n m3s homoterma de la TSM con un rango que var3a entre los 14,63 y 17,51°C, aunque la mayor parte de las temperaturas se encuentran entre los 16 y 17°C. En el caso del ictioplancton, 3ste se sit3a principalmente entre los 15 y 18°C con una inclinaci3n por las temperaturas de 16°C (**Figura 99**).

El per3odo 2001-2003 presenta una estructura t3rmica muy similar que fluct3a entre los 13,5 y los 18,3°C, cabe destacar la gran cobertura geogr3fica que alcanzan las TSM entre los 15 y 17°C que abarcan un gran porcentaje del 3rea total de la zona de estudio. En relaci3n a los huevos y las larvas, 3stas se localizan entre los 14 y 18°C con una preferencia por aguas de 16-16,9°C.

Finalmente, en el a1o 2004 las temperaturas oscilan entre los 13,35 y 19,2°C con una gran extensi3n espacial de aguas del rango 15-18°C y un foco de aguas fr3as



en los alrededores de Mejillones que podría relacionarse con eventos de surgencia. Con respecto al ictioplancton este se presentó en un amplio rango de temperaturas desde las 14°C hasta los 19°C, con una predilección por el estrato de 15-17°C, en el caso de los huevos, y de 16-18°C en el caso de las larvas (**Figura 99**).

#### 4.11 Análisis de los Centros de Gravedad (CG)

En términos globales, se debe destacar que la ubicación de los centros de gravedad de los huevos evidencian distribuciones bastante más costeras respecto de las larvas, lo que también podría relacionarse con que los rangos de TSM promedio de los huevos sean levemente menores que a los que exhiben las larvas. Asimismo, también es importante destacar que en el período de invierno los CG se encuentran en posiciones más oceánicas que en otoño debido a una mayor cobertura espacial del ictioplancton en este período.

En otoño, los CG de los huevos muestran una distribución muy costera y, en general, se localizan en las primeras 5 millas de la costa. En los años 1996-1999 los CG se localizan en el extremo norte de la zona de estudio en las cercanías del puerto de Arica, en sectores muy costeros que no superan las 5 mn; en este período se destaca el año 1997, en que el CG se sitúa en la posición más meridional de todo el período analizado, debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento ENOS, en 1997 el CG se ubica a la cuadra de Mejillones (**Figura 100a**), debido a un foco de gran abundancia que se presentó en ese sector en dicho año. En el año 2000, el CG también se localizó en una posición muy desplazada hacia el sur debido a que las mayores concentraciones se ubicaron al sur de Tocopilla, aunque se debe destacar que este año los valores registrados son muy bajos comparados a otros años. Finalmente, en el período 2001-2004, los CG se centran en los alrededores de Iquique (**Figura 100a**),



destacándose que en este período las mayores agregaciones se localizan en Pta. Lobos y frente al puerto de Arica.

Por su parte, los CG de larvas muestran una distribuci3n más oceánica que los CG de huevos. No obstante lo anterior, existen una serie de similitudes entre ambas distribuciones. En el período 1996-1999 los CG también se localizan en el extremo norte de la zona de estudio en las cercanías del puerto de Arica, en sectores relativamente costeros que no superan las 15 mn; en estos años, al igual que en el caso de los huevos, se destaca el año 1997 en que el CG se sitúa en la posici3n más meridional de todo el período analizado debido a la influencia del evento ENOS, en este año el CG se ubica al sur de Mejillones (**Figura 100b**), debido a un foco de gran abundancia que se presentó frente a Antofagasta. En el año 2000, el CG alcanza una posici3n bastante oceánica (a unas 30 mn de la costa) debido a la densidades relevantes que se registraron en estaciones ubicadas sobre las 20 mn de la costa (**Figura 100b**). En los años 2001-2004, se repite el patr3n de los CG de los huevos, ya que los centros de gravedad de las larvas se centran en los alrededores de Iquique (a excepci3n del 2002) y con las mayores agregaciones localizadas a la cuadra de Pta. Lobos y frente al puerto de Arica.

En el caso de los cruceros del período de invierno, los huevos de anchoveta, los CG no muestran un patr3n muy definido. Así es posible observar 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 posici3n más meridional de todo el período analizado. Sin embargo, en los años posteriores (1998 y 1999) los CG se localizan frente a la cuadra de Arica, en sectores muy costeros, y ubicándose en la posici3n más septentrional del período. Posteriormente, entre los años 2000 y 2003, los CG se localizan en los alrededores del Río Loa, debido a las concentraciones que se registran en las zonas aledañas al río Loa y a Pta. Lobos



(latitud 21°S). Luego, en el a1o 2004, el CG se ubica al norte de Iquique, en una zona oceánica, lo que estaría indicando buenas densidades sobre las 10 mn de la costa en este a1o (**Figura 101a**). Con respecto a las larvas, en términos generales se puede indicar que éstas poseen distribuciones espaciales diferentes a los huevos y por la tanto CG distintos. No obstante lo anterior, se destaca que en 1997, al igual que en el caso de los huevos, el CG de las larvas se sitúo en la parte sur de la zona de estudio también debido a la influencia del evento ENOS. Por su parte en 1998 se continúa con el mismo patr3n de comportamiento que en los huevos y el CG se observa en el sector norte de la zona. Sin embargo, a partir de 1999 el patr3n cambia ya que el CG se emplazó en las cecanías del río Loa. En el período 2000-2003, los CG se emplazan en los alrededores del río Loa y en las áreas próximas a Pta. Lobos. Finalmente, en el a1o 2004 el centro de gravedad se dispuso al norte de Iquique, por sobre las 30 mn de la costa (**Figura 101b**).

#### **4.12 Modelamiento estadístico de la densidad de huevos y larvas de anchovceta asociado a variables ambientales**

##### **4.12.1 Oto1o 2004**

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>) dada la presencia de éstos. Ambas variables fueron modeladas separadamente, como una funci3n de variables de localizaci3n (latitud, longitud), oceanográficas (salinidad y temperatura superficial) y biológica (densidad zooplanctónica), las cuales fueron introducidas en el modelo a través de funciones no-paramétricas suaves, de la forma de los suavizadores splines cúbicos (Hastie y Tibshirani, 1990); además, se incorporó un predictor lineal correspondiente al período de muestreo (estaci3n anual de oto1o). Este último factor permite conocer la tendencia del índice, en un contexto hist3rico en la estaci3n, para la probabilidad



media de 3xito (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 distribuci3n de probabilidad binomial con una funci3n de enlace logit, sobre esta base se realizaron los ajustes y se probaron adem3s, los m3todos alternativos de estimaci3n cuasi-verosimilitud y robusto. Finalmente, se seleccion3 del m3todo de ajuste de cuasi-verosimilitud basado en el criterio de Cp de Mallows (Neter *et al.*, 1990).

### **An3lisis exploratorio de datos**

Los datos analizados provienen de cruceros realizados en la temporada de otoño durante el per3odo 1994 a 2004, exceptuando el año 1995. En total se monitorearon 453 estaciones, en las cuales se registraron las variables predictoras latitud, longitud, salinidad, temperatura superficial del mar y densidad zooplact3nica, de igual manera se contabiliz3 el n3mero de huevos y/o larvas y por consiguiente, la presencia o ausencia de 3stos. Del total de estaciones analizadas, un 17% registr3 presencia de huevos; en tanto, que el porcentaje de estaciones con presencia de larvas alcanz3 al 41%, registr3ndose para la serie hist3rica una densidad media por estaci3n positiva del orden de 4.700 huevos/10 m<sup>2</sup> y 1300 larvas/10 m<sup>2</sup>.

En la **Tabla 29** se detalla por año el n3mero de estaciones totales, el n3mero de 3stas con presencia y ausencia de huevos/larvas y la densidad promedio de las estaciones positivas.

En cuanto a la presencia de huevos, los años 1996, 2002 y 2004 presentaron la mayor proporci3n de estaciones positivas con un 23%, 26% y 25%,





respectivamente; mientras que el menor n3mero de estaciones con presencia de huevos correspondi3 al per3odo 1998 a 2000, con un 6%, 10% y un 7%, respectivamente (**Figura 102a**). Respecto a la densidad de huevos, el mayor 3ndice se registr3 en el 2003 con 10 mil huevos/10 m<sup>2</sup>, a3o que se encuentra por debajo de la proporci3n media hist3rica de estaciones positivas (17%), le sigue en importancia el a3o 1998 donde la densidad media fue del orden de los 9 mil huevos/10 m<sup>2</sup>. En 1996, 2001 y 2002, la densidad media fluctu3 en torno a los 6 y 8 mil huevos/10 m<sup>2</sup>, densidades que se encuentran sobre el promedio hist3rico y que coincide con proporci3nes de estaciones positivas tambi3n por sobre la media hist3rica. En tanto, en 1999 y 2000 se obtuvieron los menores registros de densidad del orden de los 800 y 300 huevos/10 m<sup>2</sup>, siendo consistente con el menor n3mero de estaciones con presencia de huevos (**Figura 102a**).

Para las estaciones con presencia de larvas, los a3os 1996, 1999, 2000, 2001 y 2004 presentaron proporci3nes que est3n por sobre el promedio hist3rico (41%) y coincide con lo observado para la proporci3n de estaciones con huevos en 1996 y 2004. De manera similar, a como ocurri3 con la presencia de huevos, en 1998 se registr3 el menor n3mero de estaciones positivas con un 21%, seguido del a3o 2003 y 2002 con un 24% y un 30% respectivamente (**Figura 102b**). Respecto a la densidad de larvas, el mayor 3ndice se registr3 en el 2002 con 4700 larvas/10 m<sup>2</sup>, a3o con una baja proporci3n de estaciones positivas, seguida por el a3o 2001 con 3300 larvas/10 m<sup>2</sup>. La menor densidad de larvas se registr3 en los primeros cuatro a3os de la serie, con valores en torno a las 300 y 400 larvas/10 m<sup>2</sup>. Los a3os 1999, 2000 y 2004 presentan una densidad media entorno de los 500 a las 1.000 larvas/10 m<sup>2</sup>, no obstante de registrar altos 3ndices estaciones con presencia de larvas (**Figura 102b**).

En la **Tabla 30** se presentan las estad3sticas descriptivas de las variables predictoras latitud, longitud, temperatura superficial, salinidad superficial y



densidad zooplanct3nica, junto a las variables de respuesta de inter3s, densidad de huevos y larvas. En los distintos a3os se cubri3 un 3rea muy similar, que abarca latitudinalmente de los 18°24' hasta los 23°40' S y longitudinalmente, de los 70°11' y los 72°13' W, exceptuando el a3o 1994 donde hubo observaciones m3s costeras (desde los 70°7'W) y el a3o 2000, que alcanzaron hasta los 73°52'W. La temperatura superficial del mar promedio anual fluctu3 en torno a los 18° C, registr3ndose para los a3os 1997 y 1998 valores por sobre el promedio hist3rico de 21° y 19°C, respectivamente. Para la salinidad superficial, en los distintos a3os, se observaron promedios en torno a los 35 psu, con un rango de variaci3n entre los 0,52 y 0,92 psu. La densidad media anual de zooplacton fluctu3 en torno a los 280 mm/1000 m<sup>3</sup>, registr3ndose en el 2000, 2002 y 2003 los niveles m3s altos (alrededor de 400 mm/1000 m<sup>3</sup>) que se ubican por sobre el promedio hist3rico; en tanto, los menores niveles estimados corresponden a 1997 y 1999 que estuvieron en torno a los 190 mm/1000 m<sup>3</sup>.

### **Modelamiento estadístico**

En la modelaci3n, tanto de la densidad de huevos como de la densidad de larvas, se supuso una distribuci3n de probabilidad log-normal, la cual fue contrastada mediante la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1974). En ambos casos, la hip3tesis distribucional no fue rechazada ( $p=0,41$  y  $0,07$ , para huevos y larvas respectivamente, **Tabla 31**). Por lo tanto, el modelo utilizado considera como variable respuesta el logaritmo de la densidad de huevos o larvas seg3n corresponda, con distribuci3n normal y funci3n de enlace identidad. Los ajustes empleados adem3s del cl3sico fueron cuasi-verosimilitud y robusto, seleccion3ndose sobre la base del criterio de Cp de Mallows, un ajuste robusto tanto para huevos como para larvas.



Los resultados del ajuste de los modelos aditivos generalizados para cada set de datos se resumen en las **Tablas 32 y 33**. Los modelos de efectos principales de cinco covariables (latitud, longitud, temperatura, salinidad y densidad zozoplanctónica) y un factor correspondiente al año (otoño de cada año), fueron significativos, con pseudo- $r^2$  de 0,53 y 0,46 para los modelos de presencia de huevos y larvas y de 0,49 y 0,46 para la densidad de huevos y larvas de las estaciones positivas.

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

Los predictores incorporados en el modelo tanto de huevos como de larvas, en su mayoría presentaron un comportamiento no-lineal, confirmado a través de la prueba F (**Tabla 32**). Se exceptúa la salinidad superficial del mar y la densidad zooplactónica para el caso de larvas, los cuales no siguen este comportamiento. La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en las **Figuras 103 y 104**.

En el caso de la presencia de huevos, se puede observar que latitudes (Lat) inferiores a los  $18^{\circ}42'S$  y superiores a los  $22^{\circ}48'$  tienen un efecto positivo, mientras que en este intervalo 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  $70^{\circ}36'W$  y negativo a longitudes mayores a los  $71^{\circ}24'W$ , es decir el proceso de desove aparece más vinculado a la zona costera que oceánica, cabe destacar que existe una alta dispersión en la estimación del suavizador a longitudes superiores a los  $71^{\circ}24'W$  reflejada en amplias bandas de confianza. En relación con la variable temperatura superficial (TSM), se observa un efecto positivo de ésta para valores menores a los  $18^{\circ}C$ , mientras que para temperaturas superiores el efecto es negativo. La variable salinidad (Sal) muestra una alta incertidumbre en el suavizador a niveles superiores a los 35,1 psu y un



efecto negativo en la presencia de huevos a salinidades menores a los 34,9 psu. La densidad zooplact3nica tambi3n presenta una alta incertidumbre en el suavizador a valores superiores a los 1000 mm/1000 m<sup>3</sup>, esto debido a que las biomاسas por estaci3n se concentran mayormente bajo los 900 mm/1000 m<sup>3</sup> **(Figura 103)**.

En relaci3n al modelamiento de la variable presencia de estaciones positivas de larvas, se puede apreciar que el predictor latitud refleja un efecto positivo a latitudes inferiores a los 22°30'S, mientras que a latitudes superiores a 3sta el efecto es negativo. Por su parte la variable longitud, de la misma forma en que afecta a la presencia de huevos por estaci3n, muestra un efecto positivo para longitudes cercanas a la costa (< 70°36'W.) y un efecto negativo a medida que aumenta la longitud, cabe se3alar que para longitudes superiores a los 72°W existe una alta variabilidad en el suavizador reflejada por las amplias bandas de confianza. La funci3n suave ajustada para la variable temperatura superficial, y de forma similar a lo mostrado en la presencia de huevos, se observa un efecto positivo para valores menores a los 18°C, mientras que para temperaturas superiores el efecto es negativo en la probabilidad de 3xito de estaciones con larvas. Por su parte el predictor salinidad, tambi3n muestra un efecto negativo a niveles menores a los 34,9 psu, mientras que para salinidades superiores el efecto es positivo, cabe se3alar que salinidades superiores a los 35,3 psu poseen una alta incertidumbre en la estimaci3n del suavizador reflejada en amplias bandas de confianza. De la misma forma en que se observa una alta variabilidad en el suavizador spline para la densidad zooplact3nica en la presencia de huevos, se observa para la presencia de larvas, visualizando una concentraci3n de biomاسas para valores menores a los 900 mililitros/1000 m<sup>3</sup> **(Figura 104)**.



Finalmente, a partir de los modelos ajustados se puede observar una se1al interanual de la respuesta (**Figura 107**). En el caso de los huevos, la se1al asociada a los distintos a1os analizados indica que existi3 una mayor probabilidad de 3xito de encontrar estaciones positivas en oto1o para los a1os 1994, 1997, 2001 y 2002; en tanto en larvas, la mayor probabilidad de encontrar la caracter3stica de inter3s se observ3 en 1997, a1o a partir del cual se registra una respuesta temporal declinante de la presencia de estaciones exitosas con larvas.

### **An3lisis de la densidad de huevos y larvas**

Los predictores incorporados en el modelamiento de la densidad de huevos no presentaron un comportamiento no-lineal, como se refleja en estad3sticos F no significativos (**Tabla 33**). Para el modelamiento de la densidad de larvas, los predictores que presentaron este comportamiento fueron la longitud y salinidad con estad3sticos F significativos. La latitud, temperatura superficial y biomasa zooplact3nica, no siguieron este comportamiento. La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gr3ficamente a trav3s de los suavizadores splines c3bicos en las **Figuras 105 y 106**.

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 funci3n suavizada para la longitud muestra que el proceso de desove aparece vinculado a una zona m3s costera que oce3nica, con una alta concentraci3n de estaciones con huevos, teniendo un impacto positivo gradual en la densidad de huevos el 3rea localizada al este de los 70°24'W y una alta variabilidad en el suavizador a longitudes superiores a 3sta. En relaci3n a la temperatura, se observa que las estaciones con huevos se localizaron principalmente entre los 15°C y 18°C y que temperaturas inferiores a los 16,5°C tienen un efecto positivo sobre la densidad de los huevos,



mientras que temperaturas superiores tienen un efecto negativo, cabe destacar que temperaturas fuera del intervalo de los 15°C y los 18°C, poseen una alta incertidumbre en la estimaci3n 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 34,6 y 35,2 psu, favoreciendo la densidad de huevos las aguas con salinidades inferiores a las 34,85 psu (**Figura 105**). Respecto a la influencia de la densidad zooplact3nica sobre la densidad de huevos, 3stas se concentran en un intervalo desde los 80 a los 500 ml/1000 m<sup>3</sup>, teniendo un efecto negativo para valores inferiores a los 300 ml/1000 m<sup>3</sup>, y positivo para valores superiores, cabe destacar que biomasa fuera del intervalo de los 80 y los 300 ml/1000 m<sup>3</sup>, poseen una alta incertidumbre en la estimaci3n reflejada por las amplias bandas de confianza.

En cuanto a la densidad de larvas, en la **Figura 106** se presentan los suavizadores splines c3bicos 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, registr3ndose un efecto positivo gradual sobre la densidad de larvas en latitudes inferiores a los 19°30'S. Nuevamente, el efecto de la funci3n suavizadora para la longitud confirma que longitudes localizadas al este de los 70°24'W ejercen un efecto gradual positivo sobre la densidad de las larvas de anchoveta, coincidiendo con el comportamiento costero de desove de esta especie. En relaci3n a la temperatura, las larvas se distribuyeron entre los 14° C y 21°C donde la funci3n suavizada present3 una alta variabilidad para temperaturas inferiores a los 15°C y superiores a los 19°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 inferiores a los 17,6°C. El predictor salinidad, muestra que las larvas dentro del intervalo en que estuvieron presentes (34,5 – 35,3 psu), ven favorecida su densidad en aguas con salinidades entre las 34,71 y



las 34,96 psu, y que salinidades fuera de este intervalo presentan una alta incertidumbre en la estimaci3n reflejada por las amplias bandas de confianza. Los valores de densidad de larvas se concentraron en densidades zooplanct3nicas desde 16 a los 600 mm/1000 m<sup>3</sup>, registr3ndose un efecto negativo para biomasa inferior a los 240 mm/1000 m<sup>3</sup> y positivo a densidades superiores, para niveles superiores a los 600 mm/1000 m<sup>3</sup> no es posible visualizar su efecto en la densidad de larvas dada la alta incertidumbre en la estimaci3n (**Figura 106**).

La se1al interanual muestra que la densidad de huevos presenta una relativa estabilidad en la serie analizada, con las mayores densidades en 1998 y las menores en el 2000, cuyas estimaciones se caracterizan por presentar una alta dispersi3n. Mientras que la densidad de larvas muestra una tendencia fluctuante, con los mayores 3ndices en 1997 y el 2002 (**Figura 107**).

#### 4.12.2 Invierno 2004

En invierno de 2004, la variable de respuesta, presencia de huevos o larvas, fue modelada considerando una distribuci3n de probabilidad binomial con una funci3n de enlace logit, sobre esta base se realizaron los ajustes y se probaron adem3s, los m3todos alternativos de estimaci3n cuasi-verosimilitud y robusto. Finalmente, se seleccion3 el m3todo 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 modelaci3n se supuso una distribuci3n 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 hip3tesis distribucional de la respuesta no fue rechazada ( $p=0,31$ , **Tabla 34**, **Figura 108b**), mientras que para la densidad de



huevos el valor del estadístico de kolmogorov se encuentra entorno a la región de rechazo ( $p=0,5$ , **Tabla 34**), 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 (**Figura 108a**), 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  $C_p$  de Mallows, un ajuste robusto tanto para huevos como para larvas.

El periodo analizado corresponde a los cruceros realizados en invierno para el periodo que comprende los años 1993 a 2004, desde donde se han monitoreado un total de 741 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 al 85 %, registrándose una densidad media por estación positiva del orden de 3.500 huevos y 2.000 larvas/10 m<sup>2</sup>.

En la **Tabla 35** 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 y 2004 presentaron la mayor proporción de estaciones positivas con un 58%, 52% y 48% respectivamente; mientras que el menor número de estaciones con presencia





de huevos correspondi3 a los a1os 1998 y 1999, con un 6 % y un 19 % (**Figura 108a**). Respecto a la densidad de huevos, el mayor 3ndice se registr3 en el a1o 1994 con 6 mil huevos/10 m<sup>2</sup>, coincidiendo con uno de los mayores a1os con proporci3n de estaciones positivas registrada en dicho periodo, al igual que el 2004. En 1996 y 2001, la densidad media fue del orden de los 5 mil huevos/10 m<sup>2</sup> densidades por sobre el promedio hist3rico, sin embargo con una baja proporci3n de estaciones positivas, 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 n3mero de estaciones con presencia de huevos (**Figura 108a**). Para las estaciones con presencia de larvas los primeros cuatro a1os presentan una alta proporci3n de estaciones con presencia de larvas, mayores al 90% de igual forma que los a1os 1997 y 2004 donde se presenta un 100% de estaciones positivas. De manera similar, a como ocurre para la presencia de huevos, los a1os 1998, 1999 y 2001 presentan el menor n3mero de estaciones positivas con un 57%, 67% y un 47%, respectivamente (**Figura 108b**). Respecto a la densidad de larvas, el mayor 3ndice se registr3 el a1o 1994 con 4500 larvas/10 m<sup>2</sup>, coincidiendo con una gran proporci3n de estaciones positivas registrada en dicho a1o. La menor densidad media de larvas se registr3 en 1998 y fue del orden de las 550 larvas/10 m<sup>2</sup>, a1o que registr3 una de las menores proporciones de estaciones con presencia de larvas 57%. Los a1os 1995, 1996 y 1997 presentan una densidad media entorno a los 1500 larvas/10 m<sup>2</sup>, no obstante representan altos 3ndices de presencia de estaciones con larvas (**Figura 108b**).

Las estad3sticas descriptivas de las variables predictoras latitud, longitud, temperatura superficial y salinidad superficial, junto a las variables de inter3s densidad de huevos/larvas se presentan en la **Tabla 34**. En los distintos a1os se cubri3 un 3rea muy similar, que abarca latitudinalmente cerca de los 18°40' hasta los 23°67'S, a excepci3n de los a1os 1998, 2001 y 2002 donde latitudinalmente llego a los 22°33'S. Longitudinalmente el 3rea cubierta estuvo en torno a los



70°14' y los 72°18'W, exceptuando el a3o 2002 donde se llego hasta los 73°60'W. La temperatura superficial del mar promedio por a3o se concentro entorno a los 16°C, registrándose para el a3o 1997 una valor por sobre el promedio hist3rico de 19°C. Para la salinidad superficial, en los distintos a3os, se observaron promedios en torno a los 35 psu con un rango de variaci3n entre los 0,45 y 0,65 psu (**Tabla 36**).

### **Modelamiento estadístico**

Los resultados del ajuste de los modelos aditivos generalizados para cada set de datos se resumen en las **Tablas 37 y 38**. Los modelos de efectos principales de cuatro covariables (latitud, longitud, temperatura y salinidad) y un factor correspondiente al a3o (invierno de cada a3o), fueron significativos, con pseudo- $R^2$  de 0,16 y 0,43 para los modelos de presencia de huevos y larvas y de 0,18 y 0,26 para la densidad de huevos y larvas de las estaciones positivas, respectivamente.

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

Para caracterizar la relaci3n entre la distribuci3n de huevos y larvas con variables de localizaci3n y oceanogr3ficas, se model3 la variable respuesta de presencia de huevos y larvas considerando una distribuci3n de probabilidades binomial, con funci3n de enlace logit y un ajuste a trav3s de cuasi-verosimilitud.

Los predictores incorporados en el modelo tanto de huevos como de larvas, en su mayoría presentaron un comportamiento no-lineal, confirmado a trav3s de la prueba F (**Tabla 37**). Se exceptúa la temperatura superficial del mar para el caso de huevos, y adem3s de ésta, la salinidad para larvas, los cuales no siguen este



comportamiento. La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en las **Figuras 110 y 111**.

En el caso de la presencia de huevos, se puede observar que latitudes (Lat) inferiores a los 18°42'S y entre los 20°36' y los 23°S se tienen un efecto positivo, mientras que entre los 18°42' y los 20°36' y superior a los 23°S 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 más vinculado a la zona costera que oceánica. En relación con la variable temperatura superficial (TSM), se observa un efecto positivo de ésta para valores entre los menores a los 15°C y los 17°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 34,8 psu y superiores a los 35,2 psu, observándose un efecto negativo entre los 34,8 y 35,1 psu en la presencia de huevos por estación (**Figura 110**).

En relación al modelamiento de la variable presencia de estaciones positivas de larvas, se puede apreciar que el predictor latitud refleja un efecto positivo a partir de los 21°24'S, mientras que a latitudes inferiores a ésta el efecto es negativo. 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 35 psu poseen una alta incertidumbre en la estimación del suavizador reflejada en amplias bandas de confianza (**Figura 111**).

Finalmente, a partir de los modelos ajustados se puede observar una señal interanual de la respuesta (**Figura 114**). 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, 1997, 2000, 2002 y 2004; en tanto en larvas, la mayor probabilidad de encontrar la característica de interés se registró en los años 1994, 1995, 1998 y 1999, nótese que los años 1998 para huevos y larvas, y 1999 y 2001 para larvas, poseen una alta incertidumbre en la estimación reflejada por las amplias bandas de confianza.

### **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 de un método robusto.

Los predictores incorporados en el modelamiento de la densidad de huevos y que presentaron un comportamiento no-lineal fueron la latitud y salinidad, mientras que para larvas correspondieron a la latitud, longitud, y salinidad que se refleja en estadísticos F significativos (**Tabla 38**). La longitud y temperatura superficial para el caso de huevos y solo la temperatura para el caso de las larvas, no siguieron este comportamiento. La influencia de cada predictor en la respuesta es



presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en las **Figuras 112 y 113**.

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 en la densidad de huevos el área localizada al este de los 70°50'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 los huevos, mientras que temperaturas entre los 16°C y 17°C, tienen un efecto positivo, cabe destacar que temperaturas fuera del intervalo de los 15°C y los 18°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 34,6 y 35,34 psu, favoreciendo la densidad de huevos las aguas con salinidades superiores a las 35 psu (**Figura 112**).

En cuanto a la variable densidad de larvas, en la **Figura 113** se presentan los suavizadores splines cúbicos 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 gradual sobre la densidad de larvas en latitudes inferiores a los 19°20'S.



Nuevamente, el efecto de la funci3n suavizadora para la longitud confirma que el desove de anchoveta es un proceso m1s costero y que longitudes localizadas al este de los 70°35'W ejercen un efecto gradual positivo sobre la densidad de las larvas. En relaci3n a la temperatura, las larvas se distribuyeron entre los 14°C y 20°C donde la funci3n suavizada present3 una alta variabilidad para temperaturas inferiores a los 15°C y superiores a los 18°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 (34,47 – 35,37 psu), ven favorecida su densidad en aguas con salinidades entre las 34,8 y las 34,96 psu (**Figura 113**).

La contribuci3n parcial del factor a1o indica que desde 1994 a 1996 y desde el a1o 2002 a la fecha se tuvo un efecto positivo en la densidad de huevos, registr1ndose la mayor densidad en el a1o 1994. Mientras que los a1os 1993 y 1994 se presentaron como a1os con efectos positivos sobre la densidad de larvas.



### C. Objetivo espec3fico N° 2.3

**Caracterizar los recursos pel3gicos presentes en la zona de estudio, mediante 3ndices de abundancia relativa y de cobertura geogr3fica, en relaci3n a las condiciones bio-oceanogr3ficas.**

### 5. Calibraci3n electroac3stica

Los resultados de las calibraciones electroac3sticas del sistema EK-500 de los B/I Carlos Porter y Abate Molina presentan variaciones inferiores a  $\pm 0,2$  dB confirmando la estabilidad hist3rica de ambos equipos (**Tabla 39**).

#### 5.1 Distribuci3n espacial de los recursos

##### 5.1.1 Total de especies

Las especies detectadas en los cruceros realizados en el a3o 2004 (MOBIO 0406 - Oto3o y MOBIO 0408 – Invierno, fueron anchoveta (*Engraulis ringens*), jurel (*Trachurus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus*). En oto3o se registr3 la presencia de sardina espa3ola, mientras que en invierno adem3s de las especies se3aladas se detectaron pez linterna (*Viciguerria lucetia*), langostino (*Pleuroncodes sp.*) y bacaladillo.

En ambos cruceros, las especies mas frecuentes fueron la anchoveta con el 56,9% de las observaciones ac3sticas en el oto3o y el 83,3% en el invierno y el jurel con el 26,9% en oto3o y el 11,4% en el invierno. Las otras especies detectadas, particularmente en el invierno tuvieron aportes marginales con un 1,8% (pez linterna), 0,9% (caballa) y un 0,4% (langostinos).



En el crucero de invierno, la mayor presencia de especies se concentraron al norte de Antofagasta ( $24^{\circ}00'S$ ) con el 83,2% de las densidades acústicas totales, siendo la anchoveta la especie más abundante con un 73,6%; el jurel con un 5,6% y la caballa con un 0,8%. En este caso, por subzona, se aprecia que entre Arica y Antofagasta, la anchoveta representó el 88,4 % de las densidades acústicas; seguida por el pez linterna (2,2%) jurel (6,7%); caballa (1%) y langostino (0,5%). Entre Antofagasta y Pichidangui, la anchoveta representó el 58,1% y el jurel el 34,9% con un aporte de la caballa de sólo el 0,17%.

### 5.1.2 Anchoveta

El patr3n típico de distribuci3n espacial de la anchoveta en el periodo 96-99 (Braun *et al.*, 1998; 1999) se ha caracterizado por presentar altas concentraciones del recurso en áreas costeras que han aumentado su vinculaci3n con la costa en los periodos primaverales y estivales y una distribuci3n relativamente más oceánica en el invierno y otoño.

En los cruceros analizados en el presente caso, se confirma la distribuci3n más oceánica en invierno, periodo en que se detectó hasta las 100 mn de costa y una localizaci3n relativamente más restringida a la costa en el otoño, alcanzando hasta las 30 mn (**Figura 115**).

Específicamente, en el otoño (MOBIO 0406) esta especie se distribuy3 ampliamente en la franja costera de toda la zona de estudio, llegando hasta las 30 mn de la costa. Desde el sur de Arica hasta Pisagua se registr3 restringida a las primeras 12 mn de la costa, entre Tocopilla y caleta Michilla se apreci3 en las 8 millas de la costa, mientras que a la cuadra de Antofagasta se presentaron las agregaciones más oceánicas (**Figura 116**). Los sectores que se destacan por las mayores agregaciones de anchoveta se localizaron en las cercanías de Arica ( $18^{\circ}30'S$ );





desde el paralelo 19°S (norte de Pisagua) hasta el paralelo 21°10'S (sur de punta Patache); entre el 21°30' (punta Chipana) hasta el 21°50'S, al norte de Mejillones y al sur de Antofagasta.

En el invierno (MOBIO 0408), la anchoveta presentó una distribución espacial oceánica, común para el invierno, aunque no se aprecia claramente la típica forma de cuña con la base en Arica. En el invierno la anchoveta se ubicó principalmente entre Arica y Chañaral (26°20'S) caracterizándose por su amplia distribución, la que llegó hasta las 100 mn de costa, entre Arica y punta Amarilla (24°00'S), diferenciándose notablemente de la localización restringida a las primeras 25 mn de la costa al sur de Taltal (**Figura 115**). Las mayores concentraciones de anchoveta se localizaron en las primeras 8 mn de la costa entre punta Colorada (20°03'S) y caleta Chipana (21°30'S). Otros sectores de mayor agregación se localizaron a 90 mn al oeste de punta Madrid (19°00'S); entre las 50 y 60 mn desde Tocopilla a caleta Gatico; 15 mn de caleta Gatico; en las primeras 5 mn desde punta Arenas (22°40'S) y caleta Hornos (22°57'S). Al sur de punta Amarilla, se detectaron dos sectores de alta concentración en las primeras 5 mn de la costa, ubicados entre punta Grande (25°00'S) y Taltal (25°20'S) y a la cuadra de punta Pan de Azucar (26°07'S).

En el sentido vertical, en los cruceros considerados, la anchoveta se localizó preferentemente en los primeros 20 m de profundidad, con valores medios que fluctuaron entre 18,2 m ( $\pm 0,63$  m) en otoño y 15,9 m ( $\pm 0,52$  m) en invierno (**Figura 116; Tabla 40**). En otoño el 61,6% de los ecotrazos estuvieron entre 10 y 20 m y el 33,6% entre los 21 y 30 metros. Las densidades acústicas relativamente altas ( $>5.000 \text{ m}^2/\text{mn}^2$ ) se presentaron entre los 10 y 25 metros. En invierno entre Arica y Antofagasta se concentró más del 95% de los cardúmenes entre los 6,5 y 37,5 m (**Tabla 40; Figura 116**). Al sur de punta Amarilla la anchoveta se localizó en profundidades levemente mayores, con promedio de 19 m y extremos entre 8 y



81 m, las mayores agregaciones (> 85%) se localizaron en el estrato 10-20 m, coincidiendo con las mayores densidades acústicas (> 5.000):

Las temperaturas promedio en que se localizó la anchoveta en otoño fue de 15,3°C ( $\pm 0,13^\circ\text{C}$ ) (**Figura 117; Tabla 40**), variando entre 13,6 y 18,0°C, presentándose el 45,2% de los ecotrazos entre 14 y 15°C y el 21,5% entre los 15,0 y 16°C. Las mayores densidades acústicas (>5.000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) tendieron a localizarse entre los 14° y 15°C. En invierno la isoterma promedio en la zona Arica-Antofagasta fue de 15,47°C ( $\pm 0,15^\circ\text{C}$ ) y extremos entre 12,9 y 18,6°C, disminuyendo al sur de Antofagasta a promedio de 14,49°C (mín 12,6 y máx 15,98°C). En ese caso el número de agregaciones que se distribuyeron respecto a la temperatura presentó dos grupos modales al norte de Antofagasta, centradas en 15°C (29%) y 17°C (26%). Entre Antofagasta y Pichidangui más del 85% de las agregaciones se localizaron entre los 14 y 16° C (**Figura 117**).

Las salinidades límites de la distribución vertical en el otoño variaron entre 34,53 y 35,05 psu, con una media de 34,77 psu, registrándose el 83,6% de los ecotrazos entre 34,5 y 34,9 psu (**Figura 118**). En el invierno las salinidades promedio de la distribución vertical fueron de 34,834 psu (mín 34,453 y máx 35,096 psu) entre Arica y Antofagasta, registrándose el 83% de los cardúmenes entre 34,8y 35,0 psu (**Figura 118**). Las salinidades promedio típicas en que se distribuye la anchoveta han sido históricamente estables, con leves diferencias estacionales, variando entre 34,6 y 34,8 en otoño-invierno. Los datos atípicos, se presentaron durante todo 1997 hasta el invierno de 1998, con aumentos en los promedios, los que se ubicaron entre 34,9 en los otoños de 1997 y 1998. Los rangos son levemente más estrechos en el invierno, que con las excepción de 1997, se ubican entre 34,3 y 35,2 psu. En los dos cruceros analizados, las salinidades promedio se encuentran dentro del rango histórico, observándose en invierno un leve incremento del límite inferior, respecto a los valores históricos y una reducción en relación al invierno de



2003, mientras que el l3mite superior fue semejante al registrado en los inviernos de 2002 y 2003 (**Tablas 117 y 118**). Al sur de Antofagasta, las salinidades tendieron a ser levemente inferiores, con un promedio de 34,558 psu (m3n 34,195 y m3x 34,777 psu), concentr3ndose el 86% de las agregaciones entre 34,5 y 34,6 psu (**Tabla 40, Figura 118**).

Como ya es t3pico en esta especie, en ambos cruceros el mayor n3mero de card3menes se registraron durante las horas de luz diurna (6 -18 hrs). En oto3o se apreci3 la mayor presencia de ecotrazos entre las 09:00 y las 18:00 horas, pero las mayores densidades ac3sticas se registraron entre las 3:00 y las 6:00 am (**Figura 119**), esta situaci3n es similar a la encontrada en el crucero de oto3o del a3o 2003, y que difiere de oportunidades anteriores en que ha habido una escasa presencia de registros nocturnos de esta especie. En invierno tambi3n se aprecia que las mayores densidades se registraron en horas de la madrugada, anteriores a las 6 hrs.

### 5.1.3 Jurel

En t3rminos generales, desde 1996 al 2002 el jurel en la zona Arica-Antofagasta se ha presentado en bajas densidades, tendiendo a aumentar su concentraci3n en las cercan3as de la costa en oto3o y ocasionalmente en primavera y ocupando una mayor cobertura espacial en el invierno. En el periodo analizado en el presente caso (oto3o e invierno de 2004), el jurel responde a este patr3n general de distribuci3n con mayores densidades en oto3o y un incremento de la cobertura espacial en el invierno (**Figura 120**).

Espec3ficamente en el oto3o el jurel se detect3 en pr3cticamente toda la zona de estudio, llegando hasta el l3mite sur de la prospecci3n (24°00'S), mientras que longitudinalmente se registr3 entre la costa y las 90 millas, caracteriz3ndose por



densidades bajas e intermedias y algunas agregaciones aisladas de densidad mayor. Estos sectores de concentraci3n relativamente mayor estuvieron ubicadas a 90 mn al oeste de la latitud 19°00'S; entre las 30 y 40 mn al sur de Iquique y en el sector costero entre caleta Michilla y Mejillones.

En el invierno, esta especie se detect3 en pr3cticamente toda la zona de estudio, llegando hasta caleta Bascuñan (28°50'S), mientras que longitudinalmente se registr3 hasta 100 mn de la costa, caracteriz3ndose por sus bajas densidades y algunas agregaciones aisladas de densidad media (**Figura 120**). A 85 mn al oeste de punta Chungungo (29°24'S) se registr3 un sector de mayor extensi3n y densidad media de jurel.

La profundidad promedio de la distribuci3n vertical del jurel fue similar en ambos cruceros variando entre 26,8 ( $\pm 0,51$  m) en otoño y 26,5 m ( $\pm 0,53$  m) en invierno (**Tabla 40, Figura 116**). En otoño, el 45,5% de los ecotrazos se ubicaron entre los 20 y 30 m de profundidad, mientras que en invierno en la Zona Arica - Antofagasta las mayores frecuencias de las agregaciones (92%) estuvieron en el estrato 20-40 m (**Tabla 40; Figura 116**).

Estas distribuciones estacionales estuvieron asociadas en ambos cruceros a isotermas promedio de 15,6 °C con extremos entre 13,1 y 18,0 °C en el otoño y entre 12,3° C y 18,4° C para el invierno (**Figura 117**).

La salinidad promedio en otoño fue de 34,775 psu con l3mites entre 34,45 y 35,05 psu, la moda principal (29,8%) se apreci3 entre 34,7 y 34,8 psu. En invierno las salinidad promedio fue de 34,876 psu (m3n 34,446; m3x 35,089 psu), apreci3ndose que el 76% de los card3menes se ubicaron entre 34,8 y 35,1 psu (**Figura 118**).



El mayor número de ecotrazos (66,1%) se detectó en horas de luz diurna. No obstante lo anterior, las mayores densidades acústicas se presentaron entre las 22:00 y 00:30 horas (**Figura 119**).

#### 5.1.4 Caballa

En ambos cruceros la caballa se presentó en forma escasa y esporádica. En otoño se registró en sólo cinco focos de baja densidad frente a Arica, al sur de Iquique, punta Patache y Tocopilla, presentó una distribución longitudinal intermedia alcanzando las 60 milla náutica de la costa frente a Arica (**Figura 121**), mientras que en invierno esta especie se presentó en bajas densidades entre la costa y las 45 mn al norte de Antofagasta, estando virtualmente ausente al sur de dicho límite.

La profundidad promedio de la caballa fue similar en ambos cruceros variando entre 20,3 m (con extremos de 9,5 y 23,3 m) y 19,9 m (extremos de 8,5 y 44,0 m) en otoño e invierno, respectivamente. Esta distribución vertical estuvo asociada a isotermas promedio de 16,2°C (variando entre 14 y 18°C) en otoño y 15,12°C (variando entre 12,35 y 18,1°C) en invierno. Las salinidades promedio en otoño fueron de 34,892 psu (34,74 - 35,029 psu) y en invierno alcanzó a 34,793 psu (34,453 - 35,080 psu).

#### 5.1.5 Sardina española

Esta especie sólo se registró en el otoño en tres focos aislados, dos se ubicaron cerca de la costa uno al sur Iquique y el otro al norte de Mejillones, el tercer foco se situó al sur de punta Patache a 30 mn al oeste de la costa (**Figura 122**).

Batimétricamente esta especie se registró entre los 15 y 21 m, en temperatura de 14,5° y 18°C asociado a las isotermas entre 14,2° y 17,9° y salinidades entre 34,6



y 35,1 psu. El 50% de la densidad acústica se reportó en una temperatura preferencial entre los 14° y 15°C y el 62,5% en una salinidad entre de 34,6 y 35,05 psu (**Tabla 40**). Esta especie fue detectada entre las 22:00 horas y las 02:00 horas, apreciándose también presencia desde las 9:00 a las 11:00 horas.

#### 5.1.6 Pez linterna

El pez linterna se detectó en ambos cruceros, en sectores oceánicos, siendo más frecuente y con mayor cobertura en el invierno. Esta especie se presentó en focos aislados de densidad media y baja ubicados entre las 15 y 50 mn desde Arica hasta punta Blanca (22° 10'S) (**Figura 122**).

Verticalmente esta especie presentó una amplia distribución variando entre 18 y 236 m, con promedio de 83,4 m (**Tabla 40**). Esta distribución vertical estuvo asociada a las isotermas entre 11,2 y 17,6° C (media 14,3°C), Las salinidades que limitaron esta distribución vertical fluctuaron entre 34,496 y 35,060 psu con una media de 34,846 psu valor que coincide con las preferencias registradas en anteriores oportunidades.

Históricamente este pez ha registrado los mayores densidades acústicas promedio en invierno (3.488,8±114,04) y primavera (3.300,2±48,57), reduciéndose de manera importante en otoño (315,0±18,17) y verano (930,3±74,49) (**Tabla 41**).

#### 5.1.7 Langostino (*Pleuroncodes* sp)

Esta especie se detectó en otoño e invierno siendo levemente mas frecuente en invierno, donde se presentó en focos aislados de densidad media y baja ubicados entre las 15 y 50 mn desde Arica hasta punta Blanca (22°10'S). Verticalmente esta especie presentó una amplia distribución variando entre 18 y 236 m, con



promedio de 83,4 m (**Tabla 40**). Esta distribuci3n vertical estuvo asociada a las isotermas entre 11,2 y 17,6°C (media 14,3°C), Las salinidades que limitaron esta distribuci3n vertical fluctuaron entre 34,496 y 35,060 psu con una media de 34,846 psu valor que coincide con las preferencias registradas en anteriores oportunidades.

## **5.2 Distribuci3n batim3trica estacional de anchoveta y jurel respecto a las variables hidrogr3ficas. Per3odo 1996-2004**

### **5.2.1 Batimetr3a**

Las profundidades medias en las que se ha distribuido la anchoveta en el periodo 1994-2003, exceptuando el a3o 1997 en oto3o, invierno y primavera y y 1998 en verano, han sido de 19,5 m ( $\pm 7,5$  m) en oto3o; 17,0 m ( $\pm 3,27$  m) en invierno; 14,5 m ( $\pm 5,45$  m) en primavera y 12,83 m ( $\pm 2,19$  m) en verano (**Tabla 41; Figura 123**). El Ni3o 1997-98 afect3 a la profundizaci3n de la anchoveta, detect3ndose en el invierno y primavera de 1997 con valores promedio de 31,36 m ( $\pm 7,96$  m) y 50,82 m ( $\pm 7,91$  m), respectivamente, alcanzando el m3ximo valor promedio en el verano de 1998 con 58,25 m ( $\pm 5,94$  m) y oto3o con 51,54 m  $\pm 6,33$  m. En el invierno y primavera de 1998 las profundidades medias empezaron a disminuir siendo de 15 y 8,5 m, respectivamente. La mayor profundizaci3n de esta especie fue m3s notable en los l3mites m3ximos de los rangos, puesto que en 1997 aument3 desde 73,0 m en el oto3o a 109,0 m en invierno y 117 m en primavera. Durante el verano de 1998 se registraron las mayores profundidades de esta especie, siendo de 130 m, volviendo paulatinamente a niveles normales en las estaciones posteriores, con 93,0 m en oto3o, 52,0 m en invierno y 59,0 m en primavera.

En el oto3o e invierno de 2004, la anchoveta se distribuy3 en profundidades entre 1,3 y 1,1m inferiores que los valores hist3ricos (**Tablas 40 y 41**), manteni3ndose la



tendencia del recurso a localizarse en estratos levemente m1s someros respecto a los valores hist3ricos detectada durante el 2003.

En el caso del jurel, las profundidades en periodos "normales" han fluctuado entre 52,7 m ( $\pm 8,1$  m) en oto1o; 24,9 m ( $\pm 4,06$  m) en invierno; 30,2 m ( $\pm 9,54$  m) en primavera y 21,3 m ( $\pm 7,85$  m) en verano (**Figura 123, Tabla 41**). Sin embargo los l3mites superiores del rango son mayores en primavera, variando entre 6,5 y 59,5 m en verano, 5 y 48,5 en oto1o, 5 y 40,5 en invierno y 7 a 144 en primavera. El Ni1o 1997-98, tambi3n afect3 la distribuci3n batim3trica de esta especie, not1ndose, al igual que en anchoveta, a partir del invierno y primavera de 1997, con un aumento en las profundidades medias, las que variaron entre 69,2 m ( $\pm 10,05$  m) y 81,9 m ( $\pm 7,8$  m) en dichas estaciones llegando a un m1ximo de 135,7 m ( $\pm 3,98$  m) en el oto1o de 1998. Este cambio fue m1s notorio en los l3mites m1ximos de los rangos de profundidad, puesto que durante 1997 se registr3 en niveles cercanos a los 143 m (oto1o e invierno) y 184,5 m en la primavera alcanzando un m1ximo hist3rico de 233 m en el oto1o de 1998.

Las profundidades de jurel registradas en el oto1o de 2004 (26,8 m) fueron notoriamente menores que el valor hist3rico (52,71 m) excluyendo el evento El Ni1o, mientras que en el invierno del 2004 (26,5 m) se verifica una leve profundizaci3n del recurso de 1,54 m respecto a la serie hist3rica (24,9 m).

### 5.2.2 Temperatura

Las temperaturas promedio de anchoveta, en periodos normales, presentan una leve estacionalidad, siendo menores en invierno, con un promedio de 15,2°C ( $+1,42^\circ\text{C}$ ) (**Figura 124; Tabla 41**) con rangos entre 13,0 y 18,2°C mientras que en verano, oto1o y primavera los promedios fueron 16,8 ( $+3,02^\circ\text{C}$ ), 16,2 ( $+2,49^\circ\text{C}$ ) y 16,1°C ( $+0,27^\circ\text{C}$ ), respectivamente con rangos entre 12,9 y 25,5°C. El Ni1o 1997-





98 increment3 las temperaturas promedio de distribuci3n de la anchoveta, en invierno y primavera de 1997 en alrededor de 2,7°C (17,9°C en invierno y 18,7°C en primavera); 0,82°C en verano (17,7°C) y 0,46°C en el otoño (15,7°C) (**Tabla 41**). Llama la atenci3n el brusco cambio que se aprecia en las temperaturas registradas en los veranos del periodo previo al 2001, en que el promedio fue de 18,2°C ( $\pm 2,71^\circ\text{C}$ ) y a partir del 2002 en que el promedio fue de 15,1°C ( $\pm 1,57^\circ\text{C}$ ) (**Figura 124**).

Las temperaturas en que se registr3 la anchoveta en el otoño del 2004 fue 0,6° C menor que la serie hist3rica, mientras que en el invierno del 2004 se registr3 en temperaturas promedio 0,22° C mayor que el valor hist3rico (**Tablas 40 y 41**).

En el caso del jurel, las temperaturas promedio son levemente mayores en el verano, con un promedio de 17,2°C ( $\pm 3,29^\circ\text{C}$ ), variando entre 15,6°C y 21°C (**Figura 124**), mientras que en las otras estaciones, exceptuando la primavera de 1997 y el otoño de 1998, el promedio fluctúa entre 15,05°C en otoño y 15,9°C en primavera. Las excepciones se producen debido a que en la primavera de 1997 los valores medios fueron mayores que la tendencia, registrando 18°C ( $\pm 3,0^\circ\text{C}$ ), incrementándose a 21°C ( $\pm 2,93^\circ\text{C}$ ) en el verano de 1998, disminuyendo a 13°C en el otoño ( $\pm 2,04^\circ\text{C}$ ), situaci3n similar a la observada en la misma estaci3n del 2002, en que se presenta una reducci3n relativa a 14,7°C.

Los l3mites extremos de las temperaturas en que se distribuy3 el jurel son m3s amplios en los veranos otoños y primaveras, variando desde 12,8 a 25,2°C ; 12,5 a 20,7°C y entre 12,1 y 21°C, respectivamente, en comparaci3n a los inviernos en que son notablemente m3s estrechos con valores entre 12,1 y 18,3°C. En este caso El Niño 1997-98 se manifest3 en los promedios con un aumento en la primavera de 1997 (23,3°C), una disminuci3n en el otoño de 1998 (13°C) y una ampliaci3n del rango en esas dos estaciones.



En este caso, al igual que en anchoveta se aprecia un brusco cambio de las condiciones t3rmicas de distribuci3n del jurel en el verano en el periodo previo al 2001, con un promedio de 18,9°C ( $\pm 3,54^\circ\text{C}$ ) y posterior al 2002 con una media de 16,1°C ( $\pm 2,77^\circ\text{C}$ ) (**Figura 124**).

Las temperaturas medias del otoño e invierno de 2004 de esta especie fueron 0,2°C mayor que los valores hist3ricos de ambas estaciones.

### 5.2.3 Salinidad

Las salinidades promedio t3picas en que se distribuye la anchoveta presenta las mayores diferencias entre el invierno ( $34,808 \pm 0,17$  psu) y el verano ( $34,700 \pm 0,23$  psu) (0,108 psu), existiendo leves desviaciones ( $< 0,06$  psu) entre otoño ( $34,748 \pm 0,33$  psu), primavera ( $34,762 \pm 0,27$  psu) y el verano (**Tabla 41**). Los datos at3picos, se presentaron durante todo 1997 hasta el invierno de 1998, con aumentos en los promedios, los que se ubicaron entre 34,9 en los otoños de 1997 y 1998, llegando a un m3ximo de 35,2 psu en la primavera de 1997 (**Figura 125**). Los rangos son levemente m3s estrechos en el invierno, que con las excepciones ya indicadas, se ubican entre 34,3 y 35,2 psu, mientras que en los periodos excepcionales los rangos estuvieron entre 34,6 y 35,6 psu, siendo mayores en el otoño e invierno de 1998. Es interesante destacar que en los veranos posteriores a 1999 las salinidades presentan la tendencia a aumentar discreta y sostenidamente variando entre 34,618 psu en 1999 y 34,814 psu en 2004.

En el otoño e invierno de 2004 las salinidades en que se localiz3 la anchoveta son comparables a los valores hist3ricos.



El jurel tambi3n presenta leves diferencias estacionales en las salinidades promedio siendo entre 34,4 y 34,8 para oto3o-invierno y 34,5 a 34,7 psu en primavera-verano (**Figura 125, Tabla 41**). En este caso, los efectos de El Ni3o 1997-98 se manifestaron en un aumento del promedio en la primavera de 1997 (35,2 psu) y un amplio rango en el invierno de 1997 (34,3-35,2 psu) y oto3o de 1998 (34,5-35,7 psu).

El verano de 2004 presenta las mayores diferencias en las salinidades respecto al promedio hist3rico, siendo 0,114 psu mayor. En las otras estaciones se registran diferencias dentro de un rango de variaci3n de  $\pm 0,04$ psu.

En el presente caso, en ambas estaciones se aprecian diferencias levemente mayores que los valores hist3ricos.

### 5.3 Indices de Cobertura y Densidad

Los 3ndices de Cobertura (IC) de anchoveta, jurel, caballa y sardina espa3ola en el crucero MOBIO 0406 (junio 2004) fueron de 11,04%, 5,21%, 0,42% y 0,33% respectivamente (**Tabla 42**).

En invierno en la zona Arica-Antofagasta, el IC de anchoveta, jurel y caballa fue 25,65, 4,87 y 1,02%, respectivamente (**Tabla 42**). Entre Antofagasta y Pichidangui, el IC para las tres especies disminuy3, siendo de 2,29; 6,81; y 0,16%

Los 3ndices de densidad (ID) ( $t/mn^2$ ) en el oto3o para anchoveta y jurel alcanzaron a 467,1  $t/mn^2$  y 301,7  $t/mn^2$ , respectivamente; mientras que la sardina espa3ola registr3 un ID de s3lo 55,1  $t/mn^2$  y la caballa de 121,7  $t/mn^2$ . En invierno de 2004 para la zona comprendida entre Arica y Antofagasta, el ID fue de 282,88 (anchoveta); 36,36 (jurel) y 43,38  $t/mn^2$  (caballa). Entre Antofagasta y Pichidangui,



el ID para las tres especies, presentó incrementos relativos, lo que agregado a la reducción del IC demuestra un mayor grado de agregación de los recursos, siendo de 495,06 (anchoveta); 67,32 (jurel) y 14,91 t/mn<sup>2</sup> (caballa).

La evolución histórica interestacional de los índices de cobertura (IC) de anchoveta en el periodo 1996-2004, presenta tres etapas (**Figura 126**):

- entre los inviernos de 1996 y 1997 caracterizado por su relativa estabilidad en sus valores variando entre 11 y 18,1%;
- entre el verano y primavera de 1998 en que se presenta un periodo de crecimiento alcanzando hasta un máximo de 47,3% en el otoño de 1998 y,
- una caída a valores de 1,8 % en 1999 y una recuperación lenta y sostenida a partir del invierno de 2000 hasta alcanzar un máximo relativo en la primavera de aquel año (MOBIO 0212) con 16.67%.

Históricamente los más altos valores de los IC de anchoveta se han registrado en los periodos de primavera-verano, siendo particularmente notoria en el otoño de 1998 (9803) en que se registra el IC más alto de la serie con un valor cercano al 49% y en la primavera de 1998 (9812) con un IC levemente superior al 30%. Las primaveras del 2000, 2001 y 2002 también presentan valores relativamente altos de IC junto con el verano del año 2000 (0002). Sin embargo es notable el incremento en el IC en el invierno de 1997, con un valor cercano al 20%, asociado a las alteraciones producidas por El Niño 1997-98. Este índice se mantuvo alto en todo el período que estuvo presente El Niño 1997-98 (primavera 1997 y verano-otoño 1998). En el invierno de 2004 se verifica un incremento del IC del 50,5% respecto a la misma estación del año 2002 y del 61% en relación al 2003 (**Figura 127**). En este caso, el incremento relativo del IC de invierno aparentemente no se



explica en alteraciones ambientales, pudiendo asociarse a una tendencia positiva presente en los inviernos a partir del a1o 2002.

Los IC de jurel en el periodo 1996-2003 presentan dos etapas:

- la primera registrada antes del invierno de 1998 (1996-98), en que los IC se caracterizaron por una fuerte inestabilidad entre los distintos cruceros, con valores m1ximos que alcanzaron el 25,3% (MOBIO 9805 FII) 3 19,7% (MOBIO 9708) y m1nimos del 2,5% (MOBIO 9705); 1,6% (MOBIO 9895 I) y 1,2% (MOBIO 9808) y
- una segunda que se registr3 a partir del invierno de 1999 (MOBIO 9909) en que los IC se han caracterizado por la desaparici3n de los valores mas altos presentes en la etapa anterior, variando entre 0,8 y 12,3%

El IC de jurel obtenidos en el oto1o, mostraron una tendencia positiva, quebrando la tendencia negativa iniciada en oto1o del a1o 2002, siendo el valor mayor de la serie desde el a1o 2001. El IC del jurel del invierno de 2004 (4,87%) es comparable al valor obtenido en el invierno de 2003 (4,07%) e inferior al registrado en los inviernos de 2002 (MOBIO 0209) (8,3%) y 2001 (MOBIO 0109) (5,1%) (**Figura 126**) y representa un incremento mayor a un 80,5% respecto a los registrados en el periodo 1998-2000. Este valor se redujo en un 6,3% respecto al oto1o de 2003 (MOBIO 0406) (5,2%) e increment3 en un 32,2% respecto al verano de 2003 (MOBIO 0403) (3,3%).

Los 1ndices de densidad (ID) de anchoveta tambi3n presentan tres periodos (**Figura 127**):



- Entre el invierno de 1996 hasta la primavera de 1998, con valores que fluctuaron entre 105,7 y 191,2 t/mn<sup>2</sup> con m3nimos de 46,8 t/mn<sup>2</sup> (MOBIO 9803), 82,6 t/mn<sup>2</sup> (MOBIO 9708) y 54,2 t/mn<sup>2</sup> (MOBIO 9808).
- A partir del otoño de 1999 (MOBIO 9905) y hasta el otoño de 2001 (MOBIO 0105) se registraron los valores m3s altos en los ID variando entre 415,5 t/mn<sup>2</sup> y 662,6 t/mn<sup>2</sup>, con un m3nimo en la primavera de 2000 (MOBIO 0009) en que se registr3 un ID de 66,7 t/mn<sup>2</sup>.
- Entre el invierno de 2001 (MOBIO 0109) y el invierno de 2002 (MOBIO 0209) se aprecia un periodo de estabilidad en este indicador, fluctuando entre 179,3 t/mn<sup>2</sup> y 230 t/mn<sup>2</sup>. En el verano de 2003 (MOBIO 0302), se vuelve a registrar un incremento en el ID, alcanzando un valor de 375,1 t/mn<sup>2</sup> que con la excepci3n de la situaci3n registrada en el otoño de 2003 (Mobio 0305) se puede distinguir un periodo de crecimiento en el ID.

En el invierno el ID de anchoveta representa una disminuci3n del 12,8% respecto al mismo periodo de 2003 (324,4 t/mn<sup>2</sup>), constituy3ndose ambos valores en los mayores de la serie, siendo un 32,1% y 29,6% mayor que los inviernos de 2001 (MOBIO 0109) (192,0 t/mn<sup>2</sup>) y de 2002 (MOBIO 0209) (199,1 t/mn<sup>2</sup>) (**Figura 127**). Este 3ndice se redujo en un 39,4% respecto al otoño de 2004 (MOBIO 0406) (467,1 t/mn<sup>2</sup>) y se increment3 en un 12,9% en relaci3n al verano de 2004 (246,5 t/mn<sup>2</sup>).

El ID de jurel registrado desde 1996, presenta cuatro etapas:

- La primera entre 1996 y el invierno de 1998 (MOBIO 9808) en que sus valores variaron entre 8,9 y 52,1 t/m<sup>2</sup>, con un m3ximo de 110,7 t/m<sup>2</sup>;



- La segunda se present3 entre el invierno de 1999 (MOBIO 9909) y el otoño de 2000 (MOBIO 0005) con ID entre 213,4 y 683,4 t/mn<sup>2</sup>,
- La tercera etapa se present3 entre los inviernos de 2000 y 2001 con ID que fluctuaron entre 80,2 y 195,4 t/mn<sup>2</sup>,
- Una cuarta etapa que se presenta a partir de la primavera de 2001 (MOBIO 0112), que se caracteriza por una tendencia decreciente en los ID, variando entre 124,6 t/mn<sup>2</sup> en la primavera de 2001 y 50,0 t/mn<sup>2</sup> en la primavera de 2002 (MOBIO 0212).

El ID del jurel para la estaci3n de invierno presenta una reducci3n del 70,5% respecto al invierno de 2003 (123,3 t/mn<sup>2</sup>), el que a su vez correspondi3 al valor mas alto de los 3 inviernos anteriores (2001-MOBIO 0109) (67,9 t/mn<sup>2</sup>) y 2002-(MOBIO 0209) (65,8 t/mn<sup>2</sup>) y represent3 el valor mayor de la serie estacional desde el verano de 2002 (MOBIO 0202) (**Figs. 126 y 127**).



#### **D. Objetivo espec3fico N° 2.4**

**Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual de las variables se±aladas en los objetivos 2.1 y 2.2, con observaciones realizadas en, a lo menos 3 estaciones costeras dentro de la zona de estudio**

#### **6. Estaciones costeras de vigilancia**

##### **6.1 Temperatura, salinidad y concentraci3n de ox3geno disuelto en estaciones costeras de monitoreo.**

##### **6.1.1 Temperatura**

En la estaci3n de Arica, el m3ximo de TSM observado se registr3 en el mes de enero con 20,6°C, disminuyendo gradualmente hasta el m3nimo del mes de agosto de 15,09°C. Luego de este m3nimo de TSM, los valores aumentaron nuevamente en forma gradual hasta el mes de diciembre donde lleg3 a un valor observado de 19,95°C. Los m3ximos espesores y gradientes t3rmicos de la termoclina se registraron en los per3odos estacionales extremos de la serie, que son verano y primavera. La isoterma de 15°C se ubic3 en forma constante en los 10 m entre enero y junio, sin embargo ascendió notoriamente en el mes de agosto, evidenciando los menores valores de temperatura de todo el per3odo enero-diciembre 2004. El mes de octubre registr3 un aumento relativo de la temperatura en la vertical, lo que es mostrado por el hundimiento de la isoterma de 15°C que lleg3 nuevamente al nivel de 10 m, condici3n que se repiti3 nuevamente en diciembre. En todo el per3odo se±alado, valores menores a 13°C s3lo se registraron en los meses de agosto y noviembre, se±alando con ello en esta localidad las menores temperaturas en el nivel de m3xima profundidad de 50 metros.





La estación de Iquique mostró una distribución de temperatura vertical distinta a la registrada en Arica. Esta diferencia se observó principalmente en las TSM de enero a marzo que no tienen el máximo observado para el periodo, siendo en esta oportunidad el mes de diciembre siguiente el que lo registró, siendo éste de 19,36°C. Asimismo, la isoterma de 15°C se ubicó mas arriba en la vertical durante el verano, la cual estuvo en un mínimo de 6 m en marzo, en tanto que el máximo de 18 m se marcó en enero, hacia diciembre la isoterma llegó hasta los 16 m, En el caso de las TSM máximas de verano, el mayor valor se registró en enero y fue de 17,9°C. Otra diferencia es que a nivel subsuperficial se observó una menor variabilidad térmica a través de la profundidad de la isoterma de 14°C, la que es más constante en el período de análisis. Asimismo, en esta estación no se registraron temperaturas inferiores a 13°C en el nivel más profundo, en ninguno de los meses. Junio fue, en esta oportunidad el mes de las menores temperaturas en la columna de agua, al menos hasta los 20 primeros metros. En este mes la TSM llegó solo a 15,11°C mientras que a 20 m el valor de temperatura fue de 14,26°C.

Mejillones registró el máximo de TSM en el mes de febrero, el cual fue de 21,07°C, sin embargo, el nivel más profundo de la isoterma de 15°C se alcanzó en marzo con 10 m, registrando su nivel más somero en el mes de julio con sólo 2 m de profundidad, producto de la menor TSM del período que fue de 15,08°C. En los meses de noviembre y diciembre esta estación comenzó un calentamiento notorio en superficie, en relación al período de invierno, en el cual se alcanzó valores de 17,4°C en los dos meses señalados, sin embargo la isoterma de 15°C se ubicó muy somera, sólo en los 5 m de profundidad, similar al nivel de la isoterma de 14°C. En general, bajo los 10 m de profundidad, las dos ocasiones de mayor temperatura en la vertical son marzo y junio, lo que es señalado por el hundimiento de la isoterma de 14°C. Por otro lado, los meses de agosto y noviembre son los que registraron los mínimos valores en el nivel de 50 m, con 12,95°C.



### 6.1.2 Salinidad

En la estaci3n de Arica en el per3odo de enero-diciembre 2004, la variable salinidad registr3 las menores salinidades en superficie (SSM) en las observaciones del per3odo de verano y primavera. El m3nimo superficial fue de 34,7 psu en enero, mientras que en diciembre el valor medido fue de 34,72 psu. Las m3ximas superficiales se presentaron en el periodo estacional de invierno, con 34,87 psu, en los meses de agosto y septiembre. Las menores variaciones de salinidad en la vertical se dieron los meses de mayo a octubre, en donde esta variable estuvo preferentemente en el rango de 34,8 a 34,9 psu. Las mayores salinidades a nivel subsuperficial se dieron principalmente en el mes de marzo, pues bajo el nivel de 20 m las salinidades estuvieron en el rango de 34,9 a 34,94 psu. Valores mayores a 34,9 psu se dieron tambi3n en julio y septiembre, pero en forma muy aislada lo que no caracteriza el mes.

La estaci3n Iquique se caracteriz3 principalmente por registrar un rango mucho mas estrecho de salinidades que el observado en Arica. En este caso las salinidades estuvieron en el rango de 34,73 a 34,90 psu, pero con la mayor3a de las observaciones en el rango menor de 34,80 a 34,9 psu. En este caso, es notable la baja variaci3n temporal y vertical de la salinidad a lo largo de la serie enero-diciembre 2004.

La estaci3n de Mejillones se destaca en la distribuci3n de salinidad por registrar los valores m3s bajos de la serie en comparaci3n con las otras dos estaciones fijas, valores que se encuentran tanto en sentido temporal como vertical. Al respecto, el rango total de valores para este periodo de an3lisis fue de 34,54 a 34,89 psu. Los valores m3s bajos de esta variable, 34,5 a 34,7 psu, se registraron siempre en la capa superficial y espec3ficamente en los meses de enero y febrero y desde mayo a julio. Las salinidades m3s altas se ubicaron bajo el nivel de 20 m,



formando una capa de agua que tuvo una menor variación que la capa de superficie, con valores de 34,8 a 34,9 psu en los meses de verano, en agosto y septiembre y también en noviembre-diciembre. Los dos últimos meses del año tuvieron una distribución de salinidad que fue muy similar, registrando una variación en la vertical de 34,76 en superficie a 34,88 psu en el fondo.

### **6.1.3 Distribución de Oxígeno Disuelto**

En la estación de Arica, el oxígeno disuelto (OD) durante el período enero - diciembre de 2004, presentó en general una capa superficial bien oxigenada u óxica ( $> 5$  mL/L), con un espesor que pocas veces excedió los 5 m de profundidad, mientras que a nivel subsuperficial, el límite superior de la capa de mínimo OD (LSCMOD) en este período fluctuó entre los 10 y 30 m. Los valores superficiales normalmente superaron los 6 mL/L, llegando a valores  $> 8$  mL/L en los meses de enero, marzo y abril; mientras que, en el otro sentido las isolíneas subóxicas ascendieron hasta la superficie en los meses mayo y agosto, registrándose valores de 3,9 y 2,1 mL/L respectivamente. En julio el LSCMOD registro el nivel más profundo del período estudiado,  $> 20$  m de profundidad.

En la estación de Iquique, el OD presentó una inconstante capa óxica en el período enero – diciembre. En enero, la capa óxica abarcó sólo los primeros metros de la columna muestreada, con una concentración superficial que superó los 7 mL/L, valor que fue disminuyendo hacia marzo cuando las isolíneas subóxicas interceptaron la superficie midiéndose un valor de 2,8 mL/L, valor que subió paulatinamente hasta 5,4 mL/L en el mes de mayo. En junio la concentración volvió a disminuir a  $< 5$  mL/L. En julio la capa óxica tuvo un espesor de 5 m, lo que desaparece al mes siguiente cuando la concentración máxima en superficie fue de 4,7 mL/L. Desde septiembre a diciembre, la capa óxica se mantuvo con un espesor variable, con un máximo de 5 m y concentraciones que superaron los 6 mL/L. El LSCMOD fluctuó entre  $< 5$  m y



> 50 m, registrándose el menor nivel en marzo, coincidiendo con el valor superficial más bajo del período, en tanto que, el nivel más profundo se registró en el mes de julio, un segundo descenso en el nivel de profundidad del LSCMOD se observó en septiembre (< 50 m), lo que coincidió con valores superficiales que superaron los 7 mL/L.

En la estación de Mejillones, la distribución de OD presentó capa óxica en casi todo el período enero – diciembre de 2004. Desde enero a marzo la capa óxica presentó altos valores los que superaron los > 6 mL/L. Esta capa además sobrepasó los 5 m de espesor en los dos primeros meses. En abril los valores subóxicos alcanzaron la superficie, midiéndose una concentración de 4,4 mL/L. En mayo la concentración de OD superficial fue superior a 7 mL/L, sin embargo en junio descendió a 4,7 mL/L. Entre julio y diciembre la capa óxica se mantuvo con espesores que en general se mantuvieron en los primeros metros de la columna, la excepción fue en julio, cuando ésta superó los 10 m de profundidad. El LSCMOD fluctuó entre < 10 m en abril lo que coincide con el valor más bajo de OD superficial, y > 50 m en los meses de marzo, junio y julio, coincidiendo con concentraciones superficiales < 5 mL/L en el mes de junio y con un valor > 6 mL/L en el mes de julio.

#### **6.1.4 Clorofila**

En la estación de Arica, la distribución de clorofila a (cloa) presentó capa eutrófica (> 1 µg/L) en casi todo el período comprendido entre enero y diciembre de 2004, observándose varios núcleos de muy altas concentraciones pigmentarias. A comienzo de año, el bloom de verano alcanzó concentraciones que superaron los 11 µg/L, llegando a su máximo en el mes de febrero con un núcleo de 5 m de espesor donde la cloa superó los 15 µg/L. En marzo las concentraciones disminuyeron drásticamente con respecto al mes anterior



mediéndose valores superiores a  $1\mu\text{g/L}$ . En abril se desarrolló un nuevo bloom que alcanzó la mayor concentración del período;  $31,1\mu\text{g/L}$ . En mayo la concentración de cloa disminuyó a  $3\mu\text{g/L}$ , y en el mes de junio aumentó bruscamente registrándose una capa de 5 m con valores  $> 20\mu\text{g/L}$ . Posteriormente, en el mes de agosto, las concentraciones decrecieron hasta valores mesotróficos, siendo este el mes más pobre del período. Desde septiembre a noviembre el núcleo productivo mantuvo concentraciones que superaron los  $9\mu\text{g/L}$ , en tanto que en diciembre el valor más alto de la columna fue levemente mayor a  $2\mu\text{g/L}$ .

En la estación de Iquique, se observó la presencia de la capa eutrófica durante todo el período enero - diciembre 2004. En los dos primeros meses se mantuvo un núcleo de concentraciones  $> 5\mu\text{g/L}$ , donde la capa eutrófica superó los 10 m de profundidad. Mientras que en marzo esta capa abarcó sólo los primeros metros con un valor superficial superior a los  $3\mu\text{g/L}$ . Desde abril a junio se desarrolló un amplio núcleo pigmentario con un espesor que superó los 10 m, con valores  $> 5\mu\text{g/L}$ , alcanzando las mayores concentraciones ( $> 13\mu\text{g/L}$ ) en los dos primeros meses del trimestre. En abril se registró el máximo valor de cloa de todo el período analizado con  $17,7\mu\text{g/L}$ . En julio los valores pigmentarios descendieron registrándose los valores más bajos del período, pero siempre dentro del rango eutrófico. En agosto la biomasa pigmentaria volvió a aumentar, alcanzando en septiembre concentraciones de hasta  $12\mu\text{g/L}$  con un núcleo eutrófico que ocupó toda la columna muestreada. En el mes de noviembre los valores descendieron a  $7\mu\text{g/L}$  con una capa eutrófica que superó levemente los 10 m de espesor y en diciembre, aunque el valor más alto medido en la columna fue similar al del mes anterior, la capa eutrófica aumentó su espesor superando los 30 m de profundidad.

En la estación de Mejillones, la capa eutrófica se mantuvo a través de todo el período de enero a diciembre de 2004. Entre enero y mayo se desarrolló un amplio



núcleo con valores que superaron los 5 µg/L, alcanzando en marzo el mayor espesor de la capa eutr3fica el que superó los 25 m de profundidad, registrándose además el máximo valor del período de estudio (20 µg/L). En junio la capa eutr3fica no llegó a los 10 m de espesor y las concentraciones medidas fueron las más bajas del período, con concentraciones que se mantuvieron en 1,5 µg/L. En julio los valores de cloa se presentaron levemente superiores al mes anterior, situaci3n que cambia en agosto al desarrollarse un bloom donde se registraron valores que superaron los 15 µg/L en los primeros 5 m de la columna muestreada. En septiembre las concentraciones descendieron drásticamente a 2 µg/L, recuperándose en el mes de octubre donde se registró una capa de 5 m con concentraciones > 10 µg/L, mientras que los valores > 5 µg/L se extendieron hasta por debajo de los 10 m, manteniéndose parte de este núcleo hasta el mes de noviembre. En diciembre, los valores descienden con respecto al mes anterior, formándose una capa superficial de 5 m de espesor con valores > 4 µg/L.

## **6.2 Huevos y larvas de peces en estaciones costeras de vigilancia**

### **6.2.1 Arrastre vertical integrado con red WP-2**

En términos generales y considerando las tres estaciones fijas desde Mayo a Noviembre de 2004, la especie que ha prevalecido con mayor frecuencia espacio-temporal ha sido la correspondiente al ictioplancton de anchoveta, registrándose el mayor número de huevos en la estaci3n de Iquique y el mayor número de larvas en Arica.

#### **6.2.1.1 Anchoveta**

Las densidades exhibidas por esta especie en la localidad de Arica estuvieron comprendidas entre 27 y 43.682 huevos/10 m<sup>2</sup>, correspondiendo ambos valores a



los registrados durante los meses de noviembre y agosto de 2004, respectivamente. La presencia de huevos se observ3 constante entre mayo y diciembre, detect3ndose las mayores densidades entre los meses de julio a octubre, con m3ximos en agosto y septiembre, fecha a partir de la cual se produce una tendencia decreciente hacia los meses siguientes (**Figura 132 a**).

Por otra parte, las larvas denotaron densidades fluctuantes entre 55 y 10.859 larvas/10 m<sup>2</sup>, ambos valores registrados durante junio y octubre de 2004, as3 tambi3n durante diciembre se detect3 la segunda densidad m3s alta, siendo esta igual a 2557 larvas/10 m<sup>2</sup>. A diferencia de los huevos, esta fase demostr3 una presencia temporal menos constante, ausent3ndose en los meses de mayo y julio, denotando adem3s un incremento paulatino, que culmina en octubre, para comenzar a decrecer hacia el mes de noviembre, sin embargo, fue en esta localidad donde exhibieron la mayor constancia, respecto a Iquique y Mejillones.

Los valores registrados durante el mes de noviembre para la fase de huevos, corresponden a los mas bajos observados desde mayo del a3o 1997 para la estaci3n de Arica, destacando que durante todos los per3odos mensuales equivalentes a los meses de noviembre, las densidades de huevos de esta especie han estado por sobre los 2.381 ejemplares/10 m<sup>2</sup>, exceptuando los mismos per3odos mensuales de los a3os 1998 y 1999, donde su presencia fue negativa.

En la localidad de Iquique y en general para el per3odo mayo – diciembre 2004, fue donde se registraron los valores mas altos para la fase huevos, denot3ndose un abundancia relativa total igual a 153.251 huevos y 3.558 larvas. Los valores extremos observados para la fase de huevos fueron de 547 – 50.297 huevos/10 m<sup>2</sup>. La presencia de ellos fue constante a trav3s del tiempo, con excepci3n de octubre,



manifestándose las tres mayores densidades en orden decreciente en agosto, septiembre y julio (**Figura 132 b**).

Las larvas exhiben el menor número de registros positivos respecto de los huevos y también en relación a Arica, siendo detectadas solo en los meses de mayo, septiembre y diciembre, correspondiendo el mes de septiembre como el único registro mensual donde esta fase fue detectada en las tres localidades, así también durante este mes se determinó el máximo larval. Las densidades para estos tres períodos positivos fueron iguales a 547, 3.011 y 2.557 larvas/10 m<sup>2</sup>, respectivamente.

En Mejillones, el número de huevos contabilizados durante la serie analizada fluctuó entre 38 – 12.060 huevos/10 m<sup>2</sup>, correspondiendo ambos valores a los meses de mayo y julio. Fue en esta única localidad donde su presencia no fue revelada durante el mes de junio y fue además donde se registró a través del tiempo el menor número de huevos, no superando los 18.772 ejemplares, no obstante, y al igual que en Arica e Iquique, las mayores densidades fueron detectadas entre los meses de julio y agosto, produciéndose una baja en los niveles de concentración desde septiembre a diciembre de 2004, período dentro del cual estos fluctuaron entre 265 y 1.782 huevos/10 m<sup>2</sup>.

Respecto a las larvas, estas reunieron un total general de 682 larvas, valor que corresponde a 3 registros mensuales positivos. Estas sólo fueron observadas durante julio, septiembre y octubre, detectándose durante este último período mensual el valor más alto, que particularmente corresponde a una densidad igual a 379 larvas/10 m<sup>2</sup>, mientras que la densidad más baja se reconoció para el mes de junio, con un total de 38 larvas/10 m<sup>2</sup>(**Figura 132 c**).





#### **6.2.1.2 Sardina**

Durante el per3odo mayo – diciembre de 2004, no se reconoci3 ning3n registro positivo para huevos ni larvas de esta especie.

#### **6.2.1.3 Jurel**

Su presencia en ambos estadios de desarrollo tambi3n fue negativa en las tres estaciones fijas de monitoreo.

#### **6.2.1.4 Caballa**

Al igual que las otras especies, esta tampoco fue registrada en ninguno de los meses analizados tanto en su fase de huevos como de larvas.

### **6.3 Biomasa zooplanct3nica**

En general la biomasa zooplanct3nica estimada en las tres estaciones costeras fue predominantemente mayor en el mes de octubre. Particularmente en Iquique, se presentaron las mayores biomasa en la mayor3a de los muestreos mensuales, mientras que en Arica fue donde se reconoci3 el mayor n3mero de registros mensuales con las biomاسas m3s bajas.

#### **6.3.1 Arica**

Se present3 en esta estaci3n el mayor n3mero de registros con las menores concentraciones zooplanct3nicas, las congregaciones m3s altas fueron observadas entre los meses de septiembre a diciembre, destacando el valor mas importantes de toda la serie analizada, aquel registrado durante el mes de octubre,



con una biomasa igual a 301 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup> (**Tabla 44**), contrariamente las concentraciones zooplanct3nicas mas bajas comenzaron a detectarse desde mayo a agosto, fluctuando estas entre 78 – 45 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup> (**Figura 133a**).

### 6.3.2 Iquique

En esta estaci3n fue donde se consign3 el mayor n3mero de registros mensuales con las biomosas m3s altas, verific3ndose en forma particular los valores m3s altos en mayo, agosto, septiembre y diciembre, con biomosas iguales a 116, 110, 246 y 518 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>, respectivamente (**Tabla 44, Figura 133b**).

### 6.3.3 Mejillones

A igual que en Arica e Iquique las biomosas m3s alta se registraron en septiembre y octubre, siendo estas iguales a 212 y 378 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup> (**Tabla 44**), correspondiendo esta 3ltima a la mas alta de todos los meses analizados en las tres estaciones de monitoreo. Entre junio y agosto se registraron valores que no superaron los 92 ml/1.000 m<sup>3</sup> (**Figura 133c**).

## 6.4 Composici3n y abundancia mensual del zooplancton

### Arica

En esta estaci3n se registr3 la abundancia relativa m3s alta de las tres localidades analizadas, considerando un total de 8 per3odos mensuales, desde mayo a diciembre de 2004. Los grupos zooplanct3nicos m3s importantes cuantitativamente fueron los cop3podos, poliquetos, apendicularias y larvas de dec3podos, siendo adem3s los grupos que se presentaron con la m3xima constancia temporal (**Tabla**



**45).** Particularmente los meses que albergaron un mayor número de individuos fueron septiembre, octubre y noviembre, con una abundancia relativa mensual comprendida entre 993.389 – 401.306. Contrariamente los grupos menos frecuentes, con una presencia ocasional en la estación fueron los pterópodos, cladóceros, ctenóforos, doliólidos y radiolarios, quienes se presentaron en un rango comprendido entre 1 a 2 períodos mensuales. Particularmente los copépodos exhibieron sus máximas abundancias en los meses de septiembre, noviembre y octubre, entre mayo y agosto denotan sus abundancias relativas mas bajas. Los poliquetos exhiben su máximo en octubre, mientras que las apendicularias entre noviembre y diciembre, con sus mínimos en general durante los períodos mensuales correspondientes a los meses de otoño e invierno, las larvas de decápodos también registran sus máximos en septiembre y diciembre, denotando densidades bajas durante los primeros cuatro períodos mensuales analizados de la serie 2004 (**Tabla 45**).

## **Iquique**

En esta estación se registró la menor abundancia relativa y el número más bajo de grupos zooplanctónicos, 14 en total. Entre los que destacaron por sus mayores dominancias fueron los copépodos, larvas de decápodos, pterópodos y poliquetos, quienes se presentaron en un período entre 5 – 7 meses, exceptuando los pterópodos, los que solo fueron registrados durante el mes de agosto. Por el contrario, los grupos menos frecuentes, con una presencia ocasional fueron los eufáusidos, ctenóforos, pterópodos y salpas, con presencia solo durante un registro mensual. Así mismo, los meses que congregaron el mayor número de individuos fueron junio, septiembre y octubre, registrándose el mínimo en el mes de noviembre (**Tabla 45**). Al igual que en la localidad de Arica, los copépodos exhibieron sus abundancias relativas mas bajas entre mayo y agosto, a excepción del mes de junio. El segundo grupo de mayor dominancia correspondió a las



larvas de decápodos, estas estuvieron presentes en el 88% de los muestreos mensuales analizados, sufriendo fluctuaciones importantes en el número de individuos a través de todo el período anual estimado, pero con sus máximos en los meses de mayo, agosto y septiembre. Los pterópodos por su parte y al igual que la mayoría de los taxos considerados, se registraron en el mínimo número de períodos mensuales, solo durante el mes de agosto, pero cuya densidad en términos generales permitió ubicarlo dentro de los zooplancteres mas numerosos, así también los poliquetos mostraron sus niveles mas bajos entre julio y noviembre, con alzas importantes en el mes de mayo y junio, sin embargo, la constancia registrada por ellos fue negativa entre agosto y octubre (**Tabla 45**).

### **Mejillones**

En esta estación se detectó la segunda abundancia total mas alta después de Arica y el mayor número de grupos zooplanctónicos identificados, 17 en total, de los que destacaron principalmente los copépodos, larvas de cifonautas, sifonóforos y larvas de decápodos, quienes se presentaron en la totalidad de los registros mensuales, exceptuando las larvas de cifonautas, las que se ausentaron en el mes de septiembre. Los grupos ocasionales correspondieron a cladóceros, salpas, foraminíferos, anfípodos, ctenóforos y doliólidos, quienes fueron identificados solo durante uno o dos registros mensuales.

Particularmente las mayores abundancias relativas fueron observadas durante los meses de mayo, septiembre y octubre, y el mínimo en el mes de julio de 2004.

Los copépodos denotaron en esta estación la mayor abundancia relativa, registrándose sus máximos en mayo, junio, septiembre y octubre. Las larvas de cifonautas a pesar de su alta frecuencia en esta estación, demuestran en general valores bajos, principalmente entre julio a diciembre, con un leve incremento en el



mes de octubre, pero que posteriormente vuelve a decaer, observándose los m3nimos principalmente durante julio y agosto y su m3ximo en el mes de mayo y junio, correspondiendo al mayor n3mero de individuos contabilizados en relaci3n a Arica y Mejillones (**Tabla 45**).

Con respecto al tercer grupo de mayor relevancia num3rica, los sifon3foros, registraron en esta estaci3n la mayor abundancia relativa respecto de las otras dos localidades, estos al igual que en la mayor3a de los casos, exhiben las m3ximas congregaciones durante los meses de septiembre y octubre, produci3ndose a partir de esta fecha una notoria disminuci3n, detect3ndose los niveles m3nimos durante los meses de julio, noviembre y diciembre.

Las larvas de dec3podos junto con los cop3podos han sido las taxas de mayor relevancia num3rica en las tres estaciones fijas, repiti3ndose dentro de los grupos m3s importantes, estas mostraron el mayor n3mero de individuos en los meses de agosto, octubre y noviembre (**Tabla 45**).

## **6.5 Arrastre vertical estratificado con red WP-2**

### **6.5.1 Distribuci3n vertical de huevos y larvas de anchoveta**

El an3lisis ictioplanct3nico estratificado, permiti3 verificar durante el per3odo mayo a diciembre, que la presencia de huevos de anchoveta fue por lo general m3s constante en Arica e Iquique y principalmente en los dos primeros estratos de profundidad. Ambas fases de desarrollo fueron encontradas en los distintos estratos de muestreo de cada una de las estaciones de monitoreo. Las mayores abundancias relativas fueron observadas para la fase de huevos en Iquique, en los dos estratos m3s profundos, correspondiendo a un 47% y 41%, respectivamente,



lo que equivale a un total de 235.612 y 203.198 huevos en cada caso. El an3lisis particular correspondiente a cada una de las estaciones fijas es el siguiente:

### **Arica**

En esta localidad los huevos de anchoveta estuvieron presentes en los dos estratos de profundidad analizados, sin embargo y, en general sus mayores densidades fueron registradas en el nivel mas superficial (10-0 m) (**Figura 134**), detect3ndose desde mayo a septiembre un incremento paulatino en el n3mero de huevos en este intervalo de profundidad, present3ndose casi de forma consecutiva dentro de este per3odo, ausent3ndose solo en los meses de julio y octubre. Sus densidades fluctuaron entre 43 – 16.454 huevos/10 m<sup>2</sup> (**Tabla 46**), los m3ximos fueron detectados durante agosto y septiembre. En este nivel, de los 8 per3odos mensuales analizados, en 6 de ellos se verificaron registros positivos a huevos, as3 tambi3n se observ3 en el estrato de 25-10 m un n3mero similar. Todos los registros, excepto el de julio fueron de menor densidad respecto del estrato mas superficial. A partir de octubre en adelante su incidencia fue escasa en ambos niveles de profundidad.

Por su parte, las larvas de anchoveta estuvieron presentes al igual que los huevos en ambos estratos de profundidad, aunque estas se presentaron con una menor frecuencia mensual, y a diferencia de ellos, exhibieron en Arica en el nivel de 10-25 metros las mayores abundancias relativas (**Figura 134**).

Las larvas en esta estaci3n de monitoreo mostraron menor frecuencia de ocurrencia en el estrato mas profundo, present3ndose solo en los meses de septiembre y noviembre, constat3ndose en este 3ltimo per3odo una mayor incidencia num3rica (**Tabla 46**).



## Iquique

En Iquique se detectó la misma frecuencia de ocurrencia mensual para huevos que en Arica en el estrato más superficial, mientras que en los otros dos niveles se observaron cuatro registros positivos, en mayo, agosto, septiembre y diciembre, encontrándose en agosto y septiembre las mayores densidades, contrariamente los menores valores fueron registrados entre los 0-10 metros (**Figura 134, Tabla 46**).

Respecto de las larvas, estas mostraron menor frecuencia que los huevos, hallándose en los tres estratos de profundidad solo en el mes de septiembre y además en junio en la capa superficial. Especialmente, estas denotaron un incremento en sus niveles de abundancia relativa a medida que se incrementaba la profundidad (**Tabla 46**).

## Mejillones

En la estación de Mejillones, la mayor frecuencia de huevos y larvas se detectó en el estrato más superficial.

Los huevos exhibieron densidades comprendidas entre 27 – 958, con un promedio de 213 entre los 0-10 m, alcanzando su valor más alto en agosto. En el estrato intermedio los huevos se presentaron solo en agosto y septiembre, con densidades iguales a 2.275 y 150 huevos/10 m<sup>2</sup>, respectivamente. A diferencia de Iquique, en esta localidad y considerando el estrato más profundo, se detectó la menor abundancia relativa, con dos registros positivos durante los meses de agosto y noviembre, con valores que no superaron los 67 huevos/10 m<sup>2</sup> (**Tabla 46**).

La fase larval al igual que los huevos fueron más frecuentes en el nivel intermedio (**Figura 134**), detectándose en junio, septiembre y noviembre, con igual número



de ejemplares, 27 huevos/10 m<sup>2</sup> en cada per3odo respectivo. Entre los 10-25 metros fueron localizadas solo en el mes de septiembre, sin registros positivos entre los 25-50 metros (**Tabla 46**).

En t3rminos generales se aprecia que los huevos adoptan diferente distribuci3n en cada estaci3n fija, aunque en Iquique y Mejillones coinciden en exhibir la mayor abundancia promedio en el estrato intermedio, mientras que las larvas en general tienden a aumentar en n3mero con la profundidad, registr3ndose un n3mero m3ximo en el estrato mas profundo de las tres localidades de monitoreo.

### **6.5.2 Biomasa zooplanct3nica**

La biomasa promedio mas alta se registr3 en el nivel mas superficial solo en Mejillones, mientras que en Arica se observ3 entre los 10-25 metros y en Iquique en el estrato de mayor profundidad, los m3ximos bio-v3l3menes observados en cada estaci3n fueron iguales a 441, 324 y 756, en Arica, Iquique y Mejillones (**Figura 135a**).

En Arica las biomasa mayores fueron detectadas entre agosto y noviembre, mientras que los valores mas bajos a partir de diciembre a julio de 2004 en el nivel mas superficial. En el rango mas profundo, destacaron los meses de noviembre y diciembre, siendo el primero el mas alto de todos los registros observados en Arica.

En Iquique los valores de la biomasa media fueron increment3ndose a medida que aument3 la profundidad. En los tres niveles, las mayores biomasa se observaron en los meses de mayo, agosto y diciembre, con valores comprendidos entre 140 - 577 ml de zooplancton/1000 m<sup>3</sup>, correspondiendo ambos al estrato superficial del





mes de agosto y el mayor al estrato mas profundo del mes de diciembre (**Figura 135b**).

En Mejillones a diferencia de lo observado en Arica e Iquique, se produce la situaci3n inversa, se observ3 un decrecimiento de la biomasa promedio con la profundidad (**Figura 135c**). La distribuci3n de los mayores valores fue registrada entre septiembre y diciembre a nivel superficial, en septiembre y octubre entre los 10-25 metros y en octubre en el mas profundo, destacando de ellos los registros de noviembre y octubre del estrato 0-10 y 10-25 metros, respectivamente, aportando ambos per3odos con valores iguales a 3.487 y 2.291ml de zooplancton/1000m<sup>3</sup>.



## VIII. DISCUSI3N

---

Una diferencia entre ambos cruceros fue la direcci3n e intensidad de los vientos, como tambi3n lo fue la diferencia de intensidad al comparar el sector costero y el oceánico. En este sentido, los dos períodos registraron vientos débiles, lo que es habitual a lo largo de todo el ańo (Thomas *et al.*, 1999) sin embargo, el de invierno tuvo vientos de una magnitud menor en relaci3n a lo observado en periodos similares. Por otra parte, las magnitudes en el sector oceánico fueron mayores, en comparaci3n al costero, durante el otońo, lo que se present3 en forma inversa en el crucero de invierno prácticamente a lo largo de toda la zona de estudio. En cuanto a la direcci3n, en otońo esta variable tuvo una componente sur en el sector costero entre punta Lobos y Antofagasta, lo que es la mitad norte de la zona en estudio en aquel período, favoreciendo así el transporte Ekman hacia la costa, sin embargo, está situaci3n no origin3 la aparici3n de anomalías positivas de TSM en aquel sector. En este mismo contexto, la serie de las estaciones fijas seńal3 que hubo, durante la segunda semana de junio, simultaneo al crucero, un evento de IS negativo en Antofagasta y de viento muy débil en Iquique.

En las series de los IS filtrados (ISF) obtenidos de las estaciones fijas, se observ3 que la magnitud de estos se pueden agrupar en el período febrero-mayo y junio-octubre. La estaci3n de Antofagasta registr3 en el primer período una menor variabilidad de los ISF, pero el segundo, junto con una mayor variabilidad que incluye la presencia de eventos de ISF negativo, tuvo los máximos del período. En la estaci3n de Iquique la situaci3n fue inversa, es decir, hubo máximo valores y mayor variabilidad en el período febrero-mayo. En esta estaci3n, el número de eventos de ISF negativo y su magnitud son menores que los de la estaci3n de Antofagasta. Los coeficientes de correlaci3n (sin desfase) de ISF de ambas estaciones seńalaron tener una buena asociaci3n, es decir, existi3 una tendencia



importante de que las series tuvieran un comportamiento similar ( $r=0,53$ ), más aun, esta tendencia fue más notable en el periodo menor desde junio a octubre ( $r=0,71$ ).

De acuerdo a lo observado en las distintas variables recopiladas en el crucero de otoño 2004 se puede indicar que la zona de estudio durante el mes de junio registró en superficie condiciones normales de OD, sin embargo, tanto la temperatura como la salinidad estuvieron bajo los promedios históricos, situación que alcanzó además hasta los primeros 100 m de profundidad. Con la información disponible, la condición fría y de baja salinidad observada no se pudo asociar concretamente a la presencia de giros de mesoescala de tipo ciclónico, ni a la acción del viento que en general presentó bajas intensidades, por lo tanto, la situación señalada no sería efecto de condiciones locales. Las bajas temperaturas y salinidades en la capa superficial estuvieron asociadas a una mayor presencia de AESS, en relación a lo medido en el otoño de 2003, lo que a su vez podría haber determinado las relativamente altas concentraciones de cloa en el sector oceánico.

Las temperaturas bajo el promedio histórico observada en el mes de junio en la zona de estudio habrían estado asociadas a una condición fría que se registró lo largo de la franja costera sudamericana, desde el ecuador hasta al menos los 20°S (PROFC, 2004a). Es así como la zona Niño 1+2 registró durante el mes de junio anomalías negativas que alcanzaron uno de los dos máximos negativos del año, el cual fue de  $-1,0^{\circ}\text{C}$  (CPC/NOAA, 2004a) y que estuvo presente durante junio y al menos la primera semana de julio. El segundo máximo negativo de TSM en la zona Niño 1+2 se registró en forma puntual en la última semana de Agosto, momento desde el cual comenzó un aumento sostenido de la TSM en esa zona, que alcanzó un máximo positivo de  $0,5^{\circ}\text{C}$  a mediados del mes de noviembre (CPC/NOAA, 2004b). Específicamente, sólo la segunda mitad de octubre y todo



noviembre registraron anomalías positivas de TSM, volviendo a estar esta variable bajo el promedio histórico en el mes de diciembre, en forma alternada con valores positivos dentro de un rango de  $0,2^{\circ}$  a  $-0,3^{\circ}\text{C}$  (CPC/NOAA, 2004b). Las anomalías positivas de TSM no se habían registrado desde el pasado mes de abril, a diferencia de la zona Niño 1, que las presenta desde mediados del año 2001.

El Índice de oscilación del sur (IOS), por su parte, tuvo valores promedio mensuales positivos y negativos en forma alternada desde mediados del 2003 hasta junio de 2004, fecha en que comenzó una serie de valores negativos que se mantienen hasta diciembre de 2004 (Bureau of Meteorology, 2004). La permanencia por más de 4 meses del IOS en su fase negativa y la presencia por más de tres meses de anomalías positivas mayores a  $0,5^{\circ}\text{C}$  en el Pacífico Central, fueron la causa de que las NOAA declarara el desarrollo de un nuevo evento cálido para la región (CPC/NOAA, 2004c).

De acuerdo a un análisis comparativo de la evolución del sistema océano-atmósfera en el Pacífico ecuatorial durante el mes de agosto, con aquellas condiciones encontradas durante el desarrollo de El Niño 2002-2003, se indicó en esa oportunidad, que de darse una situación cálida para el cuarto trimestre de 2004 en esa área, éste sería de intensidad débil y similar al último evento en la región (PROFC, 2004b). El pronóstico señalado se cumplió para el Pacífico central, sin embargo, en la costa ecuatoriana las anomalías positivas se registraron prácticamente sólo en el mes de noviembre y con un valor moderado ( $0,5^{\circ}\text{C}$ ).

Durante el mes de septiembre se indicó en los boletines regionales, el arribo para ese mes y en octubre de dos ondas Kelvin a la costa ecuatoriana, las que debieron llegar a la costa norte de Chile en los meses de noviembre y diciembre, sin embargo, como ya se indicó, las series de las estaciones fijas no mostraron el paso de las ondas. Según se informó en el boletín oceanográfico de diciembre



2004 (PROFC, 2004b), el paso de la onda habr3a ocurrido a fines de noviembre, seg3n lo observado en anomal3as de TSM satelitales.

En el per3odo de invierno en la zona norte de Chile, las variables medidas en las estaciones fijas y a trav3s de im3genes de sat3lite se3alaron una condici3n normal para la 3poca. En particular en septiembre, s3lo se destac3 un aumento importante de la clorofila en Arica e Iquique con respecto a agosto, lo que coincidi3 con altas concentraciones de OD superficial, en tanto que Mejillones fue la 3nica estaci3n donde el pigmento decreci3 con respecto al mes anterior.

La informaci3n oceanogr3fica recopilada durante el crucero de invierno, permiti3 indicar que la zona norte se encontraba bajo condiciones oceanogr3ficas normales de acuerdo a los valores de anomal3a, la generaci3n de 3stas y la distribuci3n de distintas variables superficiales y verticales en comparaci3n con la de per3odos anteriores, aunque se registr3 un claro aumento en las concentraciones de clorofila. En este sentido, se se3ala que procesos locales como viento d3bil y giros de meso-escala dominaron la zona, originando anomal3as en las distintas variables analizadas pero que, en general, no fueron significativas.

Los vientos medidos en el crucero de oto3o se caracterizaron por presentar una mayor magnitud en el 3rea oce3nica respecto a lo observado en la franja costera, lo que ocasion3 una menor turbulencia en este 3ltimo sector.

Los vectores de viento del per3odo mostraron que la direcci3n de estos tuvo una componente sur en la franja costera entre bah3a Moreno (T1) hasta punta Lobos (T3), lo que signific3 que los 3ndices de surgencia (IS) de esta 3rea tuvieran en promedio valores negativos que se3alan un transporte Ekman hacia la costa, siendo estos de mayor magnitud relativa aquellos dos ubicados hacia el extremo sur de la zona. Vientos de componente sur favorecer3an el acercamiento de aguas



más cálidas hacia la costa, lo que queda en evidencia por temperaturas mayores a 17°C observadas frente a Tocopilla, valor relativamente alto para el sector costero durante el otoño. La serie de vientos en el aeropuerto de Cerro Moreno mostró también, en la misma fecha, eventos con una componente sur, los cuales se observan por los valores de ISI negativo, aun cuando no son de una magnitud relativamente importante, en comparación a los ISI positivos o negativos en la misma serie.

Los sectores de Arica e Iquique tuvieron ambos un IS promedio (de los datos horarios en la navegación) que fue positivo y similar, mientras que el sector de punta Camarones tuvo prácticamente el doble del valor del IS, condición que señaló una mayor surgencia activa en el área, lo cual es consistente con los mayores gradientes térmicos superficiales registrados en la mitad norte de la zona y en particular frente a esta localidad.

Los cruceros de los períodos de otoño efectuados desde el año 2000, no registraron una condición de vientos con componente sur (Braun *et al.*, 2001; Braun *et al.*, 2002; Braun *et al.*, 2003; Braun *et al.*, 2004) como los registrados en este crucero, aun cuando se vieron también bajas intensidades relativas del viento en la zona durante algunos de los períodos.

La condición superficial encontrada en la zona de estudio durante el crucero de otoño corresponde, en general, a una condición fría y de baja salinidad. Lo anterior debido al predominio de anomalías negativas significativas de TSM y SSM, las que alcanzaron como máximo un valor de -2°C, -0,4 psu, mientras que en la vertical la isoterma de 15° tuvo una anomalía de -20 m, situación que afecto principalmente al sector oceánico de la mitad sur de la zona.



La estructura térmica registrada por satélites fue concordante con lo expresado en el párrafo anterior, pues en las cartas de TSM del período abril-junio del presente año se observa que éste periodo fue más frío que el correspondiente al de los años 2001, 2002 y 2003 (Braun *et al.*, 2002; Braun *et al.*, 2003; Braun *et al.*, 2004).

En este sentido, las TSM de mayo del 2003 estuvieron en el rango de 14° a 21°C, registrándose una franja de aguas frías en las primeras millas de la costa producto de eventos de surgencia y la presencia de focos de aguas de mayor temperatura en el extremo norte de la zona de estudio (Braun *et al.*, 2003a), en tanto que en mayo del 2004, si bien hubo valores de TSM en el rango similar, las aguas > 20°C (en color salmón) presentaron una menor cobertura espacial. En junio del 2003, las temperaturas se localizaron en el rango de 14° a 20°C (Braun *et al.*, 2003a), mientras que en el presente estudio hubo TSM de 20°C pero con una escasa cobertura espacial. Lo anterior concuerda con el BAC 165, que señaló que entre las estaciones costeras de Arica y Antofagasta, se registró una condición de temperatura bajo el promedio histórico, reflejado en anomalías negativas de TSM del orden de 1°C, pero que estaban dentro de rangos esperados para el mes.

Los dos sectores que presentaron las mayores anomalías térmicas, salinas y de profundidad de la isoterma de 15°C de la zona ( sector oceánico frente a punta Copaca y foco centrado en las 70 mn frente a punta Junín), se caracterizaron además por tener otras condiciones particulares que destacan aun más los mencionados sectores, como una mayor profundidad del límite superior de la capa de mínima de oxígeno, mayor espesor de la capa de mezcla, mayor profundidad de la base de la termoclina y también mayor profundidad de su gradiente térmico máximo.



La magnitud y lo focalizado de las anomalías, como también la diferencia de magnitud de las variables analizadas en relación a los sectores vecinos, permite sugerir que el viento de baja intensidad registrado durante el crucero no sería una causa principal de las características frías y de baja salinidad observadas en la superficie de la zona. En este sentido, cabe recordar que la CM en la zona fue sólo de 10 a 15 m en el sector oceánico, situación que es habitual en el período otoñal.

Por otro lado, la circulación geostrófica superficial, si bien marcó la presencia de giros ciclónicos coincidentes en ubicación con ambos sectores de mayores anomalías negativas, la carta obtenida no mostró claramente que estos giros fueran intensos y que se encuentren asociados con la magnitud de las anomalías térmicas y salinas, entre otras. En este sentido, la observación de los giros estuvo determinada en lo general por una o dos estaciones y la distancia de las isolíneas no marcan un flujo intenso asociado a ellos. Sumado a lo anterior, hubiera sido esperable que la anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C haya sido neutra o con tendencia a valor positivo, pero no con valores negativos de hasta -20 m, como se encontró en la transecta de punta Copaca (T2).

Siempre en el aspecto de la circulación geostrófica superficial, parte de lo que parecen ser giros de mayor velocidad y tamaño se registraron en el sector central de la transecta de bahía Moreno (T1) y en el sector oceánico de la transecta de Arica (T5). Los efectos esperados de un giro de este tipo, que son levantamientos de la isoterma de 15°C y/o 13°C (Narváez, 2000), se evidencian levemente en la sección de bahía Moreno (T1), pero no en el caso del área ubicada a 100 mn de la sección de Arica (T5).





La circulaci3n geostr3fica superficial mostr3 una tendencia de flujo hacia el norte en la zona costera, particularmente de Mejillones al norte, sin embargo, en el sector oce3nico estos flujos son predominantes hacia el sur y sur-este. El patr3n observado no se ajusta al patr3n estacional de oto3o, el cual se3ala una predominancia de flujos hacia el norte en toda la zona (Blanco *et al.*, 2001). No obstante lo anterior, ha sido habitual en los cruceros realizados anteriormente, la observaci3n de flujos hacia el sur en sectores parciales de la zona y la presencia de giros o v3rtices de mesoescala (Braun *et al.*, 2001, Braun *et al.*, 2002, Braun *et al.*, 2003a, Braun *et al.*, 2004, Narv3ez, 2000).

Una mayor participaci3n de la masa AESS en un nivel superficial se estar3a produciendo desde punta Camarones (19°22'S) hacia el norte, lo que provocar3a las bajas concentraciones de OD (< 5 mL/L) encontradas en aquella 3rea. En comparaci3n con la distribuci3n de oto3o del a3o 2003, el actual muestreo present3 en general evidencia de una surgencia de menor intensidad, lo que se dedujo, de la profundidad de la isol3nea de 1 mL/L, que permaneci3 m3s somera en aproximadamente 20 m y de los menores valores de OD superficiales en la costa respecto a lo observado en el oto3o de 2004 (Braun *et al.*, 2003).

En el oto3o de 2004, la franja costera discontinua con altos valores de clorofila a (cloa) superficial present3 las mayores concentraciones del muestreo (> 6,5 µg/L) en los extremos de la zona de estudio, Arica (T5) y bah3a Moreno (T1), similar a lo registrado en el oto3o de los a3os 2002 y 2003. Por otra parte, los feopigmentos (feop) de toda la zona en el actual per3odo presentaron valores m3s elevados que los medidos en los dos a3os anteriores, sin embargo, en el sector costero la cloa se mantuvo por sobre los valores de feop, lo que podr3a estar indicando una activa predaci3n sobre el fitoplancton en el sector oce3nico o la degradaci3n de las poblaciones fitoplanct3nicas.



Con respecto a la imagen de cloa satelital, la alta nubosidad durante el período de muestreo permitió rescatar sólo una imagen que coincidiera con el crucero, observándose en ella una buena correspondencia con respecto a las concentraciones de cloa *in situ*. La imagen satelital, corrobora, de esta forma, la amplia distribución pigmentaria indicada para la transecta de Arica (T5), confirmando las relativas altas concentraciones de cloa informadas para el sector oceánico.

En general, en la distribución histórica del período de otoño, la cloa ha mostrado núcleos eutróficos ( $> 1 \mu\text{g/L}$ ) bastante restringidos a la costa, con excepciones como en el otoño de 2001 cuando la distribución en bahía Moreno (T1) excedió las 70 mn, situación similar a lo observado en Arica (T5) en el presente muestreo.

En esta serie de cruceros ha sido habitual que la cloa presente una franja costera discontinua de valores eutróficos. En este otoño, la zona de pobreza pigmentaria que abarcó desde caleta Chipana a punta Copaca, podría ser el efecto del acercamiento de aguas oceánicas pobres a la zona costera, condición ya señalada. Este sector coincidió aproximadamente con la distribución observada en el otoño de 1999, 2000 y 2002.

Por otra parte, la mayor diferencia con los períodos de otoño anteriores de la serie, con el presente muestreo son las relativamente altas concentraciones de cloa que se observaron en el sector oceánico, especialmente en el sector centro y norte de la zona de estudio durante este último crucero, destacándose dos núcleos eutróficos ubicados a 100 millas náuticas. Aunque núcleos de cloa de concentraciones de mesotrófica ( $> 0,5 \mu\text{g/L}$ ) a eutróficas en el sector oceánico han sido detectados con anterioridad, como en el otoño de 2003, no es común que éstas estén tan ampliamente distribuidas. En este aspecto, la distribución de cloa de períodos anteriores más aproximada a la presente es la correspondiente al



otoño de 1987, ocasi3n en que los valores mesotr3ficos ocuparon gran parte del sector oceánico.

El rango de concentraciones registrada para el presente muestreo, est3 dentro de lo descrito en la serie de otoño, siendo éstas similares a las de los años 1999, 2002 y 2003, correspondiendo éstos a los períodos más productivos de la serie. A diferencia de los presentes resultados, en la distribuci3n de otoño de 1994 entregada por Morales *et al.*, (2001), para la misma zona de estudio, mostr3 una franja costera eutr3fica continua de concentraciones puntuales máximas incluso más altas que las obtenidas en el presente estudio con un rango de valores que fue de 0,1 a 14,7 mg m<sup>-3</sup>. Por lo tanto, en el otoño del año 2004 la zona costera estaría presentando concentraciones de cloa en un rango típico, mientras que en el sector oceánico se observa, comparativamente a años anteriores, concentraciones más altas del pigmento.

En la columna de agua de las secciones realizadas en otoño, si bien en todas ellas se observ3 una tendencia en las isolíneas de concentraci3n de OD sub3xicas a elevarse hacia la superficie en el sector costero, éstas no llegaron a interceptarla. En el sector Punta Lobos – Antofagasta, lo indicado anteriormente se debería a una mayor participaci3n de ASAA en la mezcla superficial, lo que aumenta el espesor de la capa óxica. Al respecto, el ASAA mostr3 en el sector costero señalado un núcleo de porcentaje de participaci3n de masa de agua (PPMA) de 30% a 40%, situaci3n similar a la del otoño anterior.

Lo observado en la estaci3n costera de 1 mn frente a punta Junín (T4), en donde aumentaron los valores de temperatura, OD y PPMA de AST en relaci3n a la estaci3n de 5 mn, puede ser causa de un efecto topográfico sobre el proceso de surgencia, ocasionado por la misma punta que est3 cercana al punto de muestreo y/o de la punta Pichalo, que es de mayor tamaño y se ubica 5 mn más al norte.



En el sector oceánico de la transecta de punta Lobos (T3) y punta Junín (T4), la profundización de las isolíneas de OD observada en las 70 mn, se encuentra asociada a la presencia de un núcleo de ASSA que tuvo un PPMA mayor al 30%, mientras que la profundización de la isolínea de 1 mL/L en las estaciones oceánicas de bahía Moreno (T1) y punta Copaca (T2), coincidió con la presencia del núcleo de ASSA con PPMA mayor a 40 %.

Las variaciones de temperatura y salinidad en la capa de los primeros 300 m a lo largo de la transecta de 100 mn coincidieron con las variaciones de espesor del AESS hacia el sur de la sección. El AESS disminuyó el espesor de su núcleo de PPMA de 80% hacia el borde sur de la zona, sin embargo, se indica que el mismo núcleo no fue observado en este último lugar en el mes de mayo de 2003. En la misma sección paralela a la costa, se presentó una distribución de OD muy similar a la obtenida en otoño de 2003, aunque en esta oportunidad se logró detectar toda la capa de mínima concentración debido a las observaciones hasta los 700 metros. En este caso, se pudo establecer que la capa de AESS en la zona de estudio estuvo centrada alrededor de los 300 m de profundidad con un espesor de 550 m en el extremo norte de la zona, el cual disminuyó a 380 m en el extremo sur, con pequeñas fluctuaciones a lo largo de la transecta.

En esta oportunidad, se pudo observar que los PPMA de AESS en los primeros 50 m de la columna de agua superaron el 30% en la mitad sur y el 40% en la mitad norte. Los valores de PPMA señalados son notablemente mayores que aquellos de otoño de 2003, pues los superaron en un 10% en la mitad sur y en 30% en la mitad norte. Por lo tanto, este año habría una mayor presencia de AESS en la capa superficial y una disminución del ASAA y AST en comparación con el año 2003. En el caso del AST, los PPMA de otoño de 2003 superaron el 70% en la mitad norte de la zona, en tanto que este mes de junio del 2004, sólo llegaron al 50% (Braun *et al.*, 2003).



Las anomalías negativas de temperatura y salinidad observadas en la capa superficial de los primeros 100 m de las transectas 1, 3 y 5 estarían asociadas, en parte, con la mayor participación de AESS y una menor participación de AST. Por otra parte, las anomalías encontradas bajo los 100 m de profundidad estarían asociadas a la presencia de importantes núcleos de ASAA. En estos casos, las desviaciones estándar de los promedios históricos de temperatura y salinidad en estas transectas indican, en general, que las anomalías térmicas mayores a  $-2^{\circ}\text{C}$  y salinas mayores a  $-0,2$  psu son significativas.

En otoño de 2004, la distribución vertical de cloa en la zona costera fue bien representada por la cloa integrada y, aunque todas las transectas registraron núcleos eutróficos, las mayores concentraciones se midieron en las transectas de bahía Moreno (T1), punta Lobos (T3) y Arica (T5). Por otra parte, las distribuciones verticales reflejaron una mayor extensión hacia el oeste de los núcleos eutróficos y mesotróficos en comparación con las distribuciones de los otoños de los dos años anteriores. Los feop integrados, al igual que lo observado en la carta superficial de feop, en general presentaron valores superiores a los observados en los dos años anteriores.

Los inusuales altos valores de cloa registrados en el sector oceánico en el sector de Arica (T5) y punta Lobos (T3), pueden estar asociados con los probables giros ciclónicos detectados en dichos sectores, por lo tanto, el florecimiento fitoplanctónico sería consecuencia de los nutrientes aportados por los giros. Por otro lado, los altos valores de cloa pueden ser también una consecuencia del mayor porcentaje de AESS detectado a nivel superficial en toda la zona de estudio.

Por otro lado, la distribución de valores de la penetración de la luz en las estaciones costeras presentó dos situaciones: una en bahía Moreno (T1), donde la



CM fue pequeña y el núcleo de cloa se distribuyó hasta por debajo del 1% de luz incidente; y la otra en punta Copaca (T2), que no tienen CM y el núcleo pigmentario presentó menores valores que en la T1 y se mantuvo por sobre el 10% de luz incidente. Por otra parte, en el sector oceánico de Arica (T5), a pesar de presentar CM y penetración de luz similares, en las estaciones 48 y 47 la distribución de cloa fue distinta, aunque ambas presentaron concentraciones eutróficas la primera de ellas tuvo un espesor del núcleo pigmentario mayor. En relación al otoño de 2003, la distribución de penetración de la luz no presentó gran diferencia con la actual, obteniéndose en esa oportunidad un rango de 5 a 24 m para la profundidad de 10% y de 12 a 55 m para el 1%, ambos en el sector costero, mientras que en el sector oceánico los rangos fueron de 12 a 25 m para la profundidad de 10% y de 27 a 58 m para el 1%, en cambio, la CM registró una mayor diferencia en el espesor, la que en esta oportunidad fue menor a la observada en el 2003 (Braun *et al.*, 2003). De acuerdo a lo anterior, no se registró por lo tanto una variación importante en la penetración de la luz respecto a lo observado en otoño de 2003.

Durante el invierno, las intensidades del viento observado señalaron una predominancia de bajas intensidades (< 5 m/s), situación similar a lo registrado en cruceros anteriores de igual período estacional (Braun *et al.*, 2002; Braun *et al.*, 2004). Sin embargo, si bien los porcentajes de viento débil fueron similares o incluso levemente mayores en los cruceros de años anteriores, las intensidades registradas en esta ocasión fueron más bajas, principalmente en el área entre Arica e Iquique.

En este período, los vientos tuvieron una mayor o similar intensidad en la zona costera respecto al sector oceánico adyacente, lo que se observa claramente en los índices de turbulencia (IT) promedio. Tal condición es distinta a los períodos de invierno de 2000 a 2002, de los que se tiene información en ambas áreas.



En gran parte de la zona de estudio, la mayoría de las mediciones del viento durante la navegación tuvieron una dirección favorable a la surgencia. Los índices positivos más altos del período se encontraron entre Pichidangui y Antofagasta, sin embargo, en esta misma sub zona se registraron dos áreas con IS negativos pero de relativa baja magnitud en comparación con los máximos positivos observados. A este respecto, la serie de vientos de las estaciones fijas confirma para la zona la predominancia de IS positivos en el período agosto-septiembre, pero con la presencia de eventos de IS negativos que tuvieron un máximo de toda la serie a fines de agosto, con la mayor magnitud en la localidad de Antofagasta.

Por otra parte, se comprobó una baja turbulencia en la columna de agua al norte de Iquique producto de la débil intensidad del viento y por el contrario, los sectores frente a bahía Moreno (T1), punta Ballenita (T7) y el área desde Coquimbo (T10) a Pichidangui (T11), con mayores intensidades relativas del viento, tuvieron espesores de capa de mezcla que superaron los 20 m, siendo éstas notoriamente mayores a las del resto de la zona.

Adicionalmente, las bajas intensidades del viento en toda la zona se tradujeron en dos situaciones notorias: la primera es una capa de mezcla (CM) muy reducida, que en general no superó los 5 m y que, incluso, no se presentó entre las localidades de Pisagua y Arica; y la segunda es la presencia de anomalías positivas de temperatura superficial (ATSM), pero no significativas ( $< 1^{\circ}\text{C}$ ), que abarcaron prácticamente toda el área entre Arica y hasta al menos rada Paposo (único sector con valores históricos de temperatura del sector sur que permitan una comparación similar a la del área norte), ya que, al disminuir la mezcla superficial, los valores de TSM son más altos que cuando se presenta este proceso. Por lo tanto, esta condición de viento de tipo local originó una CM de menor espesor y con ello las ATSM positivas mencionadas.



No obstante las ATSM fueron positivas, las anomalías de salinidad superficial (ASS) en la misma área fueron negativas, incluso de magnitud  $> 0,1$  psu en algunos sectores entre Arica e Iquique, sin embargo, fueron sólo significativas aquellas ubicadas en el sector central y oceánico. Las ASS negativas pudieron estar asociadas al giro ciclónico localizado en el sector mencionado, dado que este giro provocaría el ascenso de aguas subsuperficiales de menor salinidad. Al respecto, las isohalinas e isolíneas de OD, como también las isotermas pero en menor grado, que se ubicaron en la capa superficial de los primeros 50 m de este sector, tuvieron un ascenso en el sector oceánico, tanto en la transecta de Arica (T5) como en la de punta Junín (T4), confirmando lo señalado anteriormente, tal como se observó en la estación 81 de la transecta de 100 mn paralela a la costa.

Las ASSM fueron positivas, pero sin ser significativas, sólo en el sector oceánico al sur de la latitud  $20^{\circ}50'S$  (punta Patache), las que en este caso si estuvieron asociadas a valores de ATSM positivos.

La presencia de giros oceánicos de mesoescala es una condición habitual en la zona, y son estos los que tienden a alterar la tendencia del flujo geostrófico hacia el norte, patrón normal de circulación (Blanco *et al.*, 2001), que se observó en este crucero. Los giros ciclónicos observados, de un diámetro aproximado de 50 mn y que se ubicaron frente a punta Madrid y Mejillones, habrían provocado el levantamiento de la isoterma de  $15^{\circ}C$  y del LSCMOD. Lo anterior significó también la presencia de anomalías negativas de profundidad de la isolínea de  $15^{\circ}C$  más intensas en comparación con los sectores vecinos, específicamente los valores de -30 m y de -10 m, observados en punta Madrid y frente a Mejillones. En el caso de los giros anticiclónicos, estos provocaron una mayor profundidad de la isoterma de  $15^{\circ}C$  y del LSCMOD, como se observó en los sectores ubicados frente a punta Lobos (T3) y rada Paposó (T6), originando anomalías positivas de estas variables.





Algunas de las caracteristicas de la termoclina durante el crucero de invierno estuvieron tambi3n relacionadas principalmente con la presencia de los giros. En este sentido, la termoclina registr3 un espesor notoriamente menor en los sectores donde se ubicaron los giros anticicl3nicos, el cual lleg3 a ser inferior a los 5 m, en comparaci3n con los espesores asociados a 3reas con giros cicl3nicos, en que se super3 los 15 m. La profundidad de la base de la termoclina tambi3n se vio afectada, registr3ndose un menor nivel en el caso de los giros cicl3nicos y uno mayor en el caso de los anticicl3nicos. En el caso de los gradientes promedio y m3ximo de temperatura en la termoclina, la tendencia general fue que los giros cicl3nicos provocaron un foco de m3ximo valor, contrario a lo producido por los giros en el otro sentido. Al igual que lo sucedido en la profundidad de la base de la termoclina, la profundidad de ubicaci3n del m3ximo gradiente t3rmico tambi3n formo n3cleos de m3xima profundidad en donde se localizaron los giros anticicl3nicos.

El n3cleo anticicl3nico, del cual se observari3 parte de 3l en el sector oce3nico del 3rea frente a bahía Salada (T8), no ser3 tal ya que las caracteristicas de la termoclina que se describieron como asociadas a ambos tipos de giro en el p3rrafo precedente, no coinciden con lo encontrado en el sector se3alado. No obstante lo anterior, en este sector se registr3 la mayor profundizaci3n del LSCMOD del 3rea de muestreo, la que estar3 m3s bien relacionado con un n3cleo de ASSA en el sector, al igual que en el hundimiento del LSCMOD frente a puta Copaca (T2).

En consecuencia, las anomal3as superficiales de temperatura y salinidad, negativas y positivas, observadas en el 3rea oce3nica de la mitad norte de la zona, estar3an asociadas a procesos locales de viento y a la presencia de giros de mesoescala. Por otra parte, los mayores valores de anomal3a en el sector costero no son significativos, ya que es este sector el que tiene la mayor variabilidad en TSM y SSM debido a los procesos de surgencia.



El OD superficial present3 la mayor frecuencia de focos sub3xicos costeros entre Arica (T5) y bahía Moreno (T1), registrándose el menor valor superficial en el sector de Mejillones (2,5 mL/L) lo que implicaría una surgencia con mayor participaci3n de AESS. Entre rada Paposo (T6) y Pichidangui (T11) se registraron s3lo dos focos con valores sub3xicos > 4,5 mL/L, lo que coincidi3 con un aumento en la participaci3n de ASAA.

La comparaci3n de la distribuci3n de TSM de este crucero con anteriores del mismo periodo que hayan abarcado de Antofagasta al sur, señal3 que los valores encontrados en este 3ltimo muestreo fueron similares a los de septiembre de 1993 en el área Arica y Coquimbo y alrededor de 1°C mayores a los de igual mes de 1994, en toda la zona. Sin embargo, respecto a los de 1995 3stos valores fueron mayores en 1°C en la mitad sur y en 2°C en comparaci3n respecto a los de mitad norte (Castillo *et al.*, 1994; Castillo *et al.*, 1995 y Castillo *et al.*, 1996).

En el caso de la salinidad superficial la situaci3n fue diferente, ya que en el crucero de invierno de 1993 esta variable fue mayor en hasta 0,2 psu entre Arica y Antofagasta, tanto en el sector costero como oceánico, mientras que de Antofagasta a Caldera la diferencia fue cercana a los 0,1 psu. En el caso de 1994, los valores de salinidad fueron mayores en 0,1 psu en práticamente toda la zona. En el invierno de 1995, la salinidad superficial mostr3 una situaci3n similar descrita para la variable temperatura en toda la zona, es decir, los valores fueron menores, en hasta 0,1 psu, respecto de 2004.

La zona norte de Chile en invierno de 1993 fue considerada bajo condiciones post El Niño 1991-1992, las que fundamentalmente se refieren a anomalías de salinidad y no de temperatura. Tal como se mencion3 en el análisis anterior, las salinidades de 1993 fueron notoriamente mayores a las de 2004, pero no es el caso de la variable temperatura.



Las condiciones oceanogr3ficas de la zona norte presentadas en invierno de 1994 fueron consideradas como normales, sin embargo, los valores de temperatura de 2004 son levemente mayores a estos. No obstante lo anterior, una condici3n de 1°C m3s alta, en t3rminos comparativos, no es suficiente antecedente para indicar una condici3n anormal c3lida para el actual crucero.

El caso de 1995, la diferencia de hasta 2°C mayor en el 2004, pudo deberse a un desfase temporal en el muestreo, ya que las estaciones oceanogr3ficas de 1995 en este sector de la zona fueron realizadas a principios de agosto, mientras que en el 2004 3stas se realizaron en la segunda quincena de septiembre. Por lo tanto, hay una diferencia de un mes y medio, situaci3n que puede ser relevante. A lo anterior se puede sumar, como posible causa de las diferencias encontradas entre 1995 y 2004, una menor intensidad de viento que afect3 la mitad norte de la zona de estudio en el 3ltimo a3o.

En el invierno de 2004, la distribuci3n de cloa present3 focos de altas concentraciones a lo largo de todo el sector costero, aunque la mayor frecuencia de altos valores pigmentarios se registr3 entre Arica (T5) y bahía Moreno (T1). Los feopigmentos siguieron, en general, la misma distribuci3n que la cloa, manteniendo en la costa concentraciones inferiores a 3sta, lo que refleja el buen estado fisiol3gico de la poblaci3n fitoplanct3nica.

Entre Arica (T5) y bahía Moreno (T1), en particular, las m3ximas concentraciones de cloa superaron los 10 µg/L, observ3ndose un claro aumento de las concentraciones en comparaci3n con la distribuci3n de invierno del a3o 2003, ocasi3n en que los valores m3s altos fueron del orden de los 5 µg/L y se presentaron amplios sectores costeros con concentraciones oligotr3ficas (Braun *et al.*, 2003), 3ltima situaci3n que no fue observada en el actual periodo de invierno.



En el sector de rada Paposo (T6) a Pichidangi (T11), a diferencia de las localidades de más al norte (Arica (T5) y bahía Moreno (T1)), se observaron dos transectas con valores meso-oligotróficos, que fueron las correspondientes a caleta Inglesa (T9) y Pichidanguí (T11). Una probable causa de las bajas concentraciones en la segunda transecta, sería la observada surgencia de una intensidad mayor, y la turbulencia asociada, lo que impediría el adecuado desarrollo celular.

Las imágenes de color (cloa satelital) de este periodo mostraron en el sector costero distribuciones similares a las de cloa *in situ*. A través de estas cartas se pudo observar la evolución de los núcleos pigmentarios entre Pisagua e Iquique, y la desaparición del núcleo registrado en bahía Moreno (T1) durante el período de muestreo. No obstante lo anterior, las concentraciones determinadas por satélite del sector oceánico de bahía Moreno, que correspondió a la imagen del día 7 de septiembre, tendieron a ser más elevadas que las registradas en el muestreo en terreno, sin embargo, debido a que estos últimos se realizaron tres días después, no se puede asegurar que la imagen satelital esté sobreestimando los valores. Por otra parte, en la imagen del día 27 de septiembre, se observó lo que podría corresponder a un remanente del foco captado por el muestreo *in situ* realizado una semana antes y que se extendió ampliamente hacia el oeste (según la interpolación) entre punta Lobos (T3) y punta Copaca (T2). En este sentido, el transporte geostrofico y de Ekman (IS) salen desde la costa de Mejillones, lo que concuerda en el área de extensión hacia el oeste de la distribución de cloa.

En general, de la figura de distribución histórica de la cloa (1994-2004) del área comprendida entre Arica (T5) y bahía Moreno (T1), se pudo observar que las actuales concentraciones, estuvieron en el rango de los valores registrados en los inviernos de los años 1994, 1995 y 1998 siendo todos estos los que han presentado las mayores concentraciones de la serie de invierno.



La distribución de cloa correspondiente al invierno de 1994, en el área Arica - Coquimbo, fue similar a la de invierno 2004. La mayor diferencia en la distribución cloa de estos dos períodos se observó en el sector oceánico, ya que en 1994 dos de los núcleos eutróficos se extendieron hasta las 100 mn (Castillo *et al.*, 1995).

En comparación con invierno de 1995, también entre Arica y Coquimbo, al igual que en el caso anterior hubo similares valores con el crucero actual en la parte norte de la zona de estudio (Arica (T5) y bahía Moreno (T1)), aunque con una menor extensión en área de los núcleos productivos, en cambio en el sector de rada Paposo (T6) a Pichidangí (T11) las concentraciones del presente crucero fueron mucho mayores, ya que la mayoría de las concentraciones costeras registradas en 1995 fueron inferiores a 1  $\mu\text{g/L}$  (Castillo *et al.*, 1996).

Morales *et al.* (1996), indicó que para el área Arica a punta Copaca en el invierno del año 1993, las concentraciones del pigmento mayores a 1  $\mu\text{g/L}$  se distribuyeron ampliamente hacia el oeste alcanzando en algunos sectores hasta las 100 mn. Esta extensión hacia el oeste de concentraciones de cloa similares, no se observó en el 2004, sin embargo, el rango de concentraciones reportado en 1993 (0,2 a 16,8  $\mu\text{g/L}$ ) fue similar a lo informado para el presente muestreo, aunque con concentraciones máximas superiores. Por lo tanto, el muestreo de cloa de invierno de 2004 señaló condiciones normales de un sistema productivo.

La surgencia en este período de invierno se manifestó claramente en gran parte del sector costero de la zona, a través de la distribución de las distintas variables, tanto a nivel superficial como en las secciones transversales a la costa. El foco de surgencia de mayor intensidad relativa, según la TSM y los valores de OD superficiales, se observó hacia la punta norte de la península de Mejillones, mientras que los sectores de rada Paposo (T6) y Coquimbo (T10) son los de menor intensidad ya que se observan en ellos una clara disminución de los



gradientes de temperatura y densidad en superficie, lo que fue acompañado de un IS de tipo negativo y el hundimiento de las isotermas de la capa superficial. Las altas concentraciones negativas de OD confirman lo señalado para el sector de Coquimbo (T10) y en menor medida lo reportado para rada Paposo (T6).

Por otra parte, la disminuci3n del espesor de la termoclina y de los gradientes térmicos promedio y máximo durante el período de invierno, como el observado en este crucero, es siempre una condici3n característica de esta estaci3n. Lo señalado se debe a la importante disminuci3n de las TSM en la zona que alcanza el mínimo anual durante este período, por lo tanto, disminuyen también los gradientes en la vertical.

Las anomalías de temperatura y salinidad vertical por sobre 1C y 0,1 psu (absoluto) en la capa superficial de los primeros 100 m, y que forman núcleos preferentemente subsuperficiales, no son valores significativos ya que es ésta capa en donde se presenta la mayor variabilidad en la vertical. En este sentido, en la capa superficial señalada, es usual encontrar desviaciones estándar de magnitud similar o incluso mayores a las anomalías registradas en este crucero. Bajo el nivel de 100 m de profundidad, las anomalías entre 0,5 y 1C en temperatura y menores a 0,05 psu son, en general, valores de anomalía no significativos. Dada esta situaci3n, los valores de anomalías encontradas en la vertical de las secciones analizadas seran en su mayoría no significativas, con la excepci3n de algunos sectores con valores sobre el rango señalado, lo que se asocia principalmente a la presencia de un núcleo de AESS más desarrollado, tal como ocurri3 en las transectas de Arica y bahía Moreno. Esta diferencia de tamaños de los núcleos de AESS en sentido longitudinal (norte-sur) es una situaci3n habitualmente observada en la zona, lo que no solamente corresponde a una disminuci3n de la participaci3n hacia el sur si no también a variaciones no proporcionales o simultaneas del tamaño de los núcleos de AESS (Reyes, 2004), lo



cual puede ser causado por la variabilidad intraestacional de la corriente subsuperficial Chile-Perú observada en la zona norte de Chile (Shaffer *et al.*, 1995).

En particular, las masas de agua determinadas a través de las diagramas TS y los porcentajes de participaci3n (PPMA), indicaron que el AST y ASAA tuvieron, respectivamente, una considerable disminuci3n longitudinal de participaci3n en el extremo sur y norte, siendo más notable el caso de la AST ya que registr3 valores de PPMA menores a 10%, en su desplazamiento hacia el sur, ya en la transecta T10 frente a Coquimbo. Respecto a esta misma masa, PPMA mayores a 10% e incluso hasta 30% se observaron frente a Coquimbo en periodos de invierno de 1994, 1995 y 1996 (Ortiz, 1998), sin embargo, la diferencia de PPMA entre ambos trabajos puede deberse al aumento de la salinidad de 34,9 a 35,0 psu en el par TS del AESS aplicado en este actual estudio, lo cual debería producir una disminuci3n de los PPMA de la AST calculados.

El ASAA registr3 valores de PPMA que fueron mayores en aproximadamente un 10%, en los primeros metros de la capa de agua en la transecta de Coquimbo y respecto de 2004, en los inviernos de 1994, 1995 y 1996. Sin embargo, el PPMA de 10% en el nivel de 200 m se mantuvo a ese mismo nivel en todos los casos, indicando con ello que la condici3n de menor composici3n en el 2004 fue sólo en los primeros metros, situaci3n que puede deberse a condiciones locales como procesos de viento más intensos que aumentan los niveles de mezcla en superficie. Entre Arica (T5) y bahía Moreno (T1), se puede señalar que en comparaci3n con el invierno del 2003, los PPMA de ASAA fueron en este actual crucero levemente superiores en hasta 10% en las transectas de Arica (T5) y punta Junín (T4), pero con valores similares en las secciones desde punta Lobos (T3) hasta bahía Moreno (T1).



El núcleo de AESS se mantuvo entre Arica y bahía Moreno con un tamaño, posición y PPMA similar a lo registrado en el año 2003, encontrándose sólo en los niveles de superficie de ese año una diferencia próxima de un 10% más respecto al actual. En el sector de Coquimbo, los porcentajes de composición en el nivel de 200 m fueron similares, sin embargo, en el nivel de los primeros 100 m los valores de PPMA son notoriamente mayores en el invierno de 2004. Este hecho es contrario a lo esperado dado el aumento de la salinidad en el par TS para el cálculo de los PPMA en este estudio, respecto al utilizado en el trabajo de Ortiz (1998). Lo anterior, comparativamente, debería haber provocado una disminución de los PPMA en la información actual. Lo encontrado parece indicar entonces para esta área una participación de AESS mayor a la registrada en los inviernos de 1994 a 1996, lo que implica también una menor participación de AST o ASAA o en ambas. Dado que la situación de un mayor PPMA de ASAA no se presenta entre Arica y bahía Moreno, entonces es factible que lo encontrado se deba a una situación provocada por una condición local.

En comparación con el muestreo de invierno 2002, el OD superficial en el sector entre Arica (T5) y bahía Moreno (T1) con el actual crucero presentó, en general, una similar extensión en área de valores altos ( $> 6$  mL/L), mientras que en comparación con el invierno del año 2003 se observó una mayor cobertura de estos valores altos y una menor frecuencia de focos subóxicos costeros (Braun *et al.*, 2003). En tanto que, en comparación con los cruceros de invierno de 1993, 1994 y 1995, que abarcaron desde Arica a Coquimbo, los focos de altas concentraciones ( $> 6$  mL/L) fueron escasos, principalmente en la parte norte de la zona de estudio (Arica (T5) y bahía Moreno (T1)) (Castillo *et al.*, 1994; Castillo *et al.*, 1995; Castillo *et al.*, 1996). Los focos subóxicos registrados en 1995 se ubicaron aproximadamente en los mismos lugares a los informados en este reporte.





Las altas concentraciones de OD de los primeros 50 m verticales en las transectas de Arica (T5) y punta Junín (T4) se asociaron a la presencia de AST, mientras que de punta Copaca (T2) a bahía Salada (T8), la capa óxica se asoció a una progresivamente mayor participación de ASAA en la mezcla en dirección nortesur. En las últimas dos transectas, Coquimbo (T10) y Pichidanguí (T11), la presencia de una capa óxica estaría asociada principalmente al ASAA y a los procesos de mezcla vertical debido al viento, principalmente en la transecta T10. Los gradientes verticales más intensos en el OD, asociados a la presencia de esta capa óxica, se registraron en las transectas 3, 5, 6, 8, y 10.

La capa óxica superficial que se observó en la mayoría de las transectas durante el presente crucero, no fue registrada en los inviernos de 1993 a 1995, donde los valores mayores a 6 mL/L fueron muy escasos. Sin embargo, en el sector oceánico, principalmente, se observaron posiciones similares de la isolínea de 1 mL/L en todos los períodos señalados, lo que se ubicó frecuentemente a una profundidad inferior a 100 m en la zona norte (Arica – bahía Moreno) y mayores a 100 m en la zona sur (rada Pajoso – Pichidanguí).

En comparación con el crucero de invierno de 2003, ocasión donde sólo muestreo desde Arica a bahía Moreno, también se observó una importante presencia de altos valores de OD en la vertical, ya que cuatro de las cinco transectas presentaron al menos un núcleo con altas concentraciones de OD.

En la transecta paralela a la costa, la distribución vertical de OD a nivel subsuperficial fue similar a la obtenida en el invierno de 2003, sin embargo, a nivel de superficie se observó en el actual crucero un aumento en las concentraciones de esta variable, junto con una disminución del porcentaje de participación del AESS a lo largo de toda la sección. En profundidad, tanto la isolínea de 1 mL/L como la de los porcentajes inferiores a 80% del AESS mantuvieron similares



posiciones en la columna de agua en ambos per3odos, mientras que la temperatura de los primeros metros, salvo la estaci3n frente a Arica (T5), fue en general 1°C m3s alta, en tanto que los focos de baja salinidad presentaron concentraciones inferiores a las registradas en 2003 (Braun *et al.*, 2003b).

En la columna de agua de las secciones perpendiculares a la costa, los n3cleos m3s extensos de cloa en este periodo de invierno de 2004, se registraron entre Arica y bah3a Moreno, donde incluso superaron las 20 mn hacia el oeste. En el sector sur, en cambio, espec3ficamente entre rada Paposo y Pichidangui, donde hubo n3cleos pigmentarios, 3stos fueron de menor extensi3n quedando restringidos al sector costero.

En comparaci3n con las distribuciones verticales de invierno de 1994, al igual que lo que ocurre en superficie, no hubo grandes diferencias. Esta situaci3n se refleja en las altas concentraciones de cloa integrada (cloint) que tuvieron ambos cruceros. Lo anterior significa que el pigmento present3, en general, en la capa eutr3fica altas concentraciones dentro de los 30 primeros metros de la columna. En cambio en el crucero de 1995, las concentraciones en la vertical fueron menores a las registradas en el presente estudio, y estuvieron m3s restringidas a la costa, lo que se reflej3 en los bajos valores de cloaint que se observaron en toda la zona de estudio.

Las altas concentraciones de cloa de la zona costera y dentro de los primeros 50 m de la columna, se asociaron a porcentajes de participaci3n del AESS de entre 20% y 70%, disminuyendo el PPMA a menos de un 30% en la transecta de Caleta inglesa (T9), lugar donde la concentraci3n de cloa fue m3nima. A su vez, los n3cleos mesotr3ficos oce3nicos coincidieron con n3cleos de AESS con participaci3n mayor al 20%.



La baja concentraci3n pigmentaria costera que se observ3 en las cercanías de Iquique y desde rada Paposo (T6) a punta Ballenita (T7), serían consecuencia de una entrada de agua oceánica hacia la costa, favorecido por un flujo geostrófico y/o transporte Ekman hacia la costa, como se observ3 en el caso del segundo sector. Se destaca que los mayores valores de cloa en la zona de estudio se observaron, en general, ubicados en los sectores de baja intensidad del viento, por ejemplo: bahía Salada (T8), punta Copaca (T2) a bahía Moreno (T1) y caleta Chipana.

En el sector de Arica a bahía Moreno, los núcleos de clorofila que coincidieron con mediciones de transparencia del agua, se presentaron por lo general por sobre el nivel de la profundidad de 1% de luz incidente y coincidiendo con capas de mezcla inferiores a 4 m. El rango de profundidades de la penetraci3n de la luz, tuvo una variaci3n en sus límites con respecto a igual período de 2003, siendo esto más notable en el sector costero. En este sector, el rango de profundidades en el 2004 para el 10% de de luz incidente fue de 2 a 17 m pero en el 2003 fue de 6 a 22 m, mientras que en el rango de 1% fueron de 6 a 37 m, y de 14 a 50 m para el invierno de 2004 y 2003, respectivamente (Braun *et al.*, 2003b). En comparaci3n con el período de otoño 2004, los rangos de penetraci3n de la luz de invierno de 2004 también son menores, por lo que la visibilidad de la columna de agua es menor en este último período. Respecto a la capa de mezcla no se observ3 diferencia entre en los rangos entre el 2003 y 2004, sin embarco, este último periodo tuvo una mayor frecuencia de focos eutróficos, por lo que la presencia de estos focos no parece estar asociado a una profundidad particular de la capa de mezcla.

En referencia a los resultados del modelamiento estadístico GAM, estos indicaron que sólo el predictor profundidad del disco Secchi y el factor estaci3n fueron significativos y con un alto porcentaje de varianza explicada, mientras que el predictor temperatura, aunque significativo, tuvo un aporte pequeño a la varianza,



por lo que se desestim3 en el an3lisis. La situaci3n se3alada anteriormente respecto de la TSM era esperable, tomando en cuenta las diferentes distribuciones estacionales de temperatura superficial, ya que oto3o e invierno, principalmente en esta 3ltima estaci3n, tienen un menor rango de temperaturas en comparaci3n con los per3odos de primavera y verano, dificultando la sectorizaci3n de la zona por frentes t3rmicos. Por lo tanto, la falta de gradientes t3rmicos superficiales implica que una temperatura similar ser3 registrada tanto en la costa como en el sector oce3nico, asoci3ndose un mismo valor de TSM a concentraciones de cloa distintas, tanto costeras como oce3nicas, induciendo finalmente a una gran dispersi3n en la informaci3n. Esta situaci3n se observ3 en per3odos de oto3o e invierno del 2003 (Braun *et al.*, 2003b).

Por otro lado, la informaci3n entregada en la figura de dispersi3n de ambos periodos estacionales (oto3o e invierno), corrobora que los modelos, tanto exponencial como de potencia, para polinomios de grado mayor a uno constituyen una buena aproximaci3n para describir la relaci3n entre la concentraci3n de cloa y la profundidad del disco Secchi. Sin embargo, los modelos utilizados en la temporada de invierno presentaron un menor grado de ajuste debido a la mayor dispersi3n observada para profundidades menores a los 6 metros.

El an3lisis indic3, adem3s, que la estaci3n de oto3o tuvo un efecto positivo en la concentraci3n de cloa, en cambio la estaci3n de invierno tuvo un efecto negativo. Por lo tanto, estad3sticamente existe una mayor probabilidad de encontrar mayor concentraci3n de pigmento en oto3o. Aparentemente este resultado estad3stico parece contradictorio a lo que se3ala tanto la distribuci3n superficial como vertical de cloa, ya que en invierno se registr3 un valor de concentraci3n promedio m3s alto, presentando tambi3n las concentraciones puntuales e integradas m3s altas y una mayor extensi3n en 3rea de concentraciones eutr3ficas. Sin embargo esta estaci3n tuvo tambi3n una mayor dispersi3n en los datos de concentraci3n v/s profundidad



del disco, lo que implica que estadisticamente invierno tiene un efecto negativo en comparaci3n con otoño.

Según el modelamiento hay una diferencia estacional en la probabilidad de encontrar altas concentraciones del pigmento, que implica una diferencia entre las concentraciones de otoño e invierno lo que contrasta con lo informado por Morales *et al.*, (2001) para la zona Arica – bahía Moreno quienes no encontraron diferencias significativas entre los distintos períodos entre el invierno de 2003 y el otoño de 2004. En tanto que Thomas *et al.*, (1994) y Thomas (1999), en estudios de imágenes de color CZCS (coastal zone color scanner) entre los años 1978-1986 y 1999 respectivamente, reportan una leve variaci3n estacional entre los 20° y 25°S con un máximo pigmentario en invierno dentro de los 25 Km de la costa, lo que podría estar coincidiendo con lo observado en la distribuci3n de cloa en el presente informe.

Por otro lado, la diferencia estacional en las concentraciones de cloa, no parece estar asociada a la intensidad o variabilidad de los vientos del periodo de muestreo. En este sentido, los vientos fueron débiles en ambos periodos, lo que coincide con lo señalado por Thomas *et al.* (1999) respecto a la intensidad del viento que no tiene ciclo estacional por lo que no este no está acoplada con el ciclo estacional de los pigmentos considerando el período 1979-1983.

En general, a través de la distribuci3n de temperatura salinidad de las estaciones fijas, se puede destacar tres situaciones:

La primera está relacionada con la distribuci3n de temperatura en las tres estaciones fijas observada en el período 2004. Este periodo, junto al de 2003, tuvo en relaci3n a los años anteriores entre 1999 y 2002, una mayor temperatura subsuperficial de alrededor de 0,5 a 1°C en varias ocasiones. Tal situaci3n se



evidencia en la ausencia de la isoterma de 13°C durante pr3cticamente todo el periodo 2003-2004, lo que se seal3 temperaturas menores a ese valor bajo los 25 m de profundidad. En este aspecto, s3lo desde agosto 3ltimo en adelante se han dado situaciones de registro de valores inferiores a 13°C, principalmente en la estaci3n de Arica.

La mayor temperatura subsuperficial en algunos meses respecto a a3os anteriores entre 1999 y 2002 fue m3s frecuente durante el per3odo 2003, en donde se observaron diferencias de hasta +1°C. En este sentido, el a3o 2004 es una continuaci3n m3s moderada de lo observado y descrito para el a3o anterior. En t3rminos comparativos entre las tres estaciones, la diferencia t3rmica con los per3odos pasados fue m3s importante en la localidad de Arica en el nivel de 25 m, pero en el nivel de 50 m 3sta fue mayor en las estaciones de Iquique y Mejillones, como tambi3n fue mayor el n3mero de eventos en que ocurren estas diferencias.

La segunda situaci3n tiene que ver con la salinidad. Como en lo sealado para la temperatura, la salinidad del per3odo 2003-2004 mostr3 diferencias con respecto al per3odo 1999 - 2002 en las tres estaciones fijas. Esta diferencia se traduce en una menor variaci3n de salinidad en sentido temporal, es decir, el rango de valores observado en el per3odo 2003-2004 es menor, en cada estaci3n, al observado en el otro per3odo sealado.

De acuerdo a lo anterior, Arica mostr3 en los dos 3ltimos a3os un rango total de entre 34,68 a 34,93 psu. Sin embargo, valores subsuperficiales mayores a 34,9 psu se dieron s3lo en un evento de dos meses consecutivos y en dos situaciones puntuales y muy localizadas, mientras que salinidades menores a 34,7 tambi3n fueron muy poco frecuentes. Por lo tanto, los valores de salinidad m3s frecuentes en la vertical de esta estaci3n durante el per3odo 2003-2004 estuvieron en un rango de 34,8 a 34,9 psu. En el per3odo 1999 a 2002, en cambio, la presencia de



valores extremos fue m1s evidente, con un rango total del per3odo entre 34,30 y 35,02 psu, pero el rango de los valores m1s frecuentes fue de 34,6 a 35,0 psu.

En la localidad de Iquique, la diferencia de rangos entre los dos per3odos fue m1s evidente que en la estaci3n anterior. El rango total de valores del periodo 2003-2004 estuvo entre 34,7 a 34,9 psu, con salinidades m1s frecuentes en la vertical entre 34,8 a 34,9 psu. En esta estaci3n no se observaron, en ning3n instante de la serie, valores mayores a 35,0 psu. En el periodo 1999-2002 se registraron salinidades menores a 34,7 psu y mayores a 34,9 en forma m1s frecuente que en el otro per3odo.

Mejillones tuvo las menores salinidades en forma comparativa con las otras dos estaciones. En el per3odo 2003-2004 no se registraron valores por sobre los 34,9 psu ni bajo los 34,55 psu, mientras que el rango de las salinidades m1s frecuentes en este per3odo fue de 34,7 a 34,8 psu. Por otro lado, en el per3odo 1999-2002 las salinidades tuvieron un rango total de 34,34 a 35,1 psu, con un rango de salinidades m1s frecuentes de 34,5 a 34,8.

En el an1lisis de la serie de temperatura y salinidad anterior se dej3 fuera de la discusi3n al per3odo 1997-1998, ya que 3ste mostr3 en forma evidente los efectos de El Ni3o 1997-1998 en la zona, que produjo altos valores de salinidad y temperatura en la vertical al menos hasta mediados de 1998.

El tercer punto en discusi3n tiene relaci3n con la observaci3n en la serie del paso de ondas Kelvin. Es as3 como la 3ltima onda observada corresponde a la de fines de enero y principios de febrero de 2003, evento marcado por la profundizaci3n simult1nea de la isoterma de 15°C, y que estuvo asociado a la ocurrencia del evento d3bil El ni3o 2002-2003. Aquella situaci3n fue, en el aspecto



oceanogr3fico, la 3nica se1al de anormalidad observada en la zona producto del mencionado evento c3lido.

Sin embargo, no se observ3 en los 3ltimos meses de 2004 el paso de ondas, situaci3n que era esperada debido a la generaci3n de 2 ondas Kelvin en el Pac3fico Central y la llegada de 3stas a la costa sudamericana, la primera en el mes de septiembre y la segunda en octubre. Los efectos visibles de estas ondas, esperadas para noviembre y diciembre, ser3a el aumento de las temperaturas superficiales en aproximadamente un +1°C como m3ximo, principalmente en la zona costera, lo que es un valor similar al observado en otros pasos de una onda Kelvin solitaria. A nivel subsuperficial es dif3cil predecir los efectos cuantitativos del paso de estas ondas, sin embargo, a nivel cualitativo se esperaba el hundimiento de la isoterma de 15° (base de la termoclina local) y de la capa de m3nimo OD (isol3nea de 1 mL/L). Los efectos indicados deber3an tener una extensi3n temporal de aproximadamente dos a tres semanas por cada paso de onda (Braun *et al.*, 2004 informe final 2002).

En este sentido, en la serie de las estaciones fijas no hubo signos de anormalidad t3rmica durante noviembre y diciembre, tampoco en la distribuci3n de OD, sin embargo, el muestreo de frecuencia mensual podr3a no mostrar, eventualmente, alguna anormalidad asociado al paso de ondas Kelvin debido al tiempo de duraci3n de los efectos. Por otro lado, el COPAS-PROFC anunci3 en su bolet3n oceanogr3fico de noviembre de 2004 la aparici3n de anomal3as t3rmicas positivas simult3neas en el 3rea entre los 15° y 30°S de latitud, las cuales tuvieron un m3ximo de 1,5°C, durante las dos 3ltimas semanas de noviembre y tambi3n, pero m3s localizado entre los 18° y 23°S, en la primera semana de diciembre. El calentamiento indicado estar3a posiblemente asociado, explicaron, al paso por la zona de una onda Kelvin de subsidencia que se esperaba justamente en esa fecha. Al respecto, las im3genes satelitales de TSM de fines de noviembre no





muestran un calentamiento como el señalado, observándose en este caso un aumento más importante y simultáneo de las TSM en la zona durante las dos primeras de diciembre. No obstante lo anterior, en el boletín COPAS-PROFC se señaló que se ha establecido cierta relación entre las anomalías de TSM y la profundidad de la termoclina en la escala intraestacional, sin embargo, se necesita conocer mejor los procesos que fuerzan la aparición de anomalías de TSM.

Con respecto al oxígeno disuelto (OD) para el período enero – diciembre de 2004, en general, los altos valores de OD superficiales ( $> 7$  mL/L), registrados en las tres estaciones de muestreo, están dentro del rango observado en años anteriores de la serie.

En Iquique, y como se ha observado en períodos anteriores (1999-2003), la presencia de la capa óxica fue menos frecuente que en las estaciones de Arica y Mejillones, producto probablemente de una mayor frecuencia en los eventos de surgencia con participación de AESS.

El LSCMOD, presentó los menores niveles de profundidad en la estación de Arica, manteniéndose todo el período dentro de la columna muestreada. En tanto que, en la estación de Iquique, las profundizaciones del LSCMOD observadas en invierno, son características en esta época del año. En sentido contrario, la mínima posición del LSCMOD observada en el mes de marzo ( $< 5$  m), correspondió al mínimo de la serie completa, para esta estación de vigilancia. En Mejillones al igual que en Iquique, los hundimientos del LSCMOD han sido registrados con anterioridad en la serie y tienen características estacionales, con la diferencia que, en esta estación de vigilancia las profundizaciones habituales han correspondido a las estaciones de verano e invierno, lo que es corroborado con lo observado en el presente período.



Por lo que en forma general en las tres estaciones de vigilancia, el per3odo en estudio estar3a bajo una condici3n dentro de lo considerado normal para la zona.

En cuanto a la clorofila a (cloa), en las tres estaciones de vigilancia la capa eutr3fica estuvo presente en pr3cticamente todo el per3odo de estudio enero - diciembre de 2004, y en las tres estaciones se registraron n3cleos de altas concentraciones repartidos a trav3s de todo el per3odo muestreado, mientras que en sentido contrario, las menores concentraciones del per3odo se registraron entre junio y agosto, las que llegaron a mesotr3ficas s3lo en el caso de Arica.

En Arica, aunque no es la primera vez que se registra la presencia de capa eutr3fica en un per3odo tan extenso, es inusual registrar n3cleos de valores tan altos distribuidos en todo el per3odo analizado (enero - diciembre), sin un per3odo de bajas concentraciones. Por lo que el valor registrado en abril de 2004 (31  $\mu\text{g/L}$ ) es el mayor de la serie de Arica, valor que es comparable s3lo con el registrado de febrero del 2000 en la estaci3n de Iquique.

Al igual que en Arica, en Iquique no es la primera vez que se registra un per3odo de tiempo tan largo donde la capa eutr3fica es mantenida, sin embargo si es inusual los numerosos n3cleos de altas concentraciones ( $> 5 \mu\text{g/L}$ , cinco n3cleos en el a3o). A pesar de lo anterior, las concentraciones registradas est3n dentro de los rangos observados con anterioridad, ya que los mayores registros corresponden a diciembre de 1998 con 26  $\mu\text{g/L}$  y enero de 2000 con 37  $\mu\text{g/L}$ , siendo adem3s 3ste 3ltimo per3odo el segundo a3o m3s productivo de la serie.

En Mejillones, usualmente las concentraciones han sido m3s bajas que en las otras dos localidades, lo que tambi3n se observ3 en esta oportunidad. Por otra parte, en esta estaci3n se ha mantenido una capa de valores eutr3ficos desde septiembre de 2003, lo que no se hab3a registrado anteriormente con esa



extensión. Le sigue otro período comprendido entre agosto de 2001 y mayo de 2002. A pesar de esto, no se habían registrado concentraciones tan altas como las del presente período (20  $\mu\text{g/L}$ ), ya que los valores máximos de la serie, previos a este período, sólo alcanzaron los 13,8  $\mu\text{g/L}$  y 12,6  $\mu\text{g/L}$  en febrero y septiembre registrados en el año 2000. En general, en el año 2004, se encontró un aumento de las concentraciones de clorofila en las tres estaciones de vigilancia, con respecto a los períodos anteriores, situación que se presentó en forma más clara en la estación de Mejillones.

En referencia a los resultados del modelamiento estadístico GAM, estos indicaron que sólo el predictor profundidad del disco Secchi y el factor estación fueron significativos y con un alto porcentaje de varianza explicada, mientras que el predictor temperatura, aunque significativo, tuvo un aporte pequeño a la varianza, por lo que se desestimó en el análisis. La situación señalada anteriormente respecto de la TSM era esperable, tomando en cuenta las diferentes distribuciones estacionales de temperatura superficial, ya que otoño e invierno, principalmente en esta última estación, tienen un menor rango de temperaturas en comparación con los períodos de primavera y verano, dificultando la sectorización de la zona por frentes térmicos. Por lo tanto, la falta de gradientes térmicos superficiales implica que una temperatura similar será registrada tanto en la costa como en el sector oceánico, asociándose un mismo valor de TSM a concentraciones de cloa distintas, tanto costeras como oceánicas, induciendo finalmente a una gran dispersión en la información. Esta situación se observó en períodos de otoño e invierno del 2003 (Braun *et al.*, 2003b).

Por otro lado, la información entregada en la figura de dispersión de ambos periodos estacionales (otoño e invierno), corrobora que los modelos, tanto exponencial como de potencia, para polinomios de grado mayor a uno constituyen una buena aproximación para describir la relación entre la concentración de cloat y



la profundidad del disco Secchi. Sin embargo, los modelos utilizados en la temporada de invierno presentaron un menor grado de ajuste debido a la mayor dispersi3n observada para profundidades menores a los 6 metros.

El an3lisis indic3, adem3s, que la estaci3n de otoño tuvo un efecto positivo en la concentraci3n de cloa, en cambio la estaci3n de invierno tuvo un efecto negativo. Por lo tanto, estadísticamente existe una mayor probabilidad de encontrar mayor concentraci3n de pigmento en otoño. Aparentemente este resultado estadístico parece contradictorio a lo que señaala tanto la distribuci3n superficial como vertical de cloa, ya que en invierno se registr3 un valor de concentraci3n promedio m3s alto, presentando tambi3n las concentraciones puntuales e integradas m3s altas y una mayor extensi3n en 3rea de concentraciones eutr3ficas. Sin embargo esta estaci3n tuvo tambi3n una mayor dispersi3n en los datos de concentraci3n v/s profundidad del disco, lo que implica que estadísticamente invierno tiene un efecto negativo en comparaci3n con otoño.

Según el modelamiento hay una diferencia estacional en la probabilidad de encontrar altas concentraciones del pigmento, que implica una diferencia entre las concentraciones de otoño e invierno lo que contrasta con lo informado por Morales *et al.*, (2001) para la de zona Arica – bahía Moreno quienes no encontraron diferencias significativas entre los distintos períodos entre el invierno de 2003 y el otoño de 2004. En tanto que Thomas *et al.*, (1994) y Thomas (1999), en estudios de imágenes de color CZCS (coastal zone color scanner) entre los años 1978-1986 y 1999 respectivamente, reportan una leve variaci3n estacional entre los 20° y 25°S con un m3ximo pigmentario en invierno dentro de los 25 Km de la costa, lo que podría estar coincidiendo con lo observado en la distribuci3n de cloa en el presente informe.



Por otro lado, la diferencia estacional en las concentraciones de cloa, no parece estar asociada a la intensidad o variabilidad de los vientos del periodo de muestreo. En este sentido, los vientos fueron débiles en ambos periodos, lo que coincide con lo señalado por Thomas *et al.* (1999) respecto a la intensidad del viento que no tiene ciclo estacional por lo que no este no está acoplada con el ciclo estacional de los pigmentos considerando el período 1979-1983.

En relación a la estructura térmica registrada por satelites, se advierte que, en general, el período abril-octubre del 2004 en más frío si se compara con los años 2002 y 2003, principalmente en los meses entre junio y agosto. Lo antes mencionado, es coincidente con lo expresado por el SHOA en el boletín de alerta climática (BAC N° 167) en el sentido que las estaciones ubicadas en la zona norte del país entre Arica y Caldera, mantuvieron una condición fría, la cual se reflejó en anomalías negativas de TSM del orden de  $-1,0^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, en octubre se apreció un leve aumento de las TSM por lo que las anomalías de la TSM se presentaron levemente negativas a lo largo de la costa norte y centro-sur del país, con excepción de Caldera que presentó una anomalía de TSM levemente positiva ( $+0,06^{\circ}\text{C}$ ) (BAC N° 169).

Por otra parte al comparar los meses de noviembre del 2004 respecto del año 2003, se observa presentan una estructura térmica superficial bastante similar con un marcado predominio de aguas de  $18-20^{\circ}\text{C}$  con un bolsón de aguas cálidas en el extremo norte y una franja de aguas frías en la costa que produce fuertes gradientes térmicos. Según el SHOA, en este mes se presentaron condiciones de normalidad con anomalías ligeramente negativas a lo largo de la costa norte del país (BAC N° 170).

Los rangos de distribución preferencial de los huevos y larvas de anchoveta respecto de la temperatura superficial señalan que el ictioplancton se distribuye



relacionado con ciertos rangos característicos. En este sentido, es importante destacar que tanto huevos como larvas muestran ciertas preferencias por algunas temperaturas como por ejemplo de 15-18°C (en el caso de huevos) y de 16-19°C (en el caso de larvas), dichos resultados son semejantes a los descritos por Braun *et al.* (2001 y 2002) y Oliva *et al.* (2002), quienes indican que en los meses de otoño e invierno el ictioplancton se distribuye entre los 14 y 20°C; en tanto que en los meses de verano y primavera (diciembre-febrero) se localiza en el estrato de 15,8-22°C. A su vez Silva *et al.* (2003) indican que la anchoveta muestra valores promedios de pesca de 20°C para los meses de verano y otoño. Por otro lado, Oliva *et al.* (2003), menciona que para el invierno del año 2002 los huevos de la especie se presentaron en el rango de 13°C a 18°C, con una clara preferencia por los 16°C y que los focos más importantes se ubicaron en zonas de gradientes térmicos relevantes; a su vez, Silva *et al.* (2003) también indican que la distribución espacio-temporal de los adultos de la especie ha sido asociada con altos valores de gradientes térmicos.

Al examinar visualmente el patr3n de distribuci3n 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. Esto es coincidente con Oliva *et al.* (2002) que 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. Asimismo, también es importante destacar que en el período de invierno los CG se encuentran en posiciones más oceánicas que en otoño debido a una mayor cobertura espacial del ictioplancton en esta época.

Por otra parte debe destacarse que en el año 1997, debido a la influencia del evento ENOS, los CG están más desplazados hacia el sur, en este sentido Yañez *et al.* (1993) al analizar la distribuci3n de anchoveta y sardina en la zona norte también mencionan un desplazamiento de las especies hacia el sur cuando la



zona de estudio se ve influenciada por el evento ENOS. Finalmente, el hecho que la mayoría de los CG se ubiquen cerca de la desembocadura del río Loa refuerza la hipótesis de que este sector es una zona de desove importante.

Las especies detectadas en los cruceros realizados en el año 2004 (MOBIO 0406 - Otoño y MOBIO 0408 – Invierno, fueron anchoveta (*Engraulis ringens*), jurel (*Trachurus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus*). En otoño se registró la presencia de sardina española, mientras que en invierno además de las especies señaladas se detectaron pez linterna (*Viciguerria lucetia*), langostino (*Pleuroncodes sp.*) y bacaladillo.

En ambos cruceros, las especies mas frecuentes fueron la anchoveta con el 56,9% de las observaciones acústicas en el otoño y el 83,3% en el invierno y el jurel con el 26,9% en otoño y el 11,4% en el invierno. Las otras especies detectadas, particularmente en el invierno tuvieron aportes marginales con un 1,8% (pez linterna), 0,9% (caballa) y un 0,4% (langostinos).

El patrón típico de distribución espacial de la anchoveta en el periodo 96-99 (Braun *et al.*, 1998; 1999) se ha caracterizado por presentar altas concentraciones del recurso en áreas costeras que han aumentado su vinculación con la costa en los periodos primaverales y estivales y una distribución relativamente más oceánica en el invierno y otoño.

Como ya es típico en esta especie, en ambos cruceros el mayor número de cardúmenes se registraron durante las horas de luz diurna (6 -18 hrs). En otoño se apreció la mayor presencia de ecotrazos entre las 09:00 y las 18:00 horas, pero las mayores densidades acústicas se registraron entre las 3:00 y las 6:00 am, esta situación es similar a la encontrada en el crucero de otoño del año 2003, y que difiere de oportunidades anteriores en que ha habido una escasa presencia de



registros nocturnos de esta especie. En invierno también se aprecia que las mayores densidades se registraron en horas de la madrugada, anteriores a las 6 horas.

Específicamente en el otoño el jurel se detectó en prácticamente toda la zona de estudio, llegando hasta el límite sur de la prospección (24°00'S), mientras que longitudinalmente se registró entre la costa y las 90 millas, caracterizándose por densidades bajas e intermedias y algunas agregaciones aisladas de densidad mayor. Estos sectores de concentración relativamente mayor estuvieron ubicadas a 90 mn al oeste de la latitud 19°00'S; entre las 30 y 40 mn al sur de Iquique y en el sector costero entre caleta Michilla y Mejillones.

En ambos cruceros la caballa se presentó en forma escasa y esporádica. La profundidad promedio de la caballa fue similar en ambos cruceros variando entre 20,3 m (con extremos de 9,5 y 23,3 m) y 19,9 m (extremos de 8,5 y 44,0 m) en otoño e invierno, respectivamente. Esta distribución vertical estuvo asociada a isotermas promedio de 16,2°C (variando entre 14 y 18°C) en otoño y 15,12°C (variando entre 12,35 y 18,1°C) en invierno. Las salinidades promedio en otoño fueron de 34,892 psu (34,74 - 35,029 psu) y en invierno alcanzó a 34,793 psu (34,453 - 35,080 psu).

Las profundidades medias en las que se ha distribuido la anchoveta en el periodo 1994-2003, exceptuando el año 1997 en otoño, invierno y primavera y y 1998 en verano, han sido de 19,5 m ( $\pm 7,5$  m) en otoño; 17,0 m ( $\pm 3,27$  m) en invierno; 14,5 m ( $\pm 5,45$  m) en primavera y 12,83 m ( $\pm 2,19$  m) en verano. El Niño 1997-98 afectó a la profundización de la anchoveta, detectándose en el invierno y primavera de 1997 con valores promedio de 31,36 m ( $\pm 7,96$  m) y 50,82 m ( $\pm 7,91$  m), respectivamente, alcanzando el máximo valor promedio en el verano de 1998 con 58,25 m ( $\pm 5,94$  m) y otoño con 51,54 m  $\pm 6,33$  m. En el invierno y primavera de 1998 las profundidades





medias empezaron a disminuir siendo de 15 y 8,5 m, respectivamente. La mayor profundización de esta especie fue más notable en los límites máximos de los rangos, puesto que en 1997 aumentó desde 73,0 m en el otoño a 109,0 m en invierno y 117 m en primavera. Durante el verano de 1998 se registraron las mayores profundidades de esta especie, siendo de 130 m, volviendo paulatinamente a niveles normales en las estaciones posteriores, con 93,0 m en otoño, 52,0 m en invierno y 59,0 m en primavera.

En el otoño e invierno de 2004, la anchoveta se distribuyó en profundidades entre 1,3 y 1,1m inferiores que los valores históricos, manteniéndose la tendencia del recurso a localizarse en estratos levemente más someros respecto a los valores históricos detectada durante el 2003.

En el caso del jurel, las profundidades en periodos “normales” han fluctuado entre 52,7 m ( $\pm 8,1$  m) en otoño; 24,9 m ( $\pm 4,06$  m) en invierno; 30,2 m ( $\pm 9,54$  m) en primavera y 21,3 m ( $\pm 7,85$  m) en verano. Sin embargo los límites superiores del rango son mayores en primavera, variando entre 6,5 y 59,5 m en verano, 5 y 48,5 en otoño, 5 y 40,5 en invierno y 7 a 144 en primavera. El Niño 1997-98, también afectó la distribución batimétrica de esta especie, notándose, al igual que en anchoveta, a partir del invierno y primavera de 1997, con un aumento en las profundidades medias, las que variaron entre 69,2 m ( $\pm 10,05$  m) y 81,9 m ( $\pm 7,8$  m) en dichas estaciones llegando a un máximo de 135,7 m ( $\pm 3,98$  m) en el otoño de 1998. Este cambio fue más notorio en los límites máximos de los rangos de profundidad, puesto que durante 1997 se registró en niveles cercanos a los 143 m (otoño e invierno) y 184,5 m en la primavera alcanzando un máximo histórico de 233 m en el otoño de 1998.

Las profundidades de jurel registradas en el otoño de 2004 (26,8 m) fueron notoriamente menores que el valor histórico (52,71 m) excluyendo el evento El



Niño, mientras que en el invierno del 2004 (26,5 m) se verifica una leve profundización del recurso de 1,54 m respecto a la serie histórica (24,9 m).

La evolución histórica interestacional de los índices de cobertura (IC) de anchoveta en el periodo 1996-2004, presenta tres etapas:

- entre los inviernos de 1996 y 1997 caracterizado por su relativa estabilidad en sus valores variando entre 11 y 18,1%;
- entre el verano y primavera de 1998 en que se presenta un periodo de crecimiento alcanzando hasta un máximo de 47,3% en el otoño de 1998 y,
- una caída a valores de 1,8 % en 1999 y una recuperación lenta y sostenida a partir del invierno de 2000 hasta alcanzar un máximo relativo en la primavera de aquel año (MOBIO 0212) con 16,67%.

Históricamente los más altos valores de los IC de anchoveta se han registrado en los periodos de primavera-verano, siendo particularmente notoria en el otoño de 1998 (9803) en que se registra el IC más alto de la serie con un valor cercano al 49% y en la primavera de 1998 (9812) con un IC levemente superior al 30%. Las primaveras del 2000, 2001 y 2002 también presentan valores relativamente altos de IC junto con el verano del año 2000 (0002). Sin embargo es notable el incremento en el IC en el invierno de 1997, con un valor cercano al 20%, asociado a las alteraciones producidas por El Niño 1997-98. Este índice se mantuvo alto en todo el período que estuvo presente El Niño 1997-98 (primavera 1997 y verano-otoño 1998). En el invierno de 2004 se verifica un incremento del IC del 50,5% respecto a la misma estación del año 2002 y del 61% en relación al 2003. En este caso, el incremento relativo del IC de invierno aparentemente no se explica en alteraciones ambientales, pudiendo asociarse a una tendencia positiva presente en los inviernos a partir del año 2002.



Los IC de jurel en el periodo 1996-2003 presentan dos etapas:

- la primera registrada antes del invierno de 1998 (1996-98), en que los IC se caracterizaron por una fuerte inestabilidad entre los distintos cruceros, con valores máximos que alcanzaron el 25,3% (MOBIO 9805 FII) ó 19,7% (MOBIO 9708) y mínimos del 2,5% (MOBIO 9705); 1,6% (MOBIO 9895 I) y 1,2 % (MOBIO 9808) y
- una segunda que se registró a partir del invierno de 1999 (MOBIO 9909) en que los IC se han caracterizado por la desaparición de los valores mas altos presentes en la etapa anterior, variando entre 0,8 y 12,3%

El IC de jurel obtenidos en el otoño, mostraron una tendencia positiva, quebrando la tendencia negativa iniciada en otoño del año 2002., siendo el valor mayor de la serie desde el año 2001. El IC del jurel del invierno de 2004 (4,87%) es comparable al valor obtenido en el invierno de 2003 (4,07%) e inferior al registrado en los inviernos de 2002 (MOBIO 0209) (8,3%) y 2001 (MOBIO 0109) (5,1%) y representa un incremento mayor a un 80,5% respecto a los registrados en el periodo 1998-2000. Este valor se redujo en un 6,3% respecto al otoño de 2003 (MOBIO 0406) (5,2%) e incrementó en un 32,2% respecto al verano de 2003 (MOBIO 0403) (3,3%).

Los índices de densidad (ID) de anchoveta también presentan tres periodos:

- Entre el invierno de 1996 hasta la primavera de 1998, con valores que fluctuaron entre 105,7 y 191,2 t/mn<sup>2</sup> con mínimos de 46,8 t/mn<sup>2</sup> (MOBIO 9803), 82,6 t/mn<sup>2</sup> (MOBIO 9708) y 54,2 t/mn<sup>2</sup> (MOBIO 9808).
- A partir del otoño de 1999 (MOBIO 9905) y hasta el otoño de 2001 (MOBIO 0105) se registraron los valores más altos en los ID variando entre 415,5



t/mn<sup>2</sup> y 662,6 t/mn<sup>2</sup>, con un m3nimo en la primavera de 2000 (MOBIO 0009) en que se registr3 un ID de 66,7 t/mn<sup>2</sup>.

- Entre el invierno de 2001 (MOBIO 0109) y el invierno de 2002 (MOBIO 0209) se aprecia un periodo de estabilidad en este indicador, fluctuando entre 179,3 t/mn<sup>2</sup> y 230 t/mn<sup>2</sup>. En el verano de 2003 (MOBIO 0302), se vuelve a registrar un incremento en el ID, alcanzando un valor de 375,1 t/mn<sup>2</sup> que con la excepci3n de la situaci3n registrada en el oto3o de 2003 (Mobio 0305) se puede distinguir un periodo de crecimiento en el ID.

En el invierno el ID de anchoveta representa una disminuci3n del 12,8% respecto al mismo periodo de 2003 (324,4 t/mn<sup>2</sup>), constituy3ndose ambos valores en los mayores de la serie, siendo un 32,1% y 29,6% mayor que los inviernos de 2001 (MOBIO 0109) (192,0 t/mn<sup>2</sup>) y de 2002 (MOBIO 0209) (199,1 t/mn<sup>2</sup>). Este 3ndice se redujo en un 39,4% respecto al oto3o de 2004 (MOBIO 0406) (467,1 t/mn<sup>2</sup>) y se increment3 en un 12,9% en relaci3n al verano de 2004 (246,5 t/mn<sup>2</sup>).

El ID de jurel registrado desde 1996, presenta cuatro etapas,

- La primera entre 1996 y el invierno de 1998 (MOBIO 9808) en que sus valores variaron entre 8,9 y 52,1 t/m<sup>2</sup>, con un m3ximo de 110,7 t/m<sup>2</sup>;
- La segunda se present3 entre el invierno de 1999 (MOBIO 9909) y el oto3o de 2000 (MOBIO 0005) con ID entre 213,4 y 683,4 t/mn<sup>2</sup>,
- La tercera etapa se present3 entre los inviernos de 2000 y 2001 con ID que fluctuaron entre 80,2 y 195,4 t/mn<sup>2</sup>
- Una cuarta etapa que se presenta a partir de la primavera de 2001 (MOBIO 0112), que se caracteriza por una tendencia decreciente en los ID, variando entre 124,6 t/mn<sup>2</sup> en la primavera de 2001 y 50,0 t/mn<sup>2</sup> en la primavera de 2002 (MOBIO 0212).



El ID del jurel para la estaci3n de invierno presenta una reducci3n del 70,5% respecto al invierno de 2003 (123,3 t/mn<sup>2</sup>), el que a su vez correspondi3 al valor mas alto de los 3 inviernos anteriores (2001-MOBIO 0109) (67,9 t/mn<sup>2</sup>) y 2002-(MOBIO 0209) (65,8 t/mn<sup>2</sup>) y represent3 el valor mayor de la serie estacional desde el verano de 2002 (MOBIO 0202).



## IX. CONCLUSIONES

---

La zona de estudio durante el crucero de otoño 2004 registró en superficie condiciones normales de concentración de oxígeno disuelto y clorofila a, sin embargo, tanto la temperatura como la salinidad estuvieron bajo los promedios históricos, situación que alcanzó hasta los primeros 100 m de profundidad.

Durante el período de invierno, la zona abarcada se encontró bajo condiciones oceanográficas normales de acuerdo a los valores de anomalía de temperatura y salinidad, la distribución de distintas variables superficiales y verticales en comparación con la de períodos anteriores, aunque se registró un claro aumento en las concentraciones de clorofila.

Los dos períodos en estudio registraron vientos débiles, sin embargo, el de invierno tuvo vientos de una magnitud menor en relación a lo observado en períodos anteriores. Las magnitudes del viento durante el otoño fueron mayores en el sector oceánico, en cambio, fueron mayores en el costero durante el crucero de invierno.

Los índices de surgencia (IS), obtenidos de estaciones fijas en Antofagasta e Iquique entre febrero y octubre de 2004, mostraron que la magnitud de estos caracterizó dos períodos, febrero-mayo y junio-octubre. La estación de Antofagasta registró en el primer período una menor variabilidad de los IS, pero el segundo tuvo los máximos de todo el período. En la estación de Iquique hubo máximos valores y mayor variabilidad del IS que en el período febrero-mayo. Se encontró una buena asociación en las magnitudes de IS de Iquique y Antofagasta en el período completo, sin embargo, esta asociación fue más alta entre junio y octubre.



En los dos per3odos estacionales se registraron los habituales procesos de surgencia costera, desarroll3ndose a lo largo de la zona de estudio, sin embargo, en oto3o la mitad sur de la zona tuvo transporte Ekman hacia la costa, principalmente frente a Tocopilla.

Entre Arica y bah3a Moreno, tanto en oto3o como en invierno, el l3mite superior de la capa de m3nimo ox3geno disuelto estuvo en el rango de profundidad entre los 10 a 160 m, mientras que entre rada Paposos y Pichidangui (solo crucero de invierno) mostr3 un rango diferente, que estuvo entre los 50 y 250 m de profundidad.

La distribuci3n de clorofila a entre Arica y bah3a Moreno, en ambos per3odos, indic3 una condici3n de sistema productivo. Los resultados del modelamiento estad3stico GAM, que asocia las concentraciones de la clorofila total con la profundidad del disco Secchi, indic3 que existe una mayor probabilidad de encontrar altas concentraciones de clorofila en el periodo de oto3o. La contradicci3n entre lo se3alado por la distribuci3n de cloa y los resultados del modelamiento estad3stico GAM, radica en la mayor dispersi3n de los datos correspondientes al periodo de invierno.

La distribuci3n vertical de cloa en ambos periodos estacionales, mostr3 la presencia de n3cleos eutr3ficos que, en general, no superaron los 30 m de profundidad, con una extensi3n variable desde la costa hacia el oeste, pero que preferentemente se mantuvo dentro de las 10 millas n3uticas.

En la serie de las estaciones fijas no se registr3 el paso de ondas Kelvin en el a3o 2004, lo que era esperado para los dos 3ltimos meses del a3o. Las distribuciones de ox3geno disuelto y clorofila a, indicaron que el sistema estuvo bajo una condici3n de intensa producci3n biol3gica. La distribuci3n de temperatura en la serie del periodo 2003-2004 mostr3 una temperatura subsuperficial mayor entre



0,5 a 1°C mientras la salinidad mostr3 un rango de variaci3n menor de esta variable, ambas situaciones en relaci3n a la serie 1999 a 2002.

En relaci3n a las im3genes satelitales, la componente temporal indica que en t3rminos generales el per3odo abril-noviembre del 2004 es m3s fr3o que el de los a3os 2003 y 2002. No obstante lo anterior, hacia finales del mes de octubre y principalmente en noviembre, debido a un fuerte aumento en los registros de TSM, la estructura t3rmica superficial se encuentra en condiciones de normalidad

El an3lisis de la distribuci3n de los huevos y larvas de anchoveta y la temperatura indica que el ictioplancton muestra una cierta preferencia por los 15-18°C (en el caso de huevos) y de 16-19°C (en el caso de larvas).

De manera general, los huevos de anchoveta presentan distribuciones m3s costeras respecto a la que muestran las larvas, lo anterior implica que la repartici3n espacial de los CG de los huevos tambi3n se observen m3s restringidos a las primeras millas de la costa. Asimismo, tambi3n es importante destacar que en el per3odo de invierno los CG se encuentran en posiciones m3s oce3nicas que en oto3o debido a una mayor cobertura espacial del ictioplancton en esta 3poca.

Al emplear modelos aditivos generalizados qued3 en evidencia la relaci3n no lineal entre algunos de los factores de localizaci3n y oceanogr3ficos y la presencia huevos y larvas y la densidad de larvas de anchoveta en la zona norte del pa3s. Los modelos propuestos son capaces de explicar una fracci3n importante de la variabilidad en los datos, vale decir existe una ganancia substancial de los modelos que incorporan las covariables latitud, longitud, salinidad y temperatura superficial del mar frente a uno sin incorporar dichas variables explicatorias.





El efecto de las funciones suavizadas indica que si bien el desove se produce en todo el rango latitudinal analizado, el 1rea norte presenta condiciones m1s favorables para la presencia en mayores densidades de huevos y larvas. Se confirma claramente que 1ste es un proceso costero, en efecto longitudes localizadas al este de los 70°24'W tienen un impacto positivo gradual sobre la presencia y la densidad de huevos y larvas.

En cuanto a las condiciones oceanogr1ficas, temperaturas menores a los 18°C favorecieron la presencia de huevos y larvas de anchoveta, verific1ndose un efecto positivo sobre las densidades de huevos a temperaturas menores a los 16,5°; en tanto en larvas, los resultados indican que temperaturas en el intervalo de los 16° y 17°C tienen un efecto positivo en la densidad de larvas de anchoveta. Las salinidades en el intervalo de los 34,7 y 34,9 psu ejercen un efecto positivo sobre la densidad de huevos y larvas, mientras que salinidades superiores a los 35 psu presentar1an condiciones m1s favorables para la presencia de huevos y larvas. Asimismo, el an1lisis integrado de los a1os indica que la mayor probabilidad de 1xito de encontrar huevos y larvas de anchoveta correspondi3 al a1o 1997, mientras que las mayores densidades correspondieron al a1o 1998 para huevos y 2002 para larvas.

En ambos cruceros, las especies mas frecuentes fueron la anchoveta con el 56,9% de las observaciones ac1sticas en el oto1o y el 83,3% en el invierno y el jurel con el 26,9% en oto1o y el 11,4% en el invierno. Las otras especies detectadas, particularmente en el invierno tuvieron aportes marginales con un 1,8% (pez linterna), 0,9% (caballa) y un 0,4% (langostinos).

Los 1ndices de Cobertura (IC) de anchoveta, jurel, caballa y sardina espa1ola en el crucero MOBIO 0406 (junio 2004) fueron de 11,04%, 5,21%, 0,42% y 0,33% respectivamente.



Los índices de densidad (ID) ( $t/mn^2$ ) en el otoño para anchoveta y jurel alcanzaron a  $467,1 t/mn^2$  y  $301,7 t/mn^2$ , respectivamente; mientras que la sardina española registró un ID de sólo  $55,1 t/mn^2$  y la caballa de  $121,7 t/mn^2$ .

En invierno de 2004 para la zona comprendida entre Arica y Antofagasta, el ID fue de  $282,88$  (anchoveta);  $36,36$  (jurel) y  $43,38 t/mn^2$  (caballa). Entre Antofagasta y Pichidangui, el ID para las tres especies, presentó incrementos relativos, lo que agregado a la reducción del IC demuestra un mayor grado de agregación de los recursos, siendo de  $495,06$  (anchoveta);  $67,32$  (jurel) y  $14,91 t/mn^2$  (caballa).

En el invierno el ID de anchoveta representa una disminución del  $12,8\%$  respecto al mismo periodo de 2003 ( $324,4 t/mn^2$ ), constituyéndose ambos valores en los mayores de la serie, siendo un  $32,1\%$  y  $29,6\%$  mayor que los inviernos de 2001 (MOBIO 0109) ( $192,0 t/mn^2$ ) y de 2002 (MOBIO 0209) ( $199,1 t/mn^2$ ). Este índice se redujo en un  $39,4\%$  respecto al otoño de 2004 (MOBIO 0406) ( $467,1 t/mn^2$ ) y se incrementó en un  $12,9\%$  en relación al verano de 2004 ( $246,5 t/mn^2$ ).



## X. BASE DE DATOS

---

La estructura de las bases de datos, con toda la informaci3n b3sica que se obtuvo durante la ejecuci3n del proyecto FIP N° 2004 - 01 "Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanogr3ficas en la I y IV Regiones, a±o 2004", se encuentra almacenada en registros magn3ticos. Los archivos y el formato de grabaci3n de cada una de las componentes del proyecto se detallan a continuaci3n.

### 1. Datos oceanogr3ficos y meteorol3gicos

La informaci3n oceanogr3fica y meteorol3gica de cada una de las estaciones bio - oceanogr3ficas realizadas durante los cruceros de monitoreo, se encuentran en los siguientes archivos: **CRUCE469** y **CRUCE471**, 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

<b>Campo</b>	<b>Columna de inicio</b>	<b>Formato</b>
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
máxima profundidad	40	E 2
n° observaciones	42	E 2
trans. Secchi	44	E 2
direcci3n olas	46	E 2
altura olas	48	E 1
período olas	49	E 1
direcci3n viento	50	E 2
velocidad viento	52	E 2
presi3n barométrica	54	R 3.1
bulbo seco	57	R 3.1
bulbo húmedo	60	R 3.1
tiempo	63	E 2



---

<b>Campo</b>	<b>Columna de inicio</b>	<b>Formato</b>
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

identificaci3n	1	35 (Repetici3n)
profundidad (m)	36	E 4
temperatura (°C)	40	R 4.2
salinidad	44	R 5.3
ox3geno (ml/l)	49	R 4.4
control	80	E 1

---

**Observaciones:**

Formato tipo: A n: Alfanum3rico

E n: Entero

R n: Real sin el punto (ej. 34.356 en formato R 5.3 es 34356)

n: N3mero de columnas

Columna 28 y 29 - c3digos instituci3n : 01=SHOA, 02=IFOP, 03=UCV, 04=SSP y  
05=otros

Columna 76 - c3digos del tipo de datos: B = botellas, C = CTD

Columna 80 - c3digo control : 1 identificaci3n de la estaci3n y 2 3ltimo  
dato observado



Los datos meteorol3gicos se encuentran codificados de acuerdo las normas y c3digos del NODC.

## 2. Pigmentos vegetales

La informaci3n de pigmentos vegetales de cada una de las estaciones bio-oceanogr3ficas que se realizaron durante los cruceros estacionales de monitoreo 2004, se almacenaron en los siguientes archivos:

Cru-469-clo.xls y Cru-471-clo.xls, respectivamente, y cuyo formato de grabaci3n se detalla a continuaci3n.

### Descriptor

Crucero de otoño	cru-469- clo
Crucero de invierno	cru-471- clo

### Nombre del archivo

cru-469- clo: indica el n3mero del crucero - variable clorofila

### Estructura interna:

Columna A	crucero	n3mero de crucero
Columna B	est	estaci3n
Columna C	prof	profundidad
Columna D	cloa	clorofila a en µg/L
Columna E	feop	feopigmentos en µg/L



### **3. Datos de temperatura, salinidad, ox3geno y clorofila a en las estaciones fijas**

La informaci3n de temperatura, salinidad, ox3geno y clorofila a en las estaciones fijas de vigilancia mensual, de las localidades de Arica, Iquique y Mejillones para el per3odo mayo a diciembre 2004, se entrega en los siguientes archivos:

#### **Datos de temperatura, salinidad, ox3geno y clorofila a en las estaciones fijas.**

La informaci3n de temperatura, salinidad, ox3geno y clorofila a en las estaciones fijas de vigilancia mensual, de las localidades de Arica, Iquique y Mejillones para el per3odo mayo 2004 a diciembre 2004, se entrega en los siguientes archivos:

FIJAS FIP2004-01-FISICA.XLS : Temperatura y salinidad

FIJAS FIP2004-01-QUIMICA.XLS : Ox3geno disuelto y clorofila

**Descriptor: FIJAS FIP2004-01-FISICA.XLS    Descriptor: FIJAS FIP2004-01-QUIMICA.XLS**

Columna A : estaci3n fija

Columna B: profundidad

Columna C: temperatura

Columna D: salinidad

Columna E: d3a

Columna F: mes

Columna G: a3o

Estaci3n fija :    100 = Arica            200 = Iquique

Columna A : estaci3n fija

Columna B: profundidad

Columna C: ox3geno

Columna D: clorofila

Columna E: d3a

Columna F: mes

Columna G: a3o

300 = Mejillones



#### 4. Registros de Huevos y Larvas de Peces

La informaci3n ictioplanct3nica de cada una de las estaciones realizadas durante los cruceros estacionales de monitoreo 2004, se almacenaron en los siguientes archivos:

**Otoño: Cru469 e Invierno: Cru471**, y cuyo formato de grabaci3n se detalla a continuaci3n:

Columna	Tipo de informaci3n
1	C3digo estaci3n
2,3,4	Año, Mes y d3a
5 y 6	Hora estaci3n: hora, minutos
7	Latitud grados
8	Latitud minutos
9	Longitud grados
10	Longitud minutos
11	C3digo Red
12	Abertura de mallas de la red, en micras
13	Profundidad (m)
14	C3digo fluj3metro
15	Nº Final Revoluciones
16 y 17	Tiempo Calado minuto, segundo
18 y 19	Tiempo Virado minuto, segundo
20	Metros Cable arriado
21	Angulo cable
22	Temperatura 0m (°C)
23	Salinidad 0m (ups)
24	Huevos de Sardina
25	Huevos de Anchoveta
26	Huevos de Jurel
27	Huevos de Caballa
28	Huevos de otras especies
29	Larvas de sardina
30	Larvas de Anchoveta
31	Larvas de Jurel
32	Larvas de Caballa
33	Larvas de otras especies
34	Biomasa zooplanct3nica





## 5. Registros Acústicos

La informaci3n concerniente al monitoreo acústico de los cruceros estacionales de monitoreo están contenidos en dos tipos de archivos: Bioma y Posic.

La base de datos acústicos est3 organizada por una carpeta por cada crucero. En cada carpeta hay dos grupos de archivos cuyos nombres son del tipo:

Biomaxxx.dat	Contiene los datos de las lecturas acústicas
Posicxxx.dat	Contiene los datos de posici3n de las UBM

donde : xxx representa el númerode la transecta.

La descripci3n de los datos en los archivos tipo Biomaxxx.dat es la siguiente:

Columna	Tipo	Longitud	Decimales	Descripci3n
1	Numérico	3	0	Número de la UBM
2	Numérico	1	0	Especie (Nota 1)
3	Numérico	1	0	Agregacion (Nota 2)
4	Numérico	1	0	Ecosonda (Nota 3)
5	Numérico	3	0	Prof. Superior (m) de la agregacion
6	Numérico	3	0	Prof. Inferior (m) de la agregacion
7	Numérico	7	0	Lectura acústica - Sa (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )



Nota 1: Especie:     0 = Otros  
                      1 = Sardina  
                      2 = Jurel  
                      3 = Anchoveta  
                      4 = Caballa

Nota 2: Agregaci3n:   1 = Cardumen  
                          2 = Estratos  
                          3 = Disperso  
                          4 = individual

Nota 3: Ecosonda:    1 = 38 KHz  
                          2 = 120 KHz  
                          3 = 200 KHz

Del mismo modo, la descripci3n de los datos en los archivos tipo Posicxxx.dat es la siguiente:

Columna	Tipo	Longitud	Decimales	Descripci3n
1	Num3rico	3	0	N3mero de la UBM
2	Num3rico	8	0	Fecha (AAAAMMDD)
3	Num3rico	8	0	Hora (HHMMSSss)
4	Num3rico	7	2	Latitud (GGMM.mm)
5	Caracter	1		N = Norte     S = sur
6	Num3rico	8	2	Longitud (GGGMM.mm)
7	Caracter	3		E = Este     W = West



- A : Año
- M : Mes /Minuto
- D : Día
- G : Grados de Latitud / Longitud
- S : Segundo
- m : décimas de minuto
- s : décimas de segundo

## 6. Ictioplancton y biomasa mensual

### Ictioplancton y biomasa mensual

La información ictioplanctónica y la biomasa zooplanctónica obtenida en forma mensual a través de muestreos continuos con red WP-2, se encuentra almacenada en el archivo baseplancton\_costera.xls, cuyo formato de grabación se encuentra en hojas separadas para Arica, Iquique y Mejillones y es el siguiente:

Columna	Tipo de información
A	Mes
B	Fecha
C	Huevos de sardina
D	Huevos de anchoveta
E	Huevos de jurel
F	Huevos de caballa
G	Larvas de sardina
H	Larvas de anchoveta
I	Larvas de jurel
J	Larvas de caballa
K	Biomasa zooplanctónica



La informaci3n ictioplanct3nica y la biomasa zooplanct3nica obtenida en forma mensual a trav3s de muestreos estratificados con Red WP-2 estratificada, se encuentra almacenada en el archivo baseplancton\_costera\_estratos.xls, cuyo formato de grabaci3n es el siguiente

Columna	Tipo de informaci3n
A	Mes
B	Fecha
C	Arica Huevos de anchoveta, estrato 0-10 metros
D	Arica Huevos de anchoveta, estrato 10-25 metros
E	Arica Larvas de anchoveta, estrato 0-10 metros
F	Arica Larvas de anchoveta, estrato 10-25 metros
G	Arica Biomasa zooplanct3nica, estrato 0-10 metros
H	Arica Biomasa zooplanct3nica, estrato 10-25 metros
I	Iquique Huevos de anchoveta, estrato 0-10 metros
J	Iquique Huevos de anchoveta, estrato 10-25 metros
K	Iquique Huevos de anchoveta, estrato 25-50 metros
L	Iquique Larvas de anchoveta, estrato 0-10 metros
M	Iquique Larvas de anchoveta, estrato 10-25 metros
N	Iquique Larvas de anchoveta, estrato 25-50 metros
O	Iquique Biomasa zooplanct3nica, estrato 0-10 metros
P	Iquique Biomasa zooplanct3nica, estrato 10-25 metros
Q	Iquique Biomasa zooplanct3nica, estrato 25-50 metros
R	Mejillones Huevos de anchoveta, estrato 0-10 metros
S	Mejillones Huevos de anchoveta, estrato 10-25 metros
T	Mejillones Huevos de anchoveta, estrato 25-50 metros
U	Mejillones Larvas de anchoveta, estrato 0-10 metros
V	Mejillones Larvas de anchoveta, estrato 10-25 metros
W	Mejillones Larvas de anchoveta, estrato 25-50 metros
X	Mejillones Biomasa zooplanct3nica, estrato 0-10 metros
Y	Mejillones Biomasa zooplanct3nica, estrato 10-25 metros
Z	Mejillones Biomasa zooplanct3nica, estrato 25-50 metros



## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Aron, A.1980. Taxonomía, Distribuci3n y Abundancia de las larvas de Peces en la bahía de Concepci3n (36°04'S, 73°02'W), Chile. Tesis para optar al título de Bi3logo Marino. Universidad de Concepci3n.68 p.

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.

BAC 165. Boletín de Alerta Climático. Junio 2004. Comisi3n Permanente del Pacífico Sur.

BAC 167. Boletín de Alerta Climático. Agosto 2004. Comisi3n Permanente del Pacífico Sur.

BAC 169. Boletín de Alerta Climático. Octubre 2004. Comisi3n Permanente del Pacífico Sur.

BAC 170. Boletín de Alerta Climático. Noviembre 2004. Comisi3n Permanente del Pacífico Sur.

Bakun, A. & Nelson, C. S. (1991). The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. *Journal of Physical Oceanography*, 21, 1815-1834.

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. (1985). Comparative studies and the recruitment problem: Searching for generalizations. CalCOFI Rep., XXVI.
- Balbontín, F.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
- Barría, P.; A. Aranís; S. Mora; G. Böhm., V. Catasti; G. Muñoz, H. Peña; C. González, F. Vejar y S. Núñez. 2001. Monitoreo de las capturas de jurel, 2000. Informe Final Proyecto FIP N° 2000-02 123 pp + figura.
- Barbieri, M. A., E. Yáñez, M. Farías y R. Aguilera. 1989. Determination of probable fishing areas for albacore in Chile's central zone. *In*: IGARSS'89, Quantitative Remote Sensing: An Economic Tool for the Nineties, IEEE Publ., Vol. 4: 2447-2450.
- 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.
- Bilbao, P. 1992. Características físicas del fenómeno de El Niño 1982-1983 en la costa de Chile. Tesis de oceanografía . Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile.
- Blanco, J. L. 1996. Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile. Informe interno para IFOP.



Blanco, J. L. & M. Díaz. 1985. Características oceanográficas y desarrollo de El Niño 1982-83 en la zona norte de Chile. Invest. Pesq. (Chile) 32: 53-60.

Blanco, J. L. A. C. Thomas, M. E. Carr & P. T Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographics conditions in the upwelling region off northern Chile. J. Geophys. Res., 106, C6, 11451-11467.

Blanco J. L., M. Carr, A. Thomas & P. Strub, 2002. Hydrographic conditions off northern Chile during the 1996-1998 La Niña and El Niño events. J. Geophys. Res., 107, C3.

Boltovskoy, 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP. Mar del Plata, Argentina.

Braun, M., J. L. Blanco, J. Osses y J. Castillo. 1998. Monitoreo mensual de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final FIP N°96-07. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 128 pp + Tablas y Figuras.

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.; H. Reyes; J. Osses; J. Castillo y V. Catasti. 2001. Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2000. Informe Final FIP N°2000-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).



- Braun, M.; H. Reyes; J. Osses, J. Castillo y V. Catasti. 2002. Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP N°2001-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).
- Braun, M.; H. Reyes; J. Osses, J. Castillo y V. Catasti. 2002. Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP N°2001-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).
- Braun, M.; H. Reyes, V. Valenzuela, E. Pizarro, J. Castillo y V. Catasti. 2003a. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2002. Primer Informe de Avance FIP N°2003-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 78 p + Anexos.
- Braun, M.; H. Reyes, V. Valenzuela, E. Pizarro, J. Castillo y V. Catasti. 2003b. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2002. Segundo Informe de Avance FIP N°2003-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 100 p + Anexos.
- Braun, M.; H. Reyes, V. Valenzuela, E. Pizarro, J. Castillo y V. Catasti. 2004. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2002. Informe Final FIP N° 2002-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 183 p + Anexos.
- Braun, M.; H. Reyes, V. Valenzuela, E. Pizarro, J. Castillo y V. Catasti. 2003b. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2002. Segundo Informe de Avance FIP N°2003-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 100 p + Anexos.
- 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.





- Ca3n3n, J. R. 1986. Variabilidad ambiental en relaci3n con la pesquería pelágica de la zona norte de Chile. In: "La pesca en Chile", P. Arana (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso:195 – 205.
- Carpenter, J.H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. And Oceanogr.*, 10:141-143.
- Castillo, M. 2003. Influencia de oscilaciones oceánicas de origen ecuatorial en las fluctuaciones de baja frecuencia de las corrientes y nivel del mar a lo largo de la costa de Chile central. Tesis para optar al título de ocean3grafo. Universidad Cat3lica de Valparaíso, 103 pp.
- Castillo, J., J. L. Blanco, H. Reyes, M. Braun, H. Reyes y H. Robotham. 1993. Evaluaci3n directa del stock de sardina espa3ola, anchoveta y jurel (I a IV regiones). Informe Final FIP-IT/93-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 108p + anexos.
- Castillo, J., M. Barbieri, A. Paillamán, U. Parker, J. L. Blanco, H. Reyes, M. Braun y J. Osses. 1995. Evaluaci3n hidroacústica de los stocks de sardina espa3ola, anchoveta y jurel en la zona norte, I a IV regiones. Informe Final FIP. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 152 p + Tablas, figuras y anexo.
- Castillo, J., M.A. Barbieri and J. González. 2004. Relationship between sea surface temperature, salinity and pelagic fish distribution off northern Chile. *ICES Journal of Marine Sciences*, 53: 139-146.
- Castillo, J., M. Barbieri, J. C3rdova, S. Lillo, U. Parker, J. L. Blanco, M. Braun y J. Osses. 1996. Evaluaci3n Hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina espa3ola de las regiones I a IV. Informe Final FIP-IT95-03. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 165 p + Tablas y figuras.



Castillo, J. y O. Guzmán. 1985. Variaciones de la distribución espacial de la sardina española y jurel durante El Niño 1982-83. *Inv. Pes. (Chile)*, 32: 79-93.

Castillo, J., J. Córdoba., M. Espejo, M. Barbieri, V. Catasti, J. Osses, H. Reyes y P. Barría. 2000. Evaluación del reclutamiento de anchoveta en la I y II Regiones. 1999. Proyecto FIP 1999-11. 136 pp.

Checkley, D.M., Jr., P.B. Ortner, L.R. Settle, and S.R. Cummings. 1997. A continuous, underway fish egg sampler. *Fish. Oceanogr.* 6:58-73.

Chiechowski, 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.

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. (219p).

CPC/NOAA, 2004a, [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/bulletin/index.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin/index.html), revisado junio 2004

CPC/NOAA, 2004b, [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/bulletin/index.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin/index.html), revisado diciembre 2004

CPC/NOAA, 2004d, [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/bulletin/index.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin/index.html), revisado octubre 2004

Eastman, J.R. 1995. IDRISI for windows: User's Guide. Clark University, MA-USA, 372 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.
- 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.
- Fonseca, T. 1985. Efectos físicos del fenómeno El Niño 1982-1983 en la costa chilena. Invest. Pesq. (Chile) 32.
- Frontier, S. 1966. Zooplancton de la región Nosy-Bé I ( Programa des recortes et techniques d'étude. II). Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah orston (Oceanog.), 4(3):3-37.
- 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.
- García, M. 1993. Fluctuaciones ambientales y su relación con pesquerías pelágicas del Pacífico suroriental. Tesis para optar al título de Ingeniero Pesquero. Esc. Cs. del Mar, UCV. Valparaíso. 104 pp.
- 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.



- Greenwood, P., D. Rose, S. Weitzman y G. Myers. 1966. Phyletic studies of teleostean fishes, with a provisional classification of living forms. *An. Mus. Nat. Hist.*, Bull 131(4):341-455.
- Guzm3n, O., J. Castillo, S. Lillo, P. Pineda, L. Rodr3guez e Y. Giakoni. 1983. Estudio de recursos Pel3gicos. Programa Monitoreo de los recursos Pel3gicos 1. Prospecci3n zona Arica-Coquimbo.
- Hastie, T. J. & R. Tibshirani, 1990. *Generalized Additive Models*. London. Chapman and Hall.
- Hormaz3bal, S. 1994. Caracter3sticas de la circulaci3n oce3nica y costera frente a Coquimbo Chile (30°S). Tesis para optar al t3tulo de Ocean3grafo, Universidad Cat3lica de Valpara3so, 131 pp.
- Jacob, B. 2002. Variabilidad espacio temporal de las condiciones oceanogr3ficas f3sicas y biol3gicas asociadas a la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona norte de Chile, durante los per3odos pre El Ni3o (1995-96) y El Ni3o (1997-98). Tesis para optar al t3tulo de Ingeniero de Ejecuci3n en Pesca y Acuicultura. Univ. del Mar.
- Krzanowski, W. 1998. *An Introduction to Statistical Modelling*. Arnold., London.
- Letelier, J. 1998. Estudio de la variabilidad de los eventos de surgencia, entre Arica (18°19'S;70°19'W) y Tocopilla (22°05'S;70°11'W), observado en im3genes satelites durante febrero y marzo de 1991 y 1992. Tesis para optar al t3tulo de Ocean3grafo. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Cat3lica de Valpara3so.
- Lohrenz, S. E., D. Wiesenburg, I. P. De Palma, K. S. Johnson 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.

Maravelias, C. y D. Reid. 1995. Relationship between herring (*Clupea harengus*) distribution and sea surface salinity and temperature in the northern North Sea. *Sci. Mar.*, 59: 427-438.

Mamayev, O. I.. 1973. Water masses of the south East Pacific Ocean. *Oceanography of the South Pacific 1972*, 71-99.

Mamayev, O. I. 1975. Water masses of the south East Pacific Ocean. En: R. Fraser, (ed.). *Oceanography of the South Pacific 1972. Papers presented at the International Symposium on the Oceanography of the South Pacific, Wellington, New Zealand, 9–12 February 1972.* Wellington, New Zealand National Commission for UNESCO, pp. 71–99.

McCullagh, P. & J. A. Nelder. 1989. *Generalized Linear Models.* New York:Chapman and Hall. 261.p

Martínez, C., L. Caballero, G. Bohm, J. Oliva, R. Gili, V. Bocio, P. Barría y R. Serra. 1992. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales: Pesquerías pelágicas zona norte. CORFO – IFOP, Chile, SGI-IFOP. 92 / 1, 51 pp.

Martinez, C., L. Caballero, G. Böhm, J. Oliva, V. Fernandez, S. Peña, R. Gili, H. Hidalgo, P. Barria, R. Serra y M. Nilo. 1995. diagnóstico de las principales pesquerías pelágicas zona norte 1994. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. Chile. 135 p.

Martínez, C., G. Böhm, L. Caballero, A. Aranís, M. Cortéz, E. Díaz, F. Cerna, V. Bocio, L. Muñoz, A. López, C. Canales, Z. Young, M. Nilo, E. Palta. 2003. Programa: Seguimiento del Estado de Situación de las Principales



Pesquerías Nacionales. Proyecto: Investigaci3n de la Situaci3n de la Pesquería Pelágica de la Zona Norte, 2003. Convenio SUBPESCA - IFOP. Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile.

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.

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.

Montecinos, A. 1991. Efecto del Fen3meno El Niño en los vientos favorables a la surgencia costera en la zona norte de Chile. Valparaíso: Departamento de Oceanografía, Universidad Cat3lica de Valparaíso.

Morales, C.; J. L. Blanco; M. Braun; H. Reyes and N. Silva. (1996). Chlorophyll-a distribution and associated oceanographic conditions in the upwelling region off Chile during the winter and spring 1993. Deep-Sea Research I; Vol. 43, N3, pp. 267-289.

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 C. E., J. L. Blanco, M. Braun and N. Silva. 2001. Chlorophyll-a distribution and mesoscale physical process in upwelling and adjacent oceanic zones off northern Chile (summer-autumn 1994). J. Mar. Biol. Ass. U. K., 81, 193-206.



- 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.
- Narváez, D. 2000. Observaciones de v3rtices de mesoescala frente a la costa norte de Chile utilizando altimetra satelital y datos hidrograficos. Tesis para optar al título de Ocean3grafo, Universidad Cat3lica de Valparaíso, 47 pp.
- Neter J., W. Wasserman & M. Kutner. 1990. Applied Linear Statistical Models. 3<sup>rd</sup> ed. R. D. IRWIN, INC. 1181 p.
- NODC. 1991. Key to Oceanographic Record Documentation N14. National Oceanographic Data Center. NOAA. USA.
- Olivar, M.P. and J.M.Fortuño.1991.Guide to Ichthyoplankton of the southeast Atlantic (Benguela Current Region) SCI. Mar., 55(1):1-383.
- Oliva, J., C. Montenegro, M. Braun, O. Rojas, E. Díaz, V. Catasti, H. Reyes y P. Barría. 2002. Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta a través del método de producci3n de huevos. Año 2001. Informe Final Proyecto FIP No 2001-10. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso.
- Oliva, J., H. Reyes, V. Baros, E. Díaz, C. Montenegro, V. Catasti, G. Claramunt, G. Herrea, J. Pizarro, P. Pizarro y S. Soto. 2003. Evaluaci3n del stock desovante de anchoveta a través del método de producci3n de huevos. Año 2002. Informe Final Proyecto FIP No 2002-10. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso.
- Ortiz, P. 1998. Fluctuaciones espacio temporales de las características físicas y químicas del agua de mar frente a Coquimbo. (30S). Tesis para optar al título de ocean3grafo. Universidad Cat3lica de Valparaíso, 86 pp.



- 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.
- 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.
- Pennington, M. 1986. Some statistical tecniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. (U.S.) 84:519-525.
- 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.
- Pizarro, O., S. Hormazabál, A. González y E. Yañez. 1994. Variabilidad del viento, nivel del mar y temperatura en la costa norte de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 22:85-101.
- PROFC, 2004a. Boletín Oceanográfico COPAS–PROFC, Junio 2004. <http://www.profc.udec.cl/boletin/intro.htm> , revisado Julio 2004).
- PROFC, 2004b. Boletín Oceanográfico COPAS–PROFC, Agosto 2004. <http://www.profc.udec.cl/boletin/intro.htm> , revisado Septiembre 2004).
- Reynolds, R. 1982. A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Techival Report NNS-31, National Metereological Center, NOAA, Silver Springs, Md.





- Robles, F., E. Alarcón & A. Ulloa. 1974. Las masas de agua en la región norte de Chile y sus variaciones en un período frío (1967) y en períodos cálidos (1969, 1971-1973). Contribución del Instituto de Fomento Pesquero de Chile en la Reunión de trabajo sobre el fenómeno "El Niño". Guayaquil, Ecuador, 1974. 145 pp.
- Rojas, O. Y A. Mujica. 1981. Delimitación de las áreas de desove, prereclutamiento y estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces pelágicos de importancia económica. Santiago, Chile, IFOP:82 p.
- Rojas, O., A. Mujica, M. Labra, G. Ledermann y H. Miles.1983. Estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. AP83/31. Santiago, Chile, IFOP-80p.
- Rojas, R. & N. Silva. 1996. Atlas Oceanográfico de Chile. (18°21'S - 50°00'S). Volumen 1. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. 234 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.
- Sakamoto, Y., Ishiguro, M., and Kitagawa G., 1986. Akaike Information Criterion Statistics. D. Reidel Publishing Company
- SERNAPESCA. 2001. Anuario Estadístico de Pesca. Serv. Nac. De Pesca, Chile.



- Shaffer G., S. Salinas, O. Pizarro, A. Vega & S. Hormazabal. 1995. Currents in the deep ocean off Chile (30°S). *Deep-Sea Res.* Vol 42 (4), pp 425 - 436.
- Shaffer G., S. Hormazabal, O. Pizarro & S. Salinas. 1999. Seasonal and interannual variability of currents and temperature off central Chile. *J. Geophys. Res.*, 104, C12. 29951 - 29961.
- 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.
- Silva, C. E., Yáñez, M.A. Barbieri, K. Nieto, V. Mimica, F. Espíndola y J. Acevedo. 1999. "Exploring the association between small pelagic fisheries and SEAWIFS chlorophyll and AVHRR sea surface temperature in the north of Chile". In: Proceedings of the Sixth International Conference: Remote sensing for Marine and Coastal Environments, Charleston, South Carolina, USA, VOLUMEN II: 81- 88.
- Silva, C., E. Yáñez. 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.
- Smith P. E., W. Flerx and R. P. Hewitt. 1985. The CalCOFI vertical egg tow (CalVET) net. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 27- 32.



- 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.
- Stéfansson, G. 1996. Analysis of groundfish survey abundance data; combining the GLM and delta approaches ICES J. Mar. Sci. 53: 577-588
- Strub, P., P. Kosro y A. Huyer. 1991. The nature of the filaments in the California Current System. J. Geophys. Res., 96: 14743 – 14768.
- Thomas, A. 1994. Comparaison of the seasonal and interannual variability of phytoplankton pigment concentration in the Peru and California Current systems. J. Geophys. Res., 99, C4, 7355-7370.
- Thomas, A. 1999. Seasonal distributions of satellite-measured phytoplankton pigment concentration along the Chilean coast. J. Geophys. Res., 104, C11, 25877
- UNESCO, 1981a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°36.
- UNESCO, 1981b. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°37.
- UNESCO, 1981c. Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.
- Yañez, E., A. Gonzalez y M. A. Barbieri. 1995. Estructura térmica superficial del mar asociada a la distribución espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. Invest. Mar., Valparaíso, 23: 123 - 147.



Yáñez. E., V. Catasti, M. A. Barbieri y G. Böhm. 1996. Relaciones entre la distribución de recursos pelágicos pequeños y la temperatura superficial del mar registrada con satélites NOAA en la zona central de Chile. Invest. Mar, Valparaíso, 24: 107- 122.

Yáñez E.; C. Canales; M. A. Barbieri; A. González y V. Catasti. 1993. Estandarización del esfuerzo de pesca y distribución espacial e interanual de la CPUE de anchoveta y sardina en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. En: Invest. Mar., Valparaíso, 21: 111-132.

Zar, J. 1974. Biostatistical Análisis. Prentice-Hall. 620 p.

# FIGURAS

---

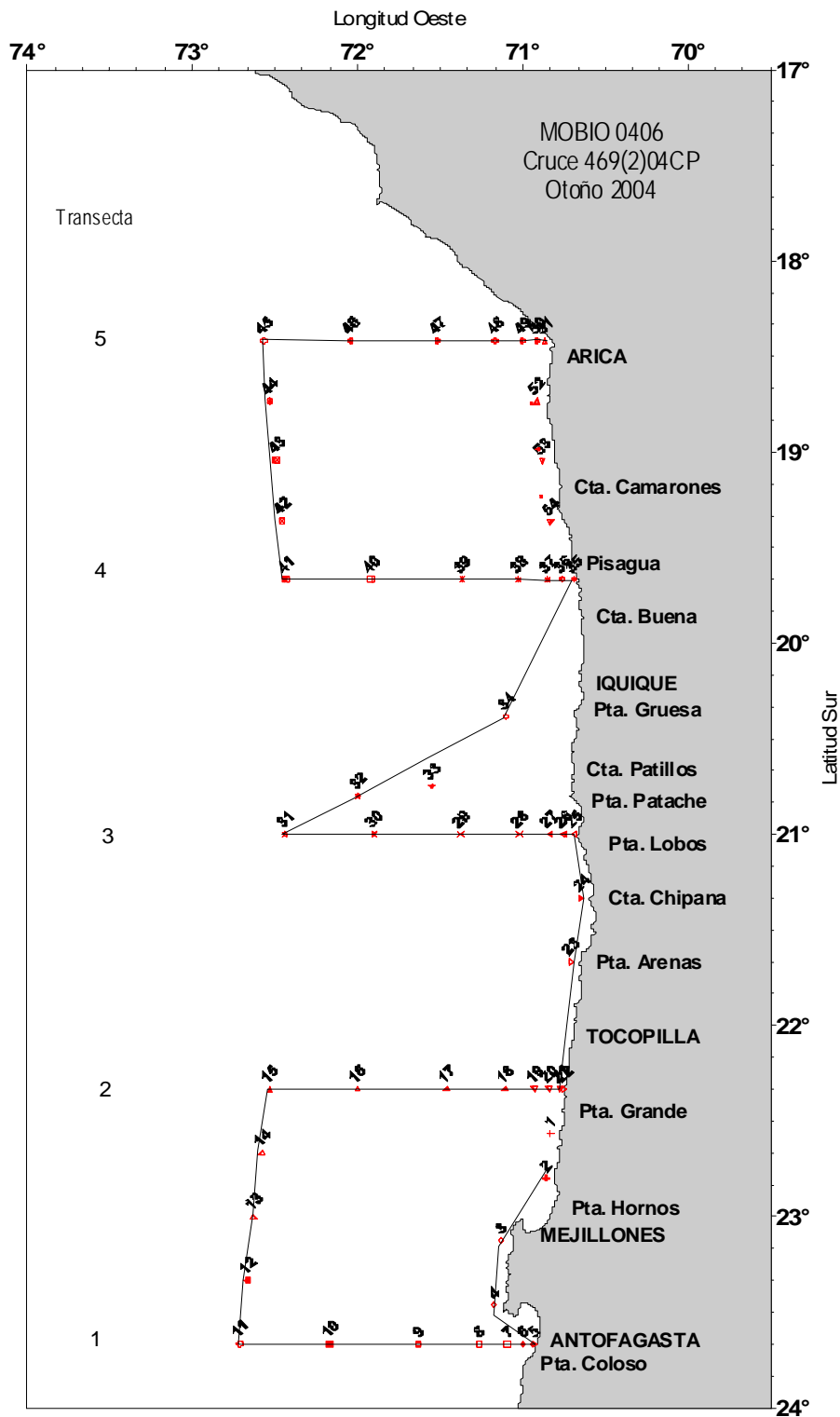


Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MOBIO 0406 - Otoño 2004.

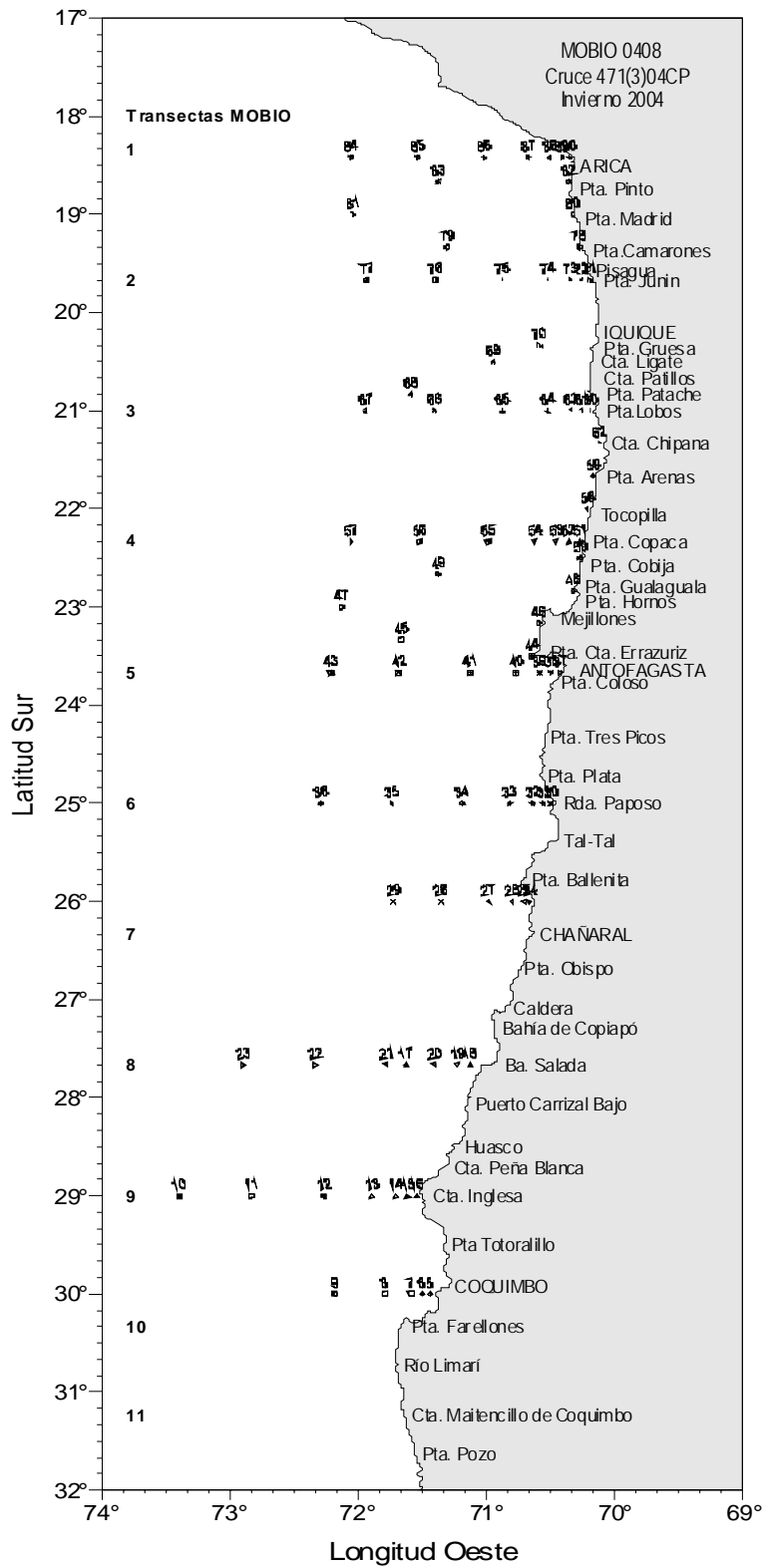


Figura 2. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.

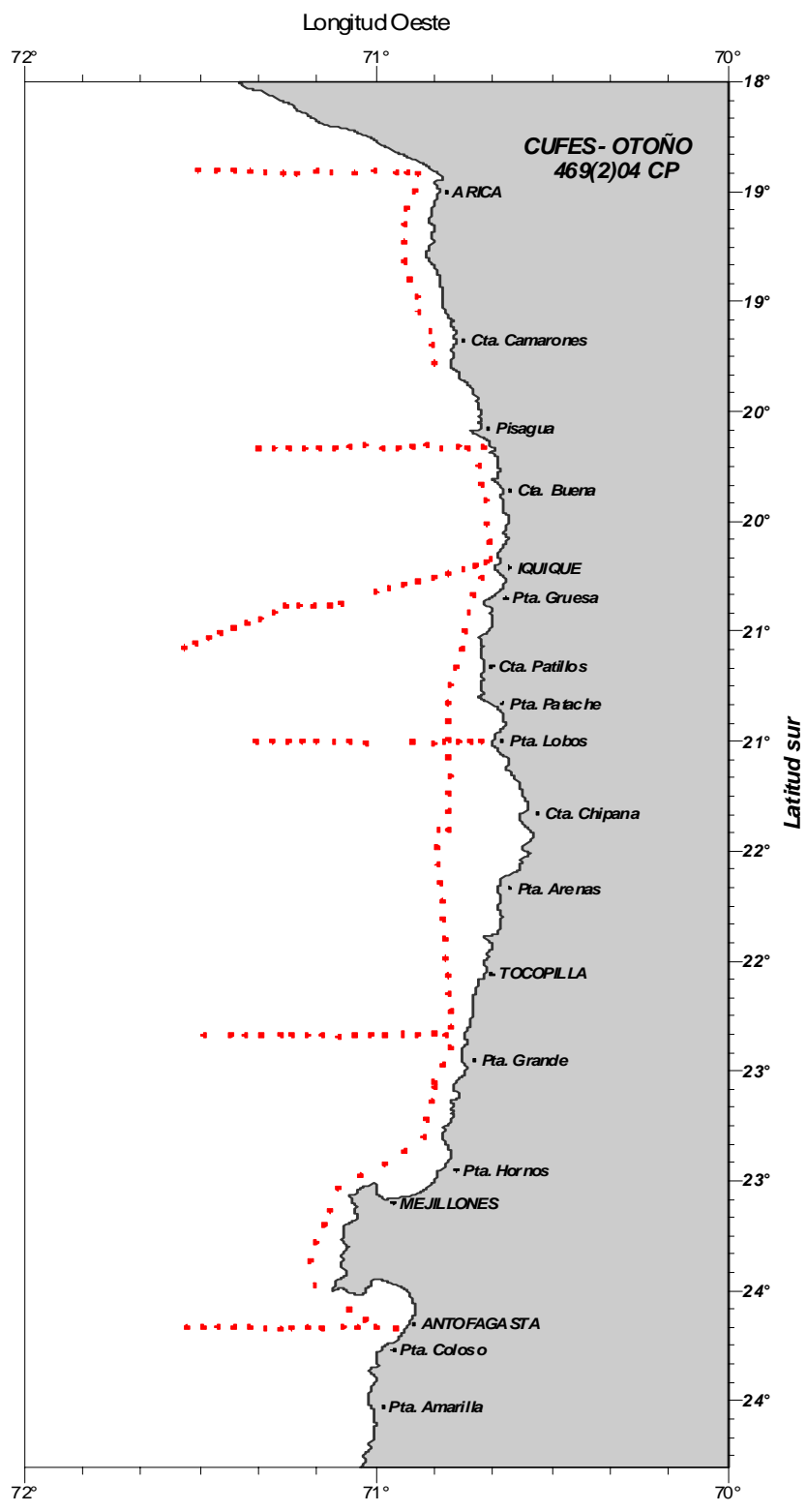


Figura 3. Posición geográfica de las estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0406 - Otoño 2004.



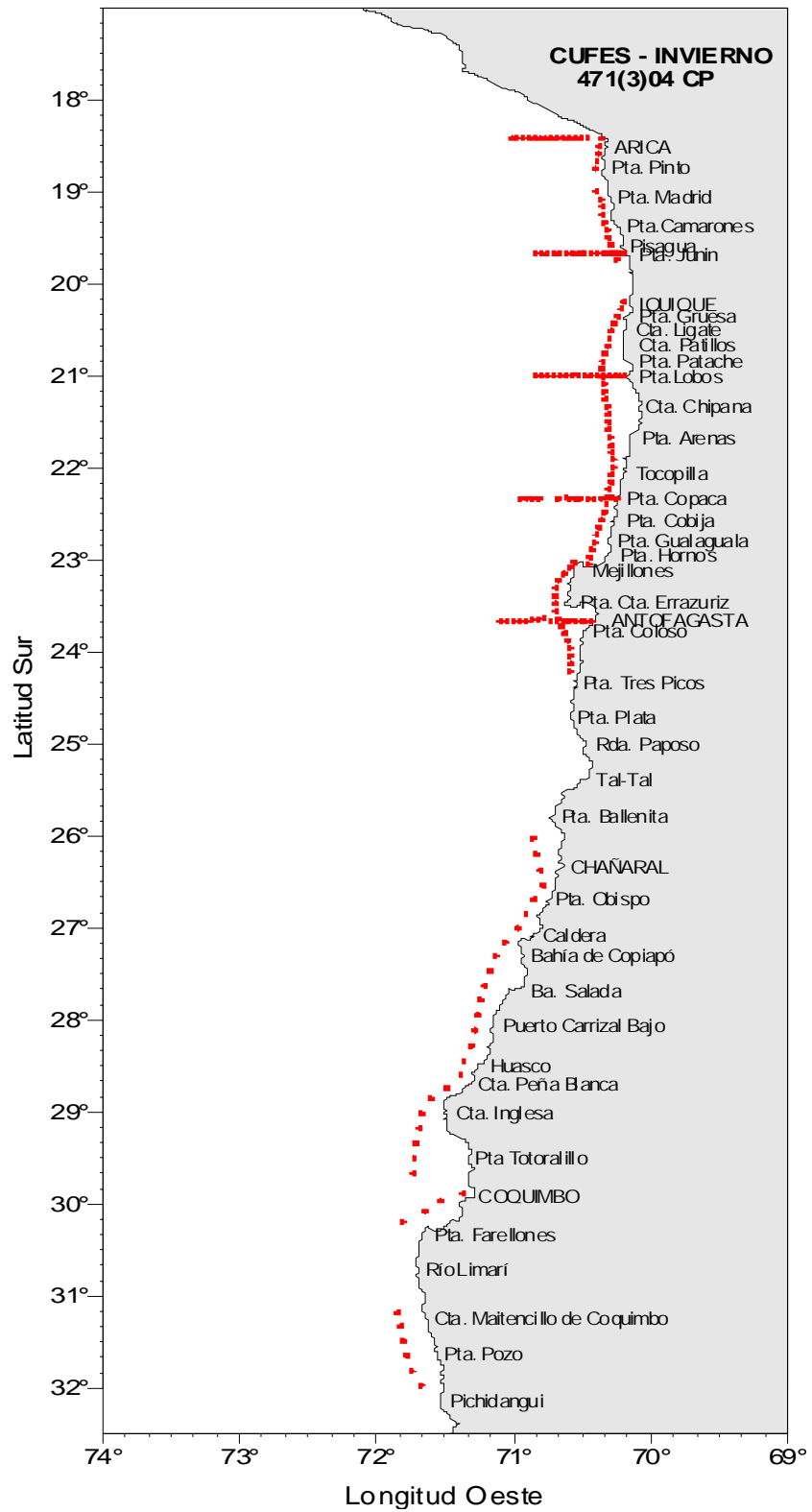
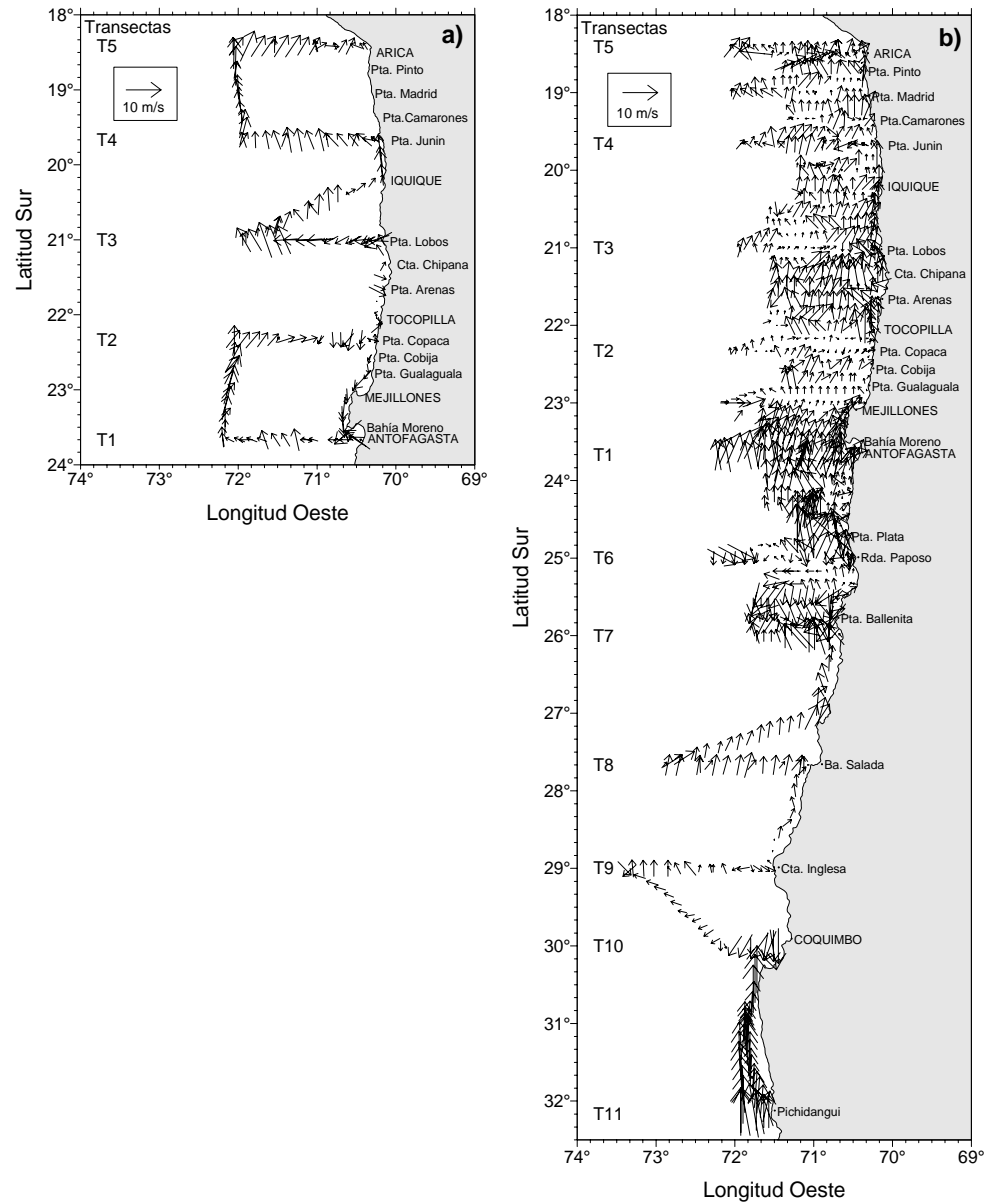


Figura 4. Posición geográfica de las estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.



**Figura 5.** Dirección e intensidad del viento (m/s) registrado cada una hora sobre el track de navegación en a) Otoño y b) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.

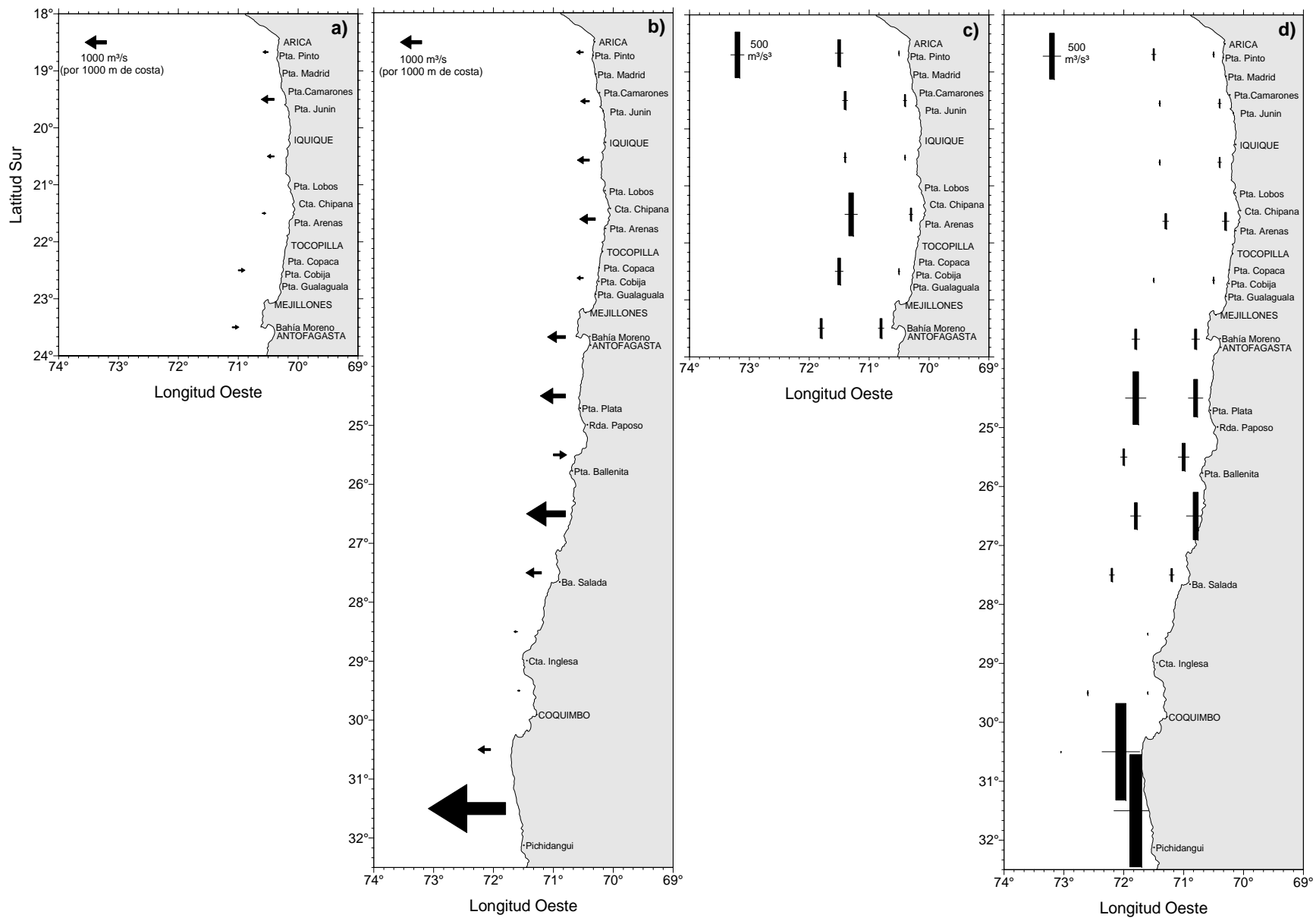


Figura 6. Promedios del Índice de Surgencia costero en a) Otoño y b) Invierno y del Índice de Turbulencia costero y oceánico en c) Otoño y d) Invierno, durante los cruces de monitoreo de 2004. El promedio costero se obtuvo de mediciones de viento horario, cada 1° de latitud y hasta 30 mn de la costa y el oceánico con datos de entre 30 y 100 mn.

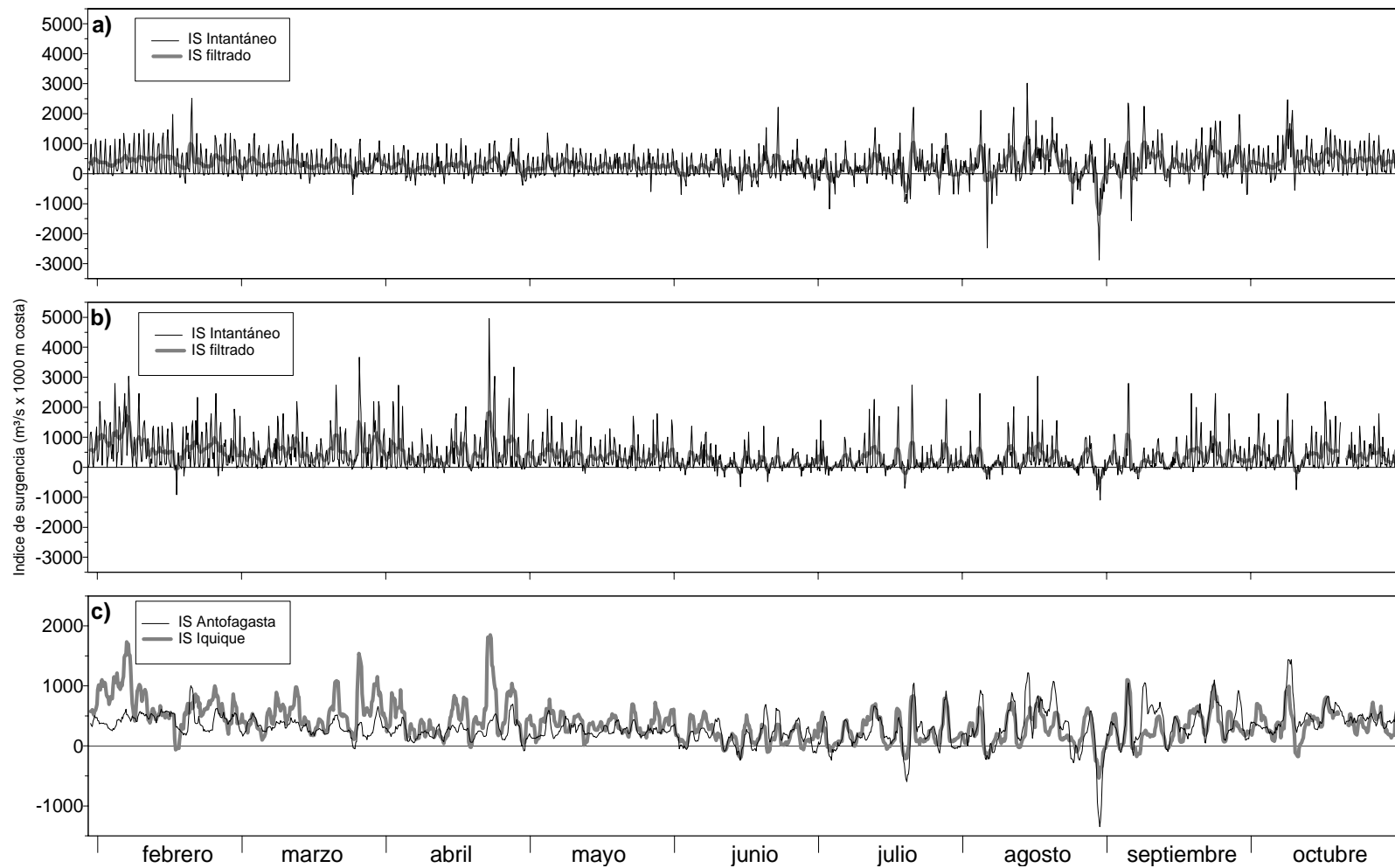


Figura 7. Índice de surgencia (IS) instantáneo e IS filtrado (promedio móvil de 6 pesos) obtenido con el viento registrado cada 4 horas en los aeropuertos de a) Antofagasta (Cerro Moreno) y b) Iquique (Diego Aracena) entre el 1 de Febrero y 31 de Octubre de 2004 y c) IS filtrado de ambas localidades.

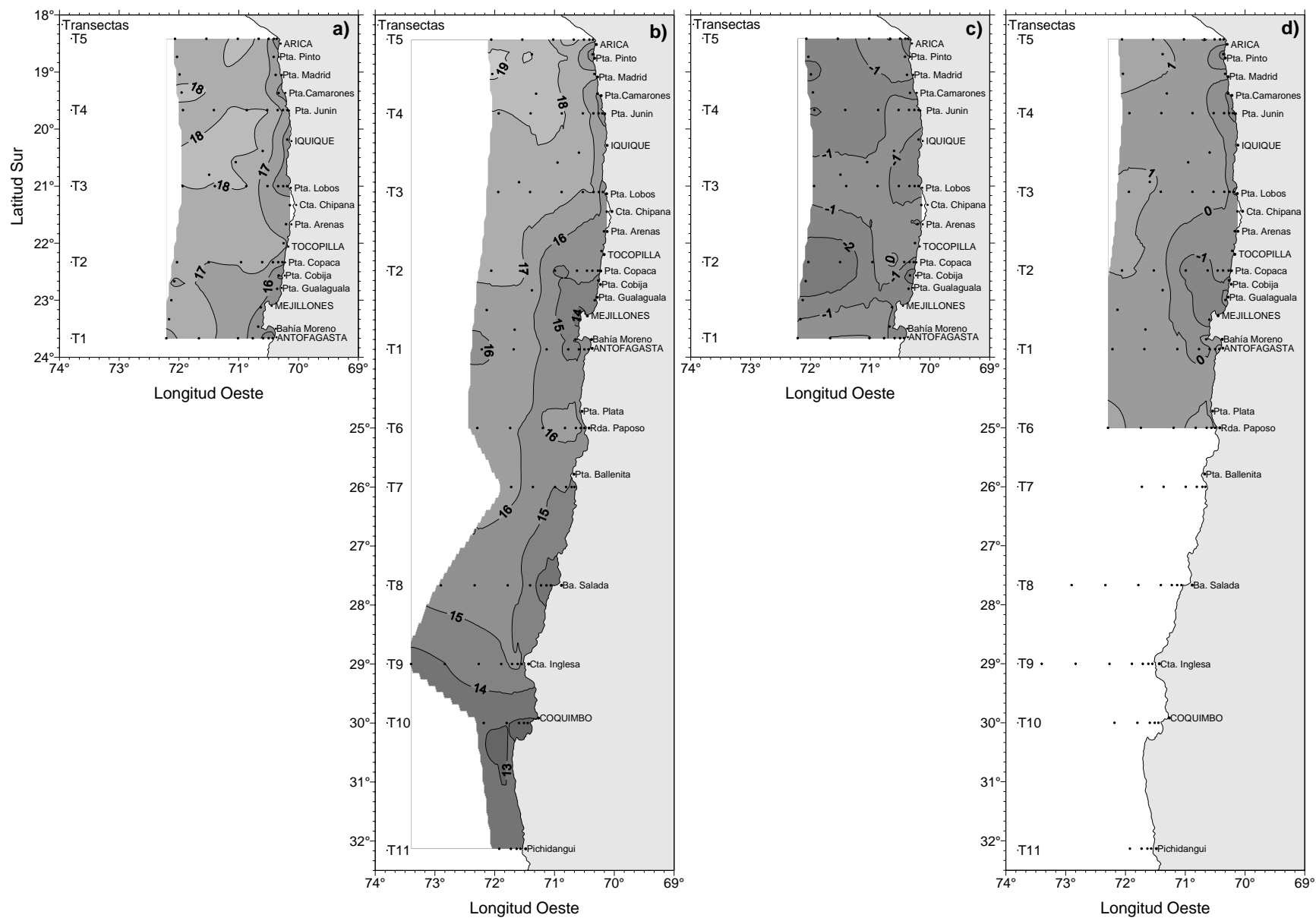


Figura 8. Distribución superficial de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en a) Otoño y b) Invierno, y de su anomalía ( $^{\circ}\text{C}$ ) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceos estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.

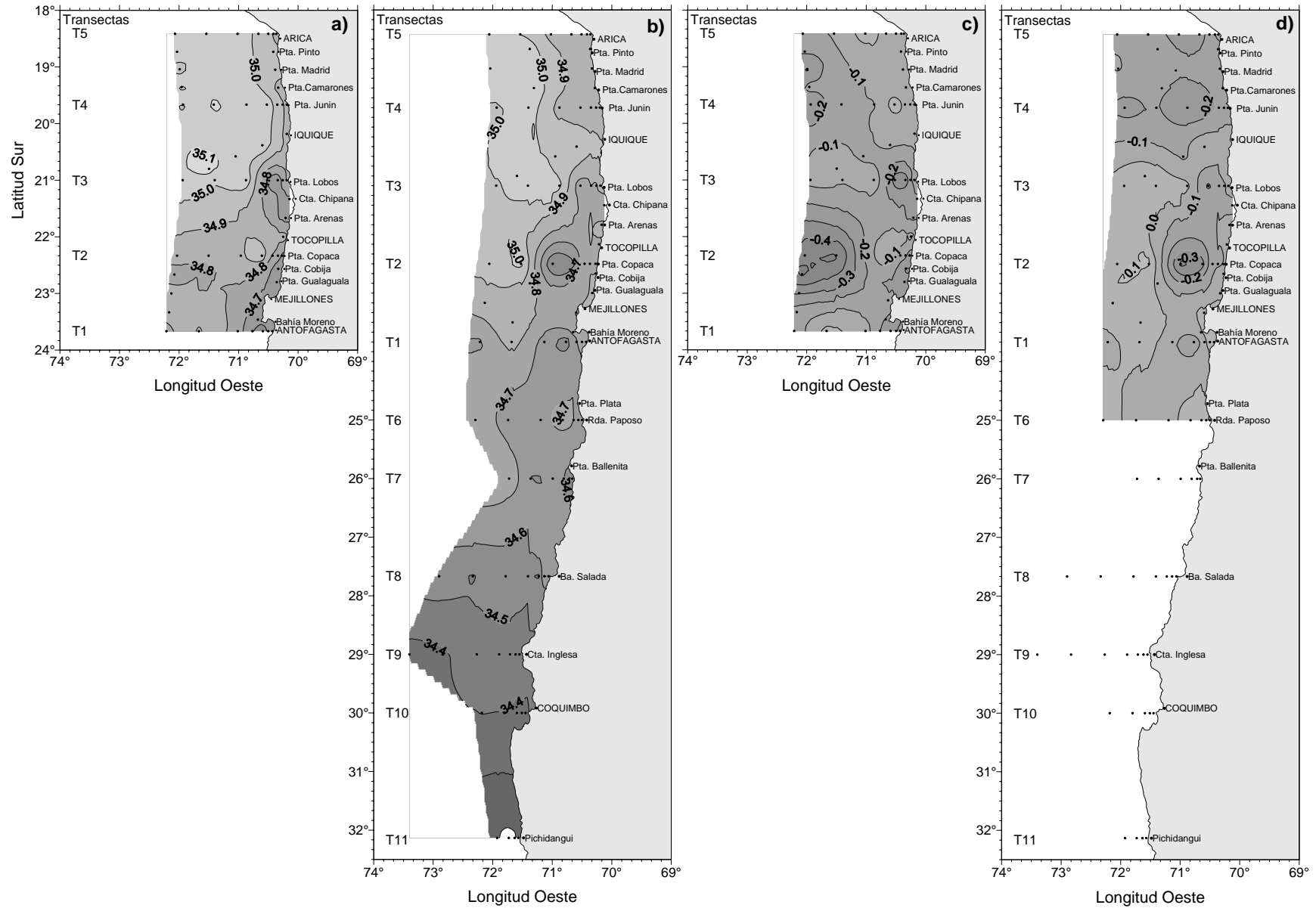


Figura 9. Distribución superficial de salinidad (psu) en a) Otoño y b) Invierno, y de su anomalía (psu) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.

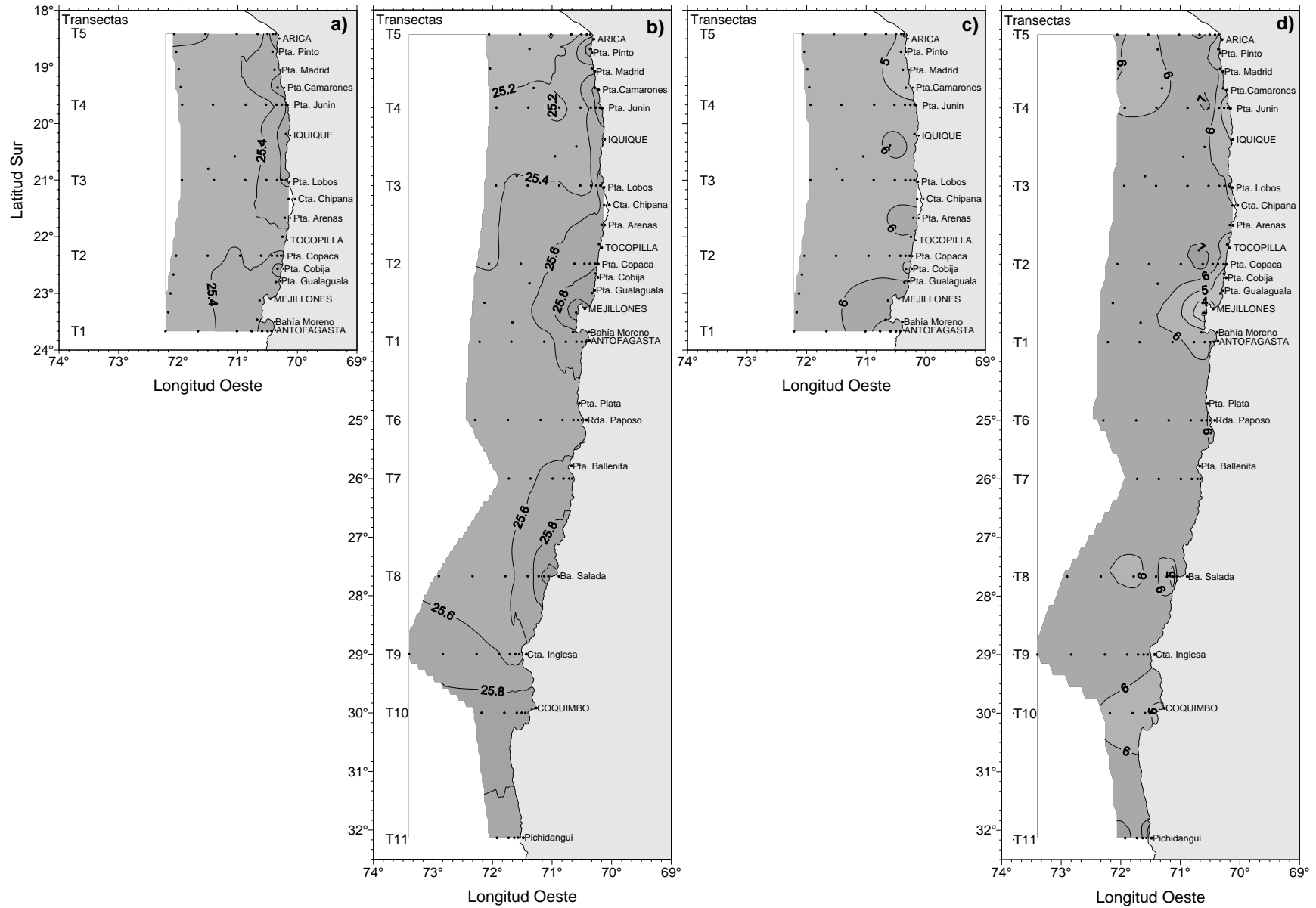


Figura 10. Distribución superficial de densidad del mar ( $\sigma\text{-t}$ ) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en a) Otoño y b) Invierno, y del contenido de oxígeno disuelto ( $\text{mL}/\text{L}$ ) en a) Otoño y b) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.

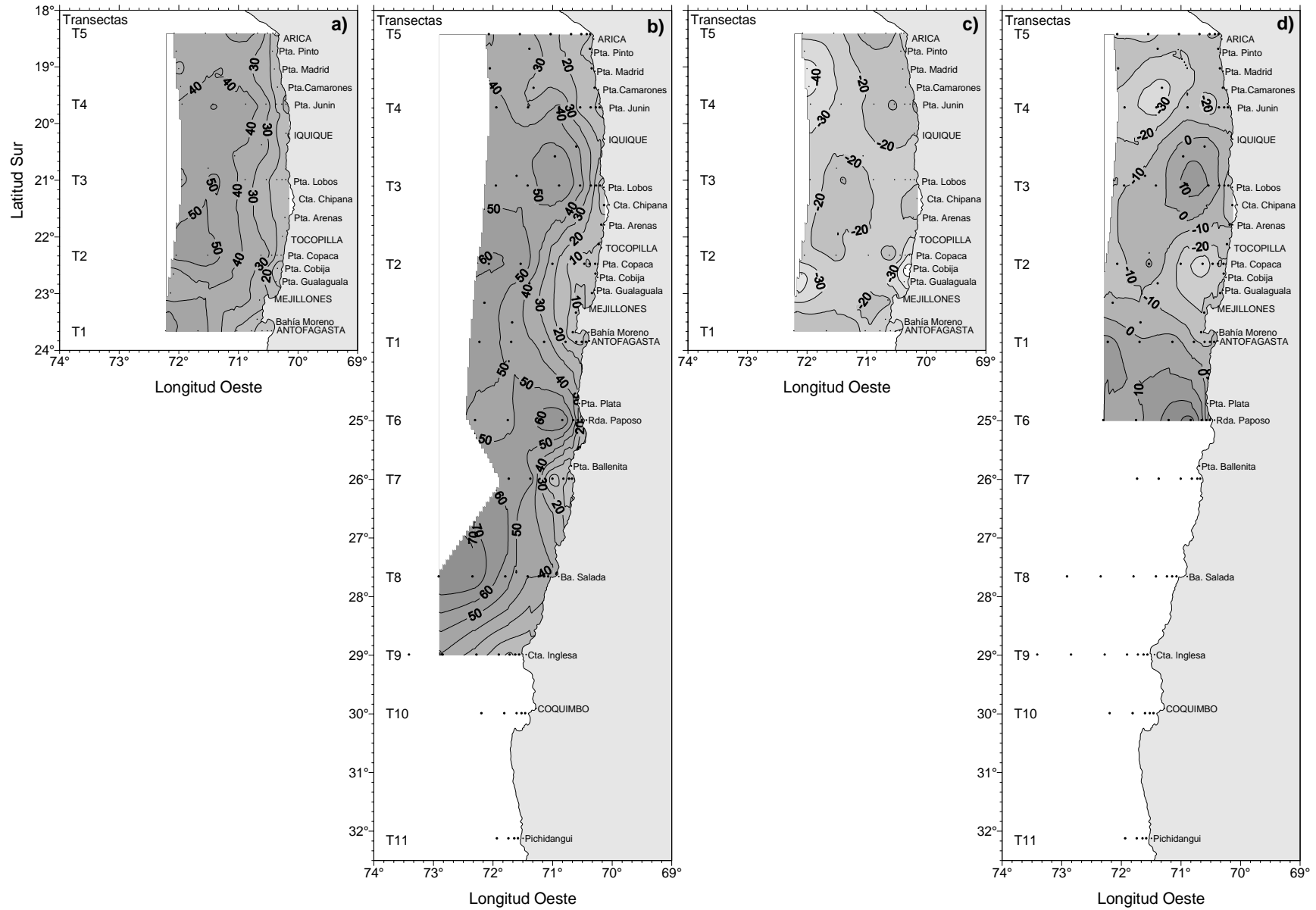


Figura 11. Profundidad de la isoterma de 15°C (m) en a) Otoño y b) Invierno, y anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m) en a) Otoño y d) Invierno. Cruceos estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.



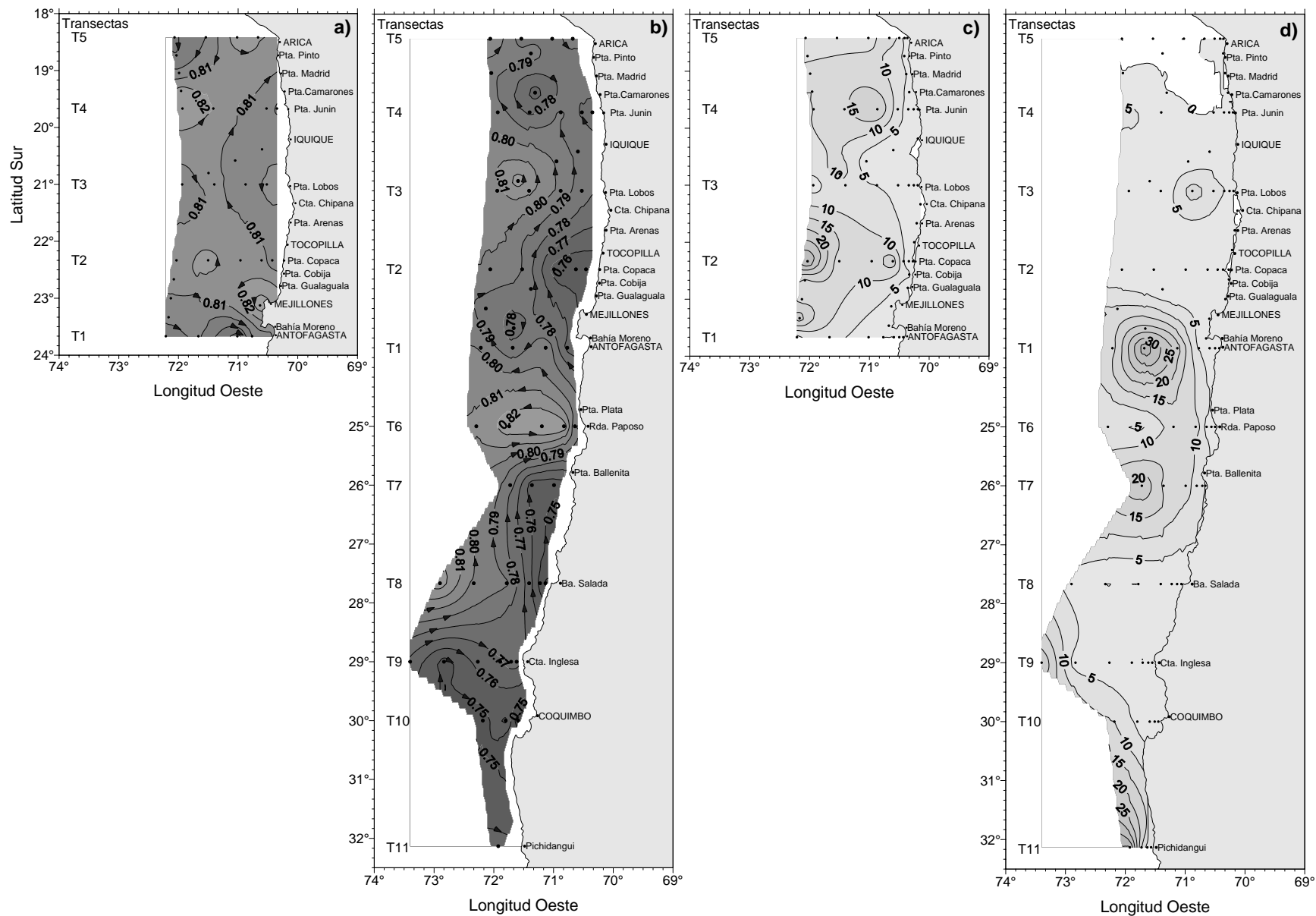


Figura 12. Anomalia geopotencial de superficie referida a 500 (db) en a) Otoño y b) Invierno y espesor de la capa de mezcla (m) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.

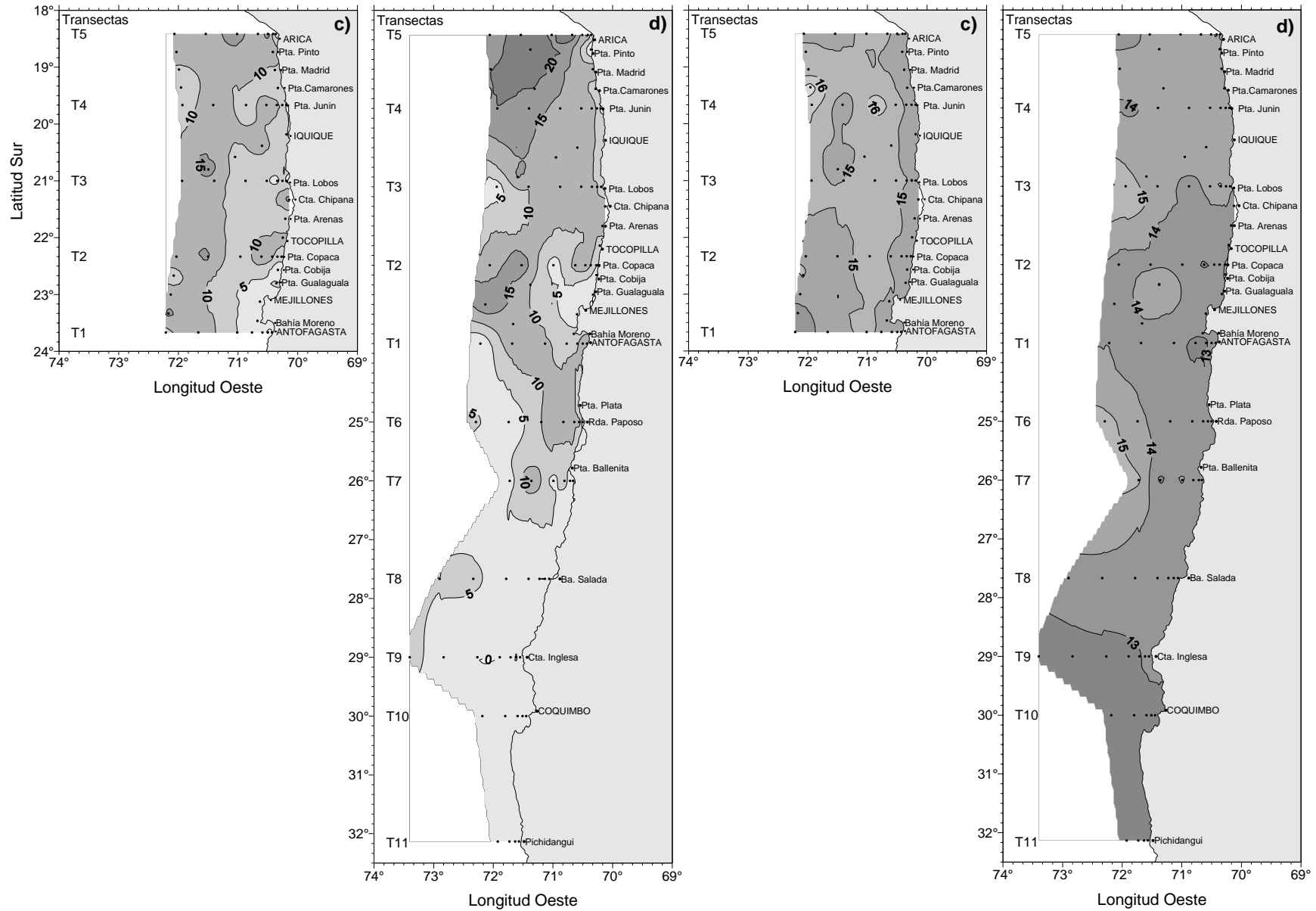


Figura 13 Espesor de la termoclina (m) en a) Otoño y b) Invierno y temperatura base de la termoclina (°C) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.

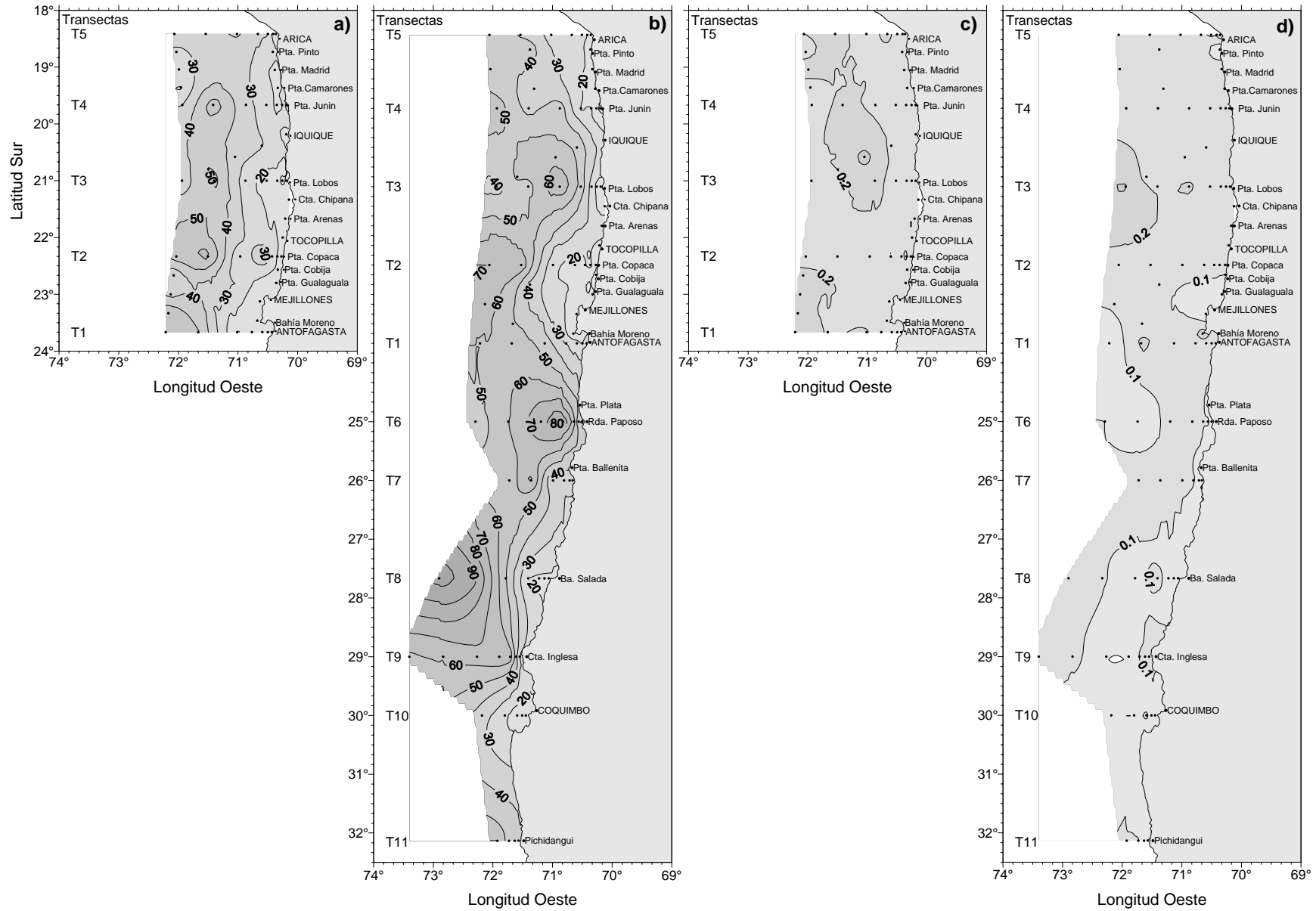


Figura 14. Profundidad base de la termoclina (m) en a) Otoño y b) Invierno y gradiente de temperatura promedio de la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.

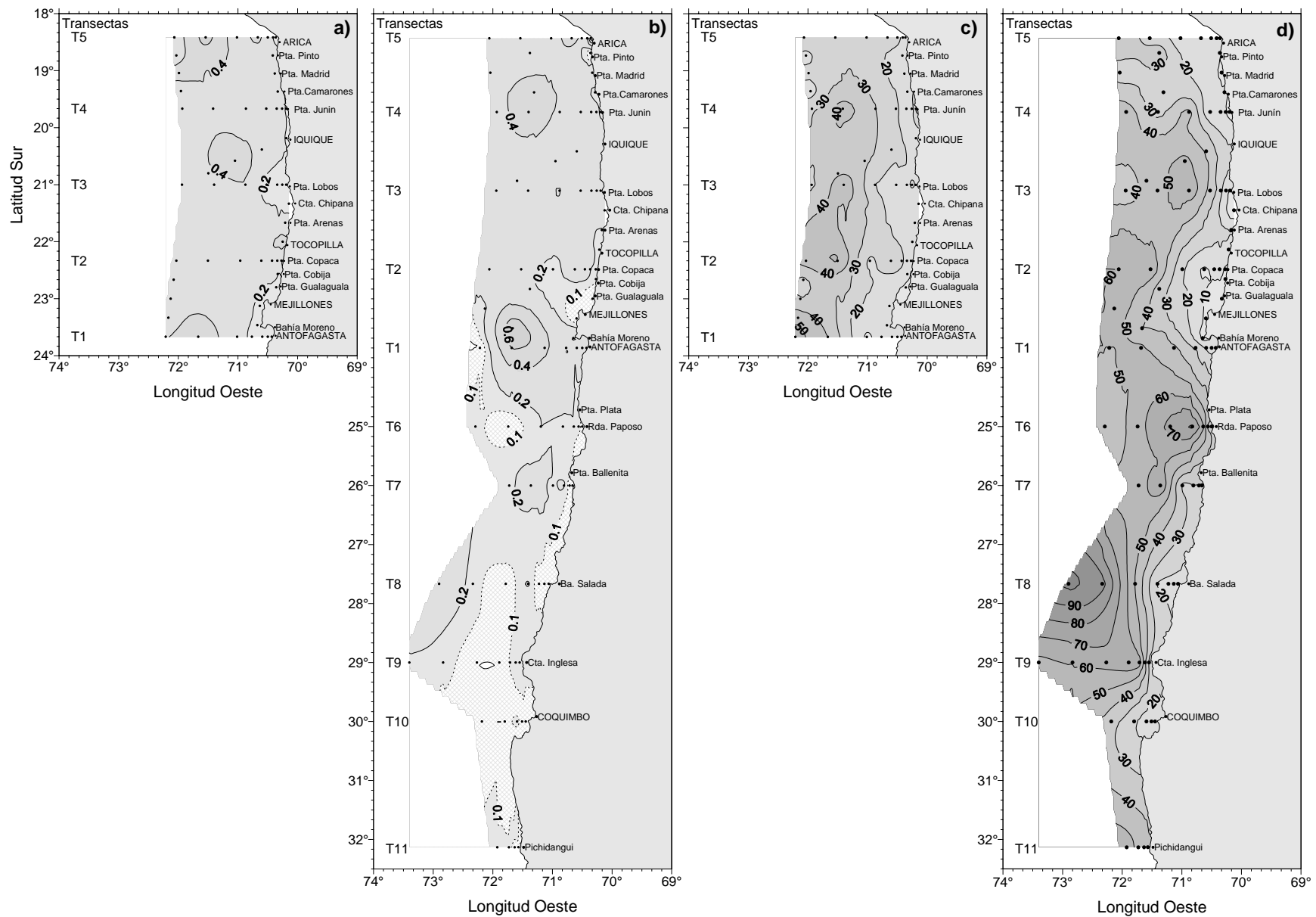


Figura 15. Máximo gradiente de temperatura en la termoclina ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) en a) Otoño y b) Invierno y profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.

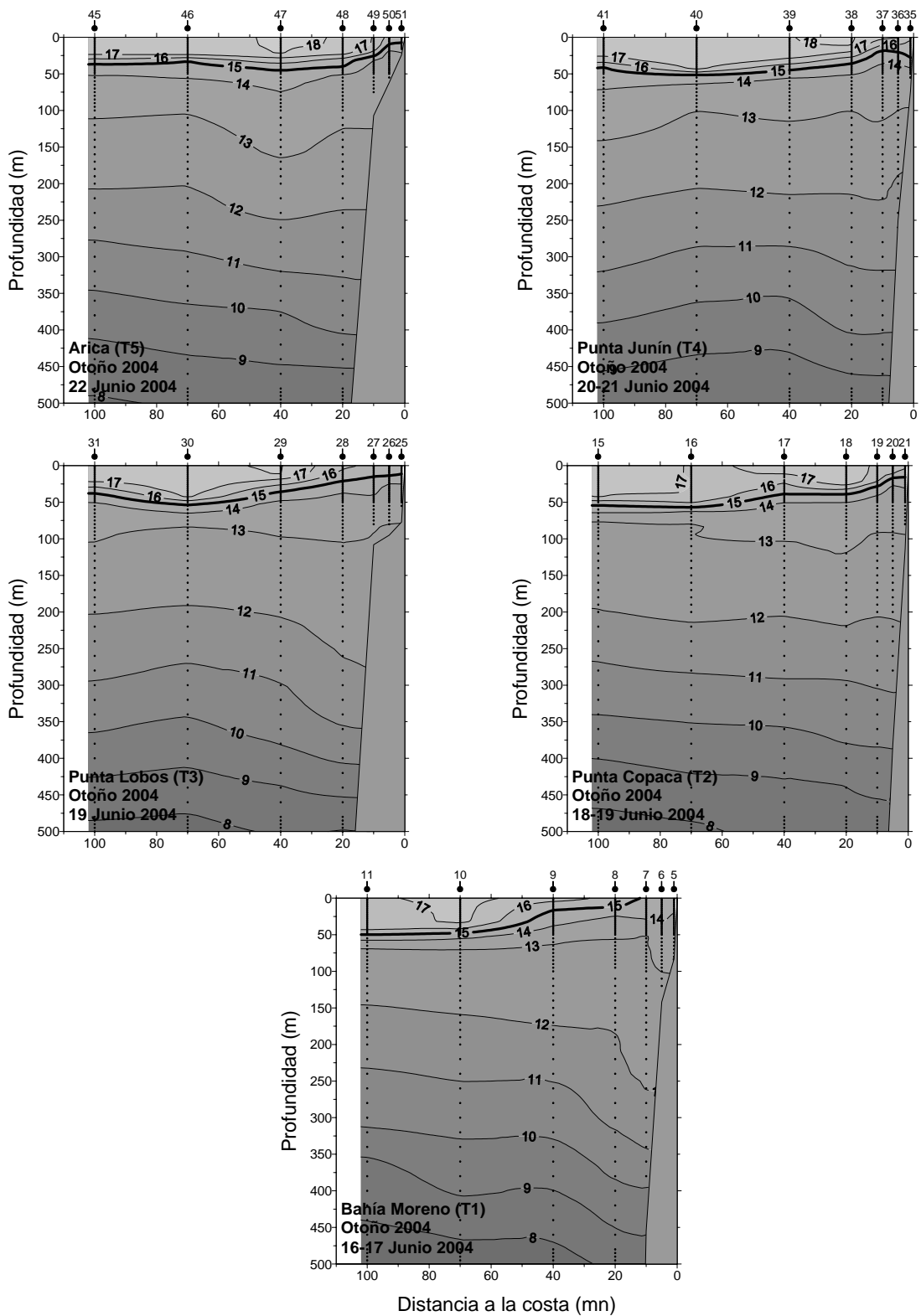


Figura 16. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18° 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19° 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21° 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22° 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23° 40'S), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.

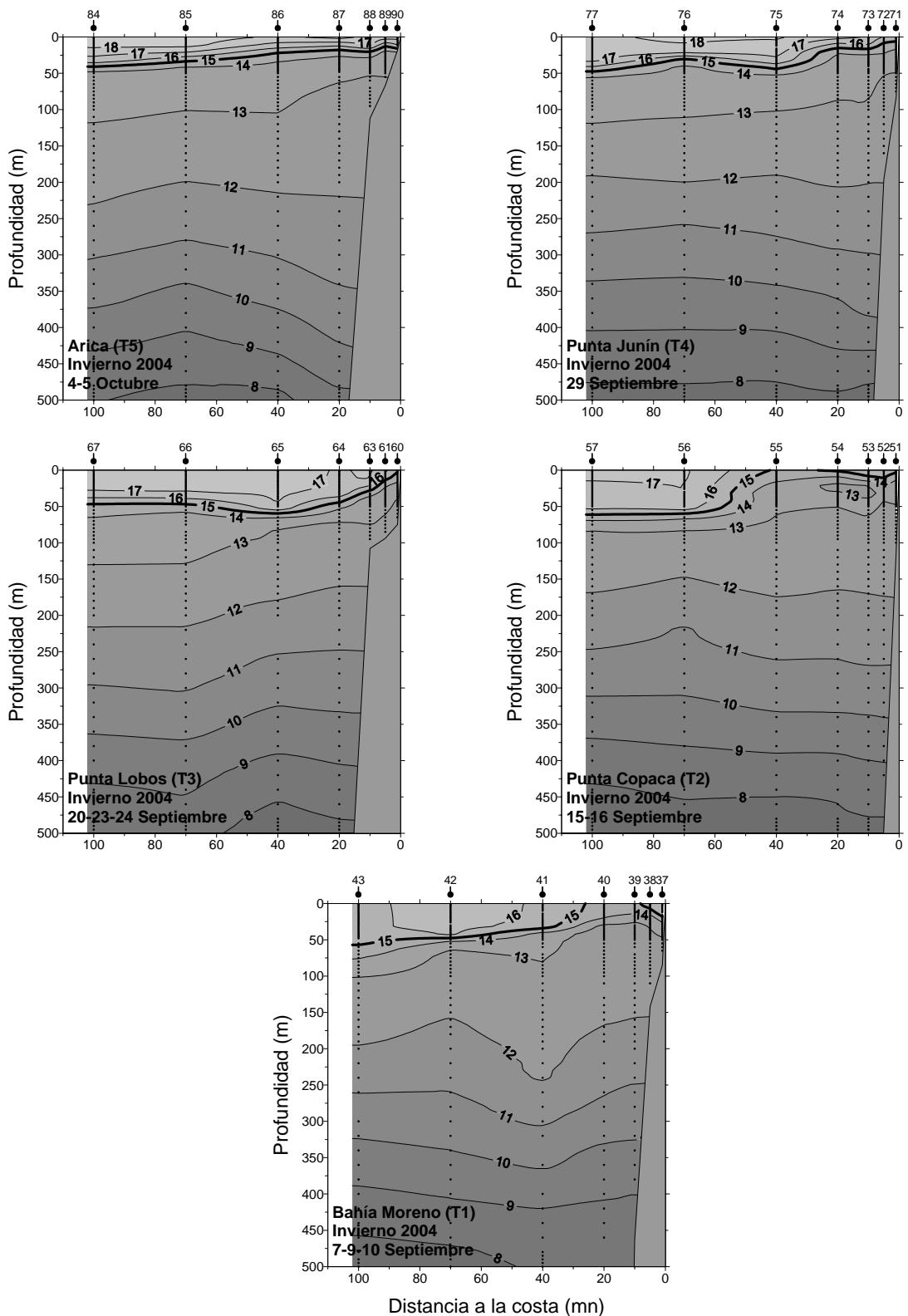


Figura 17. Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas de Arica (T5; Lat.  $18^{\circ} 25'S$ ), punta Junín (T4; Lat.  $19^{\circ} 40'S$ ), punta Lobos (T3; Lat.  $21^{\circ} 00'S$ ), punta Copaca (T2; Lat.  $22^{\circ} 20'S$ ) y bahía Moreno (T1; Lat.  $23^{\circ} 40'S$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

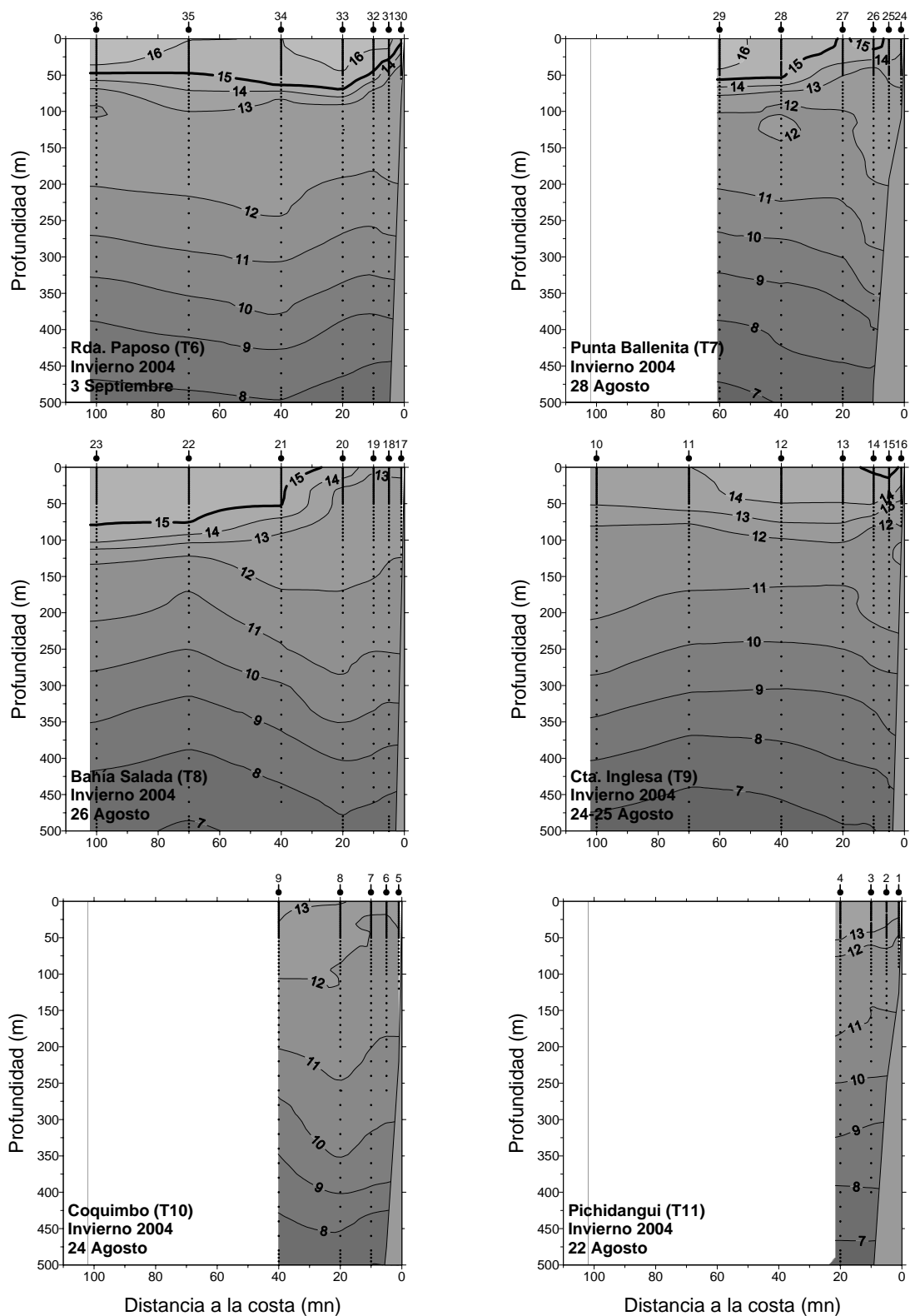


Figura 18. Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las transectas de rada Paposo (T6; Lat.  $25^{\circ} 00'S$ ), punta Ballenita (T7; Lat.  $26^{\circ} 00'S$ ), bahía Salada (T8; Lat.  $27^{\circ} 40'S$ ), caleta Inglesa (T9; Lat.  $29^{\circ} 00'S$ ), Coquimbo (T10; Lat.  $30^{\circ} 00'S$ ) y Pichidangui (T11; Lat.  $32^{\circ} 08'S$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

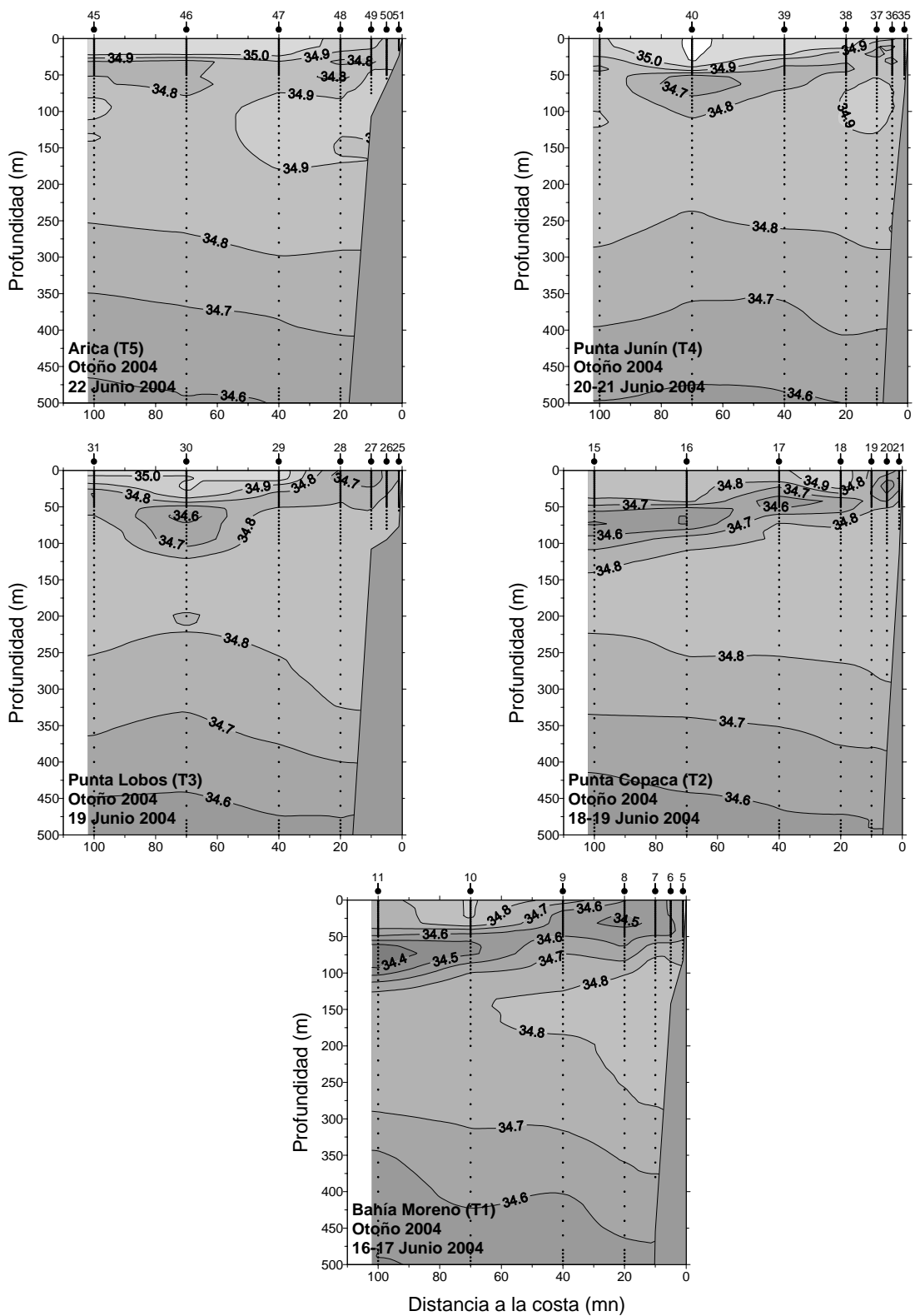


Figura 19. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18° 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19° 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21° 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22° 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23° 40'S), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.



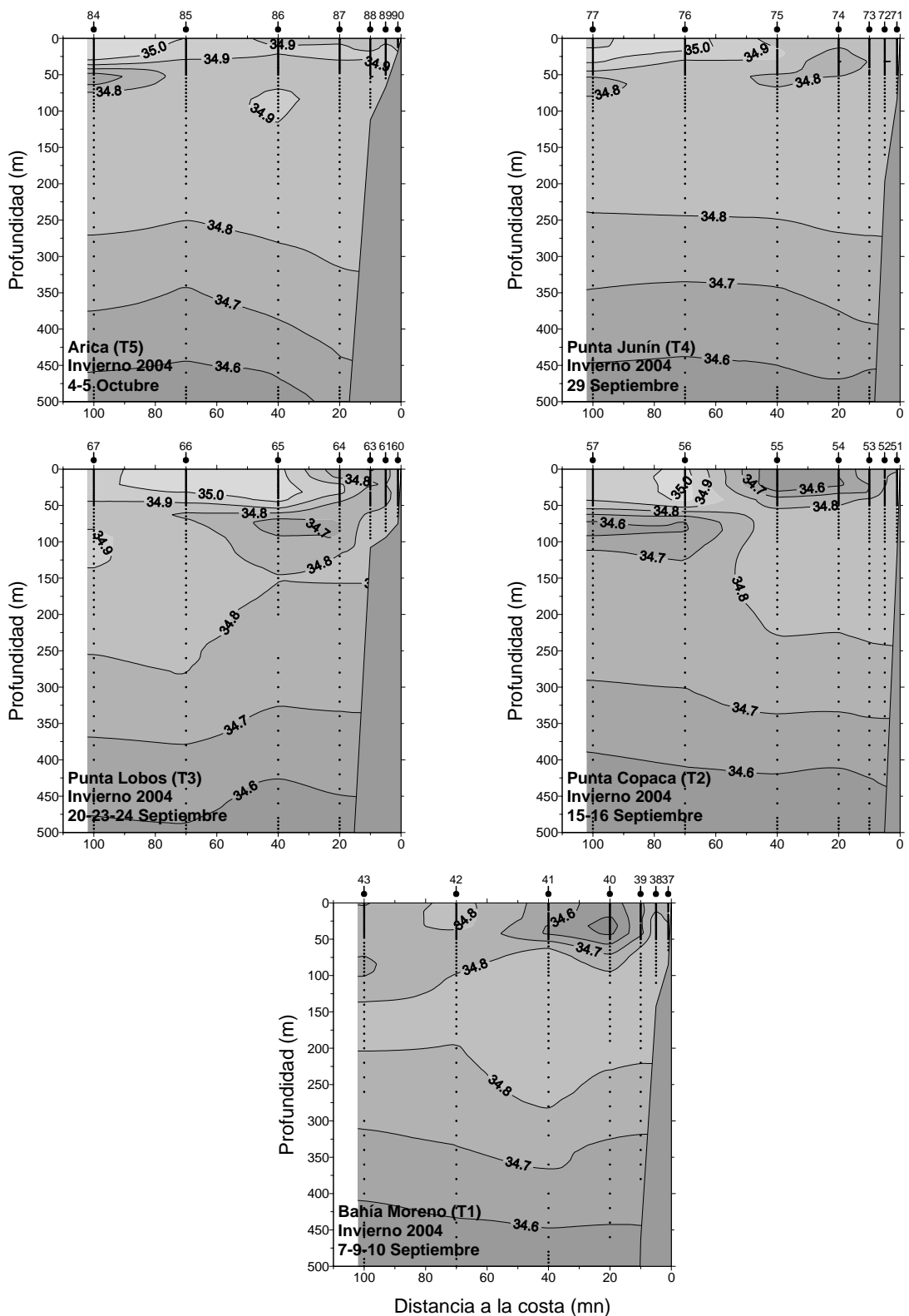


Figura 20. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18° 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19° 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21° 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22° 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23° 40'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

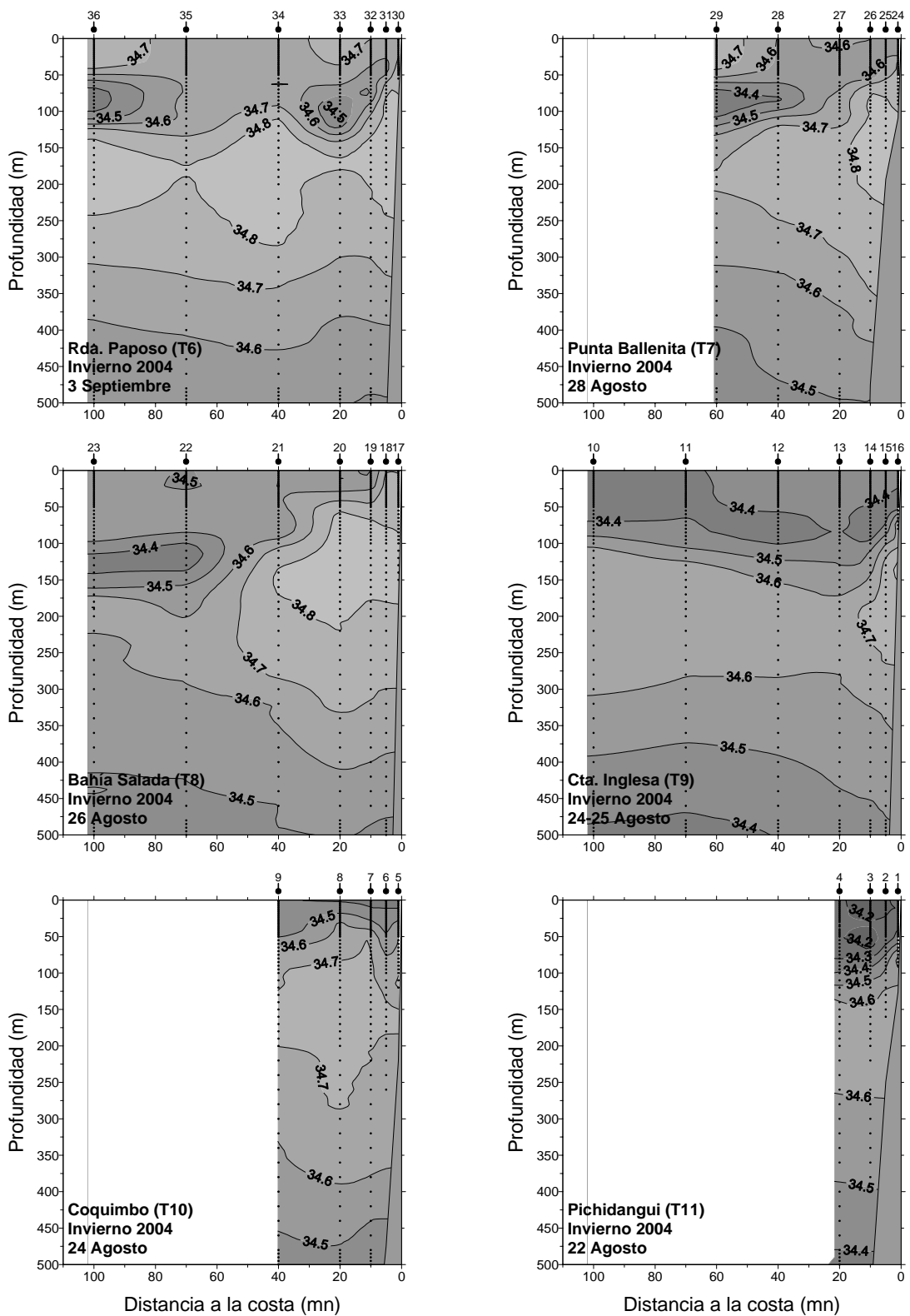


Figura 21. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de rada Paposo (T6; Lat. 25° 00'S), punta Ballenita (T7; Lat. 26° 00'S), bahía Salada (T8; Lat. 27° 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat. 29° 00'S), Coquimbo (T10; Lat. 30° 00'S) y Pichidangui (T11; Lat. 32° 08'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

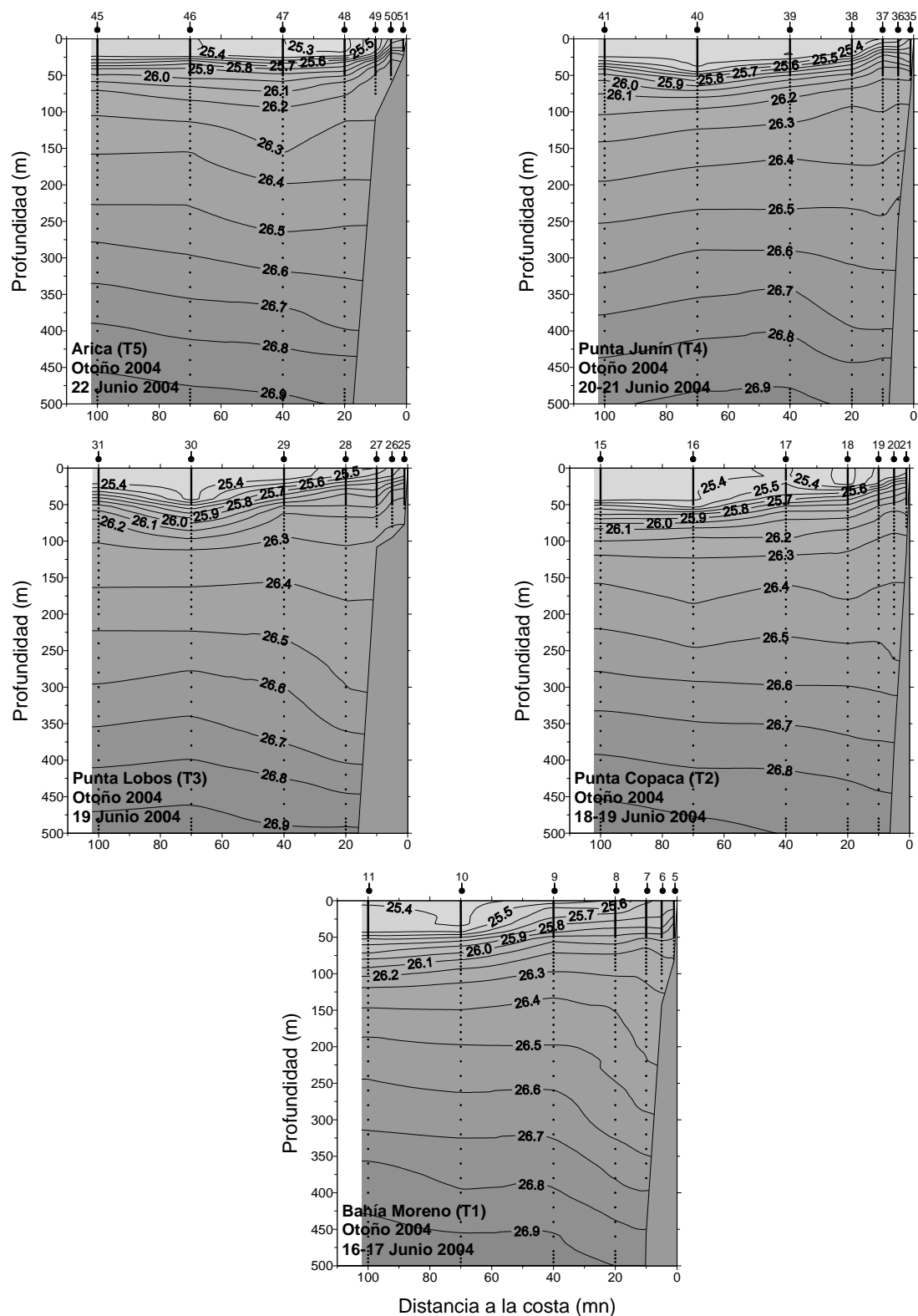


Figura 22. Distribución vertical de densidad ( $\sigma_t$ ) ( $\text{kg/m}^3$ ) en las transectas de Arica (T5; Lat.  $18^\circ 25'S$ ), punta Junín (T4; Lat.  $19^\circ 40'S$ ), punta Lobos (T3; Lat.  $21^\circ 00'S$ ), punta Copaca (T2; Lat.  $22^\circ 20'S$ ) y bahía Moreno (T1; Lat.  $23^\circ 40'S$ ), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.

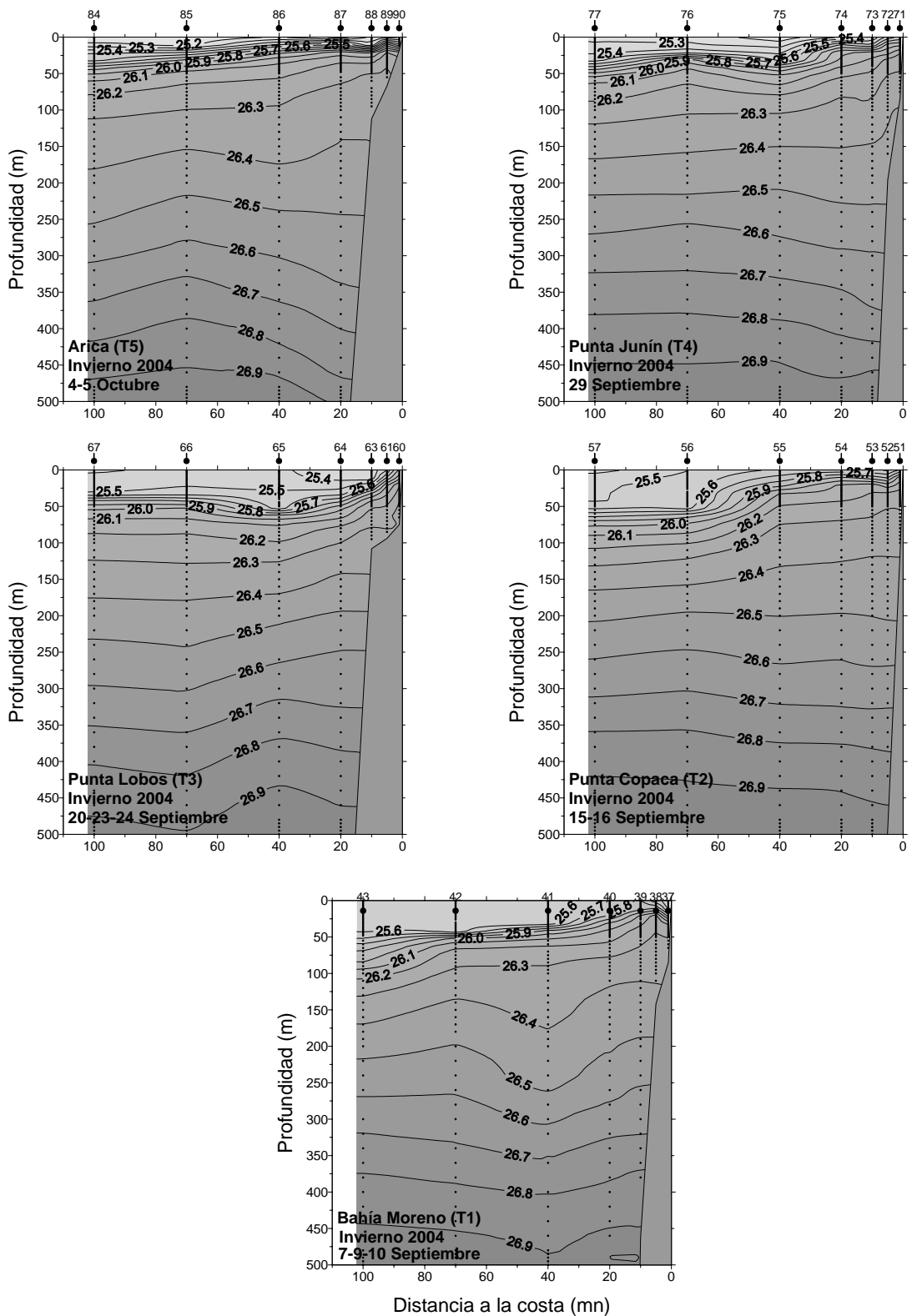


Figura 23. Distribución vertical de densidad ( $\sigma_t$ ) ( $\text{kg/m}^3$ ) en las transectas de Arica (T5; Lat.  $18^\circ 25'S$ ), punta Junín (T4; Lat.  $19^\circ 40'S$ ), punta Lobos (T3; Lat.  $21^\circ 00'S$ ), punta Copaca (T2; Lat.  $22^\circ 20'S$ ) y bahía Moreno (T1; Lat.  $23^\circ 40'S$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

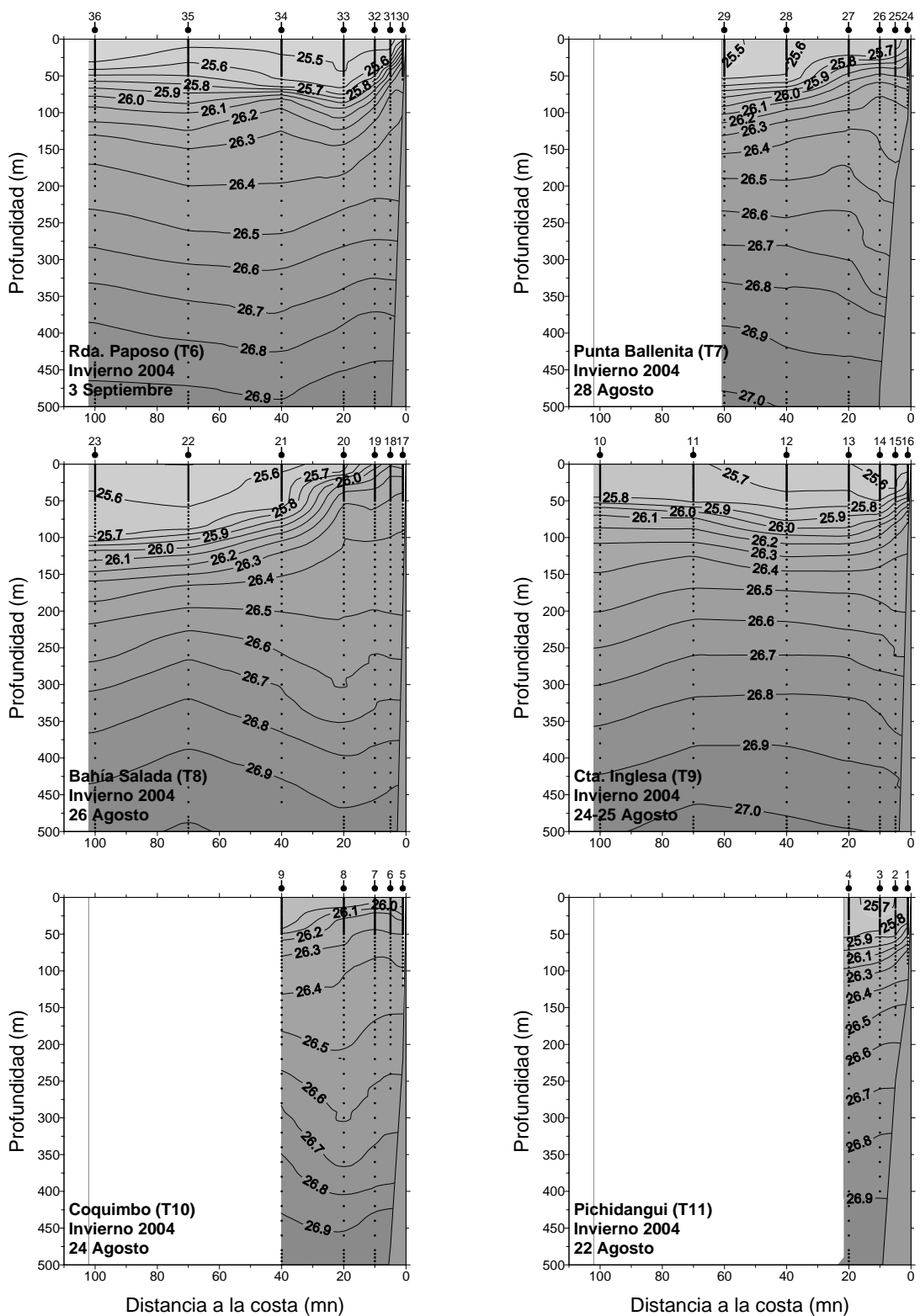


Figura 24 . Distribución vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ )( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en las transectas de rada Paposo (T6; Lat.  $25^\circ 00'\text{S}$ ), punta Ballenita (T7; Lat.  $26^\circ 00'\text{S}$ ), bahía Salada (T8; Lat.  $27^\circ 40'\text{S}$ ), caleta Inglesa (T9; Lat.  $29^\circ 00'\text{S}$ ), Coquimbo (T10; Lat.  $30^\circ 00'\text{S}$ ) y Pichidangui (T11; Lat.  $32^\circ 08'\text{S}$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

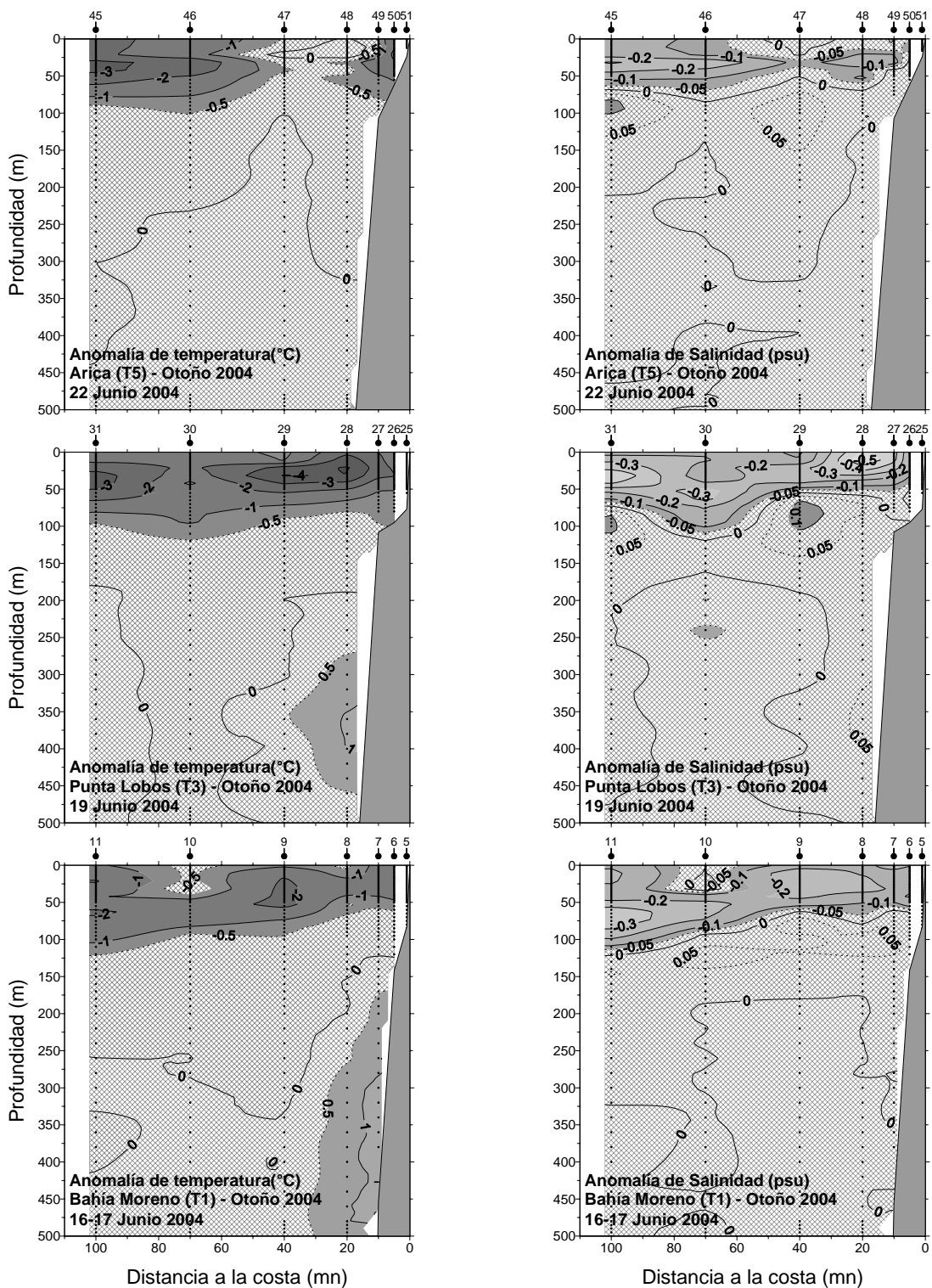


Figura 25. Anomalia vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18° 25'S), punta Lobos (T3; Lat. 21° 00'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23° 40'S), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.

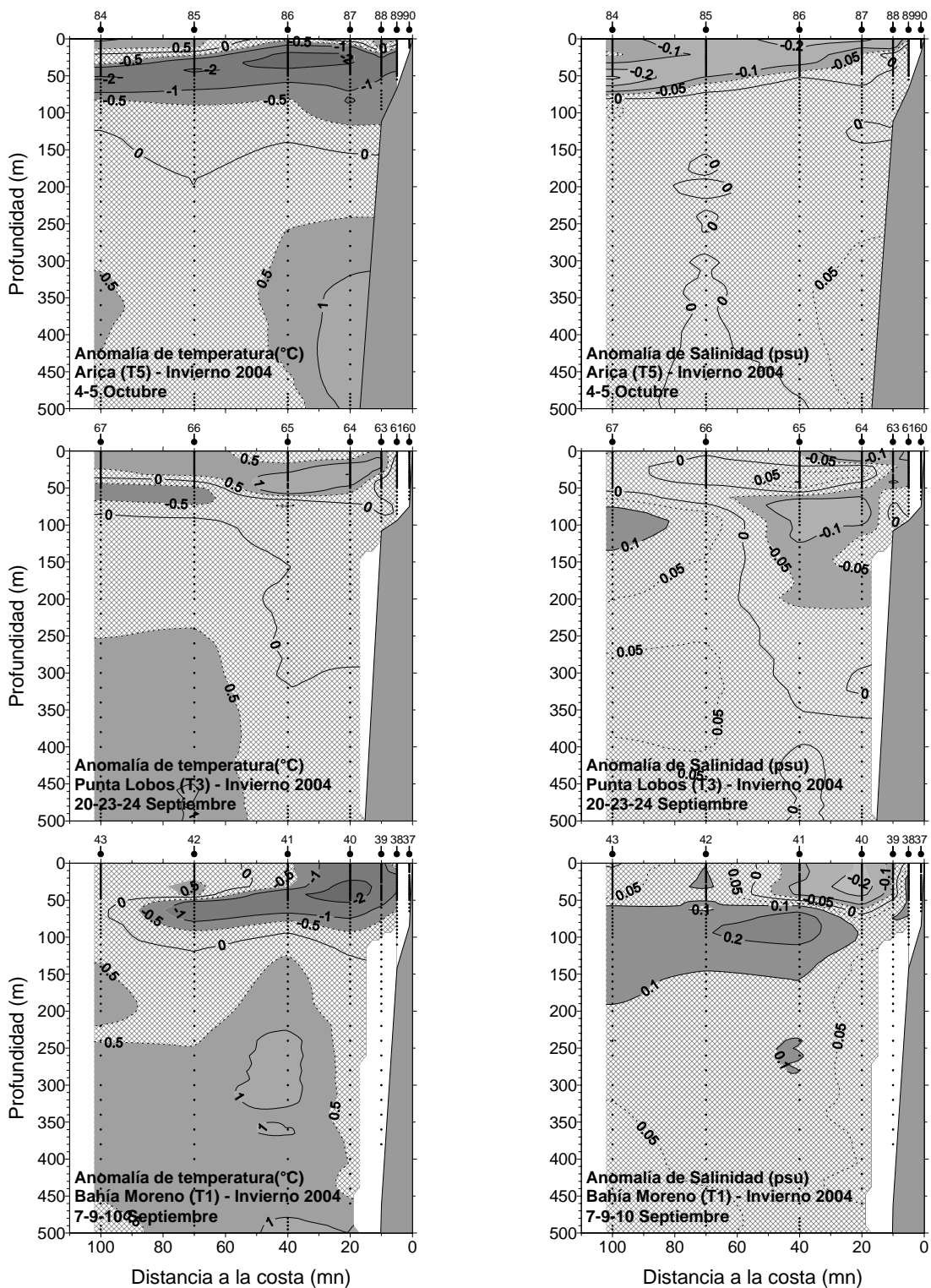


Figura 26. Anomalia vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18° 25'S), punta Lobos (T3; Lat. 21° 00'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23° 40'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

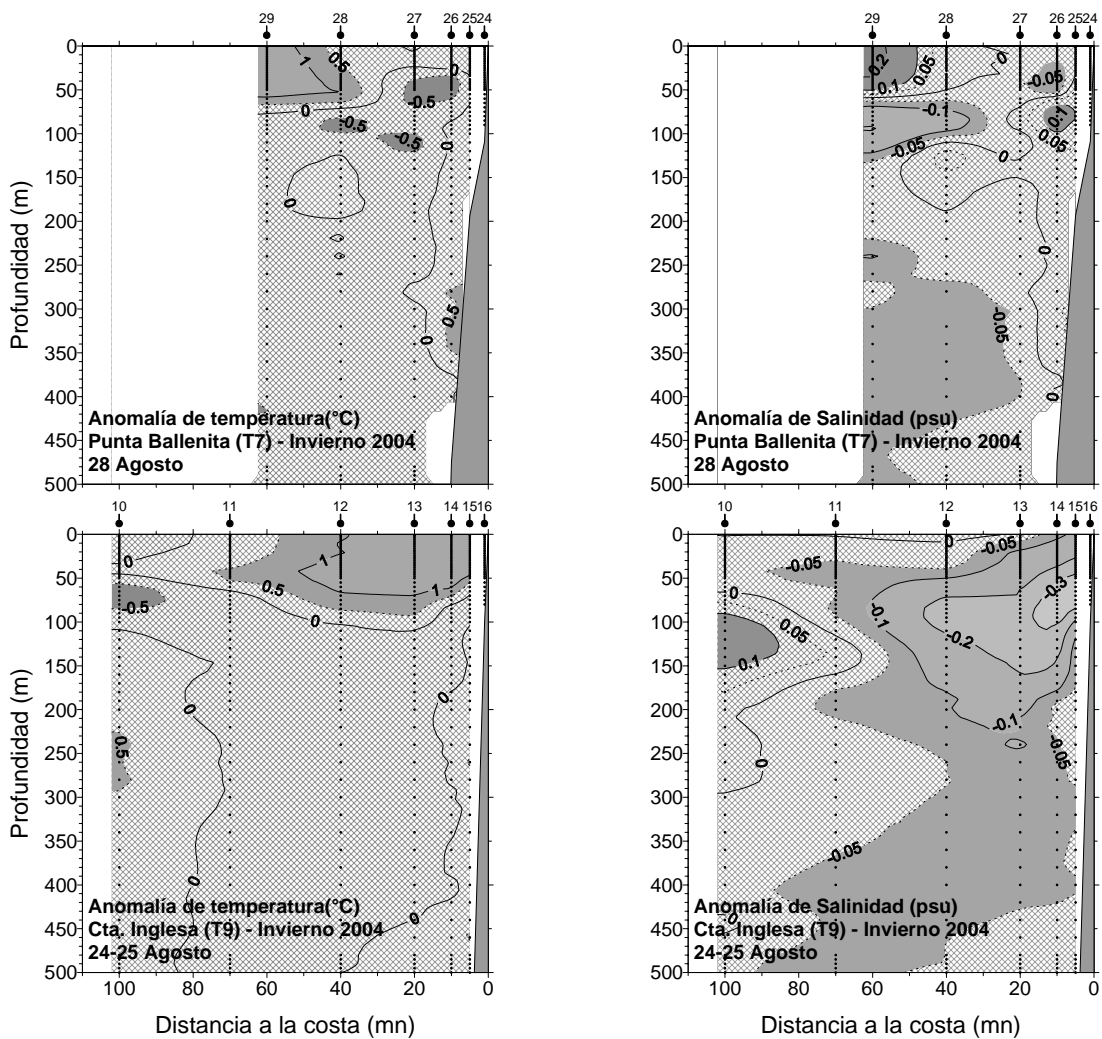


Figura 27. Anomalia vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad (psu) en las transectas de punta Ballenita (T7; Lat.  $26^{\circ} 00'\text{S}$ ) y caleta Inglesa (T9; Lat.  $29^{\circ} 00'\text{S}$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.



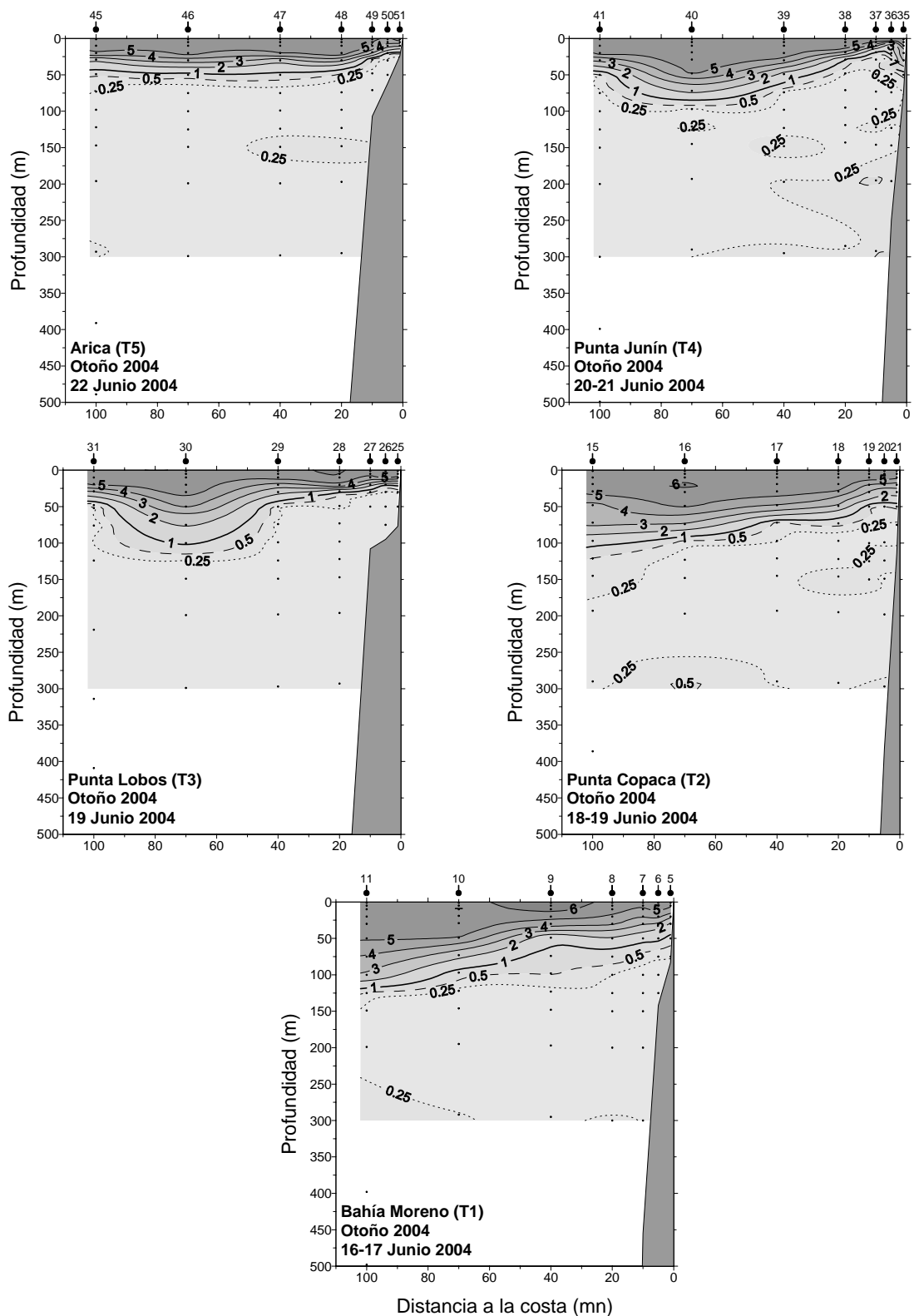


Figura 28. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18° 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19° 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21° 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22° 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23° 40'S), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.

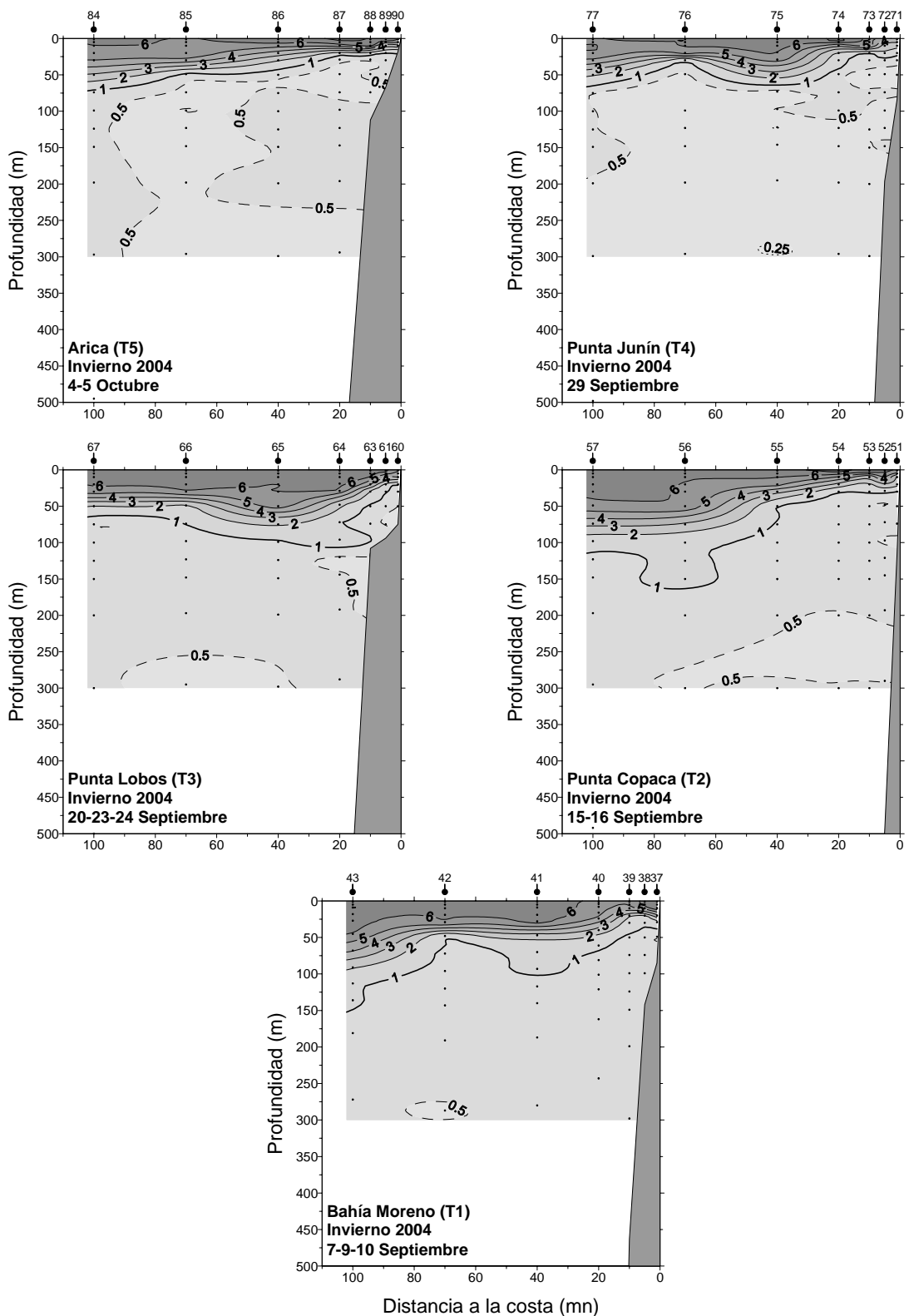


Figura 29. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18° 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19° 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21° 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22° 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23° 40'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004..

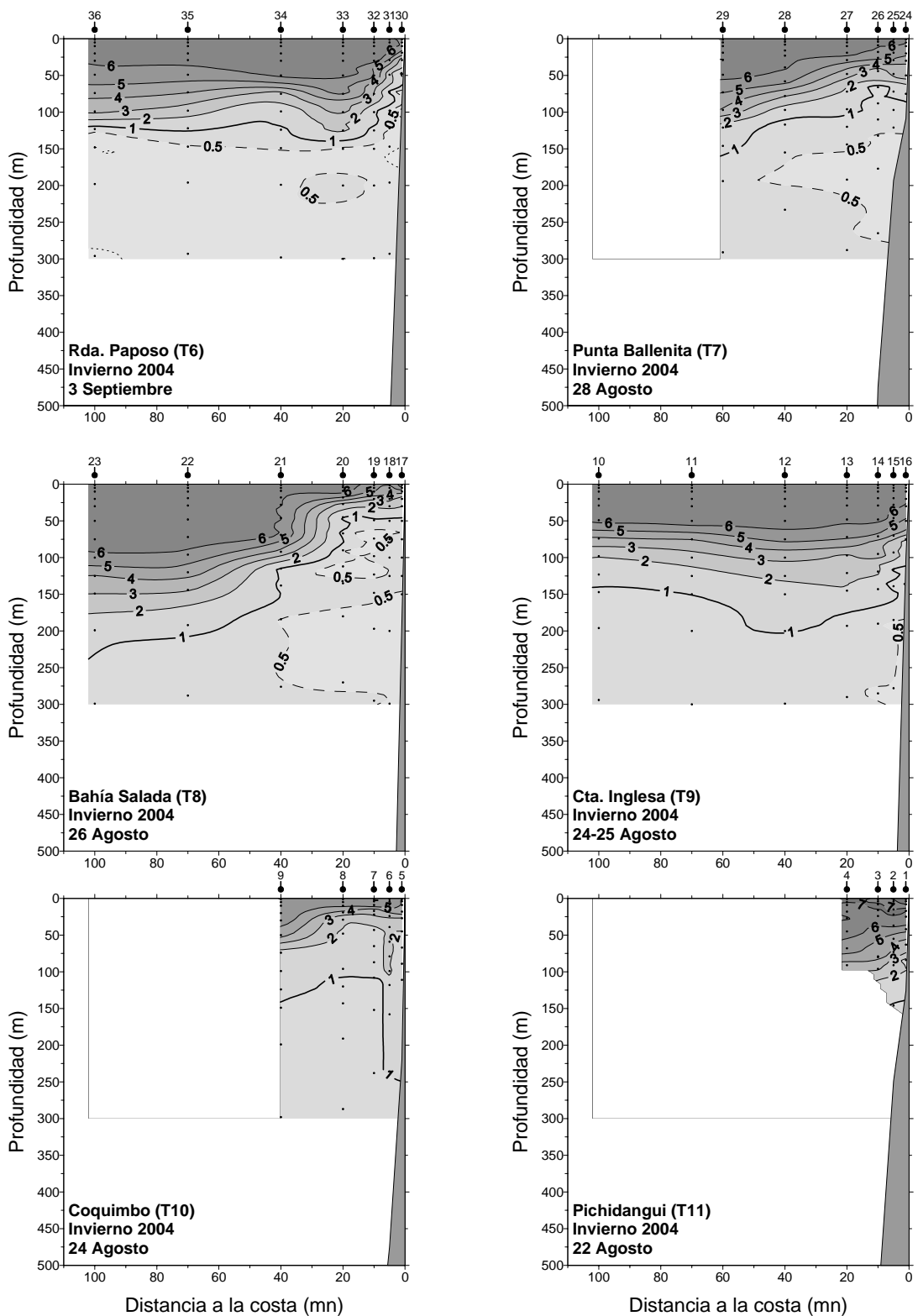


Figura 30. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de rada Paposo (T6; Lat. 25° 00'S), punta Ballenita (T7; Lat. 26° 00'S), bahía Salada (T8; Lat. 27° 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat. 29° 00'S), Coquimbo (T10; Lat. 30° 00'S) y Pichidangui (T11; Lat. 32° 08'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

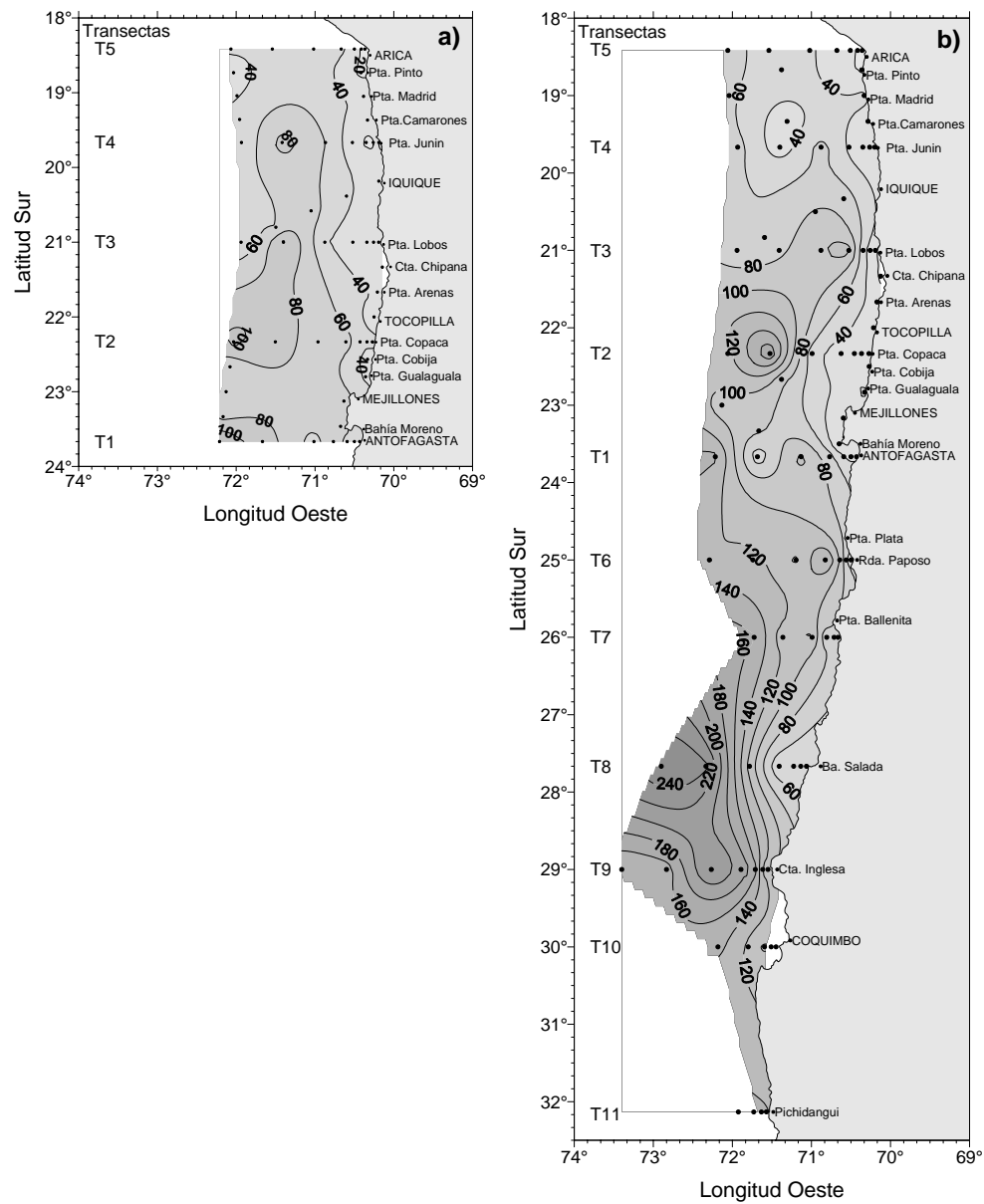


Figura 31. Profundidad de la isolínea de oxígeno correspondiente a la concentración de 1 mL/L, como indicadora del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto en a) Otoño y b) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.

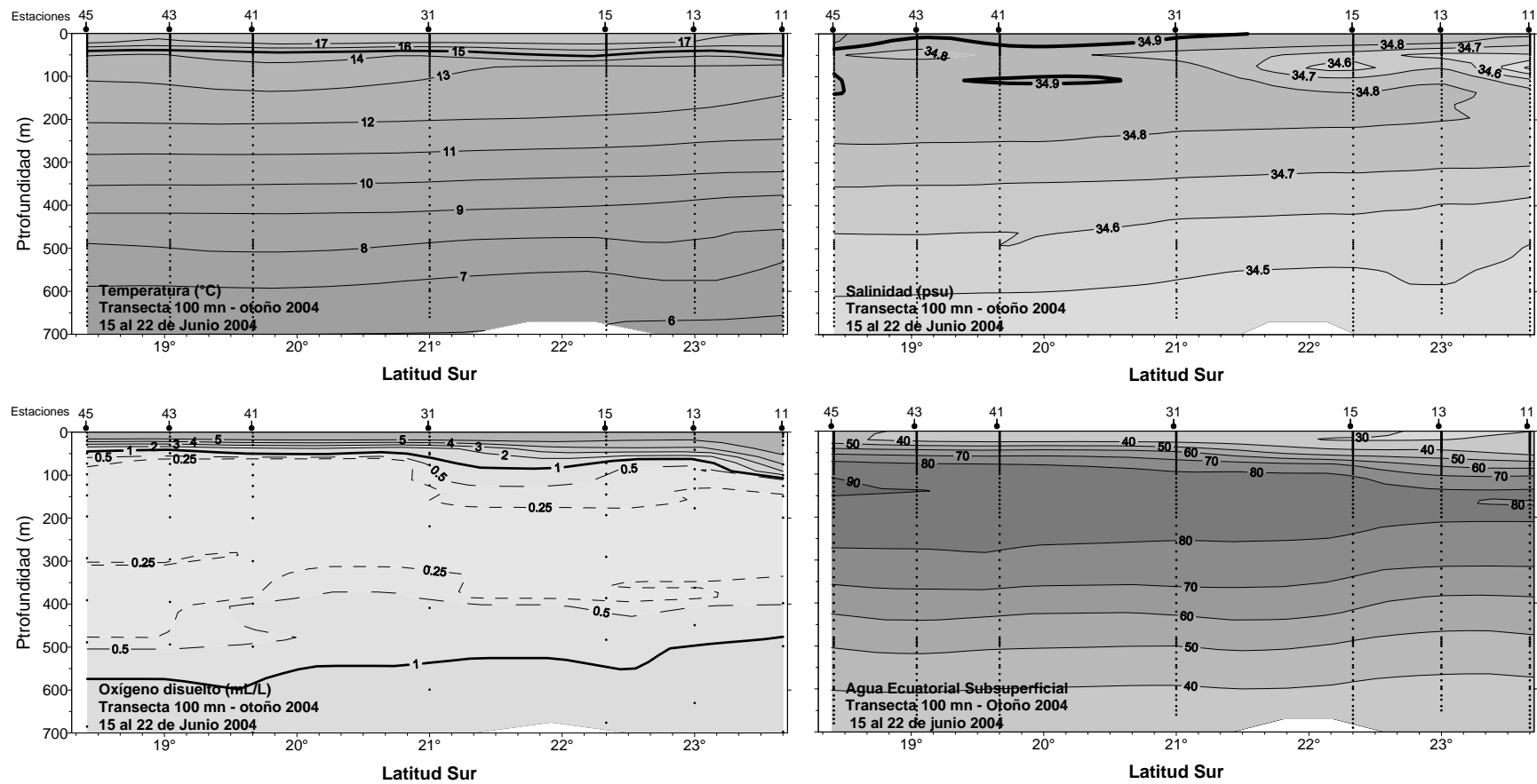


Figura 32. Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), contenido de oxígeno disuelto (mL/L) y del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.

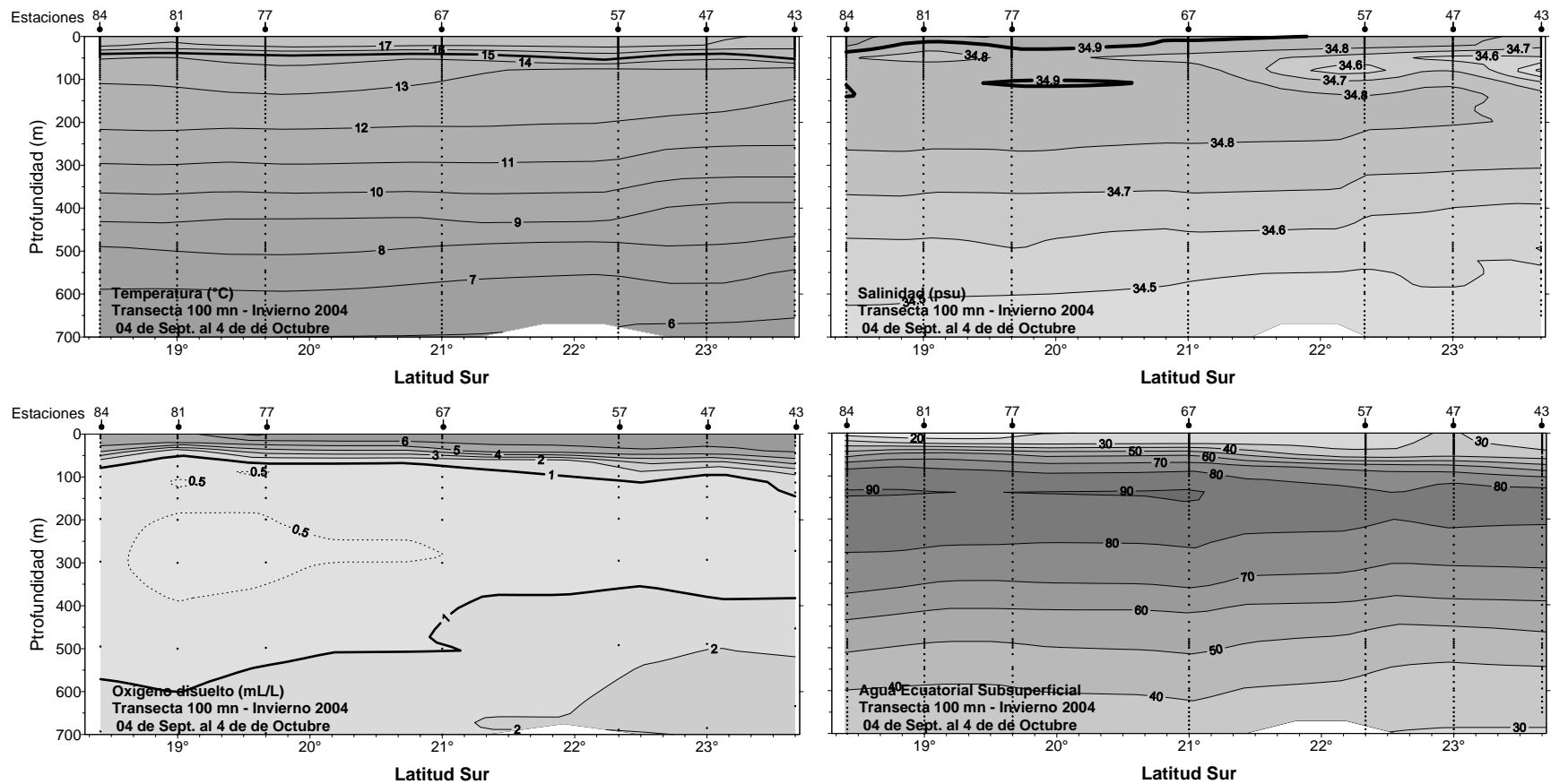


Figura 33. Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), contenido de oxígeno disuelto (mL/L) y del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AES) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

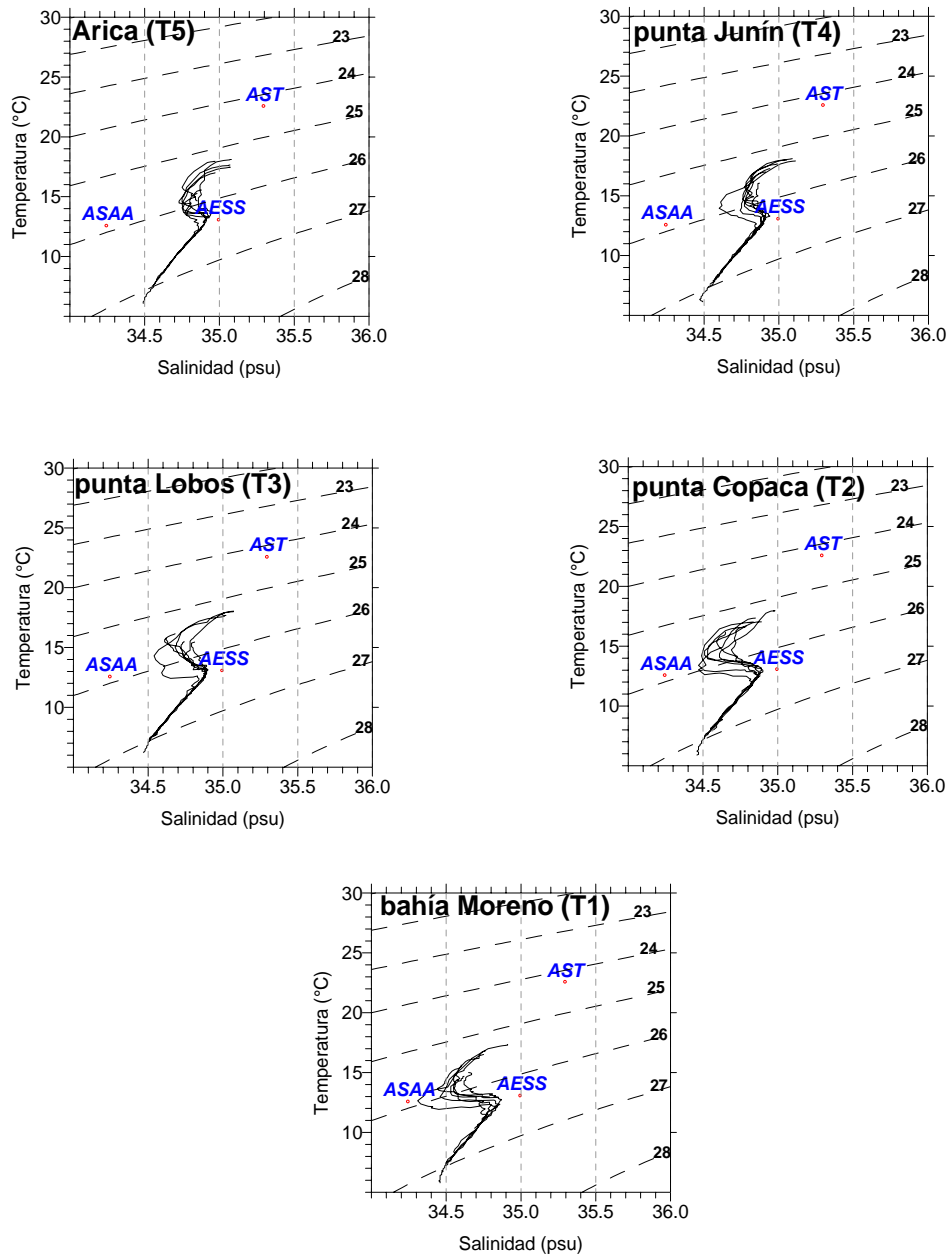


Figura 34. Diagramas T-S de todas las estaciones agrupadas por transecta en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.

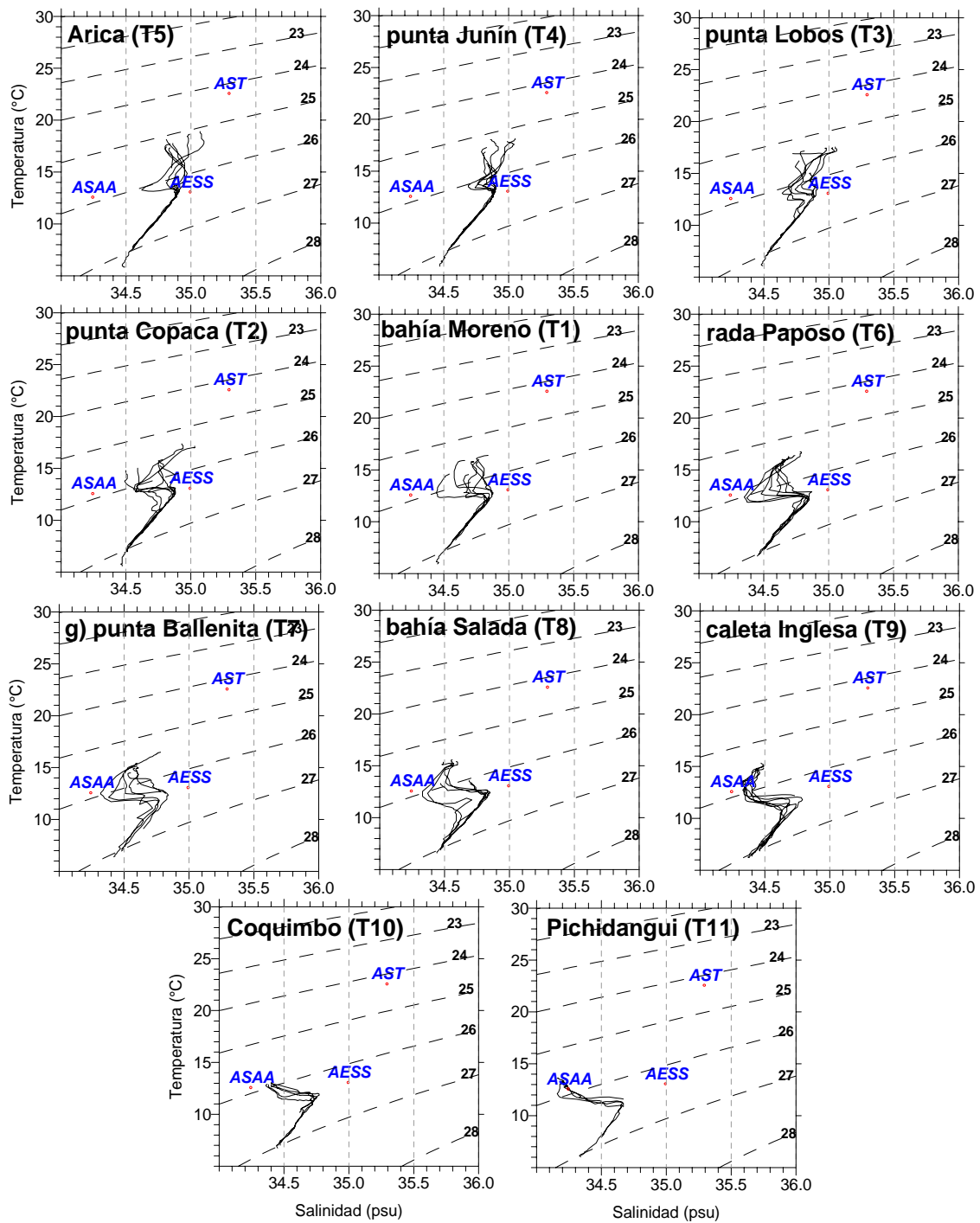


Figura 35. Diagramas T-S de todas las estaciones agrupadas por transecta en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.



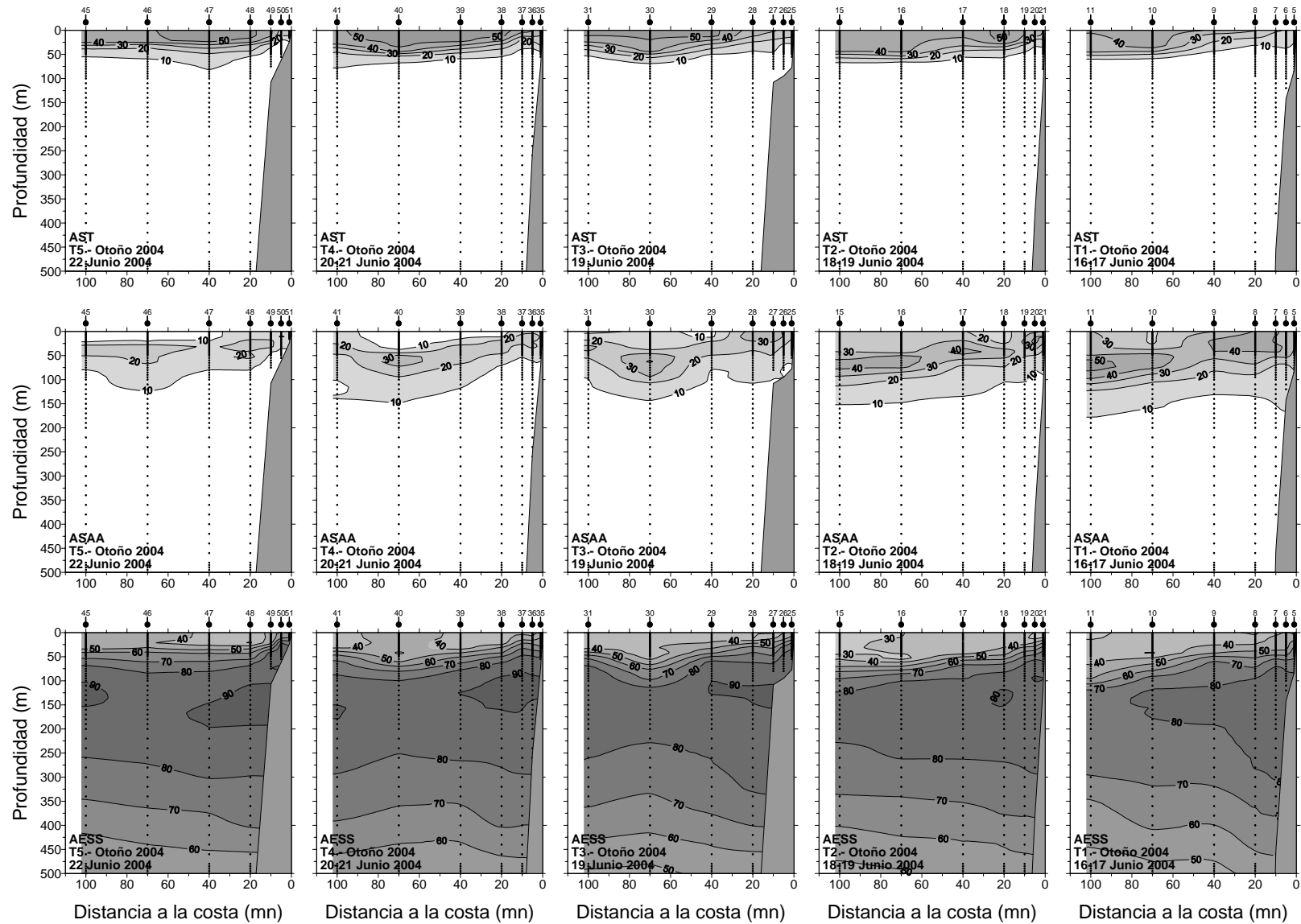


Figura 36. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18° 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19° 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21° 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22° 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat. 23° 40'S), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.

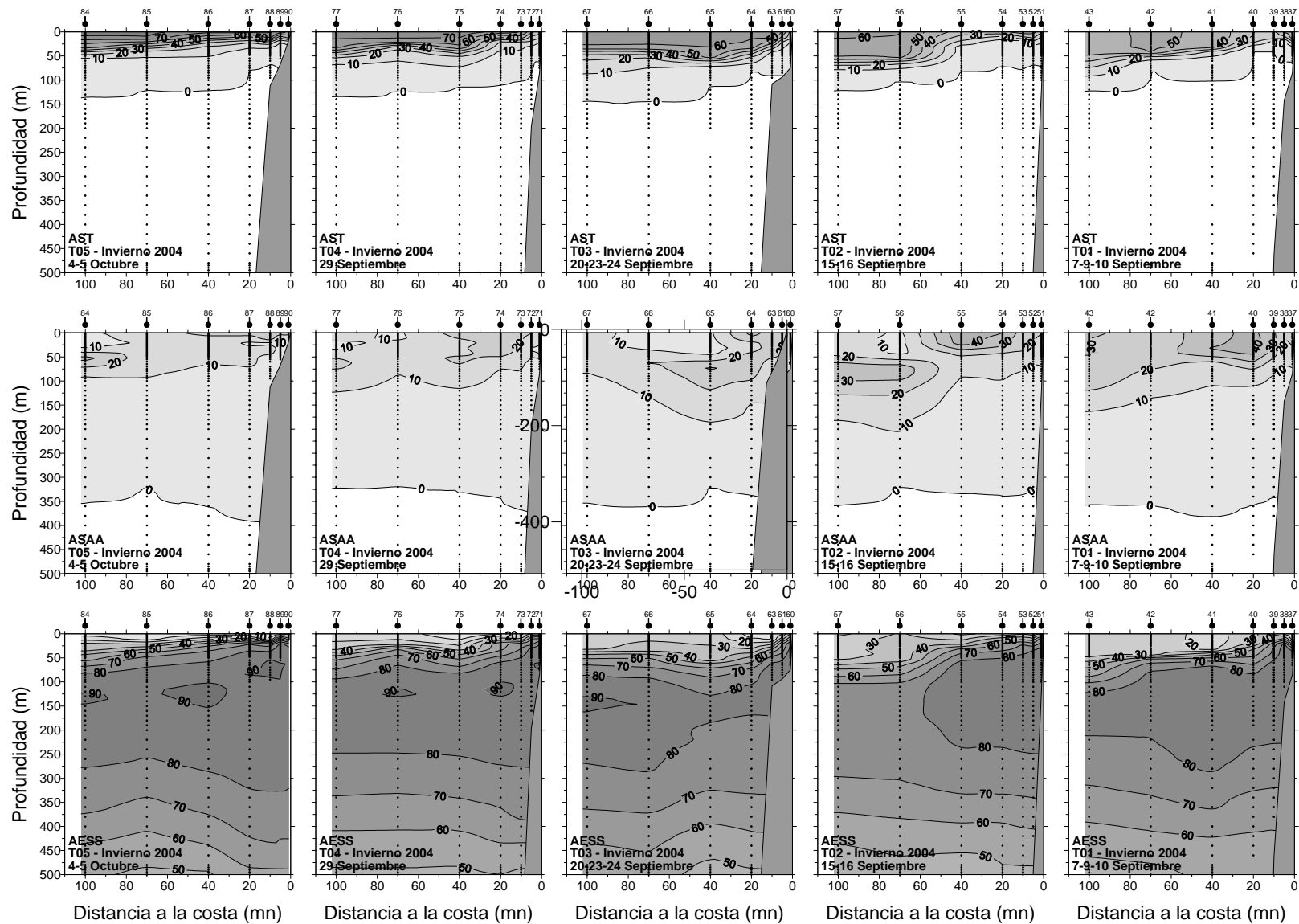


Figura 37. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de Arica (T5; Lat. 18° 25'S), punta Junín (T4; Lat. 19° 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21° 00'S), punta Copaca (T2; Lat. 22° 20'S) y bahía Moreno (T1; Lat.23° 40'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

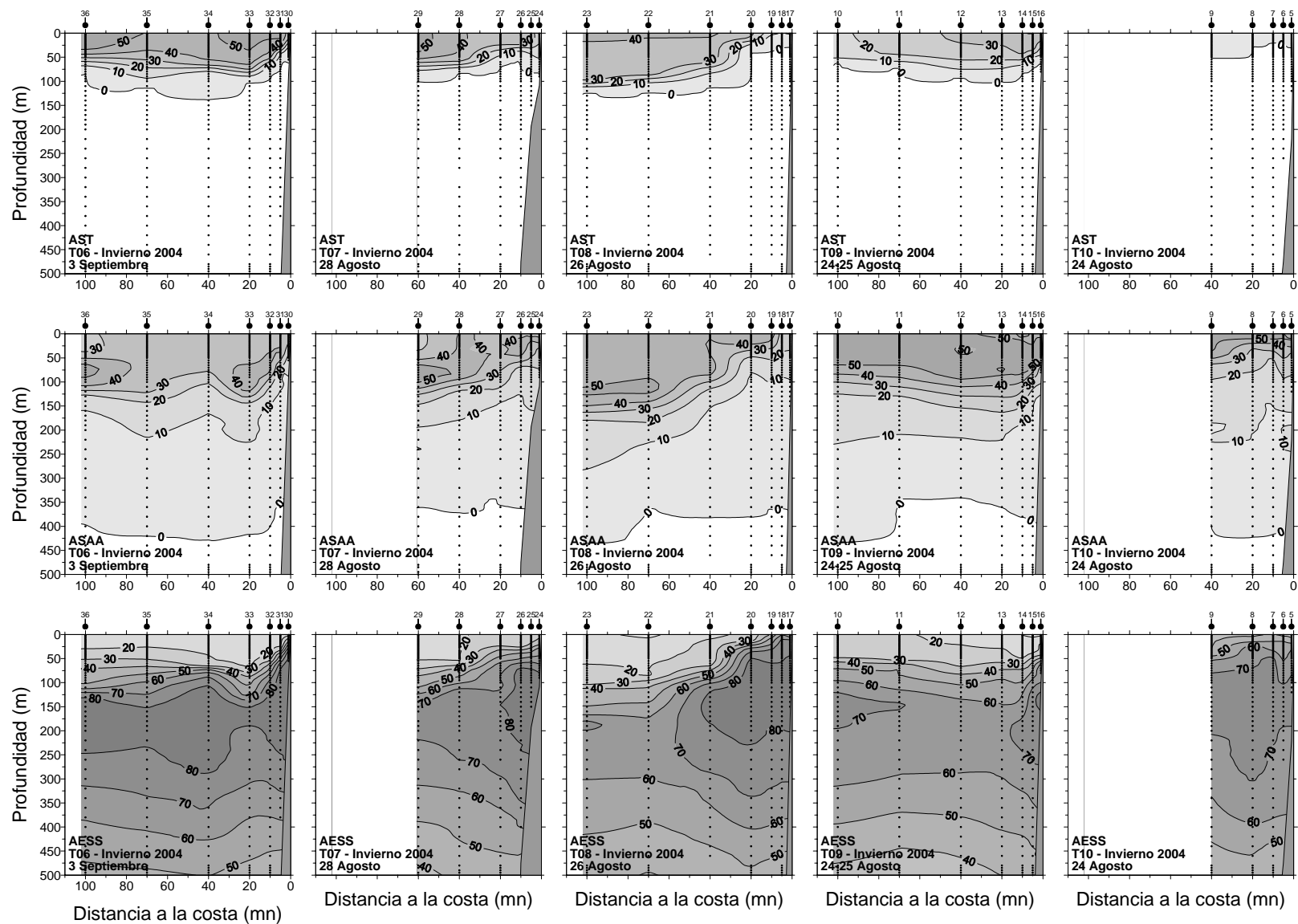
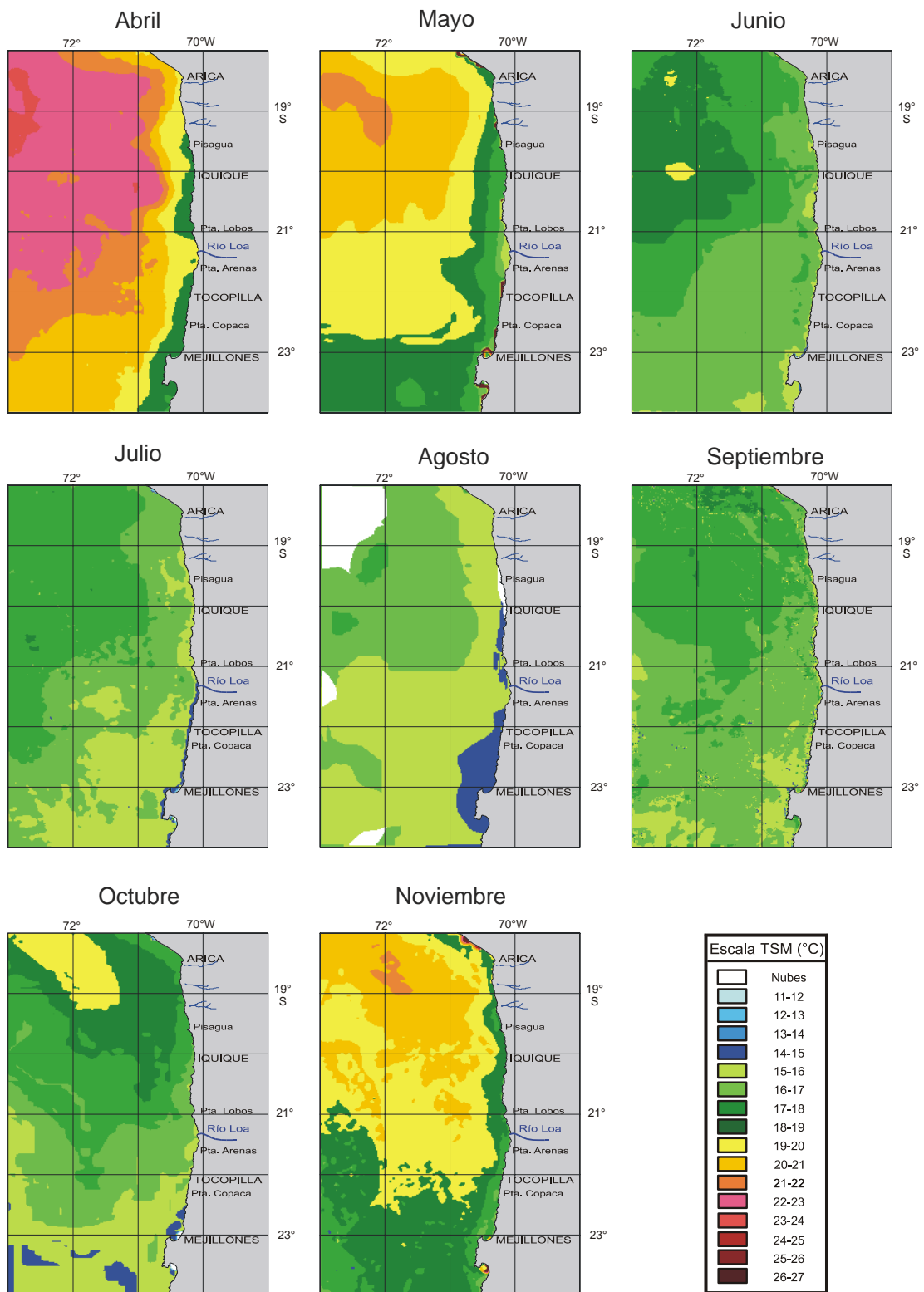
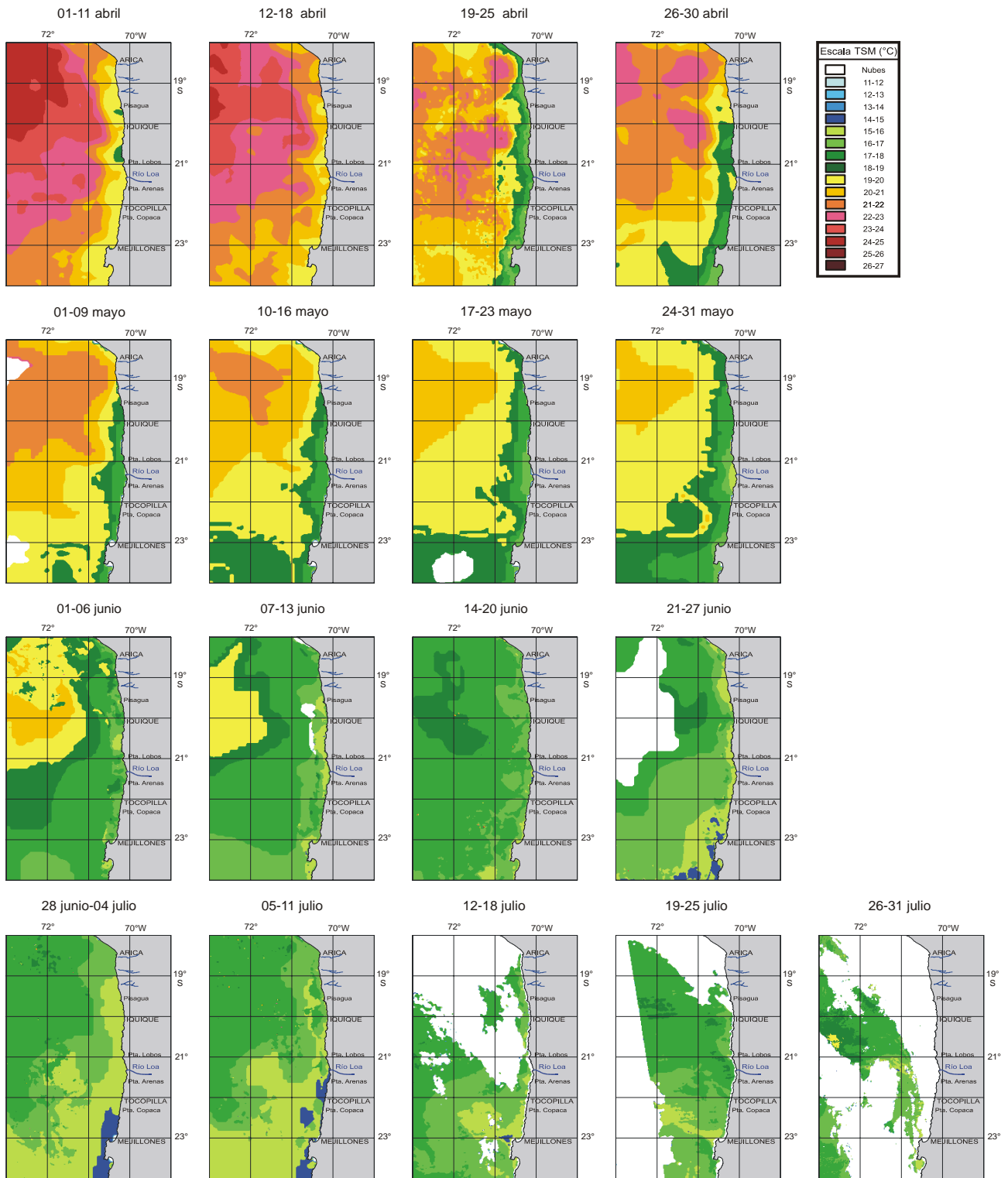


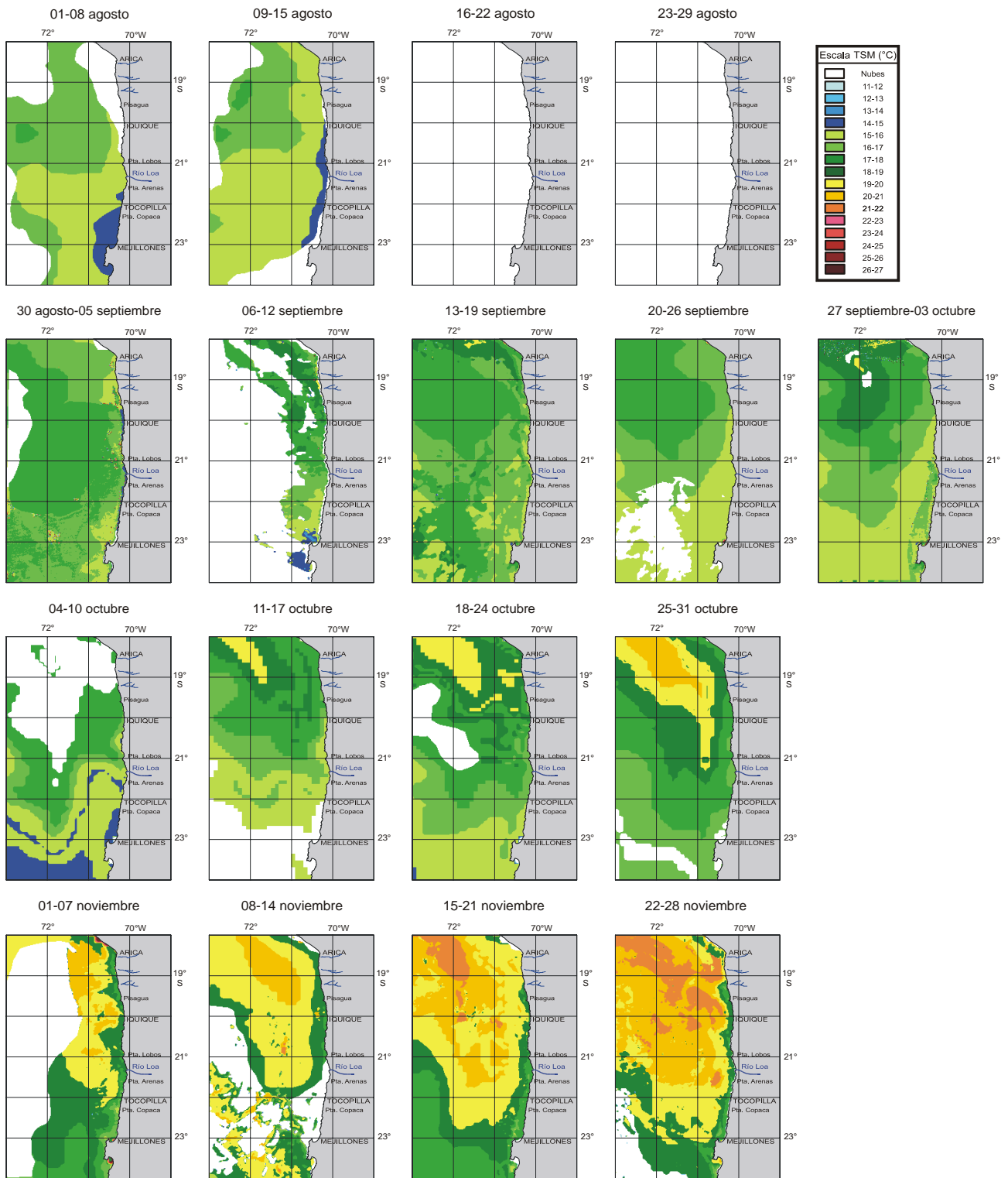
Figura 38. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsupsuperficial (AESS) en las transectas de rada Paposo (T6; Lat. 25° 00'S), punta Ballenita (T7; Lat. 26° 00'S), bahía Salada (T8; Lat. 27° 40'S), caleta Inglesa (T9; Lat. 29° 00'S), Coquimbo (T10; Lat. 30° 00'S) y Pichidangui (T11; Lat. 32° 08'S), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.



**Figura 39.** Distribución espacial mensual de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Abril-noviembre 2004.



**Figura 40.** Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Abril-julio 2004.



**Figura 41.** Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Agosto-noviembre 2004.

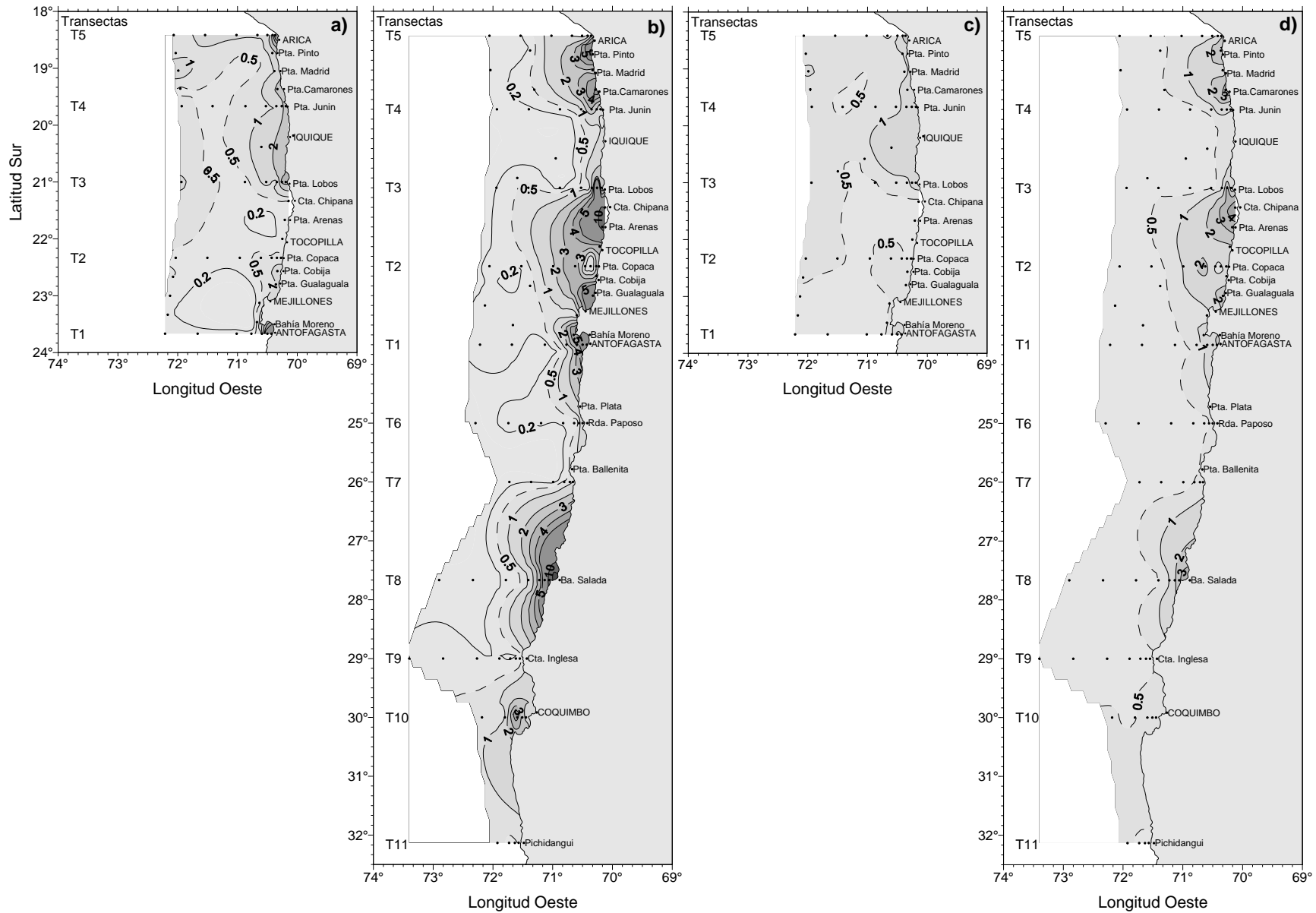


Figura 42. Distribución de la clorofila a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) en a) Otoño y b) Invierno, y de los feopigmentos superficiales ( $\mu\text{g/L}$ ) en c) Otoño, d) Invierno 2004. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.

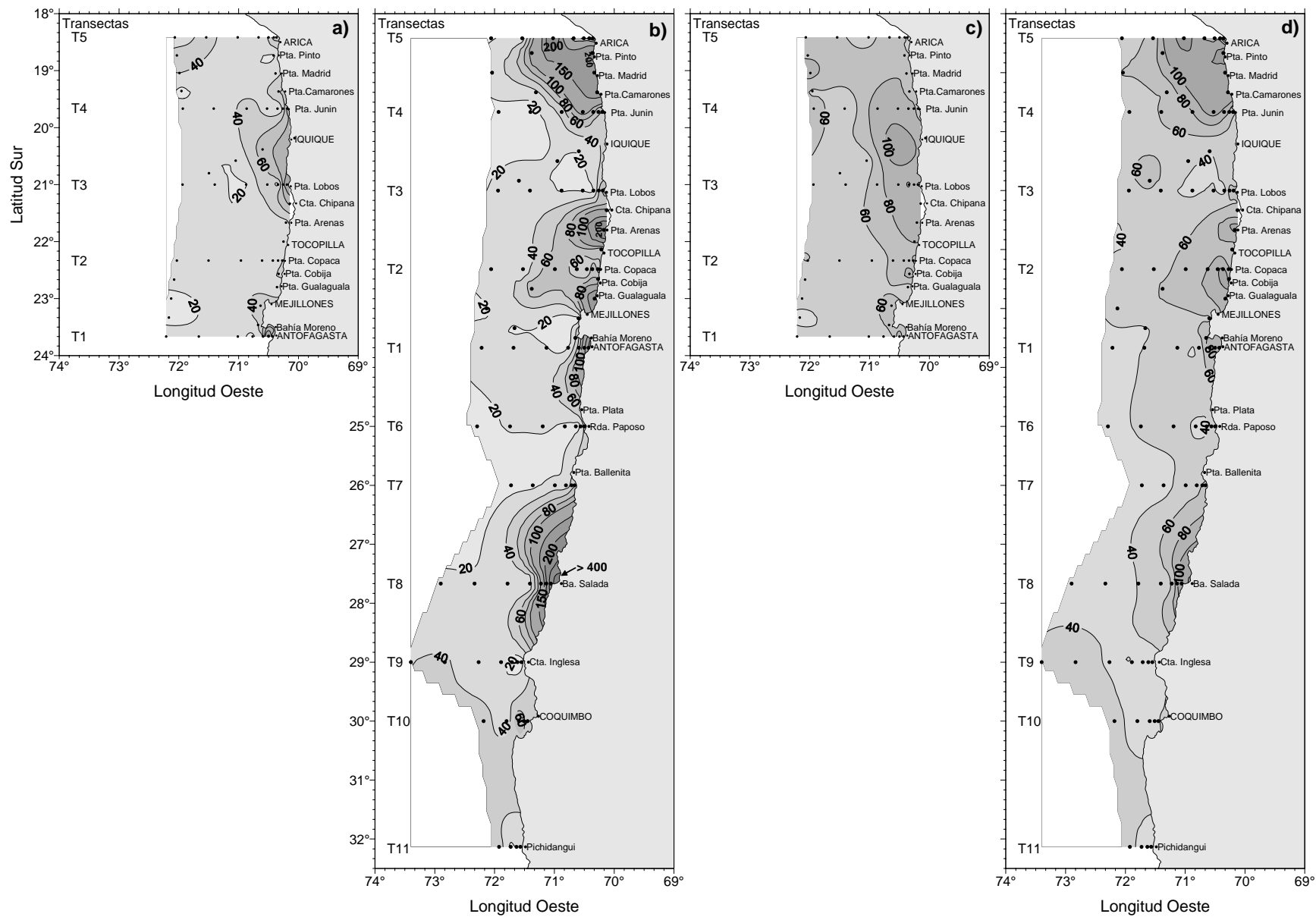


Figura 43. Distribución de clorofila a integrada (mg/m<sup>2</sup>) en a) Otoño y b) Invierno, y de feopigmentos integrados (mg/m<sup>2</sup>) en c) Otoño y d) Invierno. Cruceros estacionales. Junio y Agosto - Septiembre 2004.



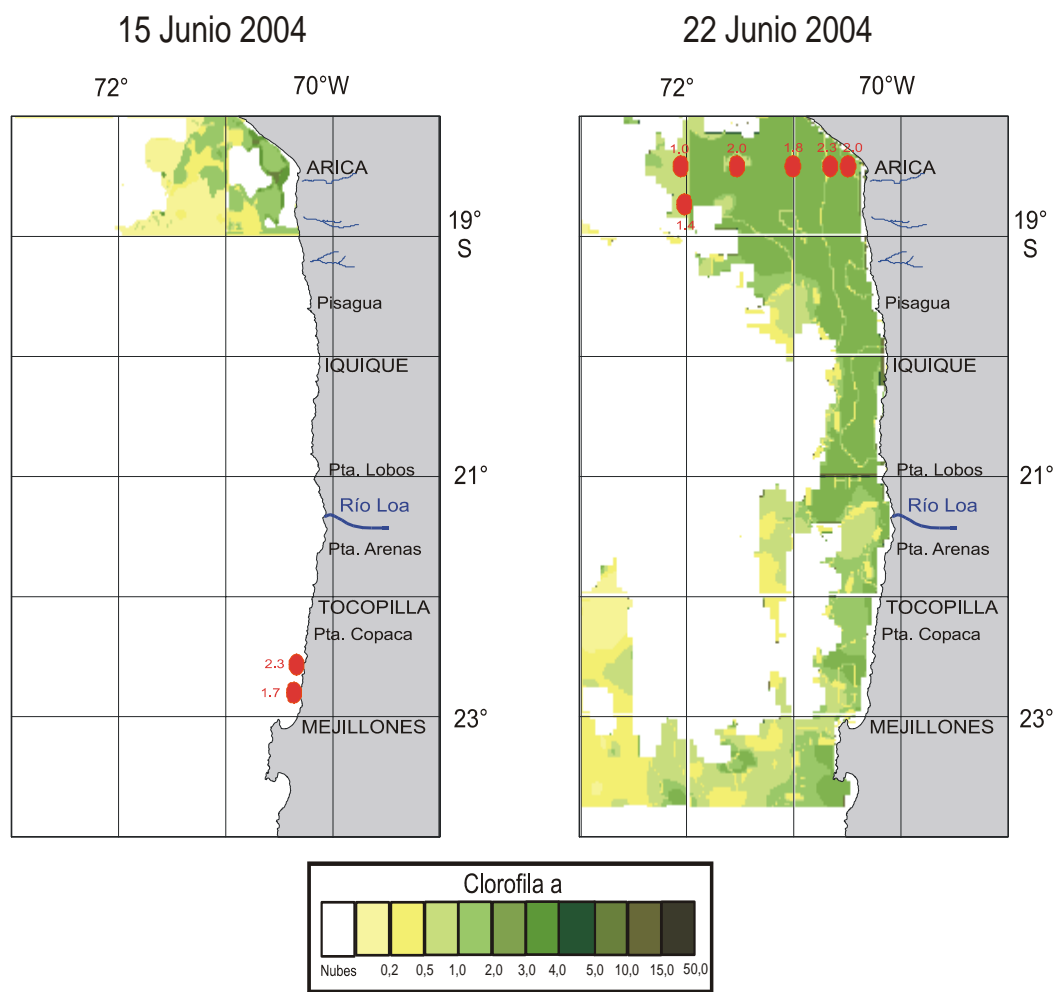


Figura 44. Distribución espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 15 y 22 de junio. Otoño 2004. Crucero estacional. Junio 2004.

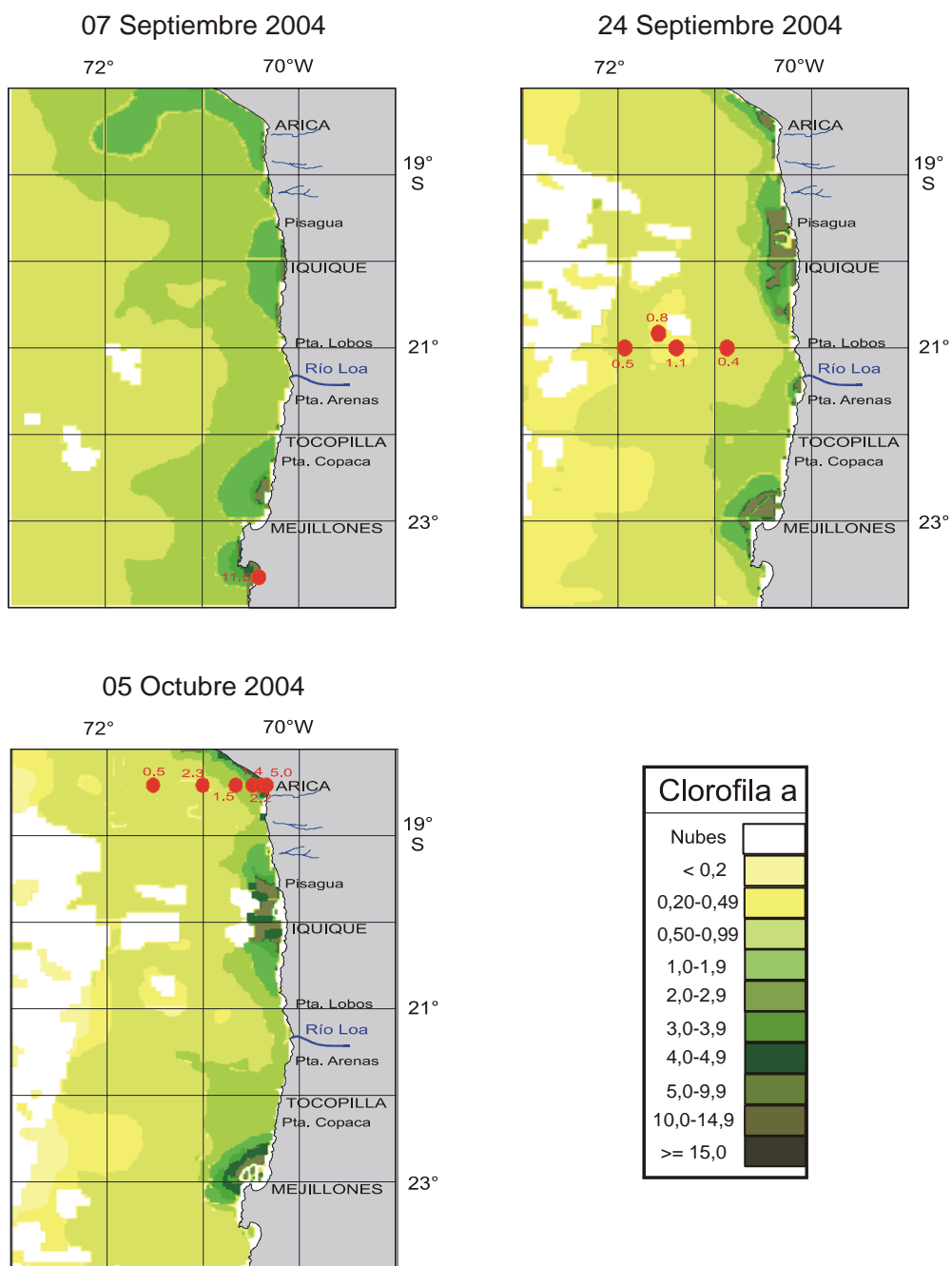


Figura 45. Distribución espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 7 y 24 de septiembre y 5 de octubre. Invierno 2004. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

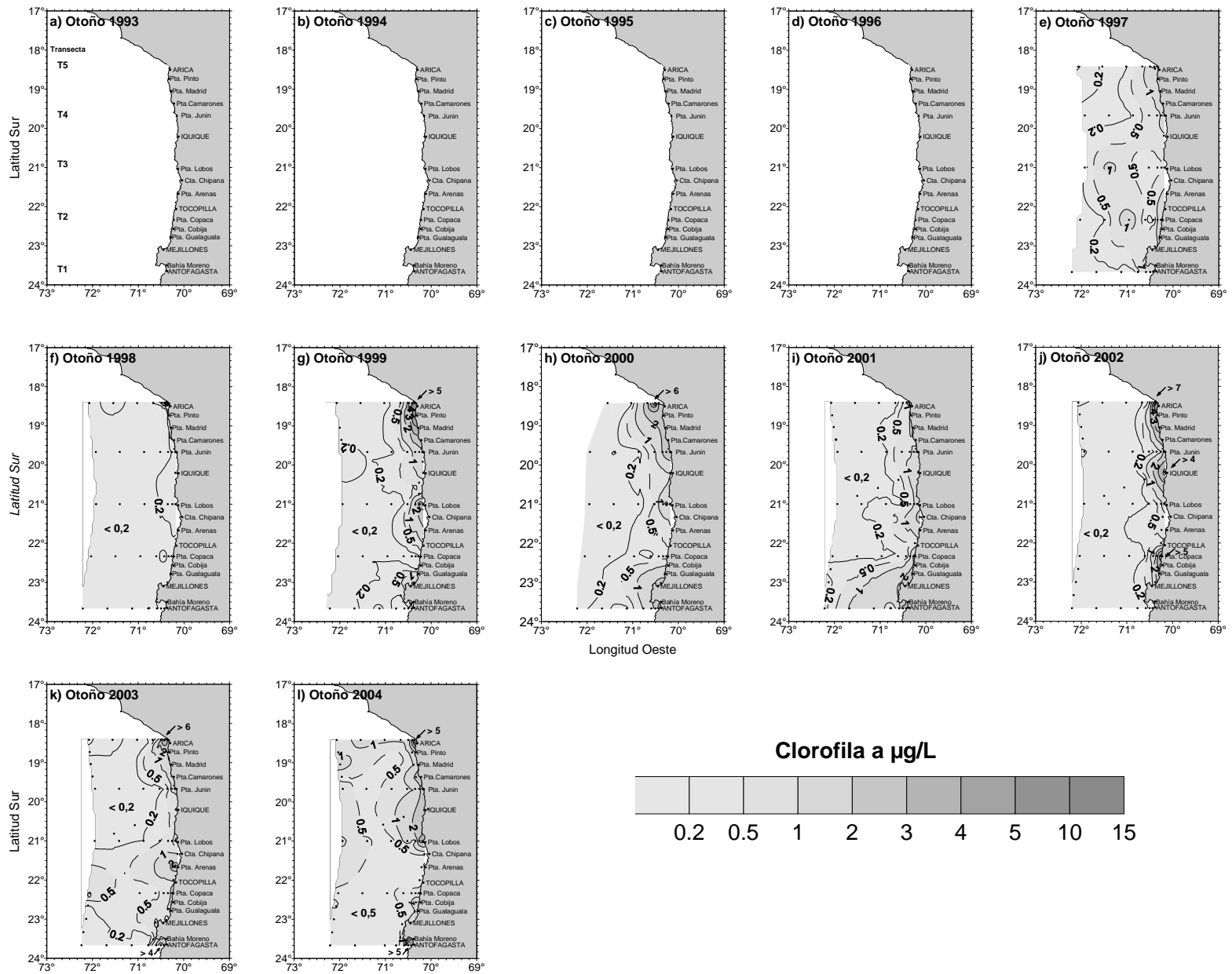


Figura 46. Distribución histórica de clorofila a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) de Otoño en el período 1993 - 2004. (cruceos realizados entre 1993 y 1996 sin información de clorofila a)

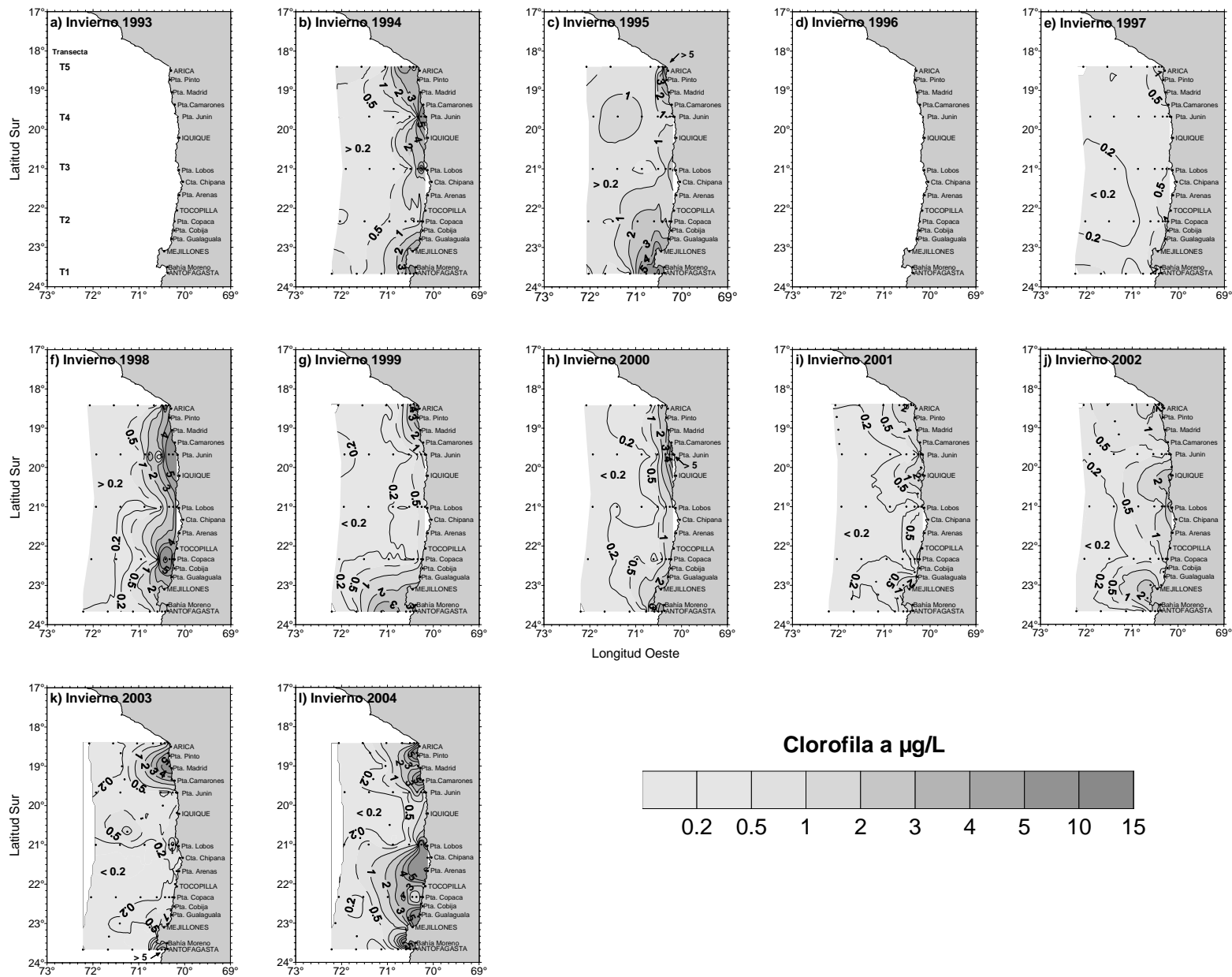


Figura 47. Distribución histórica de clorofila a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) de Invierno en el período 1993 - 2004. (cruceos realizados en 1993 y 1996 sin información de clorofila a)

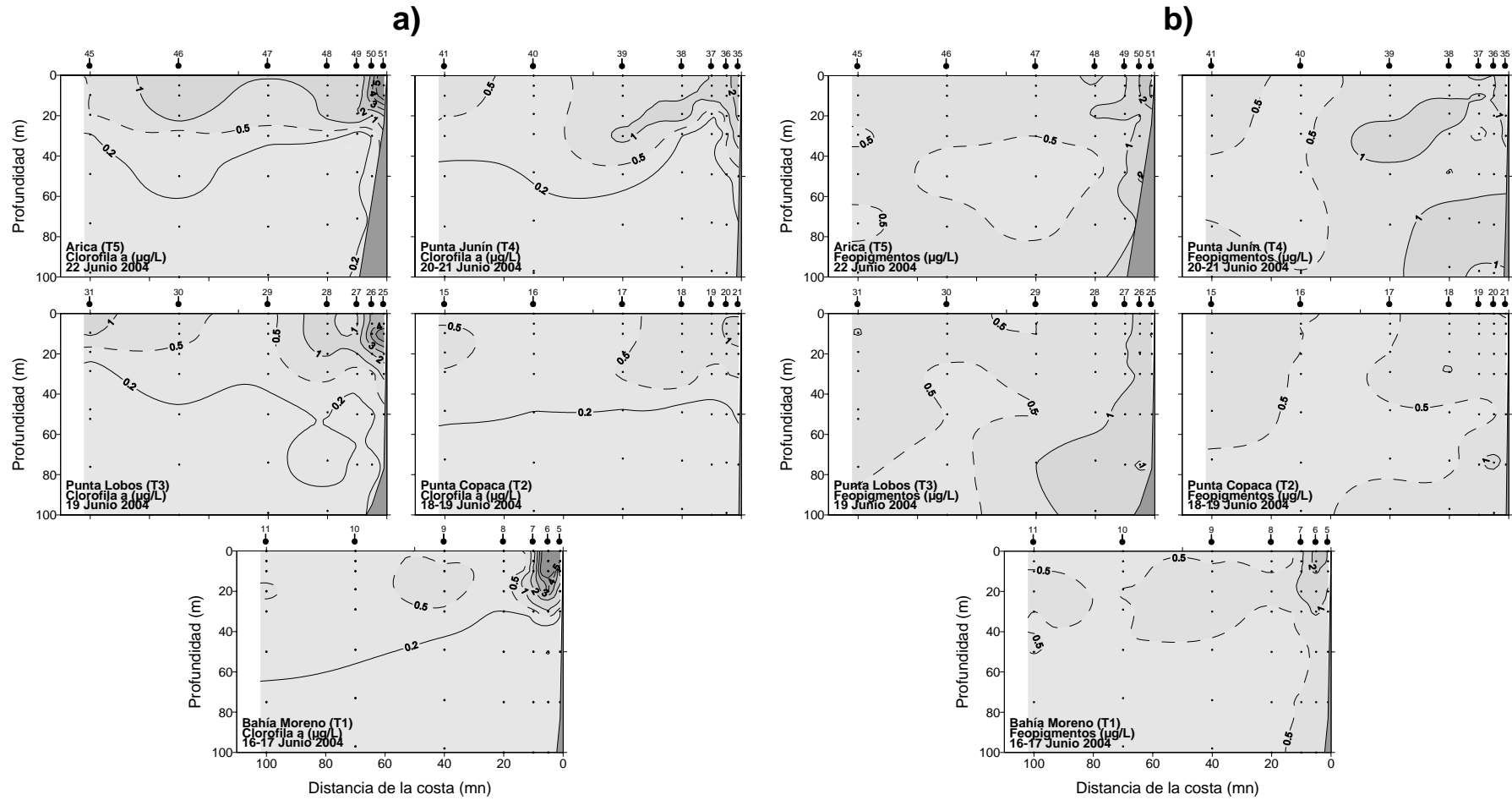


Figura 48. Distribución vertical de a) clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) y b) feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ), en las transectas de Arica (T5; Lat.  $18^\circ 25'S$ ), punta Junín (T4; Lat.  $19^\circ 40'S$ ), punta Lobos (T3; Lat.  $21^\circ 00'S$ ), punta Copaca (T2; Lat.  $22^\circ 20'S$ ) y bahía Moreno (T1; Lat.  $23^\circ 40'S$ ), en Otoño. Crucero estacional. Junio 2004.

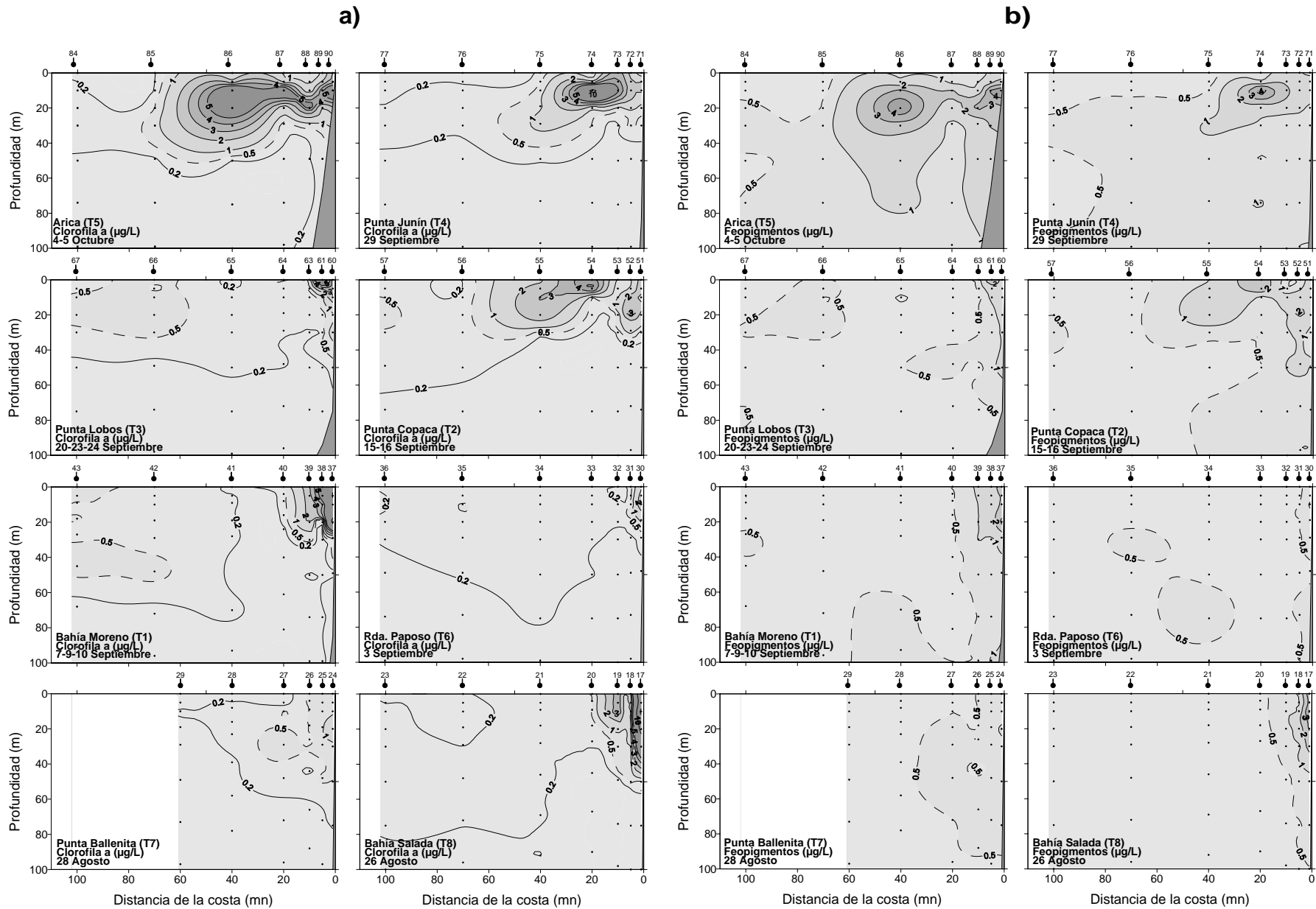


Figura 49. Distribución vertical de a) clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) y b) feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ), en las transectas de Arica (T5; Lat.  $18^\circ 25'S$ ), punta Junín (T4; Lat.  $19^\circ 40'S$ ), punta Lobos (T3; Lat.  $21^\circ 00'S$ ), punta Copaca (T2; Lat.  $22^\circ 20'S$ ), bahía Moreno (T1; Lat.  $23^\circ 40'S$ ), rada Paposo (T6; Lat.  $25^\circ 00'S$ ), punta Ballenita (T7; Lat.  $26^\circ 00'S$ ) y bahía Salada (T8; Lat.  $27^\circ 40'S$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

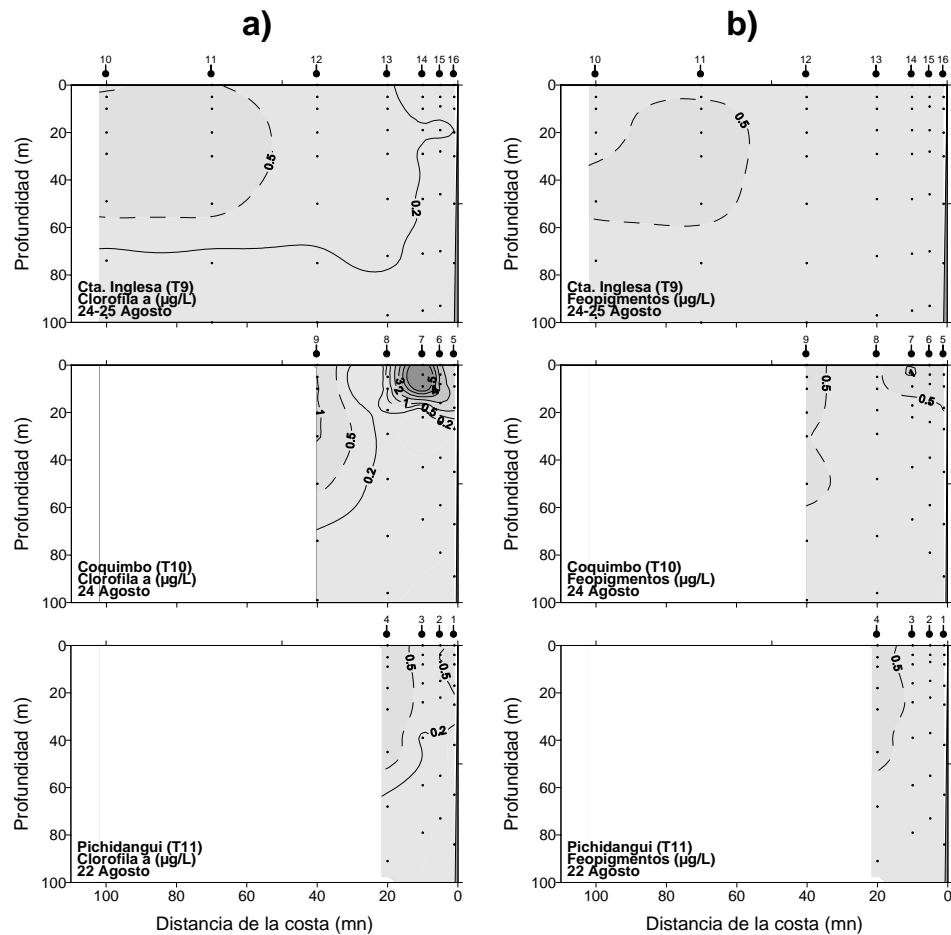


Figura 50. Distribución vertical de a) clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) y b) feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ), en las transectas de caleta Inglesa (T9; Lat.  $29^{\circ} 00'S$ ), Coquimbo (T10; Lat.  $30^{\circ} 00'S$ ) y Pichidangui (T11; Lat.  $32^{\circ} 08'S$ ), en Invierno. Crucero estacional. Agosto - Septiembre 2004.

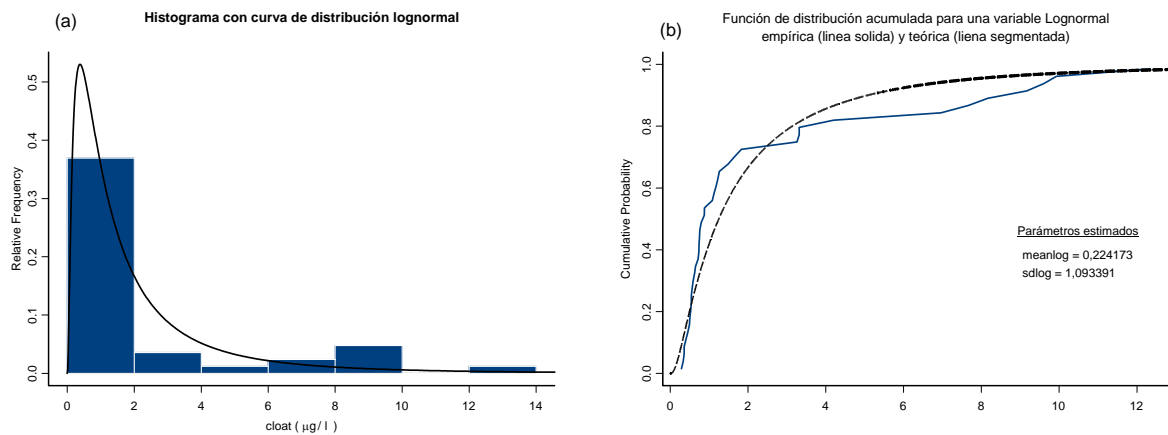


Figura 51. Histograma, función de densidad de probabilidad teórica lognormal (a) y función de distribución acumulada empírica y teórica (b) para la variable concentración de clorofila total. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área de Arica-Bahía Moreno.

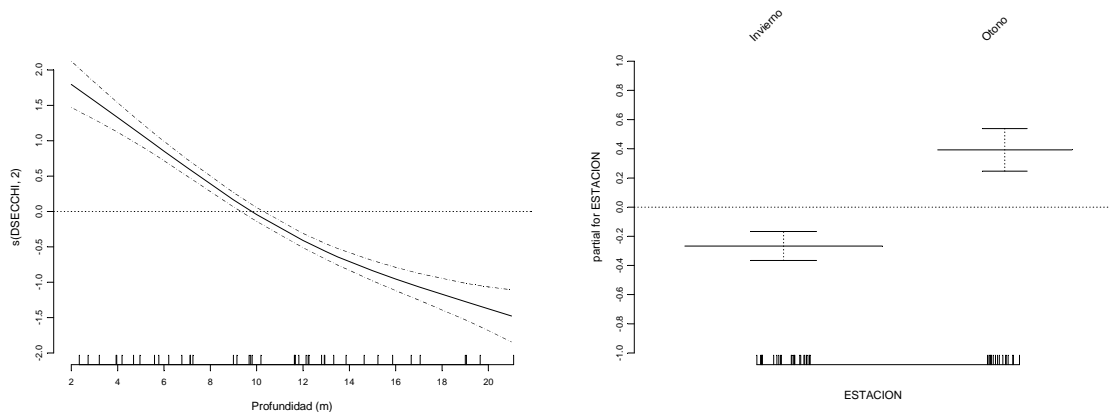


Figura 52. Efectos del predictor profundidad del disco secchi y tendencias de los índices por estación sobre la variable logaritmo de la clorofila total, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y  $s(X,P)$  corresponde a la función suavizadora spline para la variable profundidad con dos grados de libertad. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área de Arica-Bahía Moreno.



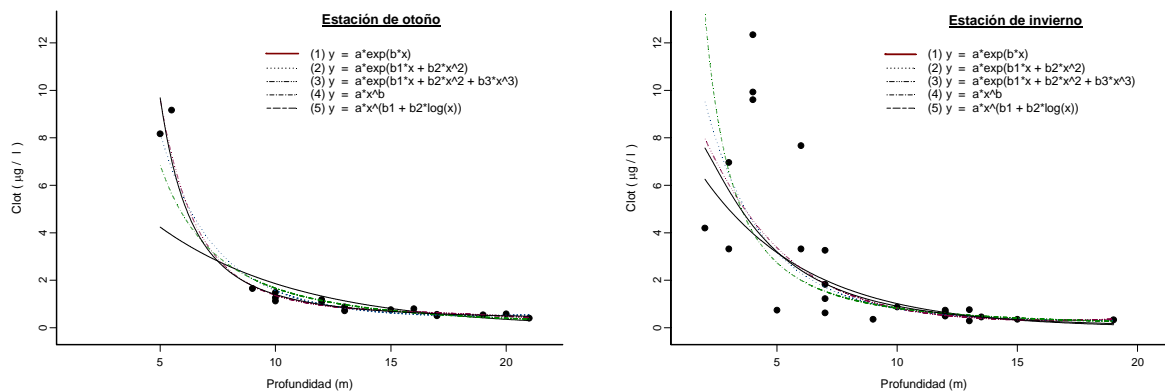


Figura 53. Diagrama de dispersión y curvas ajustadas de los distintos modelos utilizados para describir la relación entre la profundidad del disco secchi y la concentración de clorofila total. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área de Arica-Bahía Moreno.

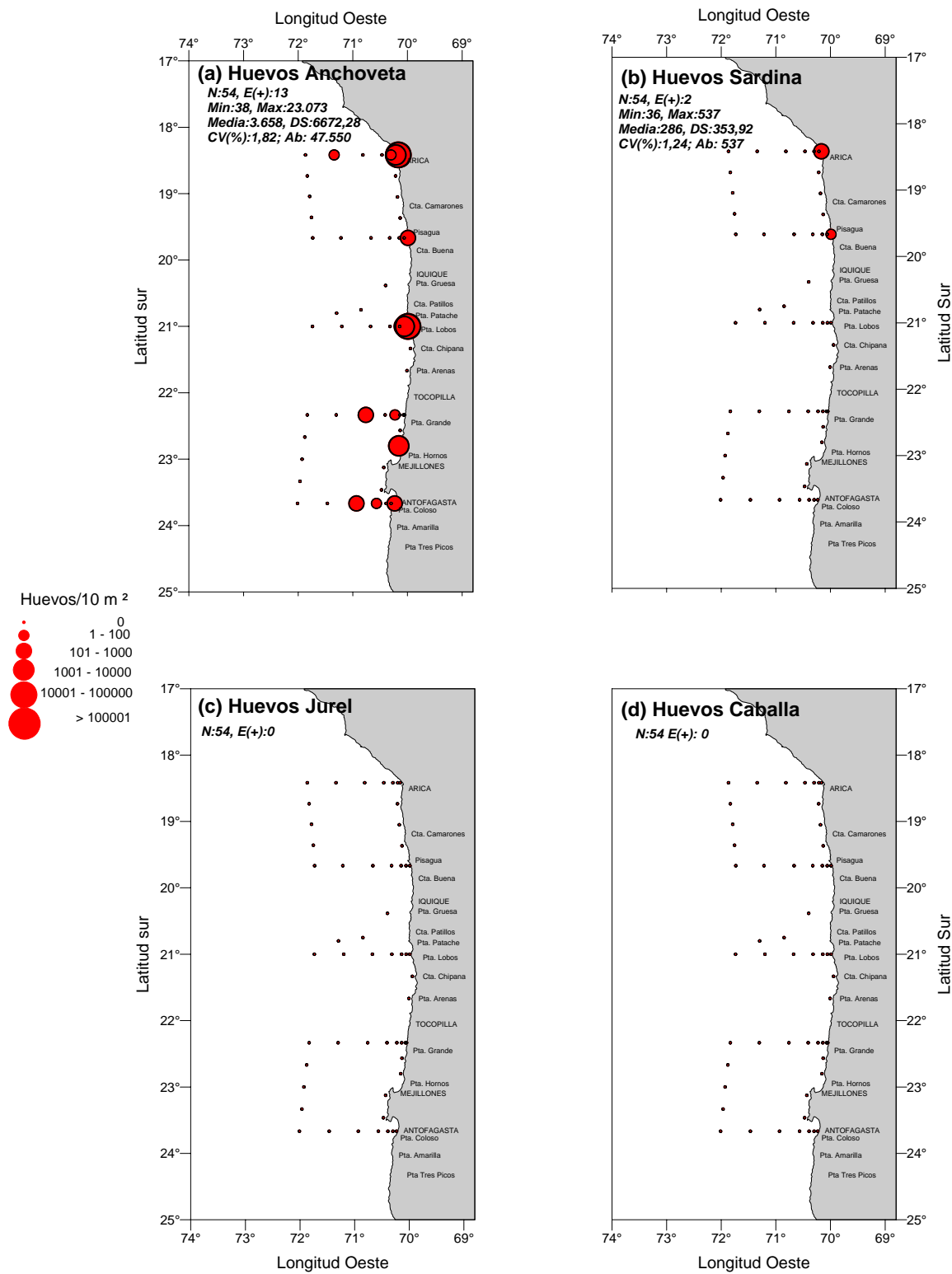


Figura 54. Distribución y abundancia de huevos de (a) Anchoqueta, (b) Sardina, (c) Jurel y (d) Caballa. Crucero MOBIO 0406 - Otoño 2004.

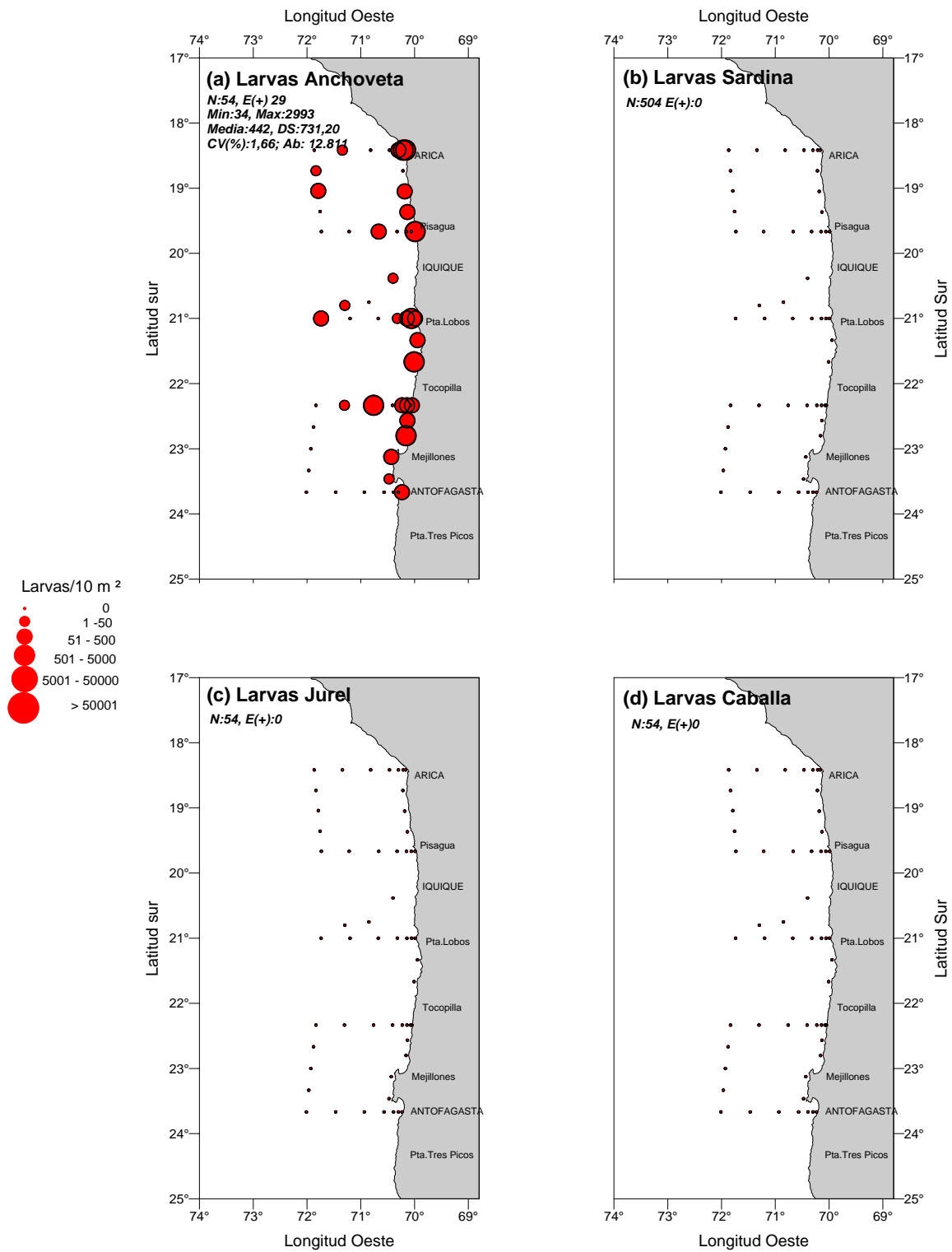


Figura 55. Distribución y abundancia de larvas de (a) Anchoqueta, (b) Sardina, (c) Jurel y (d) Caballa. Crucero MOBIO 0406 - Otoño 2004.

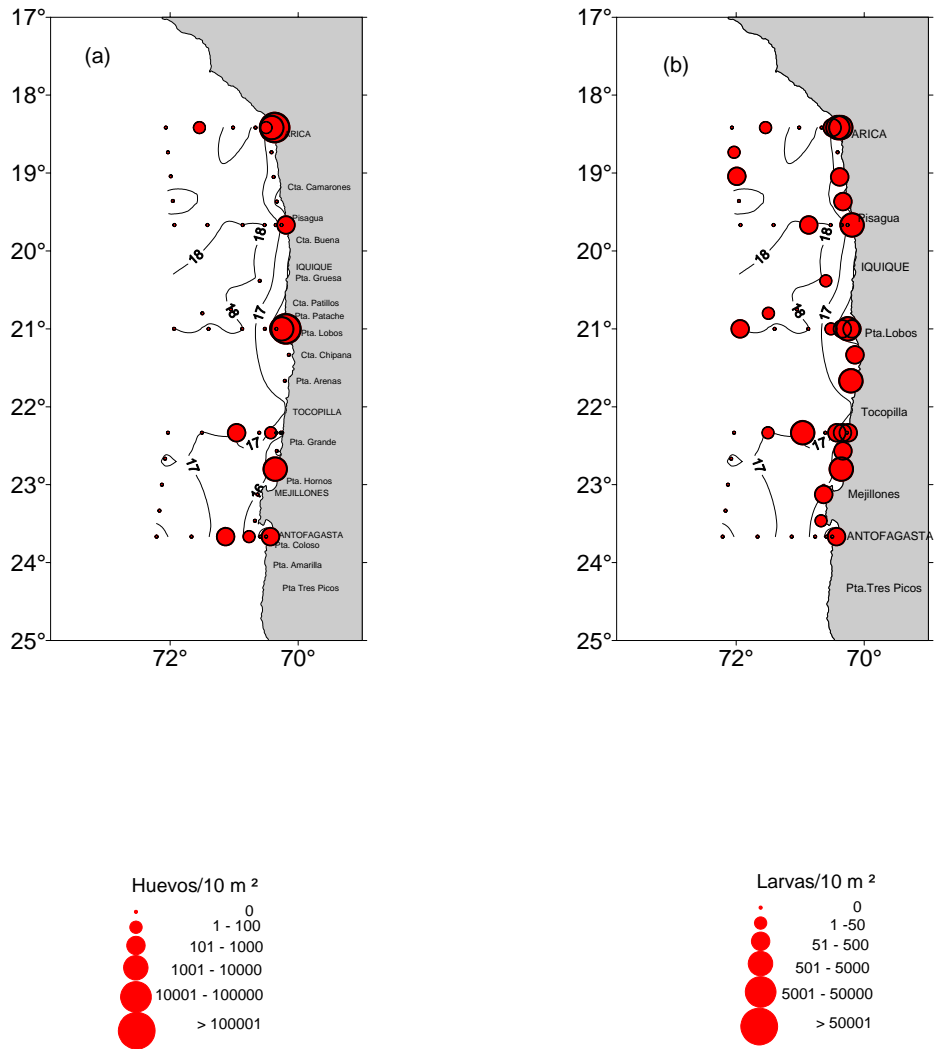


Figura 56.- Distribución de (a) huevos y (b) larvas de Anchoveta y su relación con la distribución de temperatura superficial en otoño de 2004.

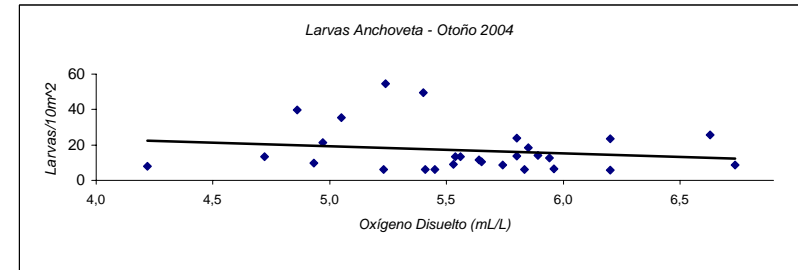
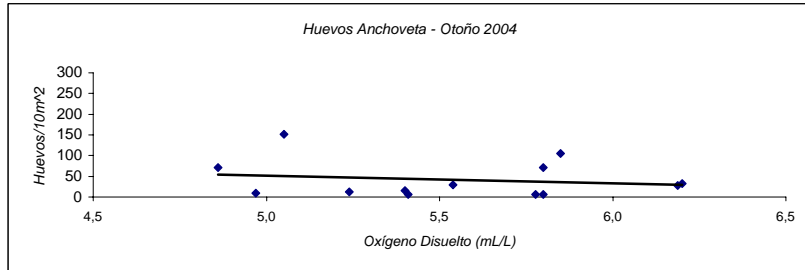
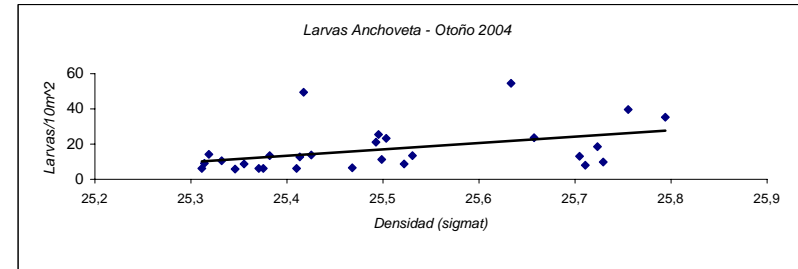
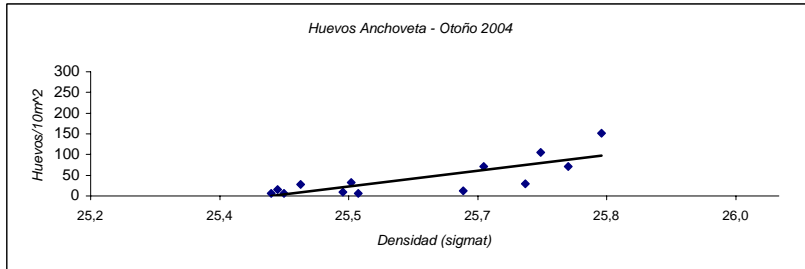
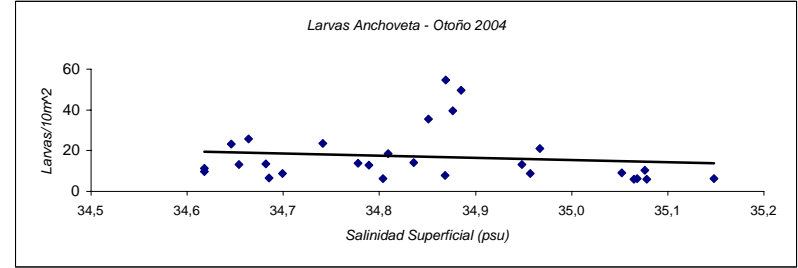
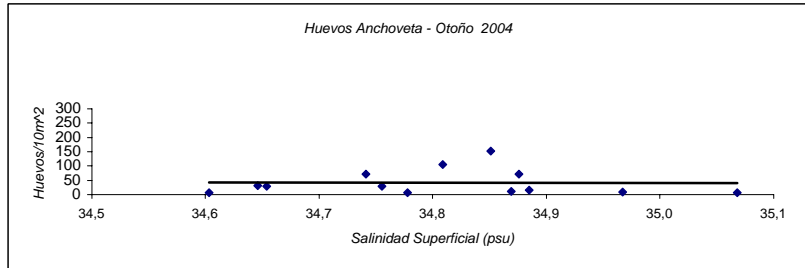
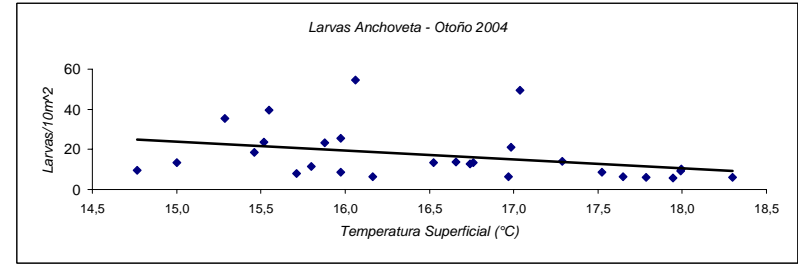
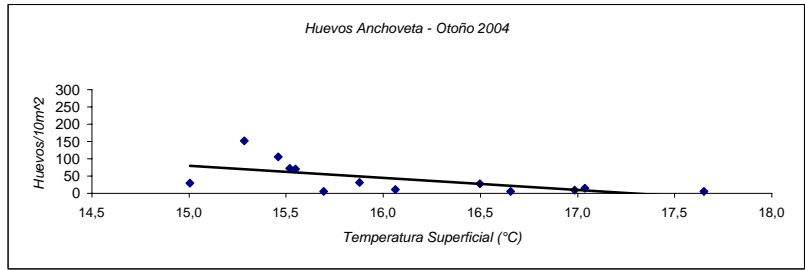


Figura 57. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y la temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto superficiales. Otoño 2004.

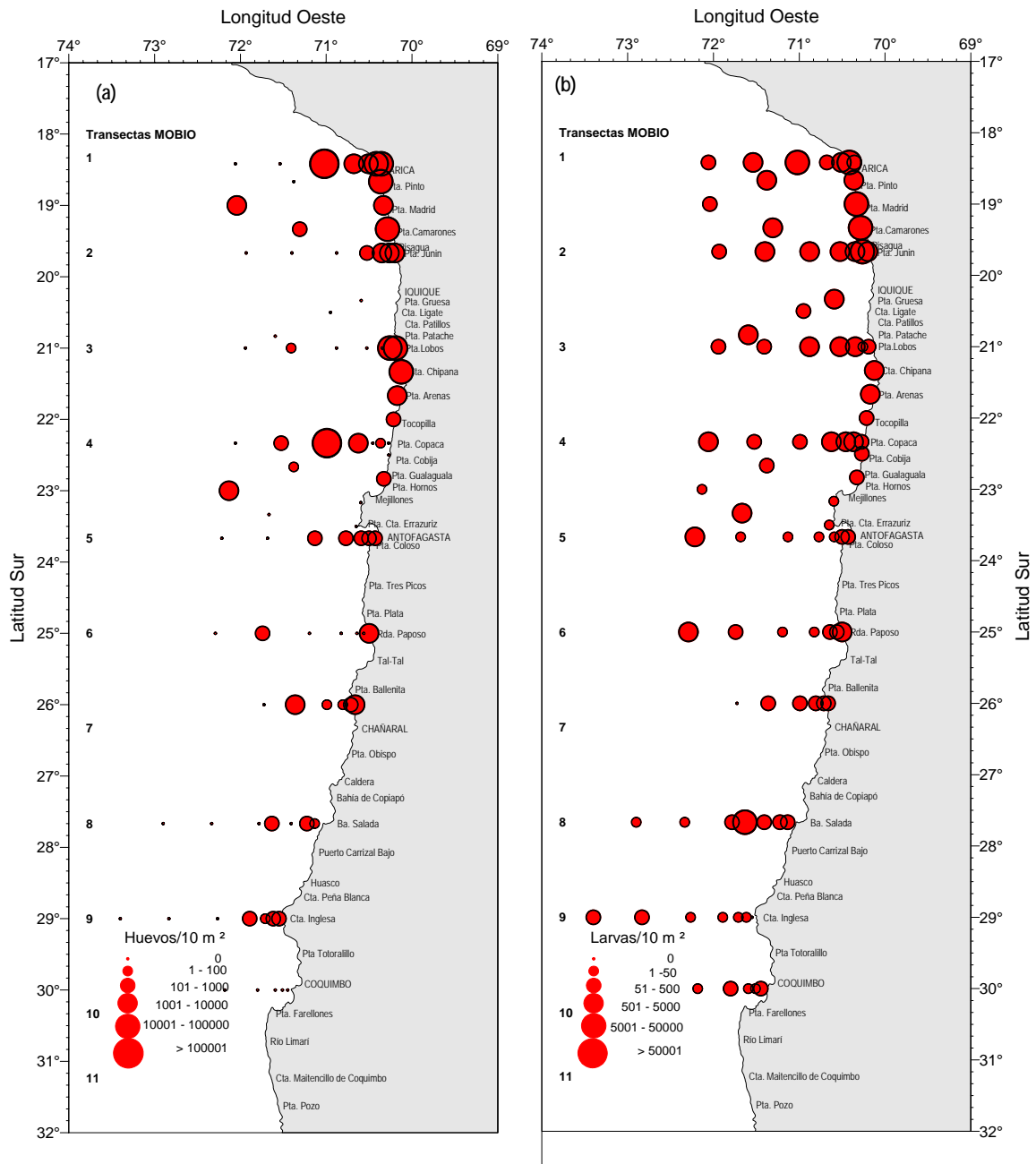


Figura 58. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Anchofeta. Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.

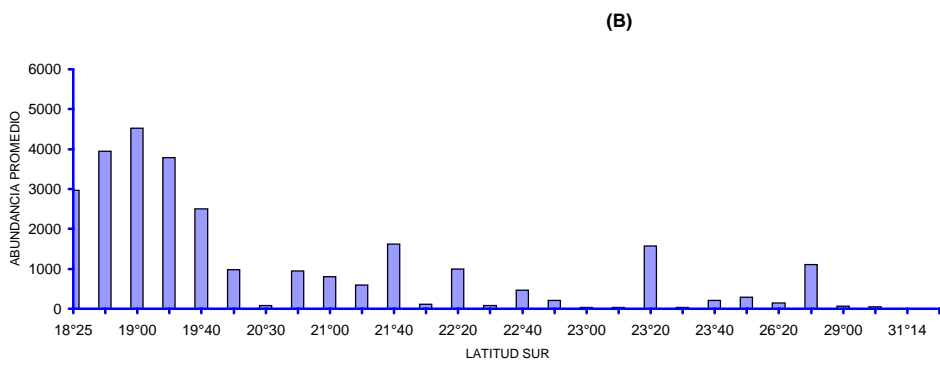
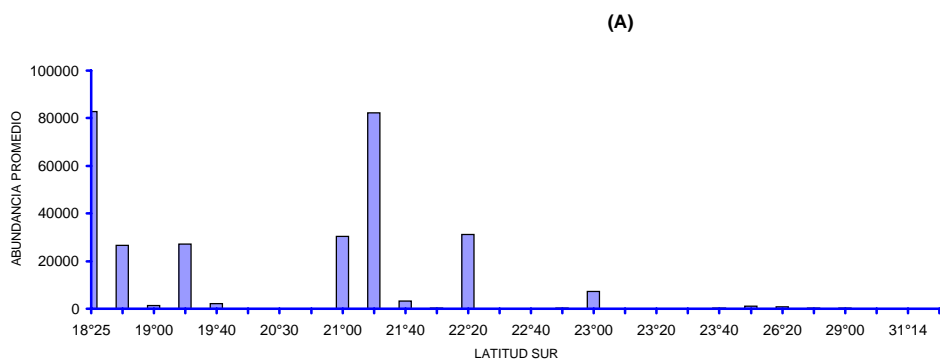


Figura 59. Abundancia promedio de (a) huevos y (b) larvas de anchoveta con respecto a la latitud. Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.

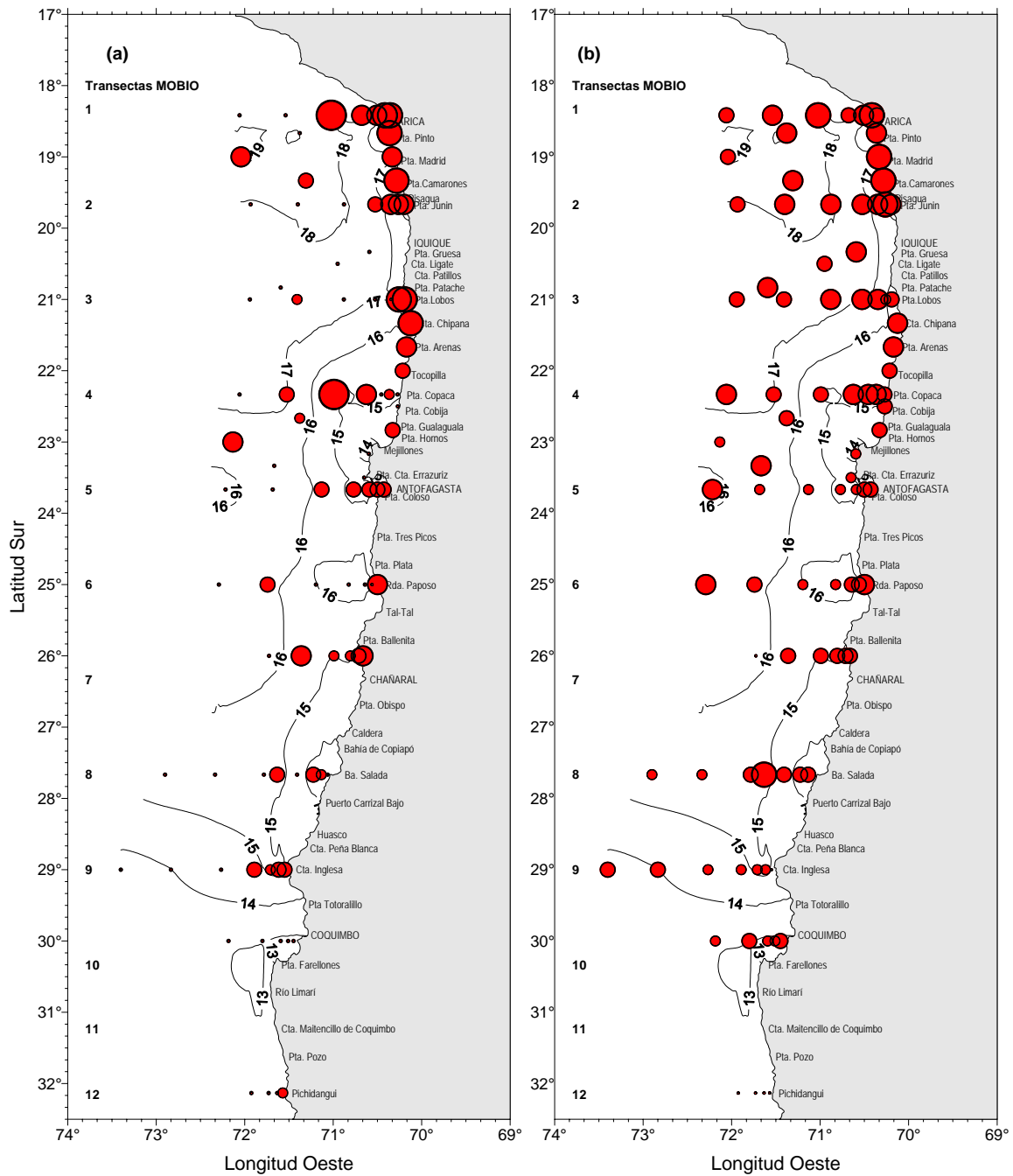


Figura 60.- Distribución de (a) huevos y (b) larvas de anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial, Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.



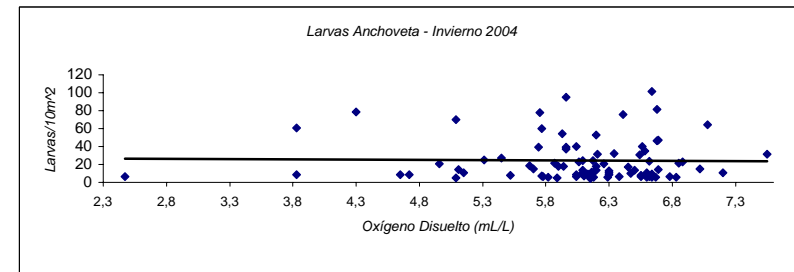
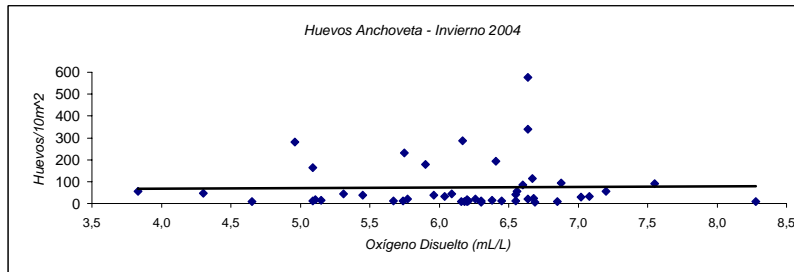
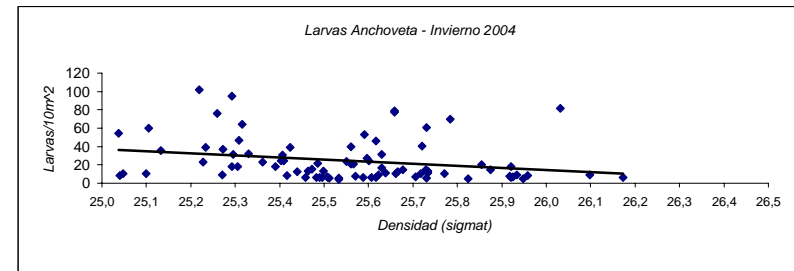
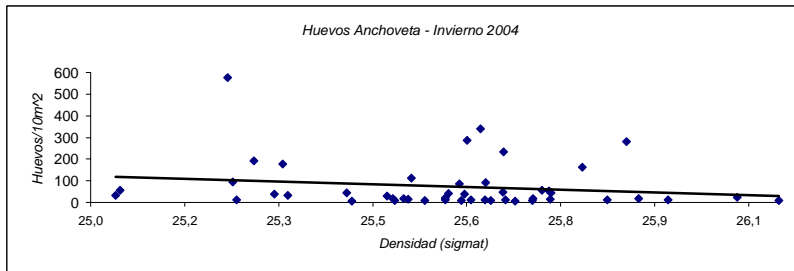
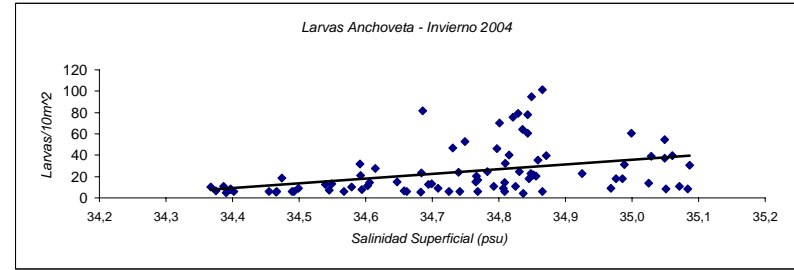
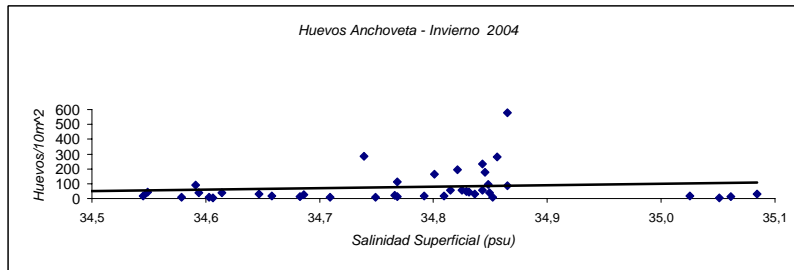
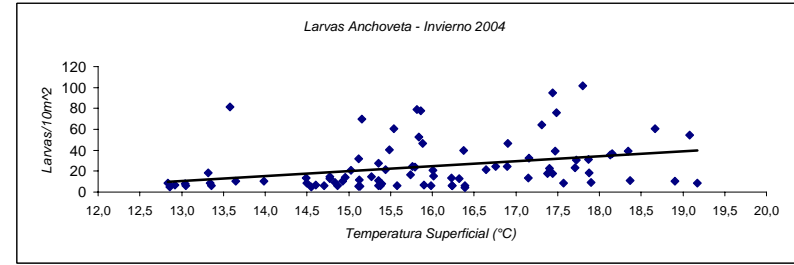
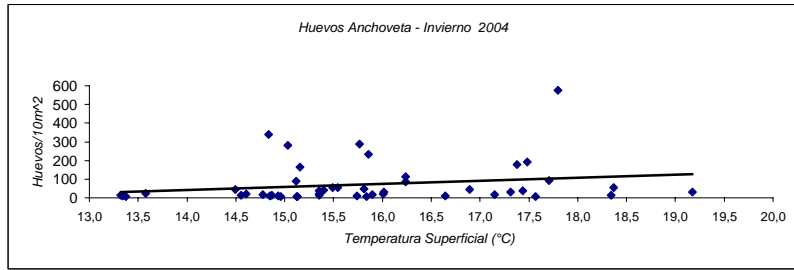


Figura 61. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y la temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto superficial. Invierno 2004.

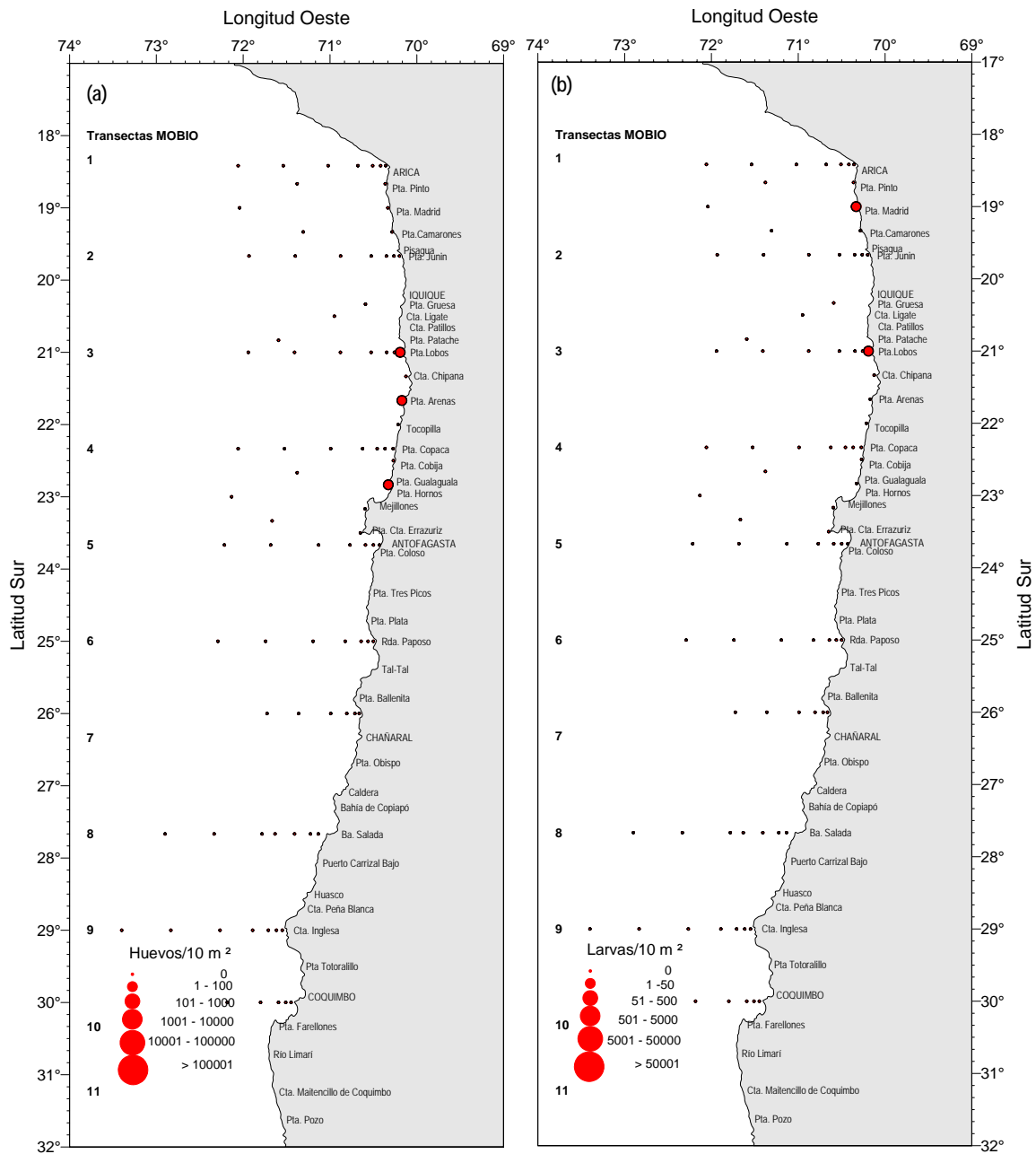


Figura 62. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Sardina. Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.

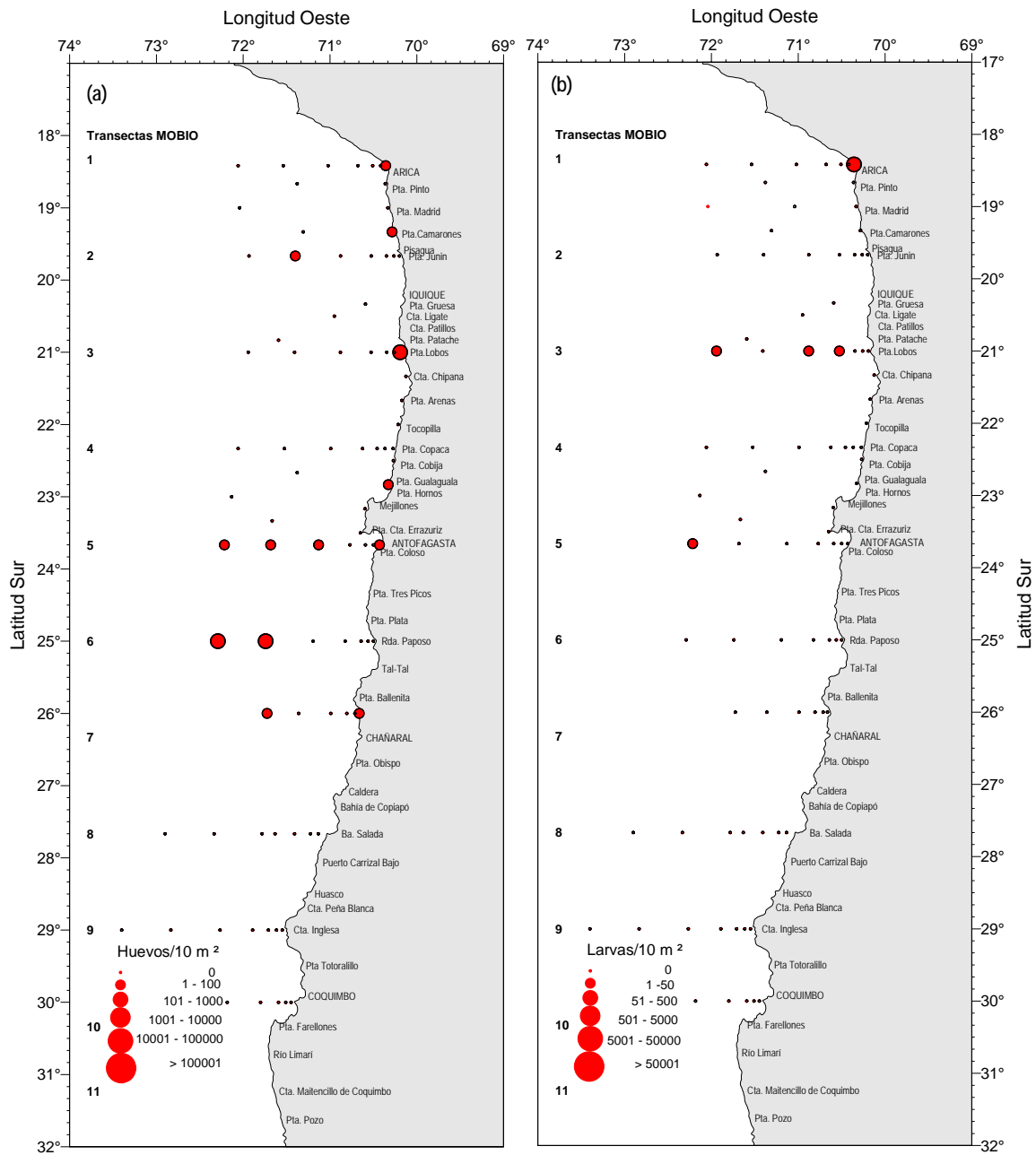


Figura 63. Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Jurel. Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.

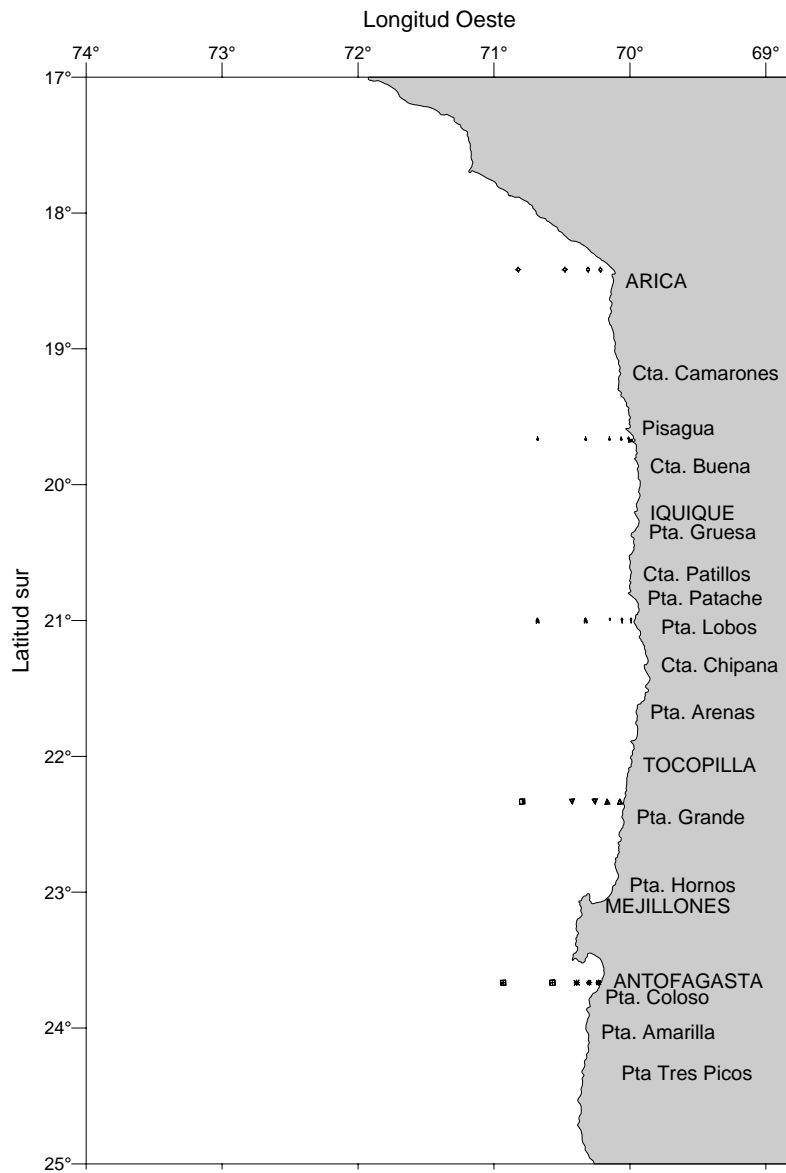


Figura 64. Posición geográfica de las estaciones zooplanctónicas estratificadas. Cruceros MOBIO de Otoño e Invierno 2004.

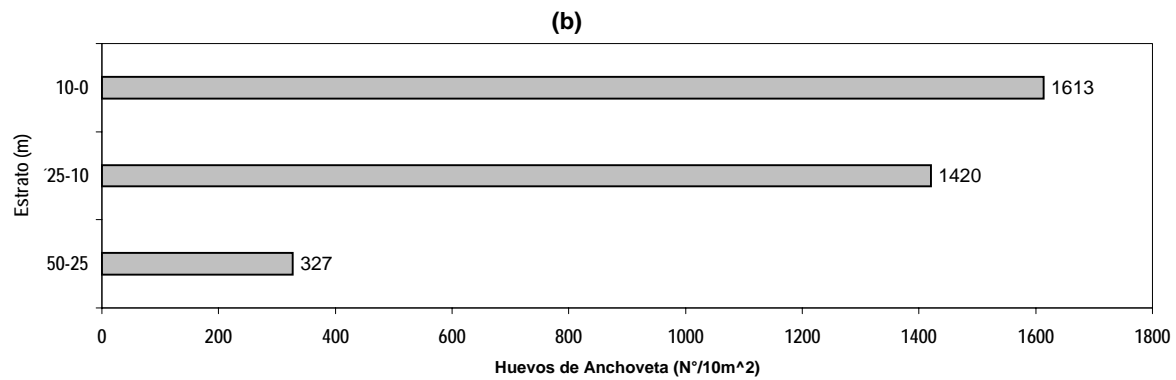
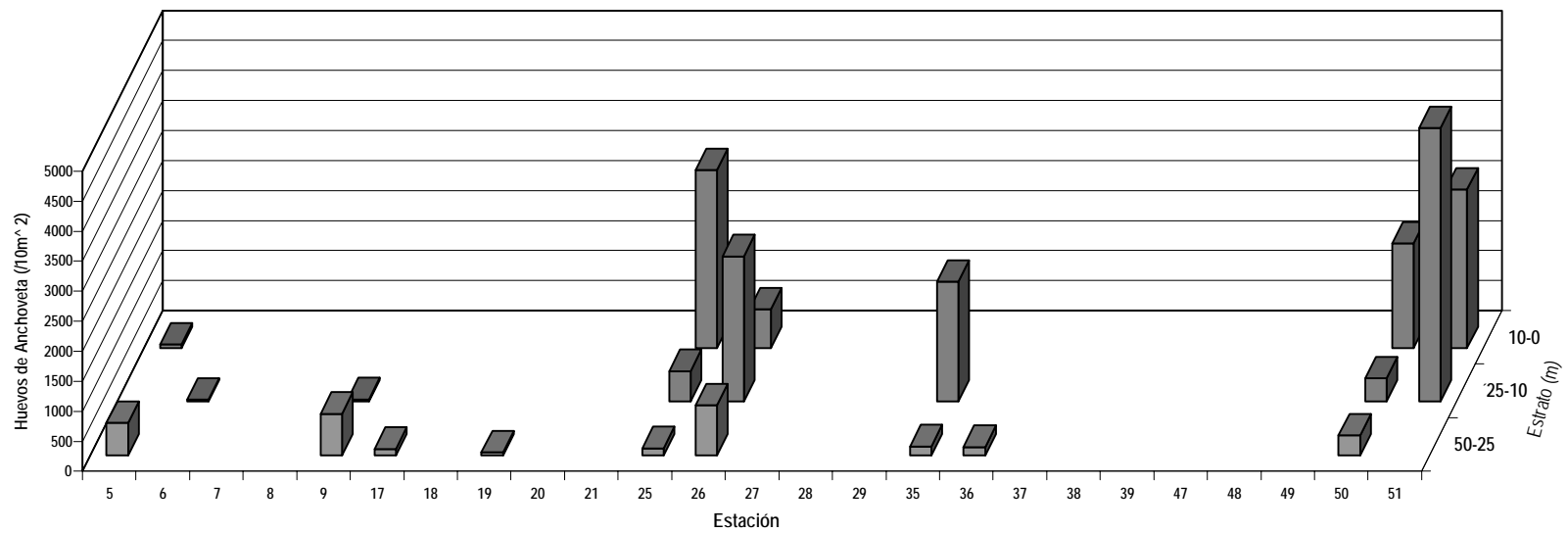


Figura 65. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0406.

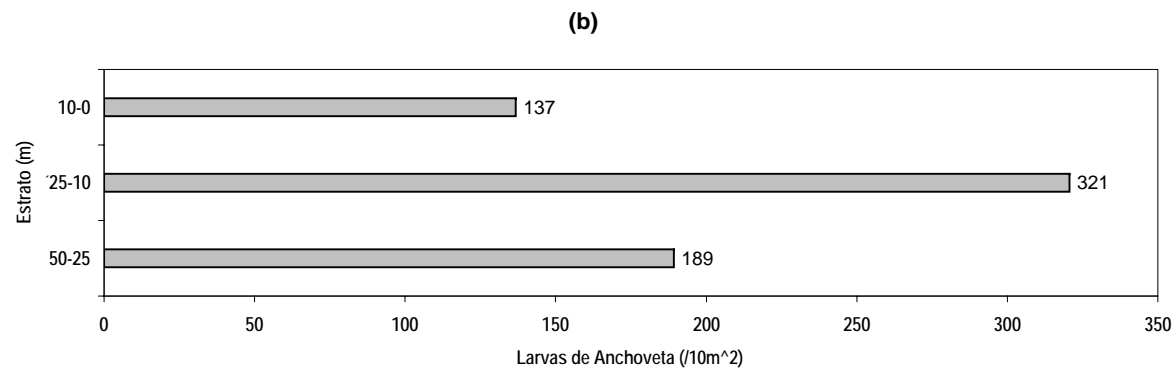
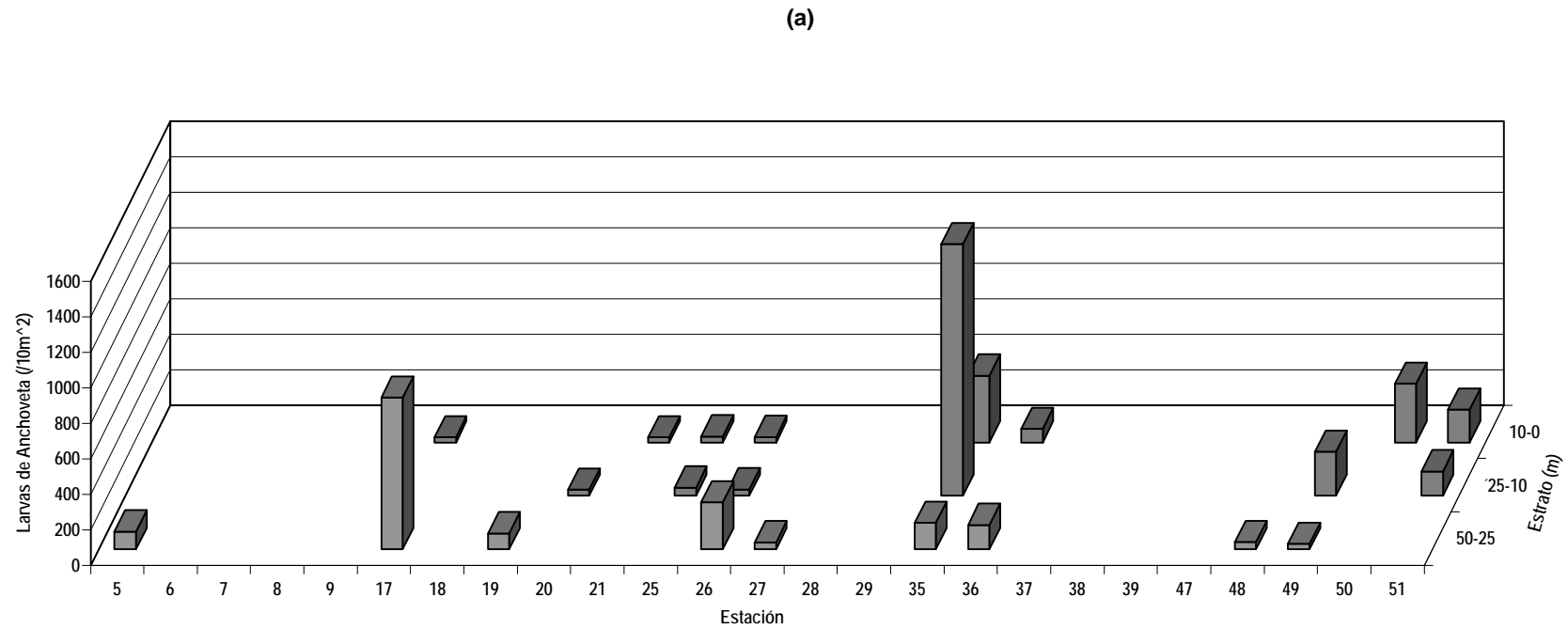


Figura 66. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0406.

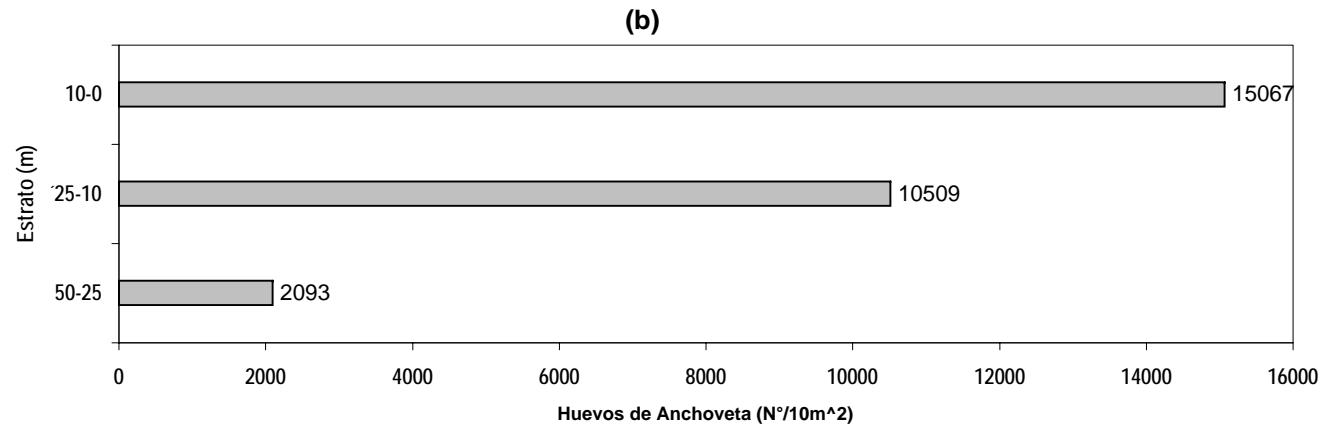
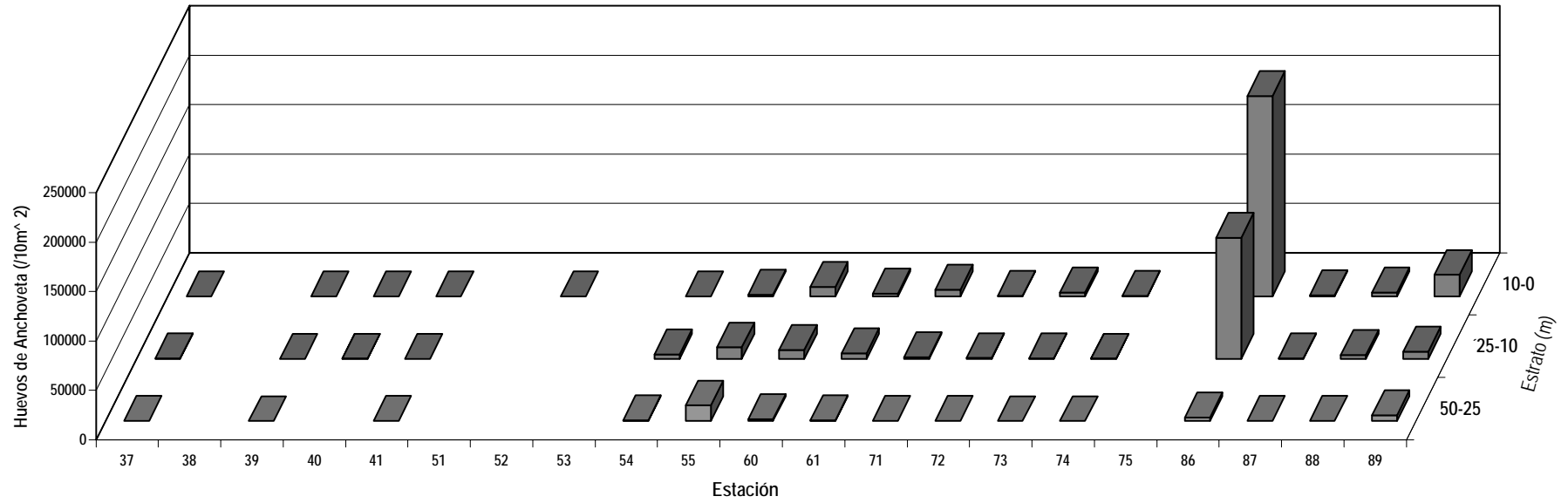


Figura 67. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0408.

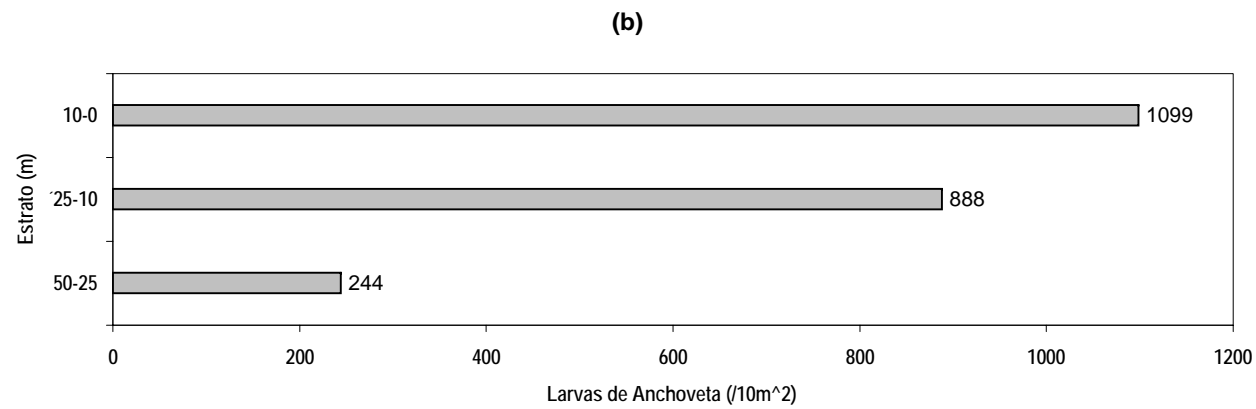
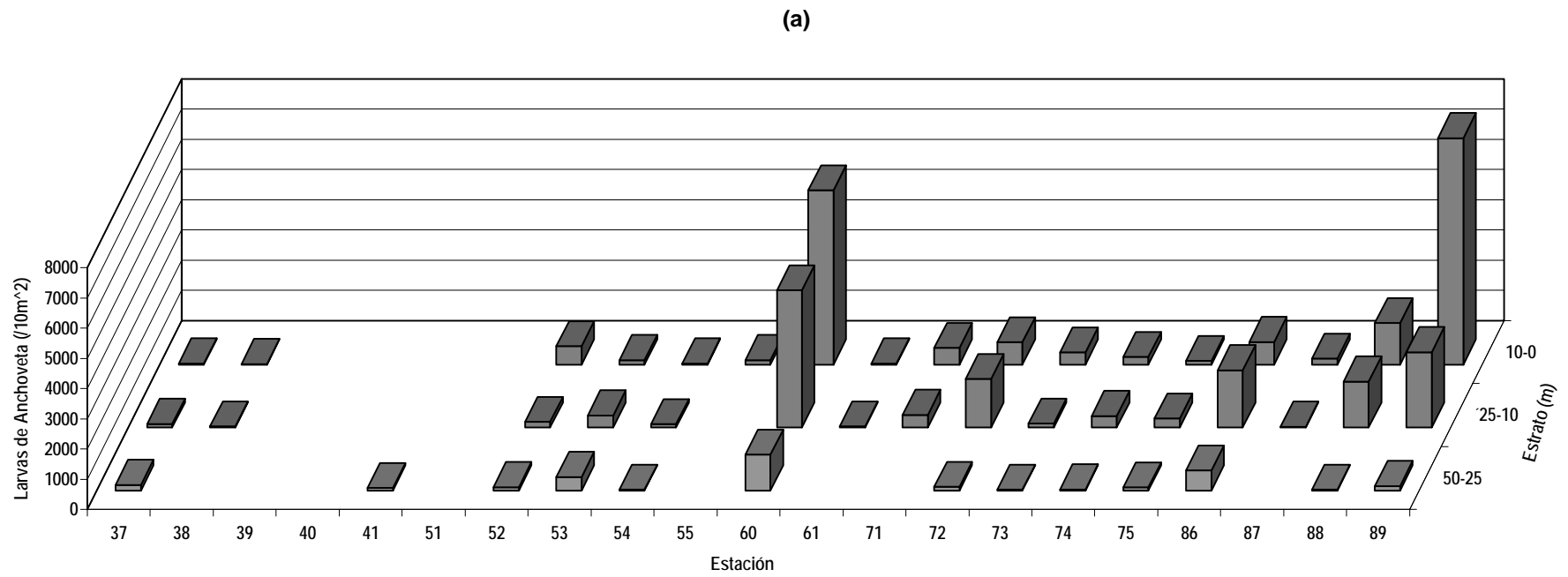


Figura 68. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0408.



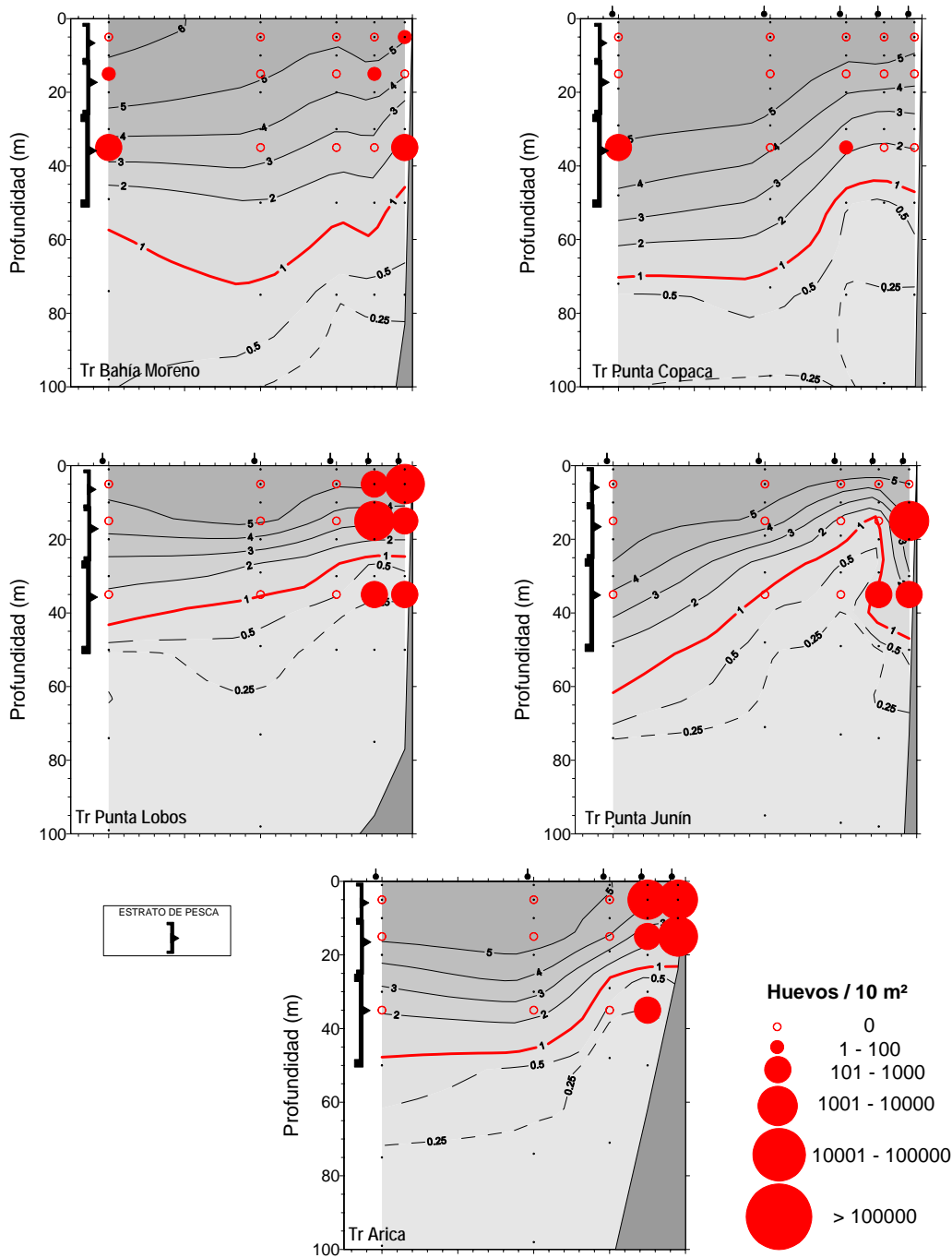


Figura 69. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el otoño de 2004 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad de 10-0, 25-10 y 50-25m.

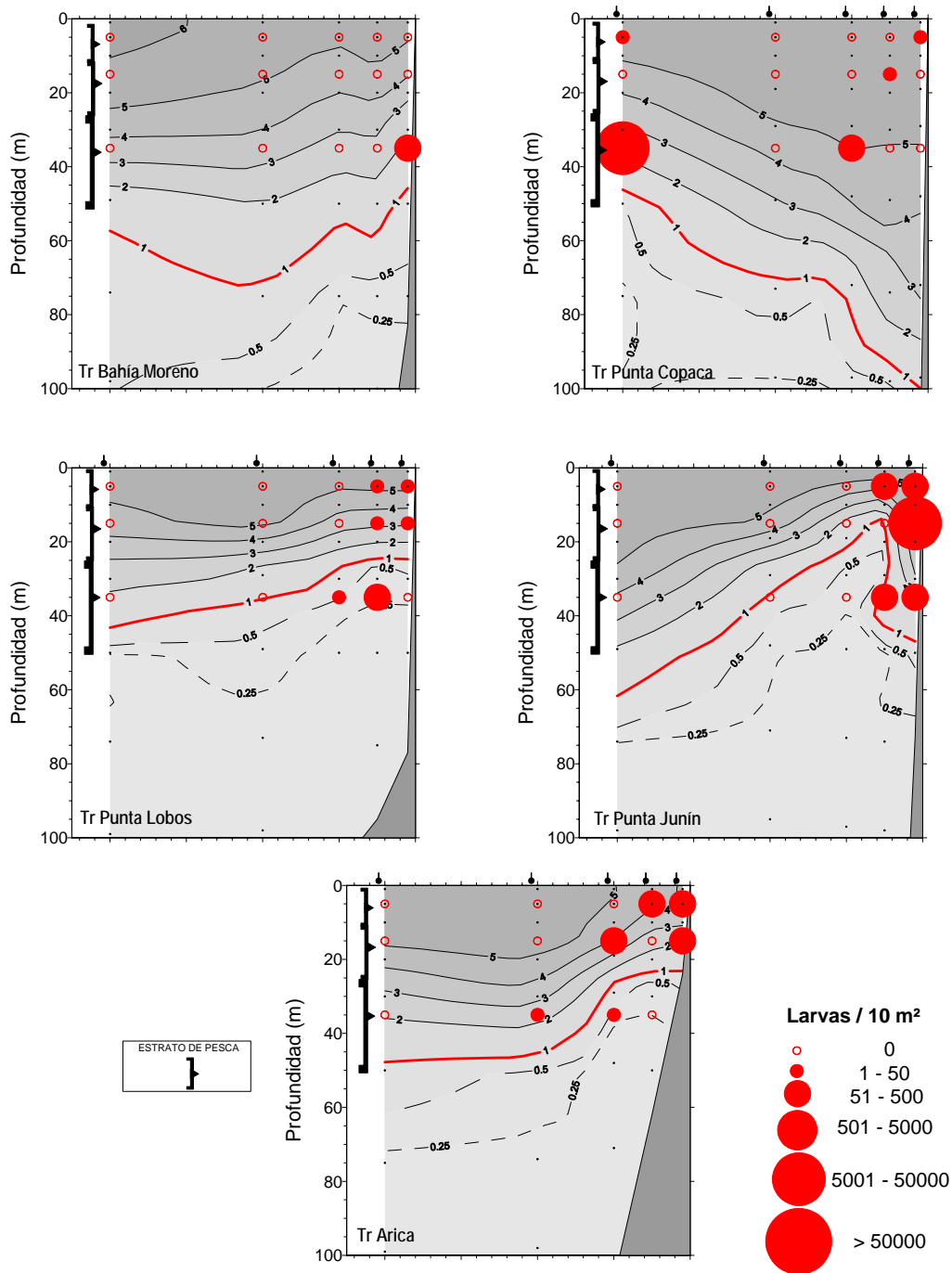


Figura 70. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el otoño de 2004 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad de 10-0, 25-10 y 50-25m.

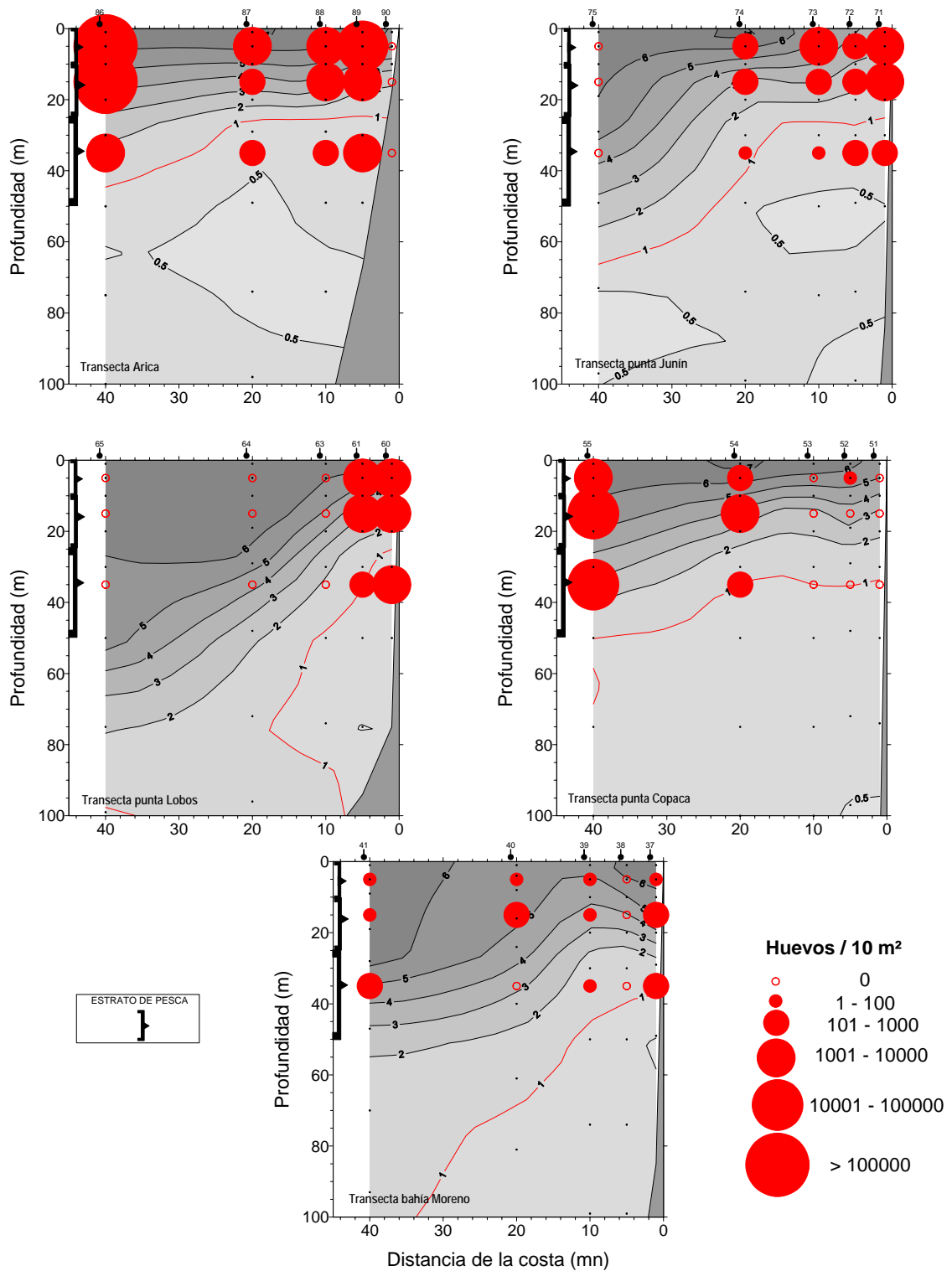


Figura 71. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el invierno de 2004 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad de 10-0, 25-10 y 50-25m.

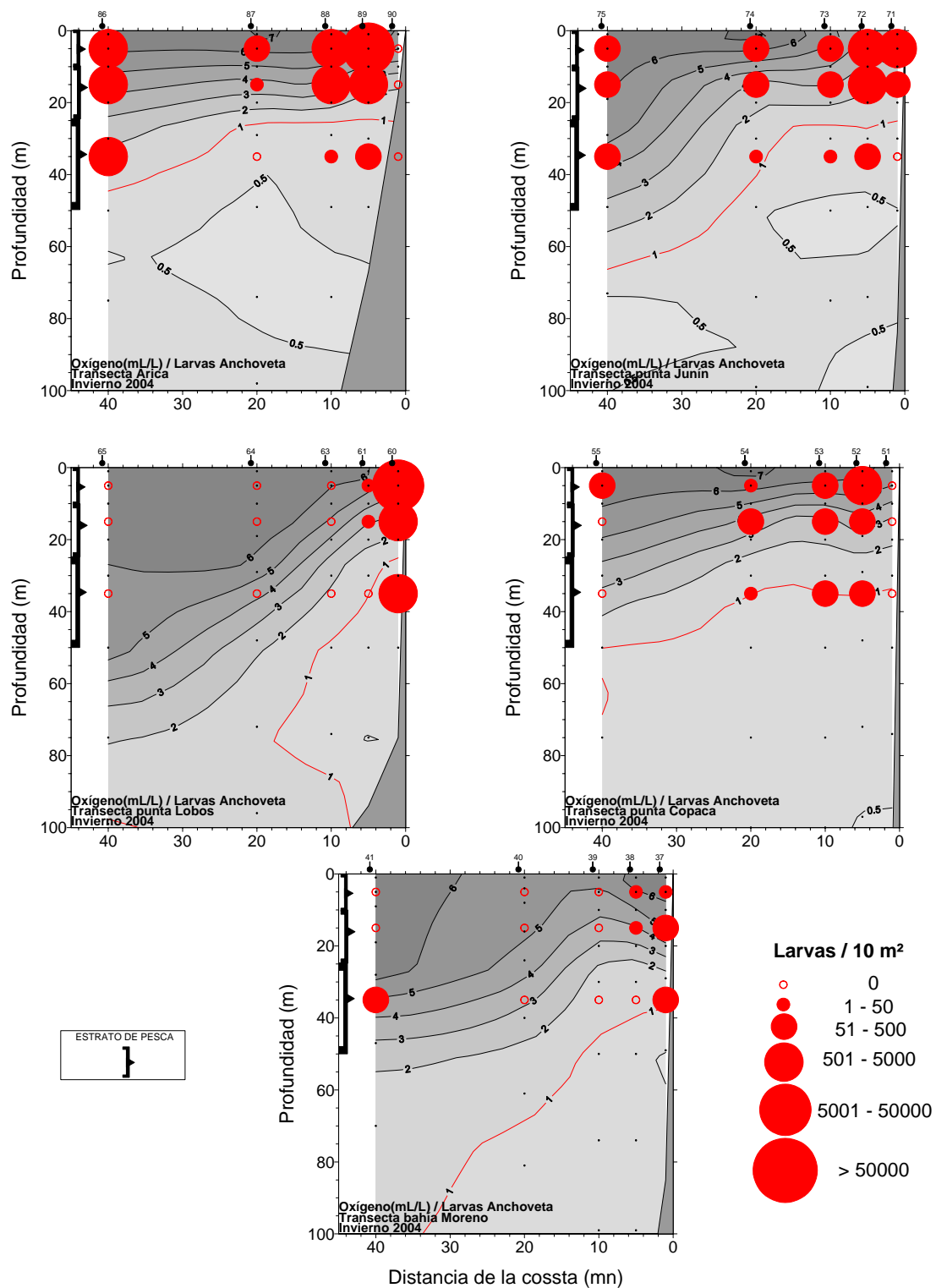
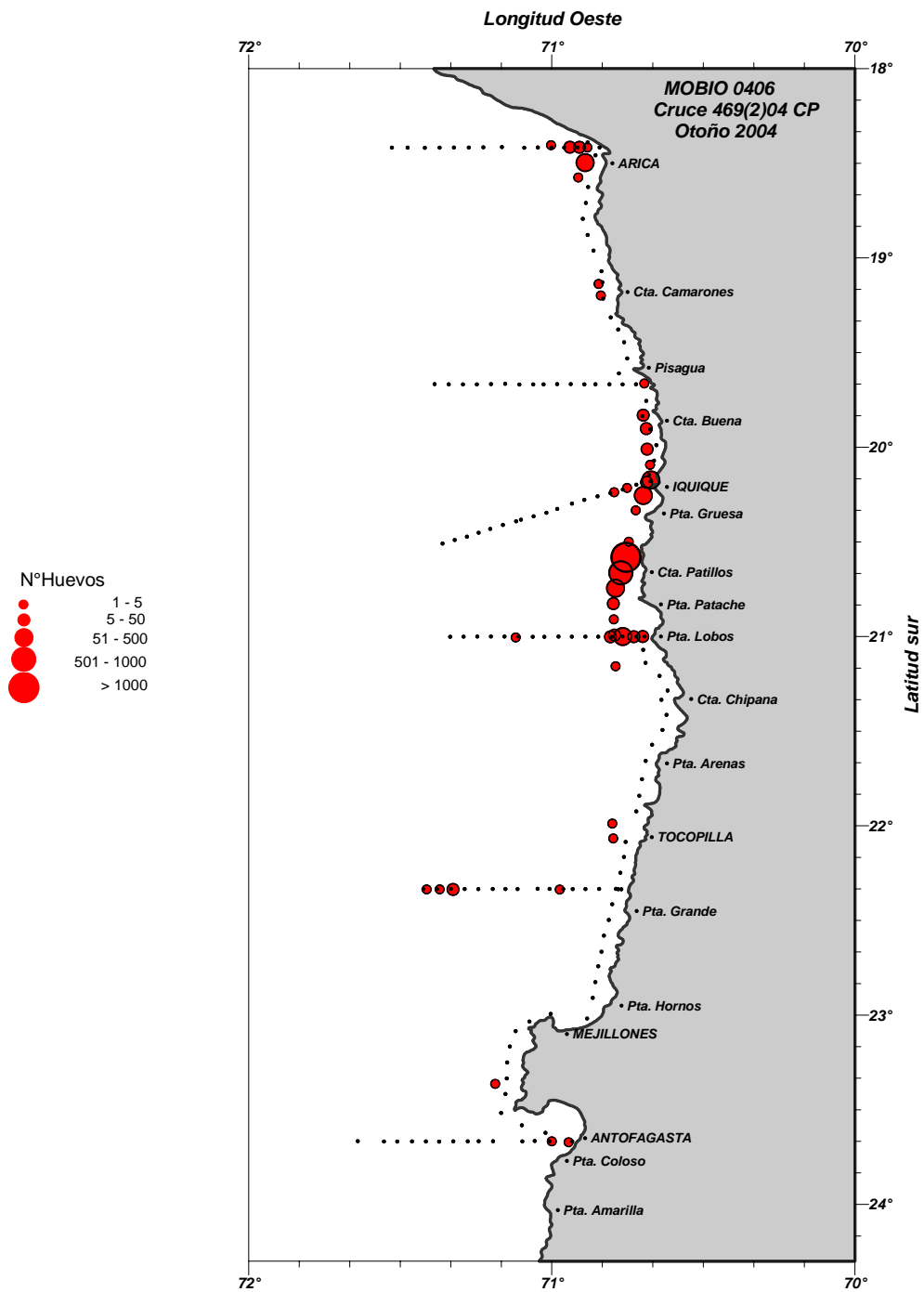


Figura 72. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el invierno de 2004 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad de 10-0, 25-10 y 50-25m.



*Figura 73.- Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES. Crucero MOBIO 0406. Otoño 2004 - 469(2)04CP.*

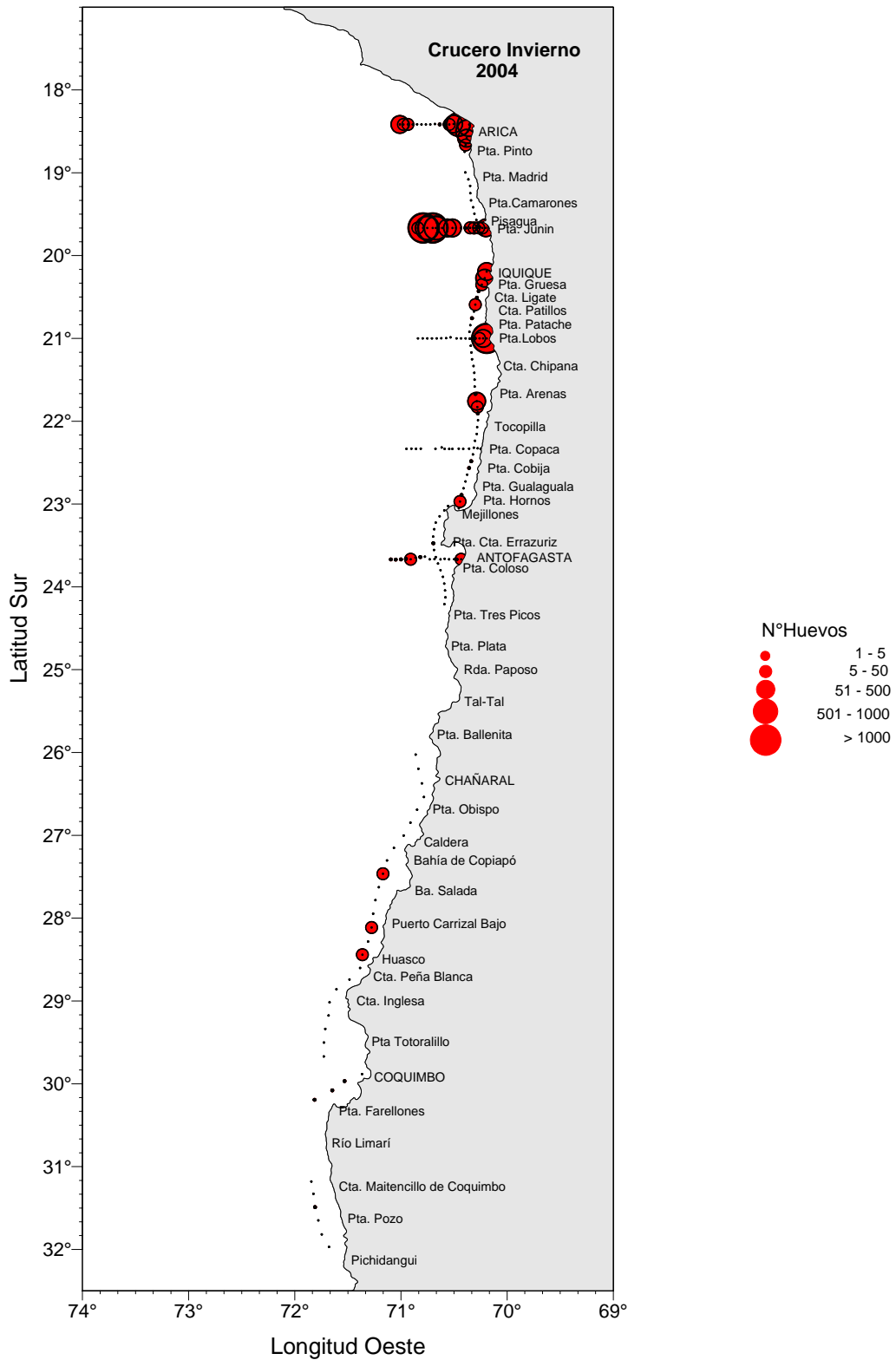


Figura 74. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES. Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.

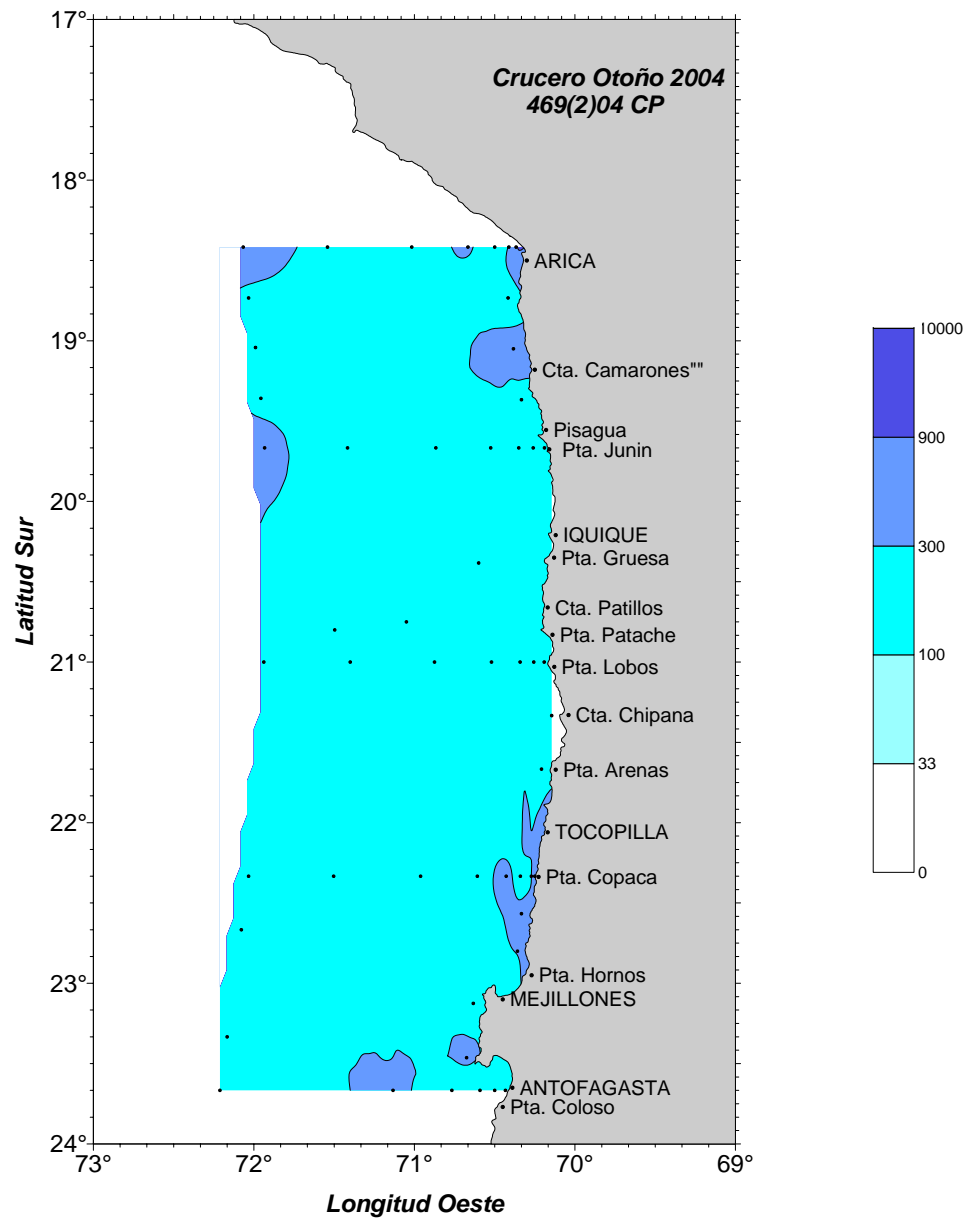


Figura 75. Distribución de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup> de agua filtrada). Crucero MOBIO 0406 - Otoño 2004.

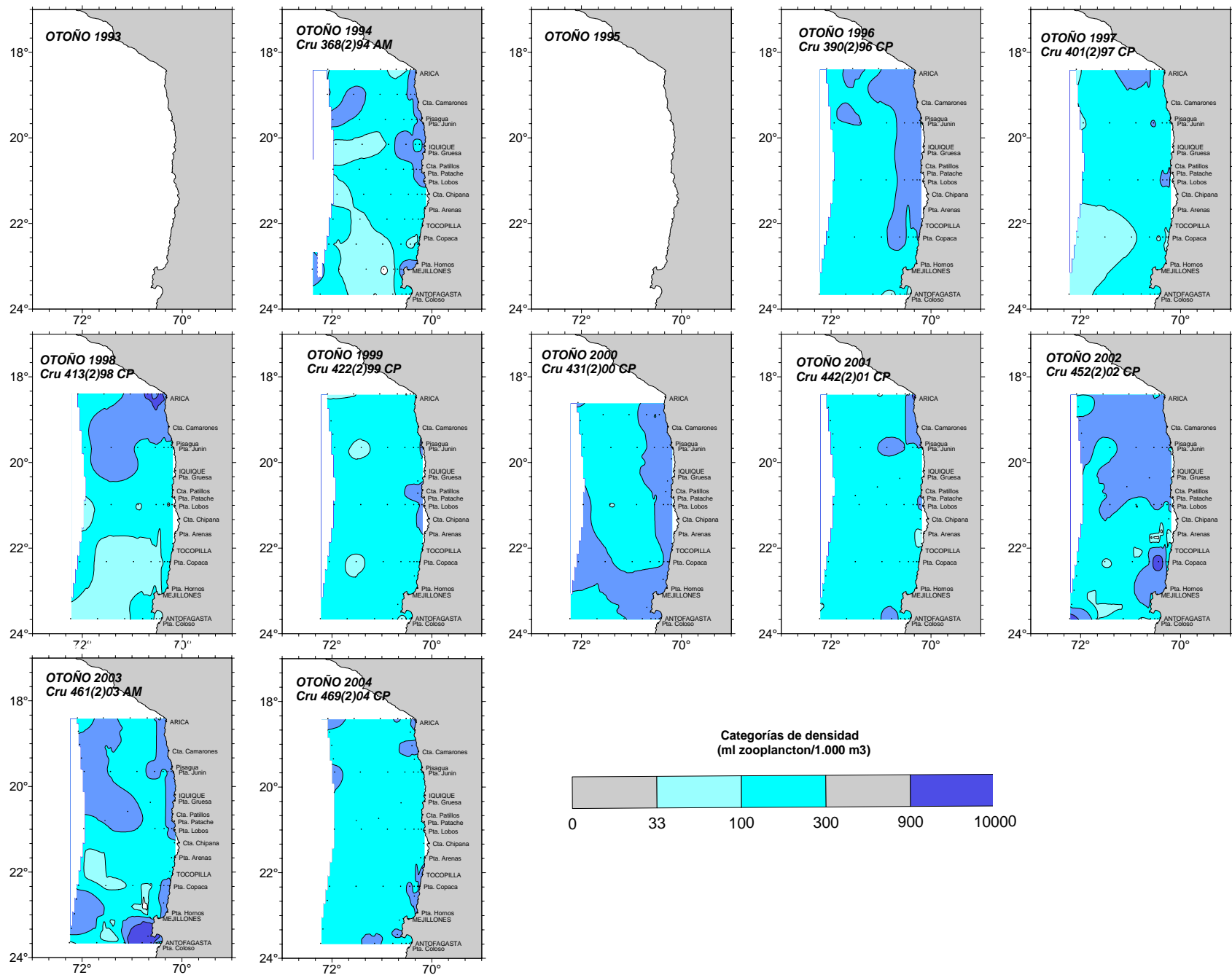
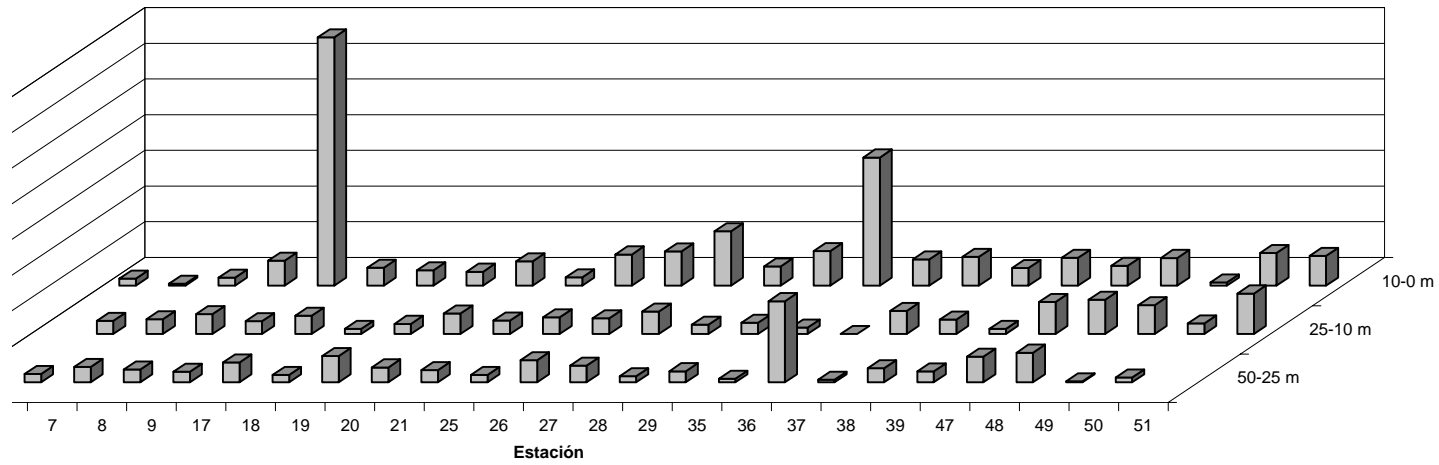


Figura 76. Distribución de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup> de agua filtrada). Cruceros de Otoño 1993/2004.



(a)



(b)

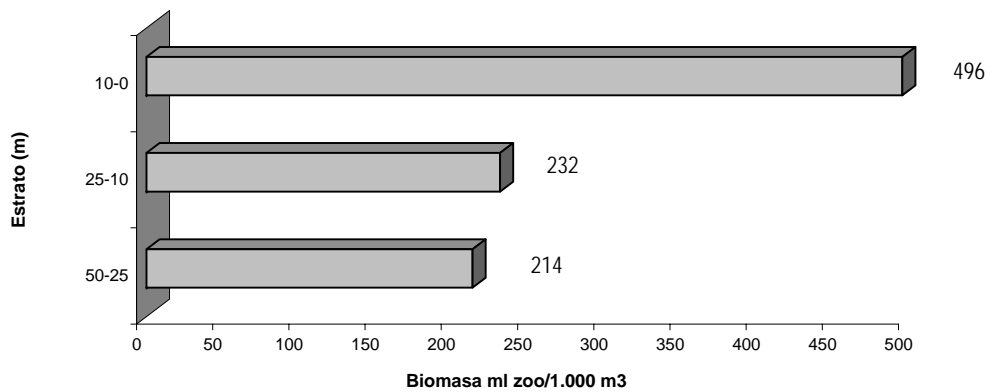


Figura 77. Distribución de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO - Otoño 2004.

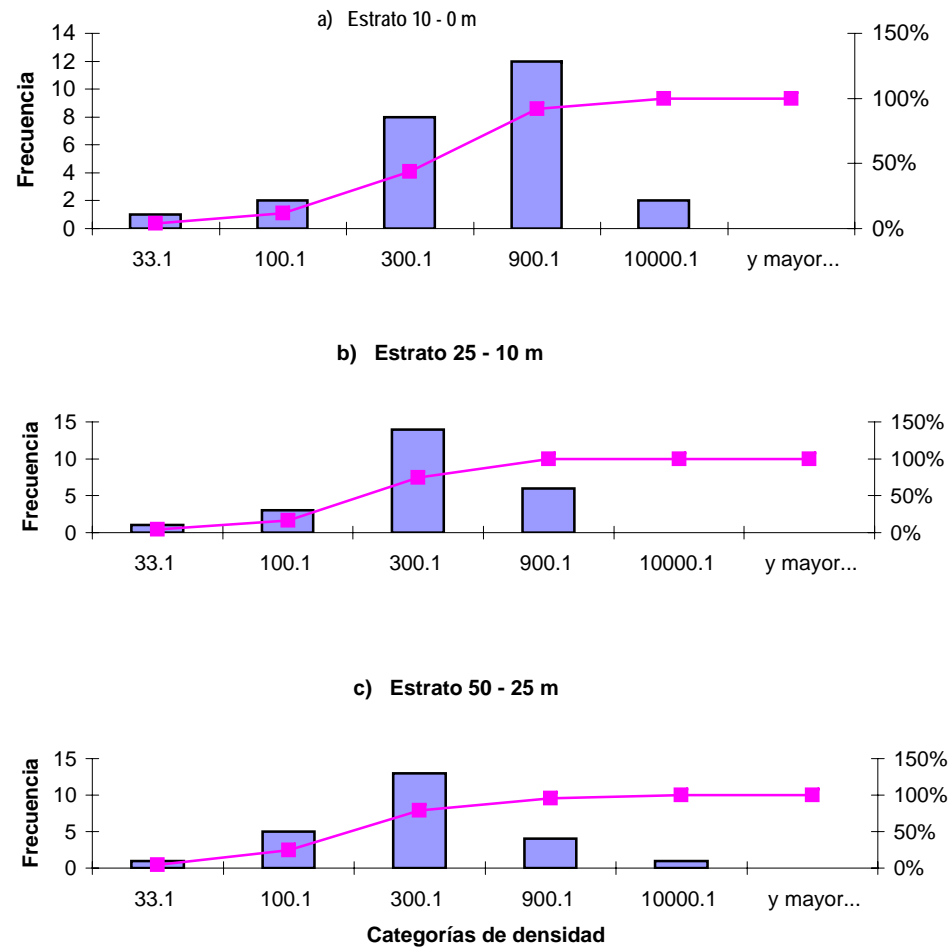
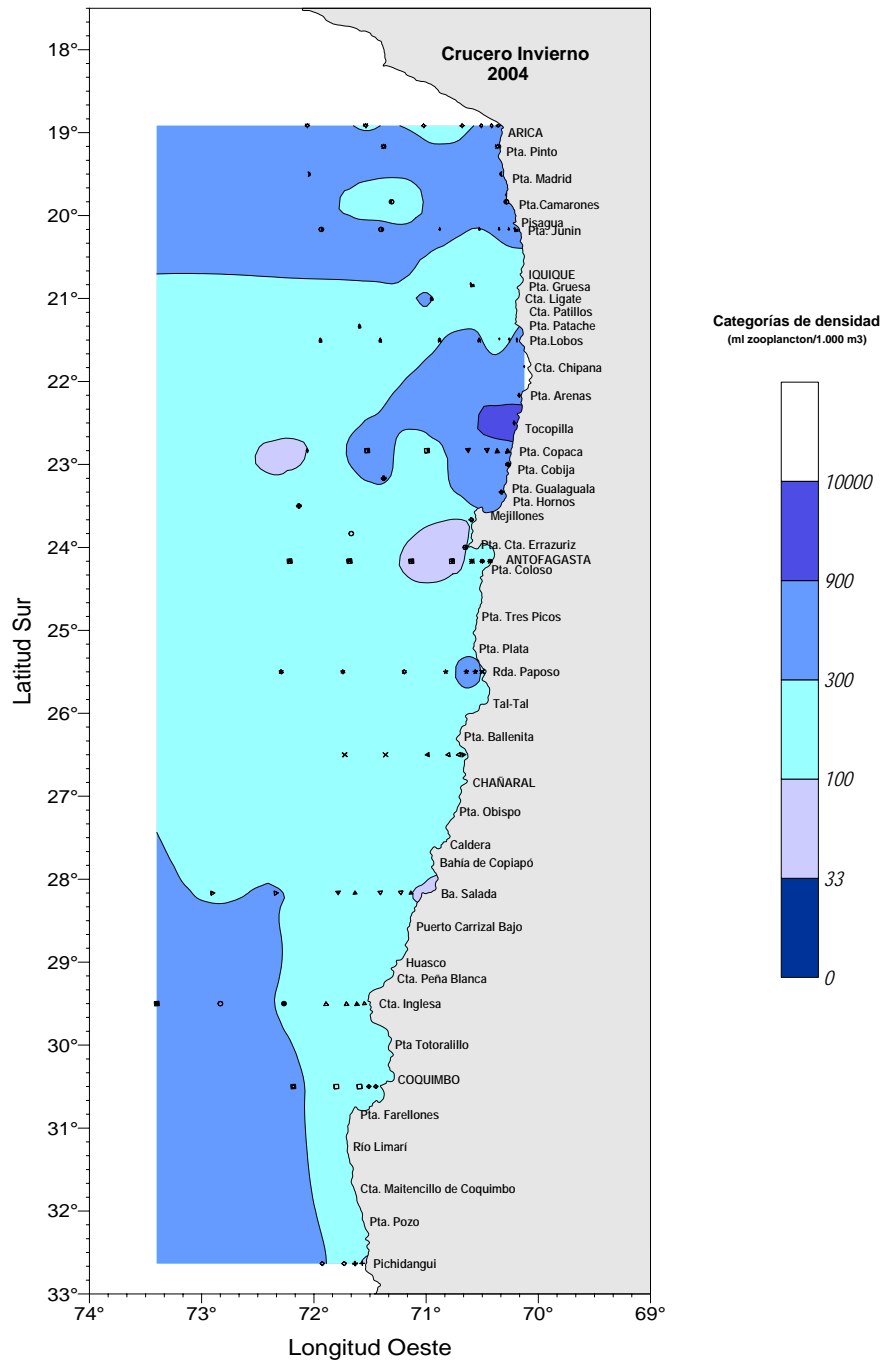


Figura 78. Distribución de frecuencias y porcentaje acumulado de la biomasa zoopláctónica por estrato de profundidad. Crucero MOBIO Otoño 2004.



**Figura 79.- Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup> de agua filtrada). Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.**

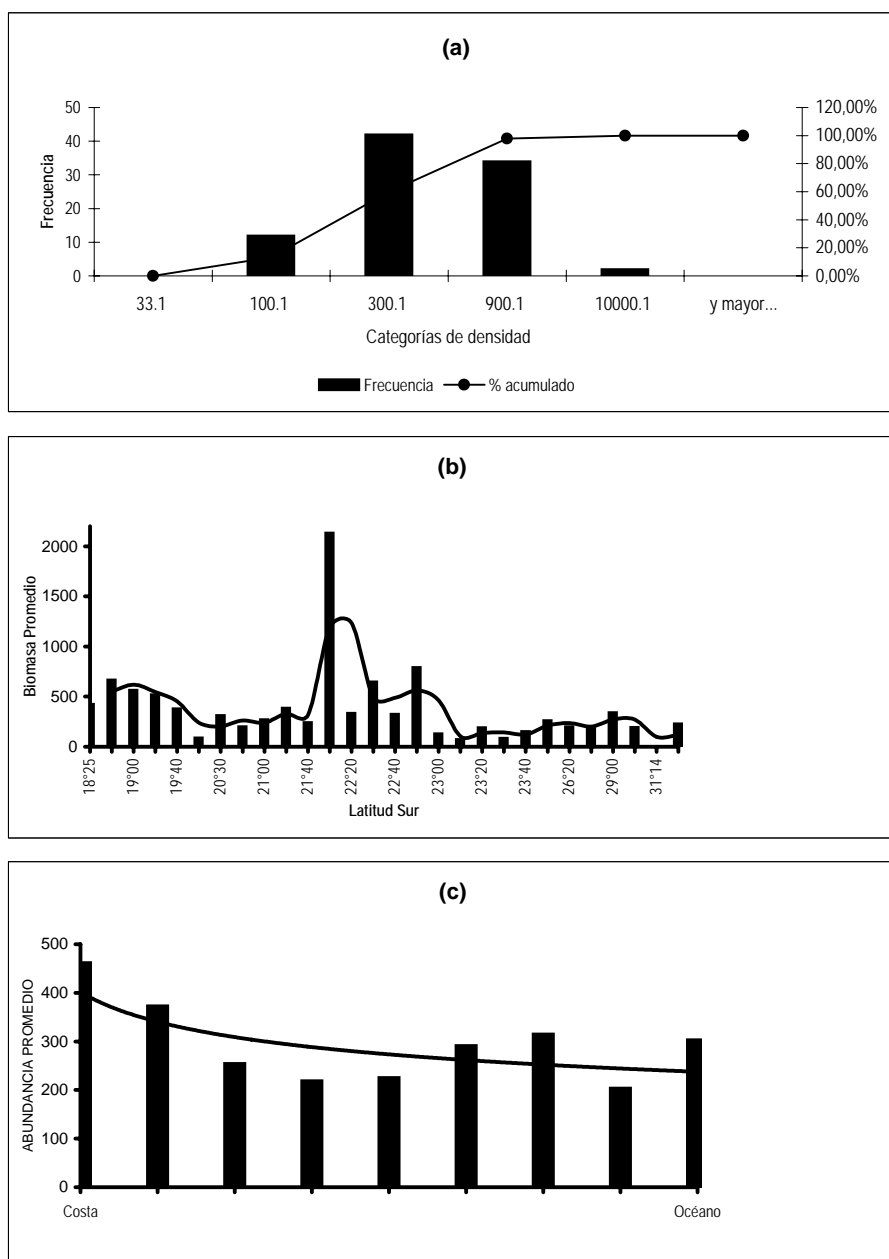
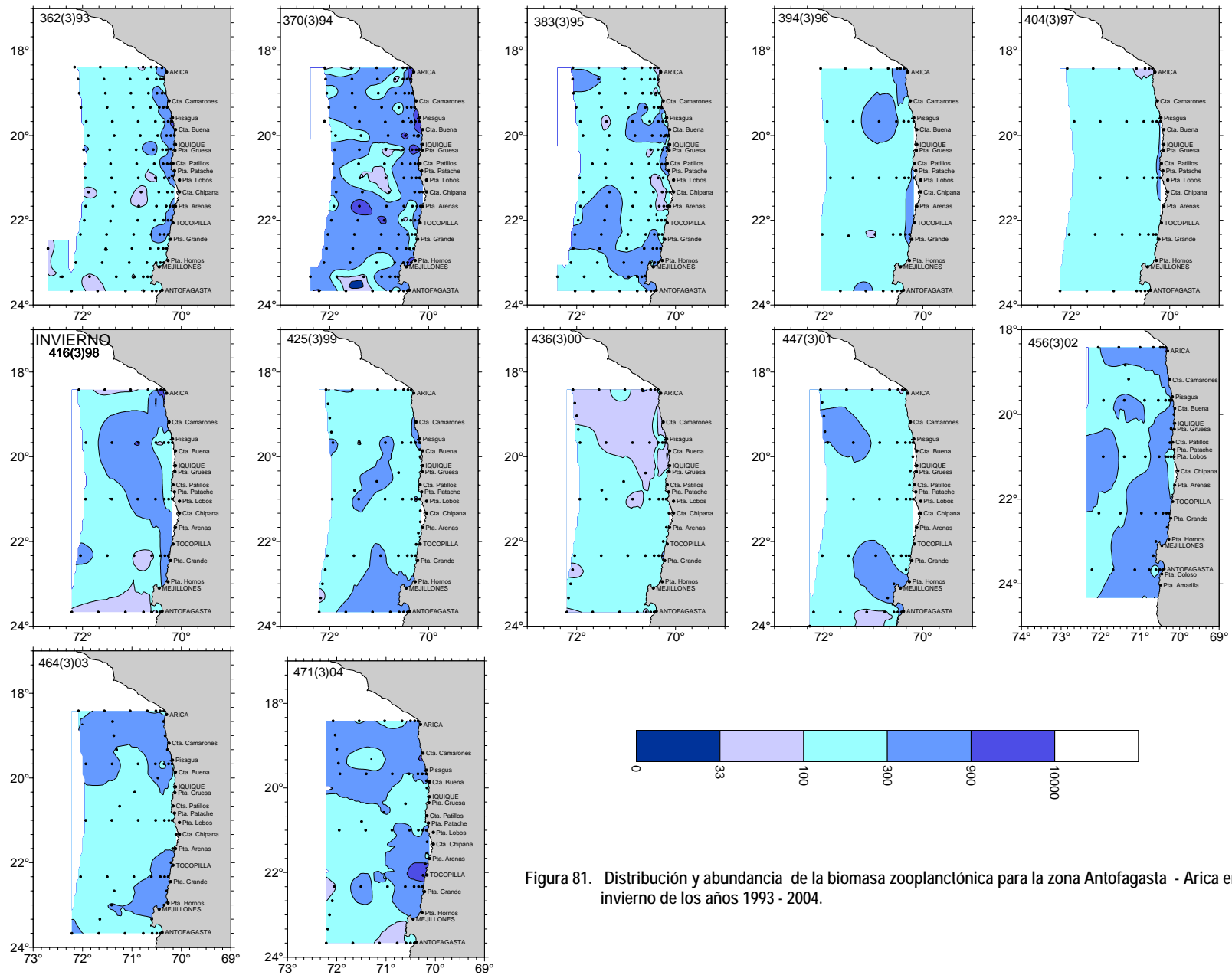


Figura 80. Distribución de frecuencias y porcentaje acumulado de la biomasa zooplanctónica (a), promedio móvil de la biomasa con respecto a la latitud (b) y biomasa promedio con respecto a la distancia de la costa (c). Crucero MOBIO - Invierno 2004.



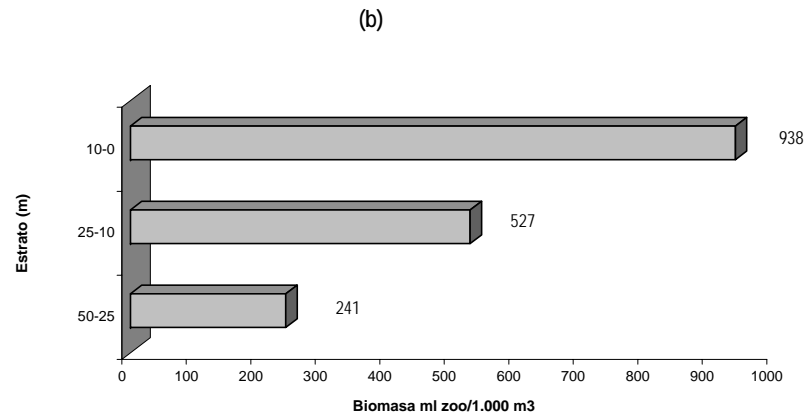
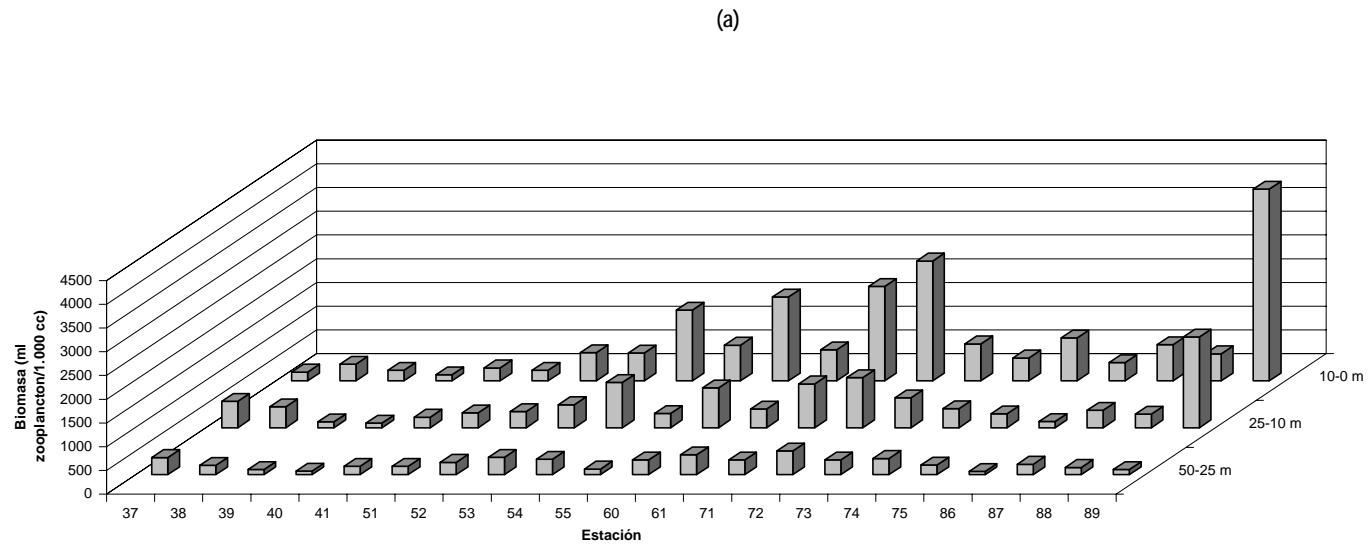


Figura 82. Distribución de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO - Invierno 2004.

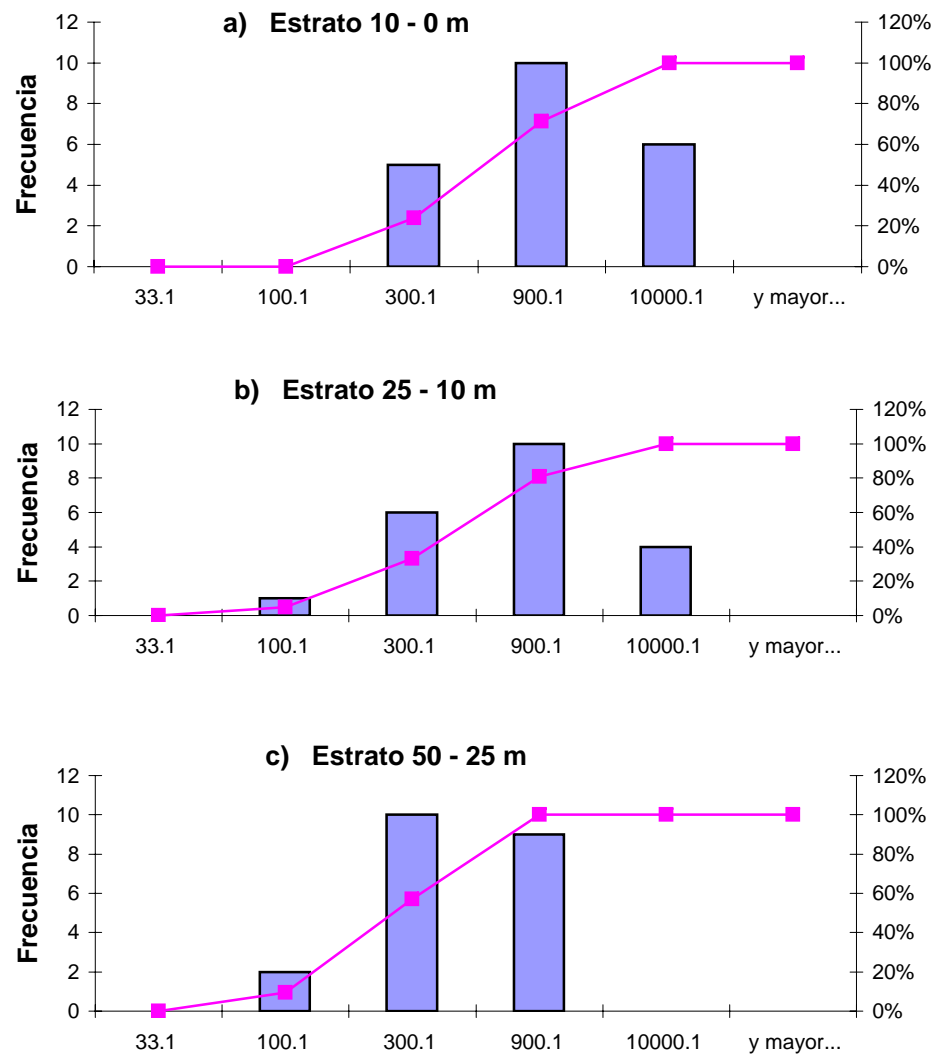


Figura 83. Distribución de frecuencias y porcentaje acumulado de la biomasa zooplanctónica por estrato de profundidad. Crucero MOBIO 0408 - Invierno 2004.

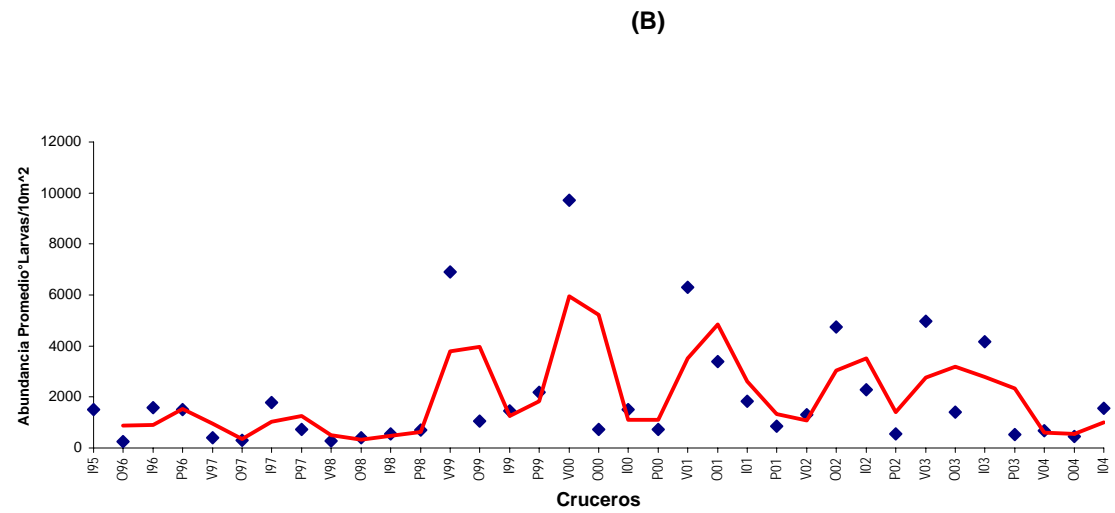
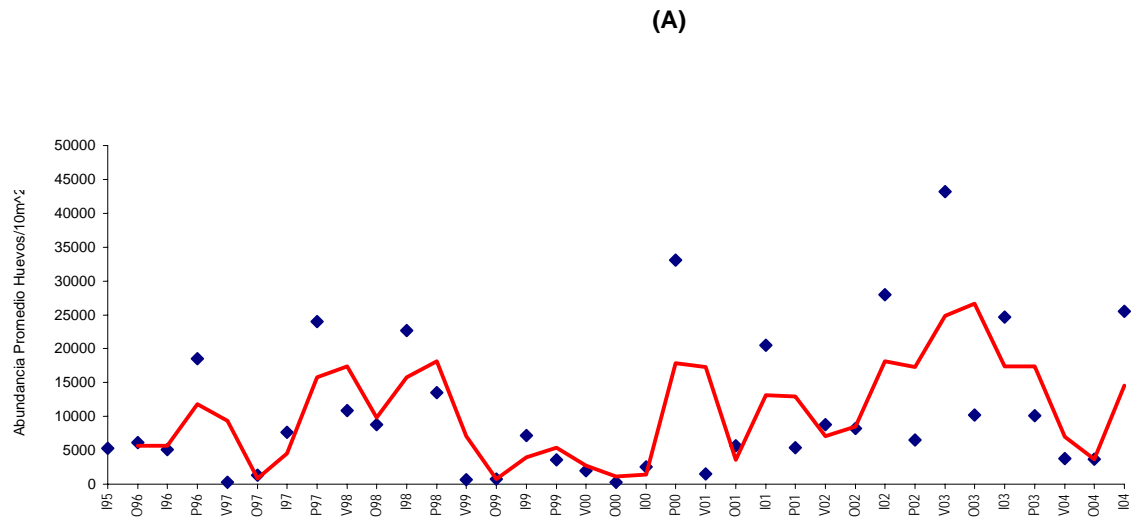


Figura 84. Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta, para el período invierno 1995 - invierno 2004. (Línea roja = media móvil)



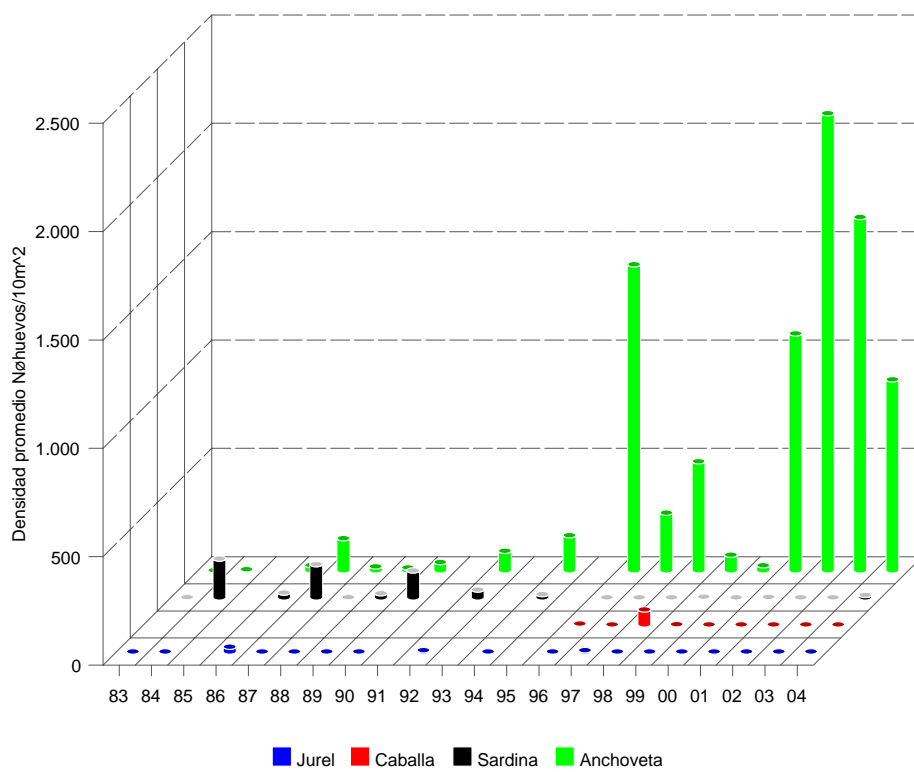


Figura 85. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en otoño de los años 1993/2004.

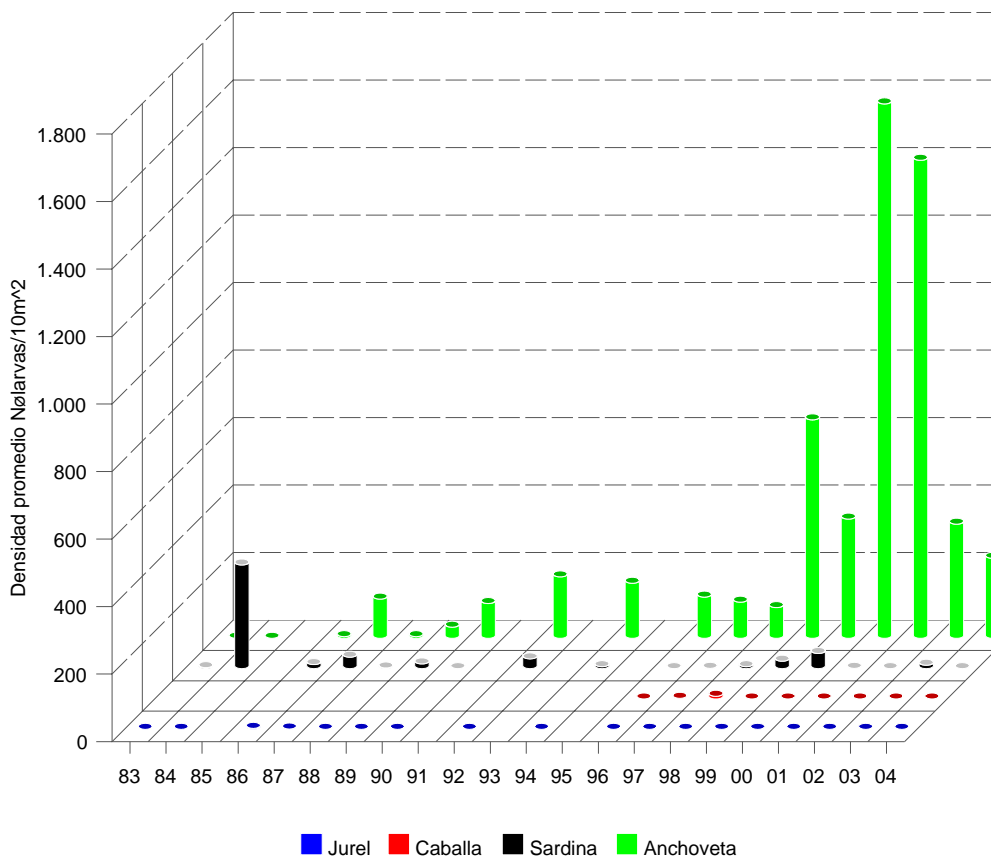


Figura 86. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en otoño de los años 1993/2004.

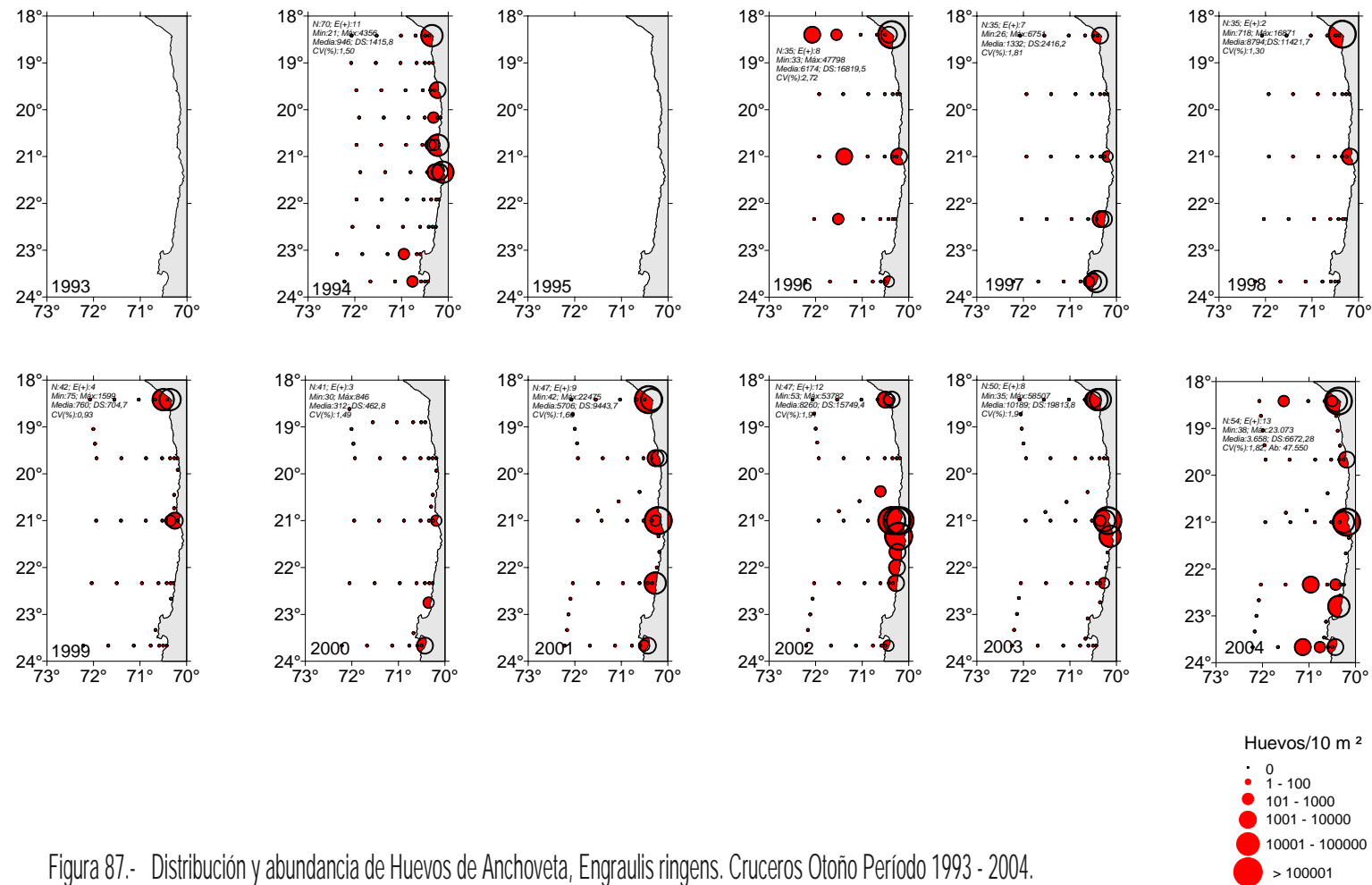


Figura 87.- Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Otoño Período 1993 - 2004.

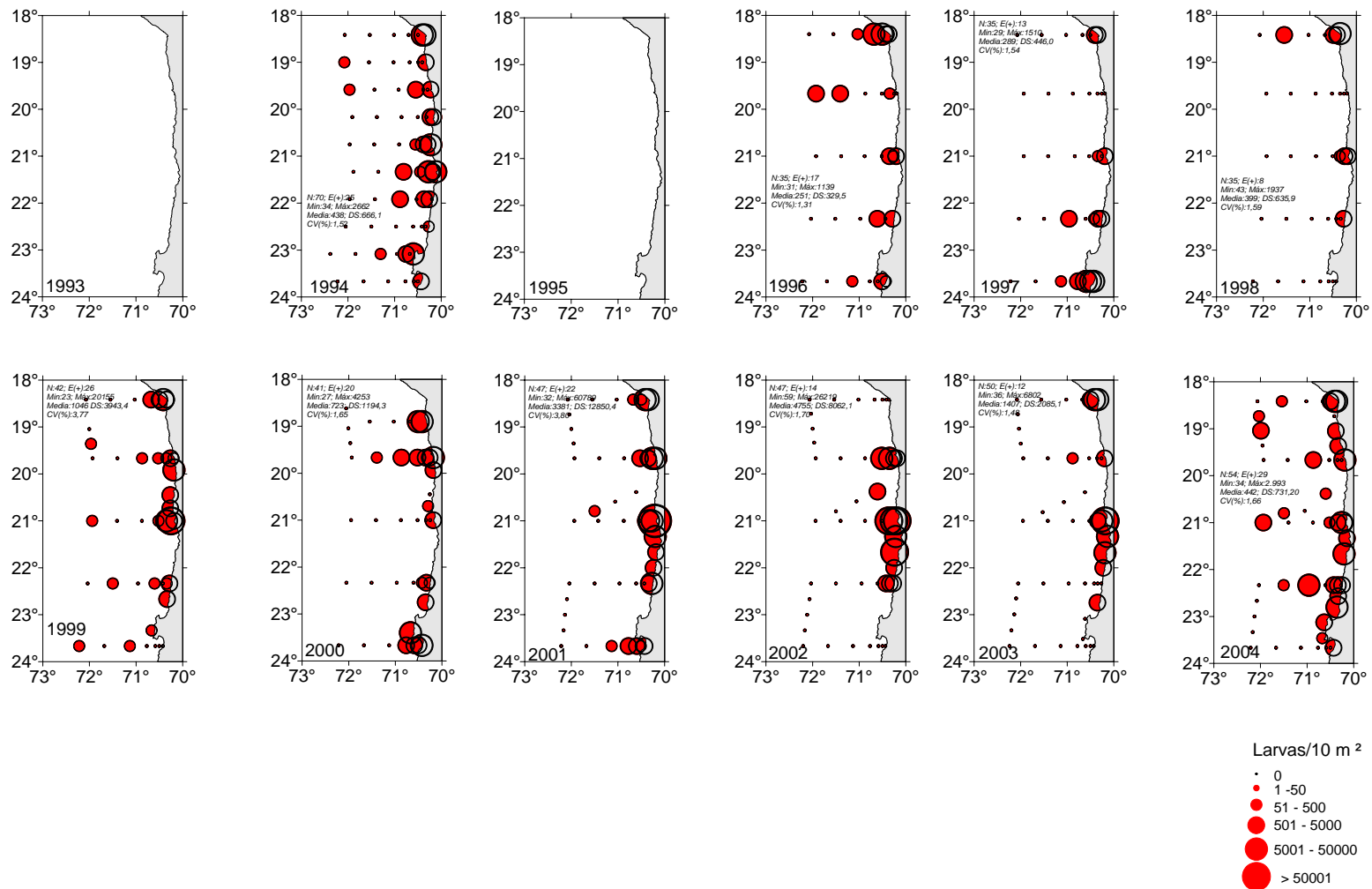


Figura 88 .- Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Otoño Período 1993 - 2004.

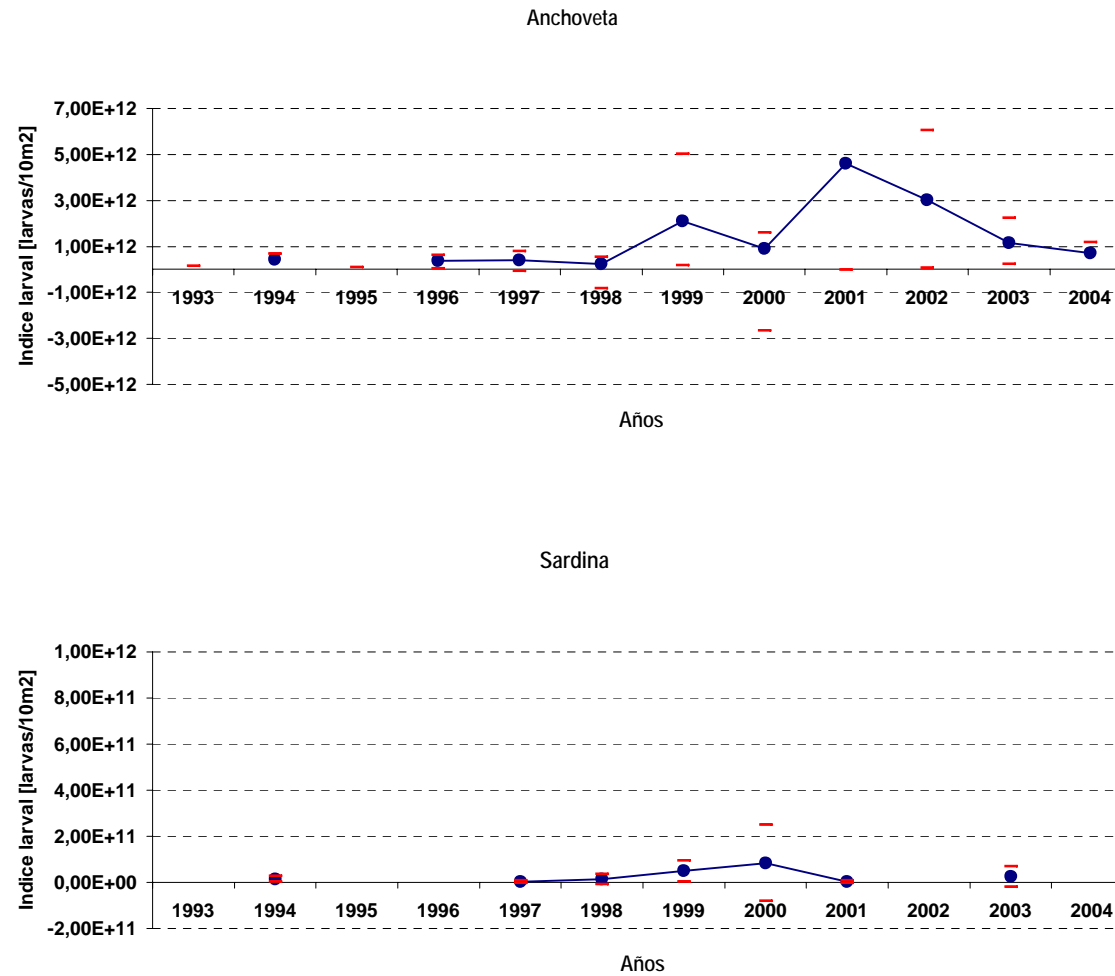


Fig. 89 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en otoño del período 1993/2004.

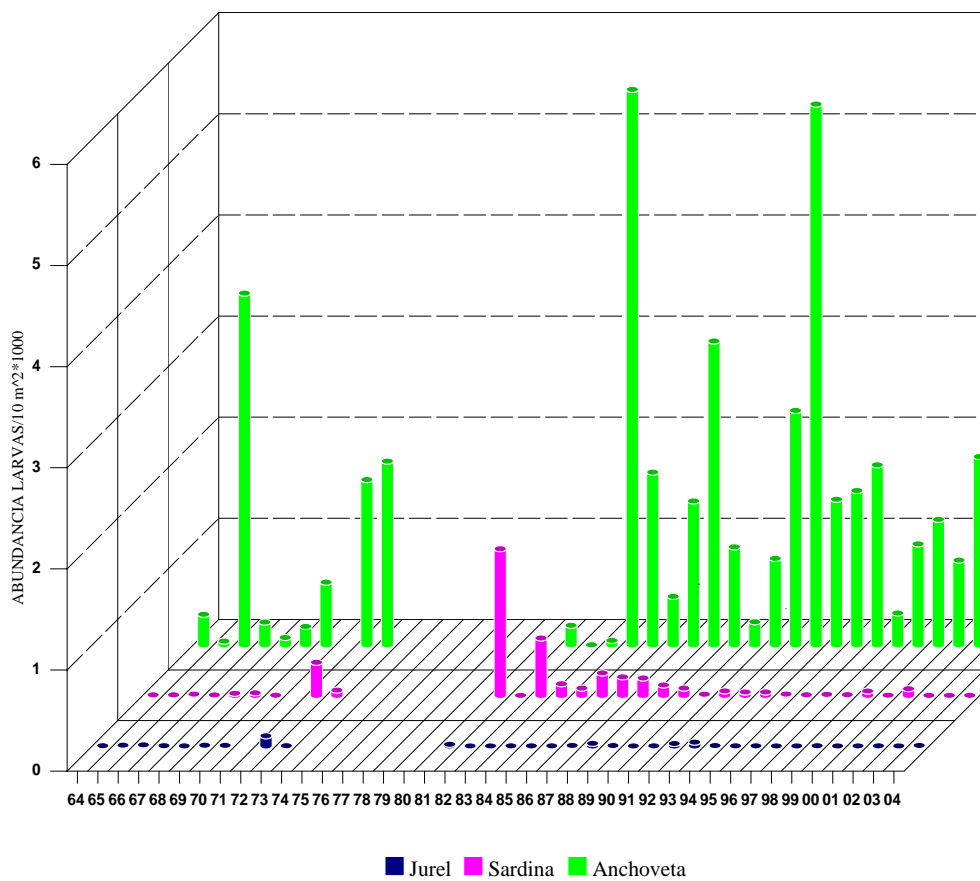
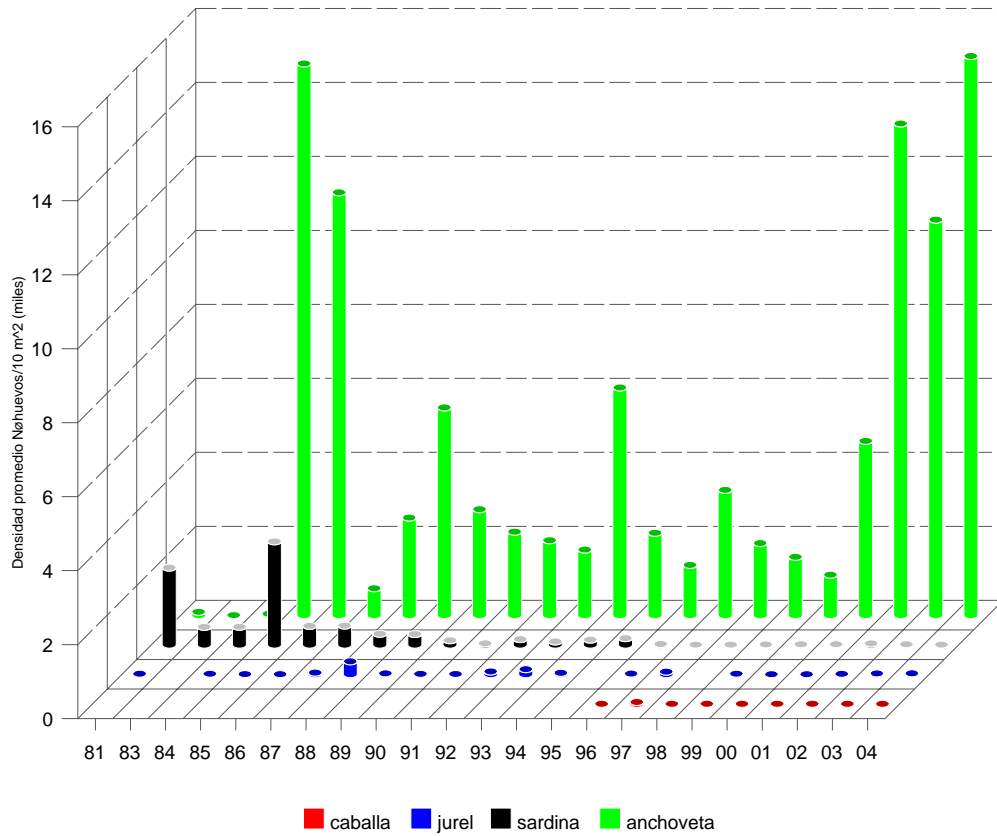


Figura 90. Estimación abundancia promedio larvas (dpet). Período invierno 1964 - 2004.



**Figura 91.** Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/ 2004.

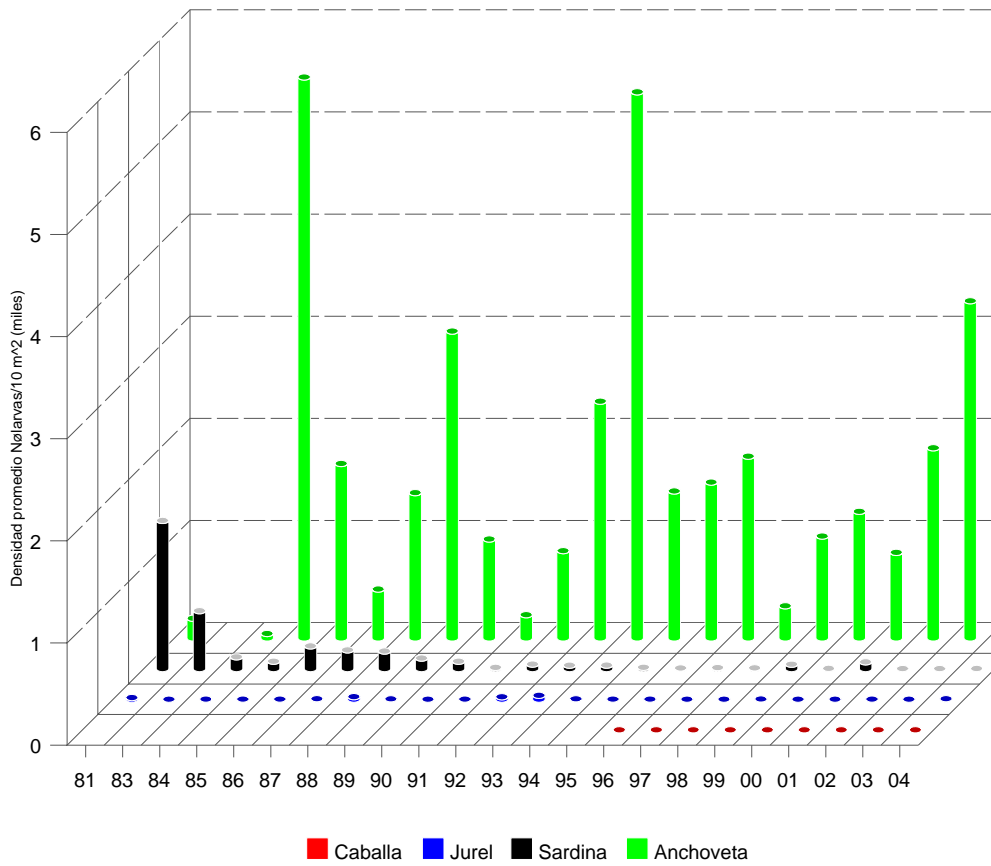


Figura 92. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/2004.



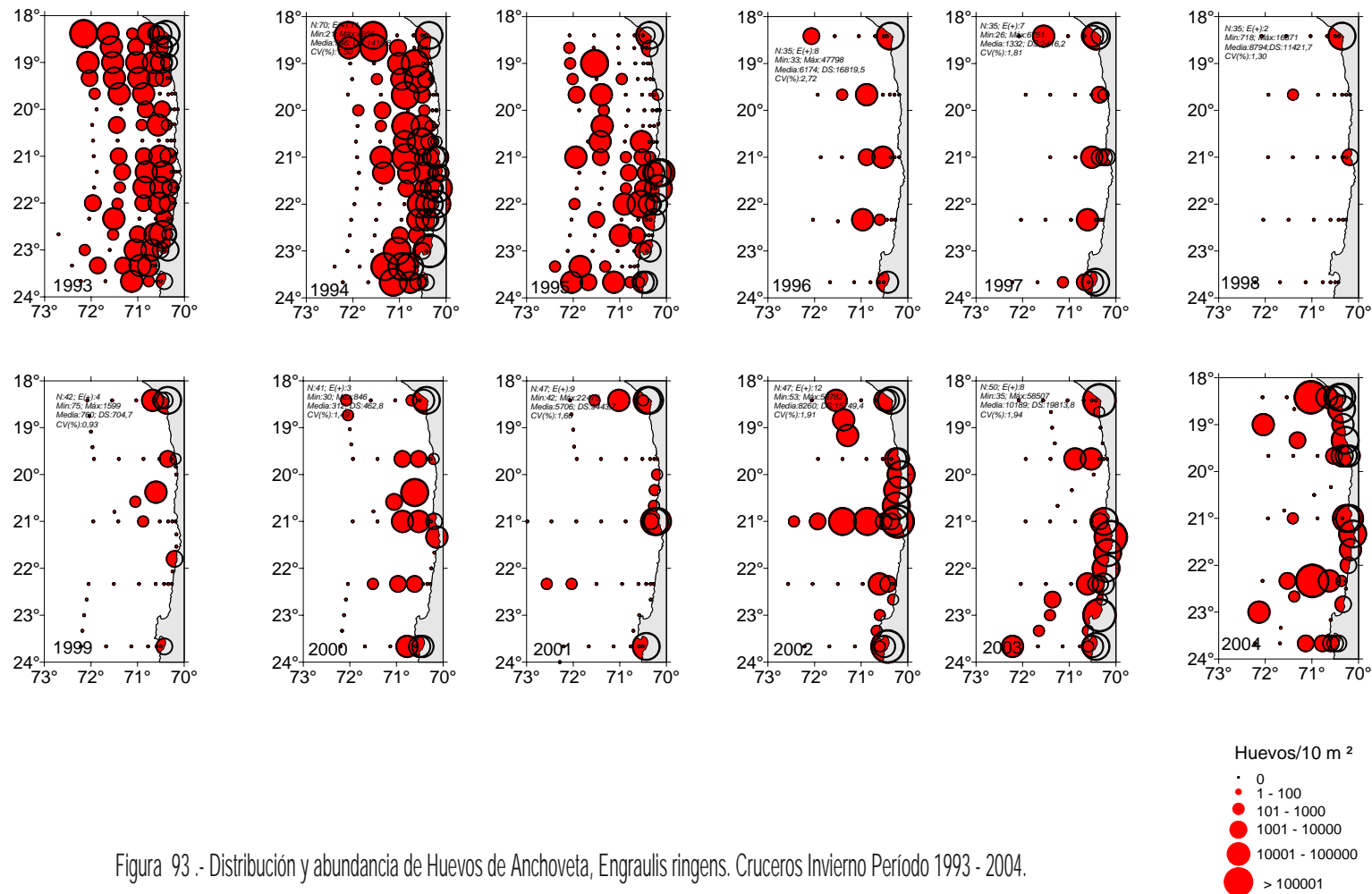


Figura 93.- Distribución y abundancia de Huevos de Anchofeta, *Engraulis ringens*. Cruceros Invierno Período 1993 - 2004.

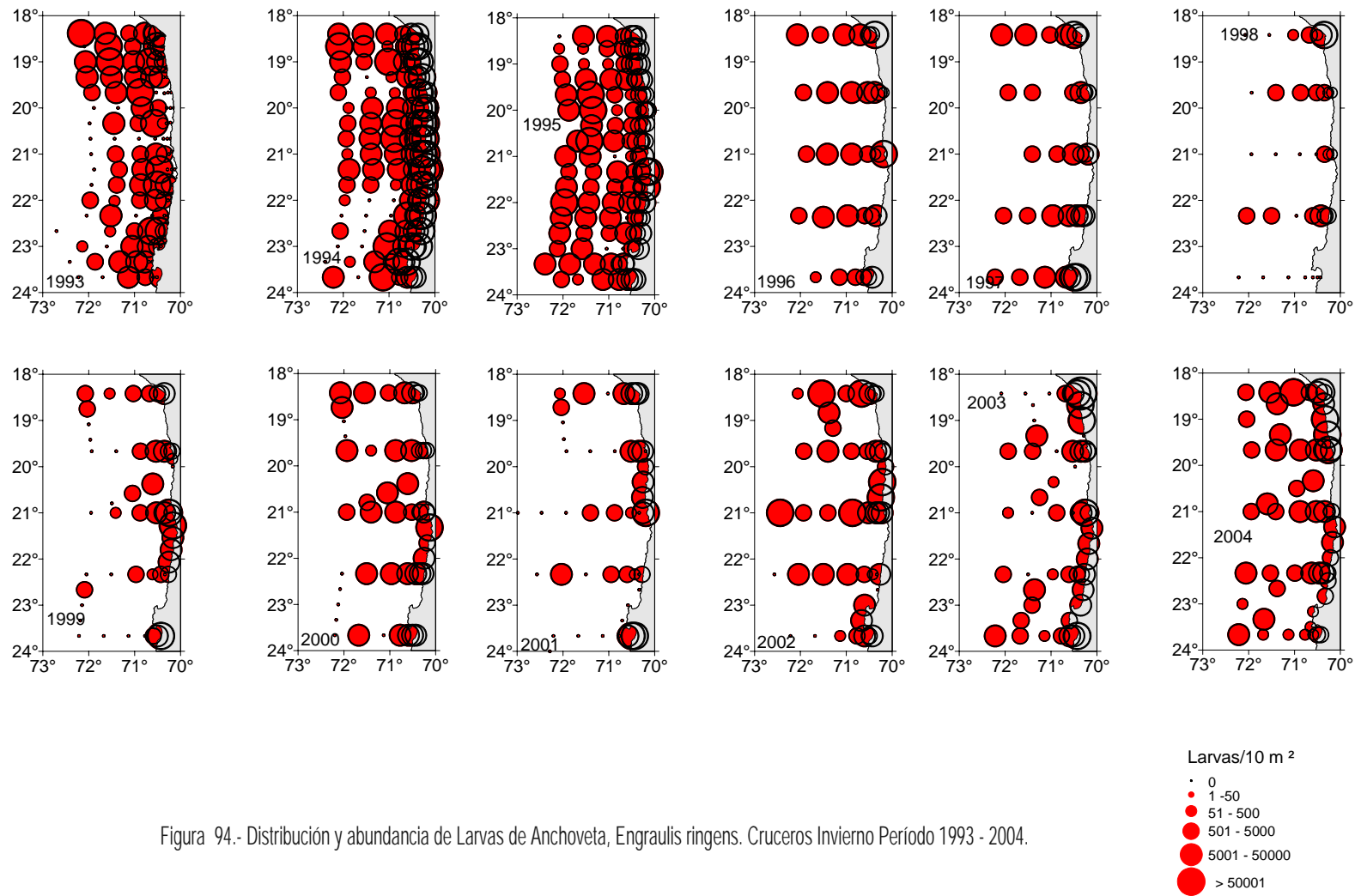
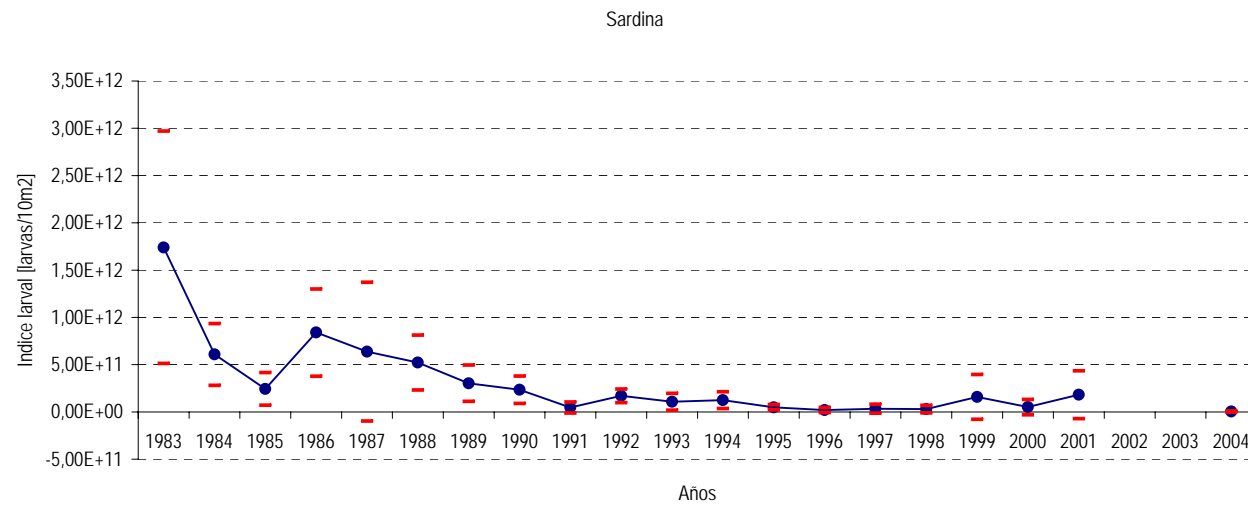
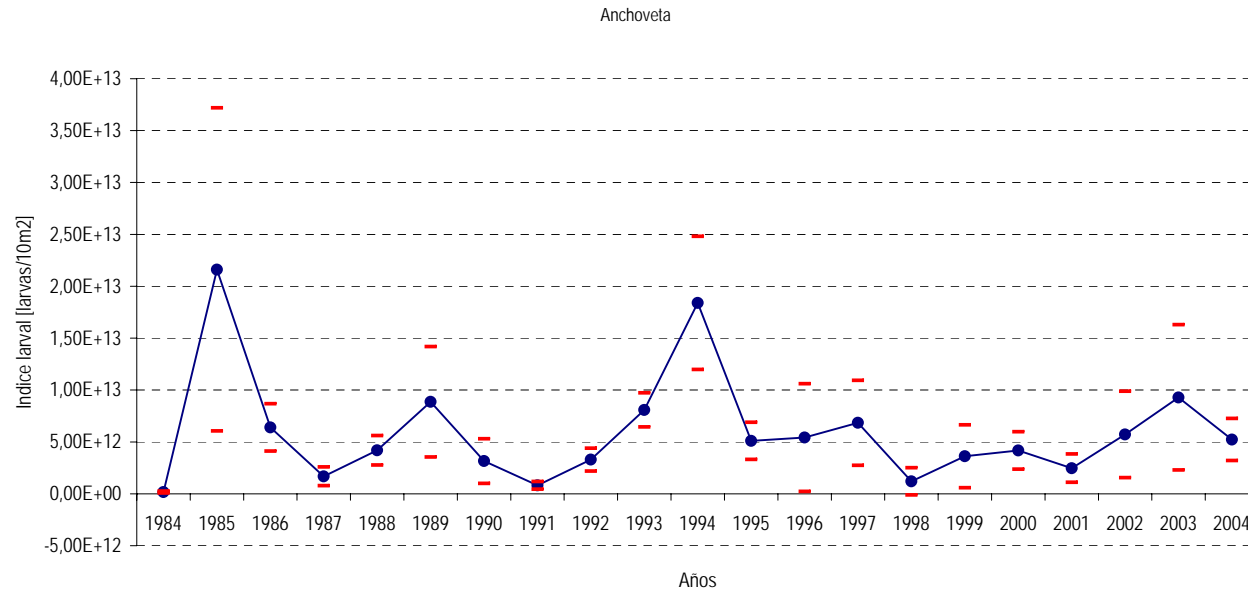


Figura 94.- Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceos Invierno Período 1993 - 2004.



**Fig. 95. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los años 1984/2004.**

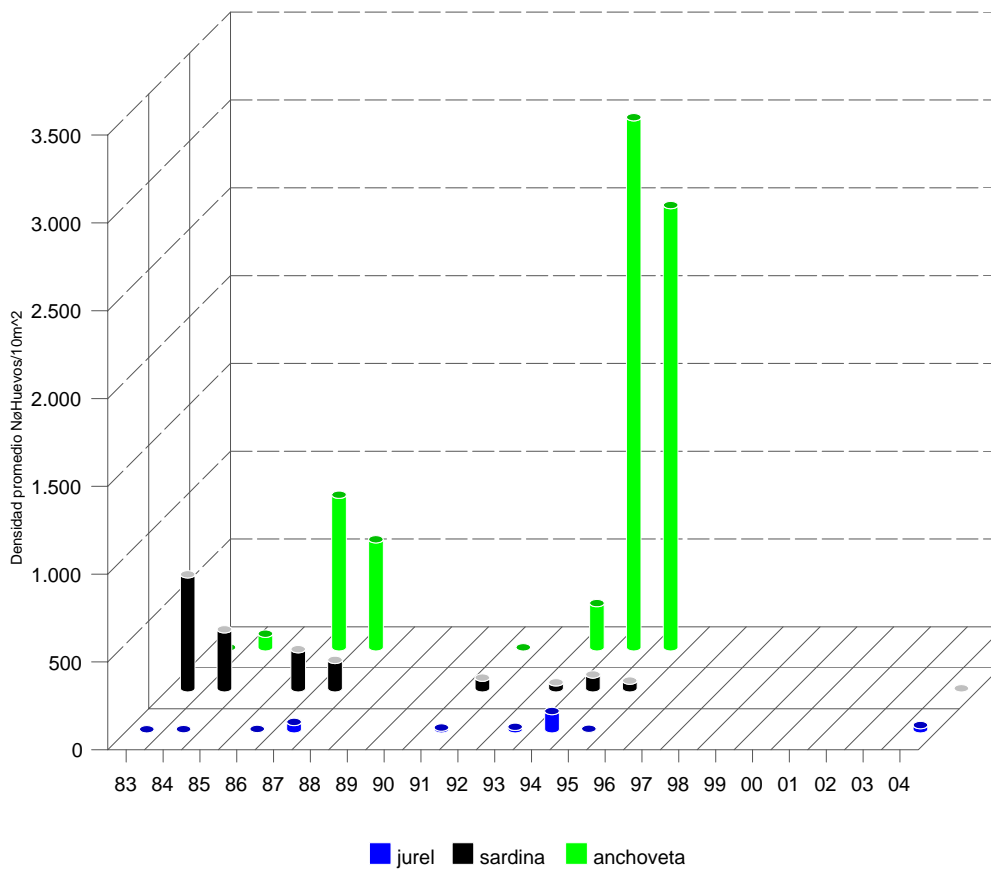


Figura 96. Densidad promedio de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta – Coquimbo en invierno de los años 1983/2004.

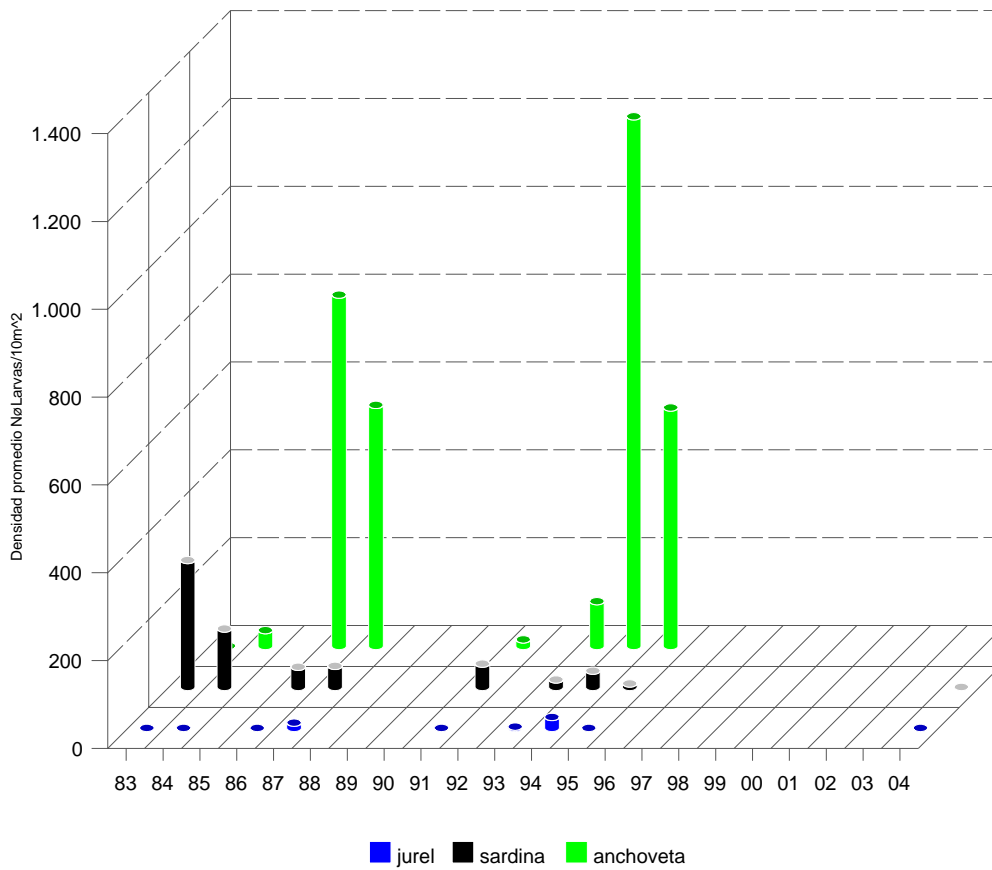
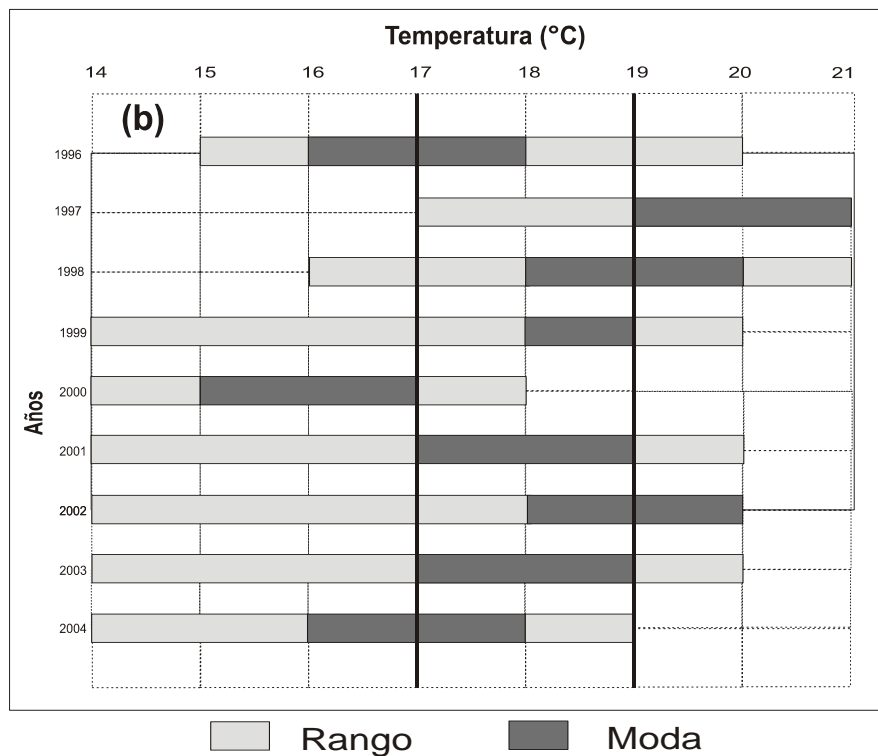
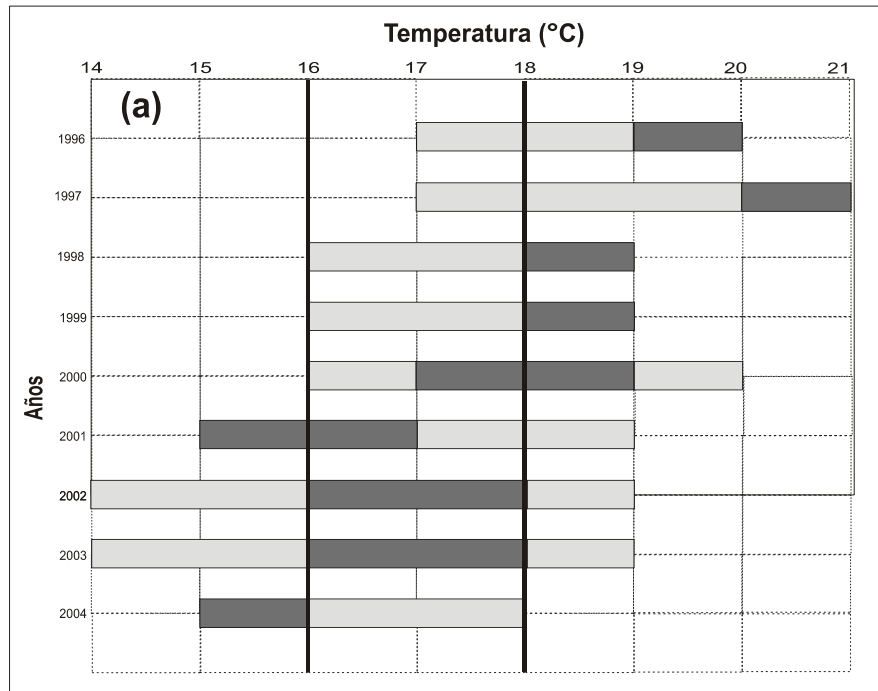
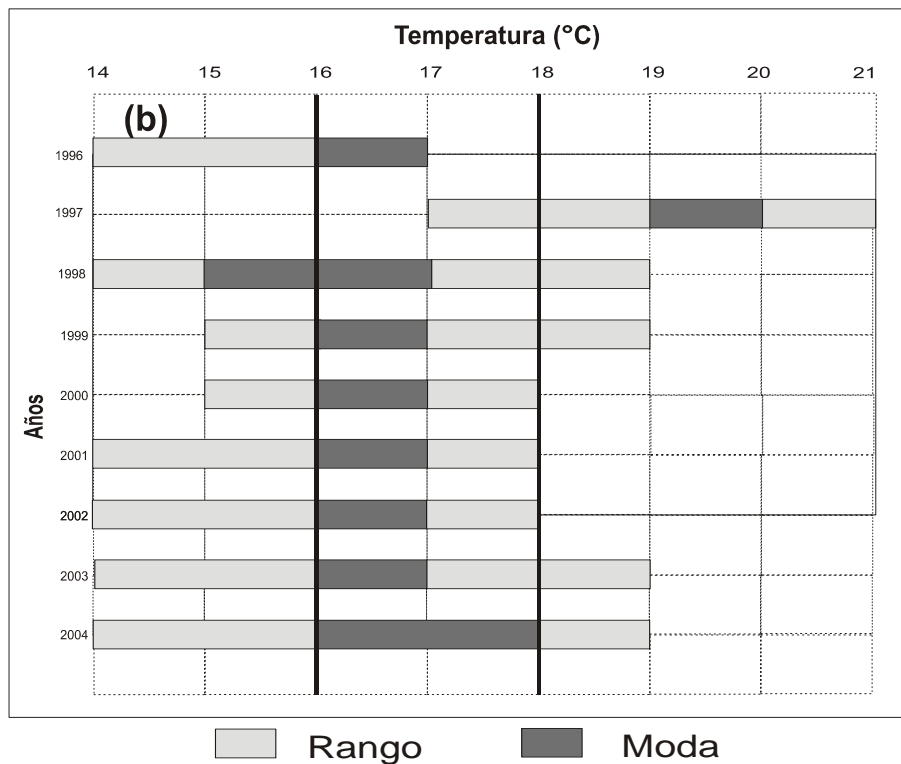
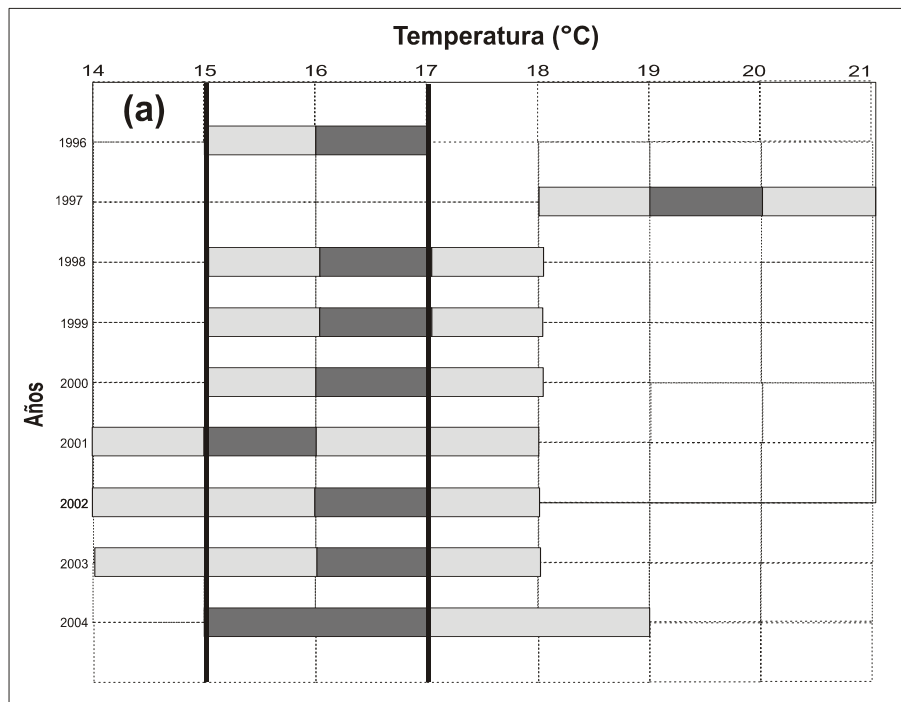


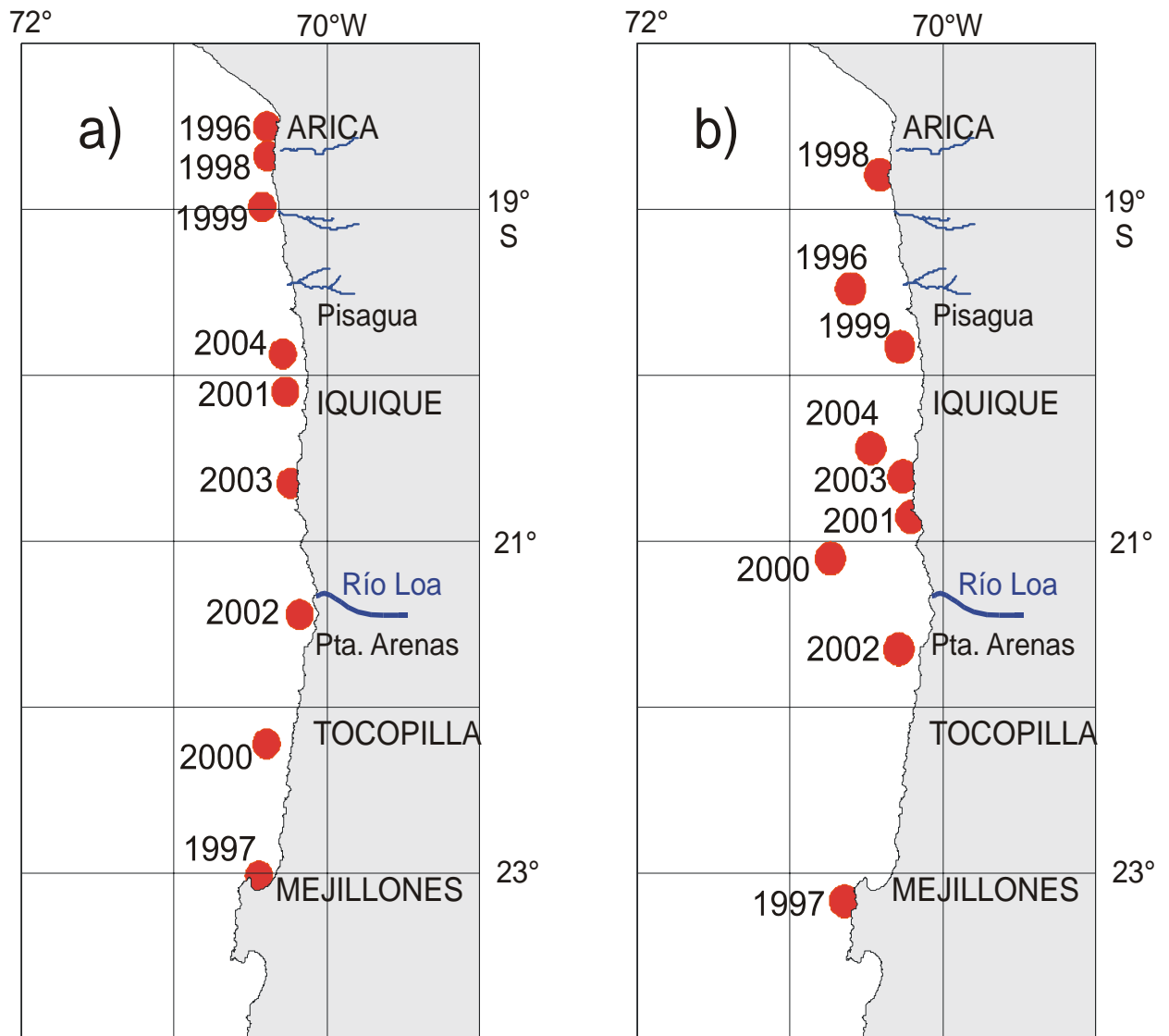
Figura 97. Densidad promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta – Coquimbo en invierno de los años 1983/2004.



**Figura 98.** Rangos de distribución preferencial de: a) huevos y b) larvas de anchoveta respecto de la temperatura superficial. Períodos de Otoño 1996-2004.

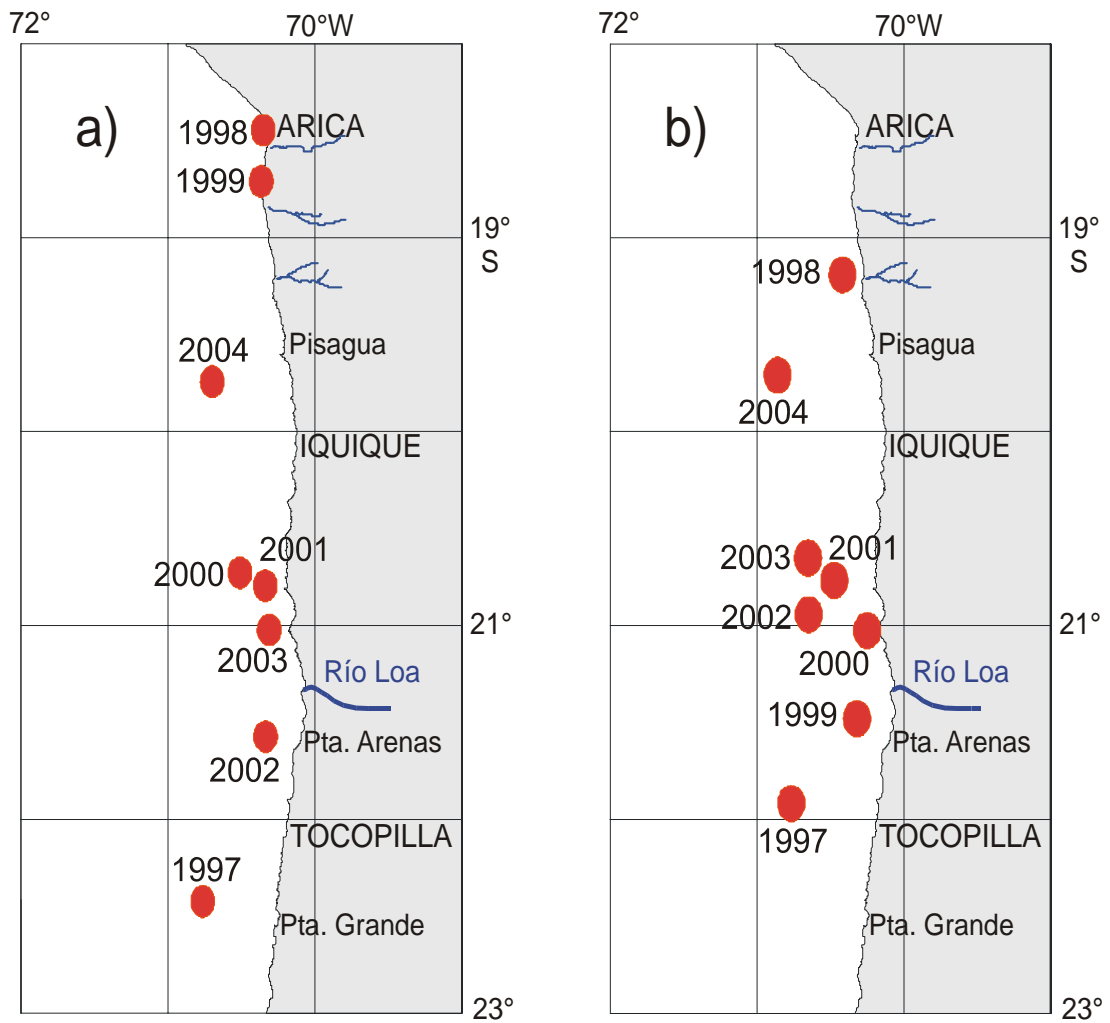


**Figura 99.** Rangos de distribución preferencial de: a) huevos y b) larvas de anchoveta respecto de la temperatura superficial. Períodos de Invierno 1996-2004.



**Figura 100.** Distribución espacial de los centros de gravedad (CG) de: a) huevos y b) larvas de anchoveta. Períodos de Otoño 1996-2004.





**Figura 101.** Distribución espacial de los centros de gravedad (CG) de: a) huevos y b) larvas de anchoveta. Períodos de Invierno 1997-2004.

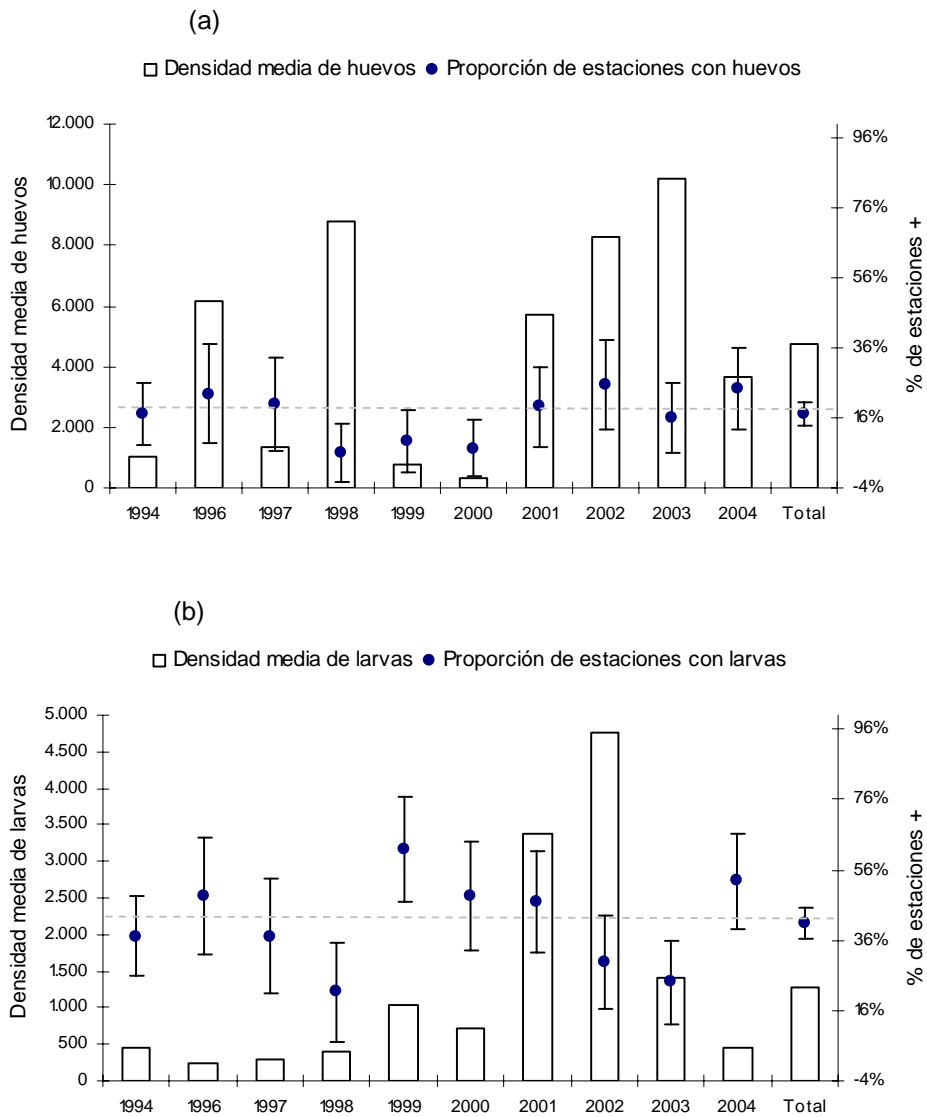


Figura 102 Densidad media y proporción de estaciones positivas con su intervalo de confianza para huevos (a) y larvas (b) de anchoveta, por año y periodo total. Cruceros realizados en otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región (línea segmentada indica la proporción media de estaciones positivas).

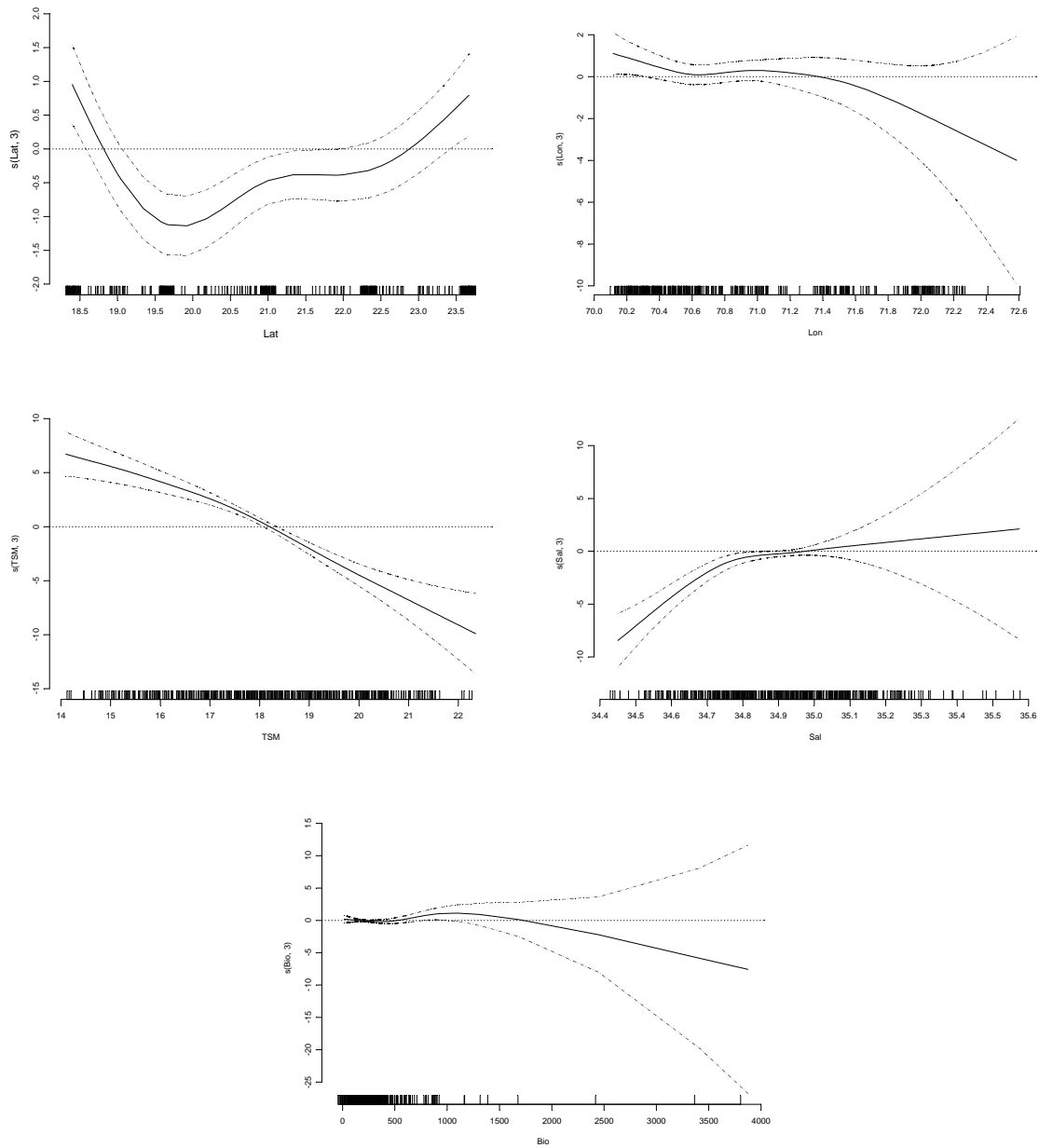


Figura 103. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial y densidad zooplanctónica (Bio) sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical 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 otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.

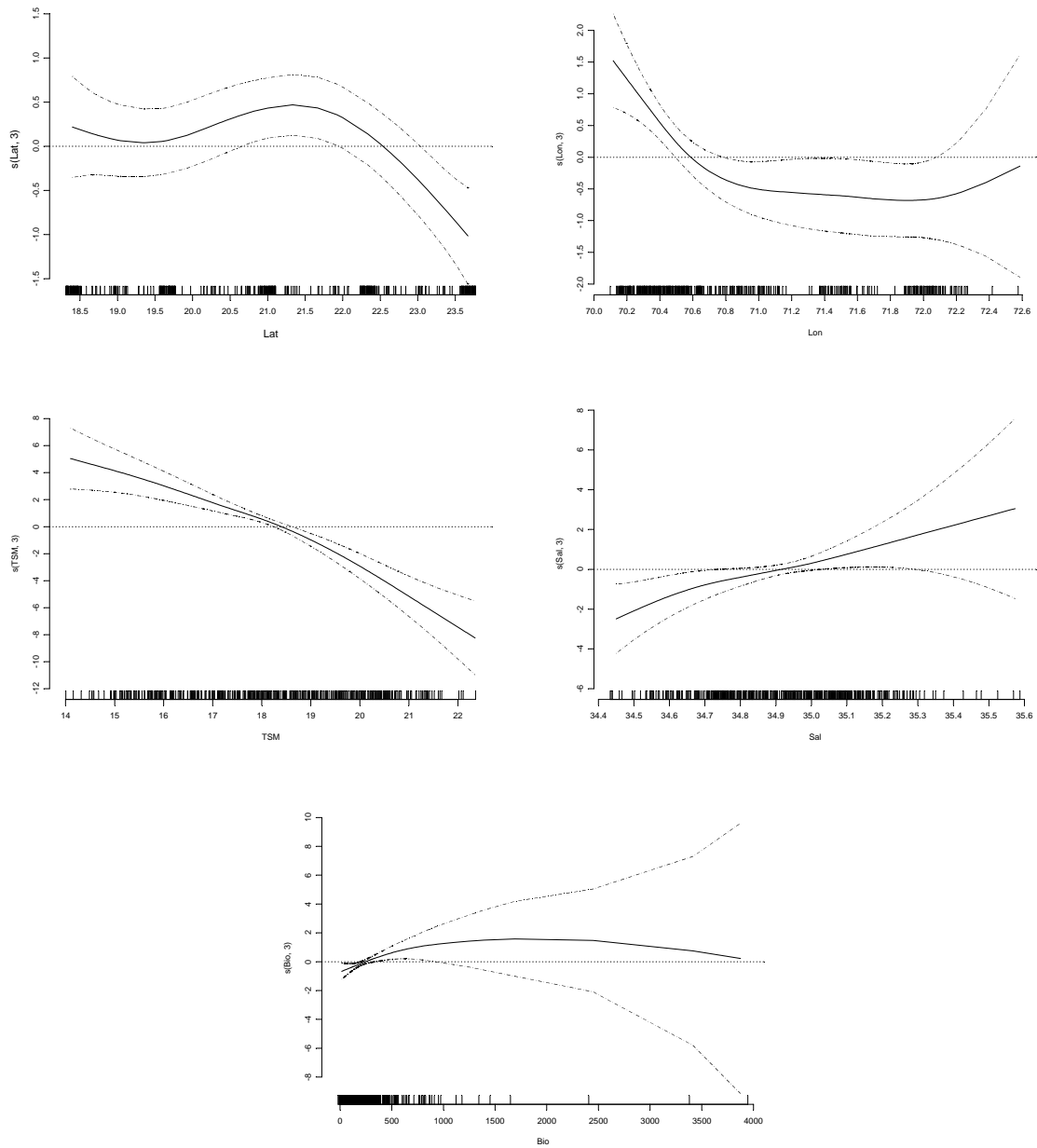


Figura 104. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial y densidad zooplanctónica (Bio) sobre la variable presencia/ausencia de larvas de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical 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 otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.

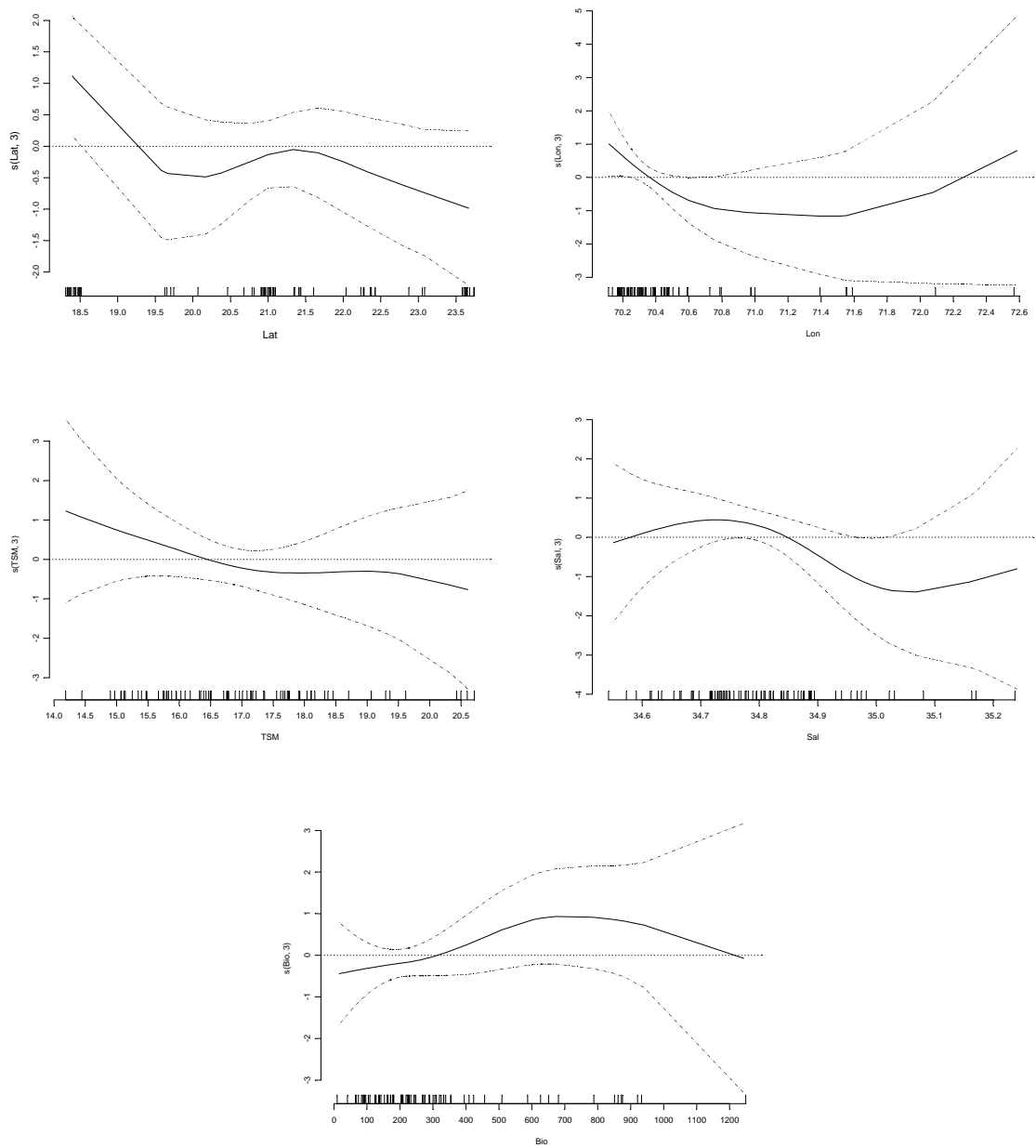


Figura 105. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial y densidad zoopláctónica (Bio) sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical 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 otoño en el periodo 1994 a 2004, I y II Región

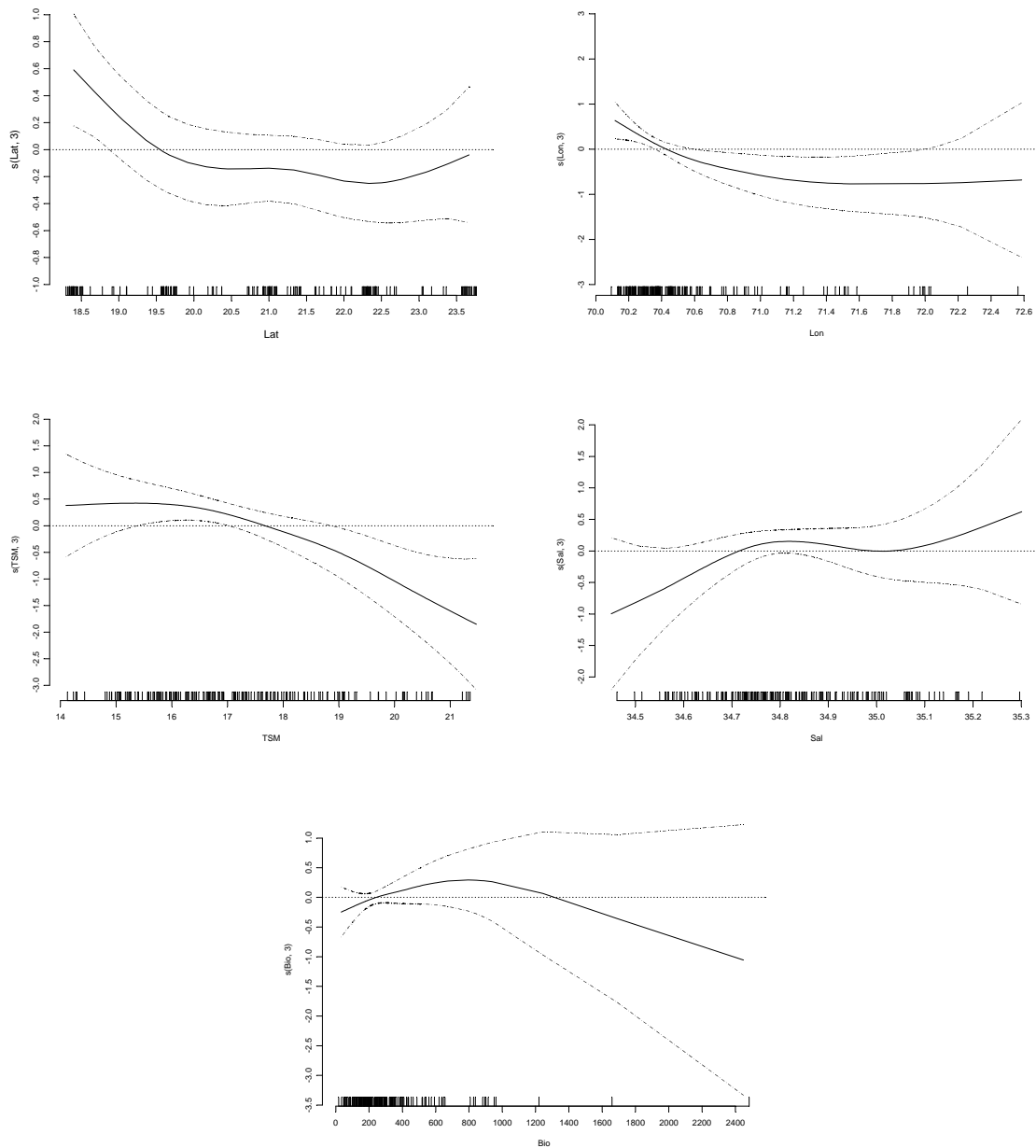


Figura 106. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial y densidad zooplanctónica (Bio) sobre la variable logaritmo de la densidad de larvas de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical 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 otoño en el periodo 1994 a 2004, I y II Región.

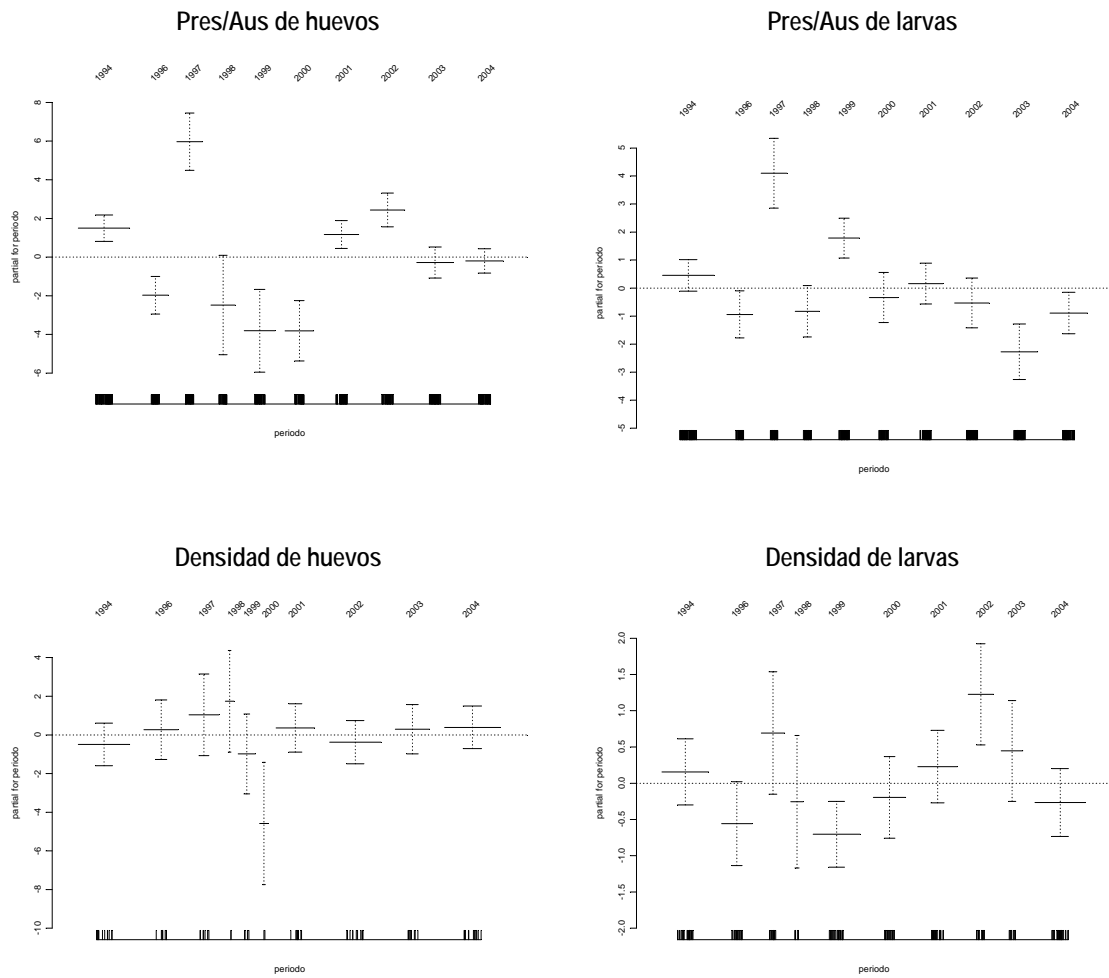
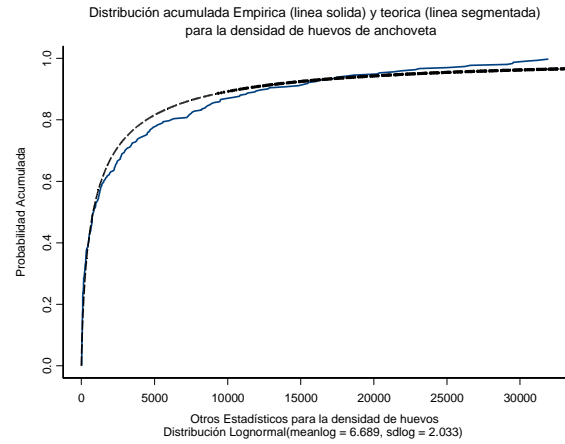
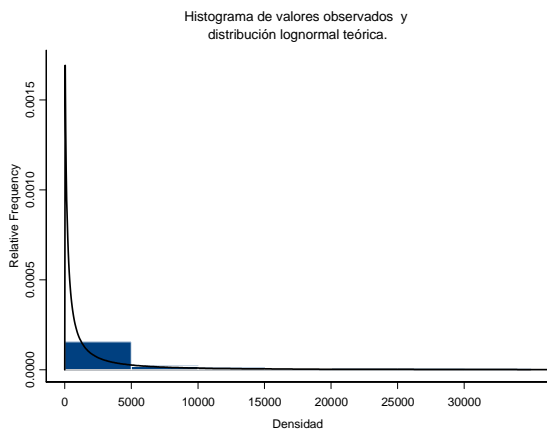


Figura 107. Tendencias de los índices por año obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Cruceros realizados en otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.

## Densidad de huevos de anchoveta

(a)



## Densidad de larvas de anchoveta

(b)

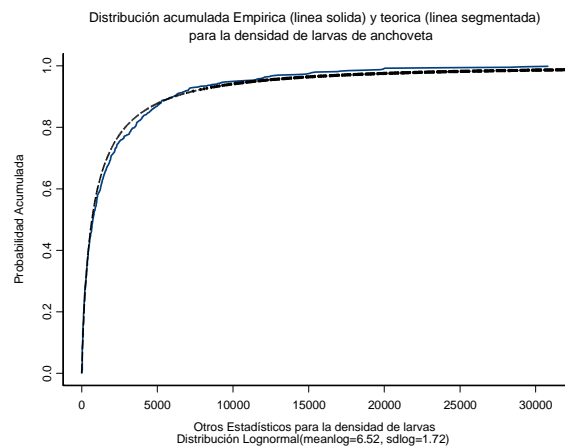
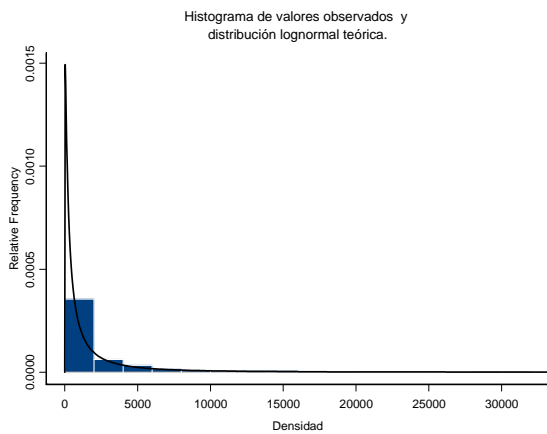


Figura 108. Histograma, función de densidad de probabilidad teórica lognormal (a) y función de distribución acumulada empírica y teórica (b) para la variable densidad de huevos, cruceros realizados en la I y II Región en invierno durante el periodo de 1993 a 2004.



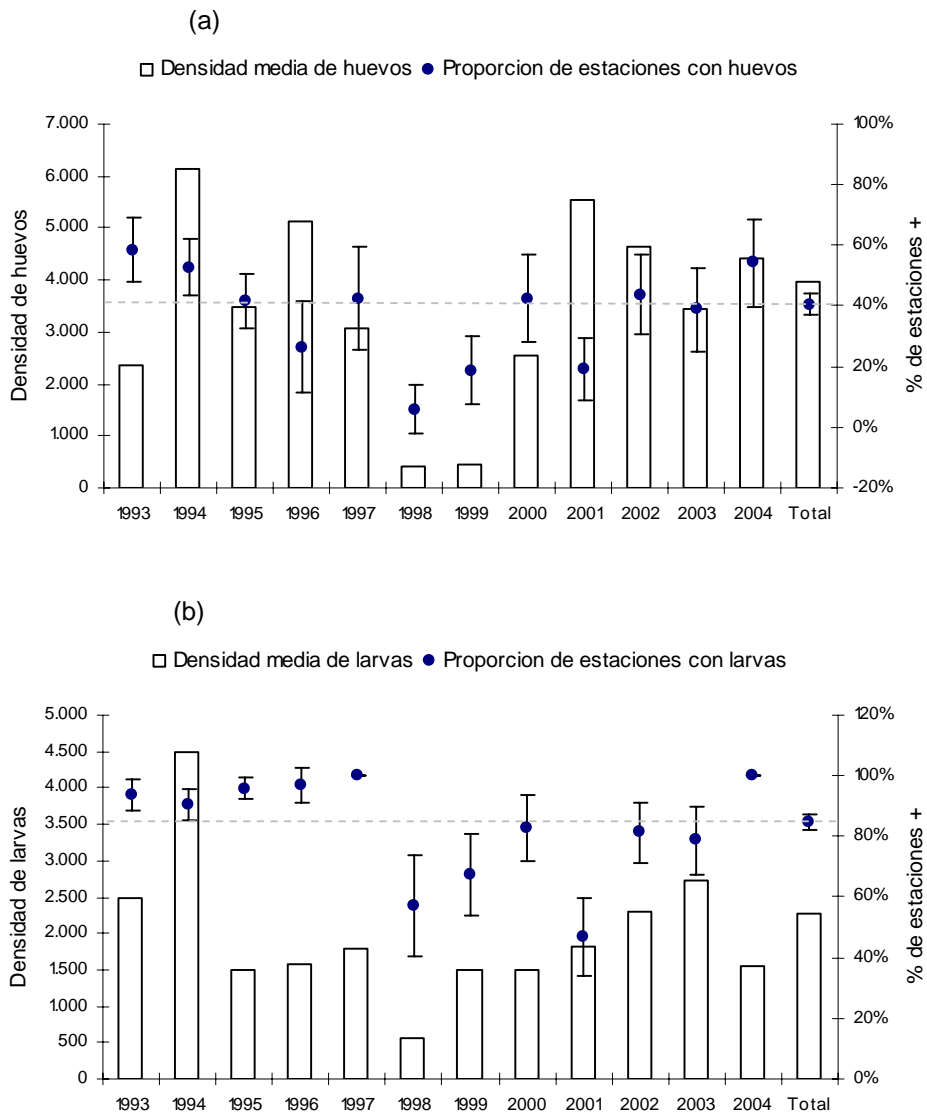


Figura 109. Densidad media y proporción de estaciones positivas con su intervalo de confianza para huevos (a) y larvas (b) de anchoveta, por año y periodo total. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno entre los años 1993 a 2004.

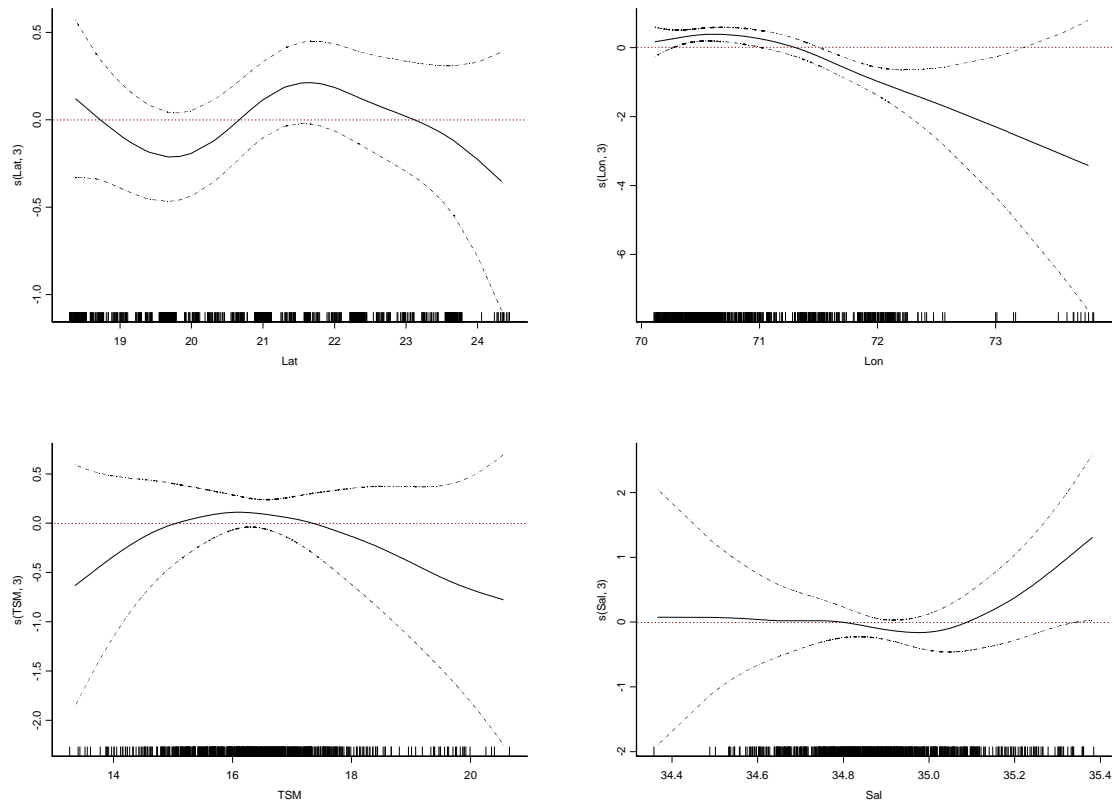


Figura 110. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto 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 en invierno, desde el año 1993 a 2004.

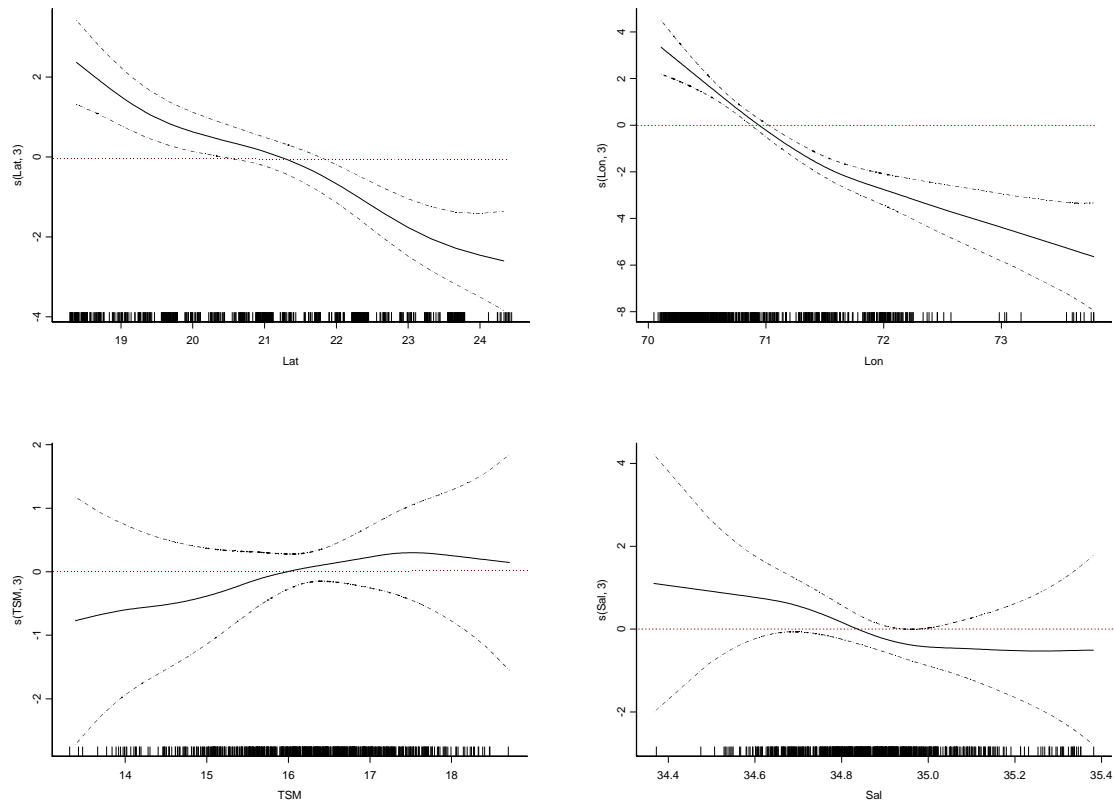


Figura 111. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de larvas de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto 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 en invierno, desde el año 1993 a 2004.

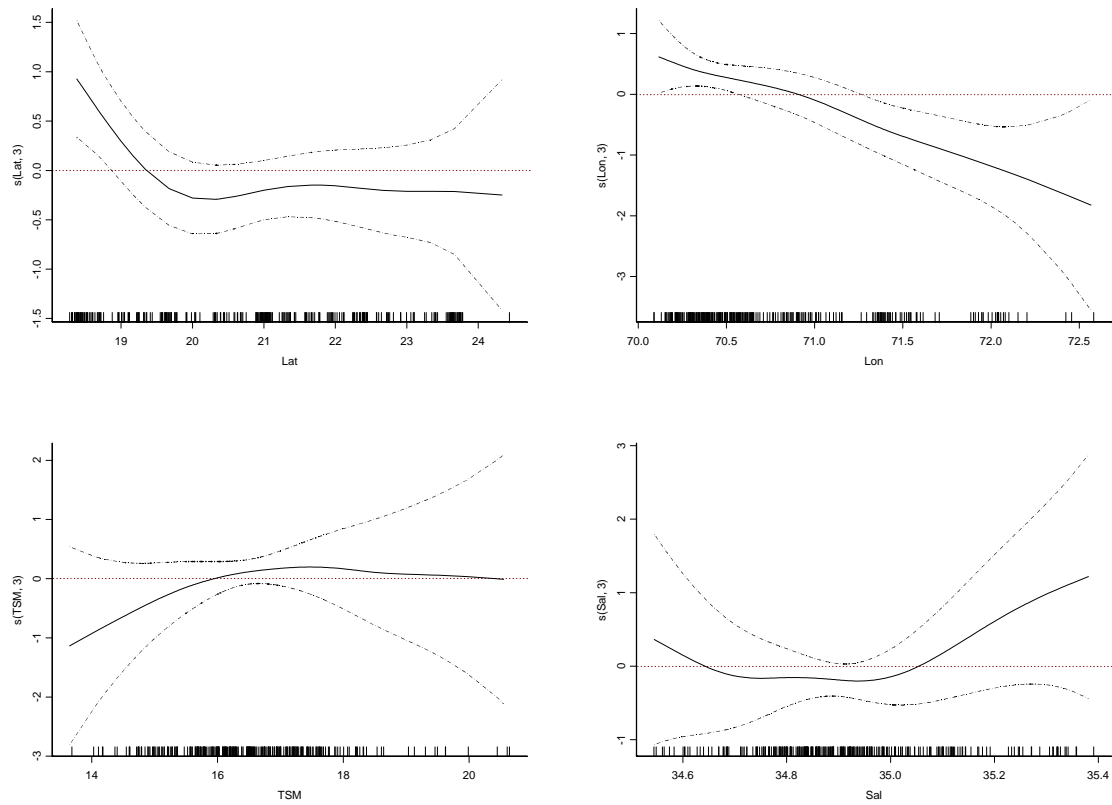


Figura 112. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto 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 en invierno, desde el año 1993 a 2004.

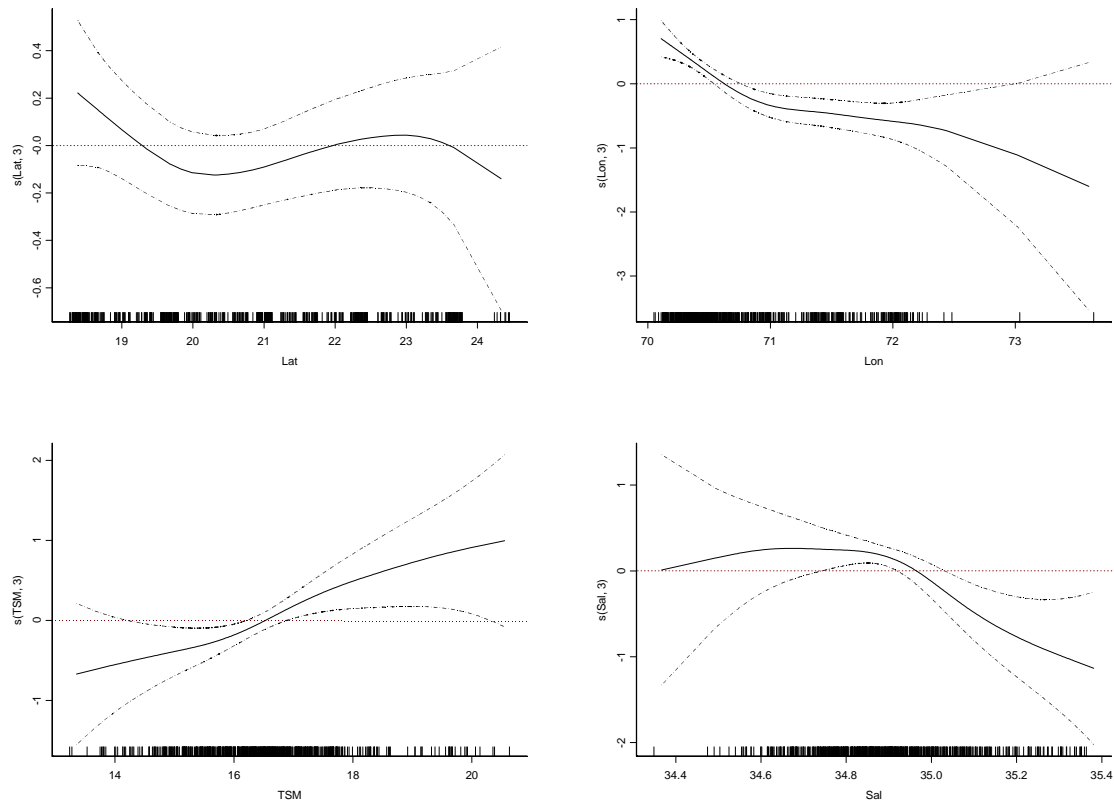


Figura 113. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de larvas de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto 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 en invierno, desde el año 1993 a 2004.

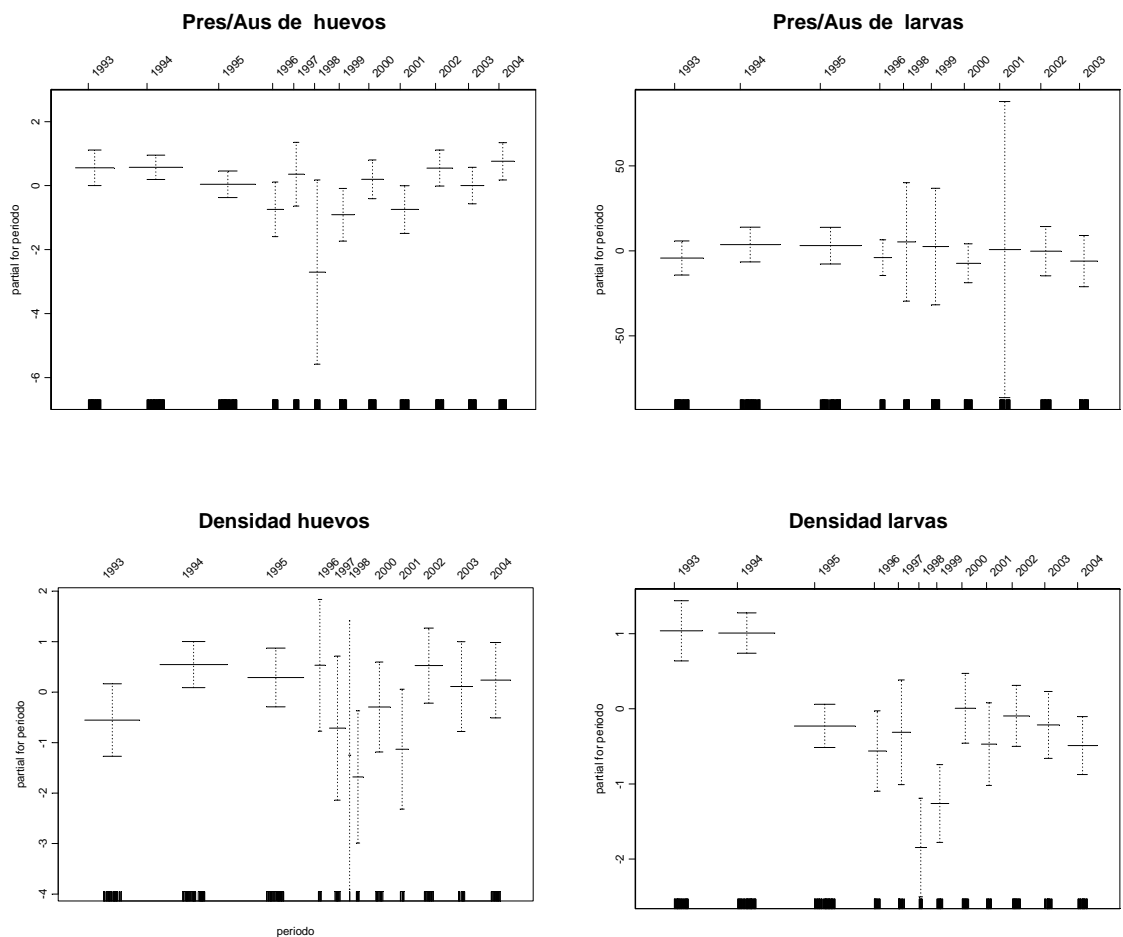


Figura 114. Tendencias de los índices por crucero obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Cruceros realizados en la I y II Región en invierno, desde el año 1993 a 2004.

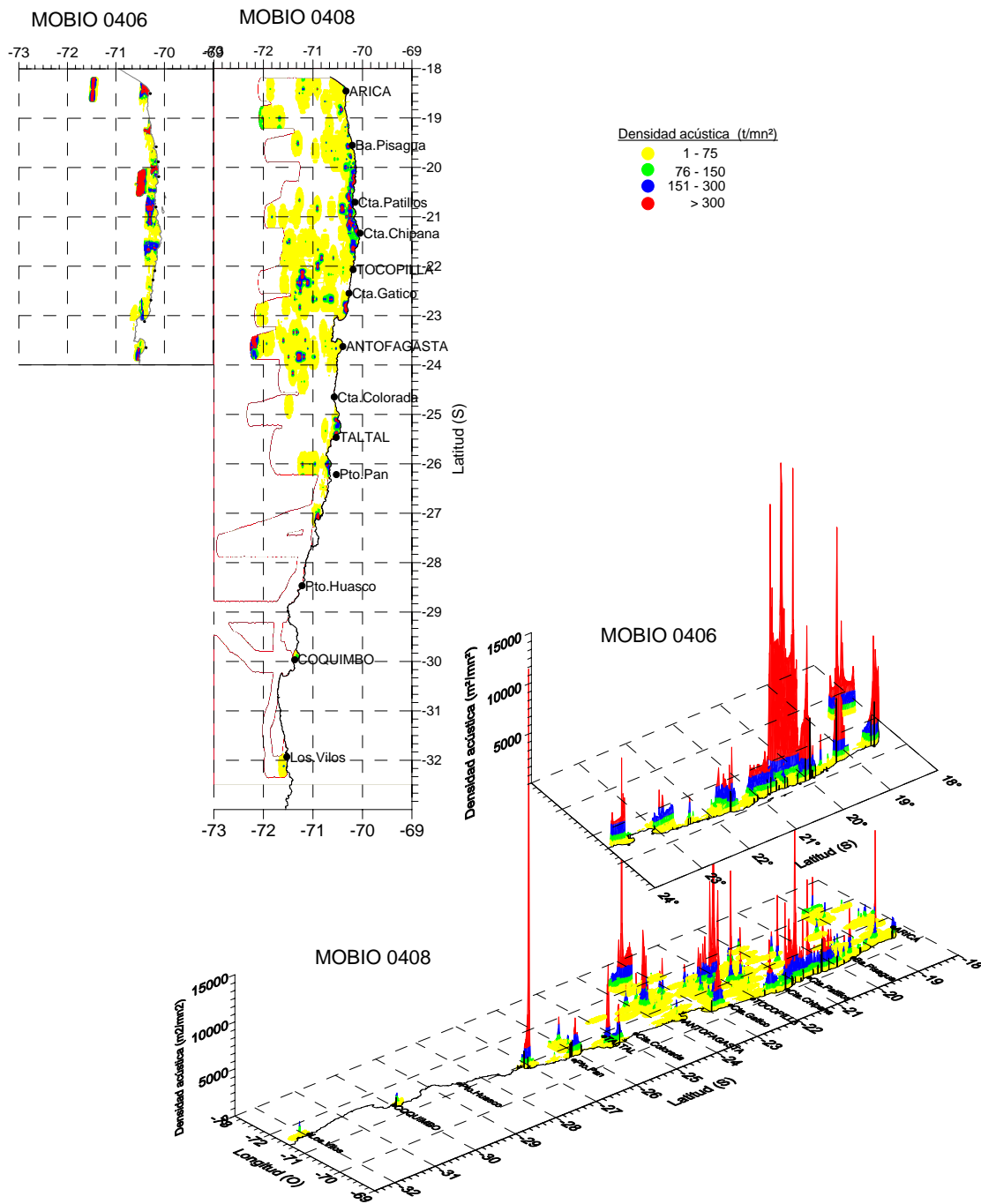


Figura 115. Distribución espacial de anchoveta en los cruceros MOBIO 0406 y 0408.

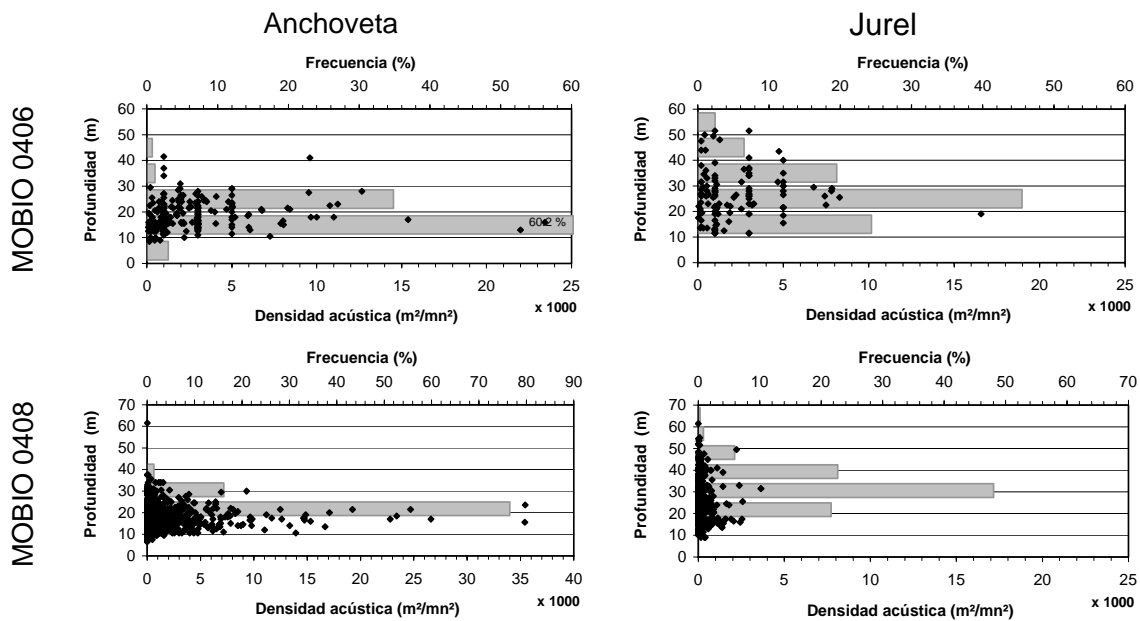


Figura 116. Distribución vertical (m) de la densidad acústica – Sa (m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0406) e invierno (0408).

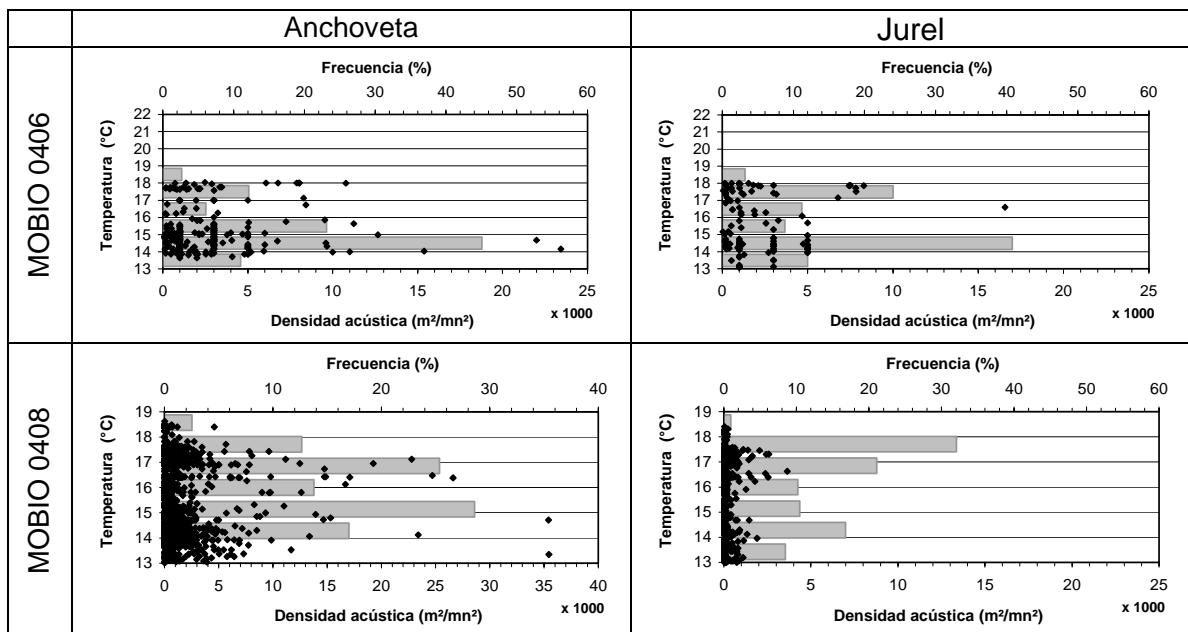


Figura 117. Distribución vertical de la densidad acústica – Sa (m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) respecto a la temperatura de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0406) e invierno (0408).



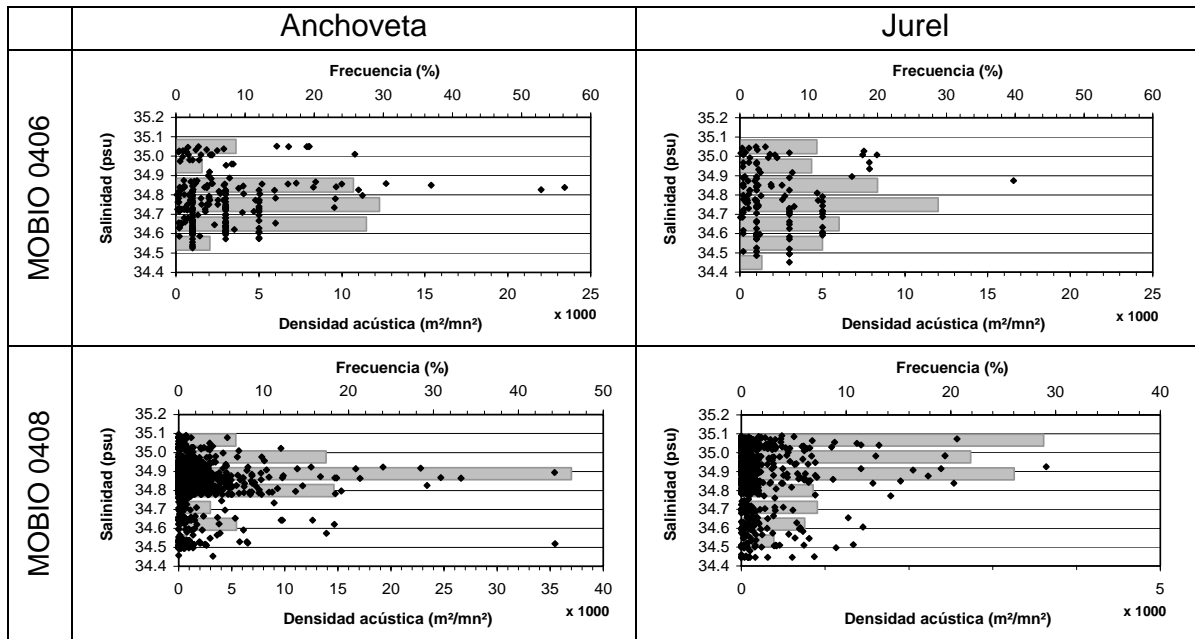


Figura 118. Distribución vertical de la densidad acústica – Sa ( $m^2/mn^2$ ) respecto a la salinidad de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0406) e invierno (0408).

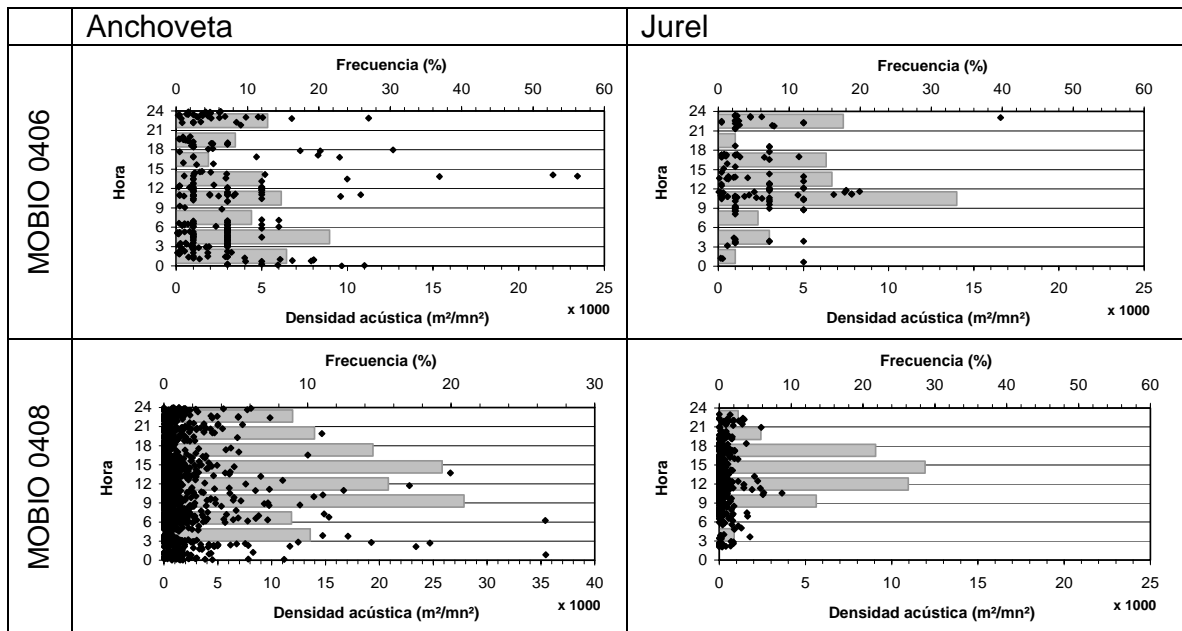
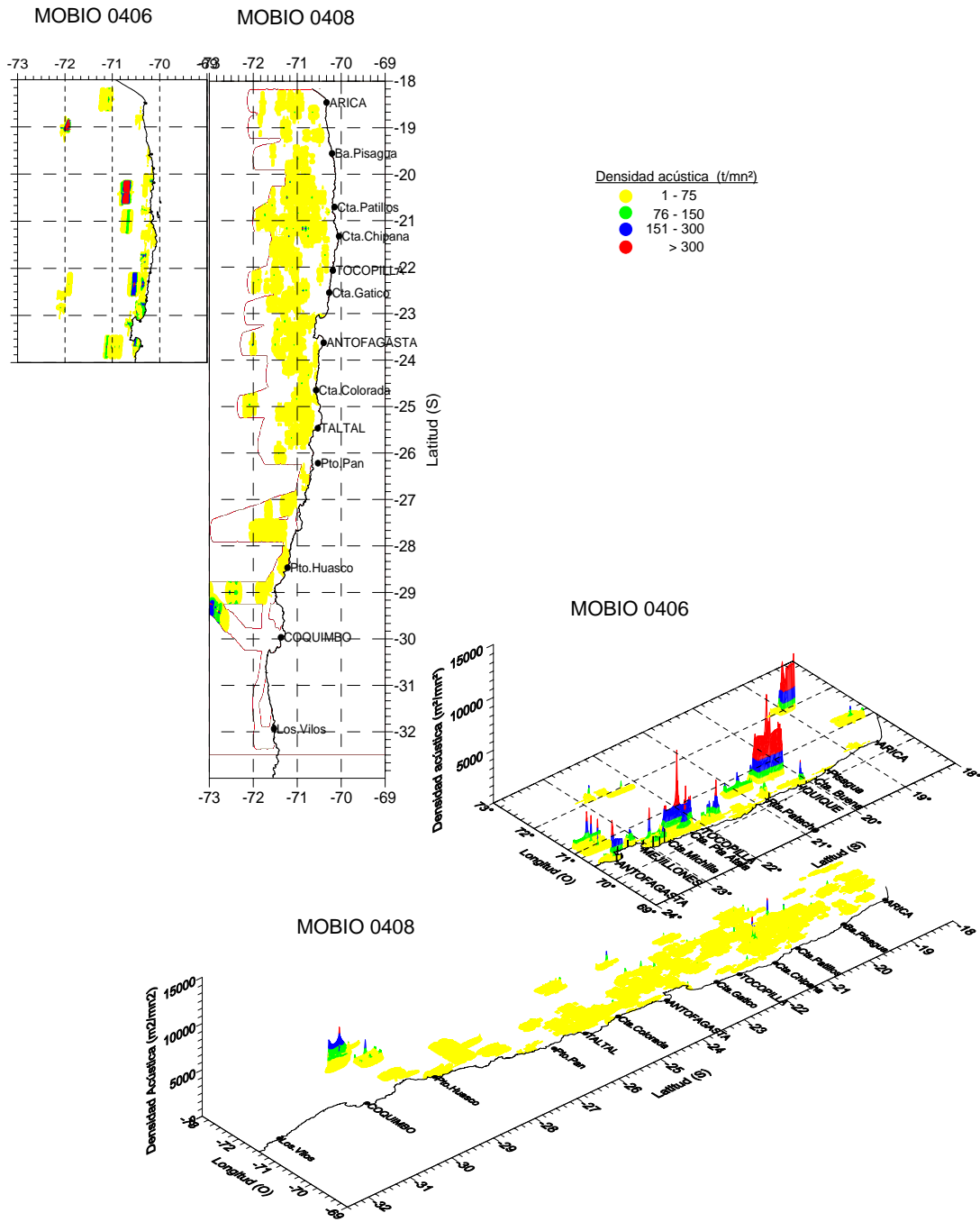


Figura 119. Distribución horaria de la densidad acústica – Sa ( $m^2/mn^2$ ) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0406) e invierno (0408).



**Figura 120.** Distribución espacial de jurel en los cruces MOBIO 0406 y 0408

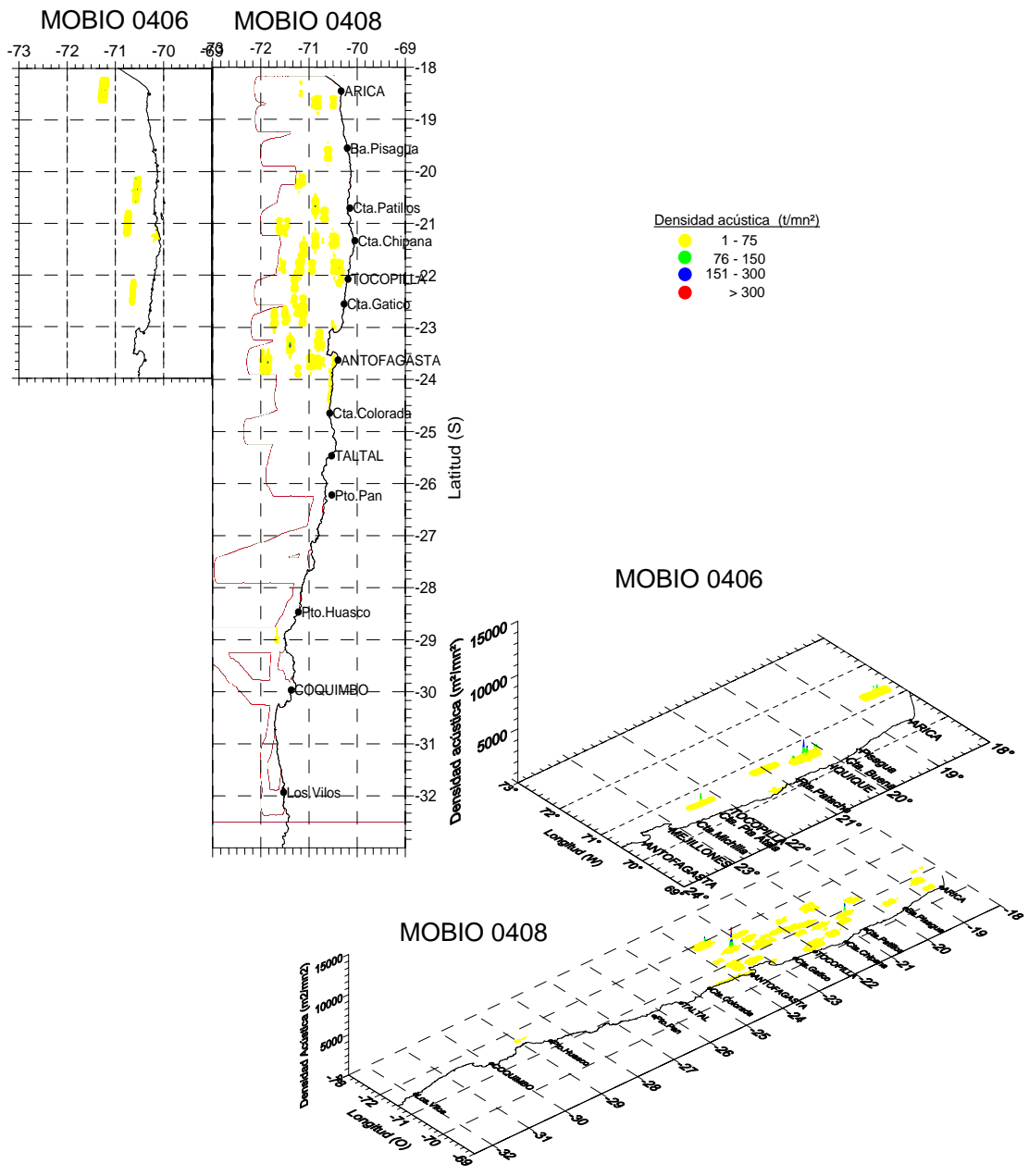
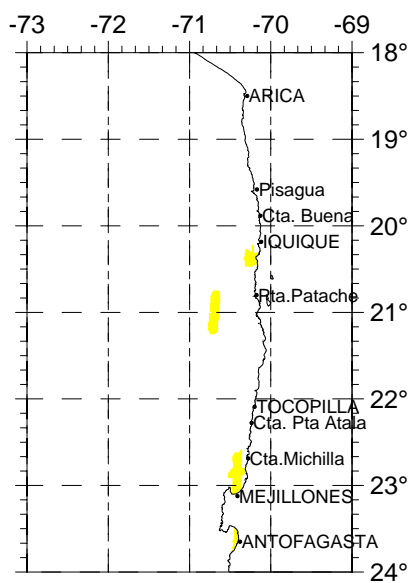
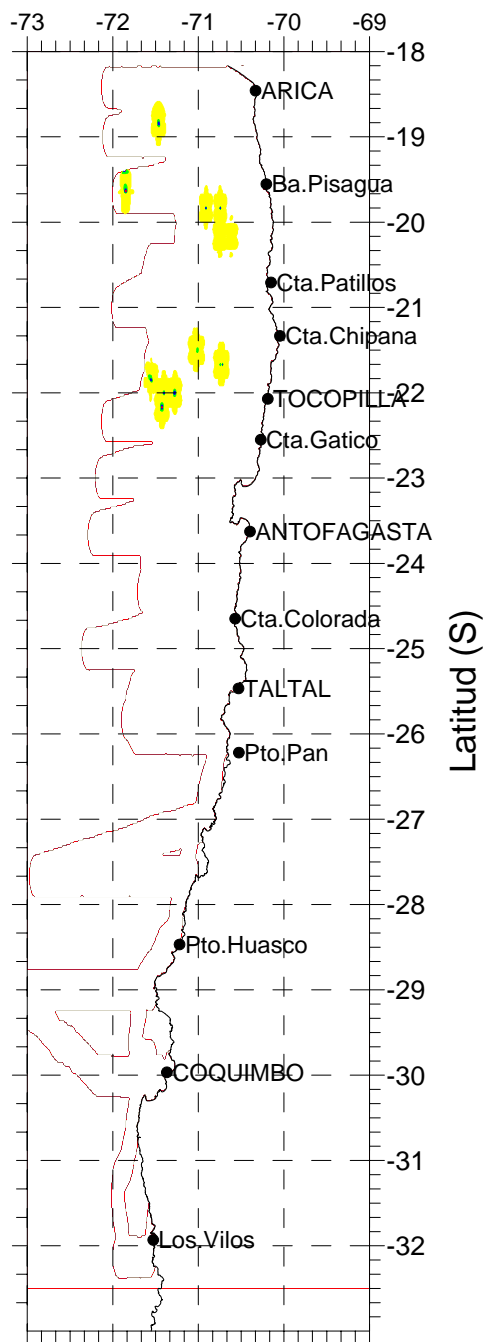


Figura 121. Distribución espacial de caballa en los cruceros MOBIO 0406 y 0408.

SARDINA  
MOBIO 0406



VICINGUERRIA  
MOBIO 0408



**Figura 122.** Distribución espacial de sardina en el crucero MOBIO 0406 y Vicinguerra en el crucero MOBIO 0408.

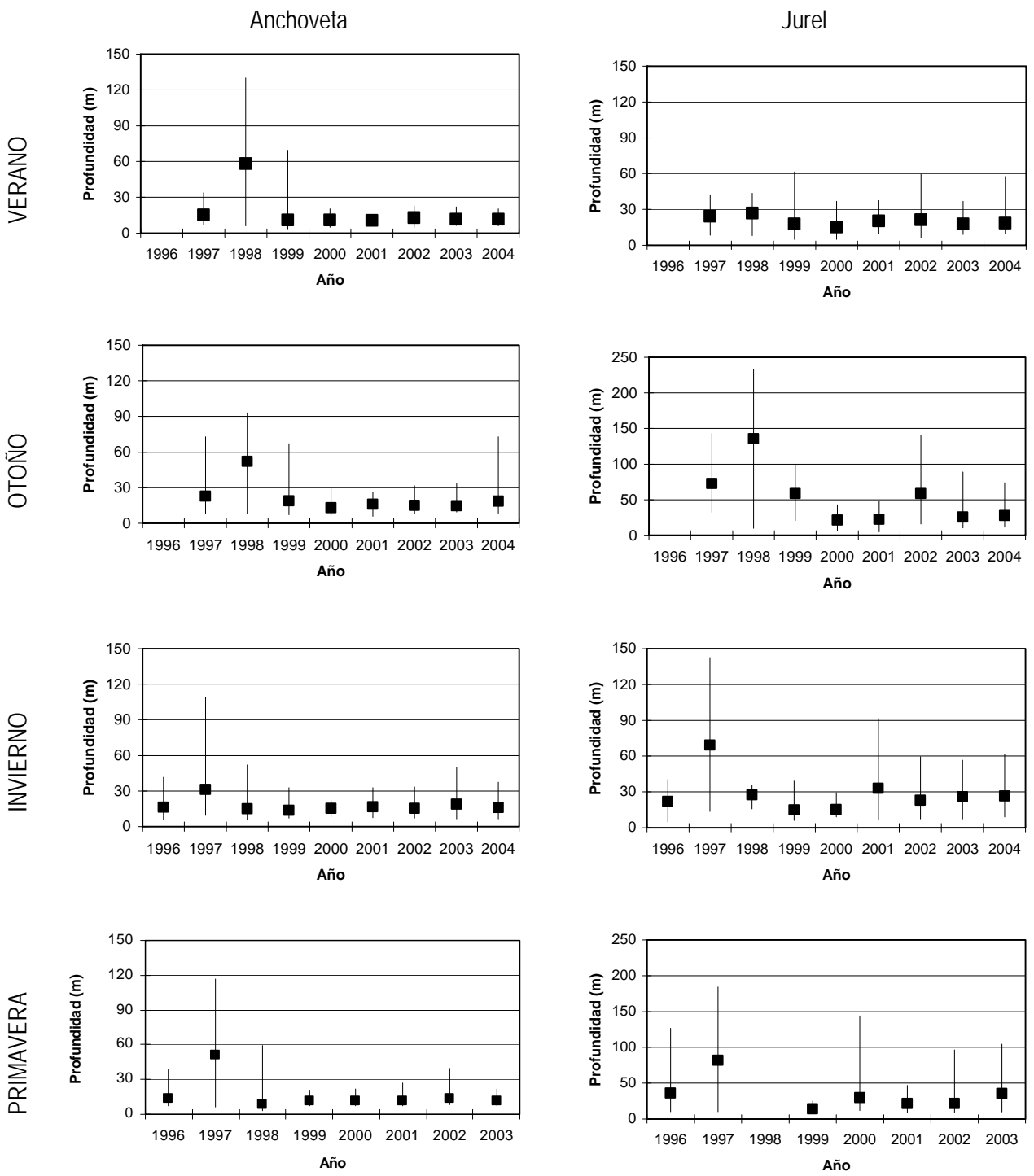


Figura 123. Profundidades máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta.

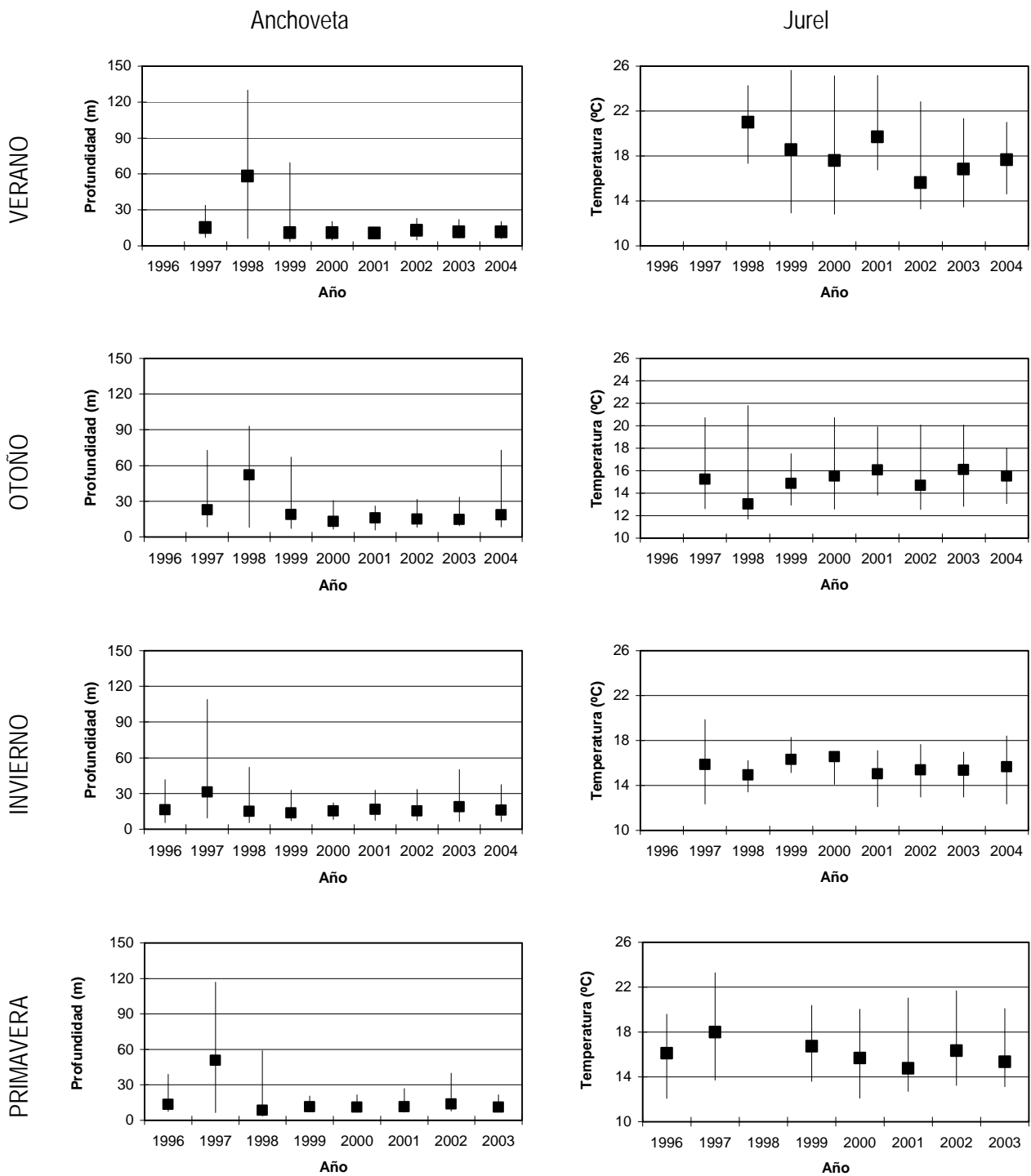


Figura 124. Temperaturas máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta.

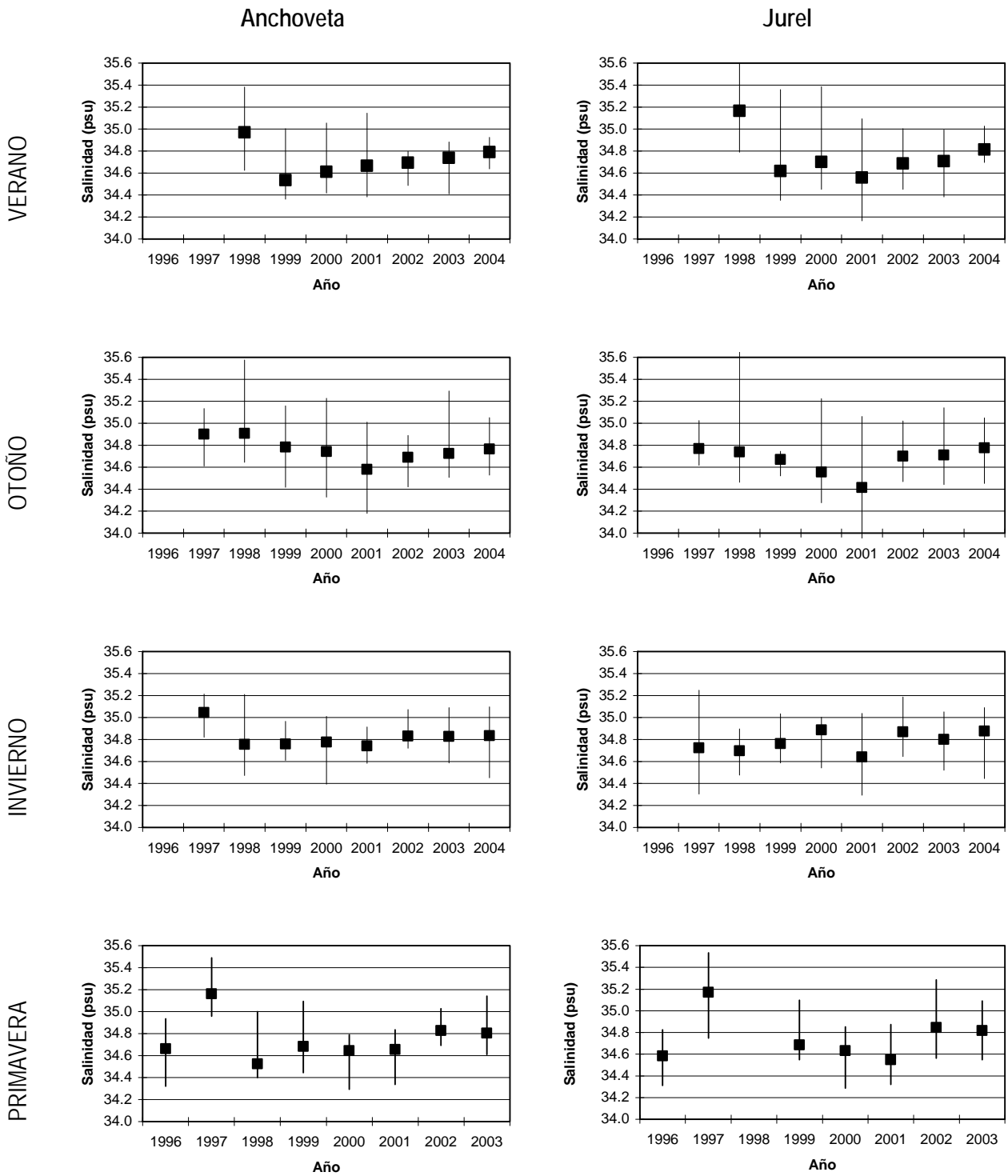
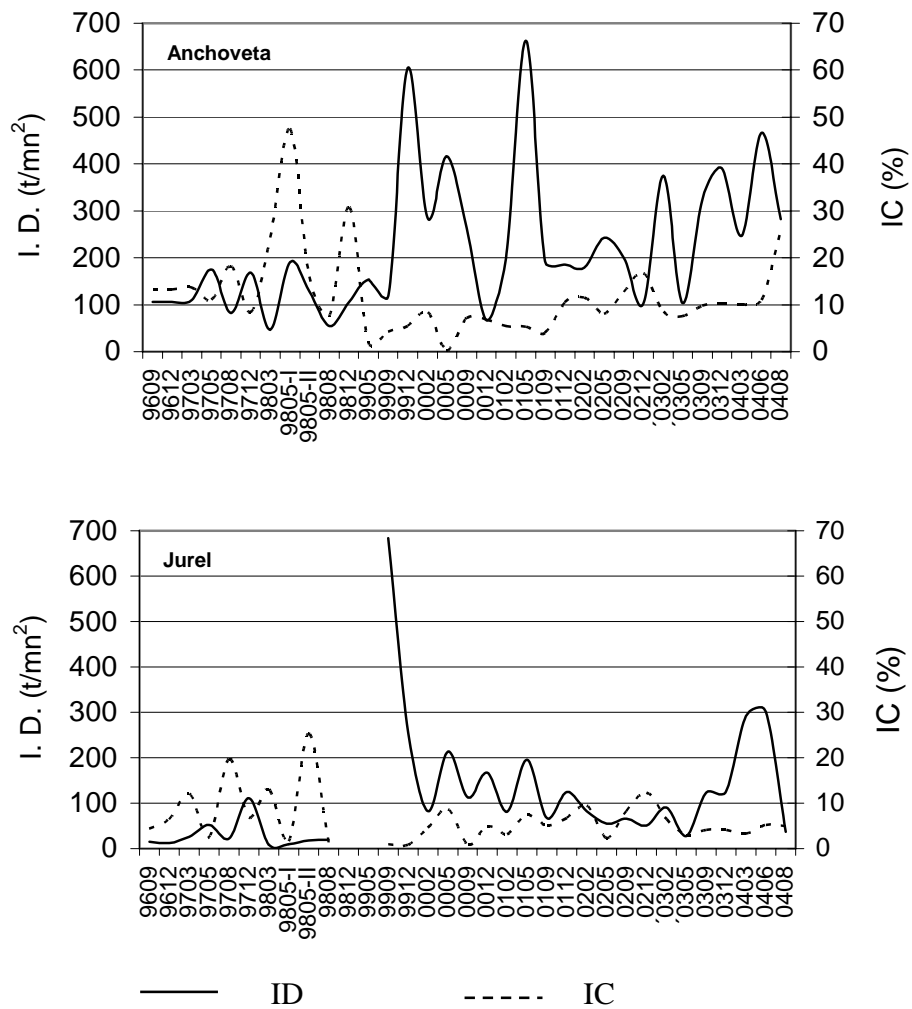
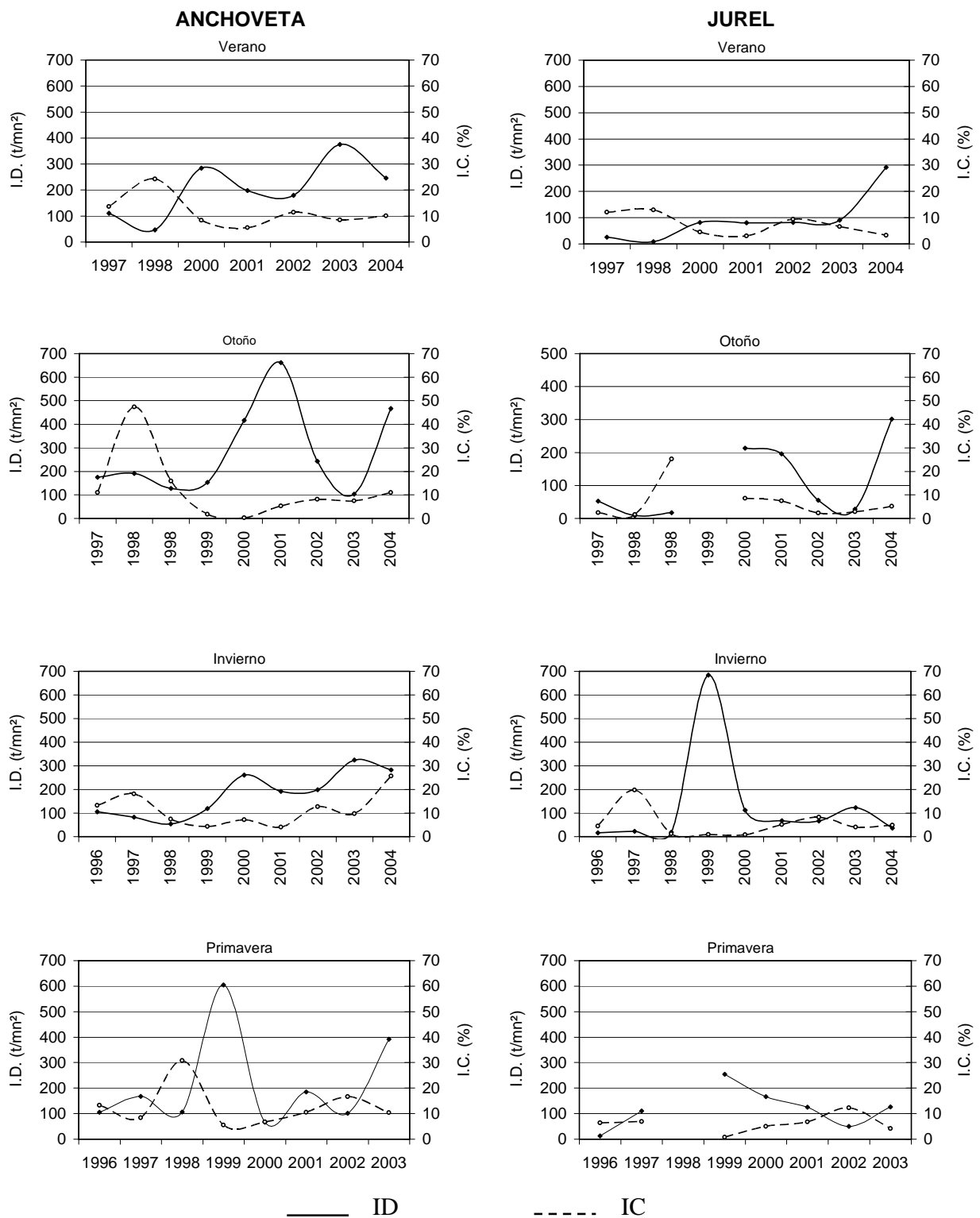


Figura 125. Salinidad (psu) máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta.

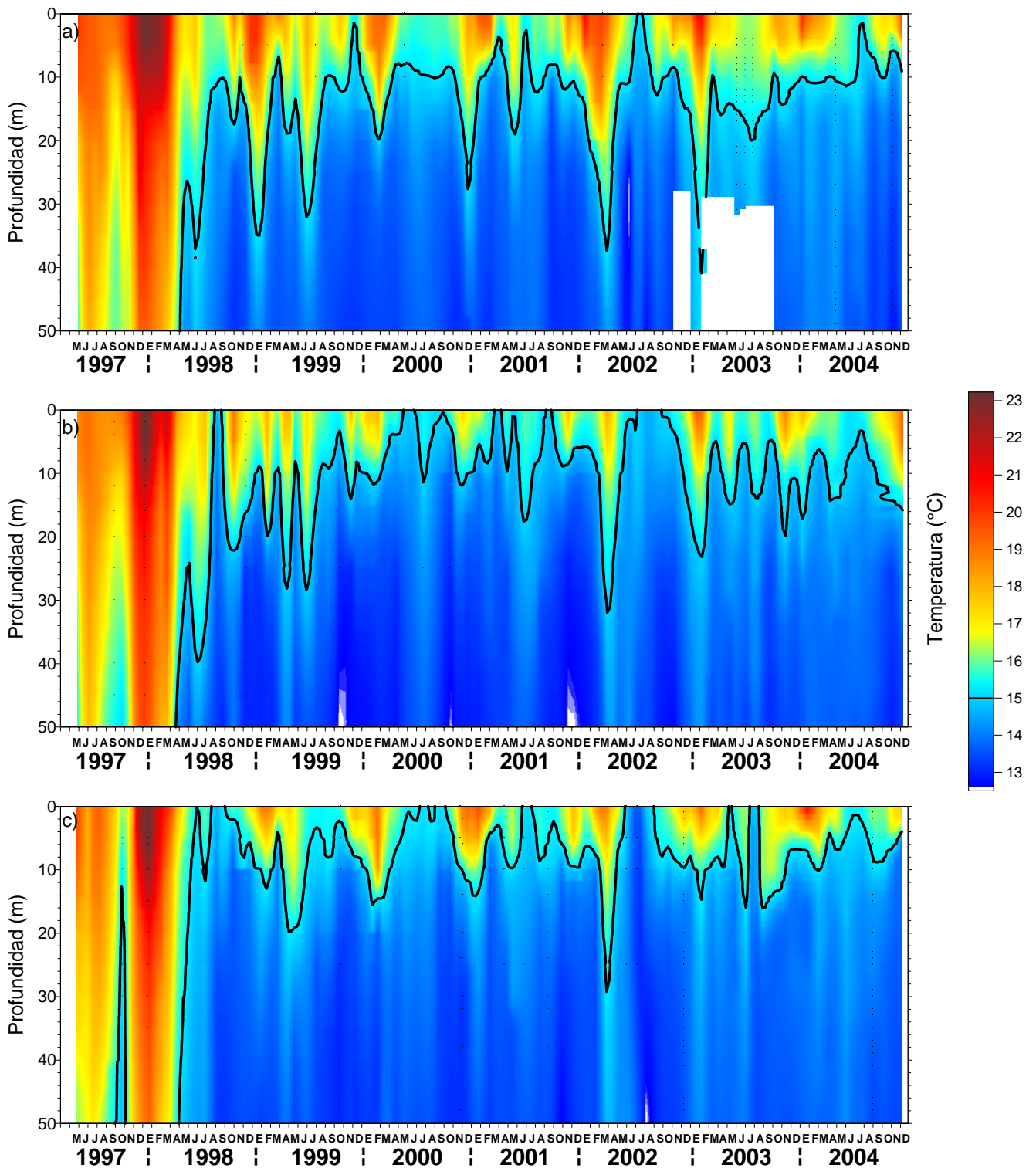


**Figura 126.** Índices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) secuenciales de anchoveta y jurel, periodo 1996-2004.

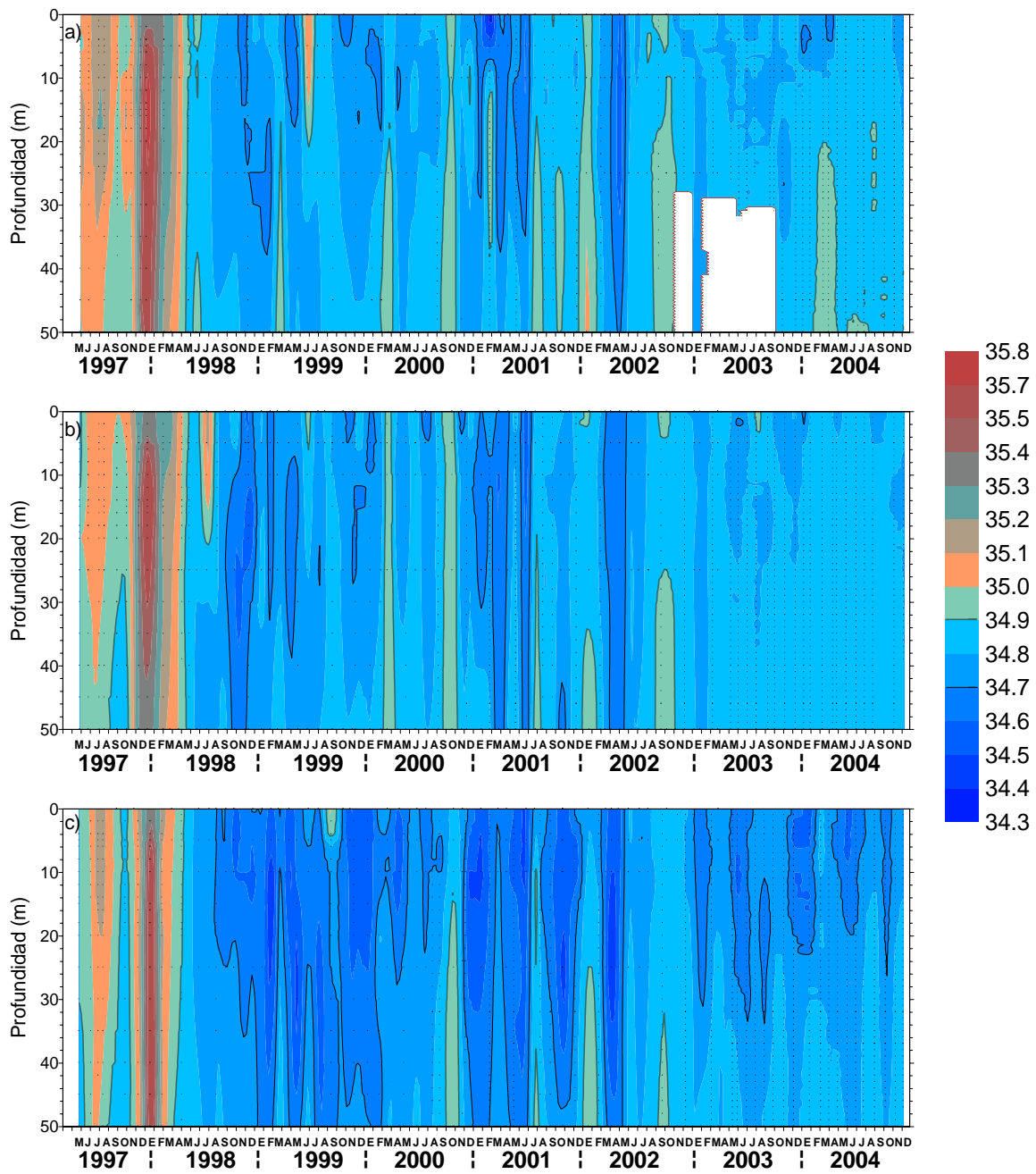




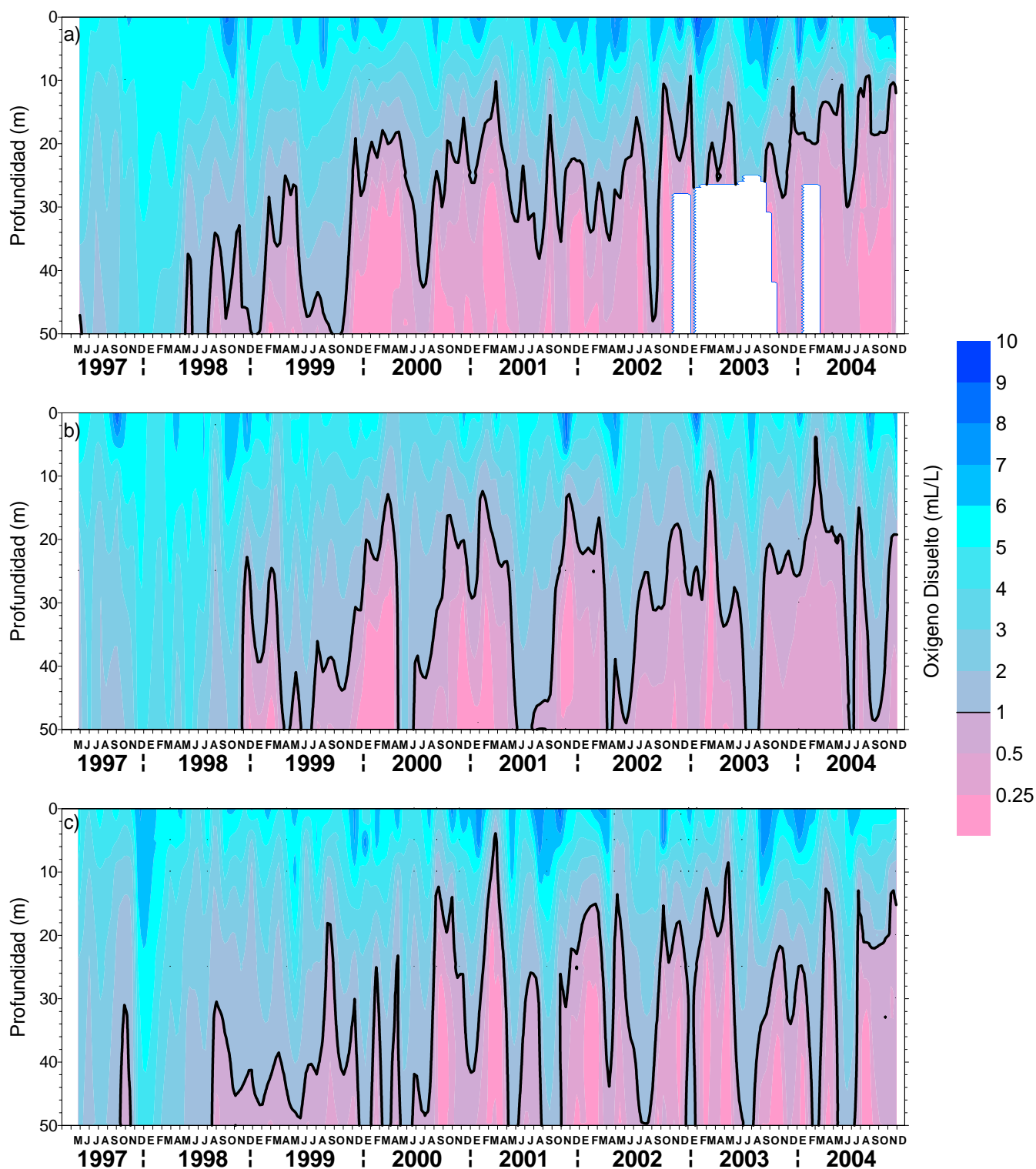
**Figura 127.** Índices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) estacionales de anchoveta y jurel, periodo 1996-2004.



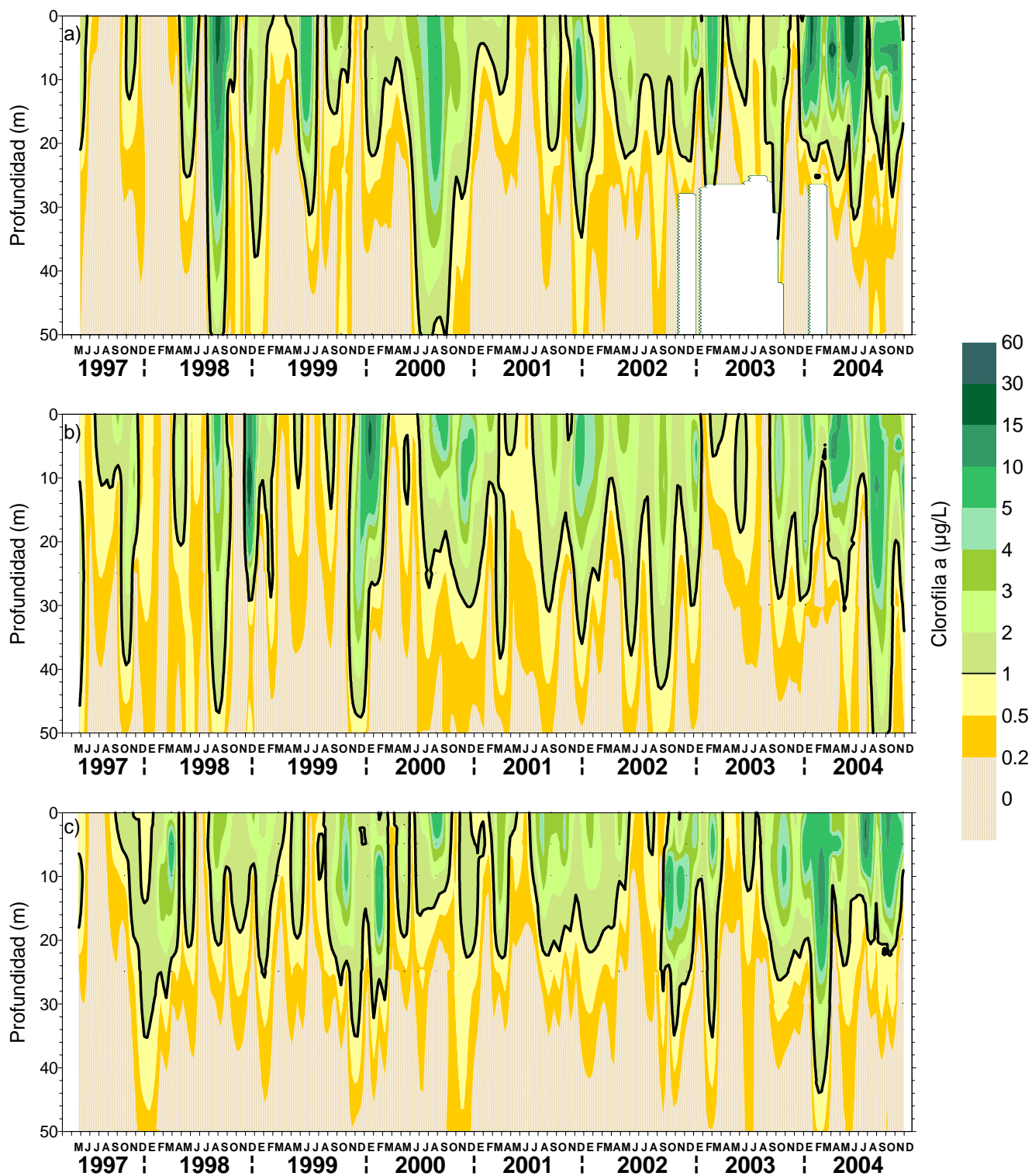
**Figura 128.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Diciembre de 2004.



**Figura 129.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de salinidad (psu) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Diciembre de 2004.



**Figura 130.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Diciembre de 2004.



**Figura 131.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Diciembre de 2004.

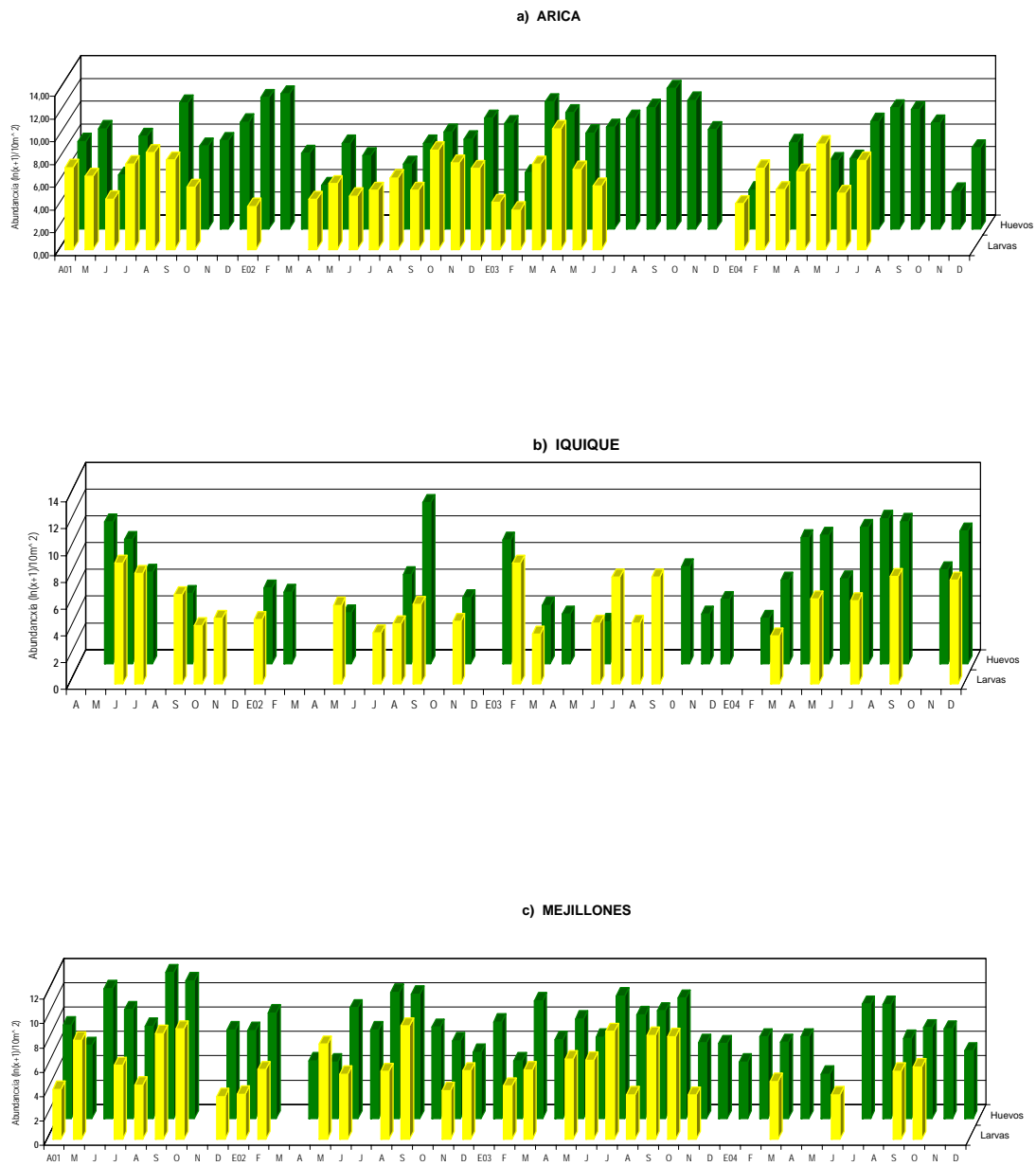


Figura 132. Variación temporal de la distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Abril 2001 - Diciembre 2004.

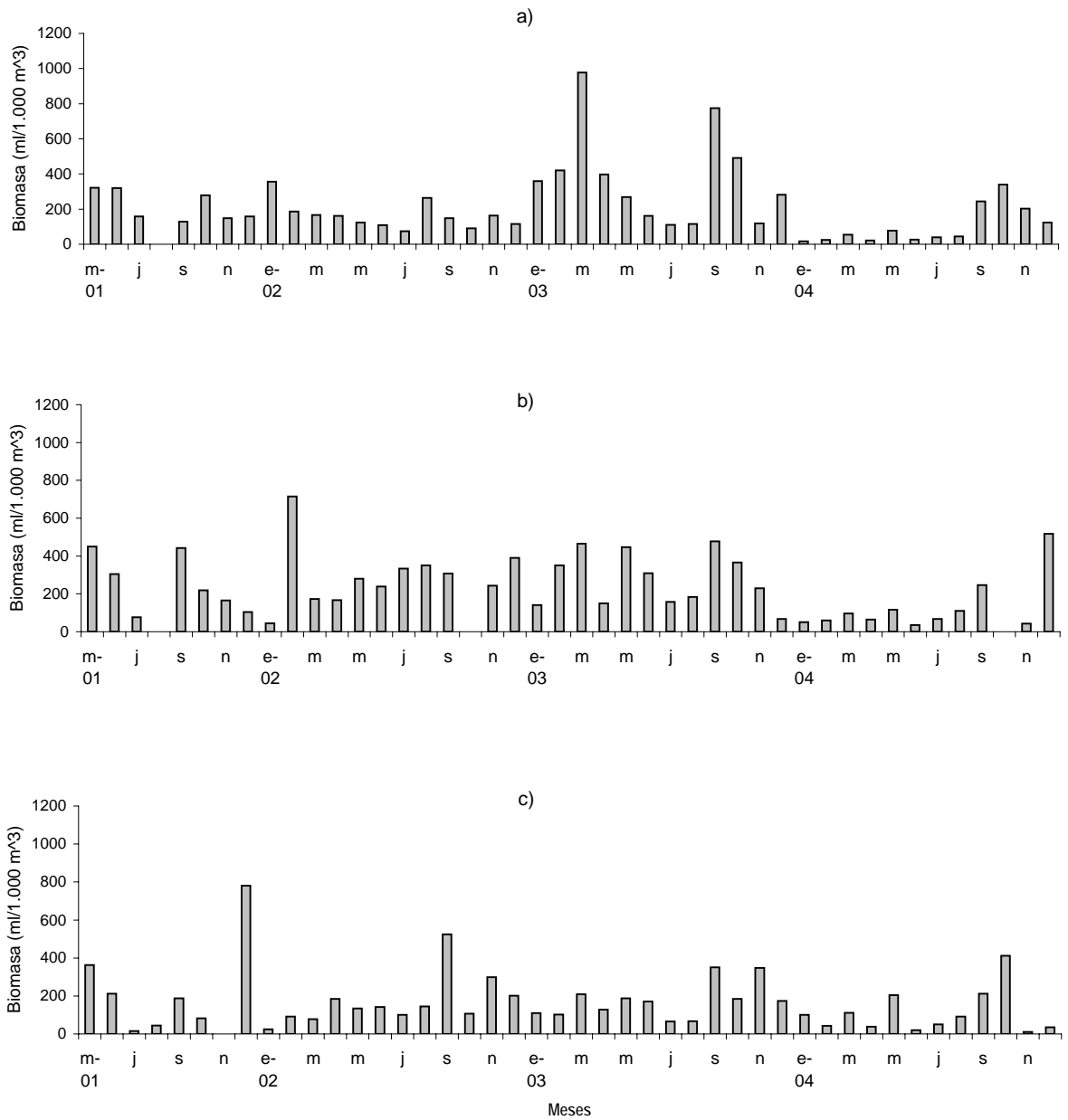


Figura 133. Variación temporal de la distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica en las estaciones costeras de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, entre Mayo 2001- Diciembre de 2004.

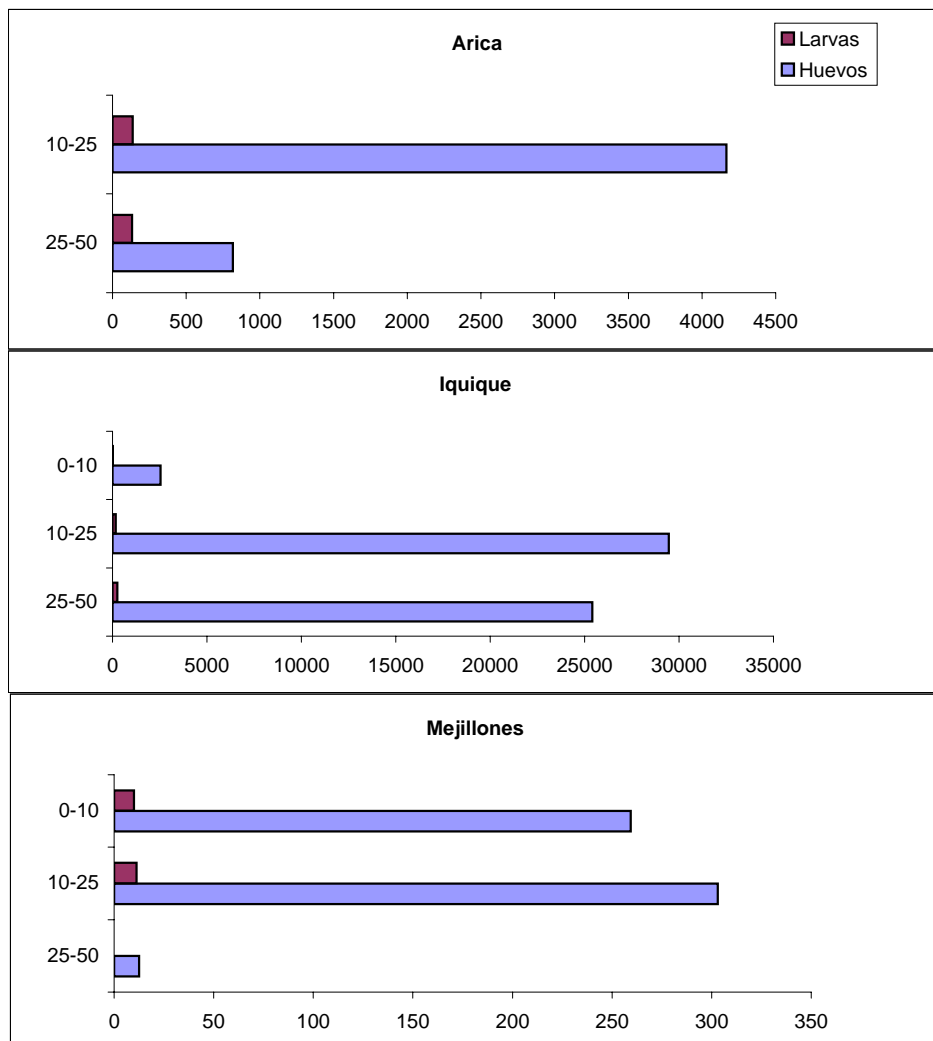


Figura 134. Distribución y abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta en los diferentes estratos de profundidad para el período mayo - diciembre de 2004 en las estaciones fijas de monitoreo.



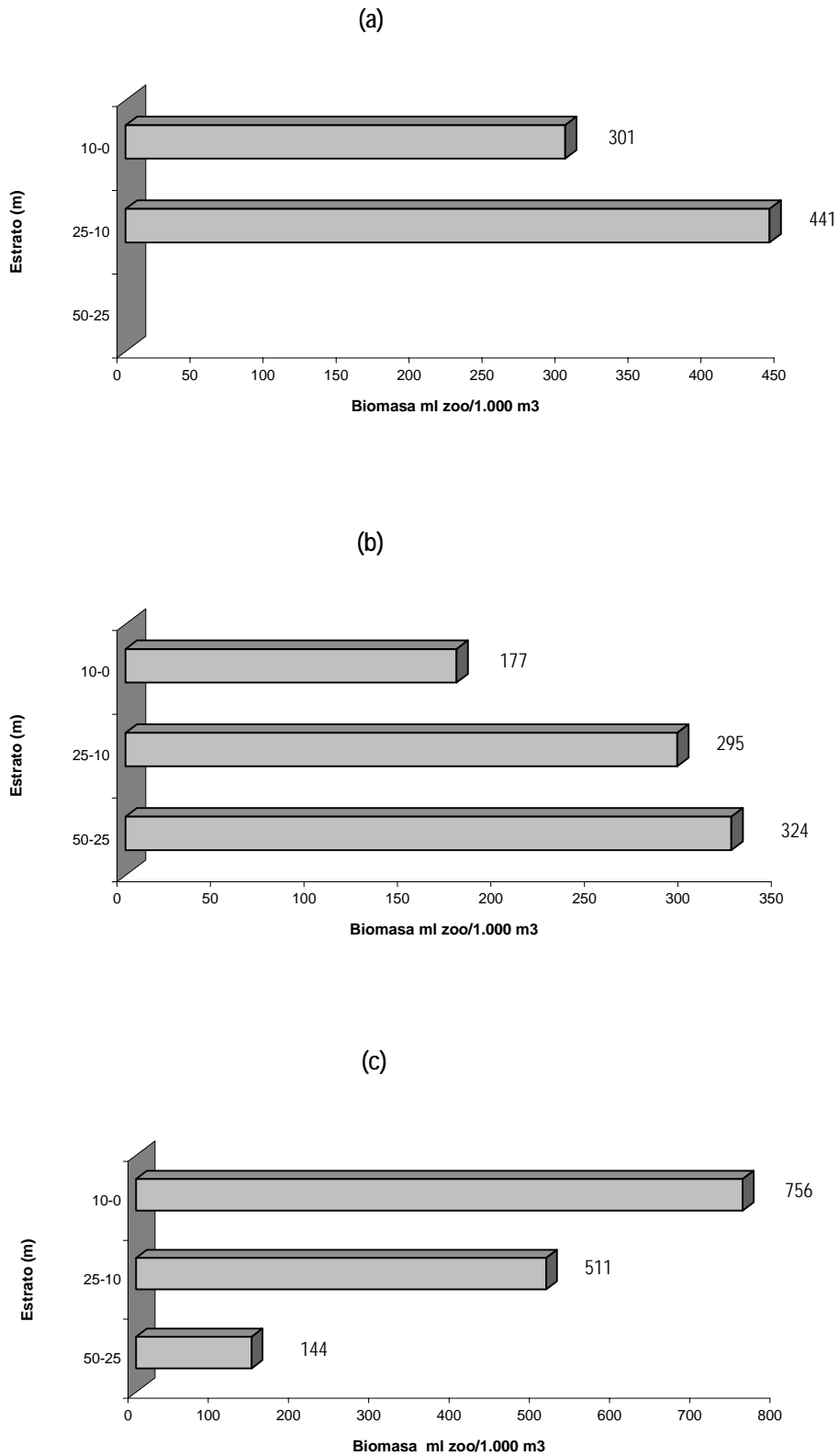


Figura 135. Distribución y valores de la biomasa zooplanctónica promedio por estrato de profundidad en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y (c) Mejillones para el período mayo - diciembre de 2004.

# T A B L A S

---

Tabla N° 1

Detalle de la información con que se calculó los promedios mensuales históricos de temperatura y salinidad para las transectas 1,3,5,7 y 9. Los datos para la estación de otoño se calcularon sólo con estaciones realizadas en el mes de junio y los de invierno con los de agosto-septiembre, según la fecha de realización de la transecta.

<b>PERIODO</b>	<b>OTONO</b>			<b>INVIERNO</b>				
<b>datos / transectas</b>	<b>T1</b>	<b>T 3</b>	<b>T5</b>	<b>T 1</b>	<b>T 3</b>	<b>T 5</b>	<b>T 7</b>	<b>T 9</b>
<b>cruceros</b>	16	21	22	16	20	21	11	6
<b>estaciones</b>	116	351	140	321	410	355	129	92
<b>datos temperatura reales</b>	1029	2144	1014	2171	2539	1951	1054	754
<b>datos temperatura interpolados</b>	360	424	478	531	182	550	252	311
<b>datos salinidad reales</b>	1029	2144	1014	2173	2539	1954	1054	755
<b>datos salinidad interpolados</b>	361	431	478	532	182	553	253	311

Tabla N° 2  
Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0406 - 469(2)04 CP.

N° EST	FECHA		HORA				LAT		LONG		RED CÓDIGO	MALLA	PROF. ECOS.	FLUJÓMETRO		ALADO MIN	VIRADO MIN	CABLE ARR.	ÁNG.	TEMP(°C) 0m	SALINI. 0m	PRESIÓN EMP.AIRE			SECCHI	OLAS ALT.	VIENTO DIR.		NUBES TIP. CAN.			
	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	COD.				N°FIN.	SEG							SEG	ATMOSF.	SECA			HÚMEDA	DIR.	DIR.	VEL.	TIP.	CAN.
1	'04	6	15	13	30	22	34,0	70	20,0	03	297	290	A06	751	1	45	1	23	100	26	14,766	34,618	11	16	14,5		0,5	220	45	3,9	sc	8
2	'04	6	15	15	15	22	48,0	70	21,5	03	297	114	A06	610	1	24	1	15	100	8	15,879	34,646	12	16	14		0,5	220	45	6,2	sc	8
3	'04	6	16	17	32	23	7,5	70	38,0	03	297	810	A06	685	1	23	1	33	100	6	15,974	34,699	11,5	17	15		0,5	220	0	5,5	sc	8
4	'04	6	16	20	5	23	27,8	70	40,5	03	297	645	A06	571	1	39	1	20	100	9			11,5	17	15		0,5	230	45	4,5	sc	8
5	'04	6	16	0	9	23	40,0	70	26,0	03	297	837	A06	543	1	14	0	57	75	15	15,003	34,654	12,5	18	14,5	5	0,5	230	150	7,2	sc	8
6	'04	6	16	4	50	23	40,0	70	30,0	03	297	142	A06	609	1	28	1	17	100	9	14,689	34,618	12,5	18	15	5,5	0,5	230	220	7,2	st	6
7	'04	6	16	9	17	23	40,0	70	35,5	03	297	455	A06	668	1	34	1	38	100	12	14,830	34,554	11,5	18	16	10	0,5	220	220	3,3	sc	6
8	'04	6	16	12	47	23	40,0	70	46,0	03	297	2500	A06	604	1	40	1	34	100	21	15,694	34,603	10	18	14	20	0,5	220	220	2,7	sc	6
9	'04	6	16	15	48	23	40,0	71	8,0	03	297	3500	A06	688	1	40	1	21	100	25	16,498	34,755	10	15,5	15		0,5	220	160	4,8	sc	8
10	'04	6	16	10	21	23	40,0	71	40,0	03	297	5000	A06	604	1	48	1	36	100	19	17,354	34,912	11	16,5	15		0,5	220	160	6	sc	4
11	'04	6	16	22	32	23	40,0	72	12,7	03	297	4300	A06	665	1	45	1	40	100	11	16,803	34,760	11	16,5	15		0,5	220	150	7,7	sc	4
12	'04	6	17	8	36	23	20,0	72	10,0	03	297	4000	A06	640	1	19	0	59	100	21	17,167	34,849	11	17	15	21	0,5	200	160	10,3	sc	6
13	'04	6	17	11	58	23	0,0	72	7,7	03	297	4000	A06	662	1	35	1	11	100	18	17,211	34,844	11	18	16	19	1,5	200	160	11,4	sc	6
14	'04	6	17	15	41	22	40,0	72	4,7	03	297	4000	A06	676	1	39	1	19	100	21	16,927	34,751	9	18	16	16	1,5	190	190	11,2	sc	8
15	'04	6	17	19	1	22	20,0	72	2,0	03	297	4000	A06	612	1	32	1	14	100	16	17,347	34,848	9	18	16		0,5	220	210	16,3	sc	8
16	'04	6	18	0	28	22	20,0	71	30,2	03	297	5000	A06	638	1	32	1	34	100	9	16,970	34,804	9	18	16		0,5	220	210	3,5	sc	8
17	'04	6	18	5	0	22	20,0	70	57,7	03	297	5000	A06	678	1	33	1	22	100	9	17,037	34,885	11	18	16		0,5	220	20	4,5	sc	8
18	'04	6	18	8	41	22	20,0	70	36,5	03	297	2500	A06	620	1	20	1	14	100	9	17,961	34,974	9	17	15	12	0,5	220	40	9,7	sc	8
19	'04	6	18	11	7	22	20,0	70	25,7	03	297	833	A06	670	1	16	1	13	100	11	16,657	34,778	9	17	15	15	0,5	220	45	13,2	sc	6
20	'04	6	18	12	52	22	20,0	70	20,4	03	297	382	A06	625	1	32	1	35	100	9	16,743	34,789	11	19,5	16,5	12	0,5	220	330	2,8	st	6
21	'04	6	18	14	16	22	20,0	70	16,3	03	297	114	A06	750	1	29	1	30	100	34	16,240	34,658	11	19,5	16,5	13	0,5	220	0	4,3	st	6
22	'04	6	18	19	15	22	20,0	70	15,0	03	297	226	A06	600	1	50	1	29	100	23	17,288	34,836	11	17,5	15,5		0,5	220	330	1,9	st	6
23	'04	6	18	22	20	21	40,0	70	12,5	03	297	121	A06	579	1	49	1	21	100	9	15,975	34,664	11	17,5	15,5		0,5	220	330	8,9	st	6
24	'04	6	19	1	18	21	20,0	70	8,7	03	297	90	A06	632	1	20	1	17	80	39	16,523	34,682	12	15,5	14,5		0,5	210	60	3,8	sc	8
25	'04	6	19	4	12	21	0,00	70	11,5	03	297	77	A06	415	1	6	0	58	70	4	15,460	34,809	13	16	14		0,5	220	60	11	sc	8
26	'04	6	19	5	23	21	0,00	70	15,4	03	297	95	A06	589	1	17	1	17	80	3	15,519	34,741	13	16	14		0,5	220	70	8,2	sc	8
27	'04	6	19	6	41	21	0,00	70	20,5	03	297	108	A06	720	1	53	1	11	100	44	15,800	34,618	13	16	14		0,5	220	70	6,6	sc	8
28	'04	6	19	8	46	21	0,00	70	31,2	03	297	765	A06	621	1	17	1	8	100	2	16,163	34,685	13	16,5	15		0,5	220	60	2	sc	8
29	'04	6	19	12	25	21	0,00	70	52,5	03	297	3000	A06	520	1	33	1	17	100	8	18,064	35,074	15	19	17	17	0,5	220	60	7,6	sc	8
30	'04	6	19	17	13	21	0,00	71	24,0	03	297	5000	A06	600	1	29	1	13	100	6	17,885	35,007	13	18	16	13	1	230	180	9,4	sc	8
31	'04	6	19	22	8	21	0,00	71	56,3	03	297	5000	A06	690	1	46	1	13	100	17	17,993	35,076	13,5	18	16		1	230	180	9,3	sc	8
32	'04	6	20	3	13	20	48,00	71	29,8	03	297	5000	A06	650	1	32	1	31	100	14	18,300	35,148	15	17,5	15,5		1	230	150	7	sc	8
33	'04	6	20	7	36	20	45,00	71	3,0	03	297	3000	A06	663	1	17	1	2	100	15	17,911	35,023	14,5	18	16		1	230	150	7,2	sc	8
34	'04	6	20	12	7	20	23,00	70	36,0	03	297	1010	A06	730	1	27	1	12	100	16	17,944	35,078	15	19,5	17		1	230	110	2	st	4
35	'04	6	20	20	48	19	40,00	70	11,4	03	297	74	A06	425	0	53	0	35	65	25	16,061	34,869	11,5	17,5	16		1,5	220	210	6	sc	6
36	'04	6	20	21	59	19	40,00	70	15,6	03	297	250	A06	588	1	28	1	35	100	3	17,008	34,915	11,5	17,5	16		1,5	220	210	5,1	sc	6
37	'04	6	20	23	41	19	40,00	70	21,0	03	297	673	A06	643	1	34	1	20	100	13	17,268	34,944	11,5	17,5	16		1,5	220	210	7,5	sc	6
38	'04	6	21	1	57	19	40,00	70	31,5	03	297	802	A06	620	1	36	1	14	100	10	18,097	35,088	10	17	15,5		1,5	220	200	7,5	sc	6
39	'04	6	21	5	22	19	40,00	70	52,0	03	297	2200	A06	609	1	38	1	15	100	11	17,990	35,052	9	16,5	15		1,5	220	150	7,5	sc	8
40	'04	6	21	10	31	19	40,00	71	25,0	03	297	5000	A06	695	1	26	1	5	100	17	17,899	35,113	11	16,5	15	17	1,5	220	200	12	sc	6
41	'04	6	21	15	13	19	40,00	71	56,0	03	297	5000	A06	654	1	38	1	17	100	18	17,653	34,989	10	18	16	10	1,75	220	180	8	sc	8
42	'04	6	21	18	37	19	21,50	71	57,4	03	297	5000	A06	640	1	38	1	7	100	7	18,402	35,121	11	17,5	16		1,75	220	180	5,6	sc	8
43	'04	6	21	22	0	19	2,50	71	59,4	03	297	5000	A06	686	1	45	1	58	100	2	17,525	34,957	11	17	15		1,75	220	180	6,4	sc	8
44	'04	6	22	1	34	18	44,00	72	2,0	03	297	6000	A06	685	1	55	1	21	100	7	17,785	35,065	13	16,5	15		1,75	220	190	10,5	sc	2
45	'04	6	22	4	43	18	25,00	72	4,0	03	297	5000	A06	325	1	58	1	25	100	10	17,475	35,071	11	17	15,5		1,5	220	180	7,2	sc	8
46	'04	6	22	9	34	18	25,00	71	32,5	03	297	5000	A06	618	1	31	1	11	100	19	17,650	35,068	12	17,5	15	9	1,5	220	180	11,2	sc	8
47	'04	6	22	14	11	18	25,00	71	1,0	03	297	1023	A06	635	1	47	1	28	100	21	18,123	35,076	12	17,5	15	10	1,5	220	130	4,6	sc	8

Tabla N° 3  
 Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0408 - Invierno 2004.

N° EST	FECHA AA MM DD	HORA HH MM	LAT GR MIN	LONG GR MIN	PROF. ECOS. M	RED CÓDIGO	MALLA	FLUJÓMETRO COD.	CALADO N°FIN.	VIRADO MIN	CABLE MIN	TEMP(°C) 0m	SALINI. 0m	PRESION ATMOSF. (hpa)	DISTANCIA COSTA	TEMPAIRE			LOCALIDAD	SECCHI	OLAS		VIENTO		TIEMPO PRESENTE	VISIBILIDAD	NUBES TIP CAN.														
																SECA	HÚMEDA	TRANSECTA			ALT.	DIR.	DIR.	VEL.																	
1	04	8	22	17	13	32	7,9	71	34,2	126	03	297	A07	1335	3	8	1	32	100	55	13,376	34,210	1016,0	1	14,0	12,0	12	Pichidangui	13	220	2,0	180	19,0	desp	20	sn	0				
2	04	8	22	18	36	32	8,0	71	38,0	248	03	297	A07	1095	1	55	4	100	36	13,310	34,196	1016,0	5	14,0	12,0	12						220	2,0	180	20,0	desp	10	sn	0		
3	04	8	22	20	31	32	8,0	71	43,8	554	03	297	A07	1290	2	35	1	32	100	46	13,624	34,161	1017,0	10	14,0	12,0	12						220	3,0	180	22,3	desp	10	sn	0	
4	04	8	22	23	46	32	8,0	71	55,5	2030	03	297	A07	1335	3	27	1	35	100	39	13,165	34,210	1017,0	20	14,0	12,0	12						220	4,0	180	24,5	desp	10	sn	0	
5	04	8	24	1	48	30	0,0	71	26,9	220	03	297	A07	859	1	42	1	32	100	32	12,939	34,397	1008,0	1	13,0	12,0	10	Punta Saliente		240	3,0	0	18,2	parc	10	sc	5				
6	04	8	24	2	50	30	0,0	71	30,6	475	03	297	A07	1035	2	52	1	28	100	50	12,917	34,375	1008,0	5	13,0	12,0	10						240	3,0	0	18,0	parc	10	sc	5	
7	04	8	24	4	29	30	0,0	71	35,6	685	03	297	A07	795	2	10	1	17	100	36	12,861	34,390	1009,0	10	13,5	12,0	10						240	3,0	0	16,0	parc	10	sc	5	
8	04	8	24	6	47	30	0,0	71	48,0	9999	03	297	A07	780	1	42	1	13	100	21	13,039	34,397	1009,0	20	13,5	12,0	10						240	3,0	0	8,6	parc	10	sc	5	
9	04	8	24	10	29	30	0,0	72	11,0	9999	03	297	A07	643	1	43	1	21	100	3	13,046	34,402	1013,0	40	13,5	14,0	10						220	1,5	0	5,1	nub	10	sn	0	
10	04	8	24	23	31	29	0,0	73	24,0	9999	03	297	A07	690	1	45	1	32	100	18	13,650	34,367	1013,5	100	14,0	12,0	9						220	2,0	0	8,2	cub	10	sc	8	
11	04	8	25	4	25	29	0,0	72	50,0	9999	03	297	A07	660	1	46	1	18	100	13	13,981	34,387	1013,5	70	14,0	13,5	9	Caleta Inglesa		220	2,0	0	3,5	cub	10	sc	8				
12	04	8	25	9	19	29	0,0	72	16,0	9999	03	297	A07	661	1	31	1	6	100	21	14,703	34,455	1015,0	40	15,5	14,0	9		17	220	2,0	0	6,5	cub	10	sc	8				
13	04	8	25	12	39	29	0,0	71	53,5	9999	03	297	A07	668	1	58	1	18	100	9	14,867	34,489	1015,0	20	17,0	15,0	9		26	220	1,5	60	4,2	parc	10	sc	6				
14	04	8	25	14	32	29	0,0	71	42,6	9999	03	297	A07	735	1	56	1	36	100	21	15,122	34,465	1014,0	10	17,0	15,5	9		18	220	1,5	60	2,5	parc	10	st	6				
15	04	8	25	16	0	29	0,0	71	37,0	680	03	297	A07	602	1	44	1	10	100	29	15,356	34,466	1014,0	5	18,5	17,0	9		17	220	1,5	60	3,5	cub	10	sc	8				
16	04	8	25	17	8	29	0,0	71	33,0	100	03	297	A07	625	1	43	1	21	100	34	15,420	34,492	1014,0	40	15,5	14,5	8		27	220	0,5	60	2,5	cub	10	sc	7				
17	04	8	26	4	0	27	40,0	71	3,8	187	03	297	A07	600	2	8	1	36	100	4	13,579	34,686	1014,5	1	13,5	13,0	8	Bahia Salada		220	1,0	90	1,0	parc	10	sc	2				
18	04	8	26	5	7	27	40,0	71	8,1	890	03	297	A07	640	1	53	1	26	100	4	13,340	34,709	1013,5	5	13,5	13,0	8						220	1,0	90	6,0	parc	10	sc	2	
19	04	8	26	6	26	27	40,0	71	13,5	1430	03	297	A07	662	1	49	1	2	100	12	13,318	34,474	1013,5	10	13,5	13,0	8						220	1,0	90	7,2	parc	10	sc	2	
20	04	8	26	8	31	27	40,0	71	24,5	9999	03	297	A07	621	1	31	1	9	100	36	14,771	34,539	1014,0	20	13,5	13,0	8						21	220	1,0	90	4,7	parc	10	sc	2
21	04	8	26	12	2	27	40,0	71	47,0	9999	03	297	A07	665	1	54	1	25	100	11	15,442	34,592	1014,0	40	15,0	13,5	8						19	220	1,0	90	7,3	parc	10	sc	2
22	04	8	26	16	35	27	40,0	72	20,1	9999	03	297	A07	625	1	43	1	21	100	34	15,379	34,492	1014,5	24	15,0	14,5	8						24	220	1,0	90	8,7	parc	10	sc	8
23	04	8	26	21	21	27	40,0	72	54,0	9999	03	297	A07	640	1	46	1	17	100	6	15,579	34,567	1014,5	100	15,5	14,5	8						220	1,0	90	7,9	parc	10	sc	2	
24	04	8	28	6	34	26	0,0	70	39,8	109	03	297	A07	620	2	2	1	7	90	14	14,493	34,549	1012,0	1	14,0	13,5	7						220	1,0	240	10,2	nub	10	sc	6	
25	04	8	28	7	34	26	0,0	70	42,8	193	03	297	A07	670	1	36	1	23	100	15	14,931	34,579	1012,5	5	14,0	13,5	7						9	220	1,0	240	14,6	nub	10	sc	6
26	04	8	28	8	55	26	0,0	70	48,4	475	03	297	A07	680	2	0	1	36	100	28	15,129	34,603	1012,5	10	14,0	13,5	7						11	220	2,0	240	15,1	parc	10	sc	5
27	04	8	28	11	28	26	0,0	70	59,5	9999	03	297	A07	750	2	12	1	27	100	30	14,960	34,606	1012,5	20	14,0	13,5	7						12	220	2,0	240	16,0	parc	10	sc	5
28	04	8	28	14	12	26	0,0	71	21,7	9999	03	297	A07	790	2	21	1	42	100	31	15,274	34,765	1011,0	40	15,0	14,5	7						12	220	2,5	180	13,2	cub	10	sc	8
29	04	8	28	20	54	26	0,0	71	43,5	9999	03	297	A07	790	1	52	1	20	100	9	16,485	34,783	1010,5	60	15,5	14,5	7						220	1,5	160	6,2	parc	10	sc	4	
30	04	8	31	18	32	25	0,0	70	30,0	86	03	297	A07	730	2	22	1	44	70	15	15,355	34,614	1011,0	1	22,0	21,0	6	Rada Paposos		220	0,5	220	7,3	parc	10	sc	6				
31	04	9	3	0	13	25	0,0	70	33,7	541	03	297	A07	610	1	48	1	30	100	7	16,319	34,694	1011,0	5	15,5	12,0	6						220	0,5	330	9,8	cub	10	sc	8	
32	04	9	3	1	42	25	0,0	70	38,5	817	03	297	A07	755	1	46	1	41	100	26	16,228	34,699	1011,0	10	15,5	12,0	6						220	0,5	320	10,9	parc	10	sc	8	
33	04	9	3	4	10	25	0,0	70	49,5	9999	03	297	A07	630	2	5	1	46	100	5	16,392	34,741	1011,0	20	15,0	12,5	6						220	0,5	320	11,5	parc	10	sc	7	
34	04	9	3	8	11,7	25	9999	03	297	A07	677	1	28	1	42	100	13	16,982	34,662	1012,0	40	14,5	12,5	6						10	220	0,5	320	7,2	parc	10	sc	7			
35	04	9	3	14	16	25	0,0	71	44,5	9999	03	297	A07	655	1	41	1	39	100	9	16,014	34,647	1012,0	70	17,0	14,0	6						12	220	0,5	320	6,7	parc	10	sc	6
36	04	9	3	19	13	25	0,0	72	17,5	9999	03	297	A07	790	1	59	2	2	100	10	16,762	34,783	1012,0	100	17,5	16,0	6	Bahia Moreno		220	0,5	320	6,7	parc	10	sc	6				
37	04	9	7	18	40	23	40,0	70	25,8	85	03	297	A07	590	1	8	1	4	70	20	16,007	34,766	1012,0	1	18,0	16,5	5						3	220	1,5	220	11,2	parc	10	sc	6
38	04	9	7	11	23	40,0	70	30,0	142	03	297	A07	707	2	4	1	35	100	8	15,737	34,768	1011,5	5	14,5	13,0	5						6	220	1,5	220	11,7	parc	10	sc	6	
39	04	9	7	1	23	40,0	70	35,5	1963	03	297	A07	635	1	44	1	35	100	8	15,805	34,683	1013,5	6	14,5	13,0	5						6	220	1,5	220	11,5	parc	10	sc	6	
40	04	9	7	12	15	23	40,0	70	46,2	9999	03	297	A07	920	2	40	1	32	100	27	14,606	34,545	1013,5	20	14,5	13,0	5						13	220	2,0	180	15,5	parc	10	st	4
41	04	9	9	23	34																																				

**Tabla N°4 Tasa de flujo bomba de huevos y volúmenes de agua filtrada por la red CalVET y sistema CUFES.**

	<i>Otoño 2004</i>	<i>Invierno 2004</i>
Tasa de Flujo bomba	608 L/m ( 0,608m <sup>3</sup> )	938 L/m ( 0,938m <sup>3</sup> )
Velocidad de crucero	8 nudos	7 nudos
Volumen agua filtrado red CalVET	3,38 ± 0,35m <sup>3</sup>	3,48 ± 0,10m <sup>3</sup>
Volumen agua filtrado sistema CUFES	0,857 m <sup>3</sup>	2,035 m <sup>3</sup>

**Tabla 5**  
Categorías por densidad

<b>Categoría</b>	<b>Intervalo (t/mn<sup>2</sup>)</b>	<b>Calificación de densidad</b>
I	1 - 75	Muy baja
II	76 - 150	Baja
III	151 - 300	Densa
IV	301 - >	Muy densa

**Tabla N° 6**

Valores máximos y mínimos de las principales variables monitoreadas en el crucero MOBIO 0604. Otoño 2004

VARIABLE OBSERVADA	MAXIMO						MINIMO					
	VALOR	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	TRANS	D.COST (mn)	VALOR	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	TRANS	D.COST (mn)
Temperatura superficial (°C)	18,40	42	19 ° 21 'S	71 ° 57 'W	inter 4-5	100	14,69	6	23 ° 40 'S	70 ° 30 'W	1	5
Salinidad superficial (psu)	35,15	32	20 ° 48 'S	71 ° 30 'W	inter 3-4	72	34,55	7	23 ° 40 'S	70 ° 36 'W	1	10
Densidad superficial(sigma-t)	25,79	51	18 ° 25 'S	70 ° 22 'W	5	1	25,26	48	18 ° 25 'S	70 ° 40 'W	5	20
Anomalía de temperatura sup. (°C)	0,54	18	22 ° 20 'S	70 ° 36 'W	2	20	-3,054	16	22 ° 20 'S	71 ° 30 'W	2	70
Anomalía de salinidad sup. (psu)	0,05	38	19 ° 40 'S	70 ° 32 'W	4	20	-0,524	14	22 ° 40 'S	72 ° 5 'W	inter 1-2	100
Prof. Isoterma de 15°C (m)	56	16	22 ° 20 'S	71 ° 30 'W	2	70	0	1-6-7				
Anomalía prof. Isoterma de 15°C (m)	-2	48	18 ° 25 'S	70 ° 40 'W	5	20	-57	1	22 ° 34 'S	70 ° 20 'W	inter 2-1	3
Oxígeno disuelto superficial(mL/L)	6,74	3	23 ° 8 'S	70 ° 38 'W	inter 2-1	4	4,22	54	19 ° 22 'S	70 ° 20 'W	inter 5-4	5
Espesor de la capa de mezcla (m)	36	15	22 ° 20 'S	72 ° 2 'W	2	100	0	2,7,8,20a24,34,iq	(*)			
Profundidad final termoclina (m)	63	16	22 ° 20 'S	71 ° 30 'W	2	70	9	9	23 ° 40 'S	71 ° 1 'W	1	40
Temperatura final termoclina (°C)	17,52	42	19 ° 21 'S	71 ° 57 'W	inter 4-5	100	13,53	11	23 ° 40 'S	72 ° 13 'W	1	100
Espesor de la termoclina (m)	18	49	18 ° 25 'S	70 ° 30 'W	5	10	0	1,3,5,6,7	(*)			
Gradiente promedio termoclina (°C/m)	0,33	33	20 ° 35 'S	71 ° 3 'W	inter 3-4	48	0,11	51	18 ° 25 'S	70 ° 22 'W	5	1
Prof. gradiente. máximo de la termocl (m)	55	11	23 ° 40 'S	72 ° 13 'W	1	100	8	2-9	(*)			
Máximo gradiente termoclina (°C/m)	0,69	46	18 ° 25 'S	71 ° 33 'W	5	70	0,11	27	21 ° 0 'S	70 ° 21 'W	3	10
Profundidad de inicio de la capa de mínimo OD	119	11	23 ° 40 'S	72 ° 13 'W	1	100	9	36	19 ° 40 'S	70 ° 16 'W	4	5

(\*) = ver posición de estaciones en Tabla N°1



**Tabla N° 7**  
**Valores máximos y mínimos de las principales variables monitoreadas en el crucero MOBIO 0804. Invierno 2004**

VARIABLE OBSERVADA	MAXIMO						MINIMO					
	VALOR	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	TRANS	D.COST (mn)	VALOR	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	TRANS	D.COST (mn)
Temperatura superficial (°C)	19,175	81	19°00'S	72°03'W	inter T4-T5	60	12,839	5	30°00'S	71°27'W	T10	1
Salinidad superficial (psu)	35,087	68	20°50'S	71°36'W	inter T3-T4	80	34,161	3	32°08'S	71°44'W	T11	10
Densidad superficial(sigma-t)	26,173	46	23°10'S	70°36'W	inter T1-T2	1	25,038	83	18°40'S	71°23'W	inter T4-T5	60
Anomalía de temperatura sup. (°C)	1,57	81	19°00'S	72°03'W	inter T4-T5	60	-1,91	46	23°10'S	70°36'W	inter T1-T2	1
Anomalía de salinidad sup. (psu)	0,11	56	22°20'S	71°32'W	T2	70	-0,42	55	22°20'S	70°60'W	T2	40
Prof. Isoterma de 15°C (m)	79	22	27°40'S	72°20'W	T8	70	0	25-27 (*)				
Anomalía prof. Isoterma de 15°C (m)	34,407	33	25°00'S	70°49'W	T6	20	-38,7	54	22°20'S	70°38'W	T2	20
Oxígeno disuelto superficial(mL/L)	8,28	1	32°08'S	71°34'W	T11	1	2,47	46	23°10'S	70°36'W	inter T1-T2	1
Espesor de la capa de mezcla (m)	41	4	32°08'S	71°56'W	T11	20	0	(**)				
Profundidad final termoclina (m)	104	23	27°40'S	72°54'W	T8	100	7	50-71 (*)				
Temperatura final termoclina (°C)	16,11	67	21°00'S	71°57'W	T3	100	12,04	1	32°08'S	71°34'W	T11	1
Espesor de la termoclina (m)	24	87	18°25'S	70°41'W	T5	20	0	(**)				
Gradiente promedio termoclina (°C/m)	0,31	67	21°00'S	71°57'W	T3	100	0	(**)				
Prof. gradiente. máximo de la termocl (m)	103	23	27°40'S	72°54'W	T8	100	2	62	21°20'S	70°08'W	inter T2-T3	1
Máximo gradiente termoclina (°C/m)	0,93	90	18°25'S	70°21'W	T5	1	0	(**)				
Profundidad de inicio de la capa de mínimo OD	256	23	27°40'S	72°54'W	T8	100	16	62-82 (*)				

(\*) = ver posición de estaciones en Tabla N°1

(\*\*) = varias estaciones en el crucero

**Tabla 8**

Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, y las correspondientes profundidades del 10% y 1% de penetración de luz en Otoño de 2004.

N° Tran	N° Est	Dcost (mn)	Hora	Secchi (m)	10%	1%	capa de mezcla (m)
1	5	1	09:47	5,0	6,0	14,0	2
1	6	5	11:08	5,5	7,0	17,0	2
1	7	10	12:38	10,0	12,50	29,50	0
1	8	20	15:00	20,0	25,50	58,00	0
inter 1-2	12	100	08:36	21,0	27,00	62,00	23
inter 1-2	13	100	11:58	19,0	24,00	55,00	13
inter 1-2	14	100	15:41	16,0	20,00	47,00	13
2	18	20	08:41	12,0	14,50	35,00	19
2	19	10	11:07	15,0	19,00	44,00	5
2	20	5	12:52	12,0	14,50	35,00	0
2	21	1	14:16	13,0	17,00	37,50	0
3	29	40	12:25	17,0	22,00	50,00	5
3	30	70	17:13	13,0	17,00	37,50	6
4	40	70	10:31	17,0	22,00	50,00	14
4	41	100	15:13	10,0	12,50	29,50	10
5	46	70	09:34	9,0	12,00	27,00	8
5	47	40	14:11	10,0	12,50	29,50	8

Tabla N° 9. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, las correspondientes profundidades del 10% y 1% de penetración de luz en Invierno de 2004.

N° Tran	N° Est	dcost (mn)	Hora	Secchi (m)	10%	1%	Capa de mezcla (m)
11	1	1	17:13	13,0	17,0	37,5	7
10	9	40	10:29	14,0	18,0	41,0	10
9	12	40	9:19	17,0	22,0	50,0	4
9	13	20	12:39	26,0	32,0	76,0	0
9	14	10	14:32	18,0	23,0	53,0	0
9	15	5	16:00	17,0	22,0	50,0	0
9	16	1	17:08	27,0	33,0	79,0	2
8	20	20	8:31	21,0	27,0	62,0	2
8	21	40	0:28	19,0	24,0	55,0	0
8	22	70	16:35	24,0	30,0	70,0	0
7	25	5	7:34	9,0	12,0	27,0	9
7	26	10	8:55	11,0	14,0	32,0	7
7	27	20	11:28	12,0	14,5	35,0	13
7	28	40	16:12	12,0	14,5	35,0	14
6	34	40	8:31	10,0	12,5	29,5	12
6	35	70	14:16	12,0	14,5	35,0	4
1	38	5	7:11	3,0	4,0	9,0	0
1	39	10	9:01	6,0	7,5	17,5	3
1	40	20	12:15	13,0	17,0	37,5	4
1	42	70	6:39	7,0	9,0	21,0	39
1	43	100	12:05	12,0	14,5	35,0	13
t1 - t2	44	1	6:41	6,0	7,5	17,5	0
t1 - t2	46	1	10:49	12,0	14,5	35,0	2
t1 - t2	47	100	7:58	12,0	14,5	35,0	11
t1 - t1	49	60	14:27	12,0	14,5	35,0	0
2	51	1	17:17	3,0	4,0	9,0	0
2	56	70	11:35	19,0	24,0	55,0	2
2	57	100	16:43	13,5	17,5	39,0	0
t2 - t3	58	1	12:17	2,0	2,5	6,0	0
3	60	1	7:53	7,0	9,0	21,0	0
3	61	5	9:09	4,0	5,0	12,0	0
t4 - t3	62	1	9:55	4,0	5,0	12,0	0
3	66	70	11:46	10,0	12,5	29,5	0
3	67	100	17:49	9,0	12,0	27,0	3
t3 - t2	69	45	13:31	15,0	19,0	44,0	2
4	74	20	7:13	5,0	6,0	14,0	0
4	75	40	11:58	12,0	14,5	35,0	0
t4 - t5	81	100	13:37	13,0	17,0	37,5	0
t4 - t5	82	1	8:10	4,0	5,0	12,0	0
5	86	40	10:30	7,0	9,0	21,0	0
5	87	20	14:55	7,0	9,0	21,0	0

**Tabla 10**

Parámetros estimados, tamaño de muestra, valor del estadístico y p-value de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para el análisis distribucional de la variable clorofila total. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área de Arica-Bahía Moreno.

Hipótesis distribucional	Variable	Parámetros		Tamaño de muestra	Estadístico	P-value
		meanlog	sdlog			
Lognormal	cloat	0.2242	1.093	42	0.173	> 0,142

**Tabla 11**

Selección paso a paso de un modelo de efectos principales a partir de un modelo nulo, basado en el criterio de información de Akaike. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área de Arica-Bahía Moreno.

Paso	Modelo	AIC
-	log.cloat ~ Inter (nulo)	50,15 **
1	log.cloat ~ Inter + s(temp,1)	38.87
	log.cloat ~ Inter + s(sal,1)	44.70
	log.cloat ~ Inter + s(oxi,1)	52.11
	log.cloat ~ Inter + s(Dsec,1)	21,88 *
	log.cloat ~ Inter + estación	51.29
2	log.cloat ~ Inter + s(temp,1)+s(Dsec,1)	21.58
	log.cloat ~ Inter + s(sal,1)+s(Dsec,1)	22.50
	log.cloat ~ Inter + s(oxi,1)+s(Dsec,1)	22.87
	log.cloat ~ Inter + s(Dsec,2)	19,32 *
	log.cloat ~ Inter + s(Dsec,1) + estación	19.85
3	log.cloat ~ Inter + s(temp,1)+s(Dsec,2)	20.16
	log.cloat ~ Inter + s(sal,1)+s(Dsec,2)	20.91
	log.cloat ~ Inter + s(oxi,1)+s(Dsec,2)	20.22
	log.cloat ~ Inter + s(Dsec,3)	20,33 *
	log.cloat ~ Inter + s(Dsec,2) + estación	17,19 *
4	log.cloat ~ Inter + s(sal,1)+s(Dsec,2) + estación	17.53
	log.cloat ~ Inter + s(oxi,1)+s(Dsec,2) + estación	19.34
	log.cloat ~ Inter + s(Dsec,2) + estación	17.20
	log.cloat ~ Inter + s(temp,1)+s(Dsec,2) + estación	16,71 *
5	log.cloat ~ Inter + s(temp,2)+s(Dsec,2) + estación	18.84
	log.cloat ~ Inter + s(temp,1)+s(sal,1)+s(Dsec,2) + estación	18.89
	log.cloat ~ Inter + s(temp,1)+s(oxi,1)+s(Dsec,2) + estación	19.05
	log.cloat ~ Inter + s(temp,1)+s(Dsec,1) + estación	18.64
	log.cloat ~ Inter + s(temp,1)+s(Dsec,3) + estación	17.78

\* : Ajuste seleccionado a través del criterio de información de Akaike, basado en la logverosimilitud y en la cantidad de parámetros del modelo.

\*\* : Modelo básico.

**Tabla 12**

Análisis de devianza de los modelos aditivos generalizados para los efectos principales, ajustados a la concentración de clorofila total. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área de Arica-Bahía Moreno.

(a)

Modelo	Devianza	% Reducción devianza
log.cloa <sub>t</sub> ~ Inter (nulo)	49.02	-
log.cloa <sub>t</sub> ~ Inter + s(dsecchi) + estación	8.72	82.2%
log.cloa <sub>t</sub> ~ Inter + s(dsecchi) + s(temp) + estación	6.12	87.5%

(b)

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Estación	1			
s(TEMP)	1	1,9	1,36	0,272
s(SALI)	1	1,9	1,44	0,254
s(OXI)	1	1,9	1,47	0,248
s(DSECCHI)	1	1,9	8,77	< 0,01

Devianza modelo nulo	48,016 sobre 41 grados de libertad
Devianza residual	4,8037 sobre 28,38 grados de libertad
Parámetro de dispersión	0,11293
Pseudo R2	0,90

(c)

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Estación	1			
s(DSECCHI)	1	1,0	18,01	< 0,01

Devianza modelo nulo	49,02 sobre 41 grados de libertad
Devianza residual	8,72 sobre 38,036 grados de libertad
Parámetro de dispersión	0,1727
Pseudo R2	0,822

**Tabla 13**

Resumen de parámetros estimados para los distintos modelos que relacionan la concentración de clorofila total y la profundidad del disco secchi, por estación. Cruceros realizados en otoño e invierno de 2004, área de Arica-Bahía Moreno.

		Parámetros estimados (error estándar)						
Modelo ajustado		$\alpha$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\sigma^2$	$R^2$	F
Otoño	$CLOAT = \alpha \cdot \exp(\beta_1 \cdot DS)$	2,269 (0,299) **	-0,165 (0,021) **			0.16	0.80	59,34 **
	$CLOAT = \alpha \cdot \exp(\beta_1 \cdot DS + \beta_2 \cdot DS^2)$	4,476 (0,379) **	-0,549 (0,061) **	0,015 (0,002) **		0.04	0.95	129 **
	$CLOAT = \alpha \cdot \exp(\beta_1 \cdot DS + \beta_2 \cdot DS^2 + \beta_3 \cdot DS^3)$	6,517 (0,7081) **	-1,148 (0,1949) **	0,066 (0,0164) **	-0,001 (0,0004) **	0.03	0.97	145 **
	$CLOAT = \alpha \cdot DS^{\beta_1}$	5,202 (0,38) **	-2,036 (0,149) **			0.06	0.93	185,66 **
	$CLOAT = \alpha \cdot DS^{(\beta_1 + \beta_2 \cdot \log(DS))}$	10,275 (1,186) **	-6,502 (1,024) **	0,95 (0,217) **		0.03	0.97	214,98 **
Invierno	$CLOAT = \alpha \cdot \exp(\beta_1 \cdot DS)$	2,287 (0,318) **	-0,227 (0,033) **			0.51	0.68	48,2 **
	$CLOAT = \alpha \cdot \exp(\beta_1 \cdot DS + \beta_2 \cdot DS^2)$	3,105 (0,556) **	-0,449 (0,13) *	0,012 (0,007)		0.47	0.72	27,83 **
	$CLOAT = \alpha \cdot \exp(\beta_1 \cdot DS + \beta_2 \cdot DS^2 + \beta_3 \cdot DS^3)$	2,578 (1,073) *	-0,23 (0,402)	-0,012 (0,042)	0,001 (0,001)	0.48	0.72	18,1 **
	$CLOAT = \alpha \cdot DS^{\beta_1}$	3,768 (0,512) **	-1,716 (0,244) **			0.50	0.68	49,25 **
	$CLOAT = \alpha \cdot DS^{(\beta_1 + \beta_2 \cdot \log(DS))}$	2,071 (1,369)	0,307 (1,536)	-0,541 (0,406)		0.49	0.71	26,35 **

\*\* : p-value menor a 0,001

\* : p-value menor a 0,05

( ) : errores estándar asociado a la estimación

Tabla N° 14

DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIAS NUMERICA DE HUEVOS DE PECES CRUCEROS TRIMESTRALES MOBIO 2004.

ESPECIE	CRUCERO	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE HUEVOS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIAS NUMERICA %		
Sardinops sagax	OTOÑO	2	573	11	287	3,7	0,9	54	67306
	INVIERNO	3	129	1	43	3,3	0,0	90	840677
	TOTAL	5	702	5	140	3,5	0,1	144	907983
Engraulis ringens	OTOÑO	13	47550	881	3658	24,1	70,6		
	INVIERNO	47	823824	9154	17528	52,2	98,0		
	TOTAL	60	871374	6051	14523	41,7	96,0		
Trachurus murphyi	OTOÑO	0	0						
	INVIERNO	13	2184	24	168	14,4	0,3		
	TOTAL	13	2184	15	168	9,0	0,2		
Scomber japonicus	OTOÑO	0	0						
	INVIERNO	0	0						
	TOTAL	0	0						
Otras especies	OTOÑO	35	19184	355	548	64,8	28,5		
	INVIERNO	61	14539	162	238	67,8	1,7		
	TOTAL	96	33723	234	351	66,7	3,7		
Total Huevos	OTOÑO	38	67306	1246	1771	70,4	100,0		
	INVIERNO	80	840677	9341	10508	88,9	100,0		
	TOTAL	118	907983	6305	7695	81,9	100,0		

Tabla N° 15

DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMERICA DE LARVAS DE PECES CRUCEROS TRIMESTRALES MOBIO 2004.

ESPECIE	CRUCERO	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE LARVAS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %		
Sardinops sagax	OTOÑO	0	0					<b>54</b>	<b>37691</b>
	INVIERNO	2	68	1	34	2,2	0,1	<b>90</b>	<b>126173</b>
	TOTAL	2	68	0	34	1,4	0,0	<b>144</b>	<b>163864</b>
Engraulis ringens	OTOÑO	29	12811	237	442	53,7	34,0		
	INVIERNO	85	94595	1051	1113	94,4	75,0		
	TOTAL	114	107406	746	942	79,2	65,5		
Trachurus murphyi	OTOÑO	0	0						
	INVIERNO	5	269	3	54	5,6	0,2		
	TOTAL	5	269	2	54	3,5	0,2		
Scomber japonicus	OTOÑO	0	0						
	INVIERNO	0	0						
	TOTAL	0	0						
Otras especies	OTOÑO	50	24880	461	498	92,6	66,0		
	INVIERNO	85	33241	369	391	94,4	26,3		
	TOTAL	135	58121	404	431	93,8	35,5		
Total Larvas	OTOÑO	53	37691	698	711	98,1	100,0		
	INVIERNO	90	126173	1402	1402	100,0	100,0		
	TOTAL	143	163864	1138	1146	99,3	100,0		



Tabla N° 16 Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros trimestrales Otoño e Invierno de 2004.

Huevos	Otoño 2004	Invierno 2004	Otoño	Invierno
N°Total Estaciones	54	90	67306	840677
N° Estaciones positivas	13	47		
Abundancia (H/10m <sup>2</sup> )	47550	823824		
Mínimo Est (+)	38	29		
Máximo Est (+)	23073	333433		
Std.Dev Est (+)	6672,28	53055,61		
Media Est. Positivas	3658	17528		
Media Est. Totales)	881	9154		
Constancia	24,07	52,22		
Dominancia numérica	70,65	98,00		
CV(%)	1,82	3,03		
Larvas	Otoño 2004	Invierno 2004	Otoño	Invierno
N°Total Estaciones	54	90	37691	126173
N° Estaciones positivas	29	85		
Abundancia (L/10m <sup>2</sup> )	12811	94595		
Mínimo Est (+)	34	20		
Máximo Est (+)	2993	10320		
Std.Dev Est (+)	731,2	2038,58		
Media Est. Positivas	442	1113		
Media Est. Totales)	237	1051		
Constancia	53,70	94,44		
Dominancia numérica	33,90	74,97		
CV(%)	1,66	1,83		

Tabla N° 17 Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros estacionales MOBIO.

	Verano 2003		Otoño 2003		Invierno 2003		Primavera 2003		Verano 2004		Otoño 2004		Invierno 2004	
	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
<b>Media Est. Totales</b>	8632	1990	1630	338	10691	3301	2102	205	1460	303	881	237	15115	1547
<b>V(media Est totales)</b>	35835195,1	939057,0	1406427,5	26887,7	23967048,21	1867911,98	1305299,09	5112,03	907697,91	12975,27	232804,18	6146,18	45974497,36	97622,1
<b>CV(%)</b>	69,00%	49,00%	73,00%	49,00%	46,00%	41,00%	54,00%	35,00%	65,00%	38,00%	55,00%	33,00%	45,00%	20,00%
<b>Media D. Delta</b>	16461,09	2415,78	2407,03	382,78	14455,55	4459,2	2309,6	36,4	145,0	30,3	25989,6	751,1	71178,8	2010,16
<b>V(Media D. Delta)</b>	213290926,3	2890359,4	3891568,1	50408,0	18416620,7	2568872,51	593166,7	33,04	2893,7	21,93	119097620,90	21054,7	1491881901,01	442588,07
<b>CV(%)</b>	89,00%	70,00%	81,90%	58,60%	29,68%	35,94%	33,00%	15,70%	37,00%	15,40%	41,00%	19,00%	54,00%	33,00%

**Tabla18** Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de sardina, *Sardinops sagax*. Cruceros trimestrales Otoño e Invierno de 2004.

Huevos	Otoño 2004	Invierno 2004	Otoño	67306
			Invierno	840677
N°Total Estaciones	54	90		
N° Estaciones positivas	2	3		
Abundancia (H/10m <sup>2</sup> )	573	129		
Mínimo Est (+)	36	26		
Máximo Est (+)	537	65		
Std.Dev Est (+)	353,92	19,91		
Media Est. Positivas	286	43		
Media Est. Totales)	11	1		
Constancia	3,70	3,33		
Dominancia numérica	0,85	0,02		
CV(%)	1,24	0,46		
<hr/>				
Larvas	Otoño 2004	Invierno 2004	Otoño	37691
			Invierno	126173
N°Total Estaciones	54	90		
N° Estaciones positivas	0	2		
Abundancia (L/10m <sup>2</sup> )		68		
Mínimo Est (+)		32		
Máximo Est (+)		36		
Std.Dev Est (+)		2,32		
Media Est. Positivas		34		
Media Est. Totales)		1		
Constancia		2,22		
Dominancia numérica		0,05		
CV(%)		0,07		

Tabla N° 19 Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de jurel, *Trachurus murphyi*. Cruceros trimestrales Otoño e Invierno de 2004.

Huevos	Otoño 2004	Invierno 2004	Otoño	Invierno
N°Total Estaciones	54	90	67306	840677
N° Estaciones positivas	0	13		
Abundancia (H/10m <sup>2</sup> )		2184		
Mínimo Est (+)		19		
Máximo Est (+)		909		
Std.Dev Est (+)		259,63		
Media Est. Positivas		168		
Media Est. Totales)		24		
Constancia		14,44		
Dominancia numérica		0,26		
CV(%)		1,55		
<hr/>				
Larvas	Otoño 2004	Invierno 2004	Otoño	Invierno
N°Total Estaciones	54	90	37691	126173
N° Estaciones positivas	0	5		
Abundancia (L/10m <sup>2</sup> )		269		
Mínimo Est (+)		19		
Máximo Est (+)		139		
Std.Dev Est (+)		48,06		
Media Est. Positivas		54		
Media Est. Totales)		3		
Constancia		5,56		
Dominancia numérica		0,21		
CV(%)		0,89		

**Tabla 20**

Abundancia de huevos y larvas de anchoveta colectados en la zona Arica – Antofagasta en 3 intervalos de profundidad. Cruceros estacionales MOBIO 2004.

<b>Intervalo de profundidad (m)</b>	<b>N° Huevos/10m<sup>2</sup></b>			<b>N°Larvas/10m<sup>2</sup></b>		
	N(+)	Media	DE	N	Media	DE
<b>Otoño 2004</b>						
0-10	5	1613,3	1248,4	8	136,8	144,7
10-25	7	1420,5	1678,2	6	320,6	544,2
25-50	9	327,2	290,6	9	189,2	259,9
<b>Invierno 2004</b>						
0-10	17	15067,5	48637,1	17	1098,8	2134,5
10-25	16	10508,9	30046,4	16	888,0	1247,8
25-50	15	2093,2	4177,2	13	244,0	338,6

Tabla N° 21  
 Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Otoño 1993/2004

Crucero	Fecha	N	Mínimo	Máximo	Promedio	Sd	CV(%)
1993							
368(2)94AM	16/05 - 25/05	70	16	934	206	188,2	0,91
1995							
390(2)96CP	26/05 - 31/05	35	33	846	285	172,5	0,60
401(2)97CP	25/05 - 31/05	35	33	416	190	105,5	0,55
413(2)98CP	26/05 - 02/06	35	35	1692	268	361,9	1,35
422(2)99CP	20/05 - 31/05	42	44	1495	203	201,1	0,99
431(2)00CP	15/05 - 27/05	41	86	886	326	180,5	0,55
442(2)01CP	20/05 - 31/05	47	84	1233	227	173,6	0,76
452(2)02CP	21/05 - 30/05	47	71	2449	363	397,6	1,09
461(2)03AM	15/05 - 26/05	50	48	3875	459	701,6	1,53
469(2)04CP	15/06 - 21/06	54	84	940	244	144,7	0,59

Tabla N° 22 Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero Zona Arica - Antofagasta.  
Serie Invierno 1993 - 2004.

Crucero	N	Mínimo	Máximo	Promedio	Sd	CV(%)
362(3)93 CP	118	57	1123	249	205,58	0,85
370(3)94 CP	118	14	4002	471	479,35	1,02
383(3)95 CP	118	8	1016	253	178,33	0,71
394(2)96CP	34	79	484	240	103,24	0,43
404(3)97CP	34	61	534	197	95,12	0,48
416(3)98CP	35	47	2551	299	457,50	1,53
425(3)99CP	50	54	701	254	131,60	0,52
436(3)00CP	47	24	354	139	79,18	0,57
447(3)01CP	45	4	552	216	120,60	0,56
456(3)02CP	43	85	1215	375	210,84	0,56
464(3)03CP	53	80	921	304	181,9	0,6
471(3)04CP	54	73	2135	375	330,79	0,88

**Tabla N° 23 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta,  
zona Antofagasta - Arica, en otoño de 1993 - 2004.**

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
93					
94	4,22E+11	1,85E+22	0,0988	1,56E+11	6,89E+11
95					
96	3,65E+11	1,73E+22	0,1221	1,08E+11	6,23E+11
97	4,14E+11	3,67E+22	0,1940	3,87E+10	7,89E+11
98	2,37E+11	2,38E+22	0,3533	-6,50E+10	5,40E+11
99	2,10E+12	2,21E+24	0,4075	-8,20E+11	5,01E+12
00	8,92E+11	1,30E+23	0,1513	1,84E+11	1,60E+12
01	4,62E+12	1,38E+25	0,4995	-2,67E+12	1,19E+13
02	3,02E+12	2,39E+24	0,2327	-1,38E+10	6,05E+12
03	1,16E+12	3,01E+23	0,2019	8,08E+10	2,23E+12
04	7,06E+11	5,95E+22	0,1128	2,28E+11	1,18E+12

**Tabla N° 24 Estimación del índice de abundancia larval para sardina,  
zona Antofagasta - Arica, en otoño de 1993 - 2004.**

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
93					
94	1,50E+10	4,20E+19	0,1711	1,85E+09	2,73E+10
95					
96					
97	3,00E+09	1,05E+19	0,7732	-3,10E+09	9,57E+09
98	1,40E+10	1,28E+20	0,5026	-8,38E+09	3,60E+10
99	4,90E+10	5,67E+20	0,2120	2,13E+09	9,55E+10
00	8,40E+10	7,13E+21	0,6984	-8,10E+10	2,50E+11
01	2,00E+09	5,80E+18	0,8961	-2,31E+09	7,13E+09
02					
03	2,50E+10	5,16E+20	0,6019	-1,96E+10	6,94E+10
04					



Tabla N° 25 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en invierno de 1984 - 2004.

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
84	1,61E+11	2,15E+21	0,0797	7,00E+10	2,52E+11
85	2,16E+13	6,29E+25	0,1265	6,05E+12	3,72E+13
86	6,40E+12	1,36E+24	0,0327	4,11E+12	8,68E+12
87	1,68E+12	2,11E+23	0,0721	7,80E+11	2,58E+12
88	4,19E+12	5,96E+23	0,0334	2,77E+12	5,61E+12
89	8,86E+12	8,33E+24	0,1009	3,54E+12	1,42E+13
90	3,15E+12	1,21E+24	0,1151	1,00E+12	5,30E+12
91	8,16E+11	3,67E+22	0,0537	4,40E+11	1,19E+12
92	3,29E+12	3,19E+23	0,0290	2,18E+12	4,40E+12
93	8,08E+12	7,04E+23	0,0107	6,44E+12	9,73E+12
94	1,84E+13	1,07E+25	0,0311	1,20E+13	2,48E+13
95	5,09E+12	8,32E+23	0,0316	3,31E+12	6,88E+12
96	5,42E+12	7,03E+24	0,2146	2,21E+11	1,06E+13
97	6,84E+12	4,37E+24	0,0893	2,74E+12	1,09E+12
98	1,20E+12	4,47E+23	0,2703	-1,11E+11	2,51E+12
99	3,62E+12	2,40E+24	0,1682	5,84E+11	6,65E+12
'00	4,18E+12	8,47E+23	0,0473	2,37E+12	5,98E+12
'01	2,47E+12	4,89E+23	0,0771	1,10E+12	3,84E+12
'02	5,72E+12	4,51E+24	0,1291	1,56E+12	9,88E+12
'03	9,28E+12	1,27E+25	0,1376	2,30E+12	1,63E+13
'04	5,23E+12	1,07E+24	0,0384	3,21E+12	7,26E+12

Tabla N° 26 Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en invierno de 1983 - 2004.

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
83	1,74E+12	3,92E+23	0,1218	5,13E+11	2,97E+12
84	6,08E+11	2,77E+11	0,0000	2,81E+11	9,34E+11
85	2,43E+11	7,71E+21	0,1227	7,05E+10	4,15E+11
86	8,40E+11	5,56E+22	0,0758	3,77E+11	1,30E+12
87	6,38E+11	1,41E+23	0,2974	-9,76E+10	1,37E+12
88	5,22E+11	2,19E+22	0,0773	2,32E+11	8,12E+11
89	3,03E+11	9,61E+21	0,0996	1,11E+11	4,95E+11
90	2,34E+11	5,46E+21	0,0951	8,97E+10	3,79E+11
91	4,60E+10	8,73E+20	0,3454	-1,17E+10	1,04E+11
92	1,70E+11	1,34E+21	0,0453	9,82E+10	2,41E+11
93	1,07E+11	2,08E+21	0,1669	1,76E+10	1,96E+11
94	1,24E+11	2,08E+21	0,1269	3,43E+10	2,13E+11
95	4,90E+10	1,96E+20	0,0785	2,15E+10	7,64E+10
96	2,00E+10	1,93E+20	0,3937	-7,29E+09	4,72E+10
97	3,30E+10	5,83E+20	0,4288	-1,40E+10	8,06E+10
98	2,90E+10	4,17E+20	0,4027	-1,09E+10	6,91E+10
99	1,58E+11	1,47E+22	0,4630	-7,91E+10	3,96E+11
'00	5,10E+10	1,72E+21	0,5076	-3,06E+10	1,32E+11
'01	1,82E+11	1,67E+22	0,4082	-7,14E+10	4,35E+11
'02	-	-	-	-	-
'03	-	-	-	-	-
'04	4,00E+09	8,62E+18	0,431	-1,56E+09	9,95E+09

Tabla N° 27

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de sardina, anchoveta y jurel.  
 Area Comparativa: Antofagasta - Coquimbo 0 - 100m.n.  
 Invierno: 1983 - 2004

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	0	0	0	0,0	0,0
Engraulis ringens	1983	0	0	0	0	0,0	0,0
	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	0	0	0	0,0	0,0
	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
Trachurus murphy	1983	0	0	0	0	0,0	0,0
	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

Tabla N° 28

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de sardina, anchoveta y jurel.  
 Area Comparativa: Antofagasta - Coquimbo 0 - 100m.n.  
 Invierno: 1983 - 2004

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	0	0	0	0,0	0,0
Engraulis ringens	1983	0	0	0	0	0,0	0,0
	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	0	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
Trachurus murphy	1983	0	0	0	0	0,0	0,0
	1984	0	0	0	0	0,0	0,0
	1986	0	0	0	0	0,0	0,0
	1987	5	504	12	101	11,6	1,3
	1991	0	0	0	0	0,0	0,0
	1993	5	303	3	61	5,3	0,6
	1994	28	2866	25	102	24,3	1,6
	1995	0	0	0	0	0,0	0,0
	2004	0	0	0	0	0,0	0,0

**Tabla 29**

Síntesis anual 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 otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.

	Año										Promedio historico
	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Estaciones	70	35	35	33	42	41	47	47	50	53	45
Est. sin huevos	58	27	28	31	38	38	38	35	42	40	38
Est. con huevos	12	8	7	2	4	3	9	12	8	13	8
Densidad media de huevos/10 m <sup>2</sup>	1003	6176	1332	8794	760	312	5706	8260	10189	3658	4619
Est. sin larvas	44	18	22	26	16	21	25	33	38	25	27
Est. con larvas	26	17	13	7	26	20	22	14	12	28	19
Densidad media de larvas/10 m <sup>2</sup>	443	251	289	392	1046	723	3381	4755	1407	456	1314

**Tabla 30**

Resumen de estadísticas descriptivas anuales para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial, densidad zooplanctónica y densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.

		Año										Promedio historico
		1994	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Longitud (° W)	Mínimo	70,12	70,19	70,19	70,19	70,17	70,18	70,13	70,19	70,14	70,15	70,16
	Máximo	72,38	72,22	72,22	72,22	72,22	73,87	72,22	72,20	72,24	72,21	72,40
	Rango	2,26	2,03	2,03	2,03	2,05	3,68	2,09	2,02	2,10	2,07	2,24
	Media	70,90	70,89	70,89	70,88	70,87	71,00	71,01	71,01	70,99	70,93	70,94
	Mediana	70,68	70,61	70,61	70,61	70,60	70,61	70,77	70,77	70,67	70,61	70,65
	Desv. típ.	0,63	0,63	0,63	0,61	0,66	0,88	0,71	0,70	0,70	0,69	0,69
Latitud (° S)	Mínimo	18,42	18,40	18,42	18,42	18,42	18,62	18,42	18,42	18,42	18,42	18,43
	Máximo	23,67	23,67	23,67	23,67	23,67	23,67	23,67	23,67	23,67	23,67	23,67
	Rango	5,25	5,27	5,25	5,25	5,25	5,05	5,25	5,25	5,25	5,25	5,23
	Media	21,04	20,98	21,02	21,06	20,97	21,01	21,03	21,03	21,16	21,02	21,03
	Mediana	21,05	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
	Desv. típ.	1,69	1,92	1,89	1,93	1,84	1,61	1,79	1,79	1,81	1,80	1,81
Temperatura superficial (° C)	Mínimo	15,86	15,03	17,95	16,53	14,55	14,14	14,10	15,00	14,42	14,69	15,23
	Máximo	20,60	19,53	22,35	21,41	20,31	20,73	20,70	20,99	21,05	18,40	20,61
	Rango	4,74	4,50	4,40	4,88	5,76	6,59	6,60	5,99	6,63	3,71	5,38
	Media	18,66	17,37	20,77	19,11	17,90	17,46	17,76	18,48	17,93	16,84	18,23
	Mediana	18,79	17,30	21,08	19,22	18,35	17,12	17,79	19,00	18,22	16,99	18,38
	Desv. típ.	1,26	1,31	1,10	1,47	1,65	2,20	1,84	1,67	1,89	1,03	1,54
Salinidad superficial (psu)	Mínimo	34,52	34,47	34,74	34,72	34,57	34,45	34,45	34,53	34,54	34,55	34,56
	Máximo	35,35	35,17	35,26	35,57	35,30	35,24	35,37	35,27	35,31	35,15	35,30
	Rango	0,83	0,70	0,52	0,85	0,73	0,79	0,92	0,73	0,77	0,59	0,74
	Media	34,94	34,90	35,03	35,09	34,89	34,85	34,87	34,87	34,89	34,87	34,92
	Mediana	34,94	34,89	35,03	35,04	34,88	34,79	34,81	34,84	34,85	34,87	34,89
	Desv. típ.	0,19	0,16	0,13	0,25	0,20	0,23	0,22	0,19	0,21	0,16	0,20
Densidad zooplacton (mm/1000 m <sup>3</sup> )	Mínimo	16	33	33	35	44	86	84	71	48	84	53
	Máximo	934	846	416	1.692	630	886	1.243	2.449	3.875	940	1.391
	Rango	918	813	383	1.656	586	799	1.159	2.378	3.828	857	1.338
	Media	206	285	190	260	189	374	228	363	459	242	280
	Mediana	159	271	174	157	171	339	199	242	270	206	219
	Desv. típ.	188	172	106	348	115	192	175	398	702	145	254
Densidad de huevos/10 m <sup>2</sup>	Mínimo	21	33	26	718	75	30	42	53	35	38	107
	Máximo	4.356	47.798	6.751	16.871	1.599	846	22.475	53.782	58.507	23.073	23.606
	Rango	4.335	47.765	6.725	16.153	1.524	816	22.432	53.729	58.472	23.035	23.499
	Media	1.003	6.176	1.332	8.794	760	312	5.706	8.260	10.189	3.658	4.619
	Mediana	155	298	621	8.794	683	59	882	337	3.470	817	1.612
	Desv. típ.	1.505	16.819	2.416	11.422	705	463	9.444	15.749	19.814	6.672	8.501
Densidad de larvas/10 m <sup>2</sup>	Mínimo	34	31	29	43	23	27	32	59	36	34	35
	Máximo	2.662	1.139	1.510	1.937	20.155	4.253	60.789	26.219	6.802	2.993	12.846
	Rango	2.628	1.108	1.482	1.894	20.132	4.226	60.757	26.160	6.765	2.959	12.811
	Media	443	251	289	392	1.046	723	3.381	4.755	1.407	456	1.314
	Mediana	153	151	61	110	51	232	178	378	641	169	212
	Desv. típ.	667	329	446	686	3.943	1.194	12.850	8.062	2.085	741	3.100

**Tabla 31**

Parámetros estimados, tamaño de muestra, valor del estadístico y p-value de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para el análisis distribucional de la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.

Hipotesis distribucional	Densidad	Parametros		Tamaño de muestra	Estadístico	P-value
		meanlog	sdlog			
Lognormal	Huevos	6,3069	2,193	78	0,100	0,41 *
Lognormal	Larvas	5,2496	1,507	182	0,096	0,07 *

\* : p-value mayor a 0,05, no rechazo Ho

**Tabla 32**

Análisis de devianza de los modelos aditivos generalizados para los efectos principales, ajustados a la presencia/ausencia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceos realizados en otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región.

Modelo binomial presencia/ausencia de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Año	9			
s(Lat)	1	1,9	34,75	0,000
s(Lon)	1	2,1	3,12	0,044
s(TSM)	1	2,0	4,51	0,012
s(Sal)	1	1,9	19,40	0,000
s(Bio)	1	1,9	5,33	0,006

Devianza modelo nulo	63,8 sobre 448 grados de libertad
Devianza residual	30,15 sobre 424,25 grados de libertad
Parámetro de dispersión	0,0522
Pseudo R2	0,53

Modelo binomial presencia/ausencia de larvas

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Año	9			
s(Lat)	1	1,8	8,02	0,001
s(Lon)	1	1,9	6,80	0,001
s(TSM)	1	2,0	4,36	0,014
s(Sal)	1	2,0	1,15	0,318
s(Bio)	1	1,9	1,72	0,182

Devianza modelo nulo	108,4 sobre 448 grados de libertad
Devianza residual	58,46 sobre 424,4 grados de libertad
Parámetro de dispersión	0,118
Pseudo R2	0,46

**Tabla 33**

Análisis de devianza de los modelos aditivos generalizados para los efectos principales, ajustados al logaritmo de la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en otoño en el período 1994 a 2004, I y II Región

Densidad de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Año	9			
s(Lat)	1	2,0	2,50	0,092
s(Lon)	1	2,0	2,52	0,091
s(TSM)	1	2,0	0,60	0,549
s(Sal)	1	2,0	2,69	0,077
s(Bio)	1	2,0	0,91	0,409

Devianza modelo nulo	370,16 sobre 76 grados de libertad
Devianza residual	188,16 sobre 52,06 grados de libertad
Parámetro de dispersión	3,275
Pseudo R2	0,49

Densidad de larvas

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Año	9			
s(Lat)	1	2,0	2,74	0,069
s(Lon)	1	2,0	8,05	0,000
s(TSM)	1	2,0	1,99	0,140
s(Sal)	1	2,0	3,76	0,026
s(Bio)	1	2,0	1,72	0,183

Devianza modelo nulo	489,2 sobre 184 grados de libertad
Devianza residual	267,2 sobre 160,1 grados de libertad
Parámetro de dispersión	1,44
Pseudo R2	0,46



**Tabla 34**

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 en invierno, desde los años 1993 a 2004.

Hipótesis distribucional lognormal	n	Estad.(ks)	P.Value
Densidad de Huevos	289	0,08039	0,05
Densidad de Larvas	624	0,03869	0,31

**Tabla 35**

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, en la estación de invierno.

	AÑO												Promedio Histórico
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Estaciones	83	116	118	34	34	35	49	47	60	59	52	54	62
Estac. sin huevos	35	56	69	25	20	33	40	27	49	35	33	28	38
Estac. con huevos	48	60	49	9	14	2	9	20	11	24	19	26	24
Densidad media de huevos / 10 m <sup>2</sup>	2355,6	6149,8	3476,5	5123,6	3086,8	404,0	431,7	2564,2	5521,5	4649,5	3433,3	4424,7	3468,4
Estac. sin larvas	5	11	5	1	0	15	16	8	32	11	11	0	10
Estac. con larvas	78	105	113	33	34	20	33	39	28	48	41	54	52
Densidad media de larvas / 10 m <sup>2</sup>	2486,1	4480,4	1503,0	1572,3	1780,0	550,7	1503,1	1493,9	1825,3	2289,1	2731,4	1547,5	1980,2

**Tabla 36**

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, en la estación de invierno.

		Año											Promedio histórico	
		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003		2004
Longitud (° W)	Min	70,12	70,12	70,12	70,18	70,19	70,18	70,17	70,13	70,19	70,14	70,11	70,13	70,15
	Max	72,16	72,22	72,39	72,07	72,22	72,04	72,09	72,08	72,07	73,60	72,22	72,22	72,28
	Range	2,04	2,10	2,27	1,88	2,03	1,86	1,93	1,94	1,87	3,46	2,11	2,09	2,13
	Mean	70,84	70,82	70,86	70,88	70,86	70,63	70,68	70,81	70,71	70,97	70,79	70,88	70,81
	Median	70,59	70,60	70,61	70,62	70,60	70,42	70,50	70,59	70,51	70,67	70,53	70,61	70,57
	S.D.	0,61	0,60	0,62	0,59	0,61	0,50	0,57	0,59	0,57	0,77	0,60	0,64	0,61
Latitud (° S)	Min	18,38	18,40	18,40	18,42	18,42	18,42	18,42	18,42	18,42	18,42	18,42	18,42	18,41
	Max	23,67	23,67	23,67	23,67	23,67	22,33	23,67	23,67	24,33	24,33	23,67	23,67	23,67
	Range	5,29	5,27	5,27	5,25	5,25	3,92	5,25	5,25	5,92	5,92	5,25	5,25	5,26
	Mean	20,11	20,88	20,98	20,90	21,02	20,35	20,73	20,81	20,91	21,27	21,44	21,06	20,87
	Median	20,00	20,67	21,00	21,00	21,00	19,67	21,00	21,00	21,00	21,00	21,67	21,00	20,83
	S.D.	1,17	1,63	1,63	1,87	1,92	1,56	1,65	1,71	1,97	2,00	1,75	1,83	1,72
Temperatura superficial (° C)	Min	15,22	14,13	13,39	13,96	17,51	14,07	14,85	14,63	13,92	14,468	14,049	13,356	14,46
	Max	18,71	17,58	17,18	16,68	20,55	18,16	18,42	17,51	17,74	17,776	17,539	19,175	18,09
	Range	3,49	3,45	3,79	2,72	3,04	4,09	3,57	2,88	3,82	3,308	3,49	5,819	3,62
	Mean	17,08	16,43	15,61	15,75	19,31	15,67	16,83	16,32	16,20	16,45	15,91	16,60	16,51
	Median	17,12	16,55	15,62	15,73	19,49	15,35	16,82	16,41	16,28	16,49	15,82	16,52	16,52
	S.D.	0,73	0,72	0,86	0,63	0,78	1,17	0,96	0,71	0,96	0,80	0,92	1,36	0,88
Salinidad superficial (psu)	Min	34,91	34,74	34,51	34,37	34,76	34,62	34,66	34,56	34,58	34,63	34,68	34,50	34,63
	Max	35,38	35,22	35,06	34,91	35,26	35,27	35,17	35,00	35,07	35,18	35,10	35,09	35,14
	Range	0,472	0,482	0,552	0,541	0,505	0,645	0,515	0,440	0,488	0,548	0,418	0,588	0,516
	Mean	35,13	34,94	34,82	34,74	35,15	34,82	34,83	34,82	34,81	34,89	34,83	34,85	34,88
	Median	35,10	34,92	34,85	34,77	35,19	34,80	34,78	34,84	34,79	34,88	34,82	34,84	34,88
	S.D.	0,15	0,10	0,12	0,13	0,12	0,15	0,13	0,12	0,13	0,14	0,11	0,13	0,13
Densidad de huevos/10 m <sup>2</sup>	Min	23	28	27	67	26	30	30	25	43	42	31	38	34
	Max	12232	31247	29490	29539	15525	778	1268	11357	30369	25036	23103	31894	20153
	Range	12209	31219	29463	29472	15499	748	1238	11332	30326	24994	23072	31856	20119
	Mean	2356	6150	3476	5124	3087	404	432	2564	5522	4650	3433	4425	3468
	Median	895	1235	747	1265	900	404	134	506	85	1650	538	1009	780
	S.D.	2980	8328	6281	9473	4503	529	515	3724	11343	6513	6067	8048	5692
Densidad de larvas/10 m <sup>2</sup>	Min	35	2	28	20	55	21	31	35	32	38	37	20	30
	Max	9443	28334	15447	19916	17614	5005	18737	12047	8592	30801	29124	10320	17115
	Range	9408	28332	15419	19896	17559	4984	18706	12012	8560	30763	29087	10300	17086
	Mean	2486	4480	1503	1572	1780	551	1503	1494	1825	2289	2731	1547	1980
	Median	1805	2801	528	371	550	114	254	1015	735	520	617	529	820
	S.D.	2369	5364	2786	4181	3369	1260	3599	2066	2339	5149	6034	2296	3401

**Tabla 37**

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 en invierno, desde los años 1993 a 2004.

Modelo binomial presencia/ausencia de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Año	11			
s(Lat)	1	2,0	5,49	0,004
s(Lon)	1	1,9	5,03	0,008
s(TSM)	1	2,0	1,91	0,149
s(Sal)	1	2,0	4,61	0,011
Devianza modelo nulo	172 sobre 715 grados de libertad			
Devianza residual	145 sobre 692 grados de libertad			
Parámetro de dispersión	0,209			
Pseudo R2	0,16			

Modelo binomial presencia/ausencia de larvas

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Año	3			
s(Lat)	1	1,9	4,90	0,009
s(Lon)	1	1,9	5,20	0,007
s(TSM)	1	1,9	0,76	0,463
s(Sal)	1	1,8	1,53	0,219
Devianza modelo nulo	94,7 sobre 650 grados de libertad			
Devianza residual	53,9 sobre 629 grados de libertad			
Parámetro de dispersión	0,086			
Pseudo R2	0,43			

**Tabla 38**

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 en invierno, desde los años 1993 a 2004.

## Densidad de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Año	11			
s(Lat)	1	2,0	5,15	0,006
s(Lon)	1	2,0	0,48	0,616
s(TSM)	1	2,0	1,02	0,362
s(Sal)	1	2,0	3,77	0,025

Devianza modelo nulo	1190,319 sobre 288 grados de libertad
Devianza residual	977,542 sobre 265,03 grados de libertad
Parámetro de dispersión	3,544
Pseudo R2	0,1788

## Densidad de larvas

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Año	11			
s(Lat)	1	2,0	2,71	0,068
s(Lon)	1	2,0	5,02	0,007
s(TSM)	1	2,0	1,06	0,345
s(Sal)	1	2,0	5,28	0,006

Devianza modelo nulo	1835,01 sobre 623 grados de libertad
Devianza residual	1363,5 sobre 600,09 grados de libertad
Parámetro de dispersión	2,03
Pseudo R2	0,257

**Tabla 39**  
Resultados históricos de las calibraciones del sistema acústico  
EK-500 del B/C Carlos Porter, en 38 Khz.

Fecha	Lugar	TS transducer Gain			Sv Transducer gain		
		Corto	Medio	Largo	Corto	Medio	Largo
09.06.92	Mejillones	27.2	28.3	28.4	27.3	28.3	28.3
07.09.92	Mejillones	27.2	28.2	28.3	27.3	27.9	28.5
10.08.94	Lag. Verde	27.1	28.1	28.1	27.4	27.8	28.1
19.08.94	Mejillones	27.4	28.2	28.4	27.3	28.2	28.6
06.08.95	Mejillones	27.1	28.1	28.3	27.2	28.1	28.4
01.06.96	Mejillones	27.2	28.2	28.3	27.2	28.2	28.4
19.03.97	Mejillones	27.2	28.2	28.3	27.2	27.9	28.4
15.08.97	Mejillones	27.1	28.2	28.3	27.2	27.9	28.4
12.12.97	Mejillones	27.2	28.2	28.3	27.3	27.9	28.5
21.05.98	Mejillones	27.3	28.2	28.4	27.4	27.9	28.7
27.08.98	Mejillones	27.3	28.4	28.5	27.3	28.1	28.7
16.09.99	Mejillones	27.3	28.3	28.5	27.5	28.3	28.8
24.02.00	Mejillones	27.3	28.4	28.5	27.4	28.5	28.7
17.05.00	Mejillones	27.3	28.4	28.5	27.3	28.1	28.7
14.09.00	Mejillones		28.18			27.90	
28.02.01	Mejillones	26.87	28.08	28.56	27.09	27.75	28.16
21.05.01	Mejillones	27.01	28.09	28.71	27.26	27.96	28.34
18.09.01	Mejillones	26.77	28.18	28.86	27.26	27.96	28.46
28.02.02	Mejillones		28.00			27.90	
02.10.02	Mejillones	27.07	28.05	28.28	27.34	27.94	27.98
24.09.03	Mej. Norte	26.89	28.26		27.07	27.76	
11.12.03	Mejillones	26.58	27.99	29.26	27.08	28.17	28.81
11.03.04	Mejillones	26.93	28.11	28.57	27.14	27.90	28.10
15.08.04	Mejillones	26.68	28.15	28.76	26.61	27.43	28.42

**Tabla 40**

Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en los cruceros MOBIO 0406 0408 respecto a las variables profundidad, temperatura, salinidad y densidad acústica. El crucero MOBIO 0408 se presenta separado por zonas.

MOBIO 0406

	N	Profundidad (m)				Temperatura (°C)				Salinidad (psu)				Sa				
		$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Máx	Mín	$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Máx	Mín	$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Mín	Máx	$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Máx	Mín	
Arica-Antofagasta	otras	65	30.5	99.0	9.5	334.5	14.3	16.9	12.7	0.7	34.656	0.0130	34.894	34.450	2065	3735134.6	10000	200
	sard	3	16.0	18.5	14.5	4.8	16.8	18.0	14.7	3.1	34.866	0.0499	35.033	34.612	439	237763.0	1000	117
	jurel	121	26.8	69.0	11.5	101.9	15.6	18.0	13.1	2.4	34.775	0.0241	35.049	34.451	3069	22354138.4	38000	42
	anchoveta	250	18.2	49.0	8.5	30.2	15.3	18.0	13.6	1.5	34.773	0.0151	35.051	34.526	4606	104048026.3	78030	80
	caballa	10	20.3	26.5	9.5	23.3	16.2	18.0	14.0	2.6	34.892	0.0103	35.029	34.740	960	929125.3	2729	50
	vici	14	20.0	39.0	14.0	51.7	14.7	15.5	13.7	0.3	34.654	0.0045	34.801	34.508	2011	796753.8	3000	1000
	langostino	6	38.6	41.5	32.5	13.8	14.7	15.6	13.8	0.6	34.669	0.0102	34.759	34.553	4000	5777637.1	7117	1097

MOBIO 0408

	Especie	N	Profundidad (m)				Temperatura (°C)				Salinidad (psu)				Sa			
			$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Máx	Mín	$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Máx	Mín	$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Máx	Mín	$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Máx	Mín
Arica-Antofagasta	Otras	20	35.9	573.3	71.0	11.0	14.90	3.51	18.24	12.78	34.848	0.0129	35.074	34.655	1061	1496846.2	3832	19
	Jurel	745	26.5	72.0	61.5	9.0	15.66	2.83	18.40	12.35	34.876	0.0261	35.089	34.446	182	121237.8	3636	0
	Anchoveta	1422	15.9	25.4	37.5	6.5	15.47	2.02	18.62	12.99	34.834	0.0144	35.096	34.453	1258	7344640.8	35449	0
	Caballa	114	19.9	44.2	44.0	8.5	15.12	2.65	18.10	12.35	34.793	0.0268	35.080	34.453	174	401887.6	6251	0
	Vicinguerra	37	83.4	4410.6	236.5	18.0	14.36	5.25	17.66	11.22	34.846	0.0165	35.060	34.496	1202	1430389.3	4427	1
	Langostino	11	18.9	38.3	34.5	11.5	16.65	0.23	16.96	15.38	34.870	0.0021	34.929	34.768	899	176953.6	1981	390
	Bacaladillo	4	36.0	0.0	36.0	36.0	13.24	0.02	13.31	13.03	34.849	0.0000	34.850	34.847	985	329183.0	1736	423

MOBIO 0408

	Especie	N	Profundidad (m)				Temperatura (°C)				Salinidad (psu)				Sa			
			$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Máx	Mín	$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Máx	Mín	$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Máx	Mín	$\bar{x}$	V ( $\bar{x}$ )	Máx	Mín
Antof-Pichid	Otras	21	8.5	13.1	12.5	4.5	15.76	1.82	16.73	12.81	34.663	0.030	34.787	34.206	74	8780.0	311	1
	Jurel	474	35.6	161.1	85.5	7.0	14.56	1.17	16.74	12.29	34.566	0.015	34.869	34.343	301	216422.0	4152	0
	Anchoveta	95	19.0	240.5	81.0	8.0	14.49	0.83	15.98	12.61	34.558	0.010	34.777	34.195	2485	31720971.4	50577	0
	Caballa	14	18.5	21.6	24.0	7.5	15.25	0.32	16.12	14.45	34.704	0.006	34.779	34.492	49	2060.7	158	0
	Bacaladillo	22	32.2	65.3	41.0	17.0	14.84	1.98	16.39	12.40	34.663	0.009	34.838	34.452	1186	5189606.6	11087	2



**Continuación 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.

		primavera s/1997							Verano s/1998						
		Sardina	Jurel	Anchoveta	Caballa	Linterna	Langostino	Bacaladillo	Sardina	Jurel	Anchoveta	Caballa	Linterna	Langostino	
Sa	$\bar{X}$	4355,01	748,10	1752,25	685,47	3300,20	2795,24	2775,52	1773,53	713,52	1838,29	685,70	930,30	1279,63	
	Máx.	34404	24924	53152	4975	80400	40800	77260	20137,00	23298,00	99812,00	8587,00	9501,00	2365,00	
	Mín.	416,9	3	3	3	11	5	3	27,00	19,00	5,00	5,00	27,00	250,00	
	$S^2(\bar{X})$	42230845,78	3344559,49	16190573,52	1033846,25	78478223,45	33787858,66	46295535,33	8082887,88	2297317,14	20215288,95	1029542,18	2434158,12	448841,13	
	CV	1,49	2,44	2,30	1,48	2,68	2,08	2,45	1,60	2,12	2,45	1,48	1,68	0,52	
Profundidad	$\bar{X}$	16,36	30,29	14,49	16,32	100,89	17,87	130,41	14,66	21,35	12,83	14,77	89,47	43,69	
	Máx.	35	184,5	117	35,5	280,5	57,5	248	35,50	241,50	69,50	62,50	178,00	73,00	
	Mín.	7	7	3,5	7,5	5	4	7,5	6,00	5,00	3,50	3,50	17,50	24,00	
	$S^2(\bar{X})$	32,99	630,31	188,24	49,48	7837,40	88,59	5427,87	41,49	415,55	23,87	71,53	2153,70	216,42	
	CV	0,35	0,83	0,95	0,43	0,88	0,53	0,56	0,44	0,95	0,38	0,57	0,52	0,34	
Temperatura	$\bar{X}$	17,05	15,99	16,07	16,56	14,51	16,17	13,77	18,12	17,25	16,87	17,77	14,70	16,64	
	Máx.	21,3	23,29	22,19	22,63	21,94	19,81	22,11	24,80	25,62	25,49	24,27	28,28	19,73	
	Mín.	14,1	11,8	12,8	13,89	10,81	13,16	11,02	13,69	12,10	12,90	12,97	12,03	14,21	
	$S^2(\bar{X})$	3,269	3,96	2,59	3,72	11,02	2,82	7,79	9,56	8,11	5,78	5,63	8,81	4,27	
	CV	0,11	0,13	0,10	0,12	0,23	0,10	0,20	0,17	0,17	0,14	0,13	0,20	0,12	
Salinidad	$\bar{X}$	34,833	34,776	34,762	34,826	34,781	34,801	34,783	34,745	34,695	34,700	34,692	34,686	34,852	
	Máx.	35,39	35,532	35,491	35,381	35,06	34,934	35,175	35,430	35,488	35,420	35,067	35,746	35,037	
	Mín.	34,509	34,285	34,292	34,429	34,564	34,573	34,403	34,383	34,167	34,362	34,416	34,449	34,761	
	$S^2(\bar{X})$	0,05	0,05	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,042	0,031	0,020	0,013	0,042	0,008	
	CV	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	



**Tabla 42**  
Indices de cobertura (IC) y densidad (ID) por especie y crucero

Crucero	Especie	IC (%)	ID (t/mn <sup>2</sup> )
MOBIO 0406	Anchoveta	11,0	467,1
	Caballa	0,4	121,7
	Sardina española	0,3	55,1
	Jurel	5,2	301,7
MOBIO 0408	Anchoveta	25,6	282,9
	Caballa	1,02	43,4
	Jurel	4,9	36,4

Nota:

Crucero MOBIO 0408, resultados correspondientes a zona Arica-Antofagasta.

Anchoveta: se utilizó un L= 15,0 cm (Arica-Antofagasta )

TS 20 Log L – 73,58 (Castillo et al, 2004)

Peso = 0,007492 L<sup>2,968053</sup> ; R<sup>2</sup>=0,93 (2003).

Jurel : L = 27 cm (ambas zonas)

TS=20,11 Log L-68,67 (Córdova, com. Pers.)

Peso = 0,008085 L<sup>3,081942</sup> , R<sup>2</sup> = 0,96 (2003).

Caballa : L= 30 cm (ambas zonas).

Peso = 0,004233 L<sup>3,305413</sup> , R<sup>2</sup>=0,95 (2003)

**Tabla 43**

Valores de temperatura (°C), salinidad (psu), Oxígeno disuelto (mL/L) y clorofila-a (µg/L) en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones obtenidos desde mayo de 2004 a diciembre de 2004

localidad mes prof	Arica 5-May-04		Iquique 3-May-04		Mejillones 6-May-04		Arica 3-Jun-03		Iquique 4-Jun-03		Mejillones 7-Jun-03		Arica 13-Jul-03		Iquique 7-Jul-03		Mejillones 6-Jul-03		
	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	
0	16.28	34.86	16.15		16.75	34.69	15.95	34.85	15.11	34.84	15.17	34.57	15.32	34.82	15.24	34.79	15.08	34.61	
2	16.15	34.84	16.08	34.74	16.76	34.71	15.97	34.85	15.11	34.83	15.21	34.57	15.25	34.84	15.13	34.83	15.02		
4	16.11	34.86	15.81	34.80	16.34	34.63	15.92	34.86	15.09	34.84	15.05	34.60	15.15	34.84	15.07	34.86	14.71	34.64	
5	16.09	34.88	15.81	34.79	15.98	34.60	15.90	34.86	15.07	34.84	14.89	34.57	15.14	34.85	15.04	34.86	14.67	34.67	
6	16.07	34.84	15.77	34.83	14.83	34.64	15.90	34.86	15.06	34.85	14.72	34.55	15.14	34.85	15.03	34.85	14.62	34.66	
8	15.73	34.83	15.28	34.81	14.62	34.66	15.86	34.85	15.03	34.85	14.54	34.59	15.09	34.86	14.91	34.85	14.56	34.68	
10	14.98		15.08	34.84	14.25	34.73	15.67	34.86	15.00	34.85	14.51	34.61	14.92	34.85	14.71	34.86	14.36	34.69	
15	14.47	34.89	14.60	34.86	14.03	34.73	14.08	34.86	14.60	34.84	14.46	34.64	14.73	34.85	14.50	34.89	14.12	34.65	
20	14.39	34.89	14.43	34.86	13.70	34.76	13.89	34.87	14.26	34.87	14.29	34.71	14.50	34.85	14.28	34.85	13.86	34.72	
25	14.37	34.88	14.38	34.87	13.63	34.75	13.74	34.88	13.94	34.89	14.16	34.72	14.12	34.86	14.22	34.85	13.88	34.72	
30	14.28	34.89	14.15	34.88	13.53	34.77	13.55	34.86	13.91	34.87	14.10	34.71	13.91	34.86	14.15	34.85	13.82	34.74	
35	14.21	34.89	13.77	34.88	13.48	34.79	13.35	34.84	13.80	34.90	13.98	34.73	13.67	34.89	13.96	34.86	13.55	34.72	
40	14.11	34.89	13.76	34.89	13.44	34.84	13.28	34.87	13.79	34.90	13.88	34.73	13.65	34.88	13.88	34.86	13.39	34.74	
45	14.00	34.87	13.71	34.89	13.42	34.82	13.23	34.88	13.77	34.89	13.81	34.75	13.35	34.90	13.74	34.86	13.39	34.75	
50			13.67	34.90	13.48	34.86	13.21	34.90	13.73	34.89	13.77	34.78	13.12	34.91	13.55	34.88	13.34	34.76	
oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
0	3.86	2.60	5.43	13.87	7.20	3.20	6.37	25.31	4.45	3.65	4.67	1.56	5.41	8.61	6.94	1.42	6.91	2.35	
5	1.84	3.77	1.62	7.32	3.39	7.55	5.15	27.73	3.76	6.73	4.55	1.68	4.93	11.68	5.29	2.17	6.44	1.89	
10	1.01	3.93	1.15	5.02	1.51	3.13	0.64	2.14	2.31	4.25	4.42	1.40	4.54	6.90	3.78	0.71	5.22	0.96	
20	0.54	1.07	1.01	1.69	0.69	0.74	0.62	0.33	0.68	0.89	2.86	1.01	1.69	1.88	2.04	0.36	3.7	0.51	
30	0.37	0.22	0.32	0.20	0.54	0.22	0.42	0.22	0.65	0.78	2.04	0.57	0.47	0.73	1.43	0.16	3.28	0.19	
50	0.37		0.49	0.29	0.37	0.15	0.42	0.12	0.43	0.56	1.82	0.26	0.42	0.19	1.24	0.29	1.28	0.07	

localidad mes prof	Arica 2-Ago-03		Iquique 4-Ago-03		Mejillones 31-Jul-03		Arica 4-Sep-03		Iquique 1-Sep-03		Mejillones 7-Sep-03		Arica 10-Oct-03		Iquique		Mejillones 13-Oct-03		
	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	
0	15.09		15.65		15.14		16.54	34.87	16.37	34.77	16.08	34.75	17.42				15.86	34.64	
2	14.89	34.87	15.07	34.83	15.05	34.70	16.54	34.87	16.34		15.88	34.75	17.36	34.84			15.36	34.67	
4	14.68	34.86	14.97	34.85	14.79	34.68	16.24	34.85	15.92	34.79	15.51	34.78	17.15	34.85			15.31	34.68	
5	14.66	34.87	14.78	34.83	14.55	34.69	15.80		15.84	34.81	15.37	34.77	17.04	34.87			15.25	34.69	
6	14.63	34.87	14.73	34.84	14.44	34.72	14.91		15.76	34.80	15.25	34.78	17.00	34.87			15.15	34.69	
8	14.60	34.89	14.68	34.82	14.21	34.73	14.44		14.82	34.79	15.11	34.81	16.14	34.83			14.82	34.64	
10	14.58	34.87	14.58	34.84	14.13	34.76	14.03	34.84	14.73	34.84	14.83	34.77	15.32	34.82			13.90	34.68	
15	14.23	34.89	14.22	34.87	13.76	34.78	13.28	34.89	14.67	34.87	14.01	34.82	14.05	34.82			13.62	34.68	
20	14.00	34.88	14.10	34.86	13.71	34.79	13.16	34.92	14.27	34.87	13.83	34.84	13.83	34.84			13.37	34.69	
25	13.83	34.89	13.94	34.88	13.62	34.81	12.98	34.90	13.99	34.86	13.77	34.84	13.63	34.85			13.35	34.72	
30	13.68	34.89	13.88	34.88	13.53	34.83	12.93	34.89	13.81	34.88	13.55	34.85	13.47	34.86			13.31	34.71	
35	13.58	34.88	13.82	34.88	13.44	34.83	12.83	34.90	13.76	34.89	13.28	34.84	13.30	34.88			13.29	34.72	
40	13.48	34.89	13.81	34.88	13.39	34.83	12.76	34.90	13.75	34.88	13.09	34.87	13.21	34.90			13.21	34.74	
45	13.44	34.90	13.80	34.88	13.37	34.82	12.75	34.89	13.71	34.86	12.99	34.87	13.19	34.89					
50	13.29	34.91	13.69	34.88	13.34	34.83			13.55	34.88	12.95	34.88	13.14	34.90					
oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
0	2.13	0.65	4.69	4.96	6.99	15.52	7.18	3.95	7.57	3.89	6.2	2.58	6.87	3.95			12.57		
5	1.39	0.57	2.4	3.78	4.65	19.59	4.23	9.09	7.25	8.32	5.08	2.24	5.99	10.27			10.62		
10	0.48	0.42	1.38	1.26	1.05	1.14	0.32	3.72	3.73	11.98	2.88	1.05	3.35	1.14			9.20		
20	0.32	0.27	0.31	0.18	0.42	0.24	0.69	0.60	2.99	9.68	1.06	0.40	0.48	0.39			0.86		
30	0.22	0.28	0.37	0.14	0.36	0.15	0.38	0.14	1.17	2.49	0.36	0.20	0.26	0.29			0.26		
50	0.32	0.12	0.43	0.20	0.52	0.15	0.21	0.81	0.88	1.40	0.21	0.10	0.16	0.18			0.29		

Continuación Tabla 43

localidad mes	Arica 12-Nov-03		Iquique 11-Nov-03		Mejillones 16-Nov-03		Arica 3-Dic-03		Iquique 6-Dic-03		Mejillones 4-Dic-03	
	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali
0	17.83	34.78	17.92	34.82	17.41	34.75	19.95	34.72	19.36	34.87	17.44	34.76
2	16.07	34.78	17.32	34.82	17.18	34.75	19.89	34.78	19.29	34.87	17.12	34.76
4	15.34	34.77	16.84	34.82	16.73	34.75	18.37		19.33	34.84	14.94	34.76
5	14.54	34.78	16.57	34.81	16.45	34.75	16.92		19.13	34.84	13.88	34.75
6	14.24	34.78	16.47	34.82	14.82	34.74	16.20	34.74	18.92	34.80	13.50	
8	13.65	34.82	16.39	34.82	13.69	34.73	15.24	34.72	17.79	34.77	13.39	34.73
10	13.51	34.84	16.12	34.81	13.54	34.73	14.82	34.73	17.04	34.78	13.39	34.76
15	13.09	34.86	14.96	34.79	13.39	34.76	14.33	34.77	15.24	34.73	13.37	34.82
20	12.97	34.89	13.88	34.80	13.30	34.77	13.76	34.84	14.42	34.80	13.27	34.84
25	12.89	34.88	13.21	34.88	13.18	34.84	13.75	34.84	14.24	34.77	13.22	34.85
30	12.63	34.88	13.17	34.89	13.13	34.83	13.57	34.84	13.94	34.79	13.16	34.85
35	12.50	34.88	13.14	34.88	13.05	34.85	13.52	34.88	13.64	34.80	13.10	34.86
40	12.45	34.89	13.07	34.89	12.99	34.86	13.50	34.90			13.07	34.87
45	12.33	34.86	12.98	34.89	12.96	34.87	13.43	34.90			13.07	34.87
50	12.10	34.85	12.90	34.88	12.94	34.88	13.22	34.90				
prof	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
0	7.18	2.37	6.41	3.19	5.51	4.60	7.39	0.47	6.6	1.45	5.98	4.84
5	5.67	14.40	4.28	7.55	4.27	7.85	6.81	1.13	6.38	2.73	2.88	4.43
10	0.12	9.91	1.08	1.20	1.23	3.84	1.11	2.44	5.28	6.90	1.46	0.17
20	0.32	0.65	0.73	0.12	0.69	0.32	0.8	0.19	0.67	3.60	0.68	0.14
30	0.22	0.24	0.9	0.14	0.46	0.08	0.92	0.08	0.57	1.22	0.57	0.07
50	0.16	0.14	0.48	0.19	0.83	0.19	0.53	0.04	0.47	0.45	0.63	0.07

Tabla N° 44. Valores de la biomasa zooplanctónica en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones entre mayo de 2001 y diciembre de 2004.

BIOMASA	ARICA	IQUIQUE	MEJILLONES	PROMEDIO
may-01	322	451	363	379
Junio	320	304	211	278
Julio	158	77	16	83
Agosto			44	44
Septiembre	128	442	187	252
Octubre	278	219	83	193
Noviembre	148	166		157
Diciembre	159	105	780	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	66
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) 65	(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

( ): Fecha Muestreo

Tabla 45. Abundancia relativa estandarizada de los grupos zooplanctónicos analizados entre mayo - diciembre de 2004 en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones.

	Copépodos	Eufáusidos	Ostrácodos	Cladóceros	Lar. Decápodos	Anfípodos	Estomatópodos	Medusas	Sifonóforos	Ctenóforos	Quetognatos	Poliquetos	Pterópodos	Salpas	Doliólidos	Apendicularias	Radiolarios	L. cifonautas
<b>ARICA</b>																		
may-04	131159	662	843		120			361	241		723	32639			361	1807		482
jun-04	267618	241	723	723	1445			241			241	3854	964			241		241
jul-04	199930		1927		1686			1686	9876	241		2650			241	2891		964
ago-04	78406		241		422			120	301		662	903				1686	120	
sep-04	947622				23606			964	964			1927				17825		482
oct-04	425394		7226	4818	6263			482	1927	1927		122367				964	482	2891
nov-04	830554	60	3372		3854			1445	964			3372				32278		
dic-04	318443	2409	3854		22643			964	4336		7226	964				37577		2891
<b>IQUIQUE</b>																		
may-04	178826		4633	1853	28260			463			463	57910				5096		463
jun-04	986323		1158		927							3475				1853		2085
jul-04	119526	463	232	1621	8571				927			232				695		695
ago-04	249476		1390	927	20848			463			463		71345					
sep-04	441969				9266			463	2316	1853				4170		6023		
oct-04	472546																	
nov-04			2316		4633			2780			927	1853				1390		
dic-04	335415		2780		6949				15752		7412	3243				27334		6949
<b>MEJILLONES</b>																		
may-04	1514307		807		3229				4843		3229					4036		108972
jun-04	260726	1211	404		1816			605	1816		807				202	807		9686
jul-04	78298	404	303		2825				706		303	101				1917		303
ago-04	163660	202	1009		10494			404	2623		4036					1211	202	404
sep-04	522258			807	1614			1614	7265	807	807		807	807		4036		
oct-04	433870	3632	1211		4036			1614	13319	2018	15337	1614	2018		807	4843		9283
nov-04	224805	404			4036	404		1211	1211		1211	807	404			2018		807
dic-04	129858	101	202		202	101		202	303		605	706				202		807

Tabla N° 46. Distribución temporal de la densidad de huevos y larvas de anchoveta en Arica, Iquique y Mejillones en los diferentes estratos de profundidad período mayo - diciembre de 2004.

Huevos Anchoveta	Arica			Iquique			Mejillones		
	25-50	10-25	0-10	25-50	10-25	0-10	25-50	10-25	0-10
may-04		0	186	13547	9361	7469	0	0	27
jun-04		37	301	0	0	348	0	0	0
jul-04		767	0	0	0	0	0	0	0
ago-04		402	15552	135268	94017	6577	34	2275	958
sep-04		5294	16454	53053	131990	1149	0	150	0
oct-04		0	0	0	0	0	0	0	0
nov-04		37	43	0	0	529	67	0	506
dic-04		0	788	1330	244	4264	0	0	585
<b>Larvas</b>									
may-04		0	0	0	0	0	0	0	0
jun-04		0	0	0	0	30	0	0	27
jul-04		0	0	0	0	0	0	0	0
ago-04		0	0	0	0	0	0	0	0
sep-04		402	100	1970	1221	106	0	90	27
oct-04		0	0	0	0	0	0	0	0
nov-04		657	358	0	0	0	0	0	27
dic-04		0	644	49	81	15	0	0	0

# ANEXOS

---

# A N E X O 1

---

Personal participante por  
actividad

---





## EQUIPO DE TRABAJO PARTICIPANTE

---

- Hernán Reyes R. Ocean3grafo  
Oceanografía, Participaci3n Crucero, toma de datos, procesamiento muestras de salinidad, análisis de informaci3n hist3rica, preparaci3n de informe y boletines mensuales.
- José Raúl Cañ3n C. Ocean3grafo – CORPESCA S.A.  
Embarcado, toma de datos en estaciones fijas de monitoreo.  
Apoyo logístico. Preparaci3n Boletines mensuales Componente “Condiciones Ambientales Regionales”
- Victor Catasti B. Ingeniero Pesquero  
Participaci3n crucero, procesamiento y análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar, semanales y mensuales y su asociaci3n con huevos y larvas de peces, preparaci3n de informe y boletines mensuales.
- Mauricio Braun A. Bi3logo  
Jefe de Proyecto, Jefe de Crucero, Colecta de muestras, procesamiento y análisis de datos ictioplancton y zooplancton, identificaci3n mensual y estacional de huevos y larvas de peces, análisis de informaci3n hist3rica, coordinaci3n general, preparaci3n de informe y boletines mensuales.
- Vivian Valenzuela C. Bi3logo Marino  
Participaci3n crucero, colecta de muestras zooplanct3nicas, procesamiento y análisis de zooplancton, medici3n biomasa zooplanct3nica, procesamiento y análisis estaciones costeras de monitoreo.
- Guillermo Galindo P. T3cnico  
Participaci3n Crucero, colecta de muestras de zooplancton, separaci3n de huevos y larvas de peces.



Elisa Pizarro R.	Ocean3grafo Procesamiento y an3lisis de clorofila <b>a</b> y contenido de ox3geno disuelto, an3lisis de informaci3n hist3rica, preparaci3n de informe y boletines mensuales.
Guillermo Pizarro	T3cnico Pesquero – CORPESCA S.A. Participaci3n Crucero, toma de datos en estaciones fijas de monitoreo.
Jorge Castillo P.	Ingeniero Pesquero Participaci3n Crucero, toma y proceso de datos ac3sticos, an3lisis de datos, preparaci3n de informe.
Juan C. Saavedra N.	Ingeniero Estad3stico Participaci3n en procesos de simulaci3n y modelamiento estad3stico.

---

**PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD PRINCIPAL (HH)****INFORME FINAL FIP 2004-01**

<b>PERSONAL</b>	<b>CRUCERO ESTACIONES COSTERAS</b>	<b>PROCESAMIENTO</b>	<b>ANÁLISIS</b>	<b>INFORMES</b>	<b>TOTAL</b>
-----------------	--	----------------------	-----------------	-----------------	--------------

**OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1**

H. REYES	192	15	15	37	259
E. PIZARRO	192	12	10	45	259
V.CATASTI	192	8	8	12	220
J. CAÑON	60				60
G.PIZARRO	120				120

**OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2**

M. BRAUN	4	50	100	190	344
J. SAAVEDRA			25	25	50
V. VALENZUELA	198	90	19	30	337
G.GALINDO	198	70			268

**OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3**

J. CASTILLO	192	38	40	43	313
M. ESPEJO	198				198

**OBJETIVO ESPECÍFICO N°4**

M. BRAUN	4	10	20	17	51
H. REYES		4	5	20	29
E. PIZARRO		3	6	10	19
V. VALENZUELA		20	6	10	36
J. CAÑON	140	40		200	380
V. CATASTI			2	6	8
G.PIZARRO	160	40		80	280
G. GALINDO		10			10

# A N E X O 2

---

Calibración de las  
imágenes satelitales de  
temperatura

---



## A. METODOLOGÍA

---

### 1. Calibraci3n de las imágenes satelitales

Uno de los elementos más relevantes en la recepci3n de la informaci3n obtenida mediante percepci3n remota es la revisi3n y calibraci3n de los datos satelitales con registros “*in situ*” (Pettigiani *et al.*, 1992). Por ello y con el objeto de validar las imágenes satelitales se realizó una calibraci3n entre los datos obtenidos a través de sensores remotos y los registrados a través de muestreos “*in situ*”.

De esta manera se estimó, para cada estaci3n oceanográfica realizada en los cruceros de prospecci3n, el correspondiente valor de la temperatura a una profundidad de 1 metro utilizando CTD, esto cuando las condiciones del mar así lo permitían.

Paralelamente se utilizó el SIG IDRISI, con el módulo EXTRACT, a través del cual se extrajo el valor de TSM satelital del píxel correspondiente a una determinada estaci3n. Posteriormente, con los pares de datos generados se efectuó un análisis a través de modelos de regresión. Cabe señalar que esta metodología ha sido empleada en Chile por diversos autores, entre ellos por Silva *et al.*, (1999) para calibrar y validar imágenes de temperatura y clorofila.

## B. RESULTADOS

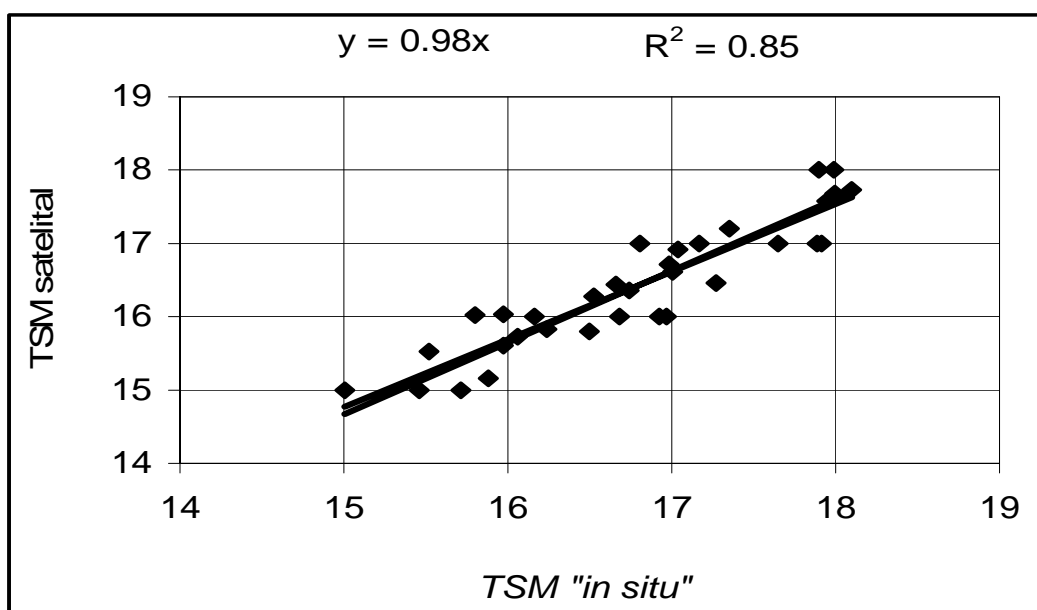
---

### 1. Validaci3n de los datos satelitales

La **figura 1** presenta la relaci3n entre la TSM satelital y la temperatura “*in situ*” obtenida por los muestreos oceanográficos realizados en la zona norte de Chile en



el a1o 2004. En ella se aprecia un buen grado de asociaci3n entre ambas variables que da cuenta de 85% de la varianza, tambi3n se destaca la relaci3n lineal que existe entre las dos variables y que implica que dichas variables posean una misma tendencia. No obstante lo anterior, la TSM satelital es aproximadamente un 2% m3s baja que la registrada "*in situ*". En este sentido, Silva *et al.*, (2003) encuentran, en la zona norte de Chile, que la TSM satelital es 0,96 veces la TSM "*in situ*" por lo que las TSM satelital ser3a mas baja; sin embargo, Braun *et al.*, (2004) encuentran resultados que presentan peque1as diferencias con el presente trabajo cuando validan la informaci3n satelital en la zona norte.



**Figura 1.** Relaciones entre la TSM "*in situ*" y la TSM satelital en la zona norte de Chile. A1o 2004.

# A N E X O 3

---

Informe Final  
FIP 2004-01 en PDF

---



# **INFORME FINAL**

FIP N° 2004-01

**2004-01**

**FONDO INVESTIGACION PESQUERA**

**Monitoreo de las condiciones  
Bio-oceanográficas entre la  
I y IV Regiones, año 2004**

**Mayo, 2005**





---

**Sección Documentación,  
Difusión y Bibliotecas**

---

**IFOP  
Valparaíso  
Chile**