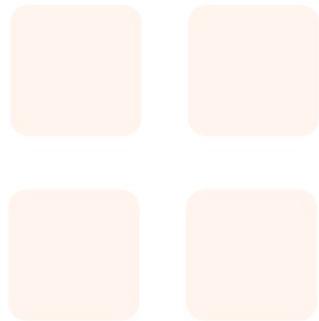




INFORME FINAL



Proyecto FIP
N° 2007-11
(2ª Licitación)

**Monitoreo de las condiciones
bio-oceanográficas entre
la I y IV Regiones,
año 2007**



OCTUBRE
2008



INFORME FINAL

PROYECTO
FIP N° 2007-11

Monitoreo de las
Condiciones bio-
oceanográficas entre la
I y IV Regiones, Año 2007
(2ª Licitación)

• Octubre, 2008 •



REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP

Presidente del Consejo:
Jorge Chocair Santibáñez

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera:
Mauricio Braun Alegría

Director Ejecutivo:
Mauricio Braun Alegría



JEFE DE PROYECTO

MAURICIO BRAUN ALEGRÍA

AUTORES

Distribución espacial de variables oceanográficas

**HERNAN REYES R.
JAIME LETELIER P.
MILENA PIZARRO R.**

Distribución y abundancia del ictioplancton

**MAURICIO BRAUN A.
VIVIAN VALENZUELA C.
VICTOR CATASTI B.
JUAN SAAVEDRA N.**

Distribución y abundancia de los recursos pelágicos

JORGE CASTILLO P.

Variabilidad superficial de temperatura, clorofila y nivel del mar por medio de percepción remota

**JAIME LETELIER P.
FERNANDO ESPINDOLA**

• Octubre, 2008 •



I. RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe contiene los resultados correspondientes al crucero realizado en septiembre/octubre del proyecto FIP 2007-11 "Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2007" (Segunda Licitación). De conformidad con lo establecido en los Términos de Referencia y la Propuesta Técnica, se presentan los resultados relativos a las condiciones oceanográficas físicas del área de estudio medidas *in situ* y a través de percepción remota, la distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, la distribución y abundancia relativa de los recursos pelágicos evaluados por medio de técnicas hidroacústicas y un análisis exploratorio de sus patrones migratorios.

Este proyecto FIP N° 2007-11, se identificó dentro de las necesidades de investigación por el Consejo Nacional de Investigación Pesquera para el año 2007 y que fue licitado al Instituto de Fomento Pesquero, a objeto de mantener un sistema regular, oportuno y periódico de observación de las condiciones de la pesquería y de su ambiente bio-oceanográfico, a objeto de poder fundamentar de mejor manera la adopción de medidas de administración pesquera en pos de una adecuada conservación de los recursos hidrobiológicos.

Metodológicamente, se realizó el crucero bio-oceanográfico desde el 21 de septiembre hasta el 15 de octubre de 2007 a bordo del B/I "Abate Molina", efectuando además, las tres estaciones costeras de frecuencia de observación mensual localizadas a 2 mn al oeste de Mejillones, Iquique y Arica, con el fin de recabar los datos biológicos, pesqueros y oceanográficos; y posteriormente, procesar y analizar la información con el fin de determinar y evaluar las condiciones bio-oceanográficas de septiembre-octubre de 2007, de la zona norte del país.



El crucero abarcó la zona comprendida entre los 32°08'S (Pichidanguí - IV Región) y los 18°25'S (Arica - I Región), realizándose un total de 21 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí por 40 y 55 mn, en las cuales se efectuaron 147 estaciones de muestreo bio-oceanográfico ubicadas a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa y 63 estaciones superficiales localizadas a 30, 55 y 85 mn.

Los principales resultados del monitoreo bio-oceanográfico de septiembre-octubre de 2007 de la zona norte, son los siguientes:

A partir de marzo de 2007, comenzaron los indicios del desarrollo de un evento La Niña en el Ecuador, este tomó fuerzas durante el otoño e invierno austral, pasando a convertirse en una de los eventos fríos más intensos, el cual comenzó a debilitarse sólo a mediados de abril de 2008, después de haber alcanzado un máximo entre mayo y septiembre de 2007. Este enfriamiento fue más pronunciado en la región El Niño del Pacífico Este y a lo largo de la costa Sudamérica (El Niño 1+2).

Este evento afectó toda la zona norte de Chile, produciendo un enfriamiento en la capa superficial del océano (0-50 m) que fue notorio en el sector oceánico por medio de las mediciones efectuadas en los cruceros de agosto y septiembre de 2007, mientras que en las estaciones costeras fue observado entre mayo y octubre de 2007 en la capa de los primeros 10 m, bajo este nivel de profundidad, el enfriamiento persistió hasta febrero de 2008. Durante septiembre-octubre de 2007, período de máxima intensidad de La Niña, se realizó el crucero Monitoreo Bio-oceanográfico (MOBIO), el cual además de evidenciar el enfriamiento señalado, mostró también el ascenso del límite superior de la capa de mínimo de oxígeno y un descenso en la concentración de la salinidad en la capa superficial.



Esto 3ltimo, produjo una menor presencia de agua de origen subtropical, que t3picamente se encuentra en la zona, como tambi3n un ascenso del agua ecuatorial subsuperficial que se mueve hacia el polo. Las propiedades f3sicas asociadas a la din3mica de mesoescala, surgencia y giros de mesoescala, no parecen sufrir modificaciones detectables, al igual como ocurre en los gradientes meridionales y zonales de las propiedades oceanogr3ficas superficiales y las concentraciones y distribuci3n espacial de la clorofila-a, a pesar de cambiar las condiciones de las aguas involucradas. Paralelamente, el monitoreo satelital costero no mostr3 grandes cambios en la zona ner3tica, y s3lo present3 un leve descenso en la amplitud de ciclo anual de la temperatura superficial cerca de la costa. Paralelamente, las capturas de anchoveta durante el 2007, aunque fueron mayores que el a3o 2006, estuvieron bajo del promedio hist3rico. No obstante lo anterior, las capturas y su relaci3n con el transporte de Ekman, sigue apareciendo como inversa hacia el sur de la zona, es decir, cuando el transporte de Ekman crece las capturas tienden a decaer. Las capturas de anchoveta podr3an estar, potencialmente, asociadas al cambio de fase entre el periodo c3ldo de 2006 y el evento La Ni3a 2007.

El an3lisis de las muestras recolectadas en las 147 estaciones zooplanct3nicas permiti3 verificar la presencia de 285.514 huevos y 66.681 larvas de anchoveta, se3alando una situaci3n caracter3stica de una amplia e importante actividad reproductiva a lo largo de la extensi3n latitudinal comprendida entre Arica y bah3a Moreno (23°40'S), la cual es coincidente con el pico primario de desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie. Entre bah3a Moreno y Pichidangui (32°08'S) se registr3 baja presencia de ambos estadios de desarrollo, determin3ndose solo dos estaciones positivas para huevos y 7 para larvas de esta especie.



El análisis integrado de la información indica que la distribución de las larvas posee una cobertura geográfica más amplia que los huevos y se encuentran más alejadas de la costa. Además, las mayores concentraciones tienden a ubicarse en los bordes internos de gradientes térmicos moderados. De manera general, en la zona de estudio se apreciaron dos sectores donde se observan altos registros de huevos de manera recurrente, el primero se localizó en las inmediaciones del puerto de Arica y el segundo frente al río Loa. En el caso de las larvas, éstas exhibieron mayor cobertura espacial con dos áreas principales que exhiben registros superiores a las 5.000 larvas/m² en las proximidades de punta Lobos y frente de Antofagasta.

También es importante señalar que el análisis de los modelos de regresión entre huevos y larvas de la especie y el gradiente térmico, sugirió un efecto positivo sobre las densidades del ictioplancton respecto de gradientes térmicos moderados, de esta manera se observó que el rango donde se localizaron las mayores densidades fue menor a 1,0 °C/mn.

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

La anchoveta presentó una amplia distribución entre Arica y el paralelo 25°00'S, localizándose entre la costa y las 100 mn, no registrándose al sur del paralelo 25°



00'S. En general, exhibió una distribución espacial amplia que llegó hasta las 100 mn de costa, con una mayor cobertura espacial entre Arica y punta Amarilla ($24^{\circ}00'S$), con sólo tres registros de baja densidad al sur de este sector.

Las mayores concentraciones de anchoveta, se registraron en tres focos ubicados en el sector costero entre Arica y Pisagua; a 40 mn al oeste de punta Gruesa ($20^{\circ}20'S$) y a 30 mn al oeste de Antofagasta. Algunos sectores de menor densidad se detectaron a 50 mn de punta Arenas ($21^{\circ}40'S$) y 20 mn al noroeste de punta Grande ($22^{\circ}25'S$).



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN PESQUERA



II. ÍNDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO	i
II. ÍNDICE GENERAL	vii
III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS.....	ix
IV. OBJETIVOS.....	1
1. Objetivo general.....	1
2. Objetivos específicos	1
V. ANTECEDENTES GENERALES	3
VI. METODOLOGIA POR OBJETIVO	9
1. Zona de estudio	9
2. Diseño de muestreo	9
3. Objetivo específico N° 2.1.....	12
3.1 Recolección de muestras y registro de datos	12
3.2 Medición de la clorofila-a y la penetración de la luz y nutrientes	14
3.3 Procesamiento de la información.....	16
4. Objetivo específico N° 2.2.....	26
4.1 Calibración de flujómetros TSK.....	26
4.2 Colecta de muestras	27
4.3 Tratamiento de las muestras a bordo	28
4.4 Análisis geoestadístico univariado	37
5. Objetivo específico N° 2.3	43
5.1 Calibración del sistema acústico.....	43
5.2 Identificación de especies	45
5.3 Distribución de los recursos	47
5.4 Índices de cobertura y densidad	47
6. Objetivo específico N° 2.4.....	49
6.1 Variables oceanográficas.....	49
6.2 Variables biológicas	50
6.3 Plancton	51



7	Objetivo espec3fico N° 2.5.....	53
7.1	Monitoreo oceanogr3fico satelital	53
7.2	3ndices ambientales	55
7.3	Relaci3n ambiente-recurso	57
8	Objetivo espec3fico N° 2.6.....	58
VII.	RESULTADOS	61
A.	Objetivo espec3fico N° 2.1	61
1.	Condiciones oceanogr3ficas	61
2.	An3lisis de pigmentos vegetales.....	79
B.	Objetivo espec3fico N° 2.2	86
3.	Distribuci3n y abundancia de huevos y larvas de peces	86
C.	Objetivo espec3fico N° 2.3	116
4.	Distribuci3n espacial de los recursos.....	116
D.	Objetivo espec3fico N° 2.4	124
5.	Estaciones costeras de vigilancia Arica, Iquique y Mejillones	124
E.	Objetivo espec3fico N° 2.5	134
6.	Monitoreo satelital	134
F.	Objetivo espec3fico N° 2.6	141
VIII	DISCUSI3N	143
IX	CONCLUSIONES	163
X.	ESTRUCTURA BASE DE DATOS.....	168
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGR3FICAS	180

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

Anexo 1. Criterio de An3lisis de las Condiciones Oceanogr3ficas Superficiales.

Anexo 2. Personal participante por actividad.

Anexo 3. CD contiene:
Informe final (pdf) y Resumen ejecutivo (word) Proyecto FIP N° 2007-11.



III. 3NDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS

FIGURAS

- Figura 1.** Posici3n geogr3fica de de las estaciones bio-oceanogr3ficas. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembreal 15 de octubre 2007.
- Figura 2.** Posici3n geogr3fica de de las estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 3.** Promedios semanales para la **TSM** y la **Cloa** para la zona norte de Chile (18° - 32° S) desde la costa hasta los 75° W. Se muestran los pol3gonos que definen los perfiles de 10, 20 y 30 millas n3uticas para un 3rea costera y los de 70, 80 y 90 millas n3uticas para un 3rea oce3nica.
- Figura 4.** Perfiles de extracci3n m3s cercanos a la l3nea de costa para el campo vectorial superficial del viento sobre el oc3ano que son obtenidos del Jet Propulsi3n Laboratory SeaWinds Project de la NASA.
- Figura 5.** Estaciones de muestreo oce3nicas para el campo superficial de corrientes geostr3ficas provenientes del centro de distribuci3n de datos AVISO.
- Figura 6.** Direcci3n e intensidad del viento (m/s) (a), 3ndice de surgencia promedio (b) e 3ndice de turbulencia (c) del viento predominante medido cada una hora sobre el track de navegaci3n. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.



- Figura 7.** Distribuci3n superficial de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (c) salinidad (psu) y (d) anomalía de salinidad (psu). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 8.** Distribuci3n superficial de (a) densidad (sigma-t) (kg/m^3), (b) contenido de oxígeno disuelto (mL/L), (c) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y (d) anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 9.** Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 (db) (a), espesor de la capa de mezcla (m) (b), espesor de la termoclina (m) (c) y temperatura base de la termoclina ($^{\circ}\text{C}$) (d). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 10.** Profundidad de la base de la termoclina (m) (a), gradiente de temperatura promedio de la termoclina ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) (b), máximo gradiente de temperatura en la termoclina ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) (c) y profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) (d). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 11.** Distribuci3n superficial de (a) nitrato (μM), (b) nitrito (μM), (c) fosfato (μM) y (d) silicato (μM). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 12.** Distribuci3n vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.



- Figura 13.** Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 14.** Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 15.** Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 16.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 17.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 18.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 19.** Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 20.** Distribución vertical de densidad ($\sigma\text{-t}$)(kg/m^3) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 21.** Distribución vertical de densidad ($\sigma\text{-t}$)(kg/m^3) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.



- Figura 22.** Distribución vertical de densidad ($\sigma\text{-t}$)(kg/m^3) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 23.** Distribución vertical de densidad ($\sigma\text{-t}$)(kg/m^3) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 24.** Anomalía vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (psu) en las transectas: 13 (Bahía Moreno, $23^{\circ}40'\text{S}$), 17 (Pta. Lobos; $21^{\circ}00'\text{S}$) y 21 (Arica; $18^{\circ}25'\text{S}$).
- Figura 25.** Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 26.** Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 27.** Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 28.** Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 29.** Profundidad de la isolinéa de oxígeno correspondiente a la concentración de $1 \text{ mL}/\text{L}$, como indicadora del límite superior de la



capa de mínimo oxígeno disuelto. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

Figura 30. Distribución vertical del contenido de nitrito (μM) en las transectas 1 a 11. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

Figura 31. Distribución vertical del contenido de nitrito (μM) en las transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

Figura 32. Distribución vertical del contenido de nitrato (μM) en las transectas 1 a 11. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

Figura 33. Distribución vertical del contenido de nitrato (μM) en las transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

Figura 34. Distribución vertical del contenido de fosfato (μM) en las transectas 1 a 11. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

Figura 35. Distribución vertical del contenido de fosfato (μM) en las transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

Figura 36. Distribución vertical del contenido de silicato (μM) en las transectas 1 a 11. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

Figura 37. Distribución vertical del contenido de silicato (μM) en las transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.



- Figura 38.** Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (psu) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 39.** Distribución vertical de contenido de oxígeno disuelto (mL/L) y porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 40.** Distribución vertical de nitrito (μM) y nitrato (μM) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 41.** Distribución vertical de fosfato (μM) y silicato (μM) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 42.** Diagramas **T-S** de las estaciones por sección perpendicular a la costa. Transectas 1 a 12. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 43.** Diagramas **T-S** de las estaciones por sección perpendicular a la costa. Transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 44.** Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (**AST**), agua Subantártica (**ASAA**) y agua Ecuatorial



Subsuperficial (**AESS**) en las transectas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

Figura 45. Anomalías del nivel medio del mar en cm (colores) y la velocidad geostrófica relativa a la superficie (flechas) en 3 días representativos durante el desarrollo del crucero, 25 y 30 de septiembre y 5 de octubre de 2007.

Figura 46. Intensidad del viento en m/s (colores) y la velocidad del viento (flechas) en forma de promedios semanales entre el 24 y 30 de septiembre, entre el 1 y 7 de octubre y entre el 8 y 14 de octubre de 2007.

Figura 47. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Octubre 2007. La imagen corresponde al promedio entre el día 8 y el día 16 de octubre de 2007, considerando las pasadas nocturnas y diurnas del satélite.

Figura 48. Distribución de a) clorofila-a superficial ($\mu\text{g/L}$), b) feopigmento superficial ($\mu\text{g/L}$), c) clorofila integrada (mg/m^2) y d) feopigmentos integrados (mg/m^2). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007. septiembre/octubre 2007.

Figura 49. Distribución histórica de clorofila a superficial ($\mu\text{g/L}$) en: bahía Moreno (T1), punta Copaca (T2), punta Lobos (T3), punta Junín (T4) y Aica (T5), para el período septiembre/octubre de 1993 - 2007. (cruceros realizados entre 1993 y 1997 sin información de clorofila a, en 2005 no se realizó crucero).



- Figura 50.** Distribuci3n espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los d1as 26 de septiembre y 3, 6 y 15 de octubre de 2007. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 51.** Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 1 a 8. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 52.** Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 9 a 16. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 53.** Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 17 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 54.** Distribuci3n vertical de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 1 a 8. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 55.** Distribuci3n vertical de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 9 a 16. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 56.** Distribuci3n vertical de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 17 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.
- Figura 57.** Distribuci3n y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Anchoveta (N^0 huevos/larvas/ 10m^2) Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 58.** Distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta por transecta (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0709-septiembre/octubre 2007.



- Figura 59.** Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por transecta (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0709-septiembre/octubre 2007.
- Figura 60.** Distribución y abundancia de huevos de jurel por transecta (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0709 – septiembre/octubre 2007.
- Figura 61.** Distribución vertical de huevos de anchoveta con respecto a la distribución del contenido de oxígeno disuelto en las transectas realizadas frente a Bahía Moreno, Mejillones, Punta Copaca, Punta Arenas, Punta Lobos y Punta Gruesa. Crucero MOBIO 0709.
- Figura 62.** Distribución vertical de huevos de anchoveta con respecto a la distribución del contenido de oxígeno disuelto en las transectas realizadas frente a Punta Junín, Punta Madrid y Arica. Crucero MOBIO 0709.
- Figura 63.** Distribución vertical de larvas de anchoveta con respecto a la distribución del contenido de oxígeno disuelto en las transectas realizadas frente a Bahía Moreno, Mejillones, Punta Copaca, Punta Arenas, Punta Lobos y Punta Gruesa. Crucero MOBIO 0709.
- Figura 64.** Distribución vertical de larvas de anchoveta con respecto a la distribución del contenido de oxígeno disuelto en las transectas realizadas frente a Punta Junín, Punta Madrid y Arica. Crucero MOBIO 0709.



- Figura 65.** Distribuci3n vertical de huevos de jurel con respecto a la distribuci3n del contenido de ox3geno disuelto en las transectas realizadas frente a Bahía Moreno, Mejillones, Punta Copaca, Punta Arenas, Punta Lobos y Punta Gruesa. Crucero MOBIO 0709.
- Figura 66.** Distribuci3n vertical de huevos de jurel con respecto a la distribuci3n del contenido de ox3geno disuelto en las transectas realizadas frente a Punta Jun3n, Punta Madrid y Arica. Crucero MOBIO 0709.
- Figura 67.** Distribuci3n espacial de huevos (a) y larvas (b) de anchoveta con relaci3n a la distribuci3n de temperatura superficial del mar. Crucero MOBIO 0709- septiembre/octubre 2007
- Figura 68.** Distribuci3n espacial de huevos (a) y larvas (b) de anchoveta con relaci3n a la distribuci3n de salinidad superficial del mar. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007
- Figura 69.** Distribuci3n y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Jurel (N° huevos/larvas/ $10m^2$) Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 70.** Distribuci3n y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de *Vinciguerria* (N° huevos/larvas/ $10m^2$) Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 71.** Distribuci3n y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Agujilla (N° huevos/larvas/ $10m^2$) Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.



- Figura 72.** Distribución y abundancia de (a) huevos y (b) larvas de Merluza común (N° huevos/larvas/10m²) Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 73.** Distribución y abundancia de huevos (a) y larvas (b) de anchoveta recolectados con la bomba de huevos CUFES. Crucero MOBIO 0709.
- Figura 74.** Distribución y abundancia de huevos de jurel recolectados con la bomba de huevos CUFES. Crucero MOBIO 0709.
- Figura 75.** Distribución de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1000m³ de agua filtrada). Crucero MOBIO 0709 – septiembre/octubre 2007.
- Figura 76.** Distribución de la biomasa zooplanctónica para la zona Arica – Antofagasta en invierno de los años 1993 – 2007.
- Figura 77.** Biomasa promedio (a) y distribución de la biomasa (b) por estrato estrato de profundidad, de acuerdo a la distancia de la costa (mn) y a la transecta. Crucero Mobio 0709 – septiembre/octubre 2007.
- Figura 78.** Estimación de la abundancia promedio de larvas (densidad promedio por estaciones totales). Período Invierno 1964 – 2007.
- Figura 79.** Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/2007.
- Figura 80.** Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/2007.



- Figura 81.** Distribución y abundancia de huevos de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Invierno 1990 – 2007.
- Figura 82.** Distribución y abundancia de larvas de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Invierno 1990 – 2007.
- Figura 83.** Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los años 1984/2007.
- Figura 84.** Densidad media de huevos de anchoveta (a) estimada para el período 1992-2007, a través del estimador de la media de una distribución delta y proporción de estaciones positivas (b) período 1992-2007. intervalos de confianza $\alpha=0,1$.
- Figura 85.** Densidad media de larvas de anchoveta (a) estimada para el período 1992-2007, a través del estimador de la media de una distribución delta y proporción de estaciones positivas (b) período 1992-2007. intervalos de confianza $\alpha=0,1$.
- Figura 86.** Distribución espacial de la TSM satelital y de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Crucero MOBIO septiembre/octubre 2007.
- Figura 87.** Relaciones entre la densidad de huevos y larvas de anchoveta y el gradiente térmico.
- Figura 88.** Distribución espacial de los centros de gravedad de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile.



- Figura 89.** Densidad media y proporci3n de estaciones positivas con su intervalo de confianza para huevos y larvas de anchoveta, por crucero y per3odo total. Cruceros realizados en la I y II Regi3n, los meses de septiembre-diciembre de 2006 y marzo-septiembre 2007.
- Figura 90.** Efectos de los predictores latitud, longitud, temperatura (tsm), salinidad (ssm), densidad (dsm), clorofila (clo.int), oxigeno (oxi.sup) y capa de mezcla sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estaci3n, ajustado un modelo binomial. Cruceros realizados en la I y II Regi3n, a3os 2006 y 2007.
- Figura 91.** Efectos de los predictores latitud, longitud, temperatura (tsm), salinidad (ssm), densidad (dsm), clorofila (clo.int), oxigeno (oxi.sup) y capa de mezcla sobre la variable presencia/ausencia de larvas de anchoveta por estaci3n, ajustado un modelo binomial. Cruceros realizados en la I y II Regi3n, a3os 2006 y 2007.
- Figura 92.** Efectos de los predictores latitud, longitud, temperatura (tsm), salinidad (ssm), densidad (dsm), clorofila (clo.int), oxigeno (oxi.sup) y capa de mezcla sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). Cruceros realizados en la I y II Regi3n, a3os 2006 y 2007.
- Figura 93.** Efectos de los predictores latitud, longitud, temperatura (tsm), salinidad (ssm), densidad (dsm), clorofila (clo.int), oxigeno (oxi.sup) y capa de mezcla sobre la variable logaritmo de la densidad de larvas de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). Cruceros realizados en la I y II Regi3n, a3os 2006 y 2007.



- Figura 94.** 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, años 2006 y 2007.
- Figura 95.** Zona de estudio y estaciones muestreadas durante la ejecución del proyecto. Los puntos rojos indican la presencia de huevos y larvas y los azules la no presencia.
- Figura 96.** Gráfico de la semi-varianza para todos los pares individuales en el análisis de auto correlación.
- Figura 97.** Variograma empírico y direccionales en los 0, 45, 90 y 135°.
- Figura 98.** Modelo esférico teórico y ajustado para el variograma para la biomasa de huevos y larvas de anchoveta.
- Figura 99.** Mapa de la distribución espacial de los huevos y larvas de anchoveta por medio del kriging ordinario puntual.
- Figura 100.** Distribución geográfica de anchoveta entre Arica - Antofagasta y Antofagasta - Pichidangui. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 101.** Relaciones de las densidades acústicas de anchoveta respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.



- Figura 102.** Serie histórica de los valores promedio, mínimos y máximos de profundidad, temperatura y salinidad de anchoveta y jurel en los inviernos del período 1996-2007.
- Figura 103.** Distribución geográfica de jurel entre Arica - Antofagasta y Antofagasta - Pichidanguí. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 104.** Relaciones de las densidades acústicas de jurel respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 105.** Distribución geográfica de pez linterna entre Arica - Antofagasta y Antofagasta - Pichidanguí. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 106.** Relaciones de las densidades acústicas de pez linterna respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 107.** Distribución geográfica de caballa entre Arica - Antofagasta y Antofagasta - Pichidanguí. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 108.** Relaciones de las densidades acústicas de caballa respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.



- Figura 109.** Distribución geográfica de langostino entre Arica - Antofagasta. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.
- Figura 110.** Relaciones de las densidades acústicas de langostino respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0709 – septiembre/octubre 2007.
- Figura 111.** Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) t/mn² de anchoveta y jurel en los inviernos del período 1997-2007.
- Figura 112.** Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) t/mn² anchoveta y jurel históricos. Período 1997-2007.
- Figura 113.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de temperatura (°C) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a mayo de 2008.
- Figura 114.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de salinidad (psu) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a mayo de 2008.
- Figura 115.** Variabilidad temporal de la distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a mayo de 2008.



- Figura 116.** Variabilidad temporal de la distribuci3n vertical de la biomasa fitoplanct3nica estimada como clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a mayo de 2008.
- Figura 117.** Variaci3n temporal de la distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta en las estaciones fijas de vigilancia de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Mayo 2008.
- Figura 118.** Variaci3n temporal de la distribuci3n y abundancia de larvas de anchoveta en las estaciones fijas de vigilancia de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 – Mayo 2008.
- Figura 119.** Variaci3n temporal de la biomasa zooplanct3nica por estrato de profundidad en las estaciones costeras mensuales. Octubre 1997 – Mayo 2008.
- Figura 120.** Diagrama latitud-tiempo para la **TSM** promedio por semana entre los 18° - 32°S para el 3rea costera (panel superior) que corresponde al valor medio de los primeros tres pol3gonos y un 3rea oce3nica (panel inferior) dado por el valor medio de los 3ltimos tres pol3gonos.
- Figura 121.** Diagrama latitud-tiempo para la **Cloa** promedio por semana entre los 18° - 32°S para el 3rea costera (panel superior) que corresponde al valor medio de los tres pol3gonos costeros y un 3rea oce3nica (panel inferior) dado por el valor medio de los tres pol3gonos oce3nicos.



- Figura 122.** Series temporales diarias de la componente zonal de la corriente (cm/s, eje vertical) para las seis estaciones oceánicas. Las series temporales van desde norte (panel superior) al sur (panel inferior), la línea puntuada representa el valor cero y la negra represente un promedio móvil.
- Figura 123.** Series temporales diarias de la componente meridional de las corrientes (cm/s, eje vertical) para las seis estaciones oceánicas. Las series temporales van desde norte (panel superior) al sur (panel inferior), la línea puntuada representa el valor cero y la negra represente un promedio móvil.
- Figura 124.** Transporte de Ekman ($m^3/s \times 1000$ metros de costa), derivado del valor de la componente zonal y meridional diaria del viento para los dos primeros pixeles cercanos a la costa y latitud por día. Se muestra el valor medio dado a lo largo del tiempo (panel superior) y el valor medio dado por la latitud (panel izquierdo).
- Figura 125.** Diagrama latitud-tiempo para las capturas de anchoveta promedio por semana entre los 18° y $32^\circ S$ para las primeras 10 millas náuticas (panel superior), 20 millas náuticas (panel intermedio) y 30 millas náuticas (panel inferior).
- Figura 126.** Patrones espaciales para los tres primeros componentes principales de la TSM, el primer componente (panel izquierdo), segundo componente (panel central) y el tercer componente (panel derecho).



- Figura 127.** Patrones temporales (semanales) para los tres primeros componentes principales, el primer componente (panel superior), segundo componente (panel central) y el tercer componente (panel inferior) con su respectivo valor de varianza explicada por el componente.
- Figura 128.** Relaci3n entre el primer componente principal derivado del an3lisis FOE a las series espaciales de TSM y la captura media semanal. Las l3neas gruesas representan un promedio m3vil de cinco semanas (\approx un mes).
- Figura 129.** Relaci3n entre la componente latitudinal del transporte de Ekman y la captura total medida a nivel latitudinal.
- Figura 130.** Serie temporal de las capturas diarias totales de anchoveta (panel superior) y tasa de incremento diaria para el a3o 2007, la l3nea segmentada negra representa una tasa nula y la roja el nivel cr3tico o umbral de 2000 ton.
- Figura 131.** Frecuencia en d3as en que ocurren las m3ximas agregaciones de captura de anchoveta para el a3o 2007.
- Figura 132a.** Distribuci3n espacio – temporal de las m3ximas agregaciones de captura de anchoveta para el a3o 2007.
- Figura 132b.** Distribuci3n espacio – temporal de las m3ximas agregaciones de captura de anchoveta para el a3o 2007.



- Figura 132c.** Distribución espacio – temporal de las máximas agregaciones de captura de anchoveta para el año 2007.
- Figura 133a.** Desplazamientos espaciales (dirección y magnitud) entre las altas agregaciones de captura de anchoveta para el año 2007.
- Figura 133b.** Desplazamientos espaciales (dirección y magnitud) entre las altas agregaciones de captura de anchoveta para el año 2007.
- Figura 133c.** Desplazamientos espaciales (dirección y magnitud) entre las altas agregaciones de captura de anchoveta para el año 2007.
- Figura 134.** Desplazamientos vectoriales (dirección y magnitud) para cada fecha (día/mes) del año 2007. La componente vectorial en sentido este-oeste esta escala entre 0 y 1.
- Figura 135.** Frecuencia angular de los desplazamientos desde una alta agregación a otra de las capturas de anchoveta para el año 2007.



TABLAS

- Tabla 1.** Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 0709 – septiembre/octubre 2007.
- Tabla 2.** Valores de los pares T-S de las aguas tipo, utilizados en los triángulos de mezcla para el crucero.
- Tabla 3.** Categorías por densidad.
- Tabla 4.** Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi y profundidad del 1% de penetración de luz. Septiembre-octubre 2007.
- Tabla 5.** Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de peces. Crucero MOBIO septiembre/octubre 2007. Zona Arica - Pichidanguí.
- Tabla 6.** Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Invierno 1983/2007.
- Tabla 7.** Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en invierno de 1984 – 2007.
- Tabla 8.** Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en invierno de 1983 – 2007.
- Tabla 9.** Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de sardina, anchoveta y jurel. Área Comparativa: Antofagasta – Coquimbo 0 – 100 mn. Invierno: 1983 – 2007.



- Tabla 10.** Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de sardina, anchoveta y jurel. Area Comparativa: Antofagasta – Coquimbo 0 – 100 mn. Invierno: 1983 – 2007.
- Tabla 11.** Parámetros estimados, tamaños de muestra, valor del estadístico y p-value de prueba de Shapiro-Wilk, para el análisis distribucional de la densidad de huevos o larvas de anchoveta, en los cruceros correspondientes al FIP 2006-01 y 2007-11. Cruceros realizados en septiembre y diciembre de 2006 y marzo y septiembre de 2007, en la I y II Región.
- Tabla 12.** Síntesis por crucero del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos y larvas de anchoveta y densidad media con sus errores estándar entre paréntesis, cruceros realizados en la I y II Región, años 2006 y 2007.
- Tabla 13.** Resumen de estadísticas descriptivas para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial, densidad de agua y clorofila integrada. Cruceros realizados en la I y II Región, años 2006 y 2007.
- Tabla 14.** 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, años 2006 y 2007.
- Tabla 15.** 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, años 2006 y 2007.



- Tabla 16.** Resultados del ajuste del modelo esférico para el variograma.
- Tabla 17.** Resultados de las calibraciones hidroacústicas históricas del sistema Simrad EK-500 del B/l "Abate Molina", para la frecuencia de 38 Khz, por longitudes de pulso.
- Tabla 18.** Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el crucero MOBIO 0709, respecto a las variables profundidad, temperatura y salinidad, entre Arica y Antofagasta.
- Tabla 19.** Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el crucero MOBIO 0709, respecto a las variables profundidad, temperatura y salinidad, entre Antofagasta y Pichidangui.
- Tabla 20.** Índices de Cobertura (**IC**) (%) y Densidad (**ID**) (t/mn²) de jurel, anchoveta y caballa estimados por zona en el crucero MOBIO 0709.
- Tabla 21.** 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 para el período octubre de 2007 a mayo de 2008.
- Tabla 22.** Abundancia de huevos y larvas de anchoveta en cada estrato de profundidad de las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Octubre de 2007 a Mayo de 2008.

ANEXOS

- Anexo 1.** Criterio de Análisis de las Condiciones Oceanográficas Superficiales.
- Anexo 2.** Personal participante por actividad.
- Anexo 3.** CD contiene:
Informe final (pdf) y Resumen ejecutivo (word) Proyecto FIP N° 2007-11.



IV. OBJETIVOS

1. Objetivo general

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

2. Objetivos específicos

- 2.1** Determinar la distribución espacial, así como sus variaciones espacio-temporales, a nivel de meso-escala (km), de las variables bio-oceanográficas de la temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila-*a*, nutrientes y penetración de la luz, en la zona de estudio, en la estructura vertical de 0 a 200 m.
- 2.2** Describir y analizar la distribución y abundancia del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio, y su relación con las condiciones oceanográficas.
- 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.
- 2.4** Determinar las variaciones mensuales en la zona costera de las variables señaladas en 2.1 y 2.2, con observaciones realizadas en, a lo menos, 3 estaciones costeras dentro de la zona de estudio.



- 2.5** Determinar la variabilidad superficial de las variables temperatura del mar, clorofila-**a** y anomalía del nivel del mar por medio de percepción remota y su asociación y explicación de éstas con las variaciones espacio-temporales de la actividad pesquera. La frecuencia mínima de análisis debe ser al menos mensual.
- 2.6** Determinar posibles patrones migratorios espaciales y estacionales de anchoveta y jurel sobre la base del análisis integrado de la información histórica recopilada por el monitoreo bio-oceanográfico, evaluaciones directas y monitoreos biológico-pesqueros de las zonas de pesca.



V. ANTECEDENTES GENERALES

Durante el período enero – julio de 2008, el valor FOB de las exportaciones pesqueras totalizó una cifra de 2.352,2 millones de dólares, mostrando un aumento del 0,6% respecto a igual período del año anterior. Respecto al valor (**FOB**) de las exportaciones chilenas totales, para el año 2007, las exportaciones del sector pesquero, en el período señalado, participaron, aproximadamente, con el 5,7%. (Fuente: Elaborado por IFOP, en base a información del Servicio Nacional de Aduana y Banco Central de Chile).

La zona norte de Chile se caracteriza al igual que otras áreas de borde oriental, por su baja diversidad de especies pelágicas, tales como anchoveta, sardina española, jurel y caballa, las que se presentan en grandes abundancias, generando beneficios socio-económicos para el país a través del desarrollo de sus pesquerías.

Los desembarques de la zona se sostienen principalmente en la extracción de unas pocas especies pelágicas, distinguiéndose entre ellas al jurel (*Trachurus murphyi*), anchoveta (*Engraulis ringens*) y caballa (*Scomber japonicus*), las cuales representan una fracción relevante de la captura total (SERNAPESCA, 2005). Durante los últimos años, la actividad pesquera de la zona norte se ha cimentado fundamentalmente en las capturas de anchoveta, caballa y jurel, contribuyendo en el desembarque total del año 2005, con el 99% (Martínez *et al.*, 2006).

En la zona norte de Chile, la pesquería de peces pelágicos comenzó su desarrollo a finales de los años sesenta, 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*) y mostró tres períodos principales: el primero (1973-1986) con un



crecimiento sostenido, alcanzando hasta 3,4 millones de toneladas a mediados de los ochenta; en este per3odo se produjo el colapso en las capturas de anchoveta y, paralelamente los desembarques de sardina espa1ola (***Sardinops sagax***) aumentaron significativamente hasta 1985, constituy3ndose en el principal recurso explotado en dicha regi3n. La segunda fase (1986-1996) fue un per3odo de ajuste, producto de la baja experimentada en las capturas, hasta llegar en 1996 a 1,4 millones de toneladas; en este per3odo se produjo el colapso de la pesquer3a de sardina y las capturas de anchoveta desde 1992-93 en adelante, han representado el desembarque mayoritario de la zona. Posteriormente, la tercera etapa (1997- 2002), present3 una tendencia a la estabilizaci3n de las capturas a niveles del orden de 1,3 millones de toneladas por a1o.

De acuerdo a lo anterior, la actividad extractiva de la industria pesquera en la I y II Regi3n, est3 fuertemente vinculada a la disponibilidad del recurso anchoveta, la cual durante el a1o 2003 registr3 una importante disminuci3n en el volumen de captura del orden del 70%, pasando de 1,2 millones de toneladas en 2002 a 427 mil toneladas en el a1o 2003. Este tipo de fluctuaciones, sumado a las variaciones ambientales, pueden llevar r3pidamente a las pesquer3as a colapsar. Al respecto cabe se1alar que durante el a1o pesquero 2004, se obtuvo una alta captura de este recurso, con 1,4 millones de toneladas, producto del exitoso reclutamiento de la especie, observado entre diciembre de 2003 y marzo de 2004. No obstante que en el a1o 2005 se apreci3 un atraso y debilitamiento del proceso de reclutamiento, el acumulado del a1o pesquero 2005 super3 levemente el mill3n de toneladas. (C. Mart3nez; com pers.).

La condici3n de Chile de ser un pa3s pesquero est3 asociada al Sistema de Corriente de Humboldt (**SCH**), siendo nuestro pa3s, uno de los cuatro sistemas de borde



oriental, en los cuales el afloramiento de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes, promueve una alta productividad biológica (Alheit y Bernal, 1993, Blanco *et al.*, 2001).

Dos de los factores reconocidos que permiten en la zona norte, mantener la elevada biomasa fitoplanctónica que sostiene los niveles tróficos superiores, entre ellos a los peces de importancia comercial son: las aguas subsuperficiales de origen ecuatorial (AESS), que poseen un alto contenido de nutrientes; y los procesos de surgencia que se observan prácticamente durante todo el año, el cual lleva esta agua hacia la superficie en la costa, dejando los nutrientes disponibles para los organismos autotróficos. No obstante que se ha identificado la fuerte importancia de los procesos de surgencia en el aporte de nutrientes a la capa fótica, existen además otros procesos físicos, como las ondas atrapadas a la costa, remolinos de mesoescala y meandros, que también son responsables de lo indicado (Cipollini *et al.*, 2001; McGillicuddy *et al.*, 1998; Uz *et al.*, 2001; Chavez *et al.*, 1998). En el caso de Chile, frente a la costa central, se han observado remolinos de mesoescala como procesos que aportan nutrientes a la capa fótica (Hormazabal *et al.*, 2004 a,b).

Para el norte de Chile, y en base a imágenes de color obtenidas con satélite, se ha determinado que los mínimos de clorofila ocurren en invierno y los máximos durante el verano, esto último asociado al máximo del estrés del viento favorable a la surgencia. Sin embargo, en el sector oceánico los máximos de clorofila se presentan en invierno (Yañez *et al.*, 2005), condición que no estaría relacionada ni con el estrés ni con el curl del viento (Yuras *et al.*, 2005). De acuerdo a lo precitado, en la zona oceánica los máximos de clorofila estarían relacionados con la ocurrencia de procesos de mesoescala como remolinos y meandros (Hormazabal *et al.*, 2006, En revisión).



Por otra parte, los sectores de mayores densidades y agregaci3n de recursos pesqueros en esta zona del pa3s, est3n localizados mayoritariamente en las primeras 20 mn de la costa, y que debido a los procesos de surgencia, presentan fuertes gradientes t3rmicos y salinos durante gran parte del a3o, a excepci3n del per3odo de invierno. En este sentido, hay una fuerte correlaci3n espacial entre la intensidad de los gradientes t3rmicos y la presencia de altas concentraciones de fitoplancton (Strub *et al.*, 1991), lo que inducir3a a un comportamiento m3s costero de la anchoveta.

El **SCH** se diferencia de los otros tres sistemas de borde oriental por presentar en la capa f3tica la entrada de una capa de m3nimo contenido de ox3geno disuelto. As3, debido a los procesos de surgencia y las caracter3sticas de la AESS, valores de concentraci3n menores a 1 mL/L se localizan muy pr3ximos al nivel de superficie (Morales *et al.*, 1999, Ulloa *et al.*, 2001). Se ha observado en la zona norte que las bajas concentraciones de ox3geno disuelto afectan la distribuci3n de larvas de anchoveta en la vertical (Morales *et al.*, 1996).

Una caracter3stica importante de la zona es que esta se ve afectada a intervalos irregulares, en promedio de 3 a 4 a3os por eventos "El Ni3o", que provocan entre otros, un calentamiento an3malo del agua superficial, profundizaci3n de la termoclina, menor participaci3n de AESS en la surgencia y profundizaci3n de la capa de mezcla (Blanco *et al.*, 2001; Blanco *et al.*, 2002; Reyes, 2004; Y3ñez *et al.*, 2001).

Tales condiciones traer3an tambi3n una repercusi3n biol3gica, especialmente una disminuci3n de la biomasa fitoplanct3nica (Barber y Chavez, 1983) y una disminuci3n de anchoveta en sus diferentes estadios (Y3ñez *et al.*, 2005). En el aspecto pesquero no s3lo se ve reducida la biomasa de reclutas de anchoveta,



sino también su disponibilidad a la captura de los individuos adultos (Yañez *et al.*, *op cit*). Durante el evento “El Niño” 1997-98, la anchoveta experimentó cambios en su distribución longitudinal y vertical, ubicándose principalmente en el sector costero y ampliando su rango de profundidad de 5 a 35 m a un rango de 5 a 130 m, formando cardúmenes y estratos de altas densidades, disminuyendo así su vulnerabilidad al cerco (Braun *et al.*, 1998; Braun *et al.*, 1999; Jacob, 2002 y Yañez *et al.*, 2005).

Sumado a los cambios ambientales interanuales, se ha documentado también para la zona cambios que corresponden a ciclos cálidos y fríos en la frecuencia interdecadal (Cañon, 1986; Yañez *et al.*, 1998, Yañez *et al.*, 2005), en los cuales se ha observado una alternancia entre la sardina y anchoveta como especie dominante. Durante un régimen más cálido, la especie dominante en el sistema pelágico fue la sardina española, tal como ocurrió entre los años 1976 a 1985 y durante los ciclos fríos lo fue la anchoveta (Yañez *et al.* 2003).

En la actualidad, el análisis de la pesquería de la zona toma en cuenta la evolución del esfuerzo de pesca y la variabilidad del medio ambiente y su efecto sobre los recursos. De esta forma se busca comprender los cambios de la abundancia de las especies explotadas comercialmente en el largo, mediano y corto plazo (Cañón, *op cit* ; Castillo y Guzmán, 1985; Castillo *et al.*, 1995 a, Castillo *et al.*, 1995 b).

En la última década la zona norte de Chile ha sido objeto de diversos estudios oceanográficos y pesqueros, dentro de los cuales el proyecto de Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas, ha sido una herramienta fundamental para la vigilancia de las condiciones ambientales en la que viven los recursos de interés. Es así, como los antecedentes recopilados a partir de más de 40 cruceros



realizados por IFOP desde 1993 a la fecha, han permitido analizar el comportamiento del recurso y de sus fases larvarias en per3odos normales y durante la ocurrencia de eventos de "El Ni3o", observ3ndose que las mermas m3s importantes de la especie estuvieron asociadas a dichos eventos, particularmente en los a3os 1991 y 1997-98.

En el contexto precitado 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 teniendo presente lo informado al efecto por la Subsecretar3a de Pesca, a decidido incluir el presente proyecto en el programa de investigaci3n pesquera correspondiente al a3o 2007, con el objeto de mantener un sistema regular, oportuno y peri3dico de observaci3n de las condiciones bio-oceanogr3ficas de la zona, a objeto de fundamentar de mejor manera la adopci3n de medidas de administraci3n pesquera en pos de una adecuada conservaci3n de los recursos hidrobiol3gicos.



VI. METODOLOGÍA POR OBJETIVO

1. Zona de estudio

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

2. Dise2o de muestreo

Entre septiembre y octubre de 2007 y de acuerdo a lo consignado en las bases especiales del proyecto, la zona de estudio se extendió hasta Pichidangui por el sur, en concordancia con la ejecuci3n del Décimo Crucero Regional Oceanográfico en el Pacífico Sudeste coordinado por la Direcci3n de Asuntos Científicos de la CPPS en el contexto del Estudio Regional para el evento “El Ni2o” (ERFEN).

En esta zona se efectuaron 21 transectas perpendiculares a la costa, paralelas y equidistantes entre sí cada 40 mn entre Arica y punta Farellones (30°20'S), y cada 55 mn las dos últimas secciones en el área sur (**Fig. 1**). Las secciones se ubicaron frente a Arica (18°25'S), punta Madrid (19°0'S), punta Junín (19°40'S), punta Gruesa (20°20'S), punta Lobos (21°0'S), punta Arenas (21°40'S), punta Copaca (22°20'S), punta Hornos (23°0'S), Antofagasta (23°40'S), punta Tres Picos (24°20'S), rada Paposó (25°0'S), punta Ballenita (25°40'S), Chañaral (26°20'S), Caldera (27°0'S), bahía Salada (27°40'S), punta Molle (28°20'S), caleta Inglesa (29°00'S), caleta Cruz Grande (29°40'S), punta Farellones (30°20'S), caleta



Maitencillo ($31^{\circ}15'S$) y Pichidangui ($32^{\circ}20'S$), extendiéndose éstas, desde la costa hasta una distancia máxima de 100 mn.

En cada transecta se realizaron 10 estaciones bio-oceanográficas con muestreo superficial y vertical, las que estuvieron posicionadas a 1, 5, 10, 20, 30, 40, 55, 70, 85 y 100 millas de la costa (**Fig. 1**). En los muestreos superficiales se realizaron recolectas para las variables oxígeno, temperatura y clorofila.

En cada estación con muestreo vertical se midieron en forma continua las variables temperatura ($^{\circ}C$) y salinidad (psu) hasta 500 m. En el caso del muestreo vertical discreto, para el oxígeno disuelto (mL/L) se recolectaron muestras de agua hasta 300 m de profundidad, las de nutrientes, se recolectaron hasta un máximo de 500 m y para los análisis de clorofila-**a** ($\mu g/L$) hasta una profundidad máxima de 100 metros. Las muestras para nutrientes se recolectaron transecta por medio, en 11 secciones. Adicionalmente al muestreo descrito, en las estaciones ubicadas a 100 mn de la costa se realizó un muestreo profundo hasta 700 m de todas las variables, a excepción de la clorofila-**a**.

Para cada una de las estaciones de la grilla de muestreo bio-oceanográfico, se consignó el registro de datos meteorológicos y penetración de la luz. Además, se efectuaron pescas planctónicas hasta una profundidad máxima de 100 m, a través de lances verticales con una red modelo WP-2 (UNESCO, 1968) y la prospección acústica de los recursos objetivo del presente proyecto se realizó de manera continua durante la navegación hasta los 300 m de profundidad, discretizándose la información en Intervalos Básicos de Muestreo (I.B.M.).

Se realizó la ocupación de las tres estaciones costeras de vigilancia mensual, correspondientes al período septiembre de 2007 a mayo de 2008, las que se



localizan a 2 mn frente a las localidades de Arica (18°23'S; 70°24,8'W), Iquique (20°11'S; 70°10,3'W) y Mejillones (23°01'S; 70°23,1'W); con profundidades máximas de muestreo iguales a 25, 50 y 50 m, respectivamente. Esto permite aumentar la cobertura temporal y la frecuencia de observaci3n respecto de las variables oceanográficas, además de mantener informaci3n periódica de la abundancia de los estadios tempranos de peces. Cabe señalar que estas estaciones han aportado informaci3n de gran relevancia para interpretar los resultados de los cruceros *in situ* y para asociar fluctuaciones de las variables biológicas a cambios en el ambiente físico. Particularmente, estas series han permitido monitorear hasta ahora las características en la zona costera asociadas a los ciclos ENOS.

Entre Arica y Antofagasta y para la zona nerítica comprendida entre 0 y 40 mn, y con la finalidad de lograr una mayor cobertura geográfica, se realizó un muestreo automático, contínuo y superficial mediante el uso de la bomba de huevos CUFES (Continuos Underway Fish Egg Sampler), permitiendo conocer la variabilidad espacial y relacionar la distribuci3n de huevos a las variables oceanográficas (**Fig. 2**).



3. Objetivo específico N° 2.1

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

3.1 Recolección de muestras y registro de datos

En cada una de las 213 estaciones realizadas a través de las 21 transectas prospectadas, se midieron las variables temperatura (**°C**), salinidad (**psu**), fluorescencia in vivo (**volt**), concentración de oxígeno disuelto (**mL/L**), clorofila-**a** (**µg/L**) y nutrientes (**µM/L**). El muestreo de nutrientes (nitrato, fosfato y silicato) se realizó transecta por medio totalizando 11 secciones.

Durante la ejecución del crucero, se obtuvo registros verticales continuos de temperatura (**°C**) y salinidad con profundidad hasta un máximo de 500 m, mediante el uso de un CTD Neil Brown modelo MK3C operado en tiempo real y/o un CTD Sea Bird modelo 19, equipado con bomba y en modo auto contenido. El muestreo de las estaciones de 30, 55 y 85 mn de la costa fue sólo superficial, tanto para el registro de datos de CTD como de otras variables.

Para la toma de muestras de agua se utilizaron botellas Niskin de 5,0 L dispuestas en un muestreador automático tipo ROSETA. Para la determinación de la concentración de oxígeno disuelto y nutrientes se recolectaron muestras de agua a profundidades estándares de 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200 y 300 metros como máximo. Excepcionalmente se tomaron muestras de nutrientes hasta 500 m en algunas estaciones.



Con las muestras de agua recolectadas se realizaron a bordo los análisis conducentes a la obtención de la concentración de oxígeno disuelto (**OD**), mediante el método Winkler modificado por Carpenter (1965) y clorofila-**a**, según la metodología descrita en **3.2**. Las muestras de nutrientes se congelaron hasta su posterior análisis en el laboratorio de oceanografía química de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

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

En cada estación con muestreo vertical, se recolectaron muestras de agua para los análisis de clorofila-**a**, a las profundidades estándar señaladas entre superficie y los 100 m de profundidad. Además se consideraron cartas satelitales de color del mar, coetáneas al crucero, con el fin de explicar de mejor forma la distribución espacial y la estacionalidad de la biomasa fitoplanctónica.

De manera complementaria, se procesaron y analizaron imágenes satelitales de TSM, viento y altimetría contemporáneas al crucero para poner dentro de un contexto dinámico las observaciones realizadas a bordo. Las imágenes de cloa y TSM provienen del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) y de los canales Infrarrojo Termal (IR) e infrarrojo medio a bordo de los satélites Terra (EOS AM) y del Aqua (EOS PM), los que son producidos y distribuidos por OCDPS (Ocean Color Data Processing System) del centro espacial aéreo Goddard de la NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Estos datos representan una imagen de dos dimensiones en una proyección



cilíndrica equidistante, con una resolución espacial aproximada de 4 km y una cobertura de la zona de estudio. También se incluyeron imágenes semanales del campo vectorial superficial del viento en el sector oceánico, las que fueron tomadas por el satélite QuickSCAT y capturadas, procesadas y distribuidas por el Jet Propulsion Laboratory SeaWinds Project (<http://winds.jpl.nasa.gov/missions/quikscat/>). Adicionalmente, se incorporaron datos diarios del campo superficial de corrientes geostróficas que fueron obtenidos del Centro de Datos de Oceanografía Satelital, Interpretación, Validación y Almacenamiento llamado AVISO (<http://www.jason.oceanobs.com>), con una resolución espacial de 0,25° x 0,25°, temporal y diaria.

3.2 Medición de clorofila-a, penetración de la luz y nutrientes

Para los análisis de clorofila-a, se recolectaron 1019 muestras, las que se filtraron in situ con un sistema de filtrado múltiple, utilizando filtros de fibra de vidrio (MFS GF-75, 0,7 µm, 25 cm de diámetro) (Jeffrey *et al.*, 1997), con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL, almacenándose una parte de éstas en nitrógeno líquido y otra parte a -20°C en ambiente anhidro, utilizando como desecante CaCl₂ hasta su posterior análisis en laboratorio de IFOP. Lo forma de almacenamiento anterior se debió a la gran cantidad de muestras recolectadas.

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



Con respecto a la estandarización del volumen de agua a ser filtrada (50 mL), cabe señalar que al utilizar un fluorómetro digital como el Turner Designs 10-AU, los niveles de detección pueden llegar a ser de ng/L ó 10⁻⁹ g/L, toda vez que estos equipos tienen un fotomultiplicador altamente sensible al rojo y que ha sido especialmente diseñado para este trabajo analítico. Adicionalmente, si se considera que la biomasa fitoplanctónica para toda la zona muestreada está en el rango 0,2 a 30 µg/L (o mg/m³) aproximadamente, ésta se ajusta adecuadamente a la sensibilidad del equipo utilizado, lo que permite estandarizar los volúmenes de muestreo sin que haya efecto sobre la cuantificación.

Este diseño de muestreo y análisis está siendo utilizado en la actualidad por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y fue propuesto como estándar de trabajo en el Taller Regional de intercalibración sobre monitoreo del impacto biológico del ENOS en América Latina en Lima Perú.

La penetración de la luz se midió con un disco Secchi de 30 cm de diámetro. El disco fue bajado con un cable medido previamente a intervalos de 1 m, el cual se arrió hasta que fuera apenas perceptible por el costado sombreado del barco, registrándose la profundidad, luego se continuó bajando hasta que desapareciera completamente. Entonces, se izó lentamente hasta que fuera nuevamente visible, consignándose esta segunda lectura. La lectura final del disco se obtuvo al promediar ambas.

Las muestras para los análisis de nutrientes fueron tomadas en botellas asépticas de polietileno de alta densidad (60 mL) y posteriormente guardadas congeladas a -20°C. Los análisis de nutrientes (nitrito, nitrato, fosfato y silicato) se realizaron mediante un autoanalizador de nutrientes Alpkem modelo RFA 320, de acuerdo a Gordon *et al.*, (1993).



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

3.3 Procesamiento de la información.

La información del CTD del crucero se procesó de acuerdo a procedimientos estándar, recomendados por el fabricante de cada equipo. Con los datos ya procesados se confeccionaron las cartas de distribución superficial y vertical de las variables temperatura, salinidad, fluorescencia, 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 el límite superior de la capa de mínimo **OD** (profundidad), realizándose las respectivas cartas y su posterior análisis.

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

- Capa de mezcla: Se considera como espesor de la capa de mezcla, la profundidad de la capa de agua superficial hasta donde se



presente una diferencia menor a 0,01 °C, 0,1 psu y 0,1 Kg/m³, en temperatura, salinidad y densidad, respectivamente, con los datos observados en el primer metro de la columna de agua. Los datos de observación de esta variable fueron los datos de CTD cada 1 metro.

- Termoclina: Se define como termoclina la capa de agua que presentó una variación de temperatura mayor o igual a 0,1°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.

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

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

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

Densidad del agua de mar (ρ) y densidad del agua pura (ρ_0) en kg/m³, Temperatura (t) en °C, Salinidad (s) en psu.



Donde:

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

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

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

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

Para señalar la densidad se utilizará la denominación σ_t (sigma-t). Un valor sigma-t expresa para 1 cm^3 el número de miligramos que sobrepasa la unidad.

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

Para el nivel superficial se presentan valores de anomalía mensual de temperatura y salinidad, como también a nivel subsuperficial, correspondiente a la profundidad de la isoterma de 15°C . En la vertical se calcularon aquellos valores de anomalía vertical de temperatura y salinidad a lo largo de la transecta de bahía Moreno ($23^\circ 40'S$), Punta Lobos ($21^\circ 00'S$) y Arica ($18^\circ 25'S$), con los que se realizaron gráficos de distribución de anomalía mensual en la vertical. Los valores de anomalía señalados se calcularon a partir de los promedios históricos mensuales de cada variable.

Los valores promedio mensuales de temperatura y salinidad superficial y vertical, como también el de profundidad de la isoterma de 15°C para el mes de septiembre, fueron calculados utilizando la serie histórica de IFOP desde el año



1963 al 2006 mediante la metodologfa indicada por Blanco *et al.* (2001). Esta metodologfa fue modificada en el modo de c3lculo de los promedios por cuadrfcula y nivel de profundidad estandar, ya que en este caso se consider3 promedios por crucero, donde S_x es el error estandar para un nivel de profundidad determinado de un crucero, y est3 dada por:

$$S_x = s / n^{1/2}$$

Donde:

n = n3mero de datos disponibles de la variable en la cuadrfcula.

S = es la desviaci3n estandar de los datos en un crucero x para la cuadrfcula.

Luego se obtuvo un promedio total para cada cuadrfcula h y un estimador de su varianza dada por:

$$S_h^2 = \sum \frac{S_x^2}{n_h}$$

Donde:

n_h = n3mero de cruceros con datos en la cuadrfcula h

h = cuadrfcula y nivel de profundidad estandar

Finalmente, para cada variable, el valor del error estandar total S_h indicar3 si es significativa una anomalfa calculada si esta 3ltima presenta una diferencia superior a tres veces el valor de S_h .



Para el an3lisis estacional de las masas de agua se confeccionaron diagramas **T-S** para todas las transectas. Se calcul3 el porcentaje de participaci3n de las masas (**PPM**) de agua: Subtropical, Subant3rtica y Ecuatorial subsuperficial. Los **PPM** de las estaciones de cada transecta, se obtuvieron mediante el m3todo del tri3ngulo de mezcla (Mamayev, 1975) y se representaron en forma gr3fica como secciones verticales. Los valores de los pares **T-S** de las aguas tipo, utilizados en los tri3ngulos de mezcla se muestran en la **Tabla 2**.

Con los datos de viento horario obtenidos durante la ejecuci3n del crucero, se elabor3 una carta de intensidad y direcci3n, la cual se utiliz3 principalmente en la interpretaci3n de los datos oceanogr3ficos superficiales. Lo anterior permiti3 discutir la posible asociaci3n de anomal3as t3rmicas superficiales con procesos generados por el viento, justificando as3 los valores de anomal3a encontrados.

Los vientos horario medidos durante la navegaci3n fueron corregidos en forma vectorial, rest3ndose el efecto de navegaci3n de la embarcaci3n de acuerdo a la siguiente expresi3n:

$$V_r = V_m - V_b$$

Donde:

V_r = Vector del viento real.

V_m = Vector del viento medido durante la navegaci3n.

V_b = Vector del viento relativo producido por la navegaci3n del buque.

Con la informaci3n de viento horario se calcul3 tambi3n el 3ndice de surgencia (**IS**) instant3neo (Bakun 1973, 1975 y 1987) y a partir de estos se obtuvo el **IS** promedio de las observaciones realizadas hasta las 30 mn de la costa, cada 1° de latitud. El **IS** promedio fue representado por flechas en una carta de la zona, indicando en forma proporcional la magnitud del transporte y la direcci3n de 3ste.



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

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

Donde:

M_x = Transporte de masa hacia el oeste.

T_y = Coacción del viento sobre la superficie en la dirección norte-sur.

f = Parámetro de Coriolis.

Siendo:

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

Donde en (2):

ω : Velocidad angular de la tierra

l : Latitud del lugar

A su vez, de la ecuación 1:

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

Donde en (3):

r_a = Densidad del aire (1,25 Kg/m³).

C_d = Coeficiente de arrastre (0,0013 sin dimensiones).

V = Componente norte sur de la velocidad del viento.



$|W|$ = Magnitud de la velocidad del viento.

El valor de C_d (coeficiente de arrastre) que se utiliz3 en los c3culos fue igual a 0,0013 de acuerdo a Bakun y Parrish, (1982).

Con la informaci3n de viento horario registrado durante la navegaci3n, se determin3 tambi3n el 3ndice de turbulencia (**IT**), el cual corresponde al cubo de la magnitud de la velocidad del viento (W^3) (Bakun y Parrish, *op cit*). Con la informaci3n de los datos individuales de **IT** se obtuvo un valor de **IT** promedio costero e **IT** promedio oce3nico, tomando en el primer caso, los registros de viento entre la costa y las 30 mn, y para los oce3nicos desde las 30 hasta las 100 mn, dentro de un grado de latitud. Los valores promedio fueron graficados como barras sobre una carta que muestra la zona de estudio.

La informaci3n meteorol3gica obtenida en cada una de las estaciones bio-oceanogr3ficas ser3 remitida al CENDOC a fin de mantener actualizada la base de datos meteorol3gica del pa3s.

La determinaci3n de la "condici3n de normalidad", se realiz3 considerando los valores de anomal3a de las variables temperatura, salinidad, profundidad de la isoterma de 15°C, y su respectiva desviaci3n est3ndar. En t3rminos generales, la aparici3n de condiciones an3malas para la zona y per3odo de estudio, est3 dada por valores de 1 desviaci3n est3ndar respecto del promedio hist3rico en cada variable, discuti3ndose la causa de la anomal3a registrada (**Anexo 1**). Los promedios hist3ricos de temperatura, salinidad y profundidad de la isoterma de 15°C s3lo est3n calculados para el 3rea comprendida entre Arica y rada Paposo (25°S). Las condiciones subsuperficiales son discutidas tambi3n respecto de las



condiciones superficiales, los posibles procesos que est3n o se desarrollaron en la zona en comparaci3n con cruceros anteriores efectuados en el mismo per3odo.

Respecto a la clorofila-**a**, una vez cuantificadas las muestras, la informaci3n fue codificada, digitada y geo-referenciada por profundidad de origen. Esta informaci3n permiti3 confeccionar cartas de distribuci3n vertical para todas las transectas, 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 concentraci3n de los 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 3.1.
- C_i y C_{i+1} = Son las concentraciones de clorofila ($\mu\text{g/L}$) en la profundidad i , desde superficie a la profundidad m3xima de 100 m.
- D_i y D_{i+1} = Son las profundidades respectivas (m).

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



distribución tanto para la clorofila integrada como para los feopigmentos integrados.

Con las mediciones del disco Secchi se calculó la profundidad del 1% de la luz incidente, considerada como la profundidad de la capa fótica.

3.3.2 Procesamiento de la información satelital durante el crucero.

3.3.2.1 Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial del mar (TSM) satelital correspondiente al período del crucero.

Para el análisis de la estructura térmica superficial entre Arica y Pichidangui, se adquirieron, procesaron y analizaron imágenes satelitales de resolución espacial media (4km) de temperatura superficial del mar (**TSM**), provenientes del radiómetro de alta resolución (AVHRR) a bordo de los satélites MODIS. Como resultado se obtuvo una imagen correspondiente al promedio del período entre el día 8 y el día 16 octubre de 2007, considerando las pasadas nocturnas y diurnas del satélite. El promedio nos permite mejorar la distribución espacial reduciendo el efecto negativo de las nubes, pero conservando la sinopticidad de los procesos oceanográficos de la zona.

Las cartas satélites son matrices de datos que fueron corregidas atmosféricamente y posteriormente geo-referenciadas, para finalmente obtener los valores de **TSM**. Cabe destacar que la reducida disponibilidad de imágenes de **TSM** fue condicionada por la presencia de nubosidad en el área de estudio, ya que el sensor no es capaz de hacer mediciones a través de las nubes.



3.3.2.2 Distribución espacial y temporal de la clorofila satelital correspondiente al período del crucero.

Paralelamente, se recepcionaron y procesaron imágenes satelitales diarias de resolución espacial media (4 km) de la clorofila (cloas) entre Arica y Pichidangui. Las imágenes satelitales MODIS son distribuidas por el centro Ocean Color Web (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/seadas/>), el cual establece un control de calidad previo para los datos de color del océano.

Al igual que las imágenes de **TSM** satelital, la disponibilidad de imágenes de clorofila también es condicionada por la nubosidad existente en la zona de estudio, ya que la forma de registro del sensor no realiza mediciones a través de las nubes. Dentro de este contexto, se presentan 4 imágenes diarias representativas de la situación predominante en la zona y corresponden a los días 26 de septiembre y 3, 6 y 15 de octubre de 2007.

3.3.2.3 Imágenes satelitales de viento superficial y corrientes geostróficas superficial correspondientes al período de crucero.

Datos diarios del campo vectorial superficial del viento del océano, nivel 3 grillado, fueron obtenidos del satélite QuickSCAT, estos datos que fueron obtenidos del centro de distribución del Jet Propulsion Laboratory SeaWinds Project (<http://winds.jpl.nasa.gov/missions/quikscat/>). Estos datos son presentados como promedios semanales de magnitud del viento y distribución espacial vectorial de la velocidad del viento correspondiente a los periodos comprendidos entre el 24 y 30 de septiembre, entre el 1 y 7 de octubre y entre el 8 y 14 de octubre de 2007, para las localidades entre Arica y Pichidangui.



Datos diarios del campo superficial de corrientes geostróficas fueron obtenidos del centro de distribución AVISO (<http://www.jason.oceanobs.com>), con una resolución espacial de 0,25° x 0,25° y resolución temporal diaria. Estos datos satelitales son el resultado del procesamiento combinado de todos los satélites con altímetro disponible usando una interpolación óptima (Ducet *et al.*, 2000). La combinación de diferentes satélites proporciona mapas más realistas mejorando la descripción de la variabilidad de mesoescala del océano. De esta información se obtuvo una imagen diaria de anomalías del nivel medio del mar y la velocidad geostrófica relativa a la superficie (flechas) de 3 días representativos del desarrollo del crucero, 25 y 30 de septiembre y 5 de octubre de 2007.

4. Objetivo específico N° 2.2

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

4.1 Calibración de flujómetros TSK

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

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



TSK 6098 **V = 0,1623 * N - 0,0196**
TSK 4771 **V = 0,1595 * N + 0,0137**

4.2 Recolecci3n de las muestras

El crucero se efectu3 a bordo del B/I “Abate Molina” durante el per3odo comprendido entre el 21 de septiembre y el 15 de octubre de 2007, realiz3ndose un total de 147 estaciones zooplanct3nicas distribuidas en 21 transectas perpendiculares a la costa, separadas entre s3 por intervalos de 40 millas (**Fig. 1**).

Las muestras se recolectaron mediante una red cilindro-c3nica modelo WP-2 (Sameoto **et al.**, 2000), la cual tiene una abertura de 57 cm (0,25 m² de 3rea de boca) y un largo total de 261 cm, confeccionada con malla sint3tica monofilamento de 300 μm de abertura.

El 3rea efectiva de filtraci3n es de 2,996 m² y la relaci3n 3rea filtrante / 3rea de la boca (R) es 6,48, la que se considera altamente favorable para evitar oclusi3n de las mallas en circunstancias de pescas prolongadas o de gran densidad de plancton.

Las muestras recolectadas se obtuvieron mediante arrastres verticales desde profundidades m3ximas de 100 m hasta la superficie, o desde 5 m sobre el fondo, en el caso de registros batim3tricos menores a la profundidad l3mite de muestreo, con velocidades de calado e izado de la red iguales a 0,8 m/s y a 0,6 m/s, respectivamente.

La verticalidad del cable se trat3 de mantener mediante un lastre depresor de aproximadamente 25 kil3gramos. El 3ngulo del cable con respecto a la vertical, se



control3 mediante un clin3metro manual, inmediatamente antes del izado de la red. Durante el crucero, el 3ngulo fluctu3 entre 2° y 45° con una media igual a 19°.

La cuantificaci3n del volumen de agua filtrada durante cada pesca se efectu3 utilizando los registros de un medidor de flujo marca TSK, instalado en la boca de la red.

Durante la realizaci3n de cada uno de los lances zooplanct3nicos, se registr3 en planillas especialmente dise~nadas 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, cable arriado e informaci3n ambiental de caracter complementario (**Tabla 1**).

4.3 Tratamiento de las muestras a bordo

Las muestras obtenidas fueron preservadas con una soluci3n de formalina en agua de mar al 5%, tamponada con tetraborato de sodio, almacen3ndose 3stas en frascos pl3sticos de 500 cc, de alta densidad debidamente rotulados. El proceso de fijaci3n se realiz3 tan pronto como 3stas fueron extra3das del copo recolector, evitando de esta manera un posible deterioro de los ejemplares provocado por autolisis.

4.3.1 Procedimiento en laboratorio

4.3.1.1 Separaci3n e identificaci3n de huevos y larvas

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

- Extracci3n de la totalidad de los estadios tempranos de peces (huevos y larvas), de cada una de las muestras recolectadas.



- Identificaci3n taxon3mica de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa,
- Cuantificaci3n de huevos y larvas de las especies objetivo y,
- Enumeraci3n y agrupaci3n del resto del ictioplancton, bajo la denominaci3n de "otras especies".

Para el procesamiento de las muestras consideradas sus cuatro etapas, 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, 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).

4.3.2 Estandarizaci3n de la estimaci3n de la abundancia de huevos y larvas de peces

Con el prop3sito de hacer comparable el n3mero de huevos y larvas obtenido del muestreo cuantitativo, se estandariz3 toda la colecci3n a una base com3n, en t3rminos del n3mero de huevos o larvas existentes en una unidad de 3rea est3ndar de 10 m².



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

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

Donde:

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

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

$$d = L_o \cos \theta$$

Donde:

- L_o = Cantidad de cable arriado (m).
- $\cos \theta$ = Coseno del ángulo registrado antes del virado de la red.

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

$$W = Q \cdot t$$

Donde:

- Q = Volumen de agua filtrado por unidad de tiempo (m^3/seg).
- t = Tiempo empleado en el arrastre (seg).



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

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

V = Velocidad de arrastre de la red expresada en m/seg.

A = Área de la boca de la red (m²).

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

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

Donde:

N = Número de revoluciones por segundo.

a y b = Constantes

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

Para la confección de mapas de distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa y asignación de categorías de densidad para la biomasa zooplanctónica, se utilizó la escala geométrica de Frontier (1966) modificada y el software SURFER 8.0.

La determinación del volumen del zooplancton para toda la columna de agua (0-50 m) y para los tres niveles de profundidad considerados, se efectuó con posterioridad a la extracción de los estadíos tempranos de peces, a objeto de



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

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

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

Donde:

Y = ml de zooplancton por 1.000 m³

X = ml de zooplancton

W = volumen de agua filtrada por la red (m³)

El resultado se expresa en mililitros de plancton húmedo en 1000 m³ de agua de mar filtrada (ml/1000m³).

4.3.3 Análisis cartográfico de la distribución del ictioplancton respecto de la temperatura superficial del mar

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



dichos SIG y para realizar una descripción espacial y temporal de las variables ictioplanctónicas y oceanográficas se generaron cartografías para cada variable.

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

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

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

Para el análisis integrado de las variables se usó como plataforma de trabajo el SIG IDRISI. Con dicho SIG y para detectar la posible asociación entre la distribución de las variables ictioplanctónicas y los parámetros ambientales, se emplearon tres enfoques: a) se elaboró un estudio espacial y visual de la



informaci3n realizando la cartografía de las variables; b) se estableci3 una relaci3n funcional entre la distribuci3n del ictioplancton y el gradiente t3rmico; y c) se efectu3 un modelamiento estadístico entre la abundancia de los huevos y larvas respecto de las variables ambientales.

4.3.4 Relaciones entre la distribuci3n del ictioplancton y variables ambientales

Se confeccionaron mapas mediante la superposici3n de la distribuci3n y abundancia del ictioplancton respecto de la variable oceanogr3fica satelital.

Para establecer las relaciones entre la distribuci3n del ictioplancton y el gradiente t3rmico, se efectu3 un an3lisis a trav3s de modelos de regresi3n. De esta manera, de cada uno de los pixeles se calcularon la densidad de los huevos y larvas de anchoveta, adem3s se estimaron los diferenciales de temperatura mediante los comandos del SIG. La prueba de la hip3tesis se realiz3 mediante modelos de regresi3n m3ltiple “paso a paso” (stepwise), en este an3lisis se utiliz3 el programa estadístico S-PLUS. Cabe señalar que dicha metodología es similar a la propuesta por Reddy *et al.*, (1995); Yañez *et al.*, (1997) y Braun *et al.*, (2007).

Asimismo, una vez realizada la cartografía se procede a calcular los índices estadístico de los mapas. En el caso de las cartografías de huevos y larvas de anchoveta, se calcul3 el centro de gravedad de las cartografías (CG).

Para el c3lculo del CG para cada crucero 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-ésimo crucero.

$Lat(Long)_{in}$ = Latitud (Longitud) de la i-ésima estaci3n.

Den_{in} = Densidad de huevos y larvas de la i-ésima estaci3n.

4.3.5 Modelamiento estadístico de la densidad de huevos y larvas asociado a variables ambientales

Existe más de una aproximaci3n para realizar el análisis de los datos, puede ser en un enfoque diseño basado (Cochran, 1980) acorde con el diseño implícito en la toma de datos o modelo basado, sobre la base de la distribuci3n de probabilidades de las variables. Los datos que se analizan se caracterizan por presentar una proporci3n de estaciones negativas (muestras en las cuales no se observan huevos o larvas), los que siguen una distribuci3n delta (Aitchison & Brown, 1957; Pennington, 1983), donde los valores ceros son tratados separadamente y los valores positivos se ajustan a una distribuci3n log-normal. Con el advenimiento de nuevas herramientas estadísticas, las componentes de la distribuci3n delta han sido modeladas como funci3n de factores o covariables a través de modelos lineales generalizados (McCullagh & Nelder, 1989; Stefansson, 1996) y/o modelos aditivos generalizados (Hastie & Tibshirani, 1990; Gordon *et. al*, 1992; Augustin *et al*, 1998).

Dado que el objetivo de este análisis se orienta a conocer la relaci3n entre las variables oceanográficas y la distribuci3n de huevos y larvas de anchoveta, se hizo uso de estos últimos modelos. Inicialmente se propuso el empleo de modelos



lineales generalizados, pero posteriormente se opt3 por los modelos aditivos generalizados (GAM), atendiendo a la naturaleza no lineal de los predictores de localizaci3n y oceanogr3ficos considerados. El GAM es un m3todo estadístico, similar al de regresi3n cl3sica, pero con supuestos distribucionales m3s generales, adem3s de no suponer linealidad en las covariables. El GAM tiene la siguiente forma general (Hastie & Tibshirani, 1990).

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

La funci3n $g(\cdot)$ es la funci3n de enlace, la cual define la relaci3n entre la respuesta y el predictor lineal $\beta_0 + \sum_k S_k(x_k)$. La respuesta, y , se asume que se distribuye de acuerdo a una de una amplia familia de distribuciones estadísticas, la familia exponencial. El t3rmino x_k es el valor de la k-3sima covariable. El t3rmino β_0 es un intercepto, y $S_k(\cdot)$ es una funci3n de suavizamiento unidimensional para la k-3sima covariable.

Las variables de inter3s 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⁻²) dada la presencia de 3stos. Ambas variables fueron modeladas separadamente, como una funci3n de variables de localizaci3n (latitud, longitud) y ambientales (salinidad, temperatura superficial, oxígeno, densidad del agua, clorofila integrada y capa de mezcla), las cuales fueron introducidas en el modelo a trav3s de funciones no-param3tricas suaves, de la forma de los suavizadores splines cúbicos (Hastie y Tibshirani, 1990), adem3s, se incorpor3 un predictor lineal correspondiente al crucero realizado en los ańos 2006 y 2007. Este 3ltimo factor permite conocer la tendencia del índice, en un contexto anual, 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 robusto y quasi-versimilitud, seleccion3ndose este 3ltimo, basado en el criterio de Cp de Mallows (Neter *et al.*, 1990).

4.4 An3lisis geoestad3stico univariado

Para determinar la distribuci3n espacial de las variables biol3gicas (huevos y larvas) muestreadas en la zona de estudio, se aplico un conjunto de herramientas estad3sticas que tienen el prop3sito de modelar las observaciones espacialmente correlacionadas, usando un modelo adecuado para estimar valores en localidades no observadas durante el proceso de la recolecci3n de muestras (Journel & Huijbregts, 1978; Isaaks & Srivastava, 1989; Cressie, 1991; Deutsch & Journel, 1997; Goovaerts, 1997). La geoestad3stica se aplica en dos etapas, la primera corresponde al an3lisis estructural, donde la correlaci3n espacial entre las observaciones es modelada usando una medida de continuidad espacial como el variograma. Las observaciones se utilizan para producir el modelo geoestad3stico, que describe el proceso estoc3stico. En la siguiente etapa, el modelo es usado para interpolar valores sobre una grilla regular, generalmente usando un algoritmo de optimizaci3n conocido como kriging. En esta etapa, los valores del proceso en cualquier lugar del espacio muestreado se obtienen como combinaci3n lineal convexa de los valores de las observaciones vecinas, en que las observaciones de densidad son pesadas con ponderadores que dependen de la distancia entre el



punto a evaluar y el punto observado. La capacidad del kriging de interpolar sobre localidades no observadas permite mapear el proceso estocástico, lo que equivale a obtener una realizaci3n m3s completa del proceso, sobre una regi3n o toda el 3rea cubierta por las observaciones.

4.4.1 An3lisis Estructural

La herramienta cuantitativa usada para caracterizar la correlaci3n espacial de las variables huevos y larvas de anchoveta es la funci3n de variograma, $2\gamma(x, h)$, la cual es la esperanza matem3tica de la variable aleatoria, $[Z(x) - Z(x + h)]^2$, donde Z es la variable huevos y larvas, x es la ubicaci3n espacial, y h es una distancia vectorial compuesta por una magnitud y direcci3n (Journel & Huijbregts, 1978). Bajo el segundo orden estacionario, el variograma s3lo depende del vector de separaci3n h y no de la ubicaci3n de x . Luego, es posible estimar el variograma $2\gamma(x, h)$ de los datos disponibles a trav3s del variograma experimental,

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

Donde $N(h)$ es el n3mero de pares $Z(x_i) - Z(x_i + h)$, a cualquier par de puntos separados por un vector h . Cuando el variograma es calculado como un promedio sobre todas las direcciones, el vector h es un escalar y el variograma es llamado omnidireccional. Este tipo de variograma es apropiado cuando el proceso estocástico estudiado es isotropico (la misma estructura espacial existe en todas las direcciones). Sin embargo, en presencia de anisotropía (diferentes estructuras para diferentes direcciones), el eje principal de continuidad espacial debe ser identificado y el variograma direccional es calculado para cada direcci3n angular en particular.



De esta manera es posible estudiar dos tipos de anisotropía, una geométrica (la misma forma del variograma pero a diferentes rangos) y la otra zonal (diferentes niveles de variabilidad a diferentes direcciones). Para evaluar la presencia de los ejes de anisotropía, se realizarán diagramas de rosa o mapas de niveles del variograma con respecto a los desfases, h . Estos mapas o diagramas permiten identificar los ejes de máxima continuidad formada por el ángulo θ respecto a la direcci3n norte. La direcci3n del eje de menor anisotropía es perpendicular al eje mayor de la elipse formada por el diagrama de rosa y con un ángulo de $\phi = \theta + 90$. El mayor y menor rango de anisotropía, a_θ y a_ϕ , definen el factor de anisotropía como la tasa del menor rango y el mayor rango, dado por $\lambda = a_\phi / a_\theta < 1$. Luego, es posible aplicar la correcci3n por anisotropía mediante la transformaci3n del vector original de coordenadas en un nuevo sistema de coordenadas (Goovaerts, 1997).

4.4.2 Ajuste del Modelo al variograma

En el ajuste del variograma omnidireccional y direccional, se pueden usar varios modelos encontrados en la literatura (Journel & Huijbregts, 1978; Isaaks & Srivastava, 1989; Cressie, 1991; Deutsch & Journel, 1997; Goovaerts, P. 1997), sin embargo, el modelo gaussiano es ampliamente usado para modelar fenómenos extremadamente continuos, y el modelo esférico es el más comú n usado en evaluaciones marinas y en otras ciencias de la tierra (Roa & Tapia, 2000). El modelo esférico esta dado por:

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 \\ c_0 + c \left[\frac{3}{2} \left(\frac{|h|}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{|h|}{a} \right)^3 \right] \\ c_0 + c \end{cases} \quad (2)$$



Para $h = 0$, $0 < |h| \leq a$ y $|h| \geq a$ respectivamente (Cressie, 1991). Hay tres parámetros en el variograma; el primero está el *nugget* que corresponde a una varianza espacial residual o una variabilidad de micro escala no resuelta por la resolución de muestreo, siendo una discontinuidad (Petitgas, 1993). Luego está el *rango*, que corresponde al área de influencia promedio de un punto o la distancia mas allá de la cual no correlaciones entre pares de datos es observada. Y finalmente esta el *sill*, que corresponde a la disimilitud máxima o máximo nivel de variabilidad. Dada la diversidad de modelos disponibles en la literatura para modelar los variogramas omnidireccionales (Goovaerts, 1997), una vez seleccionado el mejor modelo se encontrarán los ejes de mayor continuidad espacial, los cuales permitirán ajustar modelos anisotrópicos del tipo descrito anteriormente. Los parámetros de los modelos serán ajustados usando la aproximación suma de cuadrados ponderados descrito por Cressie (1991). Este criterio tiene la ventaja de dar mas peso a los puntos con un alto número de pares y cercanos al origen, la cual es la parte más importante en la estimación de los parámetros del variograma. Esta propiedad es muy deseable puesto que se quiere que el variograma teórico esté bien ajustado sobre todo en las distancias cortas, donde la correlación espacial es mayor. Las estimaciones de los parámetros son hechas usando el algoritmo iterativo de quasi-Newton, con valores iniciales obtenidos de la modelización interactiva del variograma, usando el lenguaje de programación y estadística computacional R (2006).

4.4.3 Interpolación Mediante Kriging

La distribución espacial de la variable biológica se determinó usando la técnica de estimación espacial conocida como el kriging sobre una grilla regular. Para cada



nodo de la grilla (u), la variable biológica $Z^*(u)$ fué estimada de la siguiente manera:

$$Z^*(u) - m(u) = \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \omega_{\alpha}(u) [Z(u_{\alpha}) - m(u_{\alpha})] \quad (3)$$

Donde $\omega_{\alpha}(u)$ son los pesos asignados al dato $z(u_{\alpha})$, interpretado como una realización de la variable aleatoria $Z(u_{\alpha})$. Las cantidades $m(u)$ y $m(u_{\alpha})$ son los valores esperados de la variable aleatoria $Z(u)$ y $Z(u_{\alpha})$. EL número de datos ocupados en la estimación como sus ponderaciones puede cambiar de una posición a otra. Solo los datos $n(u)$ cercanos a la posición u a ser estimados son retenidos, los datos dentro de una vecindad dada o una ventana $W(u)$ centrada en u . La interpretación de los valores desconocidos $z(u)$ y el valor del dato $z(u_{\alpha})$, es una realización de la variable aleatoria $Z(u)$ y $Z(u_{\alpha})$, permitiendo definir el estimador del error como una variable aleatoria $Z^*(u) - Z(u)$, bajo la función objetiva de minimización o varianza del error,

$$\sigma_E^2(u) = Var\{Z^*(u) - Z(u)\} \quad (4)$$

la que es minimizada bajo la restricción,

$$E\{Z^*(u) - Z(u)\} = 0 \quad (5)$$

El estimador del kriging varía dependiendo del modelo adoptado para la función aleatoria $Z(u)$, que está dada por un componente residual $R(u)$ y un componente tendencia $m(u)$, tal que:



$$Z(u) = R(u) + m(u) \quad (6)$$

El componente residual es modelado como una función aleatoria estacionaria con promedio cero y covarianza:

$$Cov\{R(u), R(u+h)\} = E\{R(u) \cdot R(u+h)\} = C_R(h) \quad (7)$$

Así, el valor esperado de la variable aleatoria Z en la posición u es el valor de la componente tendencia a esa posición:

$$E\{Z(u)\} = m(u)$$

Las ponderaciones $\omega_\alpha(u)$ fueron calculadas usando los parámetros del modelo ajustado al variograma seleccionado, y las observaciones mediante la solución de un sistema de ecuaciones lineales donde la varianza del kriging fue minimizada bajo la restricción que $\sum \omega_\alpha = 1$, asegurando una estimación no sesgada de Z^* (Journel & Huijbregts, 1978). Tres variantes del kriging pueden ser adoptados de acuerdo al modelo considerado para la componente tendencia $m(u)$, el kriging simple, el kriging ordinario y el kriging con un modelo tendencia (Goovaerts, 1997) o conocido como kriging universal (Journel & Huijbregts, 1978).

5. 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.

5.1 Calibración del sistema acústico

5.1.1 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 ± 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 realizan al inicio de cada crucero, para lo cual el buque se fondea con dos anclas una por la proa y la otra por la popa (“barbas de gato”).

Con el objeto de minimizar el movimiento de la esfera en el proceso de calibración, ésta se ubica en el haz acústico mediante tres líneas de nailon monofilamento, utilizándose carretes de cañas de pescar para variar y controlar la ubicación del blanco en el haz.

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



$$G_1 = G_0 + \frac{TS_m - TS_b}{2}$$

Donde:

- G_1 = Nueva ganancia del transductor
- G_0 = Ganancia antigua
- TS_m = Intensidad de blanco medida (dB)
- TS_b = Intensidad de blanco te3rico (dB)

Para ajustar los par3metros de las lecturas del ecointegrador (**Sa**), se aplic3 el siguiente procedimiento:

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

Siendo:

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

Donde:

- s_{bs} = Secci3n dispersante de la esfera (dB).
- r = Profundidad de la esfera (m).
- r_0 = Profundidad de referencia (1 m).
- ψ = 3ngulo equivalente del haz ac3stico (dB).
- $Sa_{(t)}$ = Salida te3rica del ecointegrador.
- $Sa_{(m)}$ = Salida medida del ecointegrador.



5.2 Identificación de especies

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

$$S_v = \frac{C1V^2}{LxD}$$

Donde:

- S_v = Coeficiente volumétrico de dispersión de la agregación ó cardúmen.
- $C1$ = Constante de calibración electrónica del equipo. En el caso del EK 500 está incluida en la salida calibrada del ecointegrador.
- L = Longitud de la agregación (m)
- D = Altura media de la señal remitida por la agregación (m).

La información acústica empleada corresponde a la relación entre las características geométricas de los cardúmenes (largo, alto, forma), medidas en el ecograma, respecto a la señal acústica remitida, medida en el ecointegrador (voltaje), ambas mediciones se combinan y se determina el factor denominado “coeficiente volumétrico de dispersión o S_v ” que presenta rangos claramente diferenciables entre sardina española, jurel y anchoveta. Los valores típicos de este índice son $-31,9$ dB para sardina española; $-42,1$ dB para jurel y -36 dB para anchoveta.

La información del comportamiento específico como apoyo a la identificación, corresponde a la ubicación en la columna de agua y a la formación de los cardúmenes ó agregaciones determinados desde el ecograma. La anchoveta se localiza preferente-



mente en los primeros 30 m de profundidad, mientras que el jurel puede alcanzar mayores profundidades. La anchoveta se agrega en cardúmenes o agregaciones de forma circular u ovaloides con bordes bien definidos y durante la noche presenta estratos superficiales con densidades variables. Este patrón es especialmente frecuente en peces juveniles. Las profundidades de estas agregaciones nocturnas varían según el grado de luminosidad de la noche, provocada por la presencia y fase lunar. El jurel registra agregaciones de menor densidad que la anchoveta y la sardina española, con bordes menos definidos y más extensos, pudiendo presentar estratos extensos y dispersos alcanzando profundidades superiores a los 100 m según la hora del día.

Esta línea de trabajo se encuentra entre las visiones más modernas para las aplicaciones de la acústica, siendo actualmente uno de los temas de investigación de mayor importancia en países líderes en el desarrollo tecnológico de la hidroacústica, como Noruega, Francia y Reino Unido, los que están abocados a la creación de sistemas expertos o redes neuronales para que en base a un banco de datos y en la determinación de parámetros medidos en el equipo, se produzca la separación de las especies, también se han desarrollado opciones relacionadas con la utilización de equipos acústicos que operen con multifrecuencias.

El procedimiento aplicado en la zona norte de Chile, es más efectivo cuando los cardúmenes son monoespecíficos. Al respecto es posible mencionar la existencia de algunos grados de mezcla entre especies en algunas etapas de desarrollo, puesto que se ha observado que básicamente los cardúmenes son de carácter monoespecífico agrupados en rangos similares de tallas, por este motivo en los estadios juveniles es posible encontrar algunos grados de mezcla entre la anchoveta y la sardina española, siendo casi inexistente la mezcla con jurel, puesto que esta especie desarrolla sus estadios juveniles en sectores más oceánicos.



No obstante lo anterior, las características actuales del ecosistema pelágico de la zona norte, en que la anchoveta es la especie dominante prácticamente todo el año, son una ventaja para la identificación de las especies en las prospecciones acústicas, facilitando enormemente esta tarea. Se debe tener presente, que la sardina española prácticamente ha desaparecido de la zona norte y difícilmente se han encontrado cardúmenes de esta especie en estado adulto mezclados con anchoveta.

5.3 Distribución de los recursos

La información acústica por Intervalo Básico de Muestreo (**I.B.M.**) acústico de 0,5 mn, separada por especie, es presentada en mapas de distribución espacial, utilizando una escala de densidad ($t\ mn^{-2}$), determinada por la siguiente expresión $75*2^{(n-1)}$, donde n representa el nivel de la categoría, siendo $0 < n \leq 4$ (**Tabla 3**).

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

5.4 Índices de cobertura y densidad

El índice de cobertura (**IC**) indica el porcentaje del área ocupada efectivamente por la especie, dando una idea acerca del grado de agregación presentado por la especie en el momento de la prospección, su cálculo fue realizado según:

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



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

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

Donde:

k = Número de observaciones acústicas con presencia de recurso.

Z = Número total de observaciones acústicas en el crucero.

S_{aij} = Lecturas acústicas en la i -ésima I.B.M de la j -ésima transecta.

C_e = Factor de ecointegración ($[t\text{mn}^{-2}]S\text{a}^{-1}$), obtenido en base a un TS_{kg} de $-32,5$ dB kg^{-1} .

IC = Índice de cobertura (%).

ID = Índice de densidad en $t\text{mn}^{-2}$.

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

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

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

Siendo:

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

P = Peso a la talla (kg)



En el caso de la anchoveta se aplica la relación $TS\ 20\ Log\ L - 73,3$ determinada por Castillo *et al.*, (2001) 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 $TS\ 20\ LogL - 68,67$ (Córdova *et al.*, 1997; Lillo *et al.*, 1996).

6. Objetivo específico N° 2.4

Determinar las variaciones mensuales en la zona costera de las variables señaladas en 2.2.1 y 2.2.2, con observaciones realizadas en, a lo menos, 3 estaciones costeras dentro de la zona de estudio.

Las estaciones costeras de monitoreo preestablecidas desde mayo del año 1997, están ubicadas a 2 mn al oeste de los puertos de Arica, Iquique y Mejillones y fueron realizadas en octubre y diciembre de 2007 a bordo del B/I “Abate Molina” y las 6 restantes a bordo de embarcaciones pesqueras pertenecientes a CORPESCA.

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

6.1 Variables oceanográficas

En las estaciones costeras realizadas durante el mes de octubre de 2007, se utilizó un CTD Neil Brown modelo MK3C operado en tiempo real, mientras que las estaciones de diciembre de 2007 se realizaron con un CTD Sea Bird modelo 19, equipado con bomba en modo auto contenido o con un CTD Neil Brown MK3C en tiempo real. Con ellos se obtuvo registros verticales continuos de temperatura (°C) y salinidad con profundidad hasta un máximo de 50 m. Para la toma de muestras



de agua se utilizaron botellas Niskin de 5,0 L dispuestas en un muestreador automático tipo ROSETA.

En los meses en que las estaciones fijas fueron muestreadas por CORPESCA, se equiparon embarcaciones menores, en las que se realizaron lances con un CTD marca APPLIED MICROSYSTEM modelo CTD PLUS V2 hasta un máximo de 50 m para muestrear temperatura y salinidad en forma continua. En algunos muestreos mensuales de CORPESCA se utilizó termómetros oceanográficos de inversión para registrar la temperatura en la columna de agua, adosados a las botellas Niskin. En todos los casos, para recolectar muestras de agua para los análisis del contenido de oxígeno disuelto y clorofila-a (**cloa**) se usaron botellas de muestreo oceanográfico tipo Niskin. Las profundidades de muestreo fueron 0, 5, 10, 20, 30 y 50 m. Para la salinidad se tomaron muestras de agua en las profundidades estándar ya indicadas. Los análisis de esta variable se hicieron con un salinómetro de Inducción, calibrado con agua de mar estándar, marca TSK Digiauto o IAPSO, Batch P128.

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

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

6.2 Variables biológicas

Clorofila-a



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

El procesamiento de estas muestras es similar al descrito anteriormente para el crucero *in situ* (ver punto 3.2).

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

6.3 Plancton

Se realizaron pescas planctónicas mediante arrastres verticales integrados y estratificados, utilizando la misma metodología para ambos sistemas de recolecta. El procesamiento de las muestras recolectadas y su respectivo análisis se realiza siguiendo la rutina descrita para las muestras recolectadas durante el crucero *in situ* (ver punto 4.2).

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

Se recolectaron muestras zooplanctónicas mediante arrastres verticales, procedentes de distintos niveles de profundidad, utilizando para tales efectos 2 redes tipo WP-2, una para el muestreo vertical continuo desde la superficie hasta la profundidad dependiente de la batimetría de cada una de las estaciones costeras y la segunda, para el muestreo vertical estratificado, donde se considera la toma de muestras en tres intervalos de profundidad (0-10, 10-25 y 25-50 m).



Las muestras son fijadas por el personal de CORPESCA bajo el mismo protocolo utilizado por IFOP.

De cada muestra, se separan e identifican los huevos y larvas de las especies anchoveta, sardina, jurel y caballa, provenientes del muestreo continuo (0-50 m) y de los distintos estratos de profundidad (0-10, 10-25 y 25-50 metros), información que posteriormente se compara con los registros históricos; luego se estima la biomasa zooplanctónica a través de método volumétrico.

La determinación del volumen del zooplancton para toda la columna de agua (0-50 m) y para los tres niveles de profundidad considerados, se efectúa con posterioridad a la extracción de los estadíos tempranos de peces, a objeto de evitar posibles daños a los huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, que pudieran dificultar su identificación y/o clasificación. Para la medición de los biovolúmenes se utiliza el método volumétrico de desplazamiento de volúmenes húmedos (Postel *et al.*, 2000). El volumen se determina dos veces para cada una de las muestras y el resultado corresponde al promedio de ambas determinaciones. Se excluyen solamente de las mediciones aquellos organismos cuyo volumen excede los 5 ml.

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

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

Donde:

Y = ml de zooplancton por 1.000 m³

X = ml de zooplancton

W = volumen de agua filtrada por la red (m³)



7. Objetivo espec3fico N° 2.5

Determinar la variabilidad superficial de las variables temperatura del mar, clorofila-a y anomal3a del nivel del mar por medio de percepci3n remota y su asociaci3n y explicaci3n de 3stas con las variaciones espacio-temporales de la actividad pesquera. La frecuencia m3nima de an3lisis debe ser al menos mensual.

7.1. Monitoreo oceanogr3fico satelital

Im3genes diarias de temperatura superficial del mar (**TSM**) y de concentraci3n de clorofila-a (**Cloa**) de la zona norte de Chile (18°- 32°S) y desde la costa hasta los 74°S fueron obtenidas del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) a bordo de los sat3lites Terra (EOS AM) y del Aqua (EOS PM), los que son producidos y distribuidos por OCDPS (Ocean Color Data Processing System) del centro espacial a3reo Goddard de la NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Estos datos representan una imagen de dos dimensiones en una proyecci3n cil3ndrica equidistante, con una resoluci3n espacial aproximada de 4 km, y una cobertura de toda la zona de estudio desde el 01/01/2007 hasta el 31/05/2008, generando un total de 513 im3genes satelitales de **TSM** y **Cloa**. Estas im3genes diarias fueron agrupadas en promedio semanales de manera de evitar la nubosidad existente en la zona de estudio y producir im3genes con una mayor cobertura espacial de los datos, que las im3genes diarias, generando un total de 74 im3genes semanales para TSM y Cloa. Luego, se generan los pol3gonos de 10, 20 y 30 millas n3uticas fuera de la costa que definen una zona costera y los de 70, 80 y 90 millas n3uticas para una zona oce3nica mediante la proyecci3n de la l3nea de costa. Con la informaci3n satelital contenida en los pol3gonos se estudia la variabilidad latitud-tiempo de la TSM y de la Cloa mediante el promedio de los tres pol3gonos que cubren el 3rea costera y



los tres que cubren el área oceánica (**Fig. 3**). A los perfiles costeros y oceánicos resultantes se aplicó un filtro digital medio de dos dimensiones mediante el cálculo de una correlación bidimensional. Además se emplea información de las capturas diarias de anchoveta para el año 2007 provenientes de la flota industrial que operó en la zona norte de Chile de manera de visualizar los periodos ambiente-tiempo en que ocurre la pesca y que intensidad presentan dichos períodos. Para tal efecto, se estudió el comportamiento del ambiental reflejado en las variables ambientales y la serie temporal de las capturas diarias de anchoveta.

Datos diarios del campo vectorial superficial del viento del océano fueron obtenidos del satélite QuickSCAT Nivel 3, estos datos son recibidos, procesados y distribuidos por el Jet Propulsión Laboratory SeaWinds Project (<http://winds.jpl.nasa.gov/missions/quikscat/>). Este sensor remoto mide velocidad y dirección del viento cercano a la superficie sobre los océanos. Estos datos están actualmente disponibles en HDF (Hierarchical Data Format) y existen desde julio de 1999 a la fecha. Un total de 517 imágenes diarias fueron utilizadas en la caracterización del régimen de vientos presente en el área de estudio que cubre el periodo 01/01/2007 hasta el 31/05/2008. Para cada imagen satelital se extrajeron los dos valores más próximos a la línea de costa por cada latitud en que hay información (**Fig. 4**), estos valores fueron promediados para luego estimar el transporte de Ekman o índice de surgencia instantáneo (Bakun, 1975) para cada punto desde la dirección norte al sur y construir la matriz latitud – tiempo del transporte de Ekman, además se generan series temporales y latitudinales del transporte para estudiar su evolución y caracterizar su distribución espacial.

Datos diarios del campo superficial de corrientes geostroficas fueron obtenidos del Centro de Datos de Oceanografía Satelital, Interpretación, Validación y Almacenamiento llamado AVISO (<http://www.jason.oceanobs.com>), con una



resoluci3n espacial de $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ y temporal de cada un d3a, y distribuidos con un mes de desfase. Estos datos satelitales son el resultado del procesamiento combinado de todos los sat3lites disponibles usando una interpolaci3n 3ptima y tomando en cuenta los errores a lo largo de la longitud de onda (Ducet *et al.*, 2000). La combinaci3n de diferentes sat3lites proporciona mapas m3s realistas mejorando la descripci3n de la variabilidad de mesoescala del oc3ano. Se proces3 un total de 489 im3genes satelitales diarias desde 01/01/2007 hasta el 03/05/2008 del campo vectorial de corrientes geotr3ficas. Para cada imagen diaria se extrajo la componente zonal y meridional de cada estaci3n de muestreo oce3nica, la que corresponde al p3xel m3s cercano a la costa (**Fig. 5**). De esta manera se generaron gr3ficos temporales para cada componente de manera de identificar alg3n patr3n temporal en que domina una corriente en una direcci3n norte-sur o en una direcci3n este-oeste. Cabe se3alar que este tipo de producto satelital, al igual que las im3genes del viento tiene poco alcance espacial costero, pero nos permite obtener una sinopsis de las condiciones a nivel costero al ocupar los p3xeles m3s cercanos a la costa.

7.2 3ndices ambientales

Los 3ndices temporales de la variabilidad en la estructura espacial de la temperatura superficial del mar fueron derivados de los resultados de aplicar las Funciones Ortogonales Emp3ricas (FOE) o tambi3n conocido como An3lisis de Componentes Principales (ACP). Este m3todo encuentra los patrones espaciales de variabilidad, su variaci3n temporal y da una medida de la importancia de cada patr3n (Bjornsson & Venegas, 1997; Venegas, 2001; Hannachi, 2004). El an3lisis de las FOE se define como un n3mero reducido de funciones que explican gran parte de la varianza contenida dentro de los datos. En aplicaciones oceanogr3ficas, un conjunto de datos en funci3n del tiempo y el espacio son



descompuestos en funciones separadas de tiempo y espacio (Cole & McGlade, 1998; Cole, 1999; Yáñez *et al.*, 2001; Polovina & Howell, 2005).

Los datos semanales de **TSM** fueron interpolados a una menor resoluci3n espacial (9 km.) de manera de poder facilitar el c3lculo matricial, ya que para una menor resoluci3n espacial es necesario disponer de equipamiento computacional avanzado. Luego, se gener3 una matriz F donde cada vector fila corresponde a un mapa redimensionado y cada columna a una unidad temporal, luego la matriz fue estandarizada removiendo el valor medio para cada serie. Posteriormente, se calcul3 la matriz de covarianza, generando una nueva matriz $R = F^t F$, y se resuelve el problema de los valores propios dado por,

$$RC = C\Delta$$

, donde Δ es la matriz diagonal que contiene los valores propios de R , λ_i . Los vectores columnas c_i de C son los vectores propios de R correspondiente a los valores propios de λ_i . Para cada valor propio λ_i escogido, podemos encontrar el correspondiente vector propio c_i . Cada uno de esos vectores propios puede ser referido como un mapa. Esos vectores propios son los FOE que se buscaban. As3, el FOE₁ es el vector propio asociado con el m3s grande valor propio, y segundo FOE₂ es el segundo m3s grande valor propio, y as3 sucesivamente. Cada valor propio λ_i da una medida de fracci3n de la varianza total en R explicada por el modo. La matriz de vectores propios C tiene la siguiente propiedad:

$$C^t C = CC^t = I$$



, donde I es la matriz identidad. Esto significa que los FOE est1n no correlacionados en el espacio, o mejor dicho, que los vectores propios son ortogonales entre si, de aqu3 el nombre de Funciones Ortogonales Emp3ricas. El patr3n obtenido cuando un FOE es graficado como un mapa, representa una oscilaci3n permanente. El tiempo de evoluci3n de un FOE muestra como este patr3n oscila en el tiempo. Para ver como el FOE₁ se desarrolla en el tiempo, se puede calcular:

$$\vec{a}_1 = F \vec{c}_1$$

El componente n del vector \vec{a}_1 son las proyecciones del mapa en F del FOE₁, y el vector es una serie de tiempo para la evoluci3n del FOE₁. En general, para cada

FOE_j calculado, es posible encontrar el correspondiente \vec{a}_j . Estos son los componentes principales de la serie de tiempo o los coeficientes de expansi3n de los FOE. Como los FOE no est1n correlacionados en el espacio, los coeficientes de expansi3n no est1n correlacionados en el tiempo tambi3n (Bjornsson & Venegas, 1997). Esta metodolog3a permite separar la influencia espacial de la surgencia costera, la zona oce1nica y El Ni3o sobre los campos de temperatura superficial del mar. Adem1s, puede ser ocupado para clasificar y cuantificar la variabilidad de la estructura del sistema de acuerdo a la evoluci3n de su estructura espacial a trav3s del tiempo, ayudando a identificar y monitorear caracter3sticas ambientales que pueden ser un factor importante en los procesos biol3gicos que se desarrollan en la zona de estudio y en el desempe3o de la pesquer3a con un desfase temporal marcado (Cole & McGlade, 1998).

7.3 Relaci3n ambiente-recurso

De la misma manera que fue propuesto por **Cole (1999)**, los componentes principales que explican las m1xima variabilidad de la estructura del sistema



fueron analizados y contrastados con las series temporales pesqueras, provenientes de la flota industrial que oper3 en la zona norte de Chile durante el periodo 2007. De esta manera, se identificaron per3odos temporales en que las condiciones oceanogr3ficas son favorables para el desempe1o de la pesca y aquellas condiciones que son desfavorables. Se emplearon herramientas estad3sticas de correlaci3n para evaluar el grado de relaci3n que muestran las variables antes se1aladas. Adem3s, se estudi3 la posible relaci3n entre el transporte de Ekman y las series pesqueras en sus diferentes componentes, ya sean estos latitudinales o temporales.

8. Objetivo espec3fico N° 2.6

Determinar posibles patrones migratorios espaciales y estacionales de anchoveta y jurel sobre la base del an3lisis integrado de la informaci3n hist3rica recopilada por el monitoreo bio-oceanogr3fico, evaluaciones directas y monitoreos biol3gico-pesqueros de las zonas de pesca.

El 3rea de estudio corresponde a la macrozona de Arica – Antofagasta ($18^{\circ}21'03''S$ y $24^{\circ}S$) y desde la costa hasta los $73^{\circ}W$, donde en el a1o 2007 concentro el 94% de las capturas totales de anchoveta. Datos operacionales de las embarcaciones industriales que opera frente a las costas de la zona norte de Chile durante el a1o 2007 fueron obtenidos del programa de seguimientos de recursos pel3gicos peque1os desarrollado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Los datos operacionales incluyen el c3digo del barco, fecha y hora de zarpe y recalada, fecha y hora del lance, la posici3n geogr3fica del lance, peso total de la captura y c3digo de la especie. Para contar con informaci3n certera para el an3lisis, se emplearon diferentes criterios que tienen por finalidad eliminar los registros err3neos, inexactos o incompletos, estos estuvieron basados en criterios l3gicos y restringidos a la zona de estudio.



La exclusi3n de registros con datos err3neos o inexactos consisti3 en retener aquellos lances de pesca que cumplieran los siguientes criterios: (1) registros en pertenecieran al c3digo de la pesqueri3 de anchoveta; (2) aquellos registros en que el valor del campo esta ausente o que tienen valores similares, como seri3 la fecha de zarpe y la de recalada; (3) y aquellos lances de pesca que fueron realizados dentro de los m3rgenes de la zona de estudio. A partir de la aplicaci3n de estos criterios permiti3 generar una base de datos de 7787 registros, es decir, la aplicaci3n de los criterios se3alados anteriormente elimino un 46% de los registros originales.

Luego, se generan una serie temporal diaria de las capturas de anchoveta que cubre todo el periodo temporal del a3o 2007, a partir de esta serie se calcula la tasa de incremento, la que corresponde a la diferencia temporal entre el valor de la captura total estimada al d3a t y la estimada al d3a $t+1$. A partir de esta nueva serie temporal que mide los incrementos entre observaciones sucesivas, se identifican aquellas observaciones que presentan un valor igual o superior a las 2000 toneladas. Con el vector de d3as asociados a aquellas observaciones que presentan valores igual o superior a este umbral, se estima el vector que mide las diferencias entre los d3as en que ocurre este umbral basado en un valor critico, este umbral estar3an representando o estar3a asociado a grandes agregaciones de captura de anchoveta. Este vector de las diferencias en que ocurren estas altas agregaciones se estima el histograma de frecuencias para identificar los periodos temporales en que se repiten o se generan estas altas agregaciones de anchoveta.

A partir de los d3as en que ocurre este m3ximo valor de captura seleccionado como umbral, se generan 32 cartograf3as sobre una grilla de 10 x 10 millas n3uticas. Para cada mapa cartogr3fico se calcula el cluster *k-means* mediante



el algoritmo de Lloyd (1957) que consiste en particionar los datos espaciales en k grupos tal que la suma de los cuadrados a los puntos a ser asignados al centro del cluster es minimizado. Luego, para cada mapa cartográfico se selecciona el cluster espacial de mayor densidad y se estiman la magnitud y dirección entre el cluster de alta densidad en el tiempo t y el que ocurre en el tiempo $t+1$. Luego se cartografían los vectores (magnitud y dirección) que miden el desplazamiento entre clusters sucesivos a partir del vector de días seleccionado anteriormente.

Esta metodología esta basada en que existiría la presencia de un gradiente espacio – temporal de cierto nivel de captura o más bien de agregaciones espaciales que definen áreas de alta concentración del recurso. Y estas áreas de alta concentración del recurso anchoveta se estarían desplazando de un espacio (x_i, y_i) en el tiempo t a otro punto en el espacio (x_j, y_j) en el tiempo $t+1$, siendo definido por un vector espacial en magnitud y dirección.



VII. RESULTADOS

A. Objetivo específico N° 2.1

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

1. Condiciones oceanográficas

1.1 Vientos

Los vientos horarios medidos durante la navegación (**Fig. 6a**) fueron en total 566. Estos señalan un amplio predominio de viento sur en toda la zona, registrándose las mayores intensidades en la mitad sur de ella. El 43% de las mediciones indicaron una intensidad menor a los 5 m/s, mientras que el 57% restante correspondieron a intensidades que fluctuaron entre 5 y 10 m/s. Los vientos con intensidad menor a 5 m/s se distribuyeron en toda la zona, no obstante se destaca el área entre punta Arenas y Mejillones, la cual registró una mayor cantidad de datos de estas características. Respecto a la dirección de los vientos medidos en la zona, el 77% tuvo una dirección que fue favorable a los procesos de surgencia, es decir, del segundo y tercer cuadrante.

El índice de surgencia promedio (**ISP**) medido en la costa (**Fig. 6b**) tuvo un rango de valores entre 30 y 1679 m³/s x 1000 m de costa (en adelante sólo m³/s). El **ISP** mínimo se ubicó centrado en los 22°30'S. Los más altos **ISP** se localizaron entre los 28° y 29°S (1204 y 1679 m³/s). EL índice de turbulencia promedio (**ITP**) (**Fig. 6c**) en la costa tuvo valores en el rango de 30 a 768 m³/s³ , registrándose en



general, los mayores índices en el sector de punta Totalillo, en los 29°S, mientras que los menores se ubicaron entre caleta Chipana y punta Ballenita. Los **ITP** en el sector oceánico estuvieron en el rango de 14 a 1294 m³/s³, registrándose los mayores índices en el sector de Totalillo seguido de Iquique, con 690 m³/s³.

1.2 Temperatura superficial del mar

Las temperatura superficial (**TSM**) (**Fig. 7a**), medida *in situ*, durante el crucero de septiembre-octubre registró un rango total de 11,4 a 16,5°C en la zona que va de Arica a Pichidangui. La **TSM** disminuyó de valor gradualmente de norte a sur, registrando también mínimos en la franja costera, especialmente entre caleta Patillos y Tocopilla, en el área central y en el extremo norte de la zona, es decir, entre Arica y punta Madrid. El área oceánica entre Arica e Iquique registró los máximos térmicos relativos del período, superando los 16° C.

Las **TSM** señaladas, estuvieron asociadas a valores de anomalía (sólo de Arica a punta Tres Picos) (**Fig. 7b**) en el rango de -2,3° a -0,2°C. La mayor anomalía negativa se midió en la estación de 1 mn frente a punta Tres Picos. En el área oceánica predominó ampliamente la presencia de anomalías negativas que superaron la unidad, formando un núcleo de anomalías negativas más intensas que -1,5° C, en el área oceánica frente a Antofagasta. Anomalías térmicas entre 0 y -1°C se registraron en el sector costero frente a Pisagua.

1.3 Salinidad superficial del mar

La salinidad superficial (**Fig. 7c**), registró un rango total de valores en la zona que fue de 34,0 a 34,81 psu, midiéndose los máximos en la área norte, observándose una lengua de agua de valores > 34,8 psu, que se extendió desde Arica a Iquique por sobre las 50 mn. Los mínimos salinos se midieron en la estación 1 a 100 mn



de la costa. Una franja costera de aguas de mayor salinidad, respecto de la oceánica, se observó a lo largo de toda la zona prospectada, a excepción del área adyacente a punta Farellones.

Las salinidades se asociaron a anomalías negativas significativas (**Fig. 7d**) entre Arica y punta Tres Picos, siendo la excepción el sector al sur de bahía Moreno, donde se observaron algunas anomalías positivas no significativas. La anomalía de salinidad estuvo en el rango total de -0,36 a 0,1 psu. Prácticamente toda el área oceánica de la zona registró anomalías negativas mayores a 0,2 psu (absoluto). El área costera presentó anomalías menores, las que estuvieron en el rango de 0 a -0,2 psu.

1.4 Densidad superficial

La densidad superficial (**Fig. 8a**) registró valores en el rango de 25,4 a 26,4 Kg/m³. Las menores densidades se ubicaron en el sector oceánico de la parte norte de la zona, formando un foco que se extiende hasta la latitud de Iquique, el cual tuvo un valor inferior a 25,6 Kg/m³ con el mínimo indicado en la estación de 20 mn frente a punta Junin. Las máximas densidades se localizaron en la costa de tal Tal al sur con valores que superaron los 26,0 Kg/m³, principalmente al sur de punta Tres Picos, registrándose el máximo señalado en la estación costera (1 mn) frente a caleta Maitencillo de Coquimbo.

1.5 Distribuci3n superficial de OD

La distribuci3n superficial de oxígeno disuelto (**Fig. 8b**), muestra una zona de estudio relativamente homogénea con valores principalmente entre 6 y 7 mL/L, especialmente en la zona oceánica, sin ningún gradiente latitudinal. Paralelamente, se presentó una banda costera con valores levemente menores (5



a 6 mL/L) a los registrados en la zona oceánica, pero que definen una banda costera relativamente continua entre el sur de Antofagasta y Pichidangui, la cual se agrega alrededor de la península de Mejillones (5 a 6 mL/L). La Isolinea de 6 mL/L tiende a mostrarse entre punta Arenas y Pisagua, pero con menos continuidad.

1.6 Profundidad de la isoterma de 15°C

La isoterma de 15°C (**Fig. 8c**) se presentó sólo desde Antofagasta al norte. El rango de profundidad en esta área fue de 2 a 40 m. El mínimo indicado se midió en el el sector central frente a punta Lobos y el máximo a 100 mn frente a Iquique. En general, entre punta Arenas y Antofagasta predominaron profundidades entre 5 y 10 m, mientras que en el resto del área, esta variable se presentó entre 10 y 20 m, con máximos mayores a 20 en el sector más oceánico del área señalada.

Las anomalías (**Fig. 8d**) fueron todas negativas con un máximo de -72 m en la estación de 100 mn frente a punta Copaca, mientras que el mínimo (-2 m) se registró en la estación de 10 mn frente a Iquique. Las mayores anomalías se detectaron siempre hacia el sector oceánico, mientras que en la franja costera los valores típicos fueron de -10 a -20 m.

1.7 Circulación geostrófica superficial

La zona de estudio se caracterizó por presentar dos áreas diferentes (**Fig. 9a**). La primera corresponde al área sur, desde Pichidangui a punta Tres picos (24°20'S) donde los flujos fueron de mayor intensidad con predominio de dirección norte. La segunda corresponde al área oceánica comprendida al norte de punta Tres Picos, donde los flujos fueron menos intensos y se registran en algunas areas mayores una variabilidad de la dirección, principalmente desde Arica a Tocopilla, donde hay



flujos hacia la costa y hacia el sector oceánico, como también un flujo hacia el sur en el área central entre punta Copaca y Antofagasta. Se observa en la zona un número de al menos 7 estructuras de meso escala, la mayoría de ellas de características anticiclónicas y ubicadas al sur de Antofagasta, principalmente en el sector oceánico y específicamente en el borde oeste de la zona, registrando una mayor intensidad del flujo y mayor tamaño, como la estructura observada de Caldera a Coquimbo. En el sector de punta Farellones y rada Paposo se encontraron flujos que se acercaron a la costa. Así también, marcados flujos paralelos a la costa con dirección norte se presentaron en el sector costero de Arica a Tocopilla.

1.8 Capa de mezcla

La capa de mezcla (**CM**) (**Fig. 9b**) tuvo un máximo de 60 m en la estación de 20 mn frente a caleta Inglesa, el cual se asocia al más importante foco en lo que a profundidad se refiere, no obstante se encuentra muy localizado abarcando una pequeña área comparativa. Al sur de Caldera se registraron las mayores capas de mezcla de la zona, con un predominio de profundidades mayores a 20 m. En el área entre Arica a Caldera, hay un predominio de **CM** menores a 10 m entre la costa y las 50 mn, mientras que al oeste están entre 10 y 20 m, preferentemente.

1.9 Termoclina

La termoclina se presentó en la zona de estudio desde punta Tres Picos al norte, registrándose casos aislados en el área sur. El espesor de la termoclina (**ET**) se caracterizó por observarse en la vertical con un espesor variable entre 2 y 16 m (**Fig. 9c**). El máximo de 16 m se registró en el sector más oceánico frente a punta Madrid, mientras que los mínimos (<5 m) se ubicaron entre punta Tres Picos y Tocopilla preferentemente. Los **ET** mayores a 10 m se localizaron en el sector



oceánico entre Arica y Pisagua. En el sector costero, los mayores **ET** se presentaron entre Pisagua y punta Arenas (5 y 10 m).

La temperatura base de la termoclina (límite inferior) (**TBT**) (**Fig. 9d**) fluctuó entre 12° y 16°C. Las menores **TBT** se registraron hacia el borde sur del área, abarcando la zona que se extiende desde punta Copaca a punta Tres Picos, con valores menores a 13°C. Las mayores **TBT** (> 14°) se registraron en el área oceánica entre punta Pinto y Tocopilla, cubriendo también una pequeña porción de área nerítica desde punta Pinto a punta Junín.

La profundidad de la base de la termoclina (**PBT**) (**Fig. 10a**) tuvo un mínimo de 7 m en las estaciones costeras entre punta Madrid y punta Lobos, mientras que el máximo nivel fue de 72 m y se midió en la estación de 70 mn frente a punta Hornos. La franja costera de las primeras 20 mn, registró una profundidad de la base de la termoclina que fue en general menor a 20 m entre Arica y Tocopilla, pero aumentó a 20 y 30 m hacia el sur. En el sector oceánico las mayores **PBT** superaron los 50 m entre punta Arenas y Antofagasta.

El gradiente promedio de la termoclina (**Fig. 10b**) registró en la zona valores entre 0,1 a 0,63°C/m. Los mayores gradientes se midieron preferentemente en la costa y los máximos frente a punta Madrid. En el área oceánica predominaron los gradientes entre 0,1 y 0,2 °C.

El gradiente de temperatura máximo en la termoclina (**Fig. 10c**) osciló entre 0,12°C/m y 1,45°C/m. El mínimo indicado se ubicó en la estación oceánica de 100 mn frente a Iquique, mientras que el máximo se midió en la estación costera de punta Madrid. En la franja oceánica predominaron valores entre 0,2 y 0,4°C/m; valores menores a 0,2°C/m se localizaron en el área oceánica al sur de Mejillones.



La profundidad del gradiente máximo de la termoclina (**Fig. 10d**) varió entre los 5 y 72 m. En la franja costera, el nivel de profundidad de este gradiente fue en general menor a los 20 m, aumentando gradualmente hacia el sector oceánico, donde se alcanzaron los máximos en un foco que va desde punta Arenas a punta Caleta Errázuriz.

1.10 Distribución superficial de nutrientes

La distribución superficial de nutrientes inorgánicos (**Fig. 11**), muestra la sección longitudinal separada en dos zonas, una zona norte, desde Arica a Antofagasta, con una predominancia de bajas concentraciones en todos los nutrientes ($< 0,1$, $< 8 < 1,2$ y $< 4 \mu\text{M}$ para nitrito, nitrato, fosfato y silicato respectivamente) y una zona sur, desde Antofagasta hasta Pichidangui donde las concentraciones de nutrientes aumentaron hasta alcanzar valores máximos de alrededor de 0,4, 16, 2,4 y 20 μM para nitrito, nitrato, fosfato y silicato, respectivamente. A su vez, en este sector sur se presentó un gradiente latitudinal desde la costa hacia el océano con una disminución general de los nutrientes, registrándose en la zona costera los mayores valores. En Chañaral, punta Tres Picos y punta Totoralillo se presentaron núcleos de máximas concentraciones, siendo estos notoriamente marcados para el silicato con concentraciones que superaron los 16 μM .

1.11 Distribución vertical de temperatura

Todas las secciones perpendiculares a la costa muestran un escaso gradiente térmico en la vertical de los primeros metros (**Figs. 12 a 15**). Los gradientes térmicos que se observaron se ubicaron en el sector norte de la zona, en la cual se presentó la isoterma de 15°C. En la mayoría de las estaciones, se observa el típico ascenso de las isotermas en el sector costero, excepto en la transecta de caleta Inglesa y punta Molle. En los límites inferiores de la vertical de las



secciones, se aprecia una disminuci3n de 1°C entre el l3mite norte y el sur. Variaciones de la profundidad de las isotermas se observan preferentemente en las secciones del 3rea sur de la zona de estudio, como lo son las secciones 2 a la 10 (caleta Maitencillo de Coquimbo a punta Ballenita).

1.12 Distribuci3n vertical de salinidad

La distribuci3n de salinidad en la vertical (**Figs. 16 a 19**), mostr3 b3sicamente la columna de agua asociada a tres capas. La capa intermedia (50-300 m), present3 un m3ximo salino, en comparaci3n con las capas superficial y m3s profunda. Esta relaci3n se mantiene entre las transectas, ya que latitudinalmente las tres capas experimentan un descenso proporcional en las salinidades. As3, el m3ximo intermedio present3 desde Arica a Mejillones salinidades de 34,8 psu, entre bah3a Moreno y bah3a Salada salinidades de 34,7 a 34,6 psu y de punta Molle a Pichidangui salinidades entre 34,6 a 34,5 psu.

Paralelamente, la capa inferior mostr3 un aumento de las salinidades a medida que disminuye la latitud, ya que frente a frente a Pichidangui la capa inferior est3 limitada por la isohalina de 34,5 psu, mientras que frente a Arica est3 asociado a salinidades < 34,7 psu. Por otro lado, la capa superficial que presenta salinidades < a 34,3 psu frente a Pichidangui, tambi3n exhibe un incremento de las salinidades asociadas a ella, ya que frente a Arica la limita inferiormente la isohalina de 34,8 psu.

1.13 Distribuci3n vertical de densidad

La densidad en la vertical (**Figs. 20 a 23**) mostr3 una mayor estratificaci3n superficial en el sector oce3nico y costero de las secciones entre punta Copaca y Arica. La picnoclina en estas secciones se encontr3 delimitada por las isol3neas de



densidad de $26,2 \text{ kg/m}^3$. Las isopícnas exhibieron el mismo comportamiento de las isotermas, con ascensos en el sector costero de la mayoría de las transectas y una variación en el nivel de profundidad de las isolíneas entre superficie y los 100 m en la mitad sur de la zona (Pichidangui a punta Ballenita). Se destaca en la estación de 70 mn de la costa de la transecta 2, caleta maintencillo de Coquimbo, ubicada en el extremo sur, el brusco ascenso de la isopícnica de $26,0$ desde los 50 m hasta la superficie, como así también, pero en menor intensidad, en la sección 4 de caleta Cruz Grande.

1.14 Anomalías de temperatura y salinidad en la columna de agua frente a las transecta 1 (Arica; $18^{\circ}25'S$), 3 (Pta. Lobos; $21^{\circ}00' S$) y 5 (Bahía Moreno, $23^{\circ}40'S$).

Las anomalías de temperatura y salinidad en estas secciones se muestran en la **Figura 24**. En temperatura, en las 3 secciones y en ambas variables hay un claro predominio de anomalías negativas, que en los primeros 100 m de la vertical superan en general 1°C y $0,1 \text{ psu}$, respectivamente. Los máximos negativos observados en esta capa son de anomalías térmicas mayores a 2°C y de $0,2 \text{ psu}$, los que exceden esos valores en la transecta de Arica. Bajo los 100 m se destacan las anomalías térmicas y salinas de $0,5$ a 1°C y de $> 0,05 \text{ psu}$ formando focos centrados en los 300 m en las secciones de bahía Moreno y Arica. La transecta de punta Lobos es la que registró las menores anomalías térmicas y salinas bajo los 100 m, las que no superan los $0,5^{\circ}\text{C}$ y los $0,05 \text{ psu}$.

1.15 Distribución vertical de oxígeno disuelto.

En la vertical (0 a 300 m), la distribución de oxígeno disuelto (**Figs. 25 a 28**), presentó básicamente una estructura de dos capas, separadas por la isolínea de 1 mL/L . Esta estructura se caracteriza por una inclinación de las isolíneas, las cuales



ascienden hacia la costa y se profundizan con mayor o menor pendiente hacia la zona oceánica.

Entre las transectas de Pichidangui y bahía Salada, el límite de la capa de mínimo de oxígeno (**Fig. 25 y 26**) en la zona oceánica, se presentó entre 150 y 300 m, descendiendo en dirección al oeste. Hacia la costa, esta isolínea asciende llegando incluso sobre los 50 m de profundidad en rada Paposo y punta Tres Picos. Bajo esta isolínea, predominan valores menores a 1 ml/L, e incluso menores a 0,5 mL/L. Por otro lado, en la capa superficial se observa un rápido incremento en la concentración de oxígeno, llegando hasta 5 y 6 mL/L a partir de los 50 m y hasta la superficie, lo que es consistente con la distribución superficial.

Entre bahía Moreno y Arica (**Fig. 27 y 28**), se observó una disminución del espesor de la capa superficial, asociados al ascenso latitudinal del límite de la capa de mínimo de oxígeno. En la transecta de bahía Moreno este límite está asociado a los 100 m de profundidad, mientras que a partir de punta Gruesa y hasta Arica, alcanzó los 50 m. Bajo el valor de 1 mL/L siguen predominando bajas concentraciones de oxígeno, pero estas empiezan a abarcar la mayor parte de la columna de agua, entre la superficie y los 300 m de profundidad. De hecho, en bahía Moreno, punta Copaca y punta Gruesa, se puede observar el límite inferior de la capa de mínimo de oxígeno, en la que aparece nuevamente 1 mL/L, a partir del cual, se incrementan rápidamente las concentraciones de oxígeno, con valores 2 a 3 mL/L.

En resumen, las transectas presentan entre la superficie y los 300 m de profundidad una estructura de dos capas, limitada por la isolínea de 1 mL/L. La capa superficial presentó altas concentraciones de oxígeno (5-6 mL/L) en los primeros 50 m, los que decaen rápidamente hasta el límite de la capa de mínimo



de oxígeno, el cual se encuentra más profundo a medida que se avanza hacia el sur. Esta capa de mínimos valores de concentración de oxígeno (0,25-1 mL/L) ocupa la mayor parte de la columna de agua, especialmente en las transectas al norte de bahía Moreno, aún así, esta capa presenta un límite inferior el que solo puede ser visto en algunas de las transectas.

1.16 Distribución de la profundidad de la isolínea de 1 mL/L

Consistentemente con las transectas, la isolínea de 1 mL/L (**Fig. 29**) presentó en la zona oceánica una distribución que muestra claramente un incremento en la profundidad en la que se localizó, asociados al incremento de la latitud. Frente a Arica se ubicó entre 40 y 50 m, mientras que frente a rada Paposos, entre 100 y 120 m de profundidad. Al sur de Coquimbo, presentó profundidades entre 180 y 200 m. Cabe señalar, que el incremento de la profundidad no es regular, sino que muestra núcleos, posiblemente asociados a estructuras de mesoescala. Otra característica importante en la distribución espacial, es un ascenso de la capa de mínimo de oxígeno hacia la zona costera. Lo anterior se traduce en que mientras en la zona oceánica de Arica se ubica entre los 40 y 50 m, en la zona costera está a menos de 20 m de profundidad, en tanto que, en la zona oceánica frente a Coquimbo, se ubicó en los 180 m y en 70 m en la zona costera. Lo anterior, genera una banda costera, donde la capa de mínimo de oxígeno está cerca de la superficie.

1.17 Distribución vertical de nutrientes: Nitrito, Nitrato, Fosfato y Silicato.

El nitrito presentó una distribución vertical particular, con muy altas concentraciones en las transectas de más al norte (desde Arica a Punta Copaca, transectas 21, 19, 17 y 15), donde este nutriente alcanzó máximos cercanos a los 10 μM , centrado entre los 100-150 metros. Por sobre y bajo este máximo, sus



concentraciones disminuyeron considerablemente a valores menores de $0,1 \mu\text{M}$. Al sur de bahía Moreno (T13) y hasta Chañaral (T9) la disminución de este nutriente es notable quedando remanentes de este máximo sólo en la zona costera cercana al talud continental. Posteriormente desde Bahía Salada hasta Pichidangui (transectas 7, 5, 3, y 1), este máximo desapareció ya que sus concentraciones fueron menores a $0,1 \mu\text{M}$ prácticamente en toda la columna de agua (**Figs. 30 y 31**).

La distribución vertical de nitrato, fosfato y silicato presentó una estructura de dos capas en las transectas 21, 19, 17 y 15 (**Figs. 32 a 37**). Una superficial de alrededor de 30 m de profundidad con bajas concentraciones (< 4 , $< 0,8 < 4 \mu\text{M}$ para nitrato, fosfato y silicato, respectivamente). Más al sur en las transectas 13, 11, 9, 7, 5, 3 y 1, la capa superficial de bajo contenido de nutrientes, tiende a establecerse sólo en la parte oceánica desapareciendo de la zona costera, debido a una inclinación ascendente de las isolíneas de nutrientes, lo que fue más marcado en bahía Moreno, rada Paposos, bahía Salada y punta Farellones (**Figs. 32 a 37**). Esta distribución de nutrientes en la capa superficial generó nutriclinas superficiales intensas en las transectas de la parte norte, siendo más débiles y profundas en las del sur. En profundidad, bajo los 100 m se registró un aumento paulatino de las concentraciones de nutrientes, hasta alcanzar máximos de alrededor de 40, 2,8 y $32 \mu\text{M}$ para nitrato, fosfato y silicato respectivamente.

Mínimos subsuperficiales en la columna de agua sólo fueron apreciables en la zona norte (Arica, punta Junín y punta Copaca) bajo los 50 metros, con concentraciones menores a $4 \mu\text{M}$ en nitrato y $2 \mu\text{M}$ en fosfato (**Figs. 33 y 35**).

1.18 Distribución vertical de temperatura, salinidad, contenido de oxígeno disuelto, porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial



Subsuperficial (AESS) y nutrientes a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa

La temperatura en la secci3n paralela a la costa (**Fig. 38**), present3 gradientes t3rmicos latitudinales y verticales generados por el r3pido descenso norte-sur y en profundidad de la temperatura. De norte a sur la temperatura en la capa superficial disminuye de $> 16^{\circ} \text{C}$ en la estaci3n 200 a $< 13^{\circ} \text{C}$ en la estaci3n 41, es decir 3°C en 100 mn. Por otro lado, y debido a la escala de profundidad, la temperatura desciende m3s r3pidamente en la vertical, generando un gradiente que define la termoclina, la cual es m3s intensa y superficial hacia la zona norte. Las isotermas bajo los 100 m presentan oscilaciones en su disposici3n en el sentido norte sur. Como se ha mencionado, en la parte sur de la secci3n se observaron las menores temperaturas en superficie pero tambi3n en el nivel de 700 m, las que alcanzan los 5°C , mientras que en la latitud de Arica esta es de 6°C .

En el caso de la salinidad (**Fig. 38**) se observa un n3cleo subsuperficial (centrado en los 150 m), que disminuye su importancia e intensidad de norte a sur. El n3cleo superficial, que es consistente con el observado en las transectas perpendiculares a la costa, se extiende desde el l3mite norte hasta los 23°S con valores mayores a 34,8 psu. Se proyecta hasta los 26°S con salinidades de 34,6 psu y hasta el l3mite sur con 34,5 psu. El n3cleo de m3nima salinidad superficial, se extiende desde el l3mite sur hasta los 27°S , con valores menores a 34,3 psu, se proyecta hasta los 23°S con salinidades $< 34,5$ psu y hasta la estaci3n 180 con valores $< 34,7$ psu. Por otro lado desde el l3mite sur y hasta la estaci3n 81, se presenta un n3cleo de m3nima salinidad limitado por valores menores a 34,4 psu.

Consistente con la distribuci3n vertical de ox3geno disuelto observado en las secciones, la transecta longitudinal muestra que entre superficie y 600 m de



profundidad aparecen 3 capas definidas por la concentraci3n de ox3geno disuelto (**Fig. 39**). La capa superficial con concentraciones sobre 1-2 mL/L y hasta 5-6 mL/L, mostr3 una profundidad somera entre las estaciones 201 y 180, no superando los 80 m de profundidad. Por otro lado, hacia el sur, esta capa aument3 su espesor llegando a abarcar entre 180 y 200 m de profundidad. Paralelamente, la capa m3s profunda, que tambi3n mostr3 concentraciones superior a 1-2 mL/L y hasta 4 mL/L, increment3 el 3rea que ocupa y las concentraciones que la identifican a medida que aumenta la latitud. Por el contrario, la capa intermedia, centrada entre los 50 y 300 m de profundidad, limitada por valores menores a 2 mL/L (llegando a concentraciones < 0,5 mL/L), mostr3 una gran cobertura dentro de la columna de agua en las estaciones m3s al norte (201-81). La capa intermedia disminuye su importancia en la columna de agua a medida que se incrementa la latitud, cobrando m3s importancia la capa superficial y la capa profunda. La isol3nea de 1 mL/L desaparece al sur de la estaci3n 80, aunque reaparece con un n3cleo aislado centrado en los 200 m de profundidad frente a la estaci3n 20.

La transecta longitudinal presenta la masa de agua ecuatorial subsuperficial (**AESS**) (**Fig. 39**). La distribuci3n que se observ3 durante el cruce muestra que entre 0 y 30 m de profundidad a lo largo de toda la secci3n presenta porcentajes de participaci3n menores al 50 % , incluso menores al 30 % desde los 27° S hacia el sur. Por otro lado, entre 50 y 250 m de profundidad, se registr3 m3s de un 80 % de presencia entre el l3mite norte y los 23,7° S, este porcentaje disminuye hacia el sur llegando a un n3cleo (<60%) aislado entre los paralelos 29° y 31°S dentro de una capa definida por valores < 50 % de presencia entre la latitud 27°S y el l3mite sur de la zona. Al igual que hacia el sur, pero m3s r3pidamente, el **AESS** mostr3 una disminuci3n de presencia desde los 300 m hacia abajo, llegando a menos del 30% bajo los 600 m de profundidad.



Dentro de los nutrientes inorgánicos, el nitrato, fosfato y silicato presentaron en general una estructura de dos capas, una superficial de aproximadamente 40 m de espesor con bajas concentraciones (< 4 $< 0,8$ y < 4 μM para nitrato, fosfato y silicato, respectivamente). Bajo esta capa las concentraciones de ellos aumentaron paulatinamente con la profundidad hasta alcanzar máximos de 36, 2,8 y 44 μM de nitrato, fosfato y silicato, respectivamente (**Figs. 40 y 41**). En la parte central de esta sección longitudinal (estaciones 81, 101 y 121), se apreció una capa superficial con mayor contenido de estos nutrientes.

El nitrito por su parte, presenta la sección separada en dos zonas, una al norte de la estación 101, donde se registró un máximo, y las concentraciones fluctuaron entre 1 a 8 μM entre los 50 y 300 m de profundidad (**Fig. 40**). Al sur de esta estación, sólo se registró concentraciones menores a 0,1 μM (**Fig. 40**). Por sobre y bajo este máximo, las concentraciones fueron disminuyendo paulatinamente hasta valores menores a 0,1 μM .

1.19 Masas de agua

En los diagramas **T-S** por transecta (**Figs. 42 y 43**) se observó la participación de las tres principales masas de agua de la zona, ubicadas en la capa que alcanza los primeros 700 m de profundidad. El Agua subtropical (**AST**) se registró con una muy baja participación en la mayoría de las transectas, siendo apenas partícipe en la mezcla en las secciones entre punta Copaca y Arica. El agua ecuatorial subsuperficial (**AESS**), por su parte, presentó una mayor similitud en la participación en sentido norte sur, no obstante, desde rada Paposo al norte, las líneas **T-S** del grupo indican una mayor participación en forma comparativa con lo que ocurre en las secciones ubicadas más al sur. El agua subantártica (**ASAA**) exhibió una importante presencia en todas las secciones del estudio, siendo más notoria su participación en las secciones de la mitad sur de la zona.



Los porcentajes de participaci3n de masas de agua (**PPMA**) de las tres masas de agua indicadas, se muestran, por transecta, en la **Figura 44**.

La **AST** registr3 en superficie un **PPMA** que oscil3 entre < 10% en Pichidangui a 30% en la secci3n de Arica. Los mayores **PPMA** de cada secci3n se ubican preferentemente hacia la costa. Las secciones de Arica a punta Lobos, registran una participaci3n en la vertical que llega hasta los 100 m, sin embargo, entre la secci3n del l3mite sur y Chañaral, esta masa de agua se observa con **PPMA** menores a 10%.

La **ASAA** registr3 un **PPMA** m3ximo de 70% a 80% en un n3cleo subsuperficial en Pichidangui, centrado en los 50 m de profundidad y que va desde las 100 hasta las 50 mn. Hacia el norte, esta masa de agua participa con menores **PPMA**, sin embargo, en la secci3n de Arica a3n se observa con **PPMA** > 30% en la capa de los primeros 100 m. **PPMA** de 10% se registran en promedio hasta los 200 m de profundidad.

El **AESS** tuvo un m3ximo de **PPMA** en n3cleos que superaron el 80% en las secciones de punta Lobos y Arica y centrados en el nivel de profundidad de 150 m. En todas las secciones se observ3 el n3cleo de **AESS** bien desarrollado, con valores que superaron el 60% por el sur y el 80% por el norte. El n3cleo m3s delgado se present3 en la transecta realizada frente a caleta Inglesa, el cual sufre una estrangulaci3n en las 50 mn de la costa. En la capa superficial, este n3cleo registr3 m3ximos que superan los 40% en las secciones desde punta Lobos al norte, sin embargo, la mayor participaci3n de **AESS** se present3 en la secci3n de Chañaral, donde los **PPMA** llegan a > 50% en superficie.



1.20 Anomalías de nivel del mar y Circulación geostrófica

Como condición general para la zona norte de Chile, se puede indicar que las anomalías de nivel del mar (**Fig. 45**), aunque registra sectores con anomalías positivas, muestra una clara tendencia hacia anomalías negativas con valores de hasta -10 cm, las cuales se concentran desde Chañaral hacia el norte en forma de estructuras de mesoescala (20-250 km de diámetro). Estas anomalías están relacionadas con la presencia de intensos giros ciclónicos de mesoescala, que predominaron entre los 18° y 27°S, tendiendo a debilitarse hacia la primera semana de octubre. Estructuras de mesoescala anticiclónicas que están asociadas a anomalías positivas de nivel del mar, comenzaron a aparecer e intensificarse desde los últimos días de septiembre a la primera semana de octubre, especialmente en la zona oceánica y al sur de los 27°S.

Específicamente, los giros ciclónicos se observaron claramente entre Arica e Iquique, como también frente a Antofagasta, al norte de Mejillones y frente a Chañaral. Estos giros muestran corrientes que fluyen hacia el sector costero de los 22°00'S, Antofagasta, los 25°30'S y en los 27°10'S. Los flujos señalados tienden a superar los 10 cm/s, evidenciando una energía significativa en el período. Los giros anticiclónicos están fuera de los 74°W, con poca presencia sobre la zona de influencia costera. Las corrientes entre Arica y Chañaral tienen flujos intercalados hacia la costa y hacia el océano, ubicados en relación a las zonas de influencia de los giros. Al sur de Chañaral y a lo largo de la costa, predominó una intensa corriente hacia el norte, posiblemente asociada al desarrollo de filamentos desde la zona de surgencia de punta Farellones, potenciada por la interacción con un giro anticiclónico frente a Coquimbo.



1.21 Viento satelital

Los promedios semanales de viento superficial (**Fig. 46**), obtenidos mediante datos satelitales, mostraron entre el 24 de septiembre y el 14 de octubre de 2007, un claro predominio de vientos hacia el norte y noroeste. De los 20°00'S hacia el sur predominó la dirección norte, mientras que de esta latitud al norte, el viento tiende a cambiar de dirección, dirigiéndose hacia el noroeste siguiendo la orientación de la costa. Con respecto a las magnitudes del viento, éstas se incrementaron hacia el sur. Es así, como cerca de la costa y entre los 18° y 21°S, las magnitudes promedio sólo bordearon los 3 m/s, mientras que entre Coquimbo y punta Farellones las intensidades oscilaron entre 8 y 9 m/s. La distribución espacial no cambió significativamente durante el período de muestreo, lo que si es evidente es el incremento de valores bajos (3 - 4 m/s) frente a Arica y una disminución en la intensidad frente a los 27°S. El vector más cercano a la costa, mostró la influencia de ella, siguiendo su orientación.

1.22 Distribución de la TSM satelital (octubre 2007)

El campo superficial promedio de temperaturas (**Fig. 47**) obtenido de satélites MODIS con una resolución de 4 km, mostró una zona espacial dominada principalmente por TSM entre 15,5°C y > 12°C, las cuales disminuyeron gradualmente en forma diagonal desde la zona oceánica frente a Arica hasta la zona de surgencia activa ubicada entre punta Farellones y Chañaral. La actividad de surgencia frente a esta zona, fue intensa y abarcó más de 330 km a lo largo de la costa. El descenso latitudinal de la TSM fue típico de la zona, al igual que el incremento de la TSM hacia el océano. Al norte de Antofagasta y cerca de la costa, predominó la presencia de nubes las cuales, incluso considerando el promedio, dificultaron la observación de la zona a través de la TSM satelital.



2. Análisis de pigmentos vegetales

2.1 Clorofila superficial

En los meses de septiembre-octubre de 2007, la distribuci3n superficial de clorofila-a (**cloa**) (**Fig. 48a**) exhibi3 un rango de concentraciones entre 0,02 y 7,26 $\mu\text{g/L}$. Los valores $> 1 \mu\text{g/L}$, se registraron muy pr3ximos a la costa, dentro de las 5 mn, a lo largo del 3rea de estudio. La mayor extensi3n hacia el oeste se observ3 en el sector de punta Lobos y punta Hornos, d3nde el n3cleo productivo sobrepas3 las 10 mn.

Las concentraciones $> 4,5 \mu\text{g/L}$, se registraron en los sectores de punta Madrid, Iquique a punta Arenas, bahía Moreno, Chañaral y punta Totalillo. El valor de **cloa** m3s alto se registr3 en la estaci3n costera frente a punta Arenas.

Valores $< 1 \mu\text{g/L}$, se registraron en el sector costero de punta Junín, rada Paposopunta Ballenita, Caldera, caleta Inglesa y desde punta Farellones al sur, siendo 3ste el sector m3s pobre en cloa, de la zona de estudio.

Entre Tocopilla y bahía Moreno se observaron n3cleos de valores $> 0,5 \mu\text{g/L}$, los que se extendieron hacia el oeste hasta superar las 100 mn. En el sector oce3nico un n3cleo de valores $> 1 \mu\text{g/L}$, se registr3 en las 100 mn de punta Copaca y en las 30 mn frente a bahía Salada. Desde punta Tres Picos al sur, los n3cleos de valores $> 0,5 \mu\text{g/L}$, se extendieron en general, hasta las 70 mn.

Los feopigmentos (**feop**) superficiales (**Fig. 48b**) presentaron n3cleos de valores $> 1 \mu\text{g/L}$ desde Arica a punta Madrid, punta Lobos a punta Arenas, bahía Moreno y Chañaral. En el sector oce3nico y desde Huasco al sur, las concentraciones fluctuaron en torno a $2,2 \mu\text{g/L}$.



2.2 Clorofila integrada

La clorofila integrada (**cloint**) (**Fig. 48c**) presentó un rango de valores entre 4 y 176 mg/m². Los núcleos de **cloint** de valores > 60 mg/m² estuvieron muy restringidos al sector más costero, salvo un pequeño núcleo en las 100 mn de punta Copaca. Valores > 100 mg/m², se registraron en los sectores de Arica, Iquique, Punta Lobos a bahía Moreno y al norte de Coquimbo, y un pequeño núcleo de valores > 60 mg/m² se observó en Chañaral.

Desde punta Tres Picos a punta Ballenita, Caldera a caleta Inglesa y desde punta Farellones al sur, tanto en el sector costero como en el oceánico, la **cloint** presentó valores en torno a los 20 mg/m².

Los feopigmentos integrados (**feopint**) (**Fig. 48d**) presentaron una franja de valores > 40 mg/m², entre Arica y punta Junín y entre punta Gruesa y bahía Moreno. Desde punta Tres Picos al sur, los **feopint** fluctuaron en torno a los 20 mg/m², los que tendieron a disminuir hacia el sur.

2.3 Distribución de la clorofila satelital (septiembre/octubre 2007).

Entre el 26 de septiembre y 15 de octubre de 2007 se obtuvieron 4 imágenes satelitales de cloa (**cloas**) representativas del período de estudio (**Fig. 49**). En la **cloas** del día 26 de septiembre de 2007, debido a la gran cantidad de nubes, sólo se puede indicar la presencia de un núcleo de valores > 5 µg/L en el sector de Arica, otro > 2,5 µg/L al norte de Mejillones y dos focos de hasta 10 µg/L, en los extremos norte y sur, y hacia el interior de la bahía de Coquimbo.

En la imagen del 3 de octubre, la franja costera de valores > 1 µg/L, abarcó al menos desde Iquique hasta Chañaral. Los máximos de **cloas**, muy próximos a la costa,



fluctuaron entre $> 2,5 \mu\text{g/L}$ entre Iquique y Mejillones a $> 7,5 \mu\text{g/L}$ en el sector de Antofagasta. En Mejillones se observó un filamento con dirección nor-oeste, mientras que los valores $> 0,5 \mu\text{g/L}$ se extendieron al menos hasta los 71°W .

En la imagen del 6 de octubre, sólo se pudo apreciar un pequeño foco en Mejillones con valores $> 0,5 \mu\text{g/L}$, y en la parte sur de la zona de estudio, un foco con concentraciones $> 2,5 \mu\text{g/L}$ centrado en la bahía de Coquimbo, mientras que hacia la zona oceánica, los valores entre $0,5$ y $> 1 \mu\text{g/L}$ ocuparon prácticamente toda el área y sobrepasaron los 74°W .

En la imagen del 15 de octubre, las nubes cubrieron desde los 21°S al norte. Hacia el sur de esta latitud, se observó un foco de altas concentraciones, $> 7,5 \mu\text{g/L}$, que abarcó desde Mejillones hasta el sector de Chañaral, con una máxima extensión hacia el oeste, al sur de los 24°S . En Coquimbo se observó nuevamente un foco de altas concentraciones, $> 5 \mu\text{g/L}$, y máximos $> 7,5 \mu\text{g/L}$ con una pluma con dirección oeste en el extremo norte de la bahía. Desde Antofagasta al sur, las concentraciones entre 1 y $2 \mu\text{g/L}$, ocuparon gran parte del sector costero y oceánico, sobrepasando incluso los 74°W .

2.4 Distribución histórica de clorofila-a en meses de Invierno

Las distribuciones históricas de cloa para el período 1993 - 2007, se entrega en la **Figura 50**. En agosto-octubre de 1994, las concentraciones de cloa fueron muy altas. Todas las transectas presentaron valores $> 1 \mu\text{g/L}$ en las estaciones costeras y los menores valores se observaron en punta Copaca (T2) ($1,6 \mu\text{g/L}$) mientras que las más altas concentraciones se registraron en punta Junín (T4) donde la cloa superó los $11 \mu\text{g/L}$.

En agosto-septiembre de 1995, las concentraciones de cloa fueron algo inferiores



a las observadas el año anterior. Los menores valores se presentaron en punta Junín con la presencia de un núcleo oceánico de 1,7 $\mu\text{g/L}$, mientras que las mayores concentraciones se observaron en Arica superando los 9 $\mu\text{g/L}$.

En agosto de 1997, se observó un abrupto descenso en las concentraciones de cloa debido al efecto del evento cálido “El Niño”, por lo que la gran mayoría de los valores, fluctuaron en torno a los 0,2 $\mu\text{g/L}$. A pesar de esto, valores $> 1 \mu\text{g/L}$ se midieron en las estaciones costeras de Arica (T5), punta Copaca (T2) y bahía Moreno (T1), en núcleos de pequeño tamaño.

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

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

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

En septiembre de 2001, las concentraciones de cloa son incluso inferiores a las del año 2000. Las estaciones costeras de las distintas transectas presentaron



concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$. Las menores concentraciones se observaron en punta Lobos (T3) con $1,1 \mu\text{g/L}$ de cloa, y la máxima fue de $3 \mu\text{g/L}$ en punta Junín (T4). En este caso el mayor valor medido se observó en Iquique con $3,3 \mu\text{g/L}$.

En septiembre de 2002, las concentraciones de cloa se mantuvieron en similar rango con respecto al año 2001. La única transecta que presentó concentraciones $< 1 \mu\text{g/L}$ en las estaciones costeras fue punta Junín (T4), mientras que la máxima fue de $3,7 \mu\text{g/L}$ en Arica (T5). En este caso el mayor valor medido se presentó en Iquique con $3,3 \mu\text{g/L}$.

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

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

En septiembre-octubre de 2005, todas las transectas presentaron concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$, observándose núcleos de altas concentraciones de cloa a lo largo de toda la zona costera y oceánica. Los valores costeros más altos se observaron en Arica (T5; $> 20 \mu\text{g/L}$), en la intertransecta frente a punta Arenas ($> 10 \mu\text{g/L}$) y en las inmediaciones de Mejillones ($> 10 \mu\text{g/L}$). Con menores concentraciones se



presentaron las transectas de punta Lobos (T3; $> 8 \mu\text{g/L}$) y punta Copaca (T2; $> 6 \mu\text{g/L}$), mientras que los valores más bajos se registraron en las transectas de punta Junín (T4, $> 3 \mu\text{g/L}$) y bahía Moreno (T1; $2 \mu\text{g/L}$). Este año es apreciable la gran extensión que alcanzaron las lenguas frente a punta Copaca (T2), punta Junín (T4) y el foco ubicado en el extremo oeste de la zona de estudio frente a Arica (T5).

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

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

2.5 Distribución vertical de clorofila y feopigmentos

Las distribuciones de clorofila vertical se presentan en las **Figuras 51 a 53**, y feopigmentos verticales, en las **Figuras 54 a 56**.

En general, se observa un cambio desde bahía Moreno (T13) al norte, ya que aunque con distinta intensidad, en todas las transectas se registraron núcleos $> 1 \mu\text{g/L}$.



De sur a norte, las transectas 1 a 3, 8 y 10 a 12, presentaron concentraciones máximas inferiores a 1 $\mu\text{g/L}$. Por otra parte, en las transectas 6 y 19, la cloa presentó un pequeño núcleo costero de valores $> 1 \mu\text{g/L}$. En bahía Salada (T7) se observaron dos núcleos, uno en las 55 mn ($> 1 \mu\text{g/L}$) y otro en la primera milla donde superó los 2 $\mu\text{g/L}$, este último similar a lo observado en punta Gruesa (T18).

El resto de las transectas presentó núcleos de altas concentraciones.

En punta Copaca (T15) se observaron tres núcleos: uno en las 100 mn con 30 m de espesor y otro subsuperficial entre las 20 y 40 mn con concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$, y uno dentro de las primeras 5 mn con un máximo subsuperficial $> 4 \mu\text{g/L}$.

En el extremo sur del área de estudio, Chañaral (T9, $> 6 \mu\text{g/L}$), caleta Cruz Grande (T4, $> 6 \mu\text{g/L}$) y punta Madrid (T20, $> 5 \mu\text{g/L}$) presentaron un núcleo superficial en las primeras 5 mn que se extendió hasta bajo los 20m, 30m y 10m, respectivamente.

Altas concentraciones se registraron en bahía Moreno (T13, $> 7 \mu\text{g/L}$), Mejillones (T14, $> 7 \mu\text{g/L}$), punta Arenas (T16, $> 7 \mu\text{g/L}$), punta Lobos (T17, $> 5 \mu\text{g/L}$), y Arica (T21, $> 7 \mu\text{g/L}$), siendo la mayoría de estos núcleos subsuperficiales.

Entre caleta Maitencillo de Coquimbo (T2) y punta Madrid (T20) la mayoría de las transectas presentó núcleos de valores $> 0,5 \mu\text{g/L}$ que ocuparon gran parte de la capa de los primeros 50 m.

Los feopigmentos (**feop**) desde punta Tres Picos al sur, salvo por Chañaral $> 1 \mu\text{g/L}$, presentaron bajos valores en torno a los 0,2 $\mu\text{g/L}$. Desde bahía Moreno al



norte, se observaron n3cleos costeros de concentraci3n $> 1 \mu\text{g/L}$. Las concentraciones m3s altas, $> 3 \mu\text{g/L}$, se presentaron frente al puerto de Arica.

2.6 Profundidad del 1% de penetraci3n de luz.

En el crucero de septiembre-octubre de 2007, se realiz3 lectura del disco Secchi en 69 estaciones (**Tabla 4**), a partir de esta informaci3n se dedujo que la profundidad del 1% de penetraci3n de luz, se distribuy3 entre los 9 y 52,5 m, para la zona que abarc3 desde la costa hasta las 20 mn. En este sector la **CM** vari3 entre 0 y 60 m. Por otra parte en el sector oce3nico, el rango que abarc3 el 1% de luz fue entre 16,5 y 45 m, coincidiendo adem3s con un rango de **CM** de 0 a 37 m de profundidad.

B. Objetivo espec3fico N3 2.2

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

3. Distribuci3n y abundancia de huevos y larvas de peces

El procesamiento y an3lisis de las 147 muestras zooplanct3nicas recolectadas durante el crucero de invierno de 2007 en la zona comprendida entre Arica y Pichidangui, permiti3 determinar la presencia de 332.027 huevos y 109.112 larvas, de los cuales 306.715 huevos (92,4%) y 70.816 larvas (64,9%) fueron identificados a nivel espec3fico.

Cabe se3alar que en invierno de 2007, no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de sardina y caballa. El detalle del n3mero de huevos y larvas por especie, correspondientes a las muestras analizadas se entrega en la **Tabla 5**.



3.1 Anchoqueta, *Engraulis ringens*

Para esta especie se identificaron 30 estaciones positivas para huevos y 63 para larvas, lo que representó una frecuencia de 20,4% y 42,9% y una dominancia numérica igual a 85,9% y 61,1% para cada estadio de desarrollo, respectivamente (**Tabla 5**).

El análisis de las muestras recolectadas en las 147 estaciones zooplanctónicas permitió verificar la presencia de 285.514 huevos y 66.681 larvas de anchoqueta, señalando una situación característica de una amplia e importante actividad reproductiva a lo largo de la extensión latitudinal comprendida entre Arica y bahía Morenol (23°40'S), la cual es coincidente con el pico primario de desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie. Entre bahía Moreno y Pichidangui (32°08'S) se registró baja presencia de ambos estadios de desarrollo, determinándose solo dos estaciones positivas para huevos y 7 para larvas de esta especie.

La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 28 y 63.104 huevos/10m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 9.517 (DS= 18030,03) (**Tabla 5**).

La distribución geográfica de los huevos de anchoqueta en el área de estudio, señala que estos se localizaron en 11 de las 21 transectas realizadas, siendo estas las localizadas frente a Arica (18°25'S), punta Madrid (19°00'S), punta Junín (19°40'S), punta Gruesa (20°20'S), punta Lobos (21°00'S), punta Arenas (21°40'S), punta Copaca (22°20'S), punta Hornos (23°00'S), bahía Moreno (23°40'S), Chañaral (26°20'S) y punta Farellones (30°20'S) y longitudinalmente



estuvieron presentes hasta las 100 mn frente a punta Junín (**Fig. 57a**). No obstante, la amplia cobertura espacial del desove y de acuerdo a lo indicado por la fase de huevos, estos presentaron una modalidad nerítica en su postura concentrándose el 99,6% de ellos en las primeras 40 mn, presentando los niveles de abundancia una leve tendencia a incrementarse hacia el norte de la zona prospectada.

Las áreas de mayor abundancia (> 21.000 huevos/10m²) se localizaron a 1 mn frente a bahía Moreno, 20 mn de punta Copaca, 40 mn de punta Arenas, a 5 y 20 mn de punta Lobos y 1 mn de Arica, encontrándose configuradas por 6 registros positivos de un total de 30 (20%), los que en conjunto albergan al 87,8% 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 32 a 15.176 huevos/10m². En este contexto, la estación positiva más relevante en términos de su abundancia para la zona de estudio se localizó a 20 mn de punta Copaca, con 63.104 huevos/10m² (22%)

Con respecto al número de huevos y para la zona Arica - Antofagasta, el invierno de 2007 presentó con respecto al crucero de invierno precedente un porcentaje de cambio positivo igual a 24,4%, constituyéndose en el décimo primer registro más importante en cuanto al número de huevos cuantificados de los últimos 26 años.

Las fases larvianas se presentaron en 63 registros positivos de un total de 147, con una abundancia igual a 66.681 larvas/10m². Este estadio de desarrollo se presenta en el área de estudio con abundancias que fluctuaron entre 29 y 9.622 larvas/10m², con una densidad promedio igual a 454 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva fue igual a 1.058 (DS= 1667,99) (**Tabla 5**).



El patr3n de distribuci3n espacial de las larvas de anchoveta se extendi3 latitudinalmente desde Arica hasta caleta Cruz Grande (29°40´S) y longitudinalmente presentaron una cobertura m1xima, es decir, desde la costa hasta las 100 mn, en la zona que se extiende desde Arica hasta punta Hornos (23°00´S). Desde bahía Moreno (23°40´S) a caleta Cruz Grande, la frecuencia de estaciones positivas se reduce significativamente como tambi3n la cobertura longitudinal de esta fase de desarrollo, las cuales no sobrepasaron las 10 mn (**Fig 57b**).

Con respecto a la fase de huevo, y como habitualmente acontece, las larvas de anchoveta exhibieron una mayor cobertura espacial y menor abundancia relativa, la cual se manifiesta por una diferencia porcentual de 110% en la frecuencia de estaciones positivas y de -76,6%...-88,9%. En la densidad promedio por estaciones totales y positivas, respectivamente. Esta situaci3n se produce en el primer caso debido al proceso de dispersi3n y transporte que afecta a estas fases ont3gicas en el transcurso del desarrollo embrionario, y al efecto combinado de la mortalidad y capacidad de evasi3n por parte de las larvas m1s desarrolladas.

Las 1reas de desove m1s significativas (> 3.000 larvas) se localizaron frente a punta Gruesa (20°20´S), punta Arenas (21°40´S), punta Copaca (22°20´S) y bahía Moreno (23°40´S), encontr1ndose configuradas por 5 registros positivos de un total de 63 (7,9%) los que en conjunto albergan al 41,6% del total de larvas de anchoveta cuantificadas. El resto de las estaciones positivas, no incluidas las 1reas de desove anteriormente mencionadas, presentan tambi3n niveles de abundancia significativos comprendidos dentro del rango 29 a 2.915 larvas/10m² . En este contexto, la estacion positiva mas relevante en terminos de su densidad para la zona de estudio fue la situada a 1 mn frente a bahía Moreno con 9.622 larvas/10m² (14,4%).



En relaci3n al n3mero de larvas y para la zona Arica - Antofagasta, el invierno de 2007 exhibe respecto al crucero de invierno precedente una disminuci3n en sus niveles de abundancia, lo que se traduce en un porcentaje de cambio igual a -35,2%, constituy3ndose en el d3cimo quinto registro m3s importante en cuanto al n3mero de larvas cuantificadas de los 3ltimos 26 a3os.

3.1.1 Distribuci3n vertical de huevos y larvas de anchoveta

Durante el crucero de invierno de 2007 se recolectaron muestras planct3nicas con el sistema de muestreo estratificado en 45 estaciones, las que se distribuyeron en nueve transectas entre Arica y Antofagasta desde la costa hasta una distancia m3xima de 40 mn. En estas estaciones, se obtuvieron 133 muestras provenientes de los tres estratos de profundidad definidos. Los huevos fueron detectados en menor cantidad de estaciones con respecto a las larvas, 49 y 67, respectivamente, fluctuando sus abundancias entre 27 – 78.385 huevos/10 m².

El mayor n3mero de registros con presencia de huevos, se evidenci3 en el estrato m3s superficial, sin embargo, a esta profundidad fue donde se detect3 la menor abundancia promedio, la que fue increment3ndose al aumentar la profundidad.

Los huevos de anchoveta fueron m3s frecuentes en las estaciones localizadas a 1 mn de la costa, concentr3ndose all3 el 37% de los huevos de la especie, contrariamente, a 10 y 40 mn existieron pocos registros positivos. Latitudinalmente estos se presentaron con mayor frecuencia en las transectas situadas entre punta Lobos (21°00'S) y punta Copaca (22°20'S), alberg3ndose en punta Copaca el 42,5% de todos los huevos censados. La estaci3n que present3 las m3s altas abundancias en los estratos m3s profundos fue aquella situada a 20 mn de punta Copaca (estaci3n 147), donde registr3 abundancias iguales a 33.639 y 78.385



huevos/10 m² en los estratos de 10-25 y 25-50 m, respectivamente. A partir de la latitud 20°20'S (punta Gruesa) hacia el norte, las estaciones con presencia de huevos fueron m1s escasas, en esta zona se observaron las m1s bajas abundancias promedio (**Fig. 58 a, b**).

Las larvas al igual que el patr3n exhibido por los huevos, se mostraron en un mayor n1mero de registros en los estratos m1s superficiales, sin embargo, su mayor abundancia promedio se evidenci3 entre los 25-50 m (847 larvas/10 m²), abundancia que fue decreciendo al incrementarse la profundidad. Estas se mostraron m1s dispersas en la zona, ocupando un mayor n1mero de estaciones. La transecta con el mayor porcentaje de larvas fue aquella que se ubic3 frente a bahía Moreno (23°40'S), concentr1ndose all1 el 19,9% de las larvas, las que a su vez exhibieron en los tres estratos de profundidad las mayores abundancias, les siguieron las transectas de punta Gruesa (20°20'S) y punta Arenas (21°40'S), con el 18,5 y 18,3%, respectivamente. A 1 mn de bahía Moreno se detect3 a su vez, la estaci3n con la mayor densidad de larvas (3.155 larvas/10 m²). En general, la mayor abundancia se registr3 en la l1nea de estaciones de 1 mn donde se constat3 la presencia de un total de 12.981 larvas, lo que representa el 36,1% de la abundancia total (**Fig. 59 a, b**).

En la zona tambi3n se detect3 la presencia de huevos de jurel, aunque en menor proporci3n a los huevos de anchoveta. Seis fueron las estaciones que los albergaron y se localizaron frente a las transectas de punta Arenas y punta Gruesa, con el mayor porcentaje de frecuencia y abundancia a 40 mn de la costa y con solo un registro a 1 mn, donde se concentr3 un total de 54 huevos/10 m² (**Fig. 60**).



La abundancia promedio registrada en los distintos intervalos de profundidad fue menor respecto a lo observado durante septiembre de 2006 en un 32% en el caso de los huevos y en un 53% para las larvas, en esa oportunidad los huevos se presentaron notoriamente más concentrados entre 0-10 m, mientras que las fases larvarias lo hicieron en el intervalo de profundidad comprendido entre 10 - 25 m.

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

La distribución vertical adoptada por los huevos y larvas de anchoveta durante este período estacional estuvo ligada a la capa mínima de oxígeno disuelto (1mL/L), constatándose que la mayor frecuencia de estaciones con presencia de ictioplancton de esta especie, así como también las mayores abundancias, se localizaron por sobre la isolínea de 1mL/L, lo que se registró en las 9 transectas donde ambas fases estuvieron presentes, exceptuando algunas de ellas, donde hubo escasos registros, todos costeros y que albergaron en valores de oxígeno de 0,5 mL/L.

Esta isolínea estuvo localizada en los 30 m de profundidad de las estaciones más costeras, en las 9 transectas, concentrándose en este sector la mayoría de los registros positivos y las máximas abundancias, mientras que en las estaciones más oceánicas, donde esta isolínea se profundiza, la frecuencia y densidad de ambas fases se reduce considerablemente (**Figs. 61, 62, 63 y 64**).

En el caso de los huevos de jurel, estos también adoptaron el mismo patrón, ubicándose todos, excepto un registro, por sobre el mínimo de oxígeno, solo en la transecta de punta Arenas se constató una estación con presencia de huevos en



las inmediaciones de esta isolinia, 51 huevos/10 m², siendo este valor el mínimo observado (**Figs. 65 y 66**).

3.1.3 Distribución de huevos y larvas de anchoveta asociados a la temperatura y salinidad superficial del mar.

Al relacionar la distribución del ictioplancton de anchoveta con la temperatura superficial del mar, se observó que tanto los huevos como las larvas estuvieron concentrados en sectores donde la temperatura fue mayor a la del resto de la zona, centrándose los huevos entre los 15 y 16°C y las larvas entre los 14 y 16°C, no observándose en ninguno de los dos casos una estratificación en su distribución longitudinal, asociado esto posiblemente a que no se presentaron gradientes marcados de temperatura entre Arica y Mejillones (**Fig. 67**).

El rango distribucional de temperatura en el que se encontraron los huevos de anchoveta durante el presente período estacional, fue mas estrecho que en septiembre de 2006, período donde se distribuyeron entre 13,22 y 18,50°C, en esta oportunidad, las mayores abundancias se centraron entre los 15 y 15,5°C, similar a lo observado durante septiembre de 2006.

De acuerdo a la salinidad superficial, se detectó que la mayor recurrencia y las mayores abundancias de huevos y larvas de la especie, estuvieron asociadas a aquellas áreas donde los valores de salinidad fueron los más altos, por sobre los 34,7 psu y hasta los 34,8, observándose estos entre Arica y Mejillones y desde la costa hasta el sector más oceánico. Desde Mejillones hacia el extremo sur tanto los valores de temperatura como los de salinidades fueron menores y la presencia de ictioplancton de anchoveta fue muy escasa (**Fig. 68**). En esta variable también tanto los huevos como las larvas se presentaron en un rango de salinidad mas



estrecho con respecto a lo exhibido por estos durante 2006, donde se concentraron mayoritariamente entre los 34,51 y 35,09 psu.

3.2 Sardina, *Sardinops sagax*

En invierno de 2007, no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de sardina.

3.3 Jurel, *Trachurus murphyi*

En el curso de la prospección se identificaron 14 estaciones positivas para huevos y 1 para larvas con totales de 2.766 huevos y 38 larvas, situación que es característica de un proceso reproductivo en etapa inicial (**Fig. 69 a, b**). Con respecto a anchoveta, los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel se presentan bajos, exhibiendo el estadio de huevos una dominancia numérica de 0,83% (**Tabla 5**).

La distribución espacial de los huevos de esta especie, compromete la zona comprendida entre Arica y Chañaral (26°20'S), no consignándose registros positivos para esta fase de desarrollo entre Chañaral y Pichidangui. Longitudinalmente, alcanzaron una cobertura longitudinal máxima de 100 mn frente a punta Copaca (22°20'S); observándose que la frecuencia de estaciones positivas tendió a disminuir desde la costa hacia mar afuera.

Los focos de desove de mayor relevancia cuantitativa (> 325 huevos/10m²), se localizaron a 40 mn al oeste de punta Junín y punta Gruesa, 70 mn frente a punta Arenas (21°40'S) y a 1mn al oeste de bahía Moreno, los cuales se encuentran configurados por 4 registros positivos de un total de 14 consignados, aportando el 83,4% al total de huevos de la especie. El resto de los registro positivos, exhibió abundancias que fluctuaron entre 27 y 133 huevos/10m². La mayor abundancia de huevos de jurel se registró a 70 mn de punta Arenas con 931 huevos/10m².



La fase de larva present3 una estaci3n positiva la cual se localiz3 a 20 mn frente a punta Lobos (21°00'S) exhibiendo una baja densidad, 38 larvas/10m², debido a que durante los meses de agosto – octubre, el desove tiene un origen reciente, sin descartar la posibilidad de que durante su desarrollo, estas sean afectadas por procesos de transporte y advecci3n fuera de la zona de estudio.

3.4 Caballa, *Scomber japonicus*

Durante el invierno de 2007, no se registr3 presencia a huevos y larvas de caballa.

3.5 Photichthyidae, *Vinciguerria*

Durante la exploraci3n, se reconocieron 42 estaci3nes positivas a huevos de *Vinciguerria* y 29 positivas a larvas, obteniéndose un total de 15.913 huevos y 3.969 larvas, lo que represento una constancia igual a 28,57% y 19,73% y una dominancia numérica igual a 4,79% y 3,64% para las respectivas fases de desarrollo (**Tabla 5**).

La distribuci3n geogr3fica de los huevos de *Vinciguerria* en el 3rea de estudio, señaala que estos se localizaron en 16 de las 21 transectas realizadas, distribuyéndose latitudinalmente entre punta Madrid (19°00'S) y caleta Inglesa (29°00'S) y longitudinalmente estuvieron presentes hasta las 100 mn en el 3rea comprendida entre punta Lobos y punta Molle (28°20'S) (**Fig. 70a**). No obstante, la amplia cobertura espacial del desove y de acuerdo a lo indicado por la fase de huevos, estos presentaron una modalidad oceánica en su postura en la parte norte de la zona prospectada, es decir, entre punta Madrid y punta Hornos, donde se distribuyeron desde las 40 hasta las 100 mn. Desde bahía Moreno a caleta Inglesa, este estadio de desarrollo, incrementa su cobertura longitudinal



instruyendo hacia el sector costero, localizándose registros positivos hasta una distancia de 5 mn de la costa.

Las áreas de mayor abundancia (> 640 huevos/ 10m^2) se localizaron a 70 mn frente a punta Arenas, 70 y 100 mn al oeste de punta tres Picos, a 100 mn frente a rada Paposo y a 70 mn de la transecta realizada al norte de punta Ballena ($25^{\circ}40'S$) encontrándose configuradas por 5 registros positivos de un total de 42 (12%), los que en conjunto albergan al 68,6% del total de huevos de *Vinciguerria* 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 28 a 563 huevos/ 10m^2 . En este contexto, la estación positiva más relevante en términos de su abundancia para la zona de estudio se localizó a 70 mn al norte de punta Ballena, con 6.433 huevos/ 10m^2 (40%)

Las fases larvarias se presentaron en 29 registros positivos de un total de 147, con una abundancia igual a 3.969 larvas/ 10m^2 . Este estadio se presenta en el área de estudio con abundancias que fluctuaron entre 28 y 521 larvas/ 10m^2 , con una densidad promedio igual a 27 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva fue igual a 137 (DS= 130,13) (**Tabla 5**).

El patrón de distribución espacial de las larvas fue menor con respecto al exhibido por los huevos, observándose éstas entre punta Junín y Caldera, y longitudinalmente estuvieron presentes desde las 5 hasta las 100 mn, registrándose un incremento en la frecuencia de estaciones positivas hacia el sector oceánico. Las mayores abundancias (> 340 larvas/ 10m^2) se observaron a 100 mn frente a punta Lobos y punta Tres Picos y a 70 y 100 mn al norte de punta Ballena (**Fig. 70b**).



3.6 Agujilla, *Scomberesox saurus*

Para esta especie se encontraron 22 estaciones positivas a huevos y una para larvas, con totales iguales a 964 huevos y 37 larvas, los que se distribuyeron entre Arica y Caldera fluctuando sus densidades entre 32 y 85 huevos/10m² (**Fig. 71a**).

Con respecto a su cobertura geográfica, los huevos de agujilla a excepción de la estación realizada a 1 mn frente a bahía Salada, presentaron una distribución más oceánica con respecto a los otros recursos, constatándose su presencia desde las 10 hasta las 100 mn.

El único registro positivo a larvas de agujilla se localizó a 100 mn frente a punta Gruesa con 38 larvas/10m² (**Fig. 71b**).

3.7 Merluza, *Merluccius gayi*

Los huevos y larvas de merluza se presentaron en dos estaciones positivas en el sector sur de la zona de estudio, con abundancias relativas para cada estadío de 1.430 y 91, respectivamente (**Fig. 72 a,b**).

3.8 Sistema de muestreo horizontal continuo, CUFES (Continuos Underway Fish Egg Sampler)

Con la bomba de huevos se recolectó un total de 230 muestras entre Antofagasta y Arica, desde 1 a 40 mn de la costa, determinándose la presencia de huevos de sardina, anchoveta, jurel y agujilla. De éstas, la más abundante fue anchoveta, con un total de 1.654 huevos, con una media por estaciones totales y positivas igual a 7 y 32 huevos, respectivamente.



La distribuci3n espacial de los huevos de anchoveta abarc3 toda la zona latitudinal comprendida entre Arica y bahía Moreno (**Fig. 73a**), agregándose estos en tres sectores principales, entre Arica a punta Junín, caleta Patillos a punta Lobos y Mejillones a bahía Moreno, registrándose las más altas abundancias en el primer sector, a 2 mn de las inmediaciones de Arica, con tres focos de 463, 254 y 121 huevos, respectivamente.

La mayor recurrencia de huevos se detect3 frecuentemente en las primeras millas, alcanzando hasta las 40 mn entre punta Lobos y Arica, verificándose ausencia de ellos a esta distancia de la costa y en general en las estaciones mas oceánicas, entre punta Arenas y bahía Moreno.

Por el corto tiempo que permanece este estadio de desarrollo en el mar, se consider3 además la presencia de larvas de esta especie, como indicador de su posible presencia en zonas donde estos no fueran detectados. La presencia de larvas de anchoveta fue coincidente en la mayoría de los casos con la presencia de los huevos, particularmente en las áreas más costeras, registrándose un único sector donde solo se evidenciaron larvas, desde Pisagua a caleta Ligate (**Fig. 73b**). El mayor número de ellas se dio frente a Pisagua y punta Junín, 133 y 252 larvas, respectivamente.

Un caso particular se registr3 a 1 mn de Arica, donde se constat3 la presencia de 3 huevos de sardina española, además de 12 registros de huevos de jurel (**Fig. 74**), situados frente a Arica y desde punta Gruesa a bahía Moreno. Fueron registros oceánicos todos los huevos determinados entre Arica a punta Arenas y desde esta última localidad a bahía Moreno todos costeros.



La ausencia de huevos entre Arica y Pisagua y desde punta Arenas hasta las cercanías de punta Grande, también se observó en invierno de los años 2004 y 2005.

3.9 Biomasa zooplanctónica

La biomasa zooplanctónica como medida estimativa de la productividad secundaria de la zona de estudio, presentó en invierno de 2007, valores extremos comprendidos entre 5 y 2.664 ml de zooplancton/1.000 m³, con un promedio general para la zona igual a 298 (DS = 395,61). La biomasa agrupada en la categoría de densidad comprendida entre 101-300 ml zooplancton/1.000 m³, fue la que predominó en la zona de estudio, representando este rango de densidad un 46% de la biomasa total, distribuyéndose desde punta Madrid por el norte, hasta Pichidangui por el sur, pero con la mayor dominancia entre punta Arenas a punta Molle, sector donde esta categoría fue menos interrumpida por otras densidades.

La segunda categoría de densidad dominante fue la correspondiente a valores entre 301-900 con un 26% de dominancia, presentándose entre punta Tres Picos a bahía Salada y entre Arica a punta Arenas, siendo en esta última sección, donde prácticamente dominaron tanto en la zona costera como en la oceánica. Los sectores donde se verificaron las biomásas más bajas de toda la zona de estudio, fueron aquellos detectados en la parte sur, desde Caldera a Pichidangui, un 15,6% con biomásas entre 34-100 y un 7,5% con valores entre 0-33, respectivamente, registrándose las dos más bajas a 20 y 100 mn de caleta Inglesa. Por el contrario, las máximas biomásas se divisaron en pequeños núcleos, localizados frente a Arica (20 mn), punta Gruesa (5,10, 20 mn), punta Lobos (10, 70 mn) y rada Paposó (100 mn), estas estuvieron constituidas por valores entre 1.029 a 2.664 ml/1.000 m³ y representaron un 5,4% de la biomasa total (**Fig. 75**), siendo los



organismos predominates en estas estaciones últimas estaciones los copépodos, salpas, quetognatos y doliólidos.

La biomasa zooplanctónica registrada entre Arica y Antofagasta fluctuó entre 48 y 2.664 ml/1.000 m³, con un promedio general para la zona de 453, que al compararlo con lo estimado en invierno de 2006 para la misma área, evidencia un porcentaje de cambio positivo igual a 20,8%, constituyéndose después del invierno de 1994, en el segundo registro más importante en cuanto biomasa promedio de los últimos 25 años (**Tabla 6**).

Uno de los rangos mas altos en la biomasa zooplanctónica (300-900 ml de zooplancton/1.000 m³) se evidenció en gran parte del extremo norte de la zona de estudio durante los años 1994, 2003, 2004 y 2007 (**Fig. 76**).

3.9.1 Biomasa zooplanctónica con respecto a la profundidad

Los valores promedio de la biomasa zooplanctónica estimados en invierno de 2007, para los estratos de profundidad comprendidos entre 0-10 m, 10-25 y 25-50 fueron iguales a 574, 589 y 661 ml de zooplancton/1000 m³, respectivamente (**Fig. 77 a,b**), tendiendo estos a incrementarse con el aumento de la profundidad. La biomasa que registró el rango de variación mas amplio fue encontrada en el nivel mas profundo, con valores comprendidos entre 31 – 7.867 ml de zooplancton/1.000 m³, mientras que en los estratos de 0-10 y 10-25 los máximos fueron iguales a 3.681 y 6.000 ml de zooplancton/1.000 m³ localizándose estos a 10 mn de punta Gruesa, 40 y 10 mn de punta Lobos, respectivamente. En los dos estratos mas superficiales, la biomasa estuvo mayormente representada por la categoría de densidad comprendida entre 101-300, con un 44,4 en los 0-10 m y 36,4% en los 0-10 y 10-25, en tanto en el nivel mas profundo, dominó la categoría entre 301-900 con un 36,4%.



En general, espacialmente los mayores valores se detectan a partir de la transecta de punta Arenas hacia el norte, pero principalmente centrados entre punta Lobos y punta Gruesa.

3.10 Análisis estacional de huevos y larvas de peces y estimación del índice de abundancia larval

3.10.1 Desove de Invierno

El análisis comparativo de las características asociadas a la abundancia del ictioplancton de las especies objetivo en época de pico primario de desove para anchoveta, se efectuó solamente respecto de la fase de larvas debido, fundamentalmente al corto tiempo de residencia del estadio de huevos en el plancton. Por otra parte las fases larvarias presentan un mayor período de vulnerabilidad a las redes de plancton y consecuentemente un mayor tiempo de permanencia en el plancton, por lo tanto sus abundancias reflejan de mejor manera las características generales del desove en cuanto a su intensidad y extensión.

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

El parámetro poblacional densidad promedio por estaciones totales ha reflejado con bastante fidelidad los cambios que ha experimentado a nivel de ictioplancton la composición específica de la comunidad pelágica de la zona norte del país, los que se han caracterizado por un período comprendido entre 1964 y 1973 con un



claro y absoluto predominio de anchoveta en el ecosistema y un cambio de dicha situación con posterioridad a 1973 hasta 1985, por la dominancia de sardina.

La situación observada a partir del invierno de 1985, señaló que nuevamente estábamos frente a un proceso de cambio, con una categórica predominancia en la abundancia de anchoveta respecto de sardina y jurel, con densidades sin precedentes y que han sido registradas en invierno de los años 1985, 1994 y en menor magnitud en 1989. De la misma manera, las disminuciones más drásticas han estado asociadas a perturbaciones ambientales, como lo ha sido la presencia del evento “El Niño” en la zona de estudio durante los años 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992 y 1997-1998 (**Fig. 78**).

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



Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los años 1981-2006, para la estación de invierno, indican que desde el invierno de 1993 persiste el predominio de anchoveta respecto de las otras especies objetivo, situación que se ha mantenido hasta hoy sin alteraciones (**Figs. 79 y 80**) (Braun *et al.*, 2005b).

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en invierno de 2007, respecto a las reportadas en inviernos precedentes para la serie 1981/2007, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta una situación diferente para las distintas fases de desarrollo. Es así, como el estadio de huevos exhibe con respecto al invierno de 2006 un leve incremento en sus densidades lo que se traduce en un porcentaje de cambio igual a 6,6%. Por su parte las larvas de este recurso, experimentan una importante disminución con un porcentaje de cambio igual a 44,4%.

Las densidades promedio por estaciones positivas, utilizadas como un índice de la intensidad y/o concentración del desove, muestran con respecto al invierno de 2007 porcentajes de cambio iguales a 15,1% y - 46,7%.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie 1990-2007, nos señala que el desove de invierno presenta un carácter más oceánico, con presencia de huevos a 100 mn al oeste de Arica y de otras localidades, durante los inviernos de los años 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 y desde el año 2000 hasta el 2007, exceptuando el año 2006. Durante los inviernos de 1992, 1993, 1994 y 1995 y debido fundamentalmente a la grilla de muestreo utilizada durante esos años, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, destacando como áreas de desove estables y



persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos, bahía Moreno y desde el año 2002 en adelante aparece como área de desove importante punta Copaca (**Fig. 81**).

Las larvas muestran un patr3n de distribuci3n latitudinal y longitudinal m3s amplio respecto del estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las afectan (dispersi3n, transporte, advecci3n, etc). Durante los inviernos de los ańos 1990-1997, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, siendo tambi3n importantes los registros de los ańos 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007. 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 latitudinal y longitudinal, 3stas se concentran mayoritariamente frente a las localidades de Arica, punta Junín, punta Lobos y bahía Moreno (**Fig. 82**).

Para ambos estadios de desarrollo, las m3s bajas frecuencias de estaciones positivas se registraron en invierno de 1998, asociadas a la presencia de El Nińo 1997/98 en la zona de estudio, la cual se caracteriz3 por presentar una modalidad eminentemente costera en la postura y un rango latitudinal que no excedi3 los 21°00´S en el caso de los huevos y los 22°20´S, para las fases larvarias.

Con respecto al índice de abundancia larval para anchoveta, las estimaciones m3s altas han sido obtenidas en los inviernos de 1985, 1989, 1994 y 2003 y las m3s bajas han estado asociadas a la presencia de eventos “El Nińo”, registrados durante los ańos 1987, 1991 y 1998. Durante los inviernos de 1995, 1996 y 1997 el índice se mantuvo pr3cticamente constante, fluctuando entre 5 y 7 para disminuir dr3sticamente en 1998. A partir de 1998 se observa una tendencia general ascendente en sus valores para experimentar una nueva disminuci3n 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. En invierno de 2007, se obtuvo un índice muy similar a los estimados en invierno de 1990 y 1999, siendo este último 12,4% mayor con respecto al año 2007 (**Fig. 83, Tablas 7 y 8**).

En invierno de los años 2002, 2003, 2005, 2006 y 2007, no hubo presencia de larvas de sardina. Con respecto a 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 y 2005. En invierno de 2007, el estadio de huevos, exhibe con respecto al invierno de 2006 un incremento en la intensidad del desove y en su cobertura geográfica, lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 62% y 242%, respectivamente.g

En relación a caballa, en invierno de 2007 no hubo registros positivos a huevos y a larvas de esta especie, situación que para el estadio de huevos se presenta desde el año 2000 hasta el año 2004 y en el caso de las larvas, éstas no se registraban desde el año 1996 a la fecha, a excepción de los inviernos de 2005 y 2006.

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_s y 90_s a la zona Antofagasta – Coquimbo y cuyo detalle se entrega en las **Tablas 9 y 10**. En invierno de 2007 y para la zona Antofagasta –Coquimbo, hubo ausencia de huevos y larvas de sardina.

En relación a la intensidad del desove de anchoveta, las densidades promedio por



estaciones positivas utilizadas como un índice de la concentración del desove, muestran con respecto al invierno de 2006, una disminución para ambas fases de desarrollo iguales a - 93,9% y - 80%. Con respecto a su cobertura geográfica tanto huevos como larvas de anchoveta presentan un decremento, con porcentajes de cambio respecto al año 2006 iguales a -97,3% y - 91,8%.

Las estimaciones de la densidad media, varianza y coeficientes de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta para la zona Arica - Antofagasta obtenidas para septiembre de 2007, se presentan en las **Figuras 84 y 85**. En ellas se aprecia en general, que los coeficientes de variación más bajos y para ambas fases de desarrollo se obtuvieron para la estimación mediante la distribución Log-normal o distribución delta, desde el invierno de 2003 a invierno de 2005 para el estadio de huevos y hasta otoño de 2004 para las fases larvarias, donde la situación se revierte.

3.11 Análisis cartográfico de la distribución de huevos y larvas de anchoveta respecto de la temperatura superficial del mar

Durante la realización del crucero de invierno de 2007, las TSM tuvieron un rango aproximado entre 11,5° y > 16,5°C, con un marcado dominio de las aguas menores de 15°C (color azul), principalmente desde Tocopilla al sur se destaca una estructura térmica bastante homoterma, en la que no se aprecian gradientes térmicos de importancia entre la costa y el área oceánica, no obstante lo anterior, se observaron, desde el río Loa al norte diferenciales térmicos débiles debido a diferencias menores a 2°C entre ambos sectores. En septiembre se registró una disminución leve y gradual de las TSM oceánicas, principalmente en el sector central de la zona (**Fig. 86**). Con respecto a los huevos de la especie, éstos no presentaron una alta cobertura espacial, y solamente exhibieron grandes concentraciones en los alrededores de Arica y del río Loa, que superan los 50.000



huevos/m², se destaca que las mayores densidades se ubicaron preferentemente en las 10 primeras millas de la costa en los bordes internos de las aguas de 15°C (**Fig. 86a**). Con respecto a las larvas, éstas exhiben una gran cobertura geográfica con una distribución más oceánica que alcanza las 100 mn de la costa y preferentemente al norte de Antofagasta, con dos áreas principales que exhiben registros superiores a las 5.000 larvas/m²: en las proximidades de punta Lobos donde se localizaron preferentemente en las primeras 5 mn de la costa y frente de Antofagasta (**Fig. 86b**).

3.11.1 Relación entre la densidad del ictioplancton y el gradiente térmico

Durante septiembre las densidades promedio de los huevos, en general, no son altas especialmente en el extremo sur de la zona de estudio con concentraciones que no superan los 10.000 huevos/m², a su vez considerando que las más altas densidades se ubicaron preferentemente en las 10 primeras millas de la costa; en este período las concentraciones más altas se localizan en diferenciales térmicos inferiores a 0,4 °C/mn, en este crucero se ajustó una curva logarítmica que describe el 35% de la varianza (**Fig. 87 a**). En el caso de las larvas, éstas poseen una mayor cobertura geográfica y una repartición más oceánica; no obstante lo anterior, las larvas no registran densidades muy altas, en este crucero la relación entre larvas y gradiente térmico es bastante alta con una asociación que alcanza un $R^2 = 0,46$ (**Fig. 87 b**)

3.12 Análisis de los centros de gravedad (CG)

De manera general se aprecia que la ubicación de los centros de gravedad de los huevos presentaron distribuciones más costeras respecto de las larvas, preferentemente dentro de las primeras 10 mn. En el período de invierno se destacan los años 1997 y 2002, años en los cuales los CG de huevos y larvas se



sitúan en la posición más al sur de todo el período analizado, debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento ENOS (**Fig. 88**).

En los cruceros de invierno, los CG de huevos no poseen un comportamiento muy definido. En este sentido se puede mencionar que en el año 1997, debido a que la zona de estudio estuvo bajo la influencia del evento ENOS, el centro de gravedad se encuentra en la posición más meridional de todo el período analizado. No obstante lo anterior, en los años posteriores (1998 y 1999) los CG se localizan frente a la cuadra de Arica, en sectores muy costeros, localizándose en la posición más septentrional del período analizado. Posteriormente, en el período 2000-2003, los CG se desplazan a las proximidades del río Loa, debido a las grandes concentraciones que se registran en las zonas aledañas al río Loa y a Pta. Lobos (latitud 21°S). Luego, entre el 2004 y 2005, los CG se ubican al norte de Iquique, en una zona más bien oceánica, lo que estaría indicando buenas densidades sobre las 10 mn de la costa en estos años. Por otra parte el CG del 2006 vuelve a situarse al sur de Iquique en una posición parecida a la del año 2000. Finalmente, durante el 2007, el CG se desplazó y se ubicó frente del río Loa.

En cuanto a los CG de las larvas de la especie, se observó que éstas poseen distribuciones espaciales bastante diferentes a los huevos y por lo tanto centros de gravedad distintos. Sin embargo, se destaca que en 1997, al igual que en el caso de los huevos, el CG de las larvas se situó en la parte sur de la zona de estudio también debido a la influencia del evento ENOS. Por su parte en 1998 se continuó con el mismo patrón de comportamiento que en los huevos y el CG se observa en el sector norte de la zona. A partir de 1999 el patrón cambió ya que en el período 1999-2002 los CG se emplazan en los alrededores del río Loa y en las áreas próximas a Pta. Lobos, debido a las altas concentraciones registradas en esos años en este sector. Los años 2003 y 2004 presentan CG ubicados al norte de Iquique, en áreas



oceánicas por sobre las 25 mn de la costa debido a las densidades relevantes que se registraron en estaciones ubicadas sobre las 20 mn de la costa. Finalmente, en los años 2005, 2006 y 2007 los CG vuelven a ubicarse en las proximidades de punta Lobos (**Fig. 88**).

3.13 Modelamiento estadístico de la densidad de huevos y larvas de anchoveta, asociado a variables ambientales

En el caso de la variable densidad de huevos o larvas, para la modelación se supuso una distribuciones de probabilidad log-normal, la cual fue contrastada mediante la prueba de bondad de ajuste de Shapiro-Wilk (Jurecková & Pícek, 2006). La hipótesis distribucional no fue rechazada (**Tabla 11**). 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 corresponden al clásico, robusto y quisi-versimilitud, seleccionándose sobre la base del criterio de C_p de Mallows, un ajuste robusto tanto para huevos como para larvas.

El modelamiento de la densidad de huevos y larvas de anchoveta, se realizó considerando la información de los últimos dos proyectos (FIP 2006-01 y 2007-11), los cuales aportan con información de las campañas realizadas en septiembre y diciembre de 2006 y marzo y septiembre de 2007. El objetivo es, evaluar la relación de las variables de localización y ambientales en la densidad de huevos y larvas de anchoveta, en un contexto intra-anual, justificado por la cobertura temporal con la que se cuenta (septiembre 2006 a septiembre 2007).



3.13.1 Análisis exploratorio de datos

Los datos analizados corresponden a los cruceros realizados entre septiembre de 2006 y 2007, en donde se han monitoreado un total de 225 estaciones registrándose las variables latitud, longitud, salinidad, temperatura superficial del mar, densidad del agua, clorofila integrada, oxígeno superficial y capa de mezcla, 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 en un 38 % se registró la presencia de huevos; en tanto, que el porcentaje de estaciones con presencia de larvas alcanzó el 75%, estimándose una densidad media por estación positiva del orden de 6.000 huevos y 1.100 larvas/10 m², respectivamente (**Tabla 12 , Fig. 89**).

Las estadísticas descriptivas de las variables predictoras latitud, longitud, temperatura, salinidad superficial, densidad, clorofila integrada, oxígeno superficial y capa de mezcla se presentan en la **Tabla 13**. En los distintos cruceros se cubrió un área muy similar, que abarca latitudinalmente cerca de los 18°40'S hasta los 23°67' S. Longitudinalmente el área cubierta estuvo en torno a los 70°14'W y los 72°18'W. La temperatura superficial del mar promedio entorno a los 18°C, un grado menos respecto a lo informado en el proyecto anterior (Braun, *et al.*, 2007), registrando una mínima de 13,6° C y una máxima de 24,8° C. Para la salinidad superficial, el rango de variación fue de 0,92 psu, con un promedio en torno a los 34,8 psu. La densidad promedio fue de 25 (sigma-t)(kg/m³) y varió entre los 23,5 y 26,07 (sigma-t)(kg/m³), mientras que la clorofila superficial promedió los 55 µg/L, con un importante rango de variación que alcanzó los 472 µg/L. El oxígeno superficial se concentró entorno a los 5,7 (ml/L) con un mínimo de 2,5 y un máximo de 7,7 (ml/L) y la profundidad de la capa de mezcla bordeó en promedio los 6 m.



3.13.2 Modelamiento estadístico

Los resultados del ajuste de los modelos aditivos generalizados para cada set de datos se resumen en la **Tablas 14 y 15**. Los modelos de efectos principales de ocho covariables (latitud, longitud, temperatura, salinidad, densidad, clorofila, oxígeno y capa de mezcla), fueron significativos, con pseudo- R^2 de 0,42 y 0,73 para los modelos de presencia de huevos y larvas y de 0,44 y 0,30 para la densidad de huevos y larvas de las estaciones positivas, respectivamente.

3.13.3 Análisis de presencia/ausencia de huevos y larvas

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

La mayoría de los predictores incorporados en el ajuste no aportaron significativamente a explicar la variación observada en la presencia de huevos y larvas, salvo la longitud para ambos modelamientos y la temperatura superficial en larvas (**Tabla 14**). La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en las **Figuras 90 y 91**.

En el caso de la presencia de huevos, no se observa un patrón claro de efecto latitudinal sobre la probabilidad de éxito de estaciones con huevos. Por su parte, la longitud muestra un efecto positivo para valores menores a los 71° W y negativo a longitudes mayores, es decir existe una mayor probabilidad de encontrar huevos en zonas cercanas a la costa, o sea el proceso de desove pareciera estar más vinculado a la zona costera que al área oceánica (**Fig. 90**).



Las covariables temperatura superficial (tsm) y densidad (dsm) presentan condiciones desfavorables para encontrar estaciones con presencia de huevos a temperaturas mayores a los 20°C y densidades del agua menores a los 24,6 (sigma-t)(kg/m³), aunque con una componente de variabilidad importante, reflejada en amplias bandas de confianza (**Fig. 90**).

El predictor oxígeno superficial (oxí.sup), indica un efecto positivo para valores superiores a los 5,8 ml/L y negativo para valores inferiores, no obstante valores de oxígeno por debajo de los 4,5 ml/L presentan una alta variabilidad reflejada en amplias bandas de confianza. Finalmente las covariables salinidad superficial (ssm), clorofila integrada y profundidad de la capa de mezcla, no muestran ningún tipo de relación con la presencia de huevos, explicada por una alta variabilidad reflejada en amplias bandas de confianza (**Fig. 90**).

En relación al modelamiento de la variable presencia de estaciones con larvas, se puede apreciar que el predictor latitud refleja un efecto positivo al norte de los 19° S, con un efecto similar a lo encontrado en huevos. 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 áreas cercanas a la costa (< 71°W) y un efecto negativo gradual a medida que aumenta la longitud, confirmando el carácter costero del proceso reproductivo.

Las covariables temperatura (tsm) y salinidad superficial (ssm) presenta una relación parabólica, también conocida como ventana ambiental, registrándose un efecto positivo para la presencia de larvas en la ventana de los 15° y 20° C para temperatura y entre los 34,6 y 34,9 psu para la salinidad. La densidad del agua, al igual que en huevos, presenta condiciones desfavorables a la presencia de estaciones con larvas para densidades inferiores a los 25 (sigma-t)(kg/m³), aunque



con una componente de variabilidad importante, reflejada en amplias bandas de confianza. De igual forma, las funciones suavizadas para las restantes covariables presentan esta característica de alta variabilidad, por lo cual no es posible definir una clara relación con la presencia de estaciones con larvas (**Fig. 91**).

Finalmente, a partir de los modelos ajustados se puede observar una señal estacional de la respuesta (**Fig. 94**). En el caso de los huevos, la señal asociada a los distintos meses indica que existió una mayor probabilidad de éxito de encontrar estaciones positivas en septiembre de ambos años; tanto para huevos como larvas, aunque con una alta incertidumbre en la estimación reflejada por las amplias bandas de confianza.

3.13.4 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.

La mayoría de los predictores incorporados en el modelamiento no aportaron significativamente a explicar la variación observada en la densidad de huevos (**Tabla 15**), salvo la longitud y la temperatura superficial (tsm), con un efecto entorno a la significancia. Esto puede atribuirse a por lo menos dos factores, primero la alta variabilidad observada en la densidad de huevos, reflejada en amplias bandas de confianza (**Fig. 92**) y por otra parte a la baja presencia de estaciones con presencia de huevos (38%), lo que dificulta detectar a través del modelamiento una relación entre la densidad y las variables ambientales. No obstante, para la longitud y la temperatura superficial se observa un efecto negativo hacia longitudes mayores a los 70°42'W y temperaturas por sobre los 20°



C, concentrándose una mayor frecuencia densidades por debajo de esta longitud y temperatura.

En el modelamiento de la densidad larvas se observó algo similar a lo descrito en huevos, siendo también significativa la densidad del agua (**Tabla 15**). Se observó la presencia de larvas en todo el rango latitudinal monitoreado, con mejores condiciones para la densidad en el intervalo entre los 20°y 22°S. Para la longitud, y coincidiendo con lo observado en huevos, ésta presenta un efecto positivo y una segmentación de la frecuencia de densidades hacia longitudes menores a los 71° W. La función suave ajustada para las restantes covariables presenta una alta incertidumbre en la estimación del suavizador reflejada en amplias bandas de confianza (**Fig. 93**).

La contribución parcial del factor crucero, no presenta diferencias significativas en la densidad de huevos, reflejado por los amplios intervalos de confianza. Mientras que para la densidad de larvas, el mes de septiembre del año 2006 posee un mayor efecto sobre la densidad en comparación con los demás meses (**Fig. 94**).

3.14 Análisis geoestadístico univariado

La **Figura 95** muestra la distribución de los puntos de muestreos desarrollados durante la ejecución del proyecto, en ella se observa aquellas estaciones con registros positivos (presencia de huevos y larvas) y los registros cero (sin huevos y larvas). Las estaciones de muestreos realizadas fueron 147 y 30 estaciones presentaron presencia de huevos y larvas de anchoveta, en 117 estaciones no hubo presencia de huevos y larvas. Un 86% de las estaciones muestreadas que presentaron valores superiores a cero están al norte de los 24°S. En términos de la abundancia de huevos y larvas, del total de la biomasa registrada en toda las estaciones de muestreo, el 99% de la biomasa esta al norte de 24°S.



El an3lisis de varianza 'cloud' muestra como la varianza esta asociada con pares individuales de puntos en un an3lisis de autocorrelaci3n. Como se muestra en la **Figura 96**, se observa una gran cantidad de puntos que son an3malos que pueden estar trasladando oblicuamente el valor de la semivarianza media a diferentes clases de separaci3n.

Posteriormente, se estima el variograma emp3rico y direccionales (0, 45, 90 y 135 grados) para la cantidad total de huevos y larvas de anchoveta (**Fig. 97**), la que muestra diferentes estructuras espaciales a diferentes direcciones angulares, con un menor sill (menor variabilidad) y un menor rango en la direcci3n de 45°. En la direcci3n de 135° se observ3 un comportamiento err3tico del variograma emp3rico, exhibiendo posiblemente una anisotrop3a por sill, lo mismo fue observado en la direcci3n angular de 45°. El variograma emp3rico y en la direcci3n angular de 0° presentan una variabilidad espacial similar (casi id3nticos), con un sill muy similar (mayor variabilidad) y con rangos similares entre los 300 y 500 kil3metros. De cualquier modo, el variograma emp3rico en los 0° sugiere que la continuidad espacial de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta ocurre en esta direcci3n.

Luego se empleo el modelo esf3rico tanto en su interpretaci3n visual y posteriormente se ajusto este modelo para visualizar el concepto te3rico y del modelo como es mostrado en la **Figura 98**. El procedimiento formal de estimaci3n del variograma fue calculado usando el algoritmo iterativo de quasi-Newton para la funci3n que define el modelo esf3rico bajo la restricci3n de cuadrados ponderados descrito por Cressie (1991), mediante la minimizaci3n de las distancias cuadradas entre el variograma te3rico y el emp3rico. En la **Tabla 16**, se presentan los valores ajustado por el modelo no lineal, el error residual est3ndar fue de 1.203 con 9



grados de libertad, la suma de cuadrados residuales fue de 13.02 y se emplearon un total de 23 iteraciones para obtener la convergencia del modelo.

El mapeo de la variable aleatoria huevos y larvas de anchoveta fue hecho usando los parámetros encontrados en el ajuste del variograma empírico por medio de la técnica estadística kriging ordinario puntual, bajo la búsqueda circular de los vecinos cercanos de 400 km. La mayor abundancia de huevos y larvas de anchoveta aparecen estar ubicadas en torno a punta Lobos al sur de Iquique, y su distribución varía desde Arica hasta al sur de Tocopilla con una extensión espacial hasta los 73°W (**Fig. 99**).

C. 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.

4. Distribución espacial de los recursos

4.1 Calibración del sistema de eointegración EK-500

Se usaron los parámetros de calibración del EK-500 ajustados en mayo de 2006 (**Tabla 17**).

4.2 Total de especies

Las principales especies que se detectaron en la prospección acústica fueron la anchoveta (*Engraulis ringens*), jurel (*Trachurus murphyi*), caballa (*Scomber japonicus*), pez linterna (*Vinciguerria lucetia*) y langostino (*Pleuoncodes sp.*). La especie más abundante en toda la zona de estudio (Arica a Pichidangui) fue anchoveta con un 36,28% de la densidad acústica total; el pez linterna con un



35,05%; jurel con un 20,55%; langostino con un 2,9% y caballa con un 1,5%. Al norte de Antofagasta (24°00'S) se concentró el 79,8% de las densidades acústicas totales. En esta subzona, las mayores densidades acústicas correspondieron a anchoveta, con el 44,6%, seguido por el pez linterna con el 41,2%; jurel y langostino con 6,3 y 3,6%, respectivamente y caballa con 1,5%.

Entre Antofagasta y Pichidangui, el jurel fue la especie más abundante con el 77,1% de las densidades acústicas totales, seguido por el pez linterna que representó el 10,9%; anchoveta con 3,4%, caballa con el 1,5% y langostino con un 0,2% del total.

4.3 Anchoveta

Esta especie presentó una amplia distribución entre Arica y el paralelo 25° 00'S, localizándose entre la costa y las 100 mn, no registrándose al sur del paralelo 25° 00'S. En general, la anchoveta se caracterizó por una distribución espacial amplia que llegó hasta las 100 mn de costa, con una mayor cobertura espacial entre Arica y punta Amarilla (24° 00'S), con sólo tres registros de baja densidad al sur de este sector (**Fig. 100; Tablas 18 y 19**).

Las mayores concentraciones de anchoveta, se registraron en tres focos ubicados en el sector costero entre Arica y Pisagua; a 40 mn al oeste de punta Gruesa (20°20'S) y a 30 mn al oeste de Antofagasta. Algunos sectores de menor densidad se detectaron a 50 mn de punta Arenas (21°40) y 20 mn al noroeste de punta Grande (22° 25'S).

En el sentido vertical, esta especie se localizó en profundidades promedio de 14,9 m, variando entre 8,5 y 43 m, con una tendencia a incrementarse las profundidades promedio así como la variabilidad hacia el sur (**Tabla 18; Figs. 101**



y **102**). Al sur de punta Amarilla la anchoveta se localizó en profundidades levemente mayores, con un promedio de 21,6 m y extremos entre 13,5 y 34 m (**Tabla 19**).

Las profundidades medias en las que se ha distribuido la anchoveta en los inviernos del periodo 1996-2006 al norte de Antofagasta, han variado entre 13,8 y 18,9 m, con límites mínimos entre 5,5 y 9 m y límites superior entre 22 y 52 m. En el presente crucero, los valores extremos de la profundidad se encuentran dentro del rango de variación observado anteriormente, con una leve reducción del valor medio (profundidad media 14,5 m; mínimo 8,5 m; máximo 43 m) (**Fig. 102; Tabla 19**).

La distribución batimétrica de esta especie entre Arica y Antofagasta, estuvo asociada a las isotermas promedio de 13,9° C y extremos entre 12,2 y 16,3° C, disminuyendo al sur de Antofagasta a un promedio de 12,9° C (mín 12,4 y máx 13,7° C) (**Tabla 18**). Los valores modales de las temperaturas de las agregaciones de anchoveta se ubicaron entre los 13,5 y 14,1° C, mientras que al sur de Antofagasta la moda estuvo en 12,8° C. (**Figs. 101 y 102: Tabla 18**).

Las temperaturas promedio de anchoveta, en períodos normales tienden a ser inferiores en invierno, variando para el periodo 1998-2006 entre 14,7 y 16,2° C (**Fig. 102**) con rangos entre 12,7 y 18,2° C. En el presente caso, la temperatura promedio alcanzó a 13,9° C, con extremos comprendidos entre 12,2 y 16,3° C. Este resultado corresponde al más bajo de la serie, con una reducción de 1,5° C respecto a los promedios registrados en los inviernos del período 1998-2006 en que la temperatura promedio fue de 15,4° C.

Las salinidades promedio de la distribución vertical entre Arica y Antofagasta fueron de 34,76 psu (<34,476; >34,841 psu); con una tendencia a disminuir en sus



valores modales hacia el sur (**Fig. 101; Tabla 18**). Las salinidades promedio t3picas en que se distribuye la anchoveta han sido hist3ricamente estables, presentando leves diferencias estacionales, variando entre 34,6 y 34,8 en otoño-invierno. 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. Los rangos son levemente m3s estrechos en invierno, con la excepci3n del invierno de 1997, donde se ubican entre 34,3 y 35,2 psu. En el presente crucero, las salinidades promedio son similares al valor hist3rico (34,76 psu) (**Fig. 102**). Al sur de Antofagasta, las salinidades tendieron a ser levemente inferiores, con un promedio de 34,498 psu (<34,099 y >34,754 psu) (**Tabla 19**).

4.4 Jurel

Esta especie present3 una amplia distribuci3n en toda la zona de estudio, registr3ndose en bajas densidades entre la costa y las 100 mn. El l3mite occidental de la distribuci3n tendi3 a aumentar desde 50 a 100 mn hacia el sur del paralelo 21°00'S (**Figs. 103 y 104**). Las mayores concentraciones de jurel se registraron entre los paralelos 25°00'S y 25°40'S y densidades intermedias se ubicaron entre 90 y 100 mn al oeste de punta Grande (22°20'S).

Entre Arica y Antofagasta, el jurel present3 una profundidad promedio de 27 m (<11,5; >83,5 m), registr3ndose las mayores frecuencias de las agregaciones entre los 18 y 35 m (**Tabla 18; Fig. 102 y 104**). Esta distribuci3n vertical estuvo asociada a las isotermas de 14,7° C (< 12,5° C; > 16,3° C), con una tendencia sostenida a disminuir seg3n aumentaba la latitud, variando desde 15,8° C en el extremo norte de la zona de estudio y 11,7° C en el l3mite sur. La salinidad promedio fue 34,658 psu (< 34,438; > 34,809 psu), registr3ndose al igual que en la temperatura, una tendencia negativa pero menos intensa al aumentar la latitud, variando sus valores modales entre 34,77 psu, en el norte de la zona de estudio y 34,38 psu en el extremo sur. La



gradiente de temperatura de los grupos modales de jurel variaron entre 0 y 0,02 °C/m, con una mayor dispersión hacia el norte de la zona de estudio. Los gradientes de salinidad fluctuaron en torno a 0 psu/m (**Fig. 104**).

Al sur de Antofagasta, el jurel también tendió a profundizarse, al igual que anchoveta, con un promedio de 39,3 m (< 11; > 154,5 m) y a localizarse en temperaturas más frías (promedio 13,2° C; < 10,9° C; > 13,9° C) y menos salinas (promedio 34,547 psu; < 34,072; > 34,547 psu) que en la zona norte. (**Tabla 19, Fig. 104**).

Al norte de Antofagasta, el jurel en períodos invernales normales tiende a ubicarse a profundidades medias entre 15 y 32,9 m, con mínimos entre 5 y 16 m y máximos entre 29,5 y 59,5 m, pudiendo alcanzar hasta los 142,5 m en casos anormales o excepcionales (1997 y 2001). En el presente estudio, la profundidad media (27,0 m) se encuentra dentro del rango de fluctuación típica de este indicador, apreciándose un leve aumento de los límites inferiores de la distribución batimétrica (**Fig. 102**).

Las temperaturas promedio del jurel son levemente mayores en el verano, variando entre 15,6° C y 21° C, mientras que en las otras estaciones, exceptuando la primavera de 1997 y el otoño de 1998, las medias han variado entre 15,2 y 16,7° C. Los promedios de las temperaturas en los inviernos fluctúan entre 15,0 y 16,8° C, con límites extremos de 12,1 y 18,4° C. En el invierno de 2007, se verifican temperaturas promedio de 1,1° C, inferiores a los promedios históricos (15,8° C), con máximos y mínimos dentro de los rangos anteriores (**Fig. 102**).

Las salinidades promedio en los inviernos de la serie 1999-2006 han variado entre 34,6 y 34,9 psu, mínimos entre 34,3 y 34,6 psu y máximos desde 35,1 y 35,2 psu (**Fig. 102**). En el presente crucero, las salinidades promedio fueron 0,144 psu



menores con respecto al promedio histórico, siendo comparables a períodos anormales como los inviernos de 1997, 1998 y 2001..

4.5 Pez Linterna

Este recurso se registró preferentemente entre Arica y punta Amarilla (24°00'S), mostrando dos patrones de distribución, entre el límite norte de la zona al paralelo 20°30'S, donde se detectó entre las 10 y 100 mn y, entre punta Patache (20°50'S) y punta Coloso (23°50'S), con una distribución más oceánica, localizándose entre las 50 y 100 mn. Al sur de punta Amarilla, se presentó en forma esporádica y en bajas densidades. Las mayores concentraciones del pez linterna se registraron entre las 60 y 100 mn desde el paralelo 19°00'S al 20°20'S (**Fig. 105**).

Verticalmente esta especie presentó una amplia distribución, con promedios de 111,7 m en la zona Arica-Antofagasta (<15,0 m; >251 m) y 145,4 m (<54,0 m; >241,5 m) entre Antofagasta y Pichidangui (**Tablas 18 y 19; Fig. 106**), con una tendencia a incrementarse las profundidades modales a mayores latitudes. Esta distribución vertical estuvo asociada a las isotermas promedio de 14,5°C (<10,7° C; >16,5°C) entre Arica-Antofagasta y 11,5°C (<10,5°; > 13,1°C) al sur de Antofagasta, apreciándose una tendencia descendente de las temperaturas a latitudes mayores. Las salinidades promedio que limitaron esta distribución vertical fueron de 34,759 psu (<34,53; >34,84 psu) entre Arica-Antofagasta y 34,591 (<34,371; >34,723 psu) al sur de Antofagasta. Los gradientes de temperatura y salinidad en que se localizó esta especie, fluctuaron entre 0 y 0,01° C/m y 0 psu/m.

4.6 Caballa

La caballa se presentó en forma aislada, esporádica y en bajas densidades en las primeras 60 mn de la costa entre Antofagasta y el paralelo 25° (**Fig. 107**).



La profundidad promedio de la caballa en ambas zonas fue similar con 16,2 y 16,1 m, variando entre 13 y 18 m al norte de Antofagasta y entre 9 y 22 m entre Antofagasta y Pichidangui. Debido al reducido número de registros de caballa las temperaturas y salinidades modales (**Fig. 108**) se presentan al azar, sin ninguna tendencia. Las isotermas promedio asociadas a la distribución vertical de la caballa en ambas zonas fueron de 13,9° C (norte de Antofagasta) y 13,7° C (sur de Antofagasta). Las salinidades promedio al norte de Antofagasta fueron de 34,733 psu y rangos entre 34,502 y 34,764 psu, mientras que al sur fueron de 34,579 y rangos entre 34,494 y 34,764 psu (**Tablas 18 y 19**).

4.6.1 Langostino

Este recurso se registró en forma aislada, esporádica y en bajas densidades restringidas al sector costero cercano a Pisagua (**Fig. 109**), al sur de Antofagasta, sólo se detectó 1 registro de este recurso.

La profundidad promedio del langostino alcanzó a 10,6 m, con mínimos y máximos de 9 y 13 m, respectivamente; temperatura promedio de 14,1° C (<13,4°; >14,9° C) y salinidades promedio de 34,705 (<34,612; >34,801 psu). La escasa presencia de registros atribuibles a langostino, impiden detectar tendencias latitudinales en las variables hidrográficas en las cuales se presentó (**Fig. 110; Tabla 18**).

4.7 Índices de Cobertura y Densidad

En la **Tabla 20** se presentan los resultados de los índices de Cobertura (**IC**) y Densidad (**ID**) de anchoveta, jurel, caballa, pez linterna y langostino por zona.



En la zona Arica-Antofagasta, la anchoveta fue la especie que ocupó el mayor espacio con un 11,06%, seguido por el pez linterna y el jurel con un IC de 3,53 y 2,99%, respectivamente; el langostino con 1,01 % y la caballa con 0,59% de las observaciones acústicas totales. Entre Antofagasta y Pichidangui, el jurel ocupó un mayor espacio (3,9%), seguido por el pez linterna (0,29%); la anchoveta y la caballa, cada una con 0,12%.

Los mayores **ID** en la zona Arica-Antofagasta, lo presentaron el pez linterna con 493,4 t/mn², y la anchoveta con 214,1 t/mn², mientras que la caballa y el jurel presentaron un **ID** de 146,8 y 121,6 t/mn², respectivamente; el langostino registró un **ID** de 90,0 t/mn². Entre Antofagasta y Pichidangui, la anchoveta presentó un **ID** de 163,9 t/mn² y el jurel 119,7 t/mn², el pez linterna y la caballa tuvieron **ID** de 72,3 y 36,1 t/mn², respectivamente.

El **IC** de anchoveta registrado en el presente crucero, representa un incremento de un 22,5% respecto al mismo período de 2006, siendo inferior a los valores observados durante el período 2000-2004 (**Fig. 111**).

Históricamente los más altos valores de los **IC** de anchoveta se han registrado en los períodos de primavera-verano, siendo particularmente notorio en 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 de los años 2000, 2001 y 2002 también presentan valores relativamente altos del **IC**, junto con el verano del año 2000 (0002). El invierno de 2004 (0408) y el verano de 2006 (0602) también se destacan por registrar altos valores en el **IC**, con un 25,7 y 36,7%, respectivamente (**Fig. 112**).



El **IC** de jurel del presente crucero (2,99%) es comparable con el registrado en 2006 (3,2%), manteniéndose en niveles estables pero relativamente bajos respecto al período 2001-2005 (**Fig. 111**) y representa un incremento mayor a un 62% en relación a lo registrado entre 1998-2000 (**Fig. 112**).

El **ID** de anchoveta obtenido en el presente crucero es comparable al registrado en la misma estación de 2006 (275,7 t/mn²), 2001 y 2002, pero inferior a lo registrado en 2003 y 2004. Este resultado sugiere una recuperación en los indicadores de densidad de la especie, que había sido mínimo en invierno de 2005 y verano de 2006 (**Fig. 111**). Históricamente, el **ID** actual, es menor a los observados estacionalmente desde el invierno de 2003, superando las primaveras y veranos de los años 2000-2002 (**Fig. 112**).

El **ID** de jurel, representa un incremento de más de 2,5 veces respecto al registrado en invierno de 2006 (34,1 t/mn²), comparándose al obtenido en la misma estación del año 2003 (123,3 t/mn²).

D. Objetivo específico N° 2.4

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

5. Estaciones costeras de vigilancia Arica, Iquique y Mejillones

5.1 Temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y clorofila-a en las estaciones costeras de monitoreo.

La variabilidad temporal de la distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila-**a** en las estaciones de Arica, Iquique y Mejillones, entre



mayo de 1997 y mayo de 2008, se muestran en las **Figuras 113, 114, 115 y 116**. Los datos de temperatura y las fechas de muestreo para el mes de octubre, de cada una de las localidades, se entregan en la **Tabla 21**.

Temperatura

En la serie de Arica se presentó un periodo de tiempo de 10 meses con temperaturas menores a 13°C en los niveles más subsuperficiales, el que fue de agosto 2007 a mayo 2008. Tal condición no se había registrado con anterioridad ni en intensidad y en prolongación temporal en esta serie. Los mínimos de temperatura subsuperficial se registraron en este periodo en los meses de septiembre y diciembre, muestreos en que la isoterma de 13°C alcanzó un mínimo de profundidad de 12 y 15 m, respectivamente. Desde diciembre de 2007 en adelante se registró un aumento de temperatura en los niveles más profundos de esta localidad y se ha mantenido relativamente constante. No obstante lo anterior, en los niveles superficiales la temperatura ha disminuido asociado al cambio estacional.

La temperatura vertical en Iquique durante los últimos siete meses tuvo, al igual que en Arica, un máximo superficial en diciembre de 2007 y enero recién pasado, superando los 17°C, sin embargo, en los mismos meses se presentaron las menores temperaturas subsuperficiales, con valores menores a 13°C desde los 30 m hacia el fondo. En marzo disminuyeron las TSM pero aumentó cerca de 1°C las temperaturas de fondo. El mes de abril siguiente registró una disminución leve de las temperaturas en toda la columna respecto de febrero, pero finalmente en mayo se registró nuevamente un leve aumento de valores, midiéndose temperaturas similares a las de marzo. Las temperaturas superficiales en mayo disminuyeron por el cambio estacional cerca de 2°C, respecto a lo medido en el periodo estival.



Mejillones registr3 en el 3ltimo mes de mayo una TSM de 15,8°C, que es el menor valor medido desde noviembre de 2007, lo que estar3a asociado al cambio estacional. Despu3s de marzo de 2008, ocasi3n en que en esta localidad se registr3 un importante aumento de temperatura en la vertical, respecto de lo medido entre agosto de 2007 y febrero de 2008, la temperatura tuvo una disminuci3n en abril, acrecent3ndose este proceso de enfriamiento en el mes siguiente. En general, las temperaturas en la columna de agua de Mejillones durante mayo de 2008 fueron menores a las medidas en los dos meses previos. En particular, y en el mismo sentido anterior, es muy notorio que en los meses de mayo de otros a3os en la serie no se registraron valores inferiores a 13°C en los niveles m3s profundos, como ocurri3 durante el 3ltimo mes de muestreo.

Salinidad

En la serie de Arica se registr3 un aumento de los valores de esta variable en toda la columna de agua desde el a3o 2003 en adelante, as3 el 3ltimo muestreo de mayo de 2008, se present3 tambi3n dentro de los rangos de salinidad observados (> 34,7 psu) en el periodo se3alado. Dentro del periodo octubre 2007 a mayo 2008 hubo en la serie una condici3n de baja salinidad en el mes de marzo, en comparaci3n con los otros meses anteriores, registr3ndose valores que no se hab3an observado pr3cticamente desde el a3o 2002 (< 34.7 psu). El periodo de menores temperaturas debido a La Ni3a que afect3 la zona, es decir diciembre 2007 y enero 2008, registr3 una condici3n de salinidades entre 34,8 a 34,9 psu en toda la columna de agua, lo que no indica una condici3n que se pueda se3alar como distinta a lo registrado en igual periodo de a3os normales.

En Iquique, en los siete 3ltimos meses de la serie, enero es 3l que registr3 los mayores valores de salinidad a niveles profundos, en donde se super3 los 34,9 psu desde los 18 m hacia el fondo. Tal condici3n no se registr3 en los meses siguientes y por el contrario, en el 3ltimo mes de la serie se midi3 un m3nimo



(<34,8 psu) en los niveles de mayor profundidad. Para esta estación, el momento de mayor intensidad de los efectos de La Niña, señalado por las mínimas de temperatura en la zona de estudio, se asocian al máximo de salinidad subsuperficial ya indicado, retornándose hacia el final de la serie a valores menores de salinidad.

En la serie completa de Mejillones se observó una importante disminución de los valores de salinidad desde el mes de diciembre de 2007 en adelante, en relación al periodo de julio de 2002 a julio 2007. En particular, los meses de marzo a mayo últimos registraron valores menores a 34,7 psu en los primeros 30 m de profundidad, incluso en abril fueron < 34,6 psu. Tal condición no se había repetido en igual periodo de años anteriores, al menos con esa intensidad y duración. En este sentido, tanto Iquique como Mejillones registraron durante el último trimestre una tendencia hacia valores de salinidad más bajos en la vertical respecto del periodo completo 2002 – 2007.

Oxígeno Disuelto

Durante prácticamente todo el período de estudio de octubre de 2007 a mayo de 2008, la distribución vertical de oxígeno disuelto (OD) de la estación de Arica presentó una capa superficial bien oxigenada (OD > 5 mL/L). Esta capa tuvo un espesor promedio de 5 m, con un máximo > 10 m en marzo y abril. En el presente período, sólo en la última semana de noviembre los valores subóxicos, < 5 mL/L, llegaron a la superficie. En profundidad, entre octubre y febrero más el mes de abril, el límite superior de la capa de mínimo OD (LSCMOD) se mantuvo entre los 10 y 20 m, profundizándose hasta cerca de los 30 m en marzo y mayo.

En Iquique, la capa superficial se presentó bien oxigenada, valores > 5 mL/L, durante gran parte del período, con un espesor promedio de 5 m y un máximo de



10 m en el mes de diciembre. Las mayores concentraciones de OD se registraron en el muestreo de la primera semana de diciembre con valores > 7 mL/L dentro de los primeros 5 m. Los valores subóxicos llegaron a la superficie sólo en el muestreo de la primera semana de mayo, registrándose un valor superficial de 4,4 mL/L. Durante este período el LSCMOD se mantuvo cercano a los 20 m con las excepciones de los meses de octubre, 26 m, y la última semana de mayo con aproximadamente 46 m.

En Mejillones la capa bien oxigenada se mantuvo durante todo el periodo de muestreo, con un espesor variable que en general fue mayor a 5 m, y máximos cercanos a los 15 m en enero y marzo. Las concentraciones más altas superaron los 7 mL/L, y se registraron en los meses de diciembre, enero y marzo. En la vertical, el LSCMOD presentó fluctuaciones más importante que en las otras dos estaciones, observándose en un rango entre los 10 y 30 m entre octubre y febrero, aumentando posteriormente a más de 35 m en los últimos tres meses del período de muestreo, con un máximo de 48 m en marzo de 2008.

Clorofila-a

En Arica, la distribución de clorofila-a (cloa, $\mu\text{g/L}$) presentó un núcleo productivo de valores > 1 $\mu\text{g/L}$ permanente en el período de muestreo octubre-mayo. Este núcleo tuvo un espesor variable principalmente entre 20 y 30 m, observándose los mayores de estos en octubre y en la primera semana de diciembre. Las concentraciones más altas de cada muestreo fueron subsuperficiales, observándose un núcleo importante centrado en los 20 m en octubre (> 9 $\mu\text{g/L}$), que desaparece al mes siguiente, presentando un máximo de 2 $\mu\text{g/L}$. Desde diciembre en adelante se registraron concentraciones máximas > 4 $\mu\text{g/L}$, sobrepasando los 10 $\mu\text{g/L}$ en los muestreos de la última semana del mes de diciembre, en enero y abril. Desde febrero en adelante, las concentraciones



superficiales permanecieron $< 0,6 \mu\text{g/L}$. En la vertical, las menores concentraciones del período y el núcleo productivo de menor tamaño se registró en el mes de mayo con valores sólo $> 1 \mu\text{g/L}$.

En Iquique, la distribución de cloa presentó un núcleo productivo de concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$, con un espesor $> 20 \text{ m}$ entre octubre y enero el que disminuyó posteriormente a 5 m y 10 m en los meses de marzo y mayo. El único muestreo que presentó máximo superficial fue el de la primera semana de mayo ($> 3 \mu\text{g/L}$), todos los demás fueron subsuperficiales. Dentro del periodo estudiado un núcleo de valores $> 5 \mu\text{g/L}$ se registró en el mes de octubre, descendiendo posteriormente a $> 2 \mu\text{g/L}$ en noviembre. Altas concentraciones $> 8 \mu\text{g/L}$ se midieron entre diciembre y febrero, periodo dentro del cual se registraron las concentraciones máximas del período, $> 13 \mu\text{g/L}$, correspondiendo esto a los muestreos de la última semana de diciembre y al muestreo de enero. Los valores más bajos del período se registraron en marzo y en la última semana de mayo, ambos con concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$.

En Mejillones la cloa presentó un núcleo de concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$, que abarcó todo el periodo de estudio. El tamaño de este núcleo fue variable, los máximos espesores, $> 30 \text{ m}$, se registraron en los muestreos de octubre, enero y marzo, este último cercano a los 50 m y los menores, cercanos a 10 m , se registraron en los muestreos de noviembre y abril. Las concentraciones más bajas del periodo se registraron en octubre $> 1 \mu\text{g/L}$ y en abril $> 2 \mu\text{g/L}$, en tanto que, desde noviembre a marzo más posteriormente en el mes de mayo, se registraron núcleos de valores $> 5 \mu\text{g/L}$, siendo los de mayor tamaño los observados entre febrero y marzo, este último con un espesor cercano a los 20 m . Las mayores concentraciones se registraron en el muestreo del mes de diciembre con un valor $> 15 \mu\text{g/L}$, y en los muestreos de febrero y mayo, ambos con concentraciones $> 9 \mu\text{g/L}$.



5.2 Huevos y larvas de peces en estaciones costeras de vigilancia

De las especies ícticas objetivo del estudio, solo se registró a lo largo del período analizado, octubre 2007 a mayo 2008, la presencia de huevos y larvas de anchoveta y caballa. Las muestras zooplancónicas fueron recolectadas mensualmente dentro de los primeros 10 días, mediante arrastres verticales con red WP-2.

5.2.1 Anchoveta

Una presencia frecuente y dominante registraron los huevos de anchoveta en la estación costera de Arica, predominando sus densidades durante todos los meses considerados por sobre las estaciones de Iquique y Mejillones, con la única excepción del mes de mayo, donde estos no fueron observados. La abundancia promedio registrada desde octubre a la fecha alcanzó a 55.955 huevos/10 m², valor que se vio incrementado por el registro del mes de diciembre (269.515 huevos/10 m²), donde se superó con creces las abundancias de los restantes períodos mensuales, en los cuales los huevos fluctuaron entre 822 en octubre de 2007 a 75.206 en marzo de 2008 (**Fig. 117**). La abundancia detectada en diciembre es solo comparable a la registrada durante el mes de enero de 2000, donde se constató la presencia en esta estación, de 279.165 huevos/10 m².

En la localidad de Iquique fue donde se reconocieron en general, las abundancias mas bajas de todo el período, lo que queda de manifiesto en la abundancia promedio detectada en esta estación (320 huevos/10 m²), con mínimos y máximos comprendidos entre 39 en abril y 627 en mayo, este último, el más importante registrado en las tres estaciones de monitoreo mensual para este mes y el más alto desde abril de 2007, pero igualmente bajo si se compara con los valores revelados antes de esta última fecha (**Fig. 117**).



Mejillones es la localidad donde la fase de huevos presenta su segunda mayor abundancia, registrando un promedio por mes de 630 huevos/10 m², con una fluctuación mensual entre 82 en febrero y 1.683 en marzo. Los únicos dos meses en que se observó mayor dominancia numérica en Iquique por sobre Mejillones fue en noviembre de 2007 y febrero de 2008. La presencia de huevos en esta estación había sido constante desde noviembre pasado y únicamente había estado ausente durante los meses de mayo de los años 1998 y 1999 (**Fig. 117**).

Las larvas de anchoveta como ha sido habitual y al igual que los huevos, exhibieron en general en Arica, las mayores abundancias respecto de las otras dos estaciones, y solo en el mes de octubre superaron en número la abundancia de huevos, con 10.423 larvas/10 m². Las larvas fueron observadas a lo largo de todo el período analizado, con fluctuaciones entre 37 y 10.423 larvas/10 m², registrándose sus máximos valores en octubre y noviembre de 2007, a partir de los cuales denotan un decrecimiento que se interrumpe en el mes de marzo, período donde se detectó la máxima abundancia en lo que va del año 2008 (7.734 larvas/10 m²). El promedio de larvas en esta estación fue igual a 4.250, por sobre las 129 y 258 larvas/10 m² reconocidas en Iquique y Mejillones.

En Iquique, las larvas fueron menos frecuentes que en Arica y Mejillones, aunque su porcentaje de ausencia solo se reflejó en el mes de enero, sin embargo, en esta estación, exhibe las menores abundancias, superando a Mejillones solo en los meses de octubre, noviembre de 2007 y mayo de 2008. Estas fluctuaron en esta localidad desde 39 en marzo y 392 en mayo, siendo el registro de mayo de este año, el único positivo desde mayo de 2004 (**Fig. 118**).

Las larvas de anchoveta en Mejillones exhibieron mayores abundancias que en Iquique, en un rango entre 41 y 739 larvas/10 m², en octubre de 2007 y enero de



2008, con un promedio mensual de 258. El número de larvas detectadas durante este mes corresponde a la segunda mayor abundancia desde marzo de 2007.

5.2.2 Caballa

La presencia de esta especie en las estaciones fijas fue nula durante todo el período temporal de análisis, con la excepción del mes de marzo de 2008, donde se evidenció su presencia en la estación de Arica con un total de 37 larvas/10 m². Esta fase al igual que la de huevos había sido detectada por última vez en marzo del año 1999 en esta estación, con registros positivos también en febrero de 1998 y agosto de 1997.

5.2.3 Ictioplancton por estratos de profundidad

La presencia de huevos y larvas de anchoveta en los distintos intervalos de profundidad de las estaciones costeras de Iquique y Mejillones, se caracterizó por una baja ocurrencia entre el período octubre de 2007 a mayo de 2008, ausentándose estas fases en la mayoría de los meses analizados, mientras que en Arica, tanto los huevos como las larvas se presentaron con el 100% de la frecuencia de ocurrencia, reconociéndose en el estrato intermedio del mes de diciembre de 2007, la abundancia mas alta de todo el período en la localidad de Arica (154.363 huevos/10 m²), en esta misma localidad y en el nivel mas superficial, se registró la segunda y cuarta abundancia mas importante, en los meses de diciembre de 2007 y marzo de 2008, con 81.171 y 45.140 huevos/10 m², respectivamente, en tanto que también en Arica, pero entre 10-25 metros, se presentó el tercer registro mas alto (55.279 huevos/10 m²). La fluctuación mensual del resto de los registros en cada estrato de profundidad estuvo comprendida entre 23 – 16.339 en 0-10 m, entre 26 – 1.535 entre 10-25 m y desde 44 - 1.645 entre los 25-50 m (**Tabla 22**).



Las larvas al igual que los huevos fueron mas frecuentes en Arica en en el estrato mas superficial y en el más profundo, donde se presentaron en 8 y 6 registros positivos, respectivamente, menos recurrentes fueron en la estación de Iquique, con muy escasa presencia. La mayor abundancia de este estadio se detectó superficialmente en Arica durante el mes de marzo, con 5.046 larvas/10 m², en esta misma estación, pero del mes de noviembre, se detectó la segunda mayor abundancia (2.954), en este estrato (0-10 m) los demás registros mensuales fluctuaron en valores entre 23-893. En el intervalo 10-25, la menor recurrencia de larvas se detectó en Iquique, con solo dos registros positivos, en octubre de 2007 y abril 2008, en este nivel de profundidad destacó el mes de octubre, donde se constató un total de 2.176 larvas/10 m en Arica, este mismo mes fue el de mayor abundancia para el estrato mas profundo, contabilizándose un total de 1.240 larvas/10 m² (**Tabla 22**).

5.2.4 Variabilidad mensual de la biomasa zooplanctónica en las estaciones fijas de monitoreo

La información registrada desde octubre de 2007 a mayo de 2008, mostró una variación en la biomasa zooplanctónica, con un mínimo de 11 ml/1000 m³ en noviembre en la estación de Mejillones y un máximo de 605 ml/1000 m³ durante octubre, en la estación de Arica.

Durante los últimos ocho períodos mensuales analizados, esta variable exhibió sus mayores valores en la estación de Arica, predominando desde octubre a diciembre y en marzo y mayo de 2008. Mientras que en Iquique y Mejillones esta no presenta grandes variaciones entre un mes y otro, registrándose una fluctuación entre 24-269 ml/1.000 m³ en Iquique y entre 11-170 ml/1.000 m³ en Mejillones. Los niveles de



biomasa máximos encontrados dentro de este período de análisis, son superados por lo registrado en marzo de 2007 (2.485 ml/1.000 m³) en las tres localidades (**Fig. 119**).

De acuerdo a la distribución vertical de la biomasa zooplanctónica, esta tuvo los valores más altos en el mes de marzo de 2008 tanto en Arica como en Mejillones, en los estratos de 10-25 y 0-10 m, respectivamente, mientras que en Iquique, fue en diciembre (0-10 m), pero inferior a lo exhibido por las otras dos localidades.

La mayor frecuencia de altas biomazas se registró en Arica a nivel superficial, predominando en la mayoría de los meses estos valores, secundada por el estrato intermedio. Particularmente en Iquique y Mejillones, las mayores biomazas se registraron también entre 0-10 m, encontrando el valor más alto de toda la serie analizada en Mejillones, 1.109 ml de zooplancton/1.000 m³. En general, las biomazas detectadas en Iquique y Mejillones fueron habitualesmente más bajas que en Arica (**Fig. 119**).

E. Objetivo específico N° 2.5

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

6.1 Monitoreo Satelital

6.1.1 Monitoreo Ambiental

La serie latitud-tiempo para la TSM costera muestra una marcada estacionalidad, registrando los máximos valores durante los meses de verano y los mínimos en



los meses de invierno durante el año 2007 (**Fig. 120**). En efecto, en el área de estudio la TSM promedio para las primeras 30 millas náuticas registra en verano los máximos valores con un promedio espacial de 20°C, alcanzando los mínimos valores (14°C) al sur de la zona de estudio y máximo valores (24°C) al norte. En otoño los valores de TSM tienden a disminuir, alcanzando un promedio espacial de 17°C, ya en invierno se registran los mínimos valores alcanzando una media espacial de 14°C. Nuevamente en primavera vuelven a aumentar los valores de TSM, registrándose un promedio espacial de 17°C y posteriormente alcanzar los 20°C durante el verano de 2008. Este comportamiento de la TSM en la zona de estudio se repite año a año, reflejando el cambio estacional de esta variable en la zona de estudio. La serie latitud-tiempo para la TSM oceánica registra el mismo patrón observado en la serie costera, pero los valores tienden a ser más altos que los registrados en la costa para el verano y más bajos en invierno, además su cobertura temporal tiende a ser también mayor. En verano se observan valores por sobre los 22°C y en invierno por sobre los 14°C. La climatología de la TSM refleja que su distribución espacial y su magnitud son similares en otoño y primavera. Por otro lado, en verano se registran los valores más altos y en invierno los más bajos. Este comportamiento estacional que presenta la temperatura de las aguas costeras más cálidas en verano que en invierno, reflejaría el ciclo estacional de calentamiento y expansión.

En cambio, para la Cloa media costera se observan dos áreas de altas concentraciones de clorofila-a satelital, al norte de los 23,6°S y otra franja de predominio de valores bajos al sur de los 23,6°S (**Fig. 121**). Casi toda la franja costera de las primeras 30 millas náuticas permanece con valores superiores a los 1 mg/m³ durante el verano de 2007. En invierno se alcanza un valor medio de 0,8 mg/m³ y en primavera se observa un aumento de los valores medios. Al sur los valores tienden a ser mas altos en primavera-verano y bajos en invierno, y se



observan focos con altas concentraciones de clorofila entre los 29°- 30°S. En cambio, para la clorofila satelital media oceánica se observan valores bajos en verano de 0,54 mg/m³ y en otoño se alcanza un valor de 0,58 mg/m³ y en invierno un valor de 0,71 mg/m³. Se observa un predominio espacial de valores altos de clorofila durante el verano de 2007, en primavera y durante gran parte de 2008. Cabe mencionar una franja continua de valores significativos de clorofila son observados en torno a Mejillones y Antofagasta durante todo el periodo de estudio debido probablemente a la topografía de la zona que debe proporcionar las condiciones para un aumento de la concentración de clorofila en esas áreas.

Para la componente zonal y meridional del campo superficial de corrientes geostróficas (**Figs. 122 y 123**) observadas en la estación frente al puerto de Arica, muestra durante el verano de 2007 una tendencia del flujo en la dirección sur para posteriormente cambiar a una dirección norte-este durante el mes de marzo. Entre marzo y julio de 2007, tiende a presentar valores cercanos a cero, con una pequeña tendencia del flujo en dirección sur-este, para posteriormente cambiar en dirección noreste entre los meses de julio y agosto. Un flujo en dirección este, es observado entre los meses de octubre y diciembre, para luego presentar una dirección al sur en enero de 2008 y durante los primeros meses del presente año, se observa una tendencia del flujo en dirección norte. En la estación frente a Iquique durante el verano de 2007, se observa un flujo en dirección sureste para posteriormente presentar un flujo nulo en abril, durante el trimestre mayo-julio, el flujo presenta una dirección este. A finales de 2007 el flujo tiende a presentar una dirección suroeste. Durante el verano de 2008, el flujo tiende a ser casi nulo y en abril, se observa un claro dominio del flujo en dirección sureste para posteriormente caer a niveles cero. La estación frente a Tocopilla, presenta al inicio del periodo un flujo en dirección noreste, entre mayo y julio de 2007 se observa un flujo en dirección este, para luego cambiar en dirección norte. Ya en



primavera, el flujo cambia en direcci3n noroeste para mantener una direcci3n hacia el oeste hasta febrero de 2008. Un flujo en direcci3n este es observado frente Antofagasta durante casi todo el primer semestre de 2007, ya en primavera esta tendencia cambia a un flujo en direcci3n noroeste. Al final del periodo analizado, el flujo tiene una direcci3n este. En la estaci3n ubicada entre Taltal y Chañaral no se observa un patr3n claro, los valores de ambas componentes tienen a ser iguales y no presentan grandes amplitudes que determinen la presencia de un flujo permanente y con una orientaci3n definida, mas bien los valores se encuentran cercanos a cero. Y finalmente en la estaci3n cercana a los 31°S, se observa un flujo hacia el norte a comienzo del periodo y luego hacia el suroeste en mayo, posteriormente la componente meridional tiende a presentar valores cercanos a cero y la zonal con pequeños pulsos en direcci3n norte, ya al final del periodo analizado el flujo cambia en direcci3n sureste con una orientaci3n marcada hacia el este.

Durante el periodo de estudio analizado, se observa en general una separaci3n regional de variabilidad en el transporte de Ekman a lo largo de la costa de Chile. Una regi3n donde dominan bajos valores en el transporte de Ekman al norte de los 26,5°S y otra regi3n donde dominan altos valores al sur de los 26,5°S, es decir, se observa una tendencia negativa de sur a norte. En cambio para la componente de variabilidad asociada al tiempo se distinguen un periodo de de magnitudes medias a moderadas del transporte durante el verano y el otoño de 2007, con una tendencia creciente durante este periodo. Durante julio y agosto, en general los valores tienden a ser los m3s intensos del periodo analizado pero se observan varios pulsos intraestacionales en el transporte de Ekman. Posteriormente los valores tienden a disminuir hasta alcanzar los m3nimos en diciembre de 2007. En general, durante el 2008 los valores del transporte de Ekman tienden a ser moderados a bajos, presentando una tendencia constante hasta mayo de 2008.



Se observa a nivel latitudinal que los m3ximos valores del transporte de Ekman ocurren desde los 21°S hacia el sur (**Fig. 124**).

6.1.2 Monitoreo Pesquero

Desde la perspectiva de la distribuci3n espacio temporal de las capturas de anchoveta y la operaci3n de la flota que extrae este recurso, es importante se1alarse que en el 3rea de estudio la macrozona de Arica - Antofagasta (18°21'03''S y 24°S) concentr3 en el a1o 2007, el 94% de la captura total de anchoveta. Durante el 2007 la anchoveta de esta macrozona fue extraída mayoritariamente por la flota industrial (85%). Al igual que a1os anteriores la captura de este recurso fue costera, extrayéndose el 78% entre la lınea de costa y las 30 millas n3uticas. Al respecto, el an3lisis de la franja de las primeras 10 millas n3uticas de la costa concentro el 52% de las capturas, con una distribuci3n latitudinal al norte de los 23°S y dos focos principales de captura, uno entre los meses de febrero a mediados de mayo y el otro desde mediados de septiembre hasta mediados de diciembre, donde se registra el segundo foco de capturas importantes (**Fig. 125**). En la franja de las 20 millas n3uticas se concentr3 el 16% de la captura industrial y la franja de las 30 millas concentro el 11%. Entre septiembre y diciembre la flota orient3 su accionar a la captura de anchoveta en aguas oce3nicas, entre las 30 y 50 millas n3uticas. En t3rminos generales, la distribuci3n espacio temporal no mostr3 diferencias en la cobertura de la flota en relaci3n al a1o 2006. Si bien el volumen de anchoveta extraído en el 2007 (745 mil t) fue mayor al a1o anterior (510 mil t), fue inferior en 225 mil t en relaci3n a la serie 2000 – 2005 (970 mil t).

Por otra parte, en la Zona de Caldera y Coquimbo, la captura de anchoveta se obtuvo principalmente por la flota artesanal, representando s3lo el 6% de la anchoveta extraída en el 3rea de estudio. Caldera aport3 con el 4%. Estacionalmente los desembarques de estas dos macrozonas, se concentran en el



primer semestre (82%), lo que es habitual en esta pesquería. Cabe mencionar que la flota artesanal opera en las primeras 10 millas náuticas de la costa y en áreas próximas a sus puertos de descargas. Durante el año 2007, las capturas de anchoveta provenientes de la flota industrial presentaron los mismos niveles de captura en ambos periodos temporales en que se producen las capturas, en el primer foco temporal (enero-julio) concentro el 56% de la captura y el segundo periodo (agosto-diciembre) la flota industrial removi3 el 44% restante de las capturas. Al sur de los 24°S, las capturas de anchoveta fueron casi nulas y se registraron principalmente entre los meses de febrero hasta abril.

6.1.3 Funciones Ortogonales Empíricas

Los tres primeros componentes principales fueron retenidos para su interpretaci3n. Entre ellas toman en cuenta un 75% de la varianza total observada. Los otros componentes fueron descartados básicamente porque individualmente ellos toman en cuenta muy poca cantidad de varianza adicional que la ya explicada por los primeros tres. El primer componente principal toma en cuenta un 65,3% de la varianza, con un patr3n espacial marcado por un gradiente perpendicular a la costa, donde una zona costera varía en forma opuesta a una zona oceánica, una variaci3n en sentido este-oeste (**Fig. 126**). Este patr3n espacial tiene un marcado patr3n temporal con valores positivos durante los meses de verano y valores negativos durante los meses de invierno (**Fig. 127**). El segundo componente principal toma en cuenta un 5,5% de la varianza, con un patr3n espacial marcado por valores negativos en una porci3n al norte de la zona de estudio y valores positivos fueron observados en la parte sur. Altos valores fueron registrados al sur de los 21°S y valores negativos al norte. Este patr3n espacial no presenta una marcada seńal temporal, exhibiendo una tendencia positiva en el periodo, con valores negativos durante agosto-septiembre de 2007, para luego presentar en general, valores negativos al final del periodo analizado. El tercer componente



principal toma en cuenta un 5% de la varianza, con un patrón espacial marcado por valores positivos en una franja cercana a la costa y valores negativos en la parte oceánica. Este patrón espacial presenta una tendencia positiva durante la primavera de 2007, con valores negativos al final del periodo analizado.

La correlación entre la serie temporal derivada del análisis hecho sobre la serie de las imágenes satelitales semanales de TSM con una resolución espacial de 9 km, y la serie temporal de las capturas de anchoveta para el año 2007, no muestra un valor alto de correlación (22%), cabe mencionar que las capturas representa solo a la flota industrial y no se considera la flota artesanal que presenta el 15% de las capturas totales. Las series temporales presentan una alta sincronía durante el periodo analizado (**Fig. 128**). Al inicio del periodo analizado ambas series presentan una tendencia negativa hasta alcanzar su mínimos valores entre la semana 33 y 45. Cabe mencionar que niveles positivos de capturas ocurren cuando el ambiente esta pasando de una condición homogénea, dominada por temperaturas cálidas en verano a un condición homogénea fría en invierno, esta transición esta dominada por fuertes gradientes térmicos superficiales, producto del alejamiento de las masas de aguas cálidas y por la aparición de aguas frías (verano-otoño), y posteriormente ocurre el proceso inverso, dando origen a una transición entre el alejamiento de masas de aguas frías y la aparición de masas de aguas cálidas, volviendo a generar fuertes gradientes térmicos (primavera-verano).

Para la componente latitudinal del transporte de Ekman y la componente latitudinal de las capturas muestra una relación inversamente proporcional, es decir, al sur de la zona de estudio, se observan niveles del transporte de Ekman de tres veces superior a los niveles registrados al norte de la zona de estudio (**Fig. 129**). En cambio, las capturas de anchoveta se concentran en una angosta franja latitudinal (22°-18°S), las que estarían relacionadas a niveles moderados a bajos del



transporte de Ekman. Estos niveles del transporte de Ekman, representan en la componente zonal del viento, valores del orden los 5 m/s, este valor esta relacionado a la teoría de la ventana ambiental óptima (Cury & Roy, 1989) donde el balance entre la surgencia de aguas ricas en nutrientes y las condiciones adecuadas de viento, favorecerían el éxito del reclutamiento de los pequeños pelágicos. Esta teoría ha sido exitosamente probada en las poblaciones de pequeños pelágicos de California, Perú, Chile, la península ibérica y al norte y este de África, donde fue encontrado que el éxito del reclutamiento se maximiza a niveles intermedios del transporte de Ekman y la turbulencia (Cury & Roy, 1989; Roy *et al.*, 1995; Serra *et al.*, 1998; Yáñez *et al.*, 2001).

F. Objetivo específico N° 2.6

Determinar posibles patrones migratorios espaciales y estacionales de anchoveta y jurel sobre la base del análisis integrado de la información histórica recopilada por el monitoreo bio-oceanográfico, evaluaciones directas y monitoreos biológico-pesqueros de las zonas de pesca.

Capturas totales diarias fueron generadas a partir de la base de datos validada para el período de estudio que cubre desde inicios hasta el final del año 2007 (**Fig. 130**). Básicamente, las capturas comienzan a finales de enero para terminar a finales de diciembre, con un lapso entre mediados de julio y mediados de agosto donde se produciría la veda biológica con fines reproductivos. Además, se observa una tendencia decreciente durante los meses de febrero hasta julio, para luego incrementarse durante primavera y comienzos del verano. A partir de la serie temporal diaria de las capturas totales de anchoveta se genera la serie temporal de incrementos diarios entre observaciones sucesivas, lo que permite identificar 32 días en que el umbral o nivel crítico de 2000 ton fue sobrepasado.



El 75% (tercer percentil) de los registros analizados que sobrepasaron el umbral seleccionado (2000 ton.) tienen una frecuencia de ocurrencia menor a 13 d1as, es decir, las grandes agregaciones de anchoveta tienen una ocurrencia de muy baja frecuencia. Y es m1as, el 88% de los datos analizados muestran una frecuencia menor a 15 d1as, sugiriendo que hay una alta probabilidad que la ocurrencia de una alta agregaci3n de anchoveta ocurra en una escala de variaci3n temporal de baja frecuencia (**Fig 131**).

Para las capturas de anchoveta diarias que sobrepasaron el umbral seleccionado fueron graficadas para estimar los *k-means* para cada fecha en que se sobrepas3 este umbral (**Fig. 132**). Para cada cartograf1a, se estimo el cluster espacial de mayor densidad de anchoveta, el cual con el siguiente cluster temporal fue unido por una flecha (direcci3n y magnitud) para indicar el desplazamiento que ocurre desde una alta agregaci3n de anchoveta a otra (**Fig. 133**). Adem1as, a partir de las cartograf1as resultantes de los desplazamientos que ocurren desde una alta agregaci3n a otra, se graficaron los vectores espaciales en su componente nortesur sin escalamiento y en la direcci3n este-oeste fueron escalados entre 0 y 1 para facilitar la construcci3n del grafico (**Fig. 134**). Se observa un predominio de una direcci3n norte y sur con la presencia de desplazamientos del orden de los 200 km. para una direcci3n en sentido norte o sur.

El an1lisis de frecuencia para los desplazamientos vectoriales espaciales, se observa que la mayor frecuencia de ocurrencia es en una direcci3n hacia el norte y el sur (**Fig. 135**), con una marcada ocurrencia para los 1ngulos de 90 y 270 grados. Adem1as, estos desplazamientos en sentido norte - sur ocurren en una distancia aproximada de 200 km. En los meses de invierno se observa que los desplazamiento tienden a ocurrir en sentido oeste, con una marca orientaci3n hacia las parte oce1nica de los desplazamientos.



VIII. DISCUSIÓN

Vientos

Durante el crucero de septiembre-octubre, los vientos observados mostraron el dominio de la componente hacia el Ecuador en el área oceánica y la componente a lo largo de la costa, cerca del continente. Esta dirección es la típica encontrada en la zona debido a la influencia del Anticiclón del Pacífico en el norte de Chile, generando la predominancia de los vientos favorables a la surgencia durante la mayor parte del año (Bakun & Nelson, 1991). La intensidad de los vientos registrados durante el crucero no muestra un cambio significativo a los consignados durante septiembre de 2006 (Braun *et al.*, 2007) y solamente su distribución espacial varía tal como se ve reflejado en el índice de surgencia y el índice de turbulencia. Las variaciones espaciales observadas responden a procesos locales más que regionales, como “La Niña”, la cual fue dominante durante septiembre de 2007 y que debería producir un significativo incremento en la intensidad de los vientos hacia el Ecuador (Maturana *et al.*, 2004). Esta diferencia puede deberse a la importancia de los procesos locales presentes en el desarrollo del viento cerca de la costa en la zona norte de Chile (Pizarro *et al.*, 1994; Pizarro, 1999).

El índice de surgencia y el índice de turbulencia muestran que los lugares más propensos para producir surgencia son frente al puerto de Arica, Iquique y el área entre Huasco y punta Farellones. Pero los campos horizontales y verticales de las variables oceanográficas, solamente muestran que en las zonas de Arica-Pisagua y Antofagasta-punta Farellones, se producen ascensos significativos de aguas subsuperficiales, por lo que sólo la intensidad y la persistencia en períodos de viento hacia el Ecuador (antes del crucero) asociada a la débil estratificación, podrían explicar esta inconsistencia entre el viento y la surgencia observada.



Campos Horizontales

Durante el periodo del crucero (23 septiembre a 15 de octubre), los resultados muestran que en los campos superficiales predominan aguas de menor temperatura y menor salinidad. En la capa superficial la temperatura present3 valores menores en 1 a 2°C a lo normal en todo el campo, mientras que los valores de salinidad se ubicaron en una rango entre 0,1 hasta 0,3 psu, m3s bajas a las observadas normalmente en esta 3poca del a3o (nuevos promedios hist3ricos calculados y Rojas y Silva, 1996). Respecto a las anomal3as de temperatura y salinidad, se puede indicar que estas son significativas ya que superan en el sector oce3nico en m3s de 4 veces el error est3ndar calculado para dicha 3rea. A pesar de esto, la distribuci3n espacial muestra el t3pico gradiente norte-sur en la temperatura superficial y en la salinidad (Rojas y Silva, 1996). Del mismo modo, en ambas variables se presenta el t3pico gradiente costa-oc3ano, aunque en el campo de temperatura, aparece muy debilitado debido al enfriamiento generalizado de la zona. Aun as3, entre punta Tres Picos y Pichidangui, la distribuci3n espacial de la salinidad, densidad y ox3geno superficial, muestran la formaci3n de una clara banda costera, caracterizada por una menor concentraci3n de ox3geno disuelto, acompa3ada de una mayor densidad y salinidad. Esta banda costera est3 potencialmente relacionada a un proceso de surgencia costera que estar3a ocurriendo en la zona.

Paralelamente, entre Arica y Antofagasta, la isoterma de 15° C, se ubic3 entre 20 y 50 m por sobre la profundidad t3pica que se observa en la zona durante esta estaci3n del a3o (Blanco *et al.*, 2001). En esta variable se puede indicar que los valores de anomal3a encontrados fueron significativos s3lo en el sector oce3nico del borde oeste de la zona, por sobre las 70 mn de la costa.



Al sur de Antofagasta, la isoterma de 15° C estuvo ausente por lo que no presentó datos de profundidad. La profundidad base de la termoclina calculada no entregó valores desde punta Tres Picos hacia el sur, ya que no se obtuvieron valores iguales o superiores a 0,1° C/m en la vertical, por consecuencia, tampoco hay valores para el gradiente promedio, gradiente máximo de la termoclina y profundidad de este gradiente, definiendo que el enfriamiento que afecta a la zona no es sólo superficial, sino que involucra capas más profundas de la columna de agua, inhibiendo la formación de una termoclina significativa.

Dentro del área donde se obtuvieron valores iguales o superiores a 0,1° C/m, Arica a punta Tres Picos, la profundidad base de la termoclina, al igual que otros años, mostró un incremento de costa a océano. La capa de mezcla presentó profundidades similares a las observadas en septiembre de 2006, sin sugerir un aumento en la intensidad del viento, debido a “La Niña”. El espesor de la termoclina tuvo una clara disminución, la cual se debe posiblemente al debilitamiento de la termoclina, producido por la fase de enfriamiento que incluso llega hasta la temperatura base de la termoclina, la que desciende en hasta 1°C al sur de punta Copaca en relación a septiembre de 2006 (Braun *et al.*, 2007). Entre Arica y Tocopilla y dentro de los primeros 70 mn desde la costa, la termoclina se ubicó a profundidades del orden de 10 m por sobre las observadas en septiembre de 2006, mes considerado dentro de los rangos típicos para la zona, mientras que al sur de Tocopilla se localizó a profundidades mayores. Esta diferenciación parece tener relación con la actividad de mesoescala presente en la zona. Los gradientes promedio de la termoclina observados durante la campaña de 2007 son del mismo orden que las de septiembre de 2006, al igual que los valores del gradiente máximo (Braun *et al.*, *op cit*). Estos últimos, aunque presentan valores similares, se ubican a profundidades menores a las observadas durante



septiembre de 2006, especialmente en el 1rea entre Arica y caleta Chipana, la que se proyecta hacia el sur en una banda cercana a la costa hasta punta Coloso.

Durante septiembre-octubre de 2007, especialmente entre Arica y Antofagasta, el l3mite del m3nimo de ox3geno disuelto se ubic3 en profundidades similares a los de septiembre de 2006, con una distribuci3n espacial similar, la que se ve modificada por eventos locales. Entre Antofagasta y Pichidangui, aunque la estructura espacial es similar a septiembre de 2006 (Braun *et al.*, 2007), la profundidad donde se localiza el l3mite del m3nimo de ox3geno fue m3s profunda, especialmente en la zona oce1nica entre Chañaral y punta Farellones.

Informaci3n Satelital durante el crucero

El campo de anomal3a del nivel del mar tambi3n mostr3 esta diferenciaci3n latitudinal observada en el resto de las variables. Hacia el norte de punta Tres Picos predominaron anomal3as negativas significativas del nivel del mar tanto en la costa como en el oc3ano, mientras que hacia el sur, en la zona oce1nica predominaron anomal3as positivas del nivel del mar. Estas anomal3as aparecen asociadas a la presencia de giros de mesoescala, de tipo cicl3nico en el 1rea norte y anticicl3nico en la zona oce1nica del 1rea sur. La presencia e intensidad de estos giros de mesoescala es consistente con la distribuci3n espacial de la anomal3a geopotencial obtenida de los datos del crucero.

Los valores absolutos de temperatura y clorofila satelital, al igual que su distribuci3n espacial, son consistentes con las distribuciones registradas por medio de las mediciones del crucero. Por un lado la **TSM** satelital define de mejor forma la distribuci3n de temperatura superficial del crucero y la surgencia que ocurre entre el sur de Antofagasta y punta Farellones. Esta es posible de ser observada en los campos de salinidad, densidad y ox3geno disuelto, y adem1s es consistente



por una banda costera de altas concentraciones de clorofila-**a**. Las diferencias espaciales observadas entre estos dos tipos de registros - barco y satelital - obedecen principalmente a lo poco sinóptico de los datos de crucero y a la interferencia de las nubes en el satélite.

Crucero: Transectas Verticales-Masas de Agua

La distribución vertical de las variables mostró que la condición superficial tiende a predominar en los primeros 50 m de la columna de agua. Las transectas entre Pichidangui y Mejillones muestran la ausencia de la isoterma de 15°C y de una termoclina marcada, pero evidencian un ascenso costero de las isolíneas que si bien no es tan intenso como en septiembre de 2006, es coherente con las distribuciones superficiales.

Por otro lado, la salinidad y la densidad señalaron el ascenso de aguas hacia la costa y la formación de un frente de surgencia entre Pichidangui y bahía Moreno, el cual no es observado en la temperatura. Estas diferencias pueden deberse al enfriamiento asociado al evento de “La Niña”, que debilita el gradiente vertical de temperatura, pero no así el de salinidad que está asociado a las masas de agua presentes en la zona.

Entre Mejillones e Iquique no se apreció claramente la formación de una banda costera superficial de bajas temperaturas y altas salinidades. Desde Pisagua a Arica, tanto la temperatura, salinidad y densidad en la horizontal, como también en la vertical, muestran un ascenso de aguas desde capas subsuperficiales que forman una banda costera y un frente de surgencia de débil intensidad. La estructura vertical mostró que justamente el quiebre de las isolíneas no es tan intenso como en septiembre de 2006, por lo cual las aguas que afloran no son de más de 40 m de profundidad.



Bajo los 75 m, la temperatura de la columna de agua en todas las transectas baja paulatinamente, como lo muestran las isotermas paralelas en profundidad, pero eventualmente se observan perturbadas por oscilaciones de decenas de metros en profundidad, tal como ocurre frente a Chañaral y punta Ballenita. Estas oscilaciones, también estuvieron presentes en caleta Inglesa y con menos intensidad en punta Gruesa; se observan también en la densidad y dan cuenta de la actividad de mesoescala presente en la zona y que está afectando toda la columna de agua. Las perturbaciones en la densidad prueban la presencia de flujos geostróficos asociados a giros de mesoescala, tal como lo señalaron las imágenes de altimetría.

Respecto a la salinidad, ésta indica una capa superficial entre 0 y 100 m de una relativa baja salinidad. Así también una capa a media profundidad, centrada en 200 m, de un máximo salino, que en algunas transectas como punta Molle aflora en la zona costera. Por último, señala una capa profunda que presentó salinidades similares o levemente superiores a las superficiales. Estas capas están asociadas a 3 masas de agua: la masa de Agua Subantártica (**ASAA**) en la capa superficial, la masa de Agua Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**) a media profundidad y la masa de Agua Intermedia Antártica (**AIA**) en profundidad (Silva, 1983). Disminución de la participación del Agua Subtropical (**AST**) entre Arica y Mejillones no se observó durante septiembre de 1999, año “La Niña” (Braun *et al.*, 2000; Blanco *et al.*, 2002; Reyes, 2004). En el evento frío de 2007 la ausencia de **AST** entre Pichidangui y bahía Moreno, donde típicamente se ha observado al menos un 20 % de participación sobre el núcleo del **ASAA**, deja de manifiesto que el evento “La Niña” no produce solamente un enfriamiento, sino que potencialmente podría disminuir la advección de agua subtropical hacia el norte de Chile y/o podría ser un factor que inhibe la formación de este tipo de agua o que podría modificar sus características. Por otro lado, la presencia del **AESS** se presenta disminuida entre



Pichidangui y caleta Inglesa, mientras que el **ASAA** incrementa su intensidad (~30% de participaci3n) en las cercanías de Arica, dando la posibilidad a que se produzca un incremento en la advecci3n de aguas desde el sur, paralelamente a la disminuci3n de la entrada de la **AST** desde el norte.

Los valores mostrados de anomalía de temperatura y salinidad en la vertical de las transectas de Arica, punta Lobos y Antofagasta, aun cuando presentaron una marcada tendencia hacia valores negativos, sólo fueron significativos en la capa de los primeros 10 m en las áreas donde ya se indicó la presencia de anomalías significativas en el nivel superficial. Sin embargo, en la capa de los primeros 50 m del borde oeste de la secci3n de Antofagasta las anomalías fueron significativas en salinidad. Bajo los 100 m de profundidad, las anomalías de ambas variables indicadas para estas tres secciones no fueron significativas.

Clorofilas horizontales y verticales

La distribuci3n superficial de clorofila-**a** y feopigmentos, mostr3 valores relativamente bajos en relaci3n a los observados durante septiembre de 2006, especialmente entre Antofagasta y Pichidangui. Al mismo tiempo, entre Antofagasta y Arica las concentraciones superficiales son similares a las observadas en septiembre del ańo anterior (Braun *et al.*, 2007). Esto ocurre a pesar de que los campos verticales y horizontales de las variables muestran una surgencia activa entre Antofagasta y Pichidangui. La concentraci3n integrada de clorofila-**a** y feopigmentos tambi3n muestra una diferenciaci3n latitudinal, dividiendo biol3gicamente en dos áreas: al norte y sur de la península de Mejillones, lo que es consistente con las variables físicas. De hecho, típicamente al sur de la península de Mejillones, aunque la clorofila-**a** superficial no aparece, en la clorofila integrada suelen mostrarse bandas o núcleos de clorofila asociadas a procesos de surgencia (Braun *et al.*, 2007).



Al igual que en otros años, en la vertical, la clorofila-**a** y los feopigmentos muestran bajas concentraciones al sur de Antofagasta, pero a diferencia de septiembre de 2006 (Braun *et al.*, 2007), los núcleos subsuperficiales como los que típicamente se presentan en Chañaral, están ausentes.

A partir de Bahía Moreno y hacia el norte, empiezan a aparecer núcleos costeros significativos ($>1 \mu\text{g/L}$), pero restringidos a la zona costera o en los primeros 15 m de profundidad, similares a los observados en septiembre de 2007 (Reyes *et al.*, 2008). De hecho, y aunque abarcan muy pocas áreas, presentan concentraciones superiores a las de septiembre de 2006 (Braun *et al.*, 2007). Esto último permite afirmar que a pesar de un evento frío como “La Niña” las concentraciones de clorofila-**a** y feopigmentos entre Arica y Antofagasta, no varían significativamente y se generan núcleos subsuperficiales que están más cercanos a la costa, mientras que entre Antofagasta y Pichidangui, las concentraciones son levemente menores. Esto último lleva a concluir que aunque los valores de las variables están afectados por un evento “La Niña”, los procesos físicos que determinan la distribución característica de la clorofila y feopigmentos en la zona norte de Chile, no cambian significativamente. La profundidad promedio de la capa fótica (1% de penetración de la luz) durante septiembre de 2007, fue levemente mayor a septiembre de 2006, pero las mediciones son difíciles de comparar, ya que en 2006 las estaciones en que se consignaron datos de penetración de la luz, fueron menos de la mitad que durante 2007.

Nutrientes inorgánicos

La distribución vertical para nitratos, fosfatos y silicatos se presentó separada en dos capas, una superficial con un bajo contenido de nutrientes y una profunda en la cual la concentración de estos aumentó paulatinamente con la profundidad. Silva (1983) ya ha descrito una estructura vertical de dos capas para la zona de Arica a Caldera, la cual es similar con lo registrado en los análisis de nutrientes de



este crucero. Por otra parte la separación vertical en dos capas registrada para la distribución de nutrientes coincide a su vez con la distribución vertical de oxígeno disuelto, pero en forma inversa. La capa superficial más oxigenada tiene un menor contenido de nutrientes, mientras que la profunda, contiene menos oxígeno disuelto y un mayor contenido de nutrientes.

Las menores concentraciones superficiales de nutrientes se deben por una parte a consumo de estos por parte de fitoplancton y por otra a la presencia de masas de agua que traen consigo una baja concentración de ellos. Los aumentos de las concentraciones en profundidad se debe a procesos de remineralización de materia orgánica biogénica marina en la capa profunda (Libes, 1992), disolución de material silíceo y presencia de masas de agua enriquecidas que se encuentran a mayores profundidades.

El nitrito por su parte presentó una distribución diferente al resto de los nutrientes, con un máximo subsuperficial en la zona norte ($> 6 \mu\text{M}$) centrado a los 100-150 m. Por sobre y bajo este máximo, el nitrito disminuyó su concentración, a valores menores de $0,1 \mu\text{M}$. Este máximo presente a estas profundidades se debe a procesos de denitrificación en aguas cuasi anóxicas, donde el nitrato, que es usado como oxidante de la materia orgánica disminuye, lo que genera un aumento de nitrito, el que se acumula (Anderson *et al.*, 1982). Esto se encuentra influenciado por la presencia de la AESS (Silva, 1983; Morales *et al.*, 1999) la que presenta un 80% de participación en esta zona y trae consigo una preexistente muy baja concentración de oxígeno disuelto (Silva, 1983). Farías *et al.*, (2006) en su análisis de esta acumulación de nitrito en la zona de mínimo oxígeno del norte de Chile, registraron concentraciones de alrededor de $9 \mu\text{M}$, por debajo de la base de la oxiclina. De esta manera, los mínimos subsuperficiales de nitratos bajo los 50 metros, en la zona norte (desde Arica a punta Copaca) son concordante con



los máximos de nitritos encontrados en este crucero, encontrándose ambos mínimos y máximos bajo la isolínea de 1mL/L. Esta asociación ya ha sido postulada anteriormente por Thomas (1966) y Silva (1987), indicando que la formación del máximo de nitrito es producto de la respiración bacteriana de la materia orgánica en base al nitrato como aceptor de electrones en un medio cuasi anaeróbico. La fuerte disminución en las concentraciones del nitrito al sur de Chañaral se debe a que la cantidad de oxígeno de la AESS ha aumentado su contenido, ya sea por mezcla y/o difusión desde las capas superficiales e intermedias, lo cual hace que la actividad del proceso de respiración bacteriana en base al consumo de nitrato no este favorecido, volviéndose a usar oxígeno disuelto en la oxidación de la materia orgánica (Silva, 1987).

Longitudinalmente, la separación superficial en dos zonas, una norte (Arica a Antofagasta) con bajas concentraciones en todos los nutrientes y una sur (Antofagasta a Pichidanguí) con mayores concentraciones registradas en este crucero, se debería por una parte, a que la zona norte se encuentra mas influenciada por la masa de agua AST en los primeros 50 m (Silva & Konow, 1975), caracterizada por un mínimo en el contenido de nutrientes, hacia el sur, el porcentaje de participación de la AST es muy bajo, apareciendo una mayor influencia de las masas ASAA con mas del 50% de participación desde los 28°S y una leve participación de AESS en superficie (Silva & Konow, 1975). Por otro lado, las mayores concentraciones superficiales de nutrientes hacia la zona sur, es causa de intensos procesos de surgencia que ocurren en ella. A lo largo de la costa chilena, es usual la ocurrencia de surgencia costera entre las latitudes 18° S y 38° S debido a la orientación de la costa y al régimen de vientos, donde predominan los del S y SW, (Bakun & Nelson, 1991). Fonseca & Farías (1987) mencionan que en teoría la surgencia costera se puede presentar en toda la costa norte y central de Chile. Sin embargo, este proceso se ha observado en puntos



geogr3ficos espec3ficos como bah3as puntos y cabos. Kearns & Carr (2003) por su parte, analizando zonas de surgencia costera, indican que existe un alto contenido local de nutrientes en la regi3n de la corriente de Humboldt. De esta manera, las altas concentraciones superficiales concuerdan con afloramientos de aguas enriquecidas a mayores profundidades.

Monitoreo satelital-Bandas costeras

La evoluci3n temporal de las temperaturas tanto en la costa como en la banda oce3nica, muestran un ciclo anual t3pico de la zona, con enfriamiento en casi toda el 3rea, desde mayo hasta agosto de 2007, el cual se aprecia de sur a norte. Superpuesto al ciclo anual, el enfriamiento estacional entre junio a agosto (invernal) esta intensificado por la influencia del evento "La Ni3a". Los resultados tambi3n muestran que durante el periodo diciembre-marzo (verano austral) la TSM aparece m3s acentuada en la zona oce3nica, mientras que en la costa la amplitud de la oscilaci3n anual de la TSM se ve atenuada por la surgencia en la costa (Letelier *et al.*, 2008). Este acoplamiento de entre la se3al anual de la TSM y La Ni3a tiene su generaci3n en un enfriamiento en la zona Ecuatorial que produce un descenso generalizado de las temperaturas del mar de la zona de estudio y es perceptible por los rangos de las TSM involucradas y las anomal3as observadas durante el crucero.

En cuanto a la concentraci3n de clorofila-a satelital, la banda costera tuvo un comportamiento homog3neo a lo largo de la costa entre enero y mayo. Desde mediados de mayo hasta septiembre, se aprecia una disminuci3n significativa en la clorofila entre los 23°30' y 31°50'S, con una distribuci3n similar a la que present3 el enfriamiento costero, para luego incrementar de norte a sur a partir de agosto-septiembre. Las m3ximas concentraciones en la zona costera se observaron entre los 28°50'-29°50'S entre noviembre y diciembre de 2007. En enero de 2008 se incrementaron hacia el norte de los 27°50'S y a principios de abril de 2008 hacia el



norte de 23°S. Claramente, una alta concentraci3n de clorofila-**a** aparece asociada a las bahías adosadas a la península de Mejillones 23°20'S, es decir, bahía Moreno y bahía de Mejillones. Por lo tanto, estas dos zonas aparecen potencialmente como zonas de retenci3n durante todo el periodo.

En general, el periodo 2007 parece tener menores concentraciones de clorofila detectables con satélite respecto al mismo periodo de 2006, aunque la estructura espacial del ciclo anual es similar. Por otro lado, en la banda oceánica, las concentraciones de clorofila-**a** son relativamente bajas en relaci3n a la banda costera, al igual que el ańo 2006 (Braun *et al.*, 2007), pero a diferencia de aquel periodo, se present3 una ausencia importante de datos por problemas de nubosidad a lo largo de todo el ańo. Cabe seńalar que de los datos rescatados se observ3 que entre octubre y septiembre de 2007 se produjo un aumento significativo de la clorofila-**a** en la zona oceánica el cual, como seńal, parece desplazarse de sur a norte.

Dentro del periodo enero a diciembre de 2007, las series temporales de corrientes geostr3ficas meridionales mostraron la predominancia de fluctuaciones quincenales y de 1 a 2 meses, variando latitudinalmente. Paralelamente, en las series de corrientes zonales predominaron fluctuaciones de 2 a 3 meses. Respecto a las corrientes a lo largo de la costa se observ3 que entre al norte de los 23°S predomin3 un flujo neto hacia el norte durante el primer semestre del ańo 2007, con sus respectivas fluctuaciones asociadas. Mientras que durante el segundo semestre predomin3 un flujo hacia el sur, el cual tiende a volver hacia el norte a partir de marzo de 2008. Este patr3n se repite, aunque con un atraso de 2 meses en la serie frente a los 23°43'S. En el área sur de la zona, donde las corrientes fueron menos intensas, las fluctuaciones hacia el Ecuador fueron de menor periodo (2 meses) y se presentaron s3lo entre marzo y mayo de 2007 y 2008.



Las corrientes perpendiculares a la costa presentaron similares períodos de fluctuaciones, con corrientes entrantes y salientes asociados a flujos hacia el norte y sur, permitiendo definir que gran parte de la variabilidad de las corrientes entre Arica y Tocopilla, está influenciada por la actividad de mesoescala y cambios estacionales que impulsan una corriente neta hacia el Ecuador durante el período de estudio. Por otro lado, en Antofagasta, que también presentó un flujo neto hacia el Ecuador, la componente perpendicular a la costa fue cercano a cero, con menos variabilidad que el resto de las localidades. Las fluctuaciones estacionales sugieren un flujo neto hacia la costa de enero a septiembre, a partir del cual predominó el flujo hacia fuera de la costa. Este cambio estuvo asociado al incremento de la actividad de la surgencia costera entre primavera-verano (septiembre a febrero).

En la época del crucero, en el área adyacente a la plataforma, predominó una corriente neta hacia el sur desde Arica a Antofagasta, con un flujo hacia el oeste en Arica e Iquique y un flujo hacia la costa en Tocopilla y Antofagasta. En Tal Tal y punta Farellones, la corriente tiene dirección norte, pero mientras que en Tal Tal el flujo fue hacia el oeste, en punta Farellones predominó el flujo entrante. Esta distribución es consistente con el campo espacial de velocidades geostroficas.

Asociado a esta dinámica, el transporte perpendicular a la costa mostró una diferenciación latitudinal con máximos relativos entre 23°-24°S y 28°-31°S y mínimos relativos en los 20°30' y 26°30'S. Estos cambios latitudinales implican que dentro del año 2007, las mayores intensidades en el transporte superficial costa afuera inducido por el viento se concentraron alrededor de la península de Mejillones y en la zona entre Caldera y punta Farellones, la cual se ve beneficiada por el cambio de orientación de la costa (Pizarro, 1999; Braun *et al.*, 2007). Coincidentemente, esta última zona es la que aparece dentro del crucero con una



banda costera de menores temperaturas y oxígeno y mayores salinidades y densidades, consecuencia lógica de un intenso transporte superficial hacia fuera de la costa (surgencia) inducido por el viento. A lo largo de esta banda latitudinal, el transporte también evidencia variaciones estacionales, mostrando valores mínimos y de menor variabilidad entre enero y mayo de 2007 y máximos con una mayor variabilidad entre junio y octubre de 2007. Después de los máximos registrados en agosto, a lo largo de todas las latitudes se presentó una disminución en la intensidad del transporte, pero que presentó un segundo máximo en octubre y un tercer máximo de menor intensidad entre noviembre y diciembre. A partir de enero de 2008 la intensidad del transporte vuelve a decrecer, lo que dura los meses estivales.

En general, se observó una separación geográfica en el transporte de Ekman a lo largo de la costa de Chile, una donde dominaron registros bajos al norte de los 26°S y otra de altos registros al sur de esta latitud, con una tendencia negativa de sur a norte. Entre enero y marzo (verano) de 2007, se observaron valores intermedios con algunos pulsos significativos a finales de enero y marzo. Entre abril y agosto (otoño e invierno) se registró una tendencia creciente hasta alcanzar su mayor valor a mediados de agosto, cambiando al final del periodo, con dos pulsos significativos a finales de noviembre y otro a mediados de octubre. En general, se observó una variabilidad de baja frecuencia intraestacional en el transporte de Ekman.

La influencia que podría tener la distribución de factores ambientales en la disponibilidad de algunos recursos comerciales es aun motivo de investigación y dentro de este proyecto solamente ha podido ser abordada desde el punto de vista de los movimientos de la pesquería de la anchoveta, basado en registros georeferenciados de la captura. Los resultados sugieren que la disponibilidad de la



anchoveta en la zona norte de Chile durante el 2007 se concentró desde Antofagasta hacia el norte y dentro de las primeras 20 millas, aunque es posible observar capturas hasta las 30 mn desde la costa. Un punto notable aparece asociado en la costa entre los 29° y 30°S. Otro aspecto relevante es que las capturas tendieron a ser mayores entre la mitad de enero a mayo y de septiembre a diciembre. Desde mediados de agosto a mediados de septiembre de 2007, dependiendo de las condiciones biológicas imperantes se decretó una veda de tipo protección desove (reproductivo), mientras que la ausencia de capturas en enero de 2007 estuvo influenciada por la veda de protección al reclutamiento. Estas vedas dificultan el análisis temporal de las series, pero al considerar el primer modo de variabilidad de la TSM y la captura media mensual, se presenta una relación positiva durante los primeros meses del año y una relación inversa durante los últimos meses del año, es decir, el reclutamiento está asociado con el calentamiento estacional de verano y el desove con el enfriamiento en la costa producido por la surgencia costera. Por otro lado, al igual que el año 2006, la distribución latitudinal de la captura total del año 2007 está inversamente relacionada con el transporte de Ekman, ya que entre los 18° y 23°S, con valores relativamente bajos de transporte, se concentraron las capturas con un punto geográfico notable en la península de Mejillones. En cuanto a las capturas del año 2007, estas fueron superiores al año 2006, aunque siguen estando bajo el promedio histórico y podrían estar potencialmente asociados al cambio de fase entre el periodo cálido de 2006 a evento La Niña 2007.

Series Costeras – Arica, Iquique y Mejillones

Una clara evidencia de la influencia del evento de La Niña en la zona costera del norte de Chile aparece en la costa de Arica, Iquique y Mejillones donde se presentó un descenso de la temperatura que comienza en julio y que se extiende hasta octubre de 2007, donde la isoterma de 15° C desaparece y la isoterma de



14° C se levant3 hacia la superficie. Este enfriamiento, aunque ha sido observado en otros a3os (2002 y 2005), no hab3a sido tan extenso en el tiempo al mismo tiempo en las tres estaciones de muestreo. Esta evidencia muestra claramente la vinculaci3n entre procesos ecuatoriales de gran escala con la zona costera del norte de Chile, los cuales a pesar de intensidad est3n modificando las condiciones que generalmente est3n conducidas por procesos locales (Pizarro *et al.*, 1994; Pizarro, 1999; Hormazabal *et al.*, 2001). En las tres estaciones y a diferencia de los campos horizontales, en la costa no se aprecia un descenso an3malo de salinidades, es decir, al compararlas con per3odos similares para a3os normales excepto para el periodo de “El Ni3o” 1998. Una situaci3n similar ocurre con la concentraci3n de las clorofilas en la columna de agua. Respecto a la concentraci3n de ox3geno, a diferencia de otros a3os y desde 2006 hasta febrero de 2008, la m3nima de ox3geno tiende a ubicarse entre los 10 y 30 m, lo que indica una mayor persistencia de la presencia de AESS sobre la plataforma continental de la zona norte de Chile.

Las estaciones costeras reflejaron muy bien eventos como “El Ni3o” y las tendencias de largo plazo que podr3an estar afectando la zona costera de Arica, Iquique y Mejillones, pero no es as3 en eventos como “La Ni3a”, donde por ejemplo el a3o 1999 no se muestran anomal3as extremas. Por otro lado, durante la Ni3a 2007, y aunque comparativamente fue m3s d3bil que El Ni3o 1998, las temperaturas son pr3cticamente el 3nico par3metro indicativo de un proceso an3malo. Por lo anterior, se deduce que en un evento La Ni3a futuro, la temperatura en la costa de la zona norte Chile es la variable m3s sensible y de respuesta m3s r3pida. Esta situaci3n es coincidente con lo observado durante el crucero, ya la capa superficial de toda la zona oce3nica evidencia un descenso de la temperatura, un descenso en la salinidad y una elevaci3n de la capa de m3nimo ox3geno. El hecho que “La Ni3a” no se observe en la zona costera en las variables



salinidad, ox3geno y clorofila, puede deberse a que las estaciones est3n en una zona altamente energ3tica y de alta mezcla por viento y por surgencia, por lo cual estas variables s3lo mostrar3an tendencias de largo plazo o eventos m3s extremos (Brink, 1997).

En resumen, los efectos o la influencia que tiene el evento de “La Niña” sobre la zona norte de Chile fueron m3s intensos entre el per3odo mayo a octubre de 2007, tanto en la costa como en la zona oce3nica y son mayor intensidad que los observados durante la Niña de 1999 (Castillo, 2003; Bello & Maturana, 2004). En septiembre de 1999 (Braun *et al.*, 2000), las temperaturas y las salinidades, aunque fueron bajas, no presentaron anomal3as tan significativas como durante la campaña de 2007. De hecho en 1999, s3lo oscilaron entre 0 y -0,5°C y -0,1 a -0,2 psu, en comparaci3n a -1 a -1,5°C y -0,2 a -0,4 psu en 2007. Estas diferencias señalan que durante septiembre, el evento “La Niña” 2007 gener3 una mayor perturbaci3n en la zona norte de Chile que el descrito para el aña 1999. Las implicancias de La Niña 2007 en la biodiversidad y abundancia futura de los recursos de la zona norte de Chile tendr3n que ser evaluadas los pr3ximos añaos gracias a la informaci3n recolectada a trav3s de este tipo de proyecto de monitoreo bio-oceanogr3fico.

En el an3lisis integrado de la informaci3n, se debe considerar que el comportamiento estacional en los procesos de desove podr3a estar causado por la agregaci3n de la especie para estos fines. En este sentido Yañez *et al.*, (2001) indican que los recursos pel3gicos presentan variaciones espaciales intra e interanuales, las cuales se relacionan con procesos biol3gicos y fluctuaciones del medio ambiente. Este resultado coincide con lo expresado por diferentes autores que han estudiado la distribuci3n y abundancia del ictioplancton y de ejemplares adultos de anchoveta en la zona norte (Braun *et al.*, (2007); Silva *et al.*, (2003);



Oliva *et al.*, (2002), entre otros), los cuales han llegado a conclusiones similares. También debe destacarse que tanto huevos como larvas exhibieron sus mayores densidades en las 10 primeras millas de la costa en los bordes internos de las aguas de 15°C, lo que es semejante a los descrito por Braun *et al.*, 2007) y Oliva *et al.*, (2002). Por otro lado, en verano Silva *et al.*, (2003), señalan que la TSM promedio de pesca para ejemplares adultos es de 20°C; en tanto que el ictioplancton presenta un rango predilecto de 18-20°C.

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

De manera general, en la zona de estudio se aprecian tres sectores donde se observan registros de huevos y larvas de manera recurrente, el primero esta localizado en las inmediaciones del puerto de Arica y tiene una baja extensión espacial; el segundo núcleo se ubica en las proximidades de punta Lobos y es el foco principal en términos espaciales y temporales y que además presenta las



mayores densidades de huevos y larvas, y se caracteriza por abarcar una amplia zona que cubre aproximadamente. 5.400 mn^2 ; y un tercer sector se emplaza frente al puerto de Antofagasta y se caracteriza por su extensión costera. En este sentido, es importante señalar que los tres principales focos de abundancia de huevos y larvas coinciden con las áreas de surgencias más relevantes del norte del país, lo que se debería a que es improbable que en zonas de surgencias se encuentren bajas concentraciones de alimento para no poder satisfacer las necesidades metabólicas de las larvas (Pizarro *et al.*, 1998).

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

Históricamente los más altos valores de los **IC** de anchoveta se han registrado en los períodos de primavera-verano, siendo particularmente notorio en 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 de los años 2000, 2001 y 2002 también presentan valores relativamente altos del **IC**, junto con el verano del año 2000 (0002). El invierno de 2004 (0408) y el verano de 2006 (0602) también se destacan por registrar altos valores en el **IC**, con un 25,7 y 36,7%, respectivamente.

Los resultados encontrados en este estudio sugieren que la hipótesis planteada sea rechazada, ya que no existiría un gradiente espacio – temporal que sea



definido por áreas de altas concentraciones del recurso anchoveta, sino más bien la existencia de focos particulares en las inmediaciones o áreas adyacentes a los puertos de Arica, Iquique y Tocopilla, donde se observa la ocurrencia de la gran mayoría de los lances de captura de anchoveta en la zona norte de Chile. Esto es dado porque la gran mayoría de los desplazamientos espaciales estudiados tienen una orientación en sentido norte – sur, con ángulos de orientación en los 90 y 270 grados, y además las magnitudes de dichos desplazamientos están en promedio por los 200 km. Cabe mencionar, que en los meses de invierno y primavera, cuando se manifiestan las temperaturas más bajas para la zona de estudio, se observan desplazamientos que tienen una orientación en sentido este, es decir, altas agregaciones de anchoveta son observadas en la parte oceánica de la zona de estudio.

Ya que solo el 75% de los registros analizados que sobrepasó el umbral seleccionado, tienen una frecuencia de ocurrencia menor a 13 días, es decir, el tiempo de ocurrencia en que este umbral sea sobrepasado estaría relacionado posiblemente a fluctuaciones de baja frecuencia observadas en las series costeras de América del Sur en la banda intraestacional, debido probablemente a propagaciones en dirección al polo de ondas atrapadas a la costa, forzadas por la propagación hacia el este de las ondas ecuatoriales Kelvin (Huyer *et al.*, 1991; Shaffer *et al.*, 1997; Hormazábal *et al.*, 2001). Esta variabilidad aparecería forzada remotamente desde el Pacífico ecuatorial, por oscilaciones de Madden-Julian en la banda intraestacional (Shaffer *et al.*, 1997; Hormazábal *et al.*, 2002), y por los vientos ecuatoriales en la banda estacional (Pizarro *et al.*, 2002).



IX. CONCLUSIONES

El evento “La Niña” generó una intensa disminución en los valores de los campos superficiales y verticales de temperatura y salinidad de la zona oceánica. En el sector costero, la temperatura de la columna de agua disminuyó notablemente entre mayo y octubre de 2007 en la capa de los primeros 10 metros, mientras que de agosto de 2007 a febrero de 2008 se produjo el máximo enfriamiento bajo los 10 m de profundidad.

La información recopilada en el crucero de septiembre y octubre de 2007 indica que el sector oceánico de la zona de estudio presentó un enfriamiento generalizado de la capa superficial y una disminución en la concentración de salinidad asociado a una menor presencia de aguas de origen subtropical, favoreciendo la advección desde el sur de aguas de origen subantártico y una leve disminución en el límite superior de la profundidad del mínimo de oxígeno.

No obstante los cambios generados por el evento frío “La Niña” en los valores superficiales de temperatura y salinidad, la distribución espacial de estas variables durante el crucero, y durante los meses posteriores a través del monitoreo satelital, mostró el típico gradiente norte-sur y costa-océano que caracteriza a la zona norte.

Las observaciones durante el crucero y en las estaciones satelitales costeras mostraron el predominio de la componente hacia el Ecuador del viento durante el año 2007 pero no presentaron anomalías extremas en su magnitud.

Durante el crucero, el enfriamiento que afectó a la zona norte de Chile y su influencia en las capas profundas, produjo un debilitamiento de AST y el ascenso de la isoterma de 15° C entre Arica y Antofagasta, incluso la ausencia de ésta al sur de los 24°S.



Los campos superficiales de temperatura, salinidad y densidad, junto con los índices de surgencia y turbulencia, medidos en el crucero, evidenciaron el desarrollo de afloramiento costero entre el sur de Antofagasta y punta Farellones, como también entre Pisagua y Arica.

En septiembre –octubre de 2007, la profundidad de la isoterma de 15°C, la presencia de termoclina, las anomalías del nivel del mar y las velocidades geostróficas de satélites, asociadas a giros de mesoescala y a la distribución de los feopigmentos y clorofila-a integrada, definieron dos macrozonas, cuya dinámica y respuesta biológica parece ser distinta: una entre Arica y Antofagasta y otra entre Antofagasta y Pichidangui.

El hecho que el evento “La Niña” produzca un descenso en las temperaturas y salinidades de la zona, no cambió los procesos físicos que producen la distribución característica de la clorofila y feopigmentos en la zona de estudio.

La evolución temporal de las temperaturas superficiales tanto en la costa como en la banda oceánica, mostraron un ciclo anual típico para la zona, con un enfriamiento asociado al invierno austral, intensificado por la presencia del evento “La Niña”.

Las corrientes a lo largo a la costa durante el período enero de 2007 a mayo de 2008, muestran fluctuaciones quincenales y de 1 a 2 meses, variando latitudinalmente, mientras que en la componente perpendicular a la costa predominaron oscilaciones de entre 2 a 3 meses.

Durante el 2007, el primer modo de la TSM estuvo asociado a parte de las variaciones temporales de las capturas de anchoveta, pero el transporte de Ekman está vinculado con la distribución latitudinal de las capturas.



Las estaciones costeras reflejan de buena forma eventos como “El Niño” y las tendencias a largo plazo que sufre la zona costera de Arica, Iquique y Mejillones. Sin embargo, “La Niña” 2007 sólo mostr3 anomalías de temperatura, asociadas a la duraci3n del enfriamiento, y no así en salinidad, clorofila-a y oxígeno.

El estudio integrado de la distribuci3n geogr3fica del ictioplancton de anchoveta indica que los huevos de la especie, se presentan principalmente en zonas aledañas a focos surgentes y asociados a diferenciales t3rmicos moderados. En tanto que las larvas tienen un patr3n de cobertura espacial m3s amplia y adem3s se encuentran m3s alejadas de la costa.

El an3lisis de los modelos de regresi3n entre huevos y larvas de la especie y el gradiente t3rmico sugiere un efecto positivo sobre las densidades del ictioplancton respecto de diferenciales t3rmicos moderados.

Al emplear modelos aditivos generalizados qued3 en evidencia la relaci3n no lineal entre algunos de los factores de localizaci3n y oceanogr3ficos con la presencia y densidad de huevos y larvas de anchoveta en la zona norte del país. El modelo propuesto fue capaz de explicar una fracci3n importante de la variabilidad en los datos cuando se model3 la presencia y densidad de huevos y larvas para los cruceros analizados, vale decir existi3 una ganancia substancial en el modelo que incorpora estas covariables frente a uno que no las incorpora.

El an3lisis de la informaci3n recopilada en los últimos dos proyectos indica, que si bien el desove se produce en todo el rango latitudinal analizado, las áreas latitudinales que presentan condiciones favorables para la presencia de huevos y larvas difieren. Se ratifica que el desove es un proceso costero, en efecto longitudes localizadas al este de los 70° 40' W, tienen un impacto positivo sobre la



presencia y la densidad de huevos y larvas. Asimismo, el análisis integrado de los cruceros, indica mayor probabilidad de encontrar estaciones con presencia de huevos o larvas de anchoveta en los cruceros de septiembre, en comparación a los de diciembre y marzo. Lo anterior sustentado en los antecedentes respecto al periodo máximo de desove, que se circunscribe al bimestre agosto - septiembre.

Finalmente, el análisis asociado a la densidad de huevos y larvas indica que, las covariables empleadas en el modelamiento en general no determinan patrones espaciales de distribución, salvo la longitud, que presenta mejores condiciones para la densidad en zonas cercanas a la costa. Esto sería explicado por una alta variabilidad asociada a las densidades de huevos y larvas la cual no permite recoger las posibles relaciones existentes entre la densidad y las variables predictoras consideradas en el modelo. Una alternativa posible de evaluar corresponde a un análisis multivariado, de forma tal de identificar cluster o grupos de distribución y en función de estos caracterizar las condiciones oceanográficas asociadas a dichos grupos.

El análisis estadístico espacial de huevos y larvas de anchoveta reveló un fuerte gradiente espacial en dirección este-oeste, con valores máximos cercanos a la costa entre Iquique y Tocopilla. A pesar de que el diseño de muestreo se considera hasta los 32°S, el 99% de la densidad de huevos y larvas registrada en el crucero, está al norte de los 24°S.

La no continuidad espacial observada en las direcciones angulares de 45, 90 y 135° muestra que el gradiente espacial de huevos y larvas está en la dirección este-oeste, con una fuerte orientación hacia la costa. Esto debido probablemente a que una posición espacial más costera favorecería la presencia de aguas con mayor cantidad de nutrientes y alimento para los estadios larvales.



En la zona Arica-Antofagasta, la anchoveta fue la especie que ocupó el mayor espacio con un 11,06%, seguido por el pez linterna y el jurel con un IC de 3,53 y 2,99%, respectivamente; el langostino con 1,01 % y la caballa con 0,59% de las observaciones acústicas totales. Entre Antofagasta y Pichidangui, el jurel ocupó un mayor espacio (3,9%), seguido por el pez linterna (0,29%); la anchoveta y la caballa, cada una con 0,12%.

Los mayores **ID** en la zona Arica-Antofagasta, lo presentaron el pez linterna con 493,4 t/mn², y la anchoveta con 214,1 t/mn², mientras que la caballa y el jurel presentaron un **ID** de 146,8 y 121,6 t/mn², respectivamente; el langostino registró un **ID** de 90,0 t/mn². Entre Antofagasta y Pichidangui, la anchoveta presentó un **ID** de 163,9 t/mn² y el jurel 119,7 t/mn², el pez linterna y la caballa tuvieron **ID** de 72,3 y 36,1 t/mn², respectivamente.

El **IC** de anchoveta registrado en el presente crucero, representa un incremento de un 22,5% respecto al mismo período de 2006, siendo inferior a los valores observados durante el período 2000-2004.

Finalmente, dado que los resultados encontrados en este trabajo no soportan la hipótesis planteada, sería conveniente en el futuro probar la hipótesis alternativa a este estudio. Esta dice relación que en vez de haber un gradiente espacio – tiempo, debería haber pulsos locales de abundancia relativa del recurso, asociados a zonas predefinidas a los largo de la costa de la zona norte de Chile, estas zonas estarían aledañas o conformando parábolas asociadas a los puertos de Arica, Iquique y Tocopilla.



X. ESTRUCTURA 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° 2007-01 "Monitoreo de las condiciones bio-oceanogr3ficas entre la I y IV Regiones, A±o 2007 (Segunda Licitaci3n)" 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 oceanogr3ficas realizadas durante el crucero se encuentran en el siguiente archivo: **CRUCE502**, cuyo formato de grabaci3n (Formulario de codificaci3n), corresponde a una modificaci3n del formato **NODC**. El formato **IFOP** est3 compuesto por un registro de identificaci3n y varios registros de informaci3n:

a) Registro de identificaci3n

Campo	Columna de inicio	Formato
país	1	E 2
buque	3	A 2
latitud grados	5	E 2
minutos	7	R 3.1
longitud grados	10	E 2
minutos	13	R 3.1
marsden	16	E 3
a±o	19	E 2



continuaci3n

Campo	Columna de inicio	Formato
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
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

Campo	Columna de inicio	Formato
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

El campo de profundidad (sonda) se complet3 con "9999" para profundidad no determinada.

Los datos meteorol3gicos se encuentran codificados de acuerdo las normas y c3digos del NODC. A continuaci3n se entregan codificaciones realizadas a los datos meteorol3gicos.



ALTURA OLA DOMINANTE	
CODIGO	altura de la Ola
X	X altura no determinada
0	0 a 0.25 m
1	0.25 a 0.75 m
2	0.75 a 1.25 m
3	1.25 a 1.75 m
4	1.75 a 2.25 m
5	2.25 a 2.75 m
6	2.75 a 3.25 m
7	3.25 a 3.75 m
8	3.75 a 4.25 m
9	> 4.25 m

PERIODO DE OLA	
CODIGO	período
X	calma o no determinado
2	5 seg o menos
3	6 seg
4	8 seg
5	10 seg
6	12 seg
7	14 seg
8	16 seg
9	18 seg
0	20 seg
1	> 21 seg

TIPO DE NUBE	
CODIGO	NUBE
s	sin nubes
X	nube no visible
0	cirrus
1	cirrocumulus
2	cirrostratus
3	altocumulos
4	altostratus
5	nimbostratus
6	stratocúmulos
7	stratus
8	cúmulos
9	cumulonimbus

VISIBILIDAD	
CODIGO	distancia de visibilidad
0	< 50 m
1	50 a 200 m
2	200 a 500 m
3	500 m a 1 km
4	1 a 2 km
5	2 a 4 km
6	4 a 10 km
7	10 a 20 km
8	20 a 50 km
9	50 km o más
x	no registrado

TIEMPO PRESENTE	
CODIGO	CONDICION
0	despejado
1	parcial nublado
2	capas continuas de nubes
3	ráfagas con polvo o nieve
4	neblina o bruma
5	chubascos
6	lluvia
7	nieve o lluvia y nieve
8	lluvia torrencial
9	tormenta
x	no registrado

OTROS	
Direcciones viento y olas grados verdaderos	
Intensidad del viento nudos	
cantidad de nubes de 0 a 8 partes, 9 = no observado	



2. Clorofila –a

Crucero septiembre-octubre de 2007 proyecto MOBIO FIP 2007-11

Nombre del archivo:

cru-502- clo: indica el número del crucero - variable clorofila

Estructura interna:

Columna A	crucero	número de crucero
Columna B	est	estación
Columna C	prof	profundidad
Columna D	cloa	clorofila a en µg/L
Columna E	feop	feopigmentos en µg/L

3. Huevos y larvas de peces

La información zooplanctónica de cada una de las estaciones bio-oceanográficas obtenida durante la realización del crucero MOBIO realizado en septiembre/octubre de 2007, se almacenó en el archivo cru502, cuyo formato de grabación se detalla a continuación:



Columna	Tipo de informaci3n
1	C3digo estaci3n
2,3,4	A3o, mes y d3a
5 y 6	Hora estaci3n: hora, minuto
7	Latitud grados
8	Latitud minutos
9	Longitud grados
10	Longitud minutos
11	Profundidad
12	C3digo de la red
13	Abertura de malla de la red
14	C3digo fluj3metro
15	N3mero inicial revoluciones
16	N3mero final revoluciones
17 y 18	Tiempo calado minuto, segundo
19 y 20	Tiempo virado minuto, segundo
21	Metros cable arriado
22	Angulo del cable
23	Factor de estandarizaci3n
24 y 25	Huevos y larvas de anchoveta
26 y 27	Huevos y larvas de sardina
28 y 29	Huevos y larvas de jurel
30 y 31	Huevos y larvas de caballa
32 y 33	Huevos y larvas otras especies
34	Biomasa zooplanct3nica



4. Acústica

La informaci3n concerniente a la evaluaci3n hidroacústica estacional estar3 contenida en dos tipos de archivos: BIOMA-XX.DAT y POSIC-XX.DAT. En el nombre de estos archivos se indica el númerode la transecta por las letras XX.

Los archivos BIOMA-XX.DAT contienen la informaci3n de las lecturas acústicas por especie en cada IBM indicando la frecuencia del ecosonda, la especie, las profundidades superior e inferior, tipo de agregaci3n y lectura acústica.

Los archivos BIOMA-XX.DAT est3n estructurados segùn:

Línea	Columna	Línea columna Tipo de informaci3n
1	1-	nombre del crucero
2	2-	Barco
3	3-	Zona
4 y +	1 a 3	númerode la Y BM
	4	Espacio
	5	especie (1 a 4) (ver 1)
	6	Espacio
	7	ecosonda (1=38 khz)
	8	Espacio
	9	tipo de agregaci3n (ver 2)
	10	Espacio
	11 a 13	profundidad superior (m)
	14	Espacio
	15 a 17	profundidad inferior (m)
	18	Espacio
	19 a 23	lectura acústica



(1) C3digos de especie

Sardina espa1ola	C3digo de especie	=	1
Jurel	C3digo de especie	=	2
Anchoveta	C3digo de especie	=	3
Caballa	C3digo de especie	=	4
Otras	C3digo de especie	=	5

(2) C3digos del tipo de agregaci3n

Cardumen	=	1
Agregaci3n (estrato)	=	2
Individual (aislado)	=	3

Los archivos POSIC-XX.DAT contienen la informaci3n del n1mero de la IBM, hora, latitud y longitud.

Los archivos POSIC-XX.DAT est1n estructurados seg1n:

Columna	Tipo de informaci3n
1 a 3	n1mero de IBM
4	coma (,)
5 a 12	hora (HHMMSS)
13	coma (,)
14 a 20	Latitud (GGMM.mm)
21	coma (,)
22	S (sur)
23	coma (,)
24 a 31	longitud (GGGMM.mm)
32	coma (,)
33	W (weste)



4. Estaciones costeras

La información de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila a en las estaciones fijas de vigilancia mensual, de las localidades de Arica, Iquique y Mejillones para el período julio 2007 a junio 2008, se entrega en el siguiente archivo:

FIJAS-FIP2007-11.xls

Descriptor: FIJAS-FIP2007-11.XLS

Columna A: estación

Columna B: año

Columna C: mes

Columna D: día

Columna E: profundidad

Columna F: temperatura

Columna G: salinidad

Columna H: oxígeno

Columna I: cloa

Detalles

Estación : texto, indicando Arica, Iquique o Mejillones

profundidad : numérico, metros

temperatura : numérico, °C

salinidad : numérico, psu

oxígeno : numérico, mL/L

clorofila a : numérico, µg/L



Datos de ictioplancton y biomasa zooplanctónica en las estaciones fijas.

La información de ictioplancton de anchoveta y biomasa de los muestreos integrados y estratificados de las estaciones fijas de vigilancia mensual, de las localidades de Arica, Iquique y Mejillones para el período julio 2007 a junio 2008, se entrega en dos hojas al interior del siguiente archivo:

Base plancton_Fijas FIP2007-11.xls

Descriptor hoja ictio y bio 0-100:

Columna A: estación

Columna B: año

Columna C: mes

Columna D: huevos de anchoveta

Columna E: larvas de anchoveta

Columna F: biomasa

Descriptor hoja ictio y bio estratos:

Columna A: estación

Columna B: año

Columna C: mes

Columna D: huevos de anchoveta entre 0-10 metros

Columna E: huevos de anchoveta entre 10-25 metros

Columna F: huevos de anchoveta entre 25-50 metros

Columna G: larvas de anchoveta entre 0-10 metros

Columna H: larvas de anchoveta entre 10-25 metros



Columna I: larvas de anchoveta entre 25-50 metros

Columna J: biomasa entre 0-10 m

Columna K: biomasa entre 10-25 m

Columna L: biomasa entre 25-50 m

Detalles

Estaci3n : texto, indicando Arica, Iquique o Mejillones

5. Informaci3n de Capturas

La estructura de las bases de datos con la informaci3n pesquera utilizada en los an3lisis pesca-ambiente para la ejecuci3n del proyecto FIP 2007 – 11, “Monitoreo de condiciones bio-oceanogr3ficas entre la I y IV Regiones, a3o 2007” se encuentra almacenada en el siguiente archivo:

Bitacora Anchoveta Ari-Coq_2007_Base_Final2.xls, cuyo formato de grabaci3n contiene las siguientes columnas:

Tipo de Flota: Industrial (ind) o artesanal (art)

Fecha y hora recalada de la nave

Fecha y hora zarpe de la nave

Fecha y hora del lance de pesca

Numero de lances de pesca

Grados Latitud (S)

Minutos latitud

Grados Longitud (O)



Minutos longitudud

Peso total capturado (kilos)

Volumen

Peso (kilos)

Año

mes



XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Augustin, H.N. D.L. Borchers, E.D. Clarke, S.T. Buckland & M. Walsh. 1998.

Spatiotemporal medelling for the annual egg production method of stock assessment using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 2608-2621.

Aitchison, J., & J.A.C. Brown. 1957. The lognormal distribution. Cambridge University Press, Cambridge.

Alheit, J. & P. Bernal. 1993. Effects of physical and biological changes on the biomass yield of the Humboldt Currents Ecosystem, IN: Large marine ecosystem. V: Stress, migration and sustainability, K. Sherman, L. M. Alexander and B. D. Gold, editors, American Association for the Advancement of Science, Washington D.C., pp 53-68.

Anderson, D. M., D. G. Aubrey, M. A. Tyler, AND D. W. Coats. 1982. Vertical and horizontal distributions of dinoflagellate cysts in sediments. *Limnol. Oceanogr.* 27: 757-765.

Aron, A.1980. Taxonomía, Distribución y Abundancia de las larvas de Peces en la bahía de Concepción (36°04'S,73°02'W),Chile. Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Concepción.68 p.

Atlas, E., D. Hager, L. Gordon & P. Park. 1971. A practical manual for use the Technicon Autoanalyzer in seawater nutrient analyses. O.S.U. Dept. of oceanography. Technical Report, 215 pp.



- Bakun, A. 1973.** Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America, 1946 – 1971. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 671, 103 pp.
- Bakun, A. 1975.** Daily and weekly upwelling indices, West Coast of North America, 1967 – 1973. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS-SSRF 693, 113 pp.
- Bakun A. and R. Parrish. 1982.** Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru Current System. CalCOFI. Rep., Vol XXIII, 99-112.
- Bakun, A. 1987.** Monthly variability in the ocean habitat off Perú as deduced from maritime observations, 1953 to 1984. In: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of changes. D. Pauly & I. Tsukayama (Eds.) ICLARM Studies and Reviews 15: 46-74.
- Bakun, A. and C. Nelson. 1991.** The Seasonal Cycle of Wind-Stress Curl in Subtropical Eastern Boundary Current Regions. Jour. of Phys. Ocean. Pág. 1815-1834.
- Balbontín, F. y M. Garretón. 1977.** Desove y primeras fases de desarrollo de la Sardina Española, *Sardinops sagax*, en Valparaíso. Rev. Biol. Mar, 16(2): 171-181.
- Balbontín, F. y R. Pérez. 1980.** Descripción de los estados larvales de *Normanichthys crockeri* Clark (Perciformes: Normanichthyidae) del área de Valparaíso. Rev. Biol. Mar. Valparaíso, 17:81-95.
- Barber R. T. y E.P. Chavez, 1983.** Biological consequences of El Niño. Science 22: 1203-1210.



Barría, P., A. Aranís, S. Mora, G. Böhm, V. Catasti, G. Muñoz, H. Peña, C. González, F. Vejar y S. Nuñez. 2001. Monitoreo de las capturas de jurel, 2000. Informe Final Proyecto FIP N° 2000-02. 123pp + Fig.s.

Bello, M. & J. Maturana. 2004. Condiciones oceanográficas frente a Valparaíso durante la fase fría del ciclo ENOS 1997-2000. Capt. 2. En. El Niño-La Niña 1997-2000 S. Avaria, J. Carrasco, J. Rutllant, & E. Yañez (Eds.). Comité Oceanográfico Nacional, Valparaíso, Chile. 265 pp.

Bjornsson, H. and Venegas S. 1997, A Manual for EOF and SVD Analyses of Climatic Data, C2GCR Report 97-1, McGill University, Montreal, Canada.

Blanco, J.L. 1996. Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile, Informe Interno para IFOP.

Blanco, J. L., A. C. Thomas, M. E. Carr y P. T. Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographic conditions in the upwelling region off northern Chile. Journal Geophysical Research, 106, C6, 11451-11467.

Blanco, J. L., M. Carr, A. Thomas and P. Strub, 2002. Hydrographic conditions off northern Chile during the 1996-1998 La Niña and El Niño events. Journal Geophysical Research , 107, C3.

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, 1995.** Determinación de la distribución especial y la abundancia de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel. En: Evaluación Hidroacústica de los Stocks de Sardina Española, Anchoveta y Jurel en la Zona Norte, I a IV Regiones. Informe Final - Proyecto FIP.
- Braun, M., J. L. Blanco, J. Osses y J. Castillo. 1998.** Monitoreo mensual de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final FIP N°96-07. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 128 pp + Tablas y Figuras. (monitoreo mayo 97 a dic 97)
- Braun, M., J. Blanco, J. Osses, J. Castillo y 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. Valenzuela. 2000.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y II regiones, año 1999. Informe Final. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 300.
- Braun, M., H. Reyes, J. Castillo, V. Catasti, V. Valenzuela, M. Pizarro y J. L. Blanco. 2005a.** Monitoreo de las condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2003. Informe Final proyecto FIP N° 2003-01.
- Braun, M.; H. Reyes; E. Pizarro, J. Castillo, J. Saavedra, V. Catasti y V. Valenzuela. 2005b.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y IV Regiones, año 2004. Informe Final FIP N°2004-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 300 pp + Anexos.



- Braun, M., H. Reyes, V. Valenzuela, J. Castillo, J. Letelier, M. Pizarro, V. Catasti, J. Saavedra & F. Espíndola. 2007.** Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2006. Informe Final. FIP 2006-01. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, pp. 327.
- Brink, K. 1997.** Observational coastal oceanography. Electronic Source: www.joss.ucar.edu/joss_psg/project/oce_workshop/apropos/presentations/brink.html.
- 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.
- Cañón, J. R. 1986.** Variabilidad ambiental en relación 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, 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., M. A. Barbieri y A. González. 1995a.** Relationships between sea surface temperatura, salinity and the pelagic fish distribution off northern Chile. *ICES, Inter. Symp. On Fisheries and Plankton Acoustic*, Paper N°157, 13 pp.



Castillo, J., M. Barbieri, A. Paillamán, U. Parker, J. L. Blanco, M. Braun, H. Reyes y J. Osses. 1995b. Evaluación directa del stock de sardina española, anchoveta y jurel (Regiones I a IV). IFOP. Informe final de proyecto al FIP. 109p + Anexos. Enero 1995.

Castillo, J., Córdova, J., Saavedra, A., Espejo, M., Gálvez, P., Barbieri, M., Osses, J., Reyes, H., Arriagada, G., Barría., P., Gili, R., Oliva, E., Brieba, C. 2001. Evaluación del Reclutamiento de anchoveta en la I y II Regiones, Temporada 2001-2002. Informe Final proyecto FIP 2001-11. Inst., Fom., Pesq., Chile. 207pp+Anexos

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 grado de Oceanógrafo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile. 103 pp.

Chávez FP, P.G. Strutton & M.J. McPhaden. 1998. Biological-physical coupling in the central equatorial Pacific during the onset of the 1997-98 El Niño. Geophysical Research Letters 25: 3543-3546.

Chiechomski, J.D. de.1971. Distribución regional y cuantitativa de huevos de anchoita (*Engraulis anchoita*), caballa (*Scomber japonicus marplatensis*) y sardina fueguina (*Sprattus fueguensis*) en el mar Argentino. CARPAS Doc. Ocas.,(5/D.Téc.6):12p.

Cipollini, P., D. Cromwell, P.G. Challenor, & S. Raaglio. 2001. Rossby waves detected in global ocean colour data. Geophys. Res. Lett., 28(2), 323-326.



Cochran, W. G. 1980. Técnicas de muestreo. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. México.

Córdova, J., M.A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M. Rojas. 1997. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación Hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile, 219pp.

Cressie, N.A.C. 1991. Statistics for spatial data. John Wiley & Sons, New York.

Cole, J.F.T. & J.McGlade. 1998. Temporal and sppatial patterning of sea surface temperatura in the northern Benguela upwelling system: posible environmental indicators of clupeoid production. In: Benguela Dynamics, (Eds.) Pillar, S.C., C.L. Moloney, A.I.L. Payne & F.A. Shillington. S. Afr. J. Mar. Sci. 19: 143-157.

Cole, J. 1999. Environmental conditions, satellite imagery, and clupeoid recruitment in the northern Benguela upwelling system. Fish. Oceanog. 8:1, 25-38.

Cury, P. & C. Roy. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. Can. J. Fish. Aquat. Sci, 46, 670 – 680.

Deutsch, C.V. and A.G. Journel. 1997. GSLIB. Geostatistical Software Library and User's Guide. Oxford University Press, New York, 1997.



- Ducet, N., P.Y. Le Traon and G. Reverdin. 2000.** Global high-resolution mapping of ocean circulation from TOPEX/Poseidon and ERS-1 and ERS-2. *J. Geophys. Res.*, 105, 19477 – 19498.
- Eastman, J.R. 1997.** IDRISI for windows: User's Guide, Version 2.0. Clark University, Worcester, MA, USA, 346 pp.
- Einarsson, H. y B.Rojas de Mendiola.1963.** Descripción de Huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.) *Bol.Inst.Rec.Mar.*, Callao, 1(1):1-23.
- 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.
- Farías, L., A. Paulmier & M. Gallegos. 2006.** Nitrous oxide and N-nutrient cycling in the oxygen minimum zone off northern Chile. *Deep Sea Res. Part I.* 54:164-180.
- 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. y M. Farias. 1987.** Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. *Invest. Pesq. (Chile).* 34.
- Foot, K., H. Knudsen, G. Vestnes, D. Mac Lennan and J. Simmonds. 1987.** Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical



guide. ICES Cooperative Research Report 144, Palaegade 2, 1261 Copenhagen K, Denmark.

Frontier, S. 1966. Zooplancton de la región de Nosy-Bé I (Programa des recortes et techniques d'étude. II). Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah Orstom (océanogr.), 4(3):3-37.

Glantz, Stanton A., Slinker, & Bryan K. 1990. Primer of Applied Regression and Analysis of Variance, McGraw Hill International Edition. 777 p.

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.

Gordon, L. I., J. C. Jennings, Jr. A. A. Ross & J. M. Krest. 1993. A Suggested protocol for Continuous Flow Automated Analysis of seawater Nutrients (Phosphate, Nitrate, Nitrite and Silicic acid) in the WOCE Hydrographic Program and the Joint Global Ocean Fluxes Study. WOCE Hydrographic Program Office, Methods Manual 91-1. pp 1:51.

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. Rosem, 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.



- Guzmán, O., J. Castillo, S. Lillo, P. Pineda, L. Rodríguez e Y. Giakoni. 1983.** Estudio de recursos Pelágicos. Programa Monitoreo de los recursos Pelágicos 1. Prospección zona Arica-Coquimbo
- Hastie, T. J. & R. Tibshirani, 1990.** Generalized Additive Models. London. Chapman and Hall.
- Hormazábal, S., G. Shaffer, J. Letelier and O. Ulloa. 2001.** Local and remote forcing of sea surface temperature in the coastal upwelling system off Chile. *J. Geophys. Res.*, 106, 16657-16672.
- Hormazábal, S., G. Shaffer & O. Pizarro. 2002.** Tropical Pacific control of intraseasonal oscillations off Chile by way of oceanic and atmospheric pathways. *Geophys. Res. Lett.* 29 (6), doi: 10.1029/2001GL013481.
- Hormazábal S., S. Núñez, D. Arcos, F. Gomez y G. Yuras, 2004a.** Mesoscale eddies and pelagic fishery off central Chile (33-40°S). *Gayana (Concepc.)*, 2004, vol. 68, N°2, suppl, p.291-296. ISSN 0717-6538.
- Hormazabal S., G. Shaffer, O. Pizarro & M. Ramos. 2004b.** Interannual modulation of seasonal-scale variability in Alongshore flow off Chile. Draft submitted to *Geophysical Research Letter*.
- Hormazábal S., S. Núñez, D. Arcos, F. Gomez y G. Yuras, 2006.** Mesoscale eddies and jack mackerel (*Trachurus murphyi*) distribution in the eastern South Pacific. Draft submitted to *Fisheries Oceanography* (2006).



- Huyer, A., M. Krull, T. Paluszkiwes & R. Smith. 1991.** The Perú undercurrent: A study in variability. *Deep. Sea. Res.*, 38(1):247-271.
- Jacob, B. 2002.** Variabilidad espacio temporal de las condiciones oceanográficas físicas y biológicas asociadas a la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona norte de Chile, durante los períodos pre El Niño (1995-96) y El Niño (1997-98). Tesis para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Pesca y Acuicultura. Univ. del Mar.
- Jeffrey, S. W., R. F. C. Mantoura y S. W. Wright. 1997.** Phytoplankton pigments in oceanography: methods. *Monographs on Oceanographic Methodology*. SCOR and UNESCO.
- Kearns, E. & M. E. Carr. 2003.** Seasonal climatologies of nutrients and hydrographic properties on quasi-neutral surfaces for four coastal upwelling systems. *Deep Sea Res. Part II*. 50: 3171-3197.
- Letelier, J., O. Pizarro and S. Nuñez. 2008.** Seasonal variability of the coastal upwelling and front off central Chile. Aceptado en *Journal of Progress Oceanography*. En revisión.
- Libes, S. 1992.** An introduction to marine biogeo chemistry. John Wiley y Sons, Inc. pp. 15-190.
- Lillo, S., J. Córdova and A. Paillamán. 1996.** Target strength measurements of hake and jack mackerel. *ICES. J. of Mar. Sci.* 53: 267-271.



- Lohrenz, S. E., D. Wiesenburg, I. P. DePalma, K. S. Jhonson y D. E. Gustafson, Jr. 1988.** Interrelationships among primary production, chlorophyll, and environmental conditions in frontal regions of the western Mediterranean Sea. *Deep-Sea. Res.* 35(5):793-810.
- Lloyd, S. P. (1957, 1982).** Least squares quantization in PCM. Technical Note, Bell Laboratories. Published in 1982 in *IEEE Transactions on Information Theory* **28**, 128–137.
- Mamayev, O. I. 1975.** Water masses of the South East Pacific Ocean. En: R.Frase, (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.
- Martínez, C., G. Böhm, L. Caballero, E. Díaz, A. Aranís, F. Espíndola, F. Cerna, C. Machuca, V. Bocic, L. Muñoz, R. Aravena, M. Ayala, H. Reyes, C. Vera y Z. Young. 2006.** Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Informe Final Proyecto Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Norte, 2005. Instituto Fomento Pesquero, 171pp + 9 Anexos.
- 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.
- Maturana, J., M. Bello & M. Manley. 2004.** Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. Capt. 1. En. *El Niño-La Niña*



1997-2000 S. Avaria, J. Carrasco, J. Rutllant, & E. Yañez (Eds.). Comité Oceanográfico Nacional, Valparaíso, Chile. 265 pp.

McCullagh, P. and Nelder, J.A. 1989. Generalized Linear Models (2nd Edition), Chapman & Hall, London.

McGillicuddy, JR., D. J., D. A. Siegel, H. W. Jannasch, R. Johnson, T. D. Dickey, J. McNeil, A. F. Michaels and A. H. Knap. 1998. Influence of mesoscale eddies on new production in the Sargasso Sea. *Nature*. 394: 263-266.

Microimages. 1997. TNTmips The Map & Image Processing System 5.8, User's Guide and Technical References. MicroImages, Inc, Nebraska, USA.

Millero, F. and A. Poisson 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. *Deep Sea Res.*, 28A, 625-629.

Morales C. E., J. L. Blanco, M. Braun, H. Reyes and A. G. Davies. 1996. Anchovy larval distribution in the coastal zone off northern Chile: The effect of low dissolved oxygen concentrations and of a cold-warm sequence (1990-1995). *Invest. Pesq.*, Valparaíso: 24, 77-96.

Morales, C.E., S.E. Hormazabal y J. L. Blanco. 1999. Interannual variability in the mesoescala distribution of the depth of the upper boundary of the oxygen minimum layer off northern Chile (18-24S): Implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. *Journal of Marine Research* 57, 909-932.



- 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 vórtices de meso escala frente a la costa norte de Chile utilizando altimetría satelital y datos hidrográficos. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 47 pp.
- Neter J., W. Wasserman & M. Kutner. 1990.** Applied Linear Statistical Models. 3rd 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.
- 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. Pergamon Press 173 pp.
- Pennington, M. 1983.** Efficient estimators of abundance, for fish and plankton surveys. Biometrics. 39:81-286.
- Pérez, R. 1978.** Identificación de huevos y larvas planctónicas de peces de la bahía de Valparaíso, Informe de Práctica Profesional para optar al título



de Técnico Marino. Universidad Católica de Chile. Sede regional Talcahuano, 238 pp.

Pizarro, O., S. Hormazabal, A. Gonzalez y E. Yañez. 1994. Variabilidad del viento, nivel de mar y temperatura en la costa norte de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 22:85-101.

Pizarro, O. 1999. Low frequency fluctuations in the eastern boundary current off south america: Remote and local forcing. Tesis para optar al grado de Ph. D. Earth Sciences Centre, Göteborg, Sweden. 36 pp.

Pizarro, O., G. Shaffer, B. Dewitte & M. Ramos. 2002. Dynamics of seasonal and interannual variability of the Peru-Chile Undercurrent. Geophys. Res. Lett. 29(12), 10.1029/2002GL014790.

Polovina J. J. & E. A. Howell. 2005. Ecosystem indicators derived from satellite remotely sensed oceanographic data for the North Pacific. ICES Journal of Marine Science, 62: 319-327.

Postel, L., H. Fock and W. Hagen. 2000. Biomass and abundance. In: Zooplankton methodology manual. Ed: R.P Harris, P.H. Wiebe, J.Lenz, H.R. Skjoldal and M. Huntley. ICES.

Reddy, R., V. Lyne, R. Gay, A. Easton y S. Clarke. 1995. An application of satellite-derived sea surface temperatures to southern bluefin tuna and albacore off Tasmania, Australia. Sci. Mar., 59 (3-4): 445-454.



Reyes, H. 2004. Variación espacio-temporal de las masas de agua Subtropical, Subantártica y Ecuatorial Subsuperficial en la zona norte de Chile (18°15'S - 24°00'S) en el período 1980 - 2001. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 114 pp.

Reyes H., M. Pizarro, J. Letelier y M. Braun. 2008. Condiciones oceanográficas en: Evaluación del stock desovante de Anchoveta en la I y II regiones, año 2007. Pre-Informe final del proyecto FIP N° 2007-01. (En revisión FIP).

Reynolds, R. 1982. A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Techival Report NNS-31, National Metereological Center, NOAA, Silver Springs, Md.

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:82p.

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, O. 1986. Distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina española, jurel y anchoveta en la zona Arica-Antofagasta, durante el invierno de 1985. Programa Investigaciones Pesqueras de recursos Pelágicos Zona Norte. IFOP-22pp+ Anexos.



Rojas, R. y N. Silva. 1996. Atlas Oceanográfico de Chile. (18°21'S – 50°00'S).
Volumen I. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. 234 pag.

Sakamoto, Y., Ishiguro, M., and Kitagawa G., 1986. Akaike Information Criterion
Statistics. D. Reidel Publishing Company

**Sameoto, D., P. Wiebe, J. Runge, L. Postel, J. Dunn, C. Miller and S. Coombs.
2000.** Collecting Zooplankton. En: ICES. Zooplankton Methodology
Manual. 55-81 pp.

Santander, H. y O.S. de Castillo.1972. Desarrollo y distribución de huevos y
larvas de "jurel" *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la
costa peruana. Inf.Inst.Man. Perú-Callao (36):1-22.

Santander, H.,J.Alheit y P.E.Smith.1984. Estimación de la biomasa de la
población desovante de Anchoveta Peruana *Engraulis ringens*, 1981
por aplicación del "Método de Producción de Huevos".mimeo.

SERNAPESCA, 2005. Anuario Estadístico.

Serra, R., P. Cury & C. Roy. 1998. The recruitment of the Chilean sardine
(*Sardinops sagax*) and 'Optimal Environmental Window' (Proc. Global
Versus Local Change in Upwelling Systems, Paris). Paris: ORSTOM,
pp. 267-274.

Shaffer, G., O. Pizarro, L. Djurfeldt, S. Salinas & J. Rutllant. 1997. Circulation
and low frequency variability near the Chile coast: Remotely-forced



fluctuations during the 1991-1992 El Niño. *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 217-235.

Silva, N. 1987. Contenido de sales nutrientes de las aguas de la región norte de Chile (Crucero MARCHILE XII-ERFEN III). *Cienc. y Tec. del Mar*, 11: 95-117.

Silva, N. 1983. Masas de agua y circulación de la región norte de Chile. Latitudes 18°S-32°S. (Operación Oceanográfica MARCHILE XI - ERFEN II). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA*. 7: 47-84.

Silva, C., E. Yañez. M. A. Barbieri y K. Nieto. 2003. Asociaciones entre la pesquería de pequeños pelágicos, la clorofila *a* y la temperatura superficial del mar en la zona norte de Chile. *In: Actividad pesquera y de acuicultura en Chile*. Valparaíso, 157-162.

Sinclair, M. y M.J. Tremblay. 1984. Timing of spawning of Atlantic herring *Clupea harengus* populations and the match-mismatch theory. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 1005-1065.

Sinclair, M., M.J. Tremblay y P. Bernal. 1985. El Niño events and variability in a Pacific mackerel (*Scomber japonicus*) survival index: support for Hjort's second hypothesis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42:602-608.

Smith, P.E. y S. L. Richardson.1979.Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos.FAO.Doc.Téc.Pesca (175):107 p.



- Stéfansson, G. 1996.** Analysis of groundfish survey abundance data; combining the GLM and delta approaches. **ICES J. Mar. Sci.** 53: 577-588
- Strickland & Parsons. 1972.** "A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167 (2nd Ed.). 310 pp."
- 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, W. H. 1966.** On denitrification in the Northeastern Tropical Pacific Ocean. *Deep. Sea Res.*, 13:1109-1114
- Ulloa, O., Escribano, R., Hormazabal, S., Quinonez, R., Gonzalez, R. 2001.** Evolution and biological effects of the 1997-98 El Niño in northern Chile. *Geophysical Research Letters.* 28: 1591-1594.
- UNESCO. 1968.** Zooplankton sampling. Monographs on oceanographic methodology 2. Geneva. 174 p.
- UNESCO, 1981a.** The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°36.
- UNESCO, 1981b.** Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.
- UNESCO, 1981c.** Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°37.



Uz B.M., J.A. Yoder and V. Osychny. 2001. Pumping of nutrients to ocean surface waters by the action of propagating planetary waves. *Nature* 409:597–600.

Venegas, S. A. 2001. Statistical Methods for Signal Detection in Climate. Danish Center for Earth Systems Science (DCESS), Niels Bohr Institute for Astronomy, Physics and Geophysics, University of Copenhagen, Denmark. DCESS Report # 2, January.

Yáñez E.; V. Catasti. and M. A. Barbieri. 1997. Relationships between the small pelagic resources distribution and the sea surface temperature by NOAA satellites from Chile central. In: Proceedings of the Fourth International Conference "Remote sensing for marine and coastal environments: technology and applications". ERIM, Michigan, USA. Vol II.

Yáñez, E., M García y M.A. Barbieri. 1998. Pelagic fish stocks and environmental changes in the south-east Pacific. In: *Global versus Local Changes in Upwelling Systems*. M. Durand, P. Cury, R. Mendelssohn, C. Roy, A. Bakun y D. Pauly (Eds.), ORSTOM Editions, Paris, 275-291.

Yáñez, E., M.A. Barbieri, C. Silva, K. Nieto & F. Espíndola. 2001. Climate variability and pelagic fisheries in northern Chile. *Progress in Oceanography* 49,581-596.

Yáñez, E., M. A. Barbieri & C. Silva. 2003. Fluctuaciones ambientales de baja frecuencia y pesquerías pelágicas chilenas. En: *Actividad Pesquera y*



de Acuicultura en Chile. E. Yáñez (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 109-121.

Yáñez, E., C. Silva, A. Órdenes, F. Gómez, A. Valdenegro, N. Silva, S. Hormazábal, A. Montecinos, L. Cubillos, F. Espíndola y O. Pizarro. 2005. Análisis integrado histórico ambiente – recursos, I y II Regiones. Informe Final FIP N° 2003–33. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 164 p + Anexos.

Yuras, G., O. Ulloa, & S. Hormazábal. 2005. On the annual cycle of coastal and open ocean satellite chlorophyll off Chile (18° - 40° S). Geophysical Research Letters, 32, 1029-1033.

Zar, J. H. 1974. “Biostatistical analysis”, Ed. Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 619 p.

FIGURAS

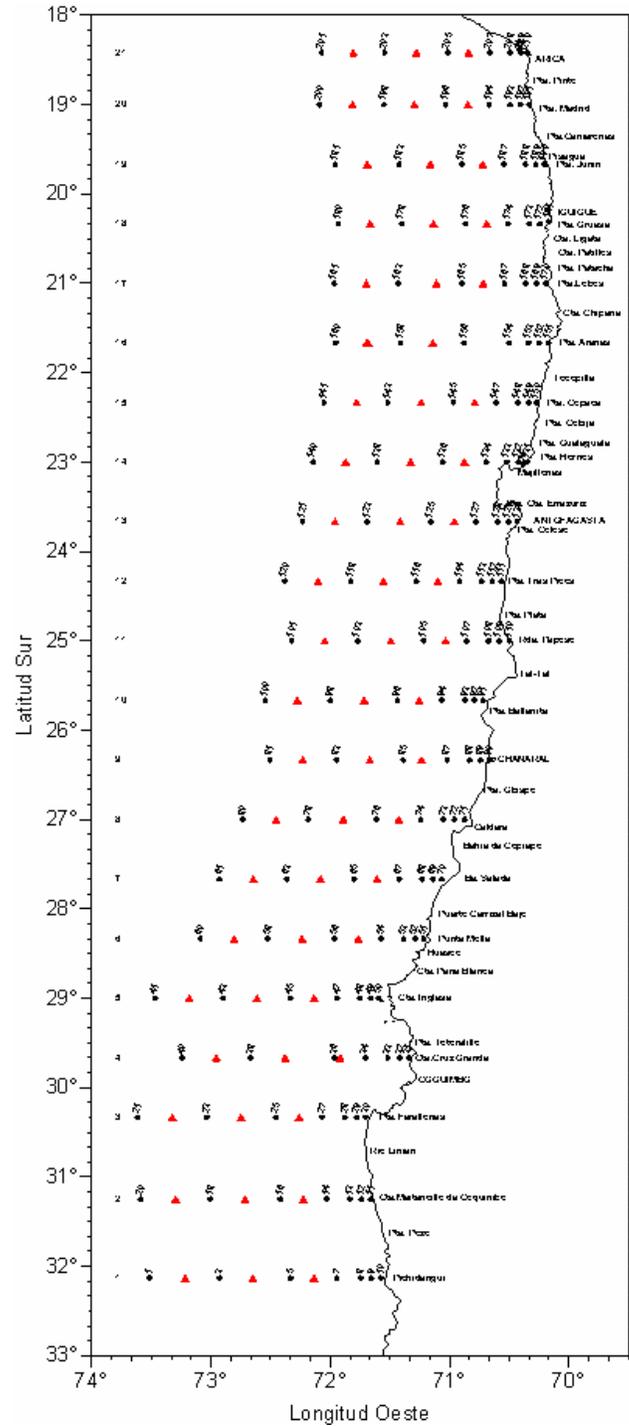


Figura 1. Posici3n geogr3fica de las estaciones bio-oceanogr3ficas. Crucero MOBIO 0709/10 - Invierno 2007. (▲: estaciones superficiales).

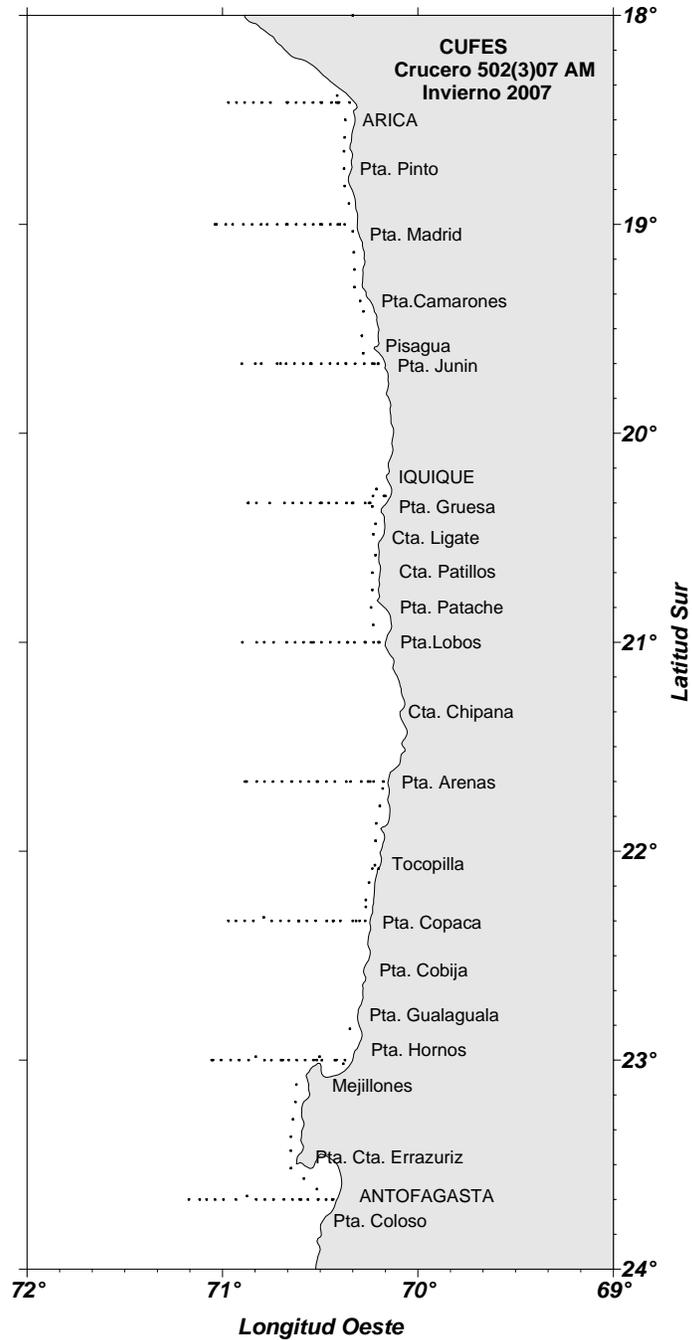


Figura 2. Posici3n geogr3fica de las estaciones Cufes. Crucero MOBIO septiembre/octubre 2007.

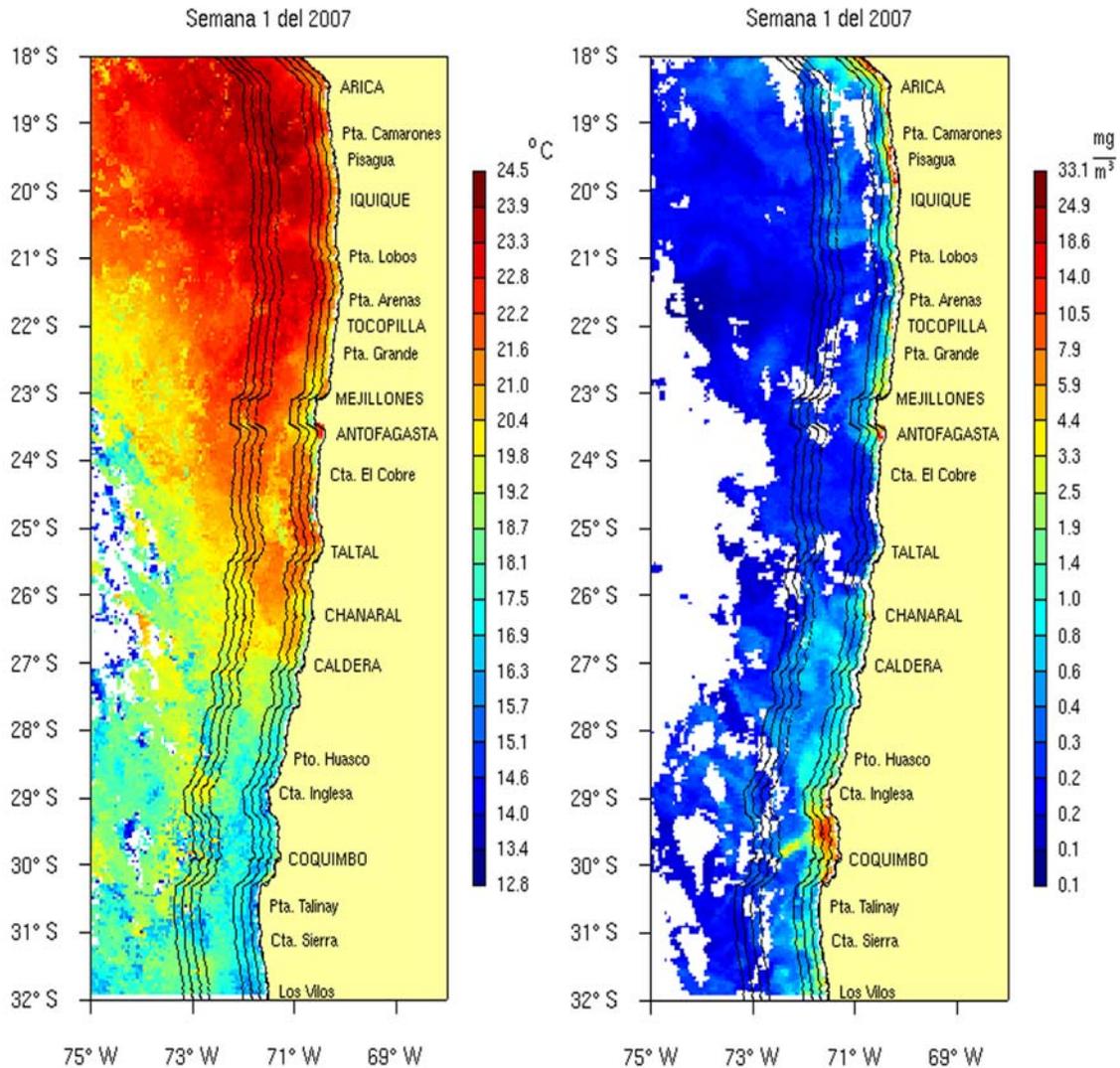


Figura 3. Promedios semanales para la TSM y la Cloa para la zona norte de Chile (18°-32°S) desde la costa hasta los 75°W. Se muestran los polígonos que definen los perfiles de 10, 20 y 30 millas náuticas para un área costera y los de 70, 80 y 90 millas náuticas para un área oceánica.

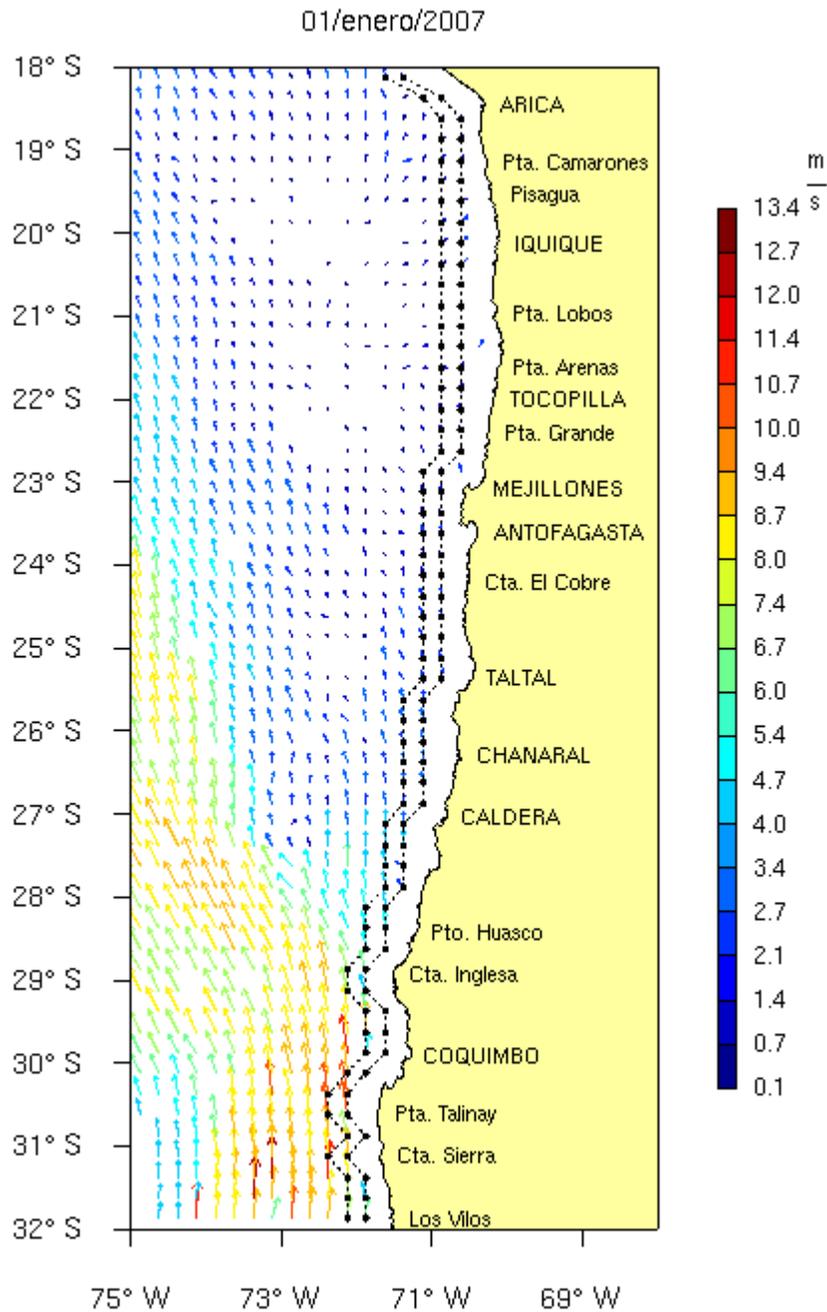


Figura 4. Perfiles de extracci3n m3s cercanos a la l3nea de costa para el campo vectorial superficial del viento sobre el oc3ano que son obtenidos del Jet Propulsi3n Laboratory SeaWinds Project de la NASA.

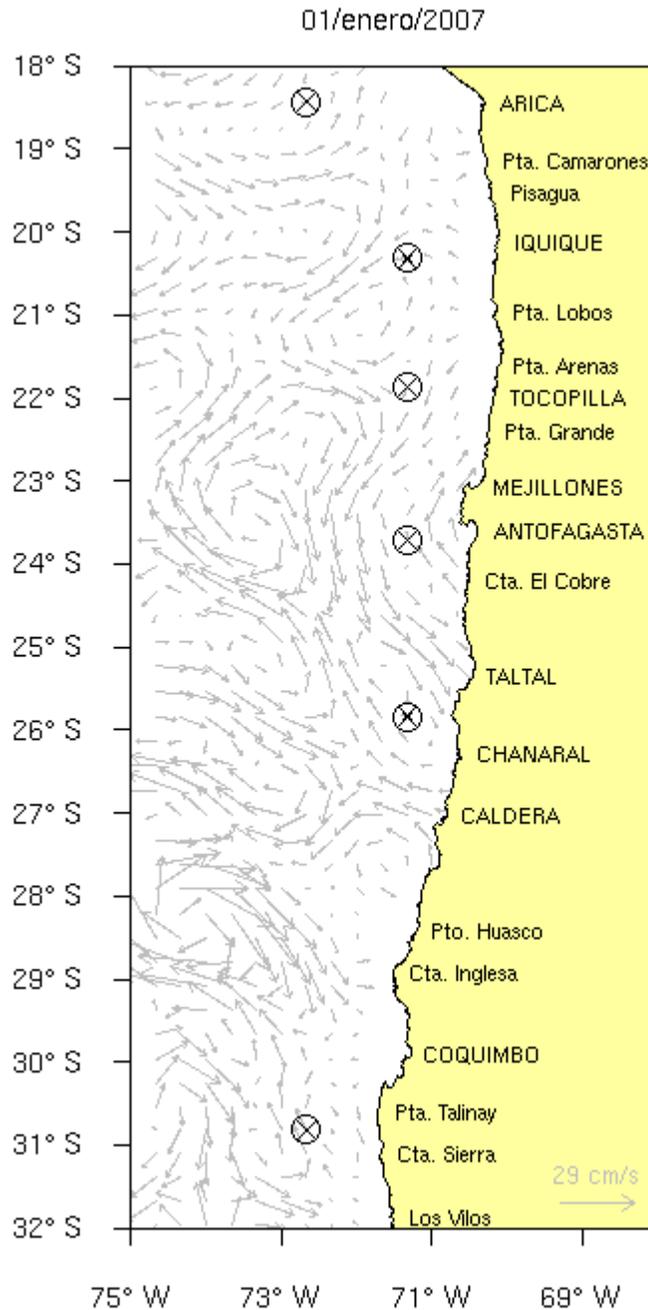


Figura 5. Estaciones de muestreo oceánicas para el campo superficial de corrientes geostróficas provenientes del centro de distribución de datos AVISO.

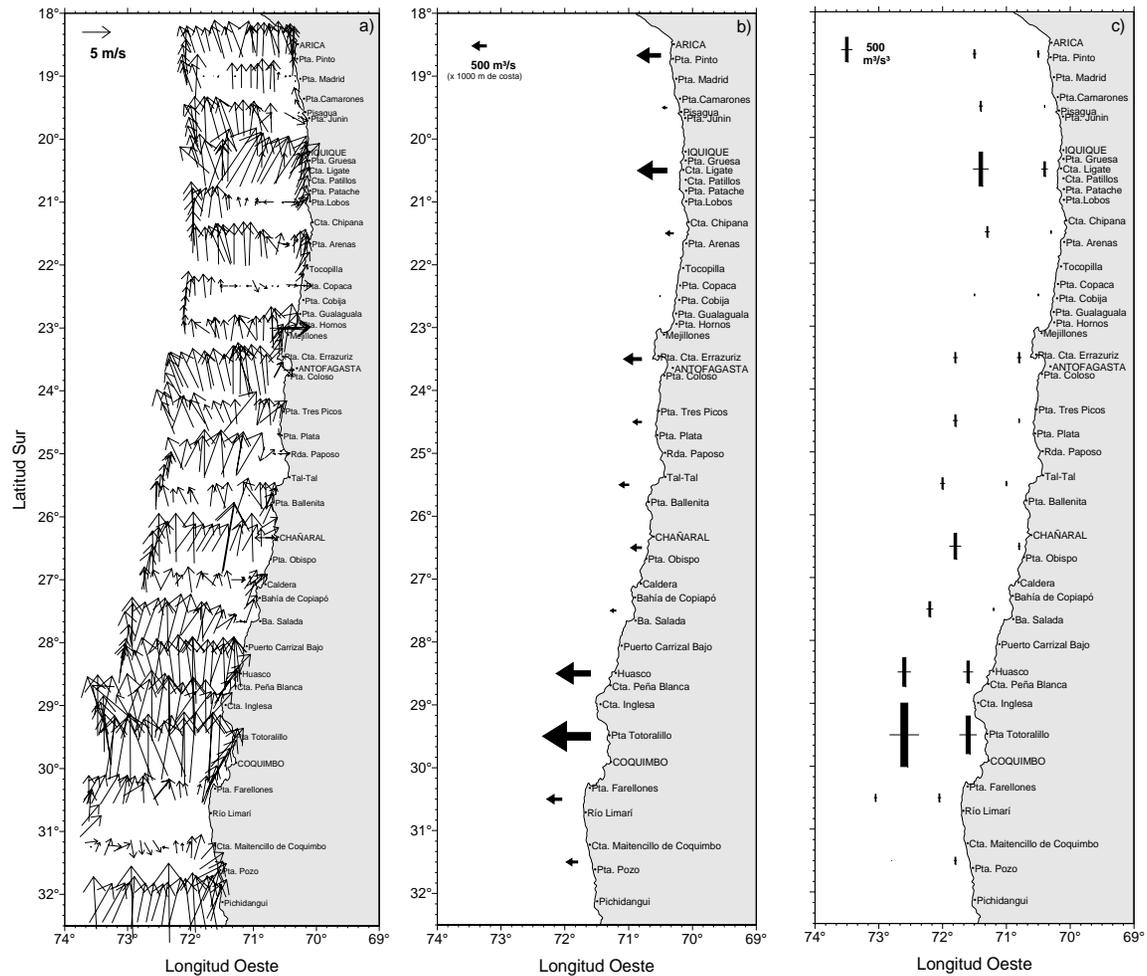


Figura 6. Direcci3n e intensidad del viento (m/s) (a), índice de surgencia promedio (b) e índice de turbulencia (c) del viento predominante medido cada una hora sobre el track de navegaci3n. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

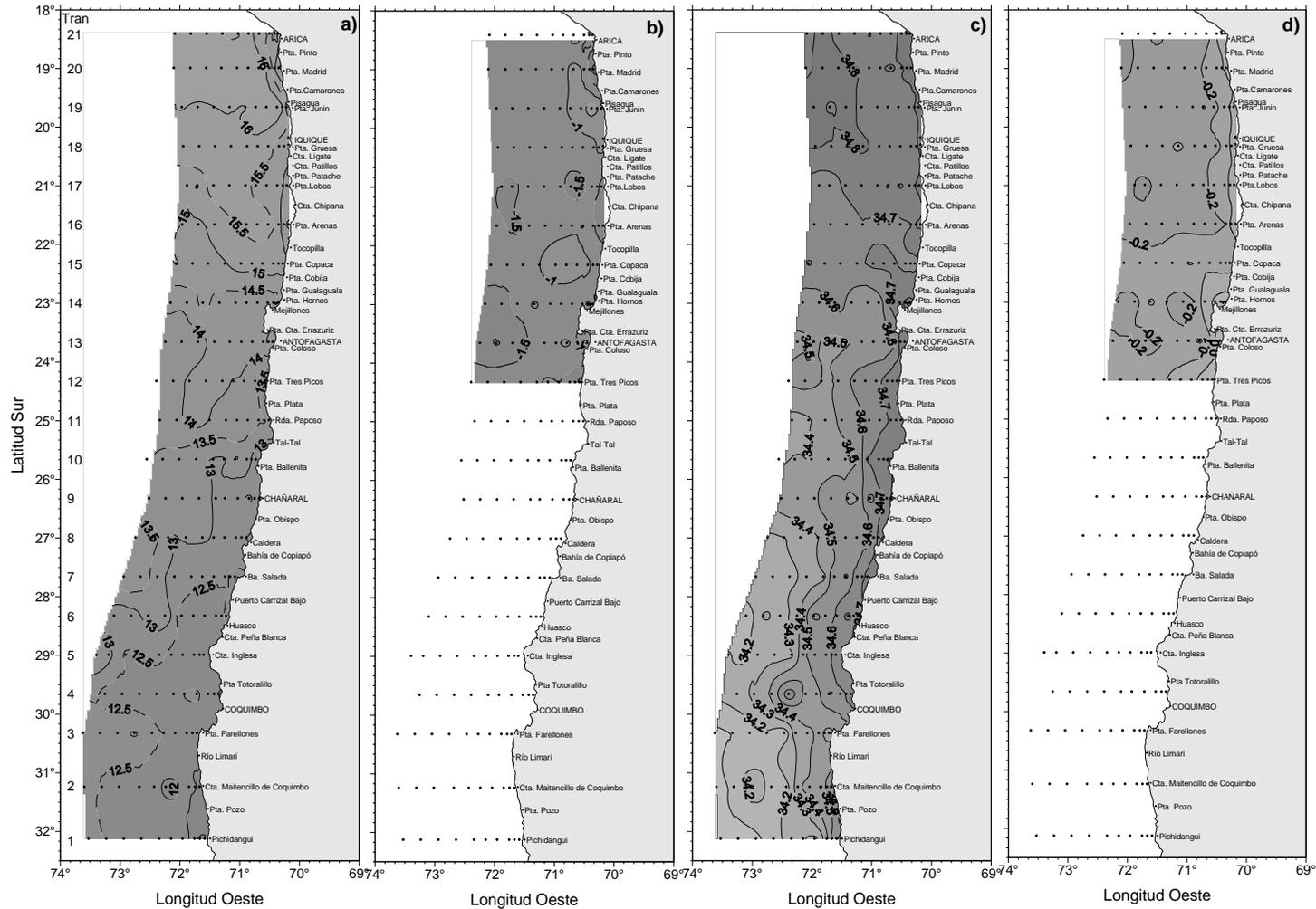


Figura 7. Distribuci3n superficial de (a) temperatura (°C), (b) anomalía de temperatura (°C), (c) salinidad (psu) y (d) anomalía de salinidad (psu). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

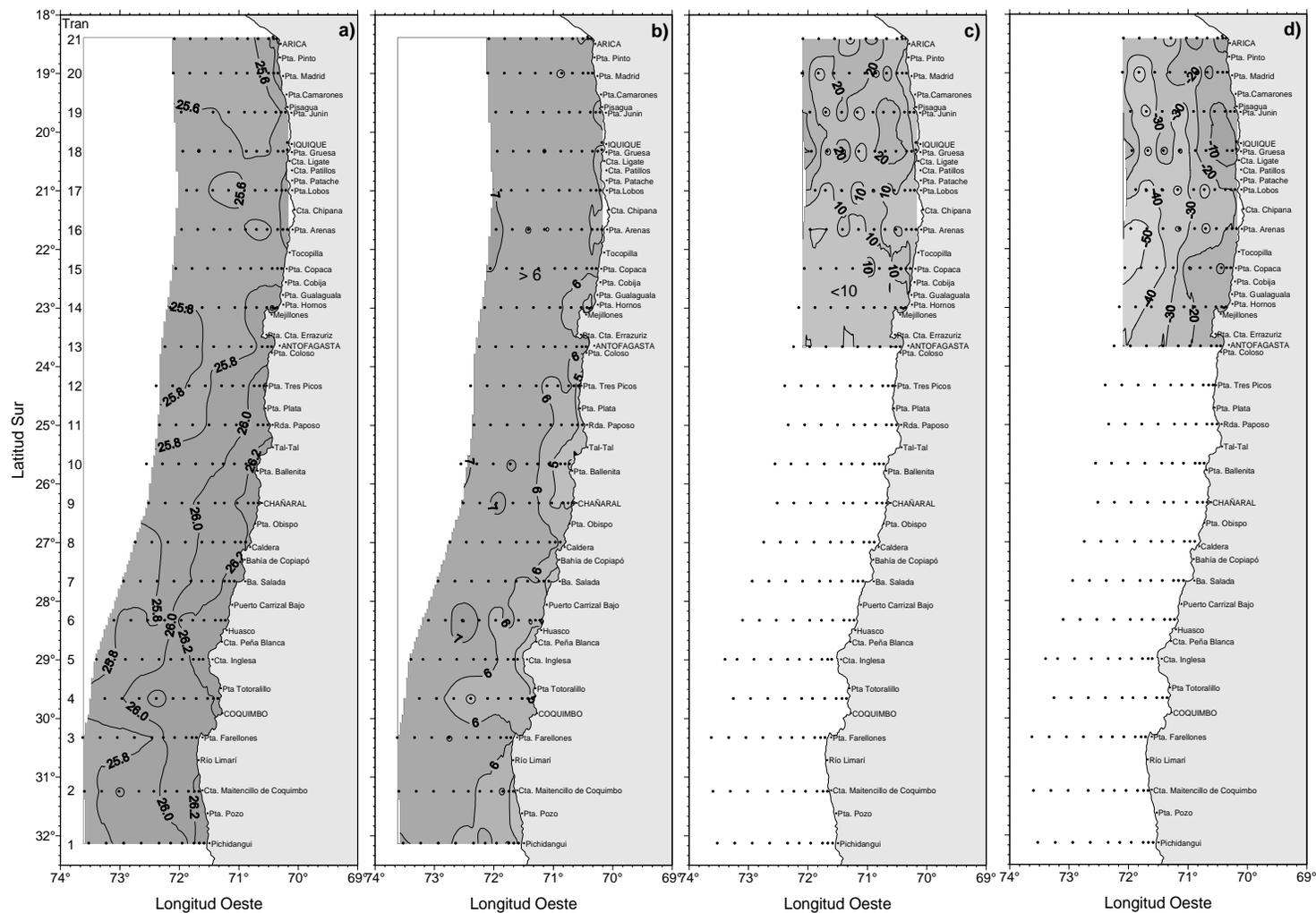


Figura 8. Distribuci3n superficial de (a) densidad ($\sigma\text{-t}$) (kg/m^3), (b) contenido de oxigeno disuelto (mL/L), (c) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y (d) anomalia de profundidad de la isoterma 15°C (m). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

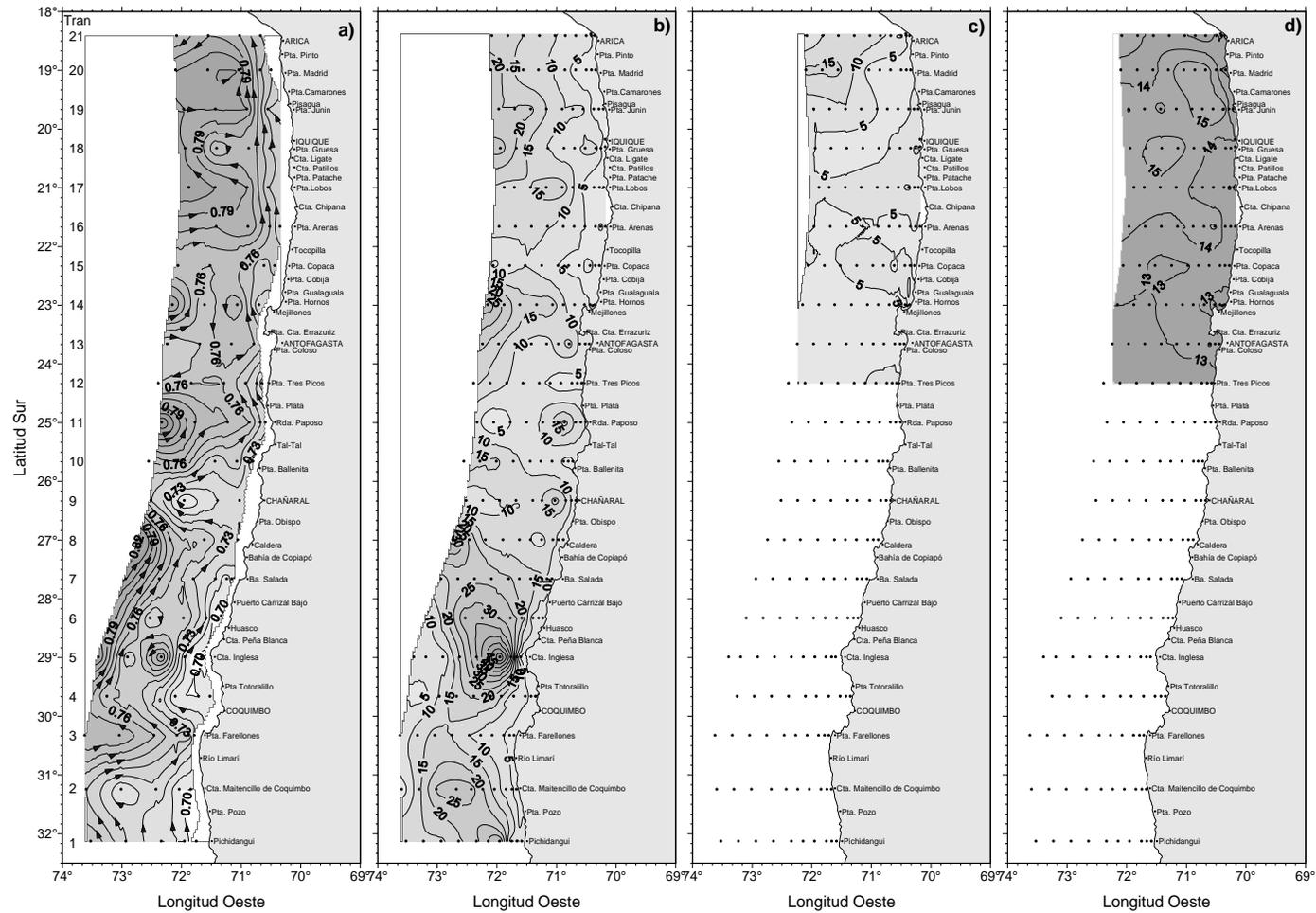


Figura 9. Anomala geopotencial de superficie referida a 500 (db) (a), espesor de la capa de mezcla (m) (b), espesor de la termoclina (m) (c) y temperatura base de la termoclina (°C) (d). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

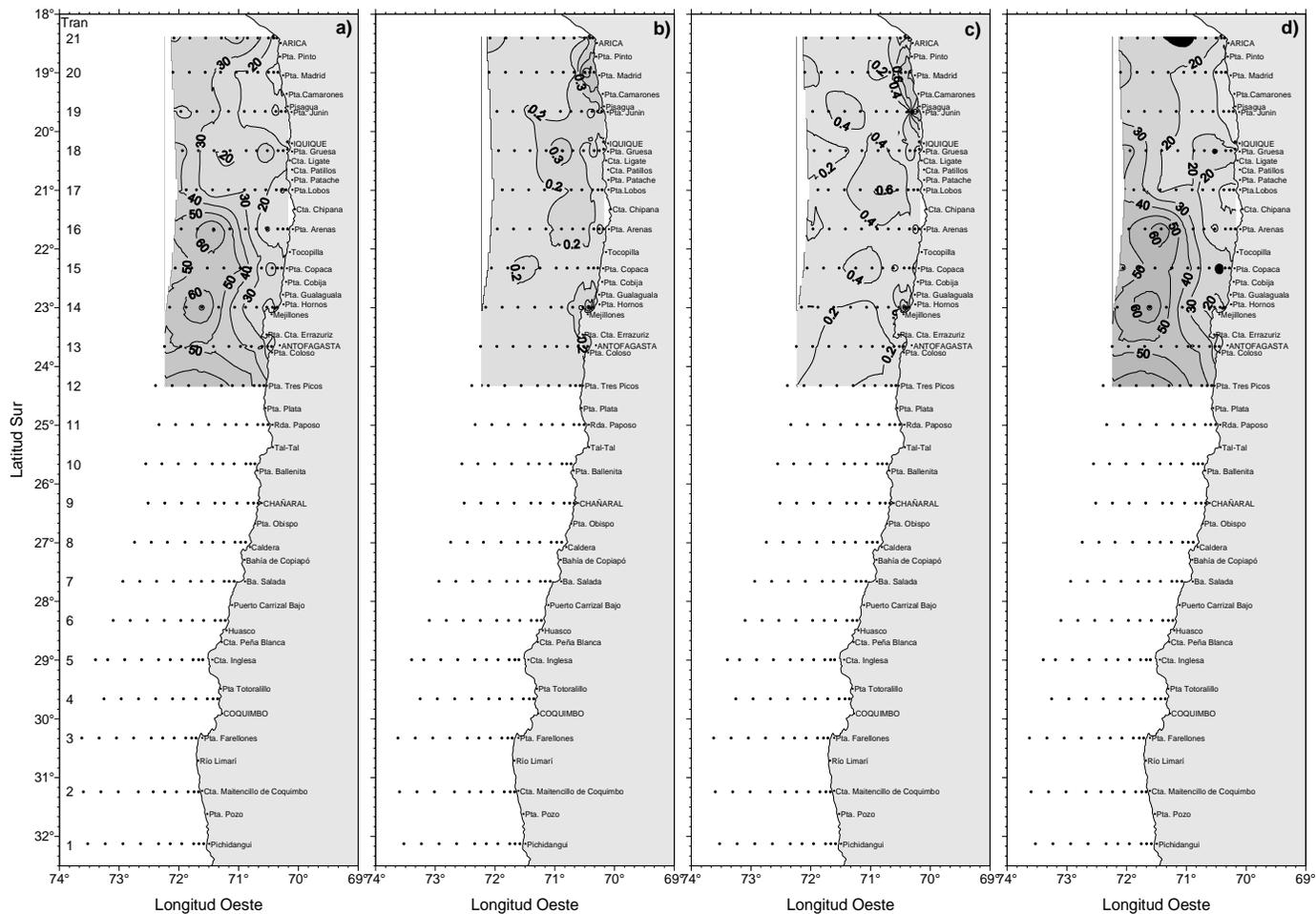


Figura 10. Profundidad de la base de la termoclina (m) (a), gradiente de temperatura promedio de la termoclina ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) (b), máximo gradiente de temperatura en la termoclina ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) (c) y profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) (d). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

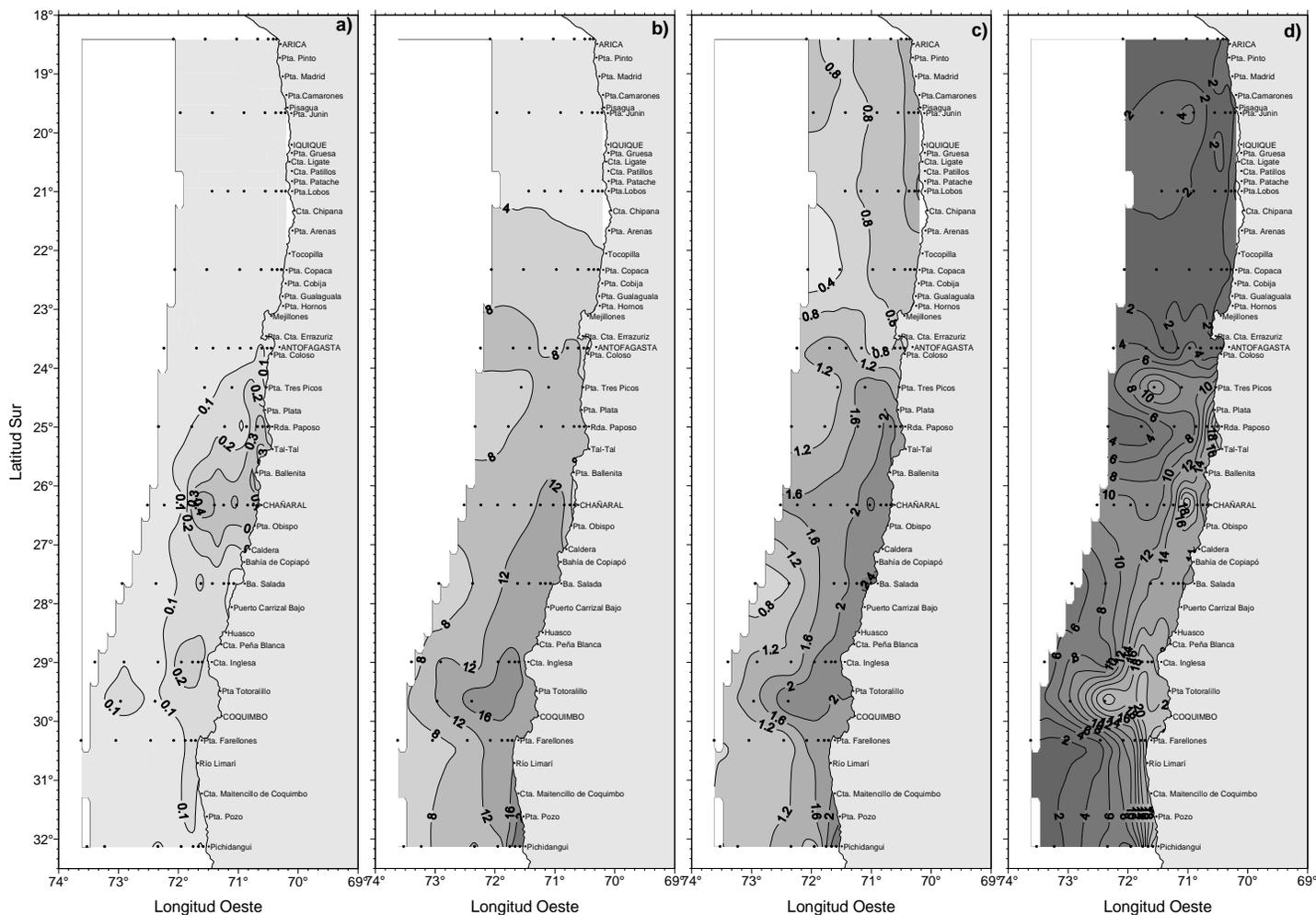


Figura 11. Distribuci3n superficial de (a) nitrato (μM), (b) nitrito (μM), (c) fosfato (μM) y (d) silicato (μM). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

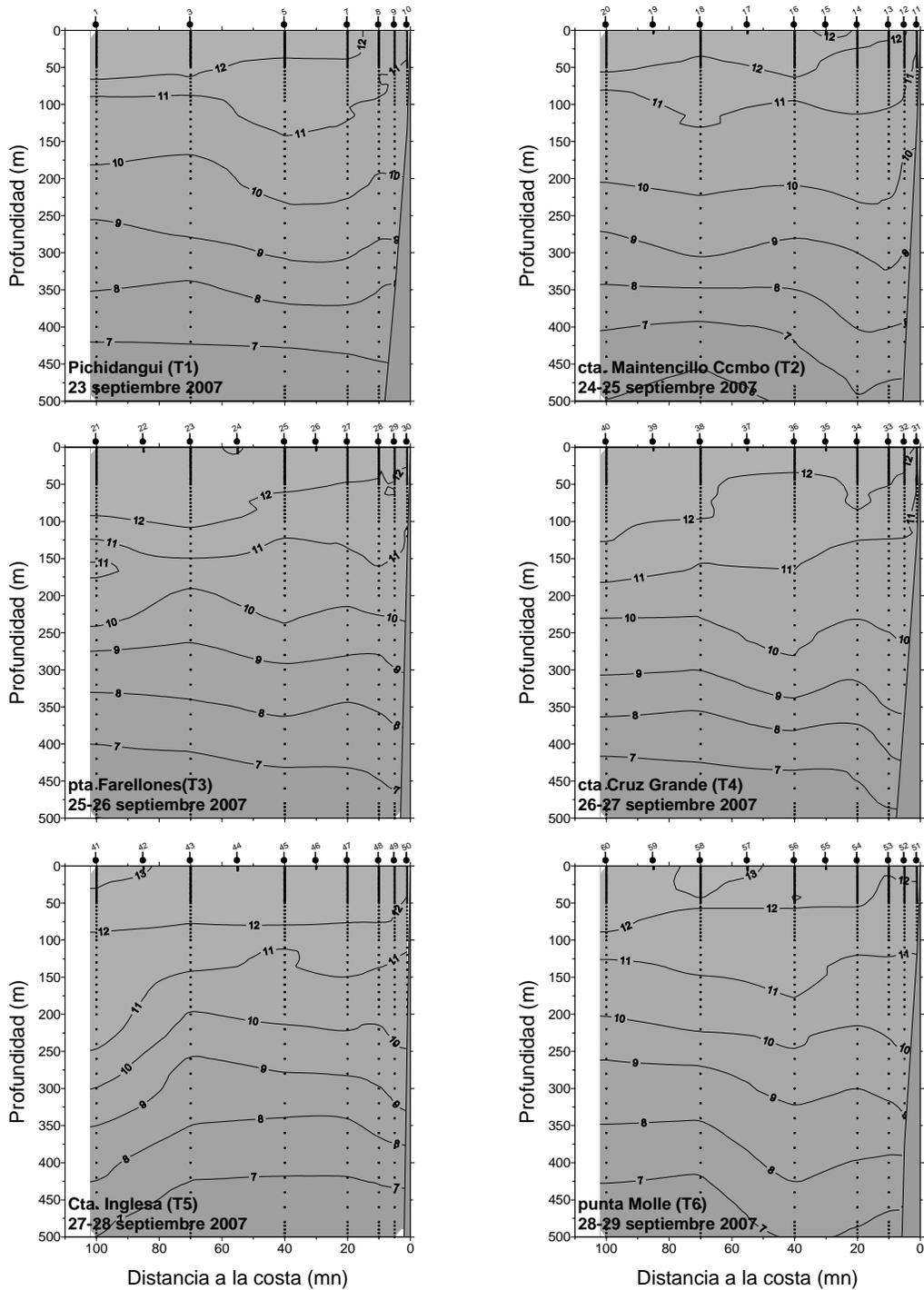


Figura 12. Distribuci3n vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

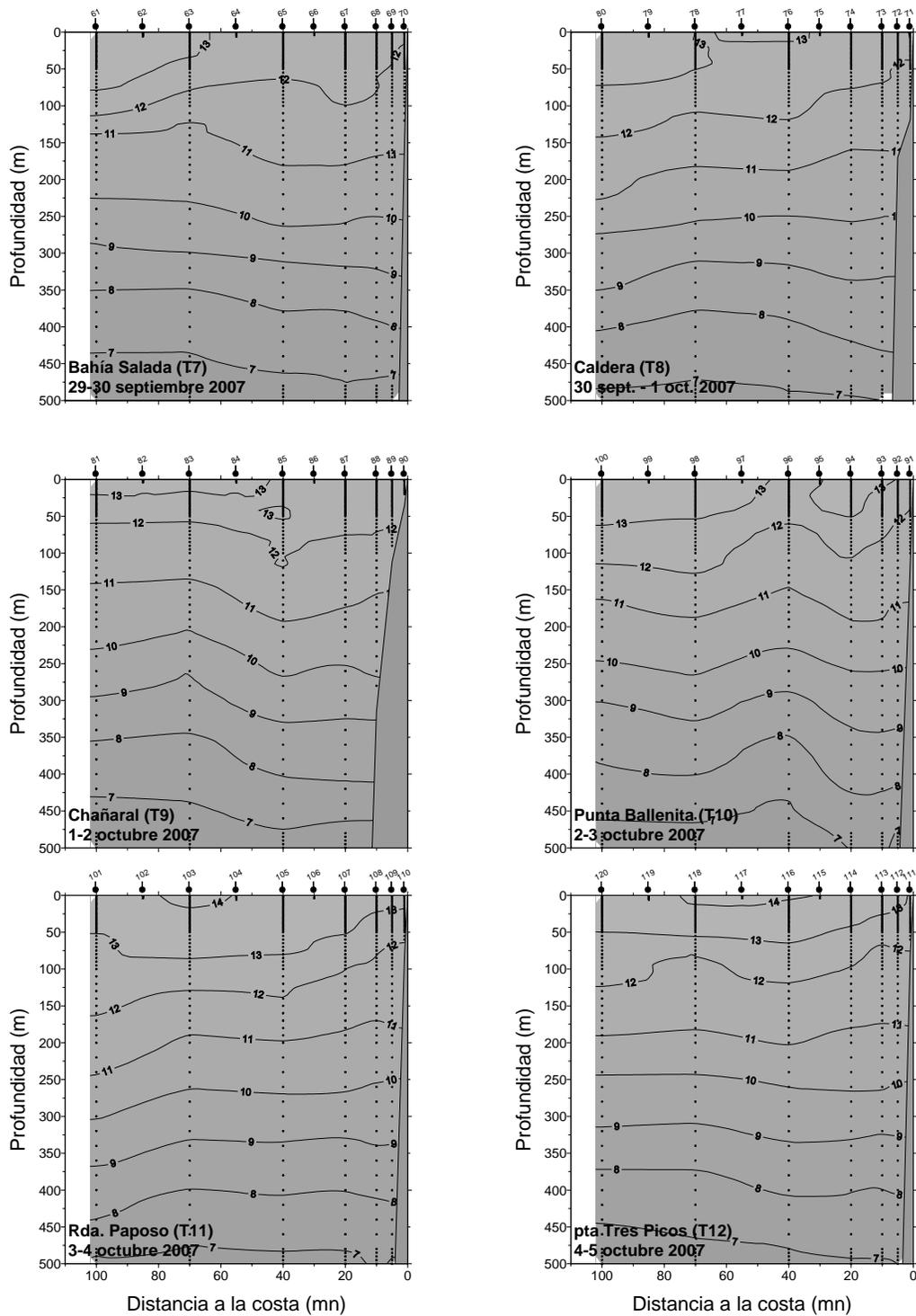


Figura 13. Distribuci3n vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

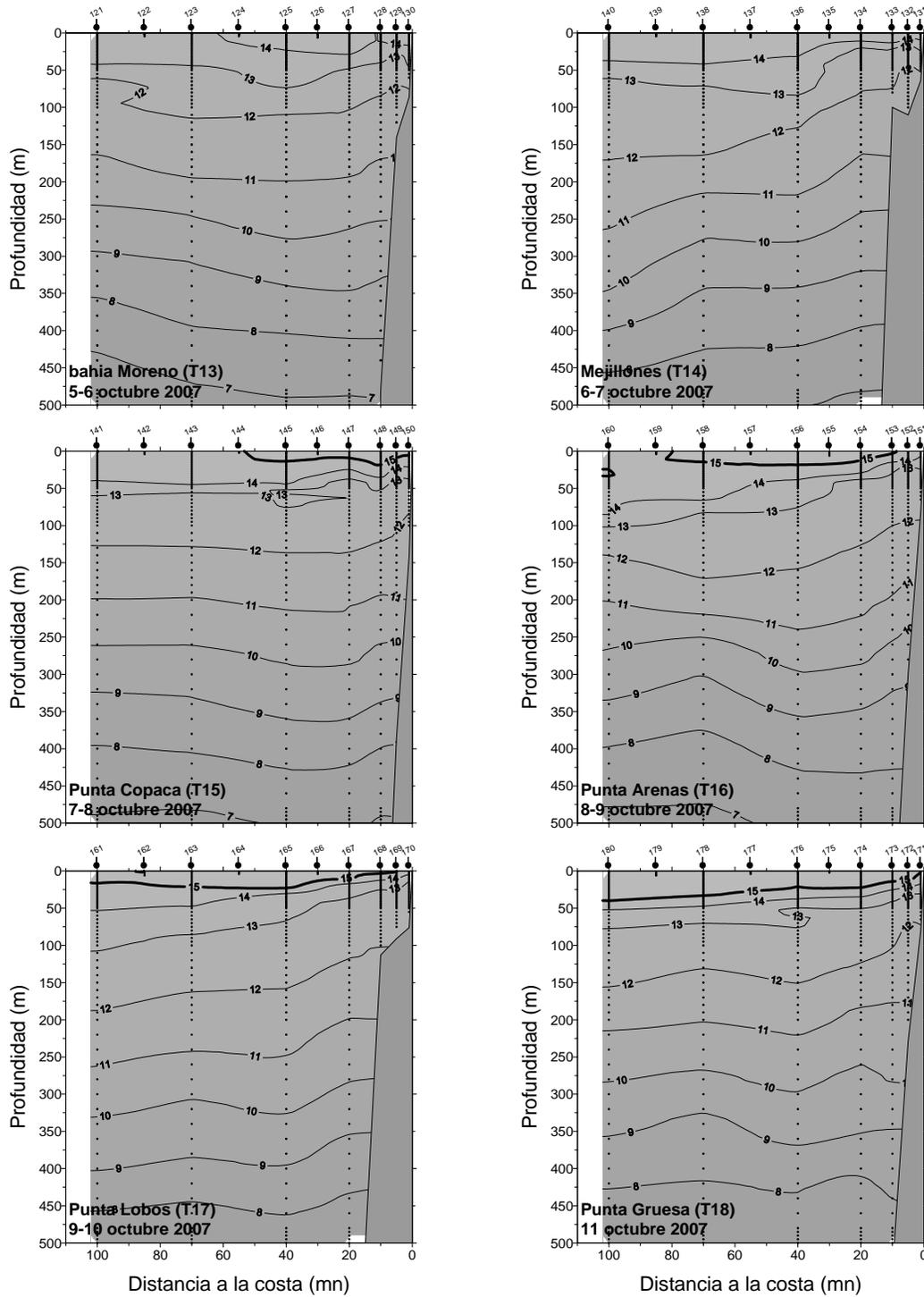


Figura 14. Distribuci3n vertical de temperatura (°C) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

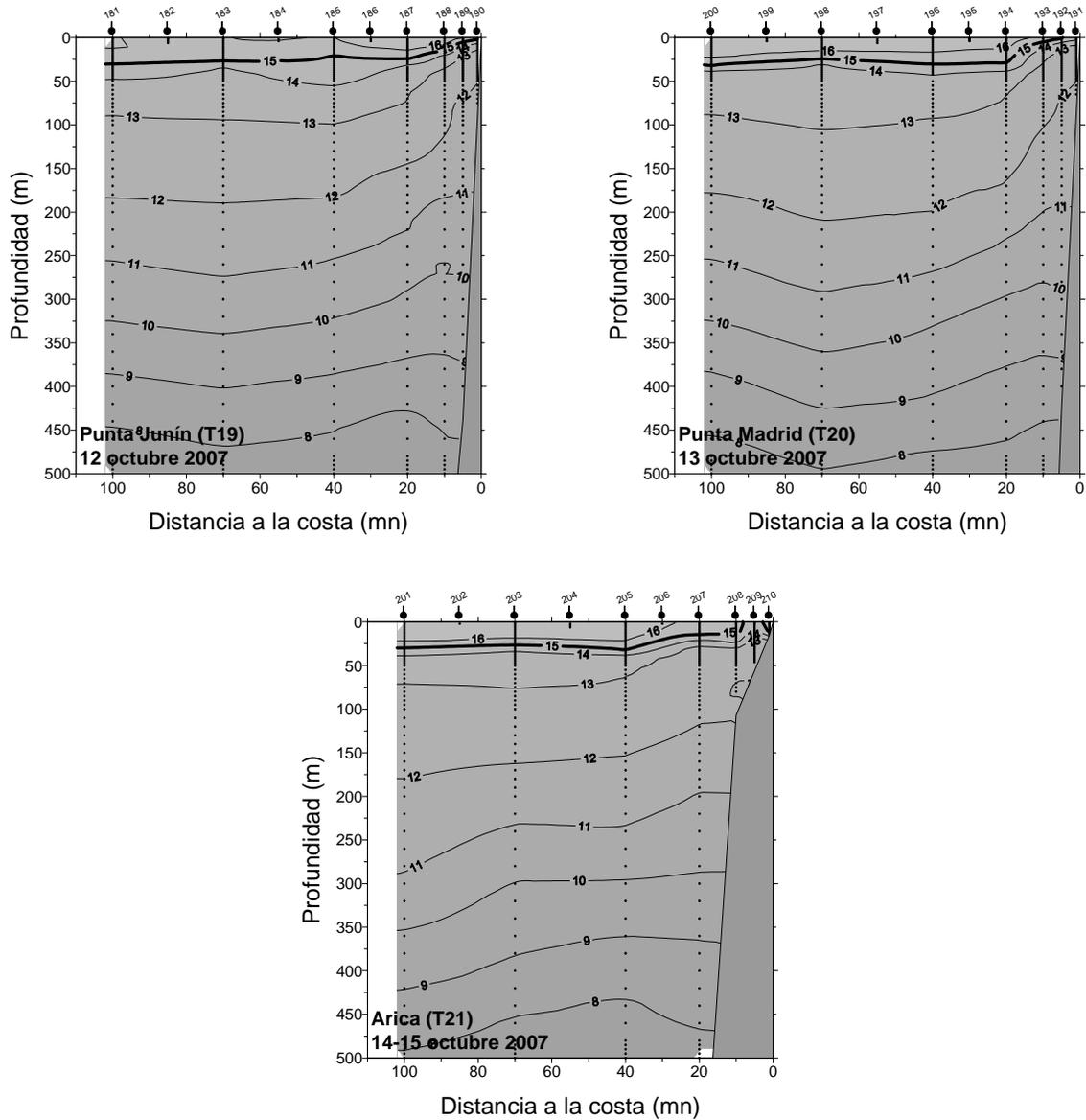


Figura 15. Distribuci3n vertical de temperatura (°C) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

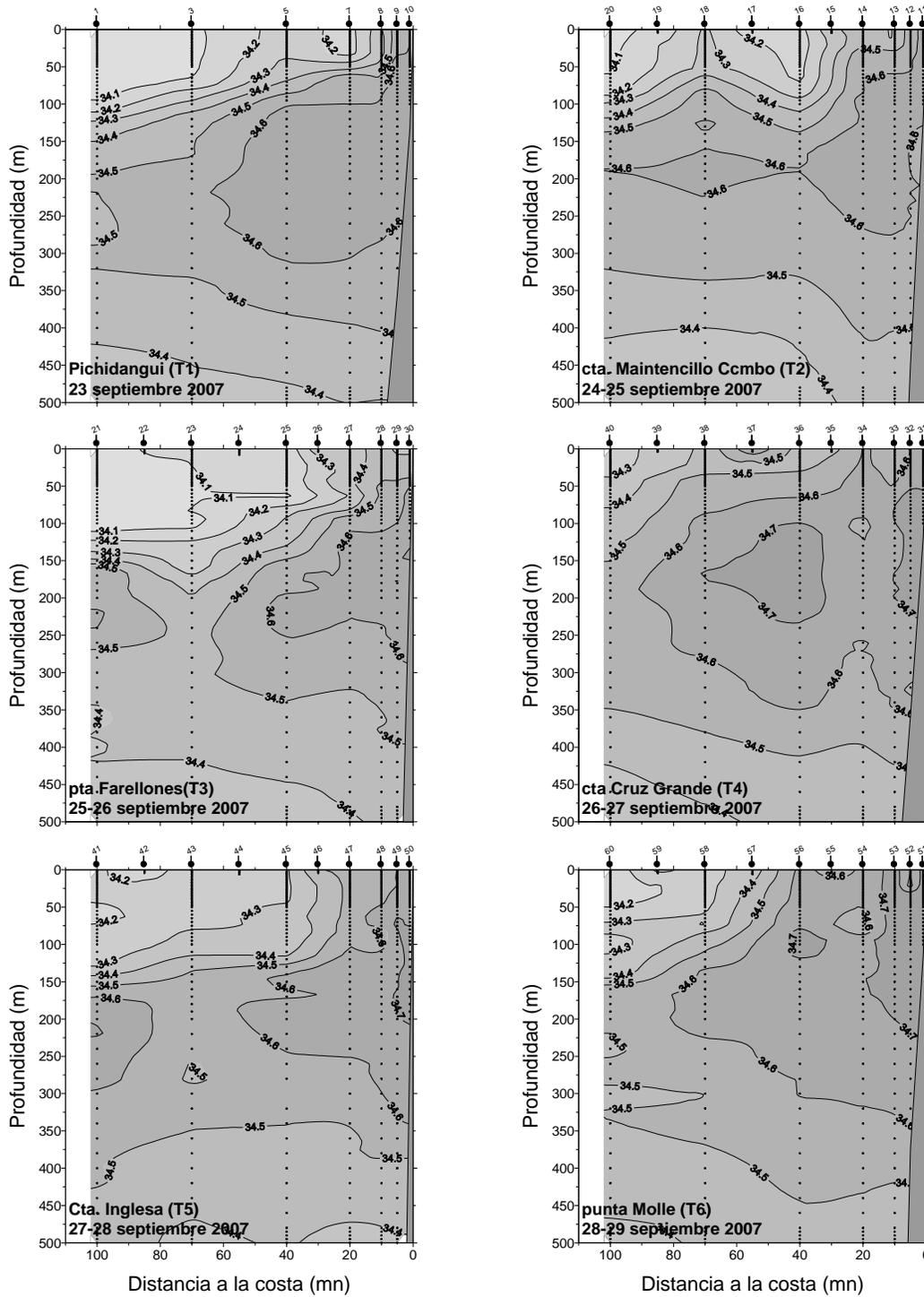


Figura 16. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

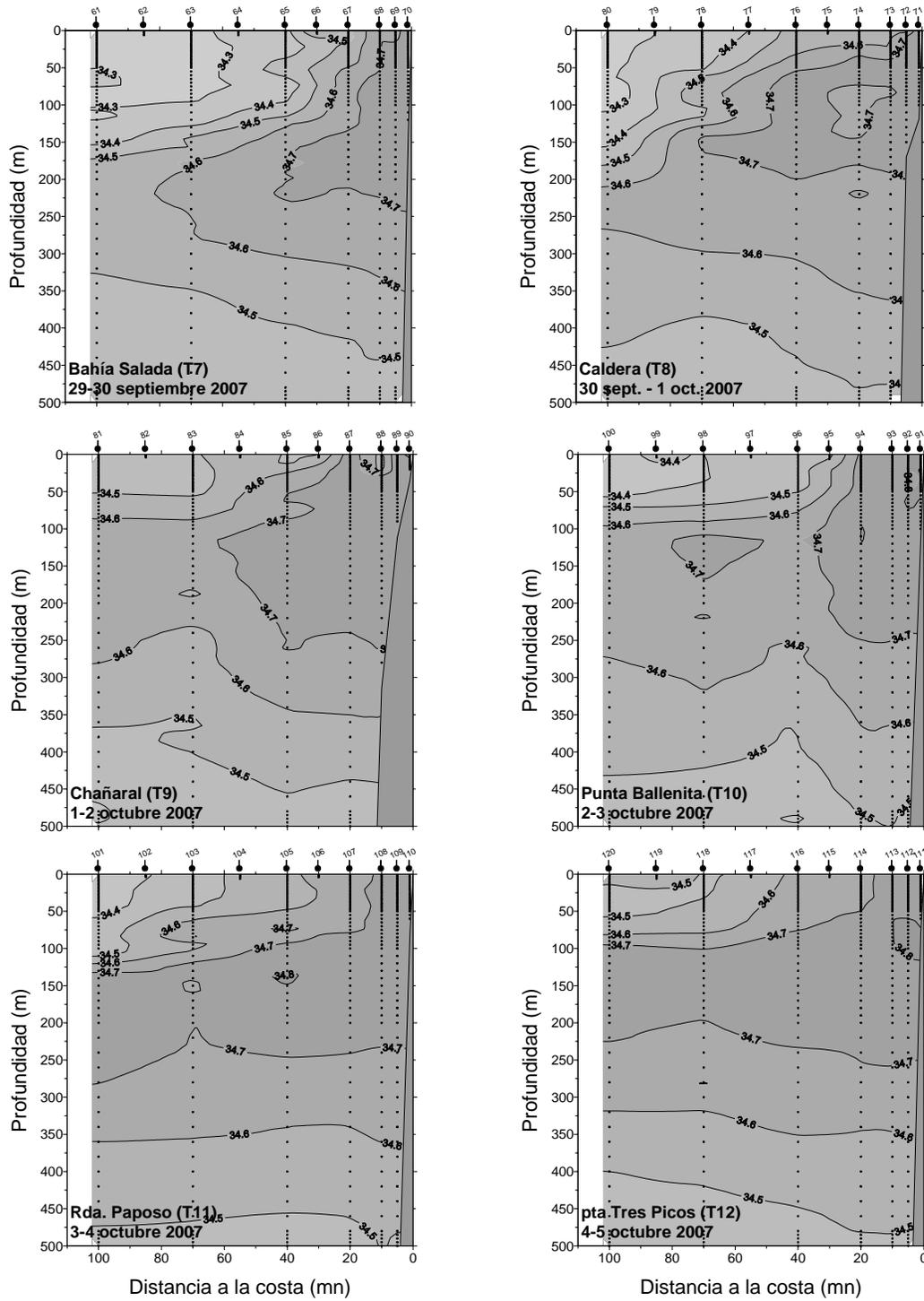


Figura 17. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

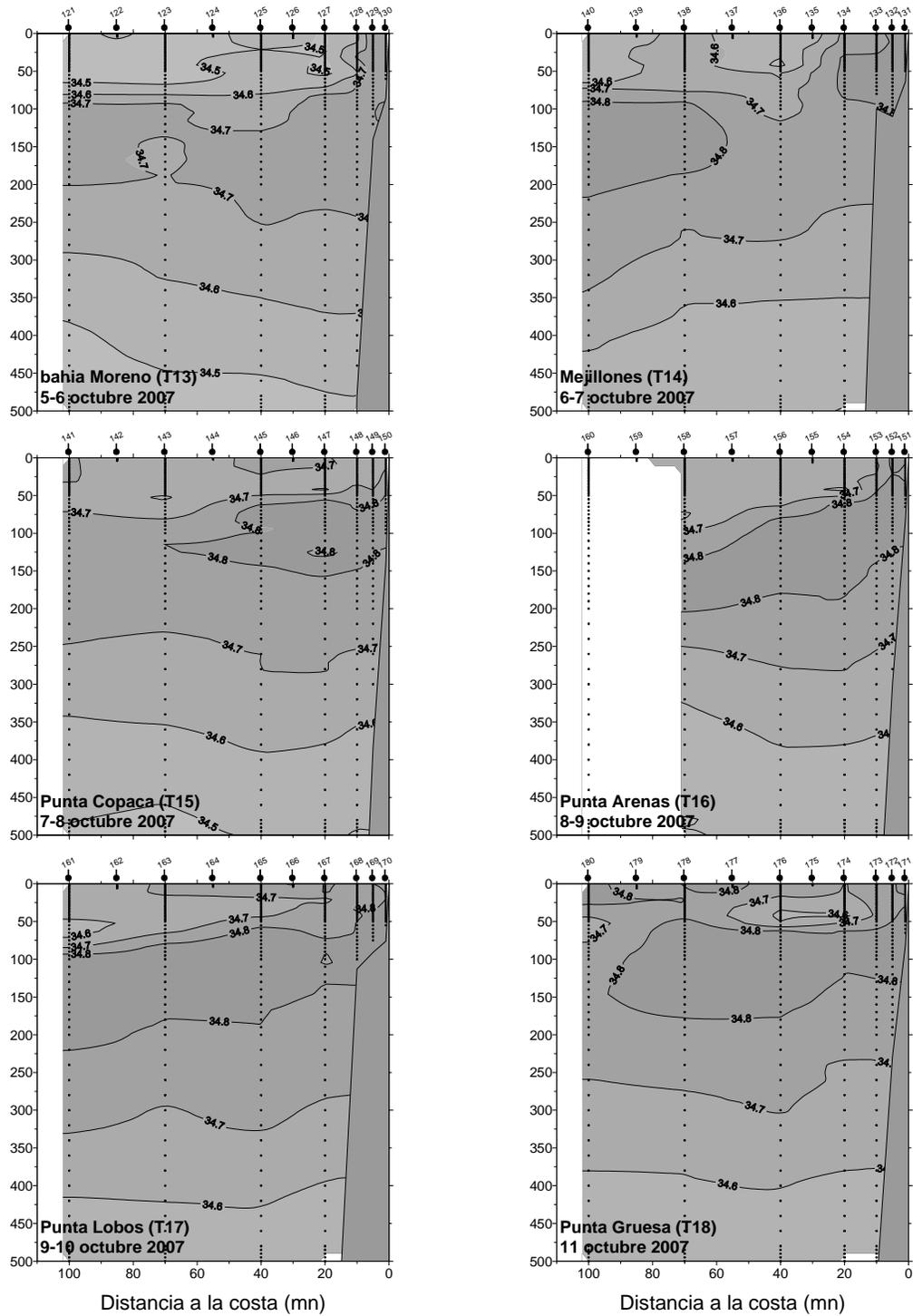


Figura 18. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

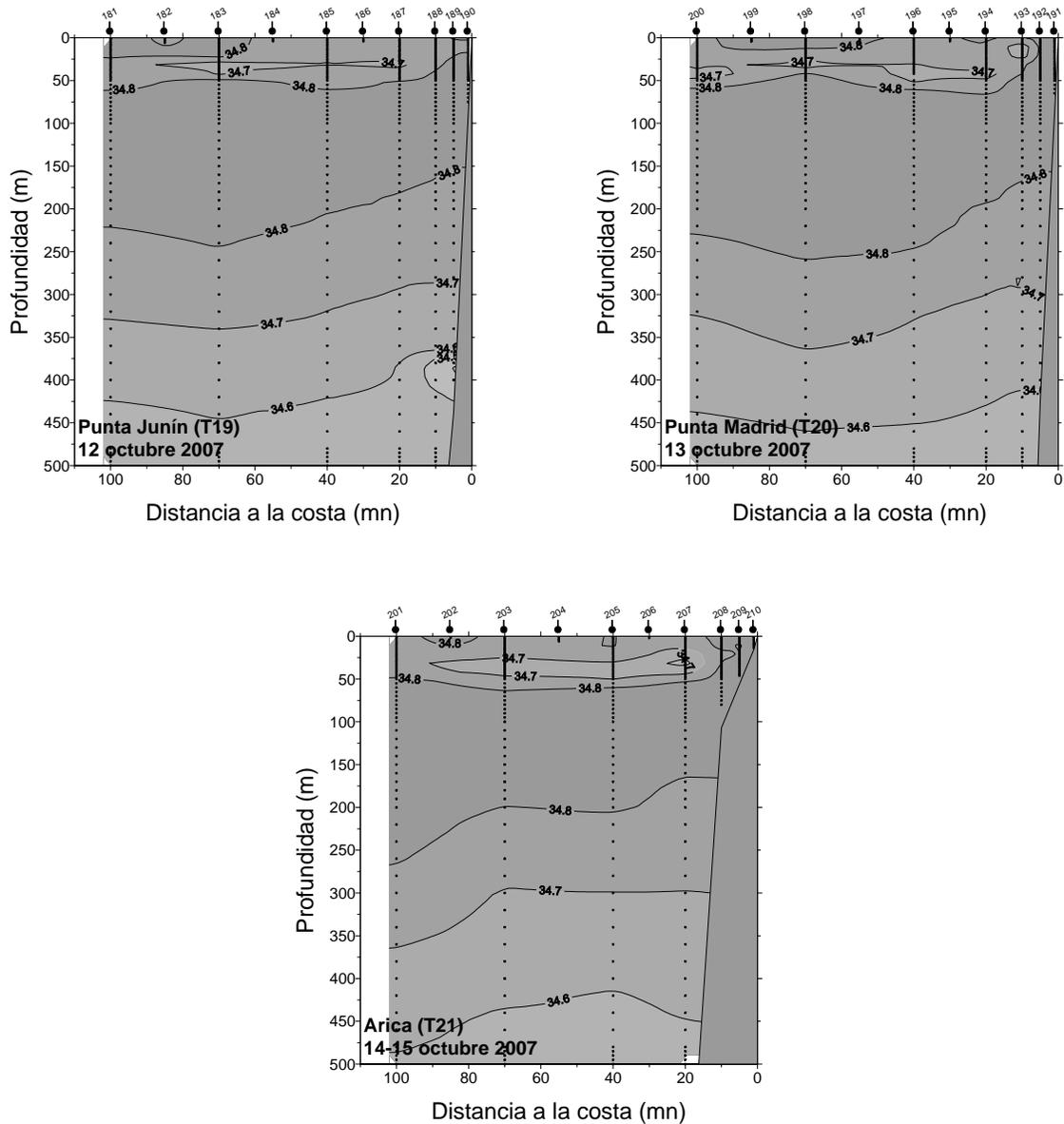


Figura 19. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

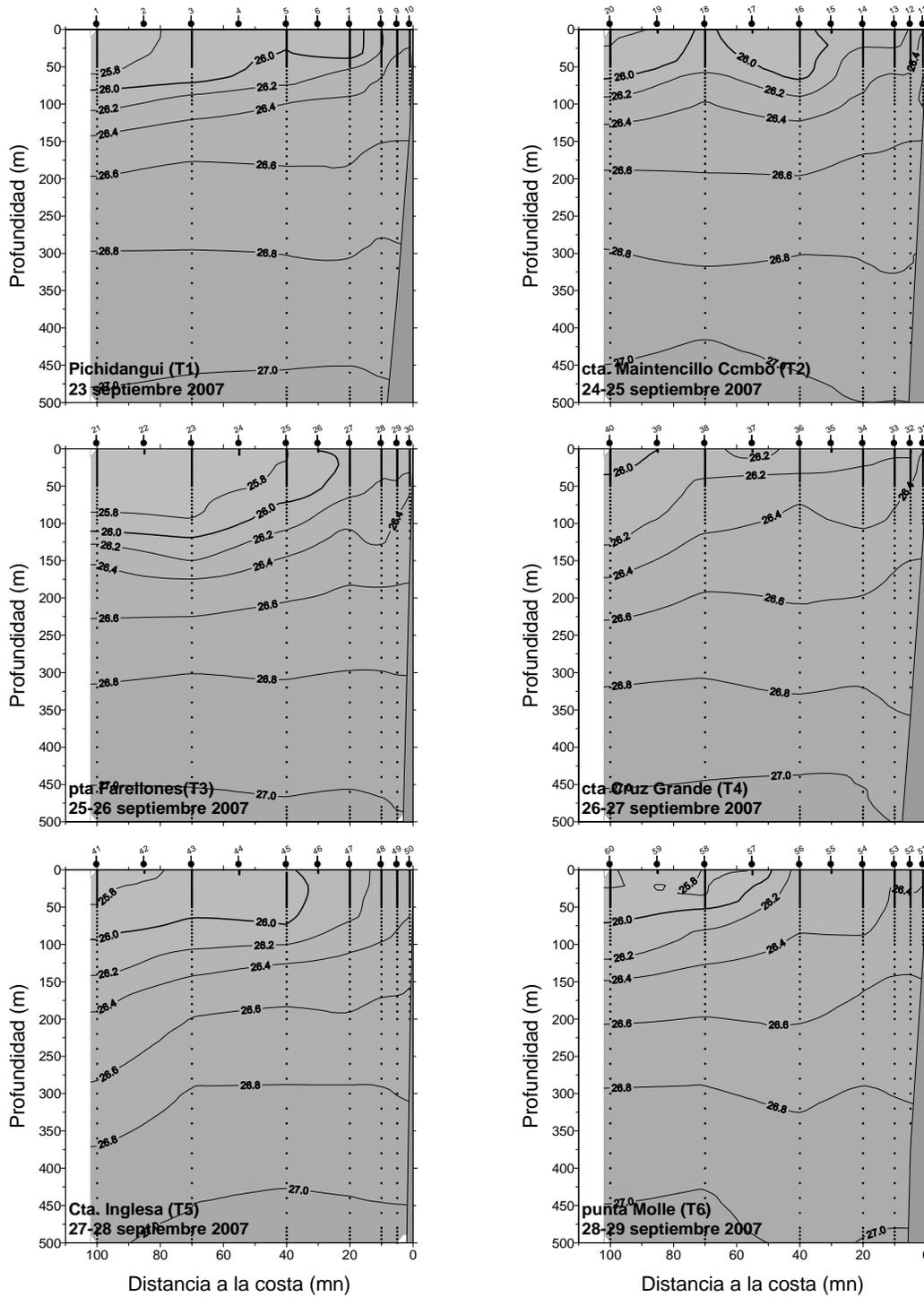


Figura 20. Distribuci3n vertical de densidad (σ_t)(kg/m^3) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

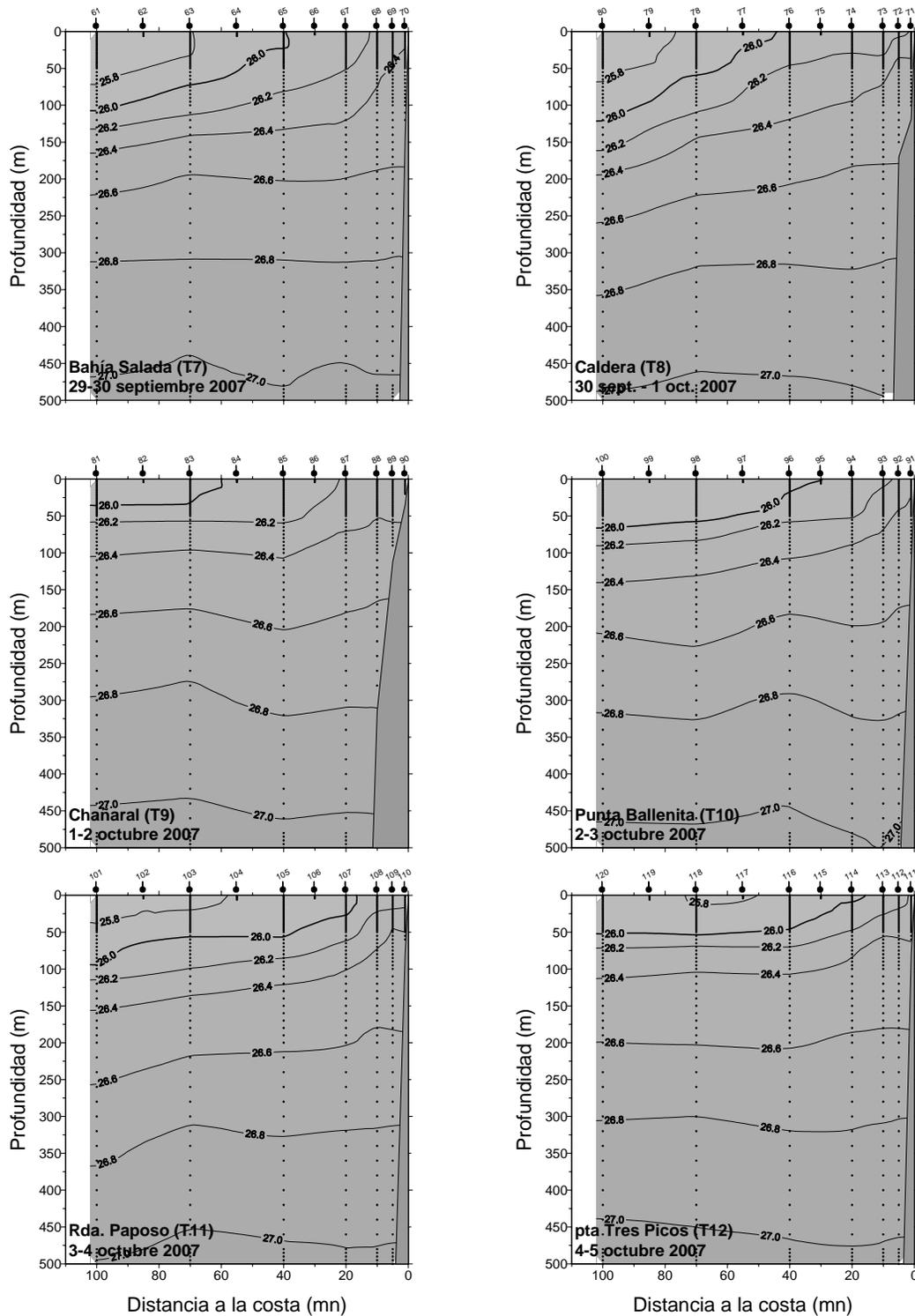


Figura 21. Distribuci3n vertical de densidad (σ_t)(kg/m^3) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

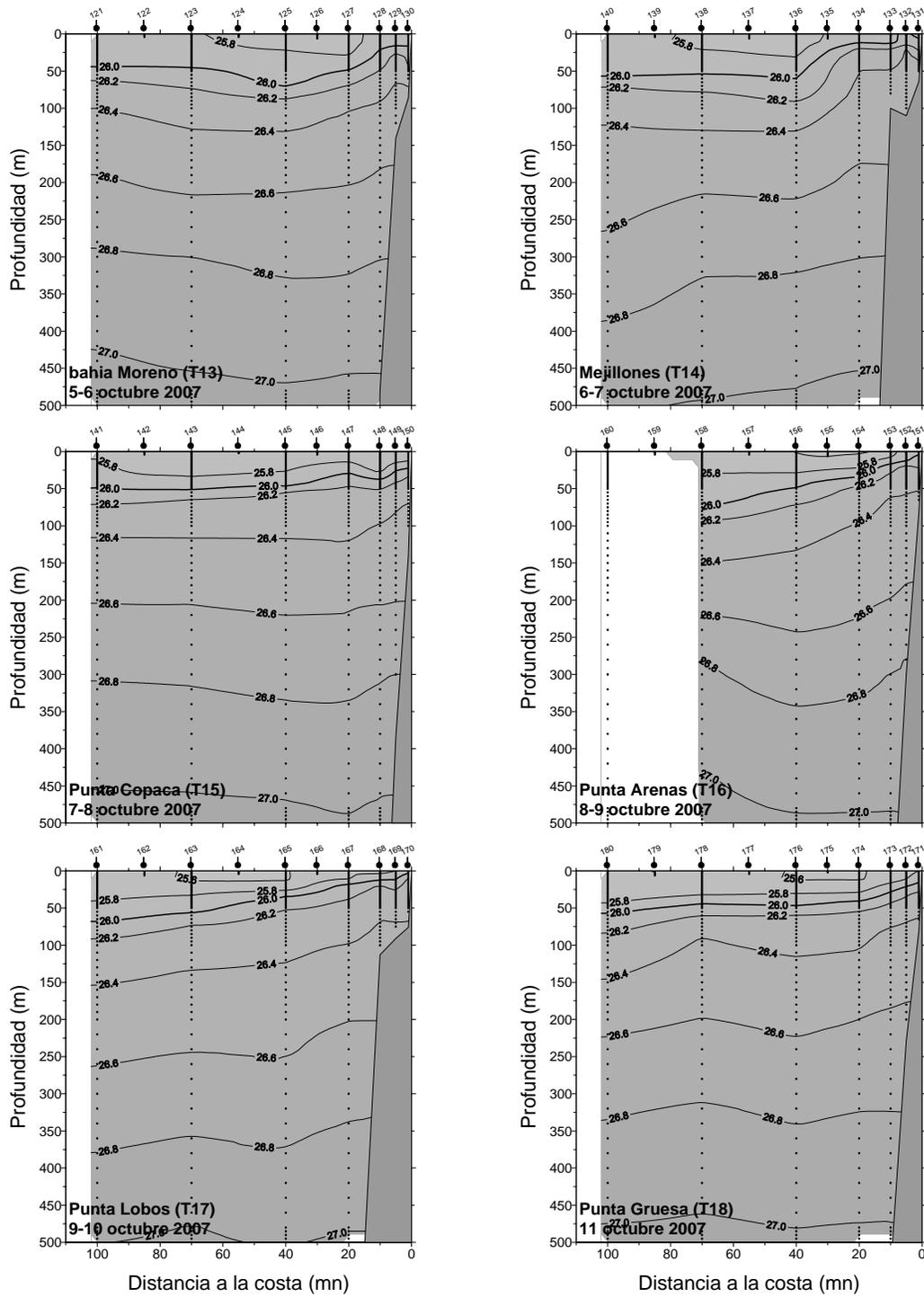


Figura 22. Distribuci3n vertical de densidad (σ_t) (kg/m^3) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

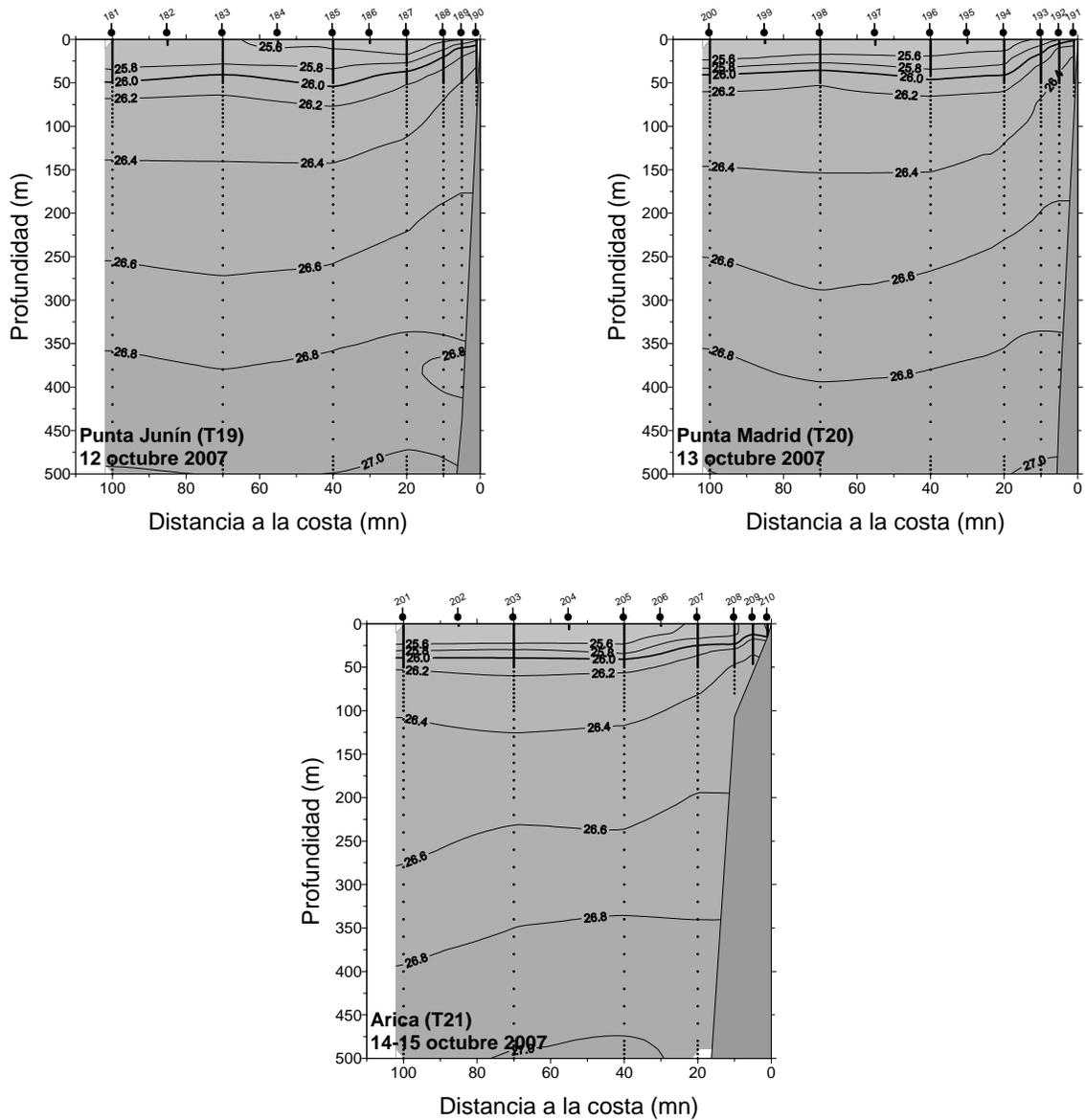


Figura 23. Distribuci3n vertical de densidad (σ_t) (kg/m^3) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

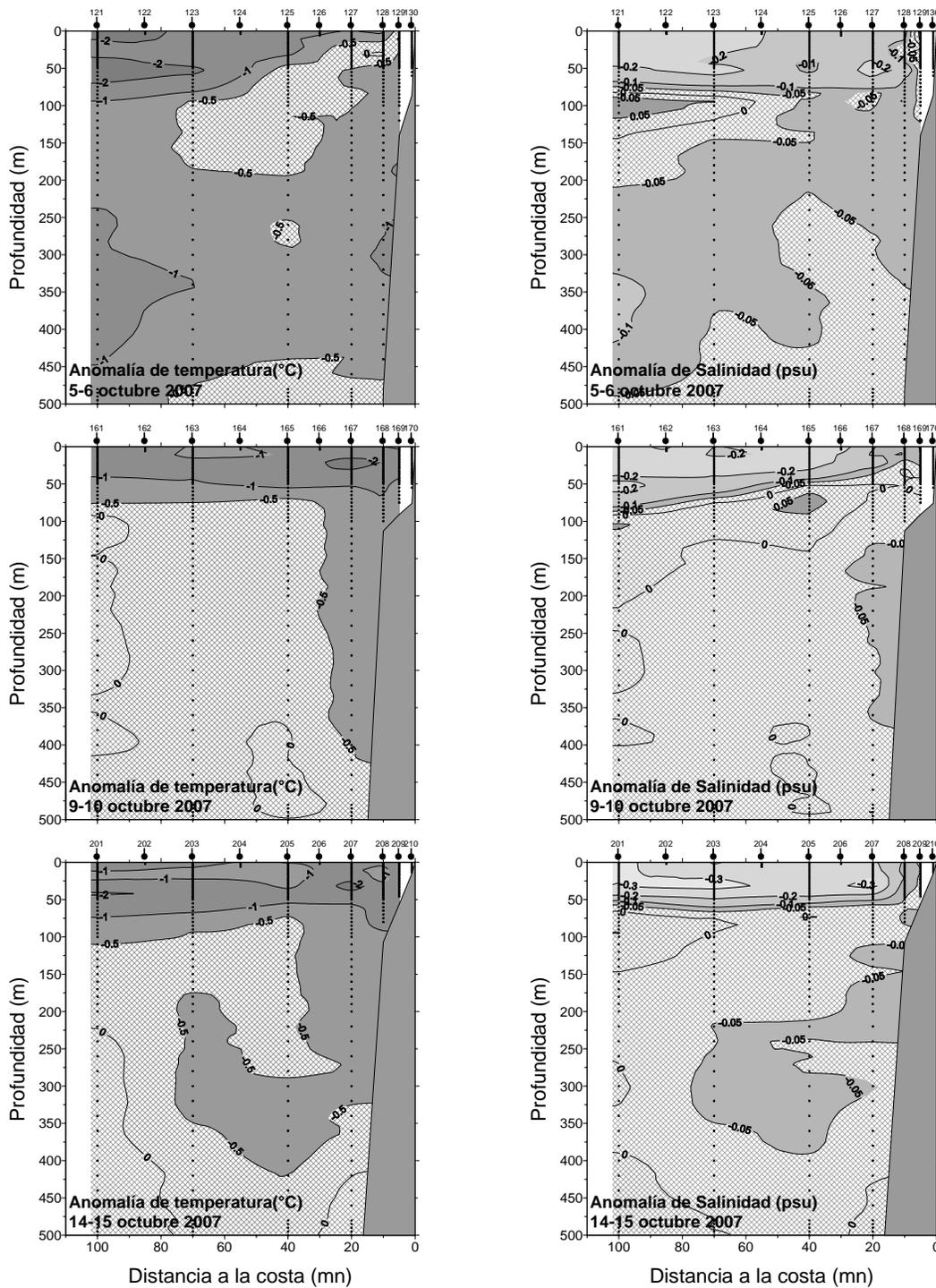


Figura 24. Anomalia vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (psu) en las transectas: 13 (Bahía Moreno, $23^{\circ}40'\text{S}$), 17 (Pta. Lobos; $21^{\circ}00'\text{S}$) y 21 (Arica; $18^{\circ}25'\text{S}$). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

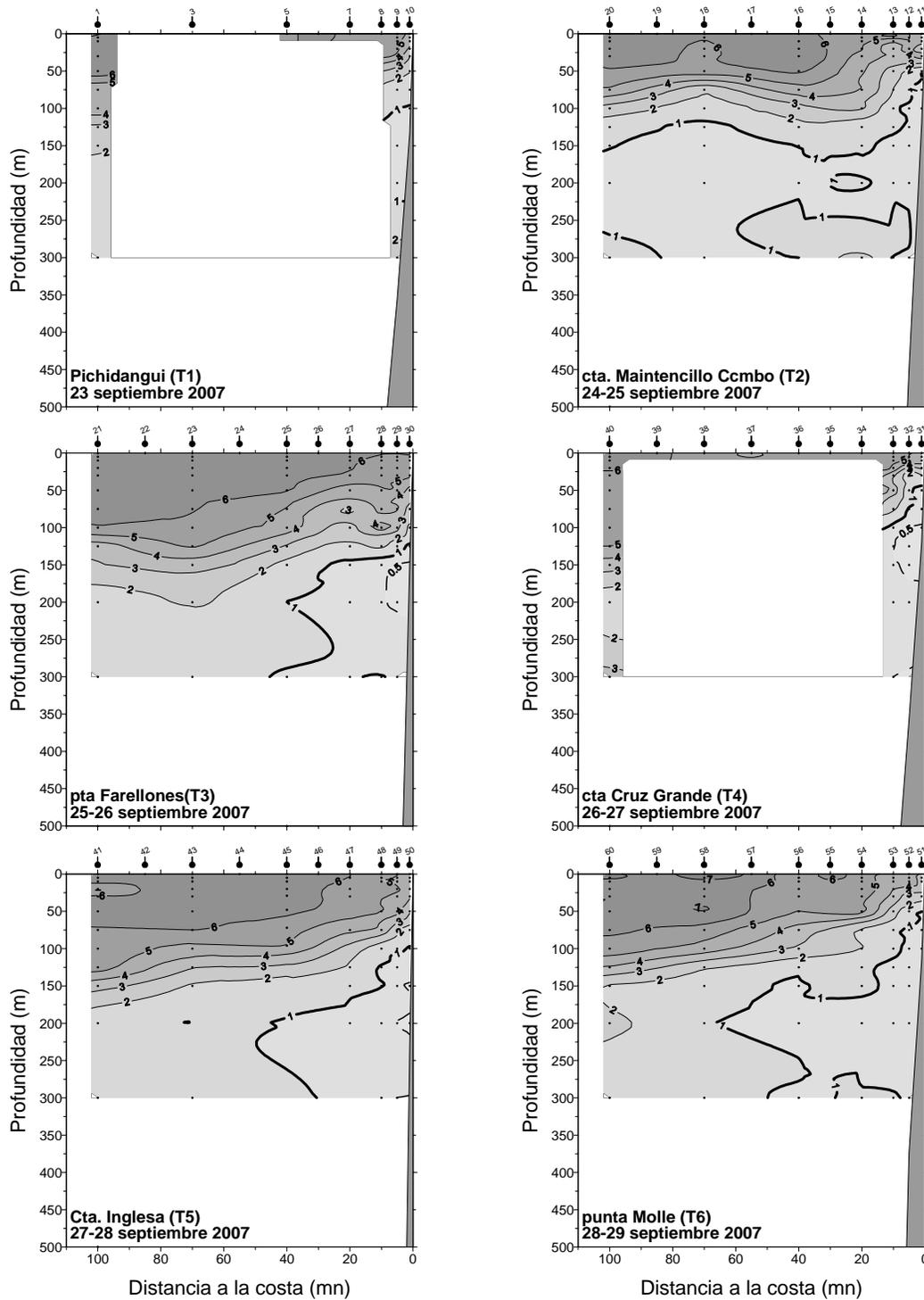


Figura 25. Distribuci3n vertical del contenido de ox3geno disuelto (mL/L) en las transectas 1 a 6. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

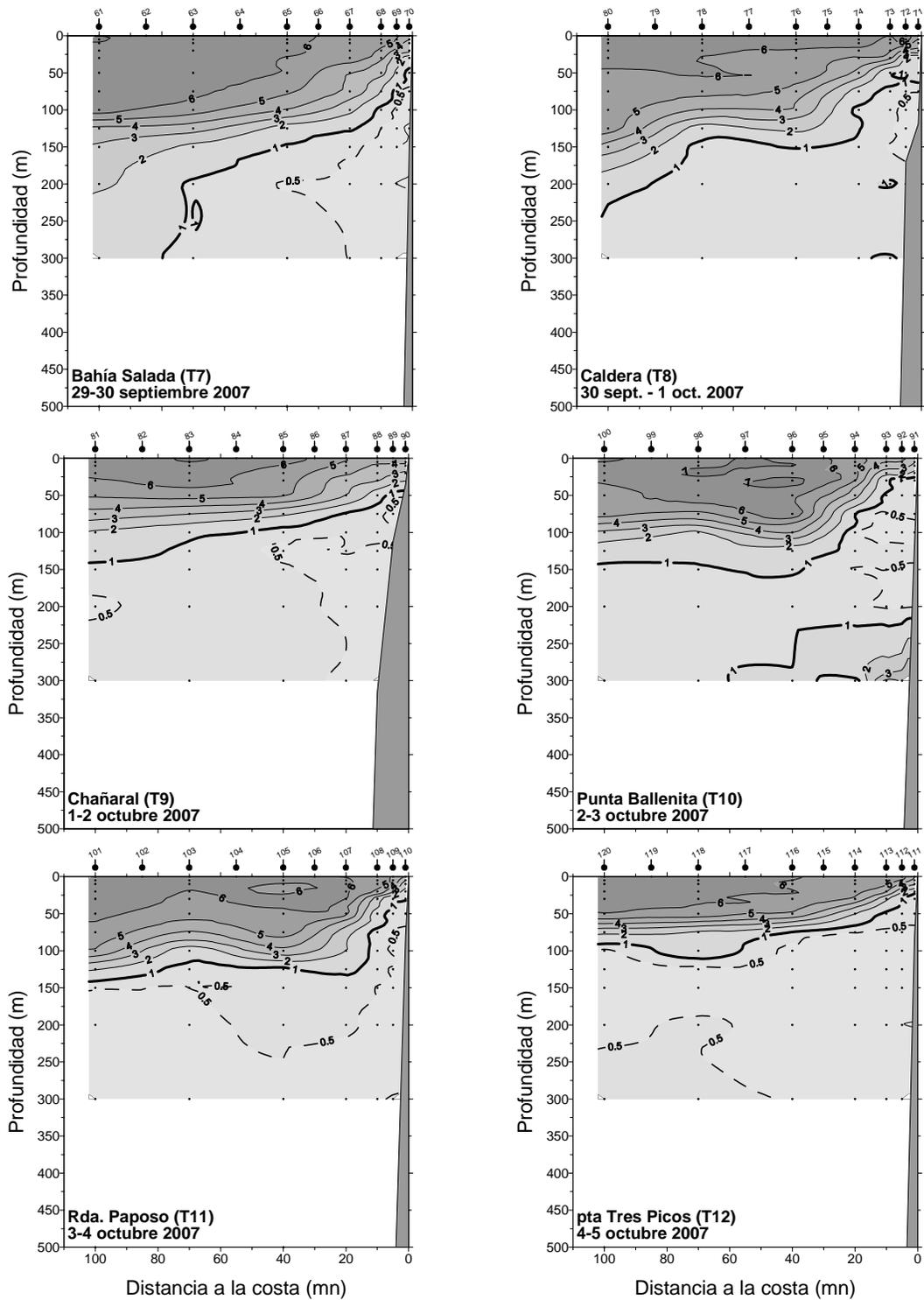


Figura 26. Distribuci3n vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas 7 a 12. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

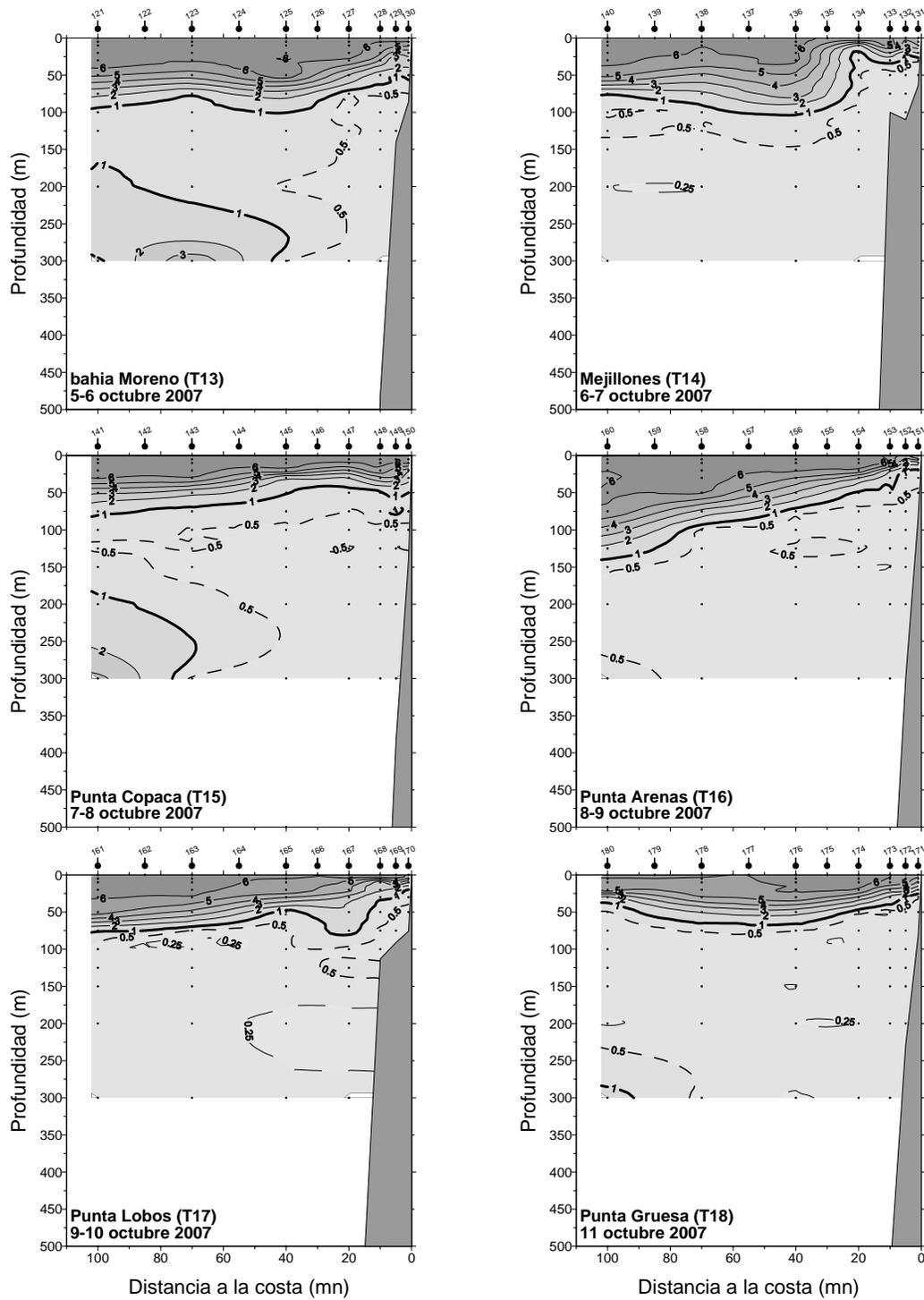


Figura 27. Distribuci3n vertical del contenido de ox3geno disuelto (mL/L) en las transectas 13 a 18. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

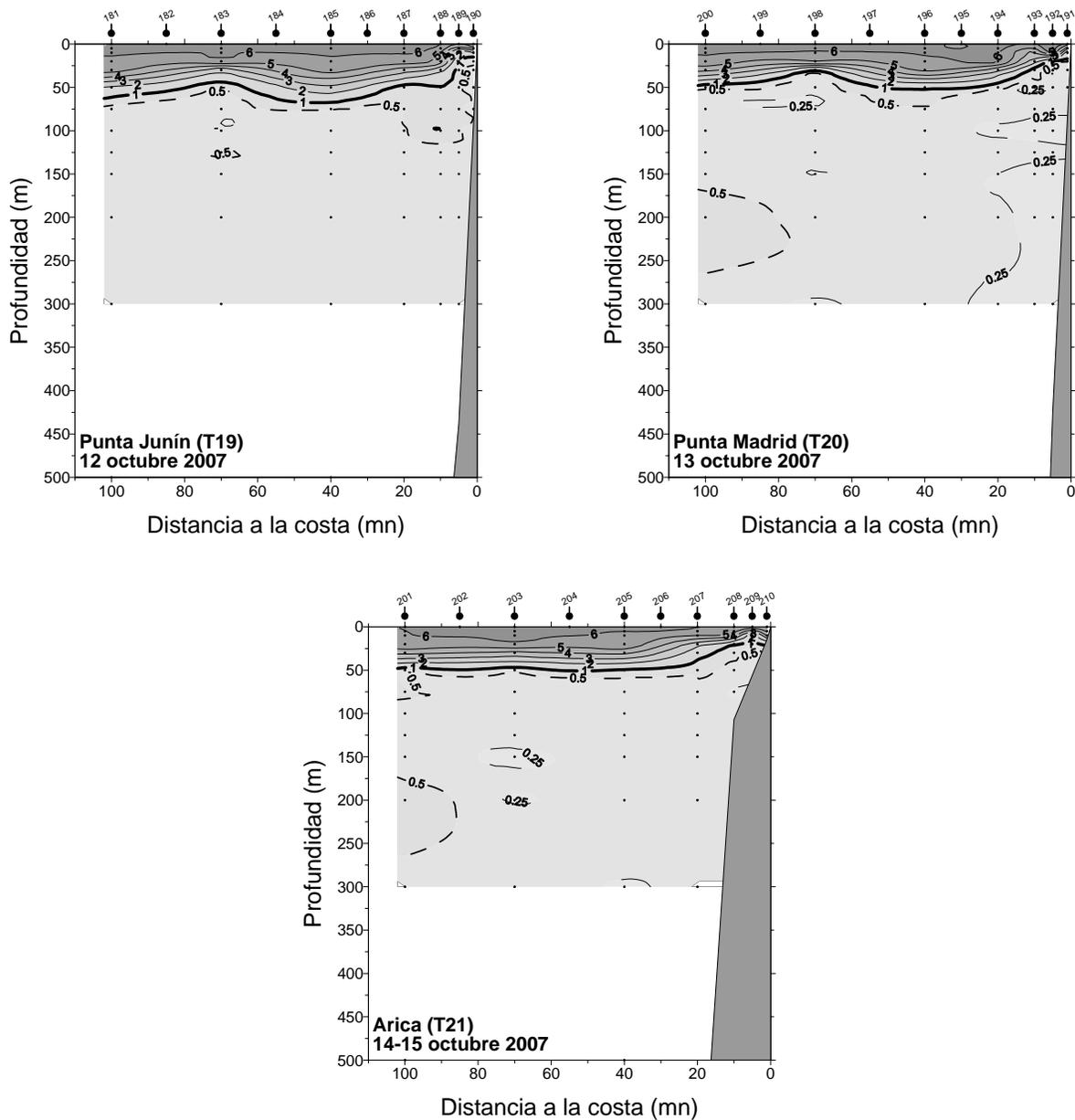


Figura 28. Distribuci3n vertical del contenido de ox3geno disuelto (mL/L) en las transectas 19 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

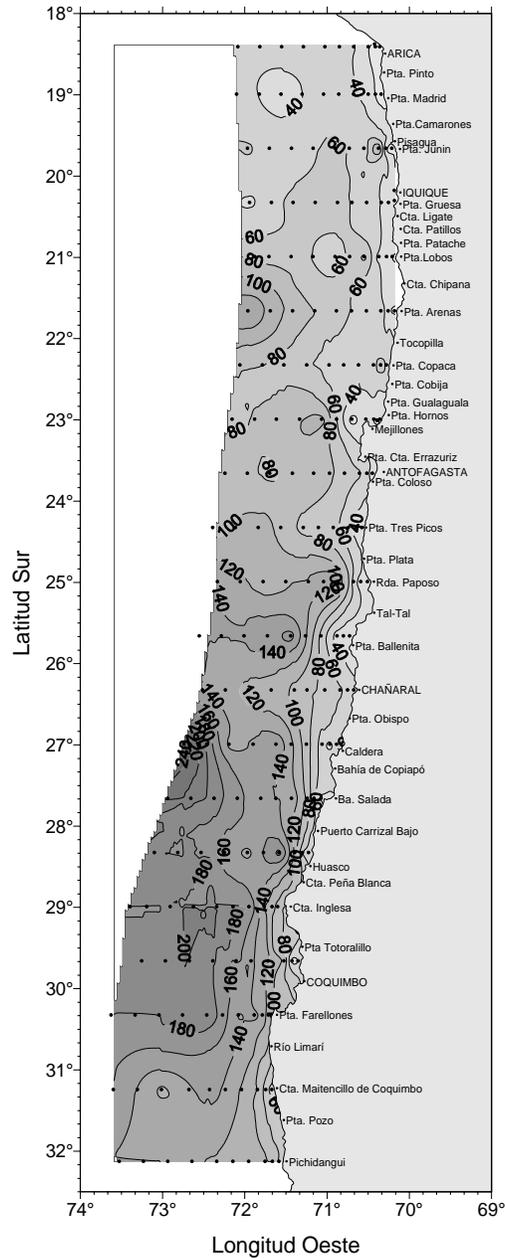


Figura 29. Profundidad de la isolinea de oxígeno correspondiente a la concentración de 1 mL/L, como indicadora del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

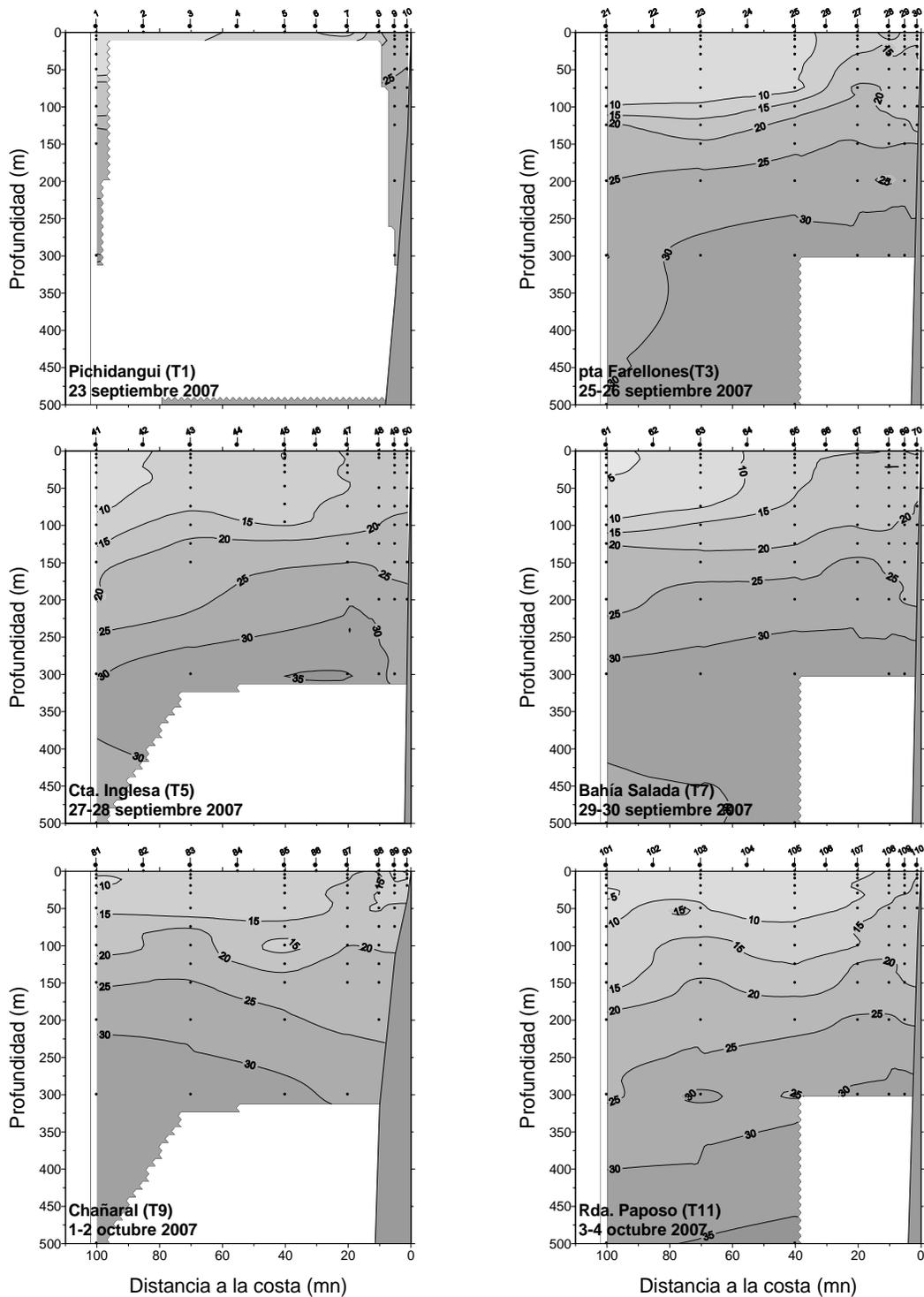


Figura 30. Distribución vertical del contenido de nitrato (μM) en las transectas 1 a 11. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

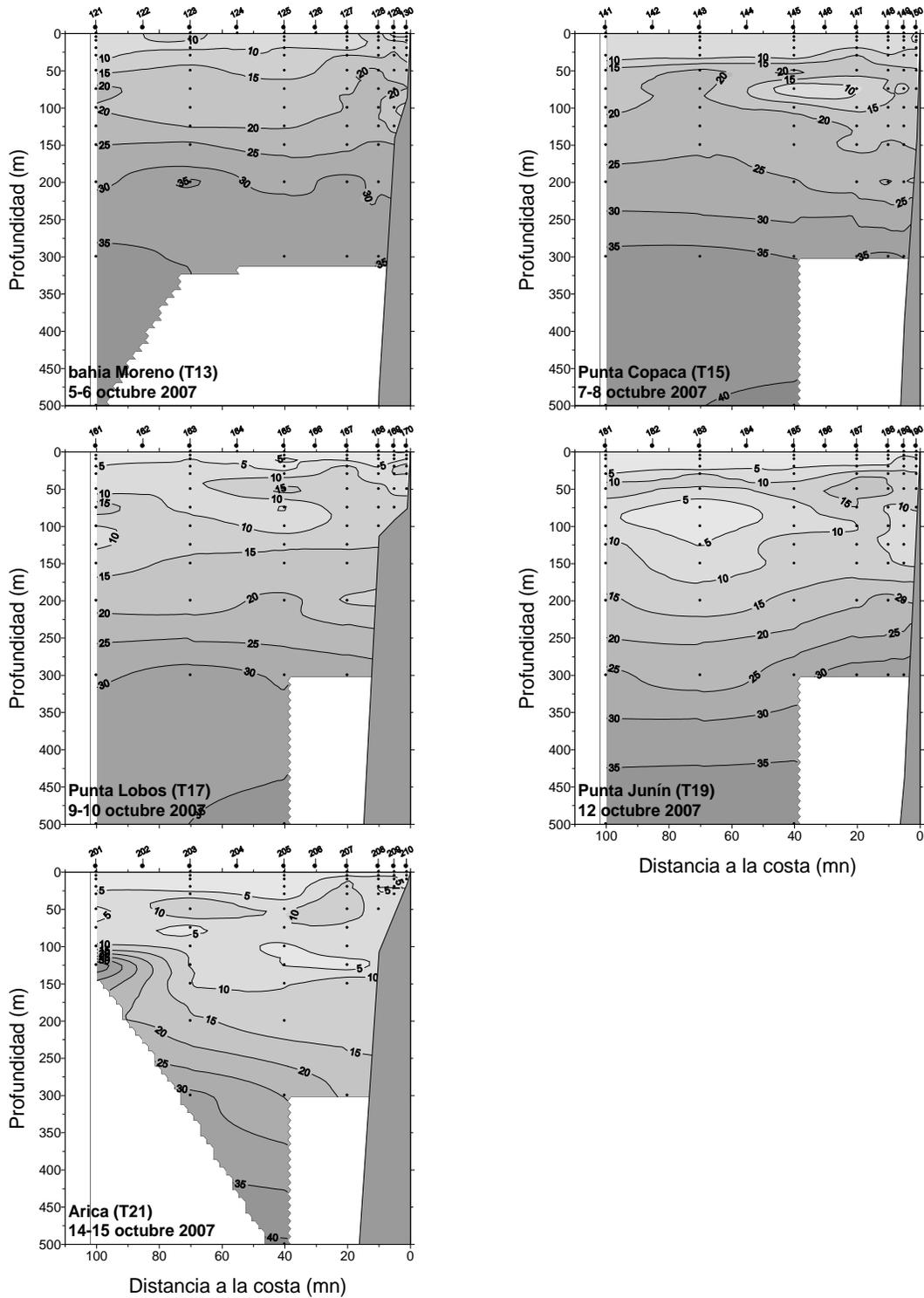


Figura 31. Distribución vertical del contenido de nitrato (μM) en las transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

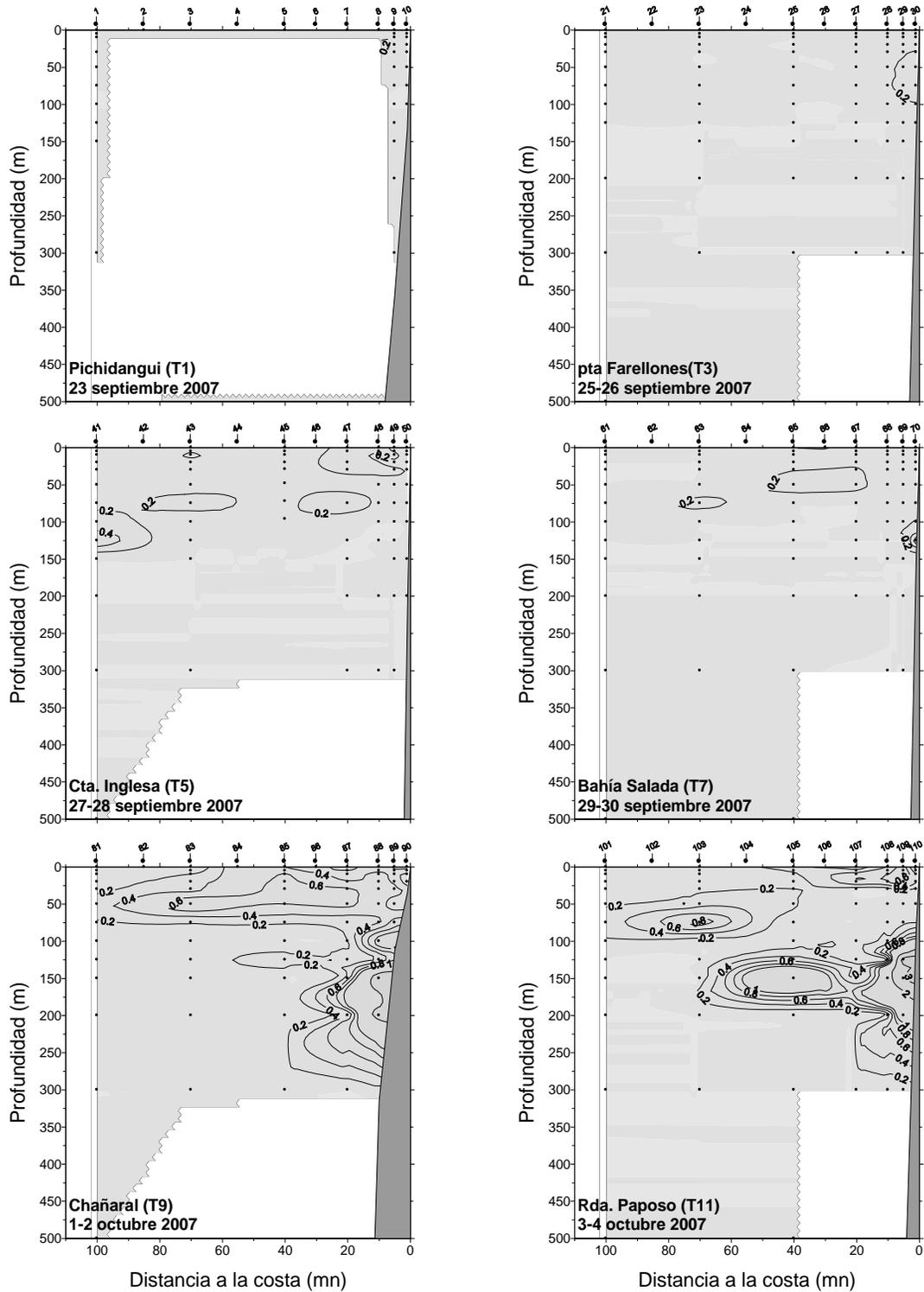


Figura 32. Distribuci3n vertical del contenido de nitrito (μM) en las transectas 1 a 11. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

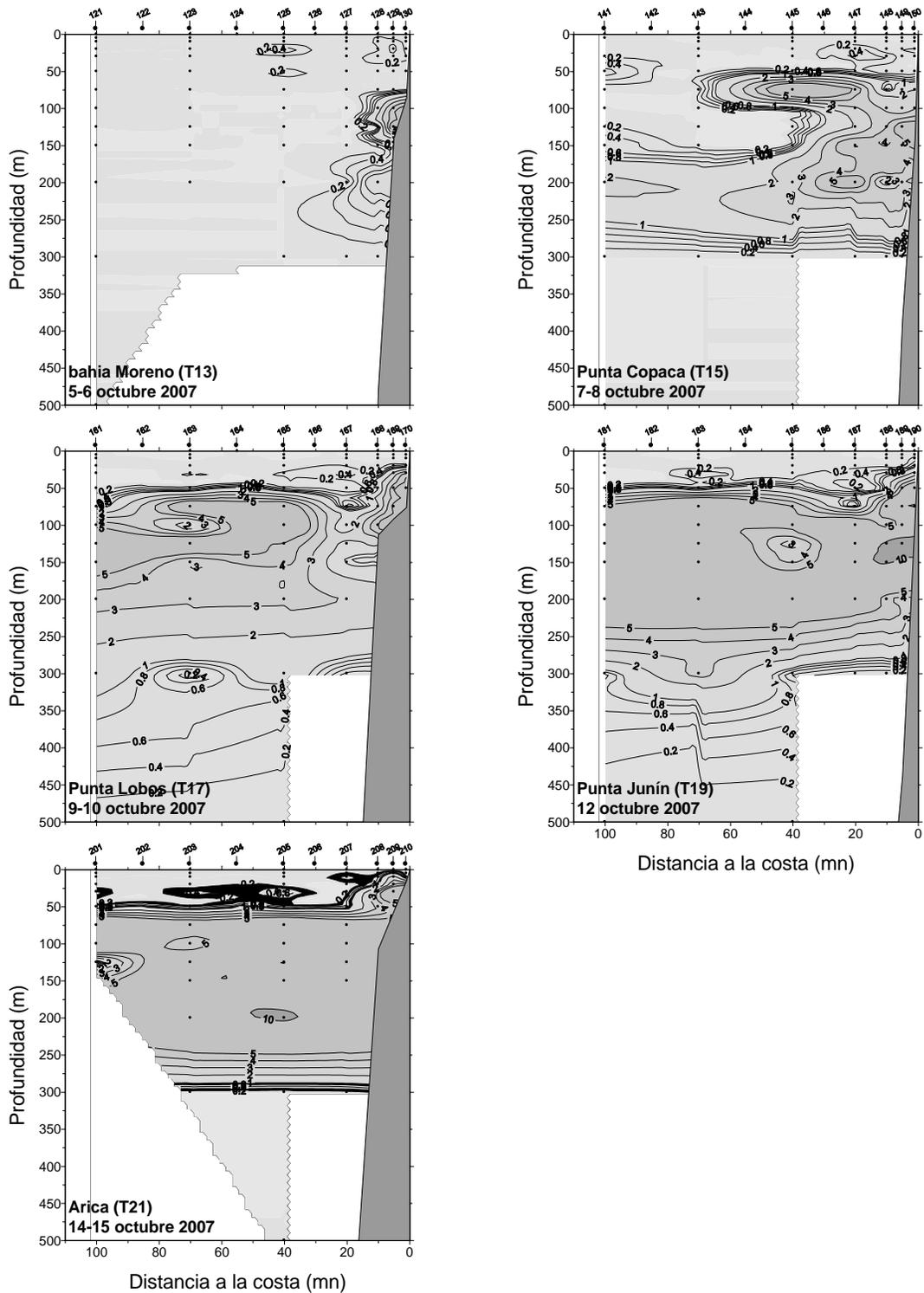


Figura 33. Distribuci3n vertical del contenido de nitrito (μM) en las transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

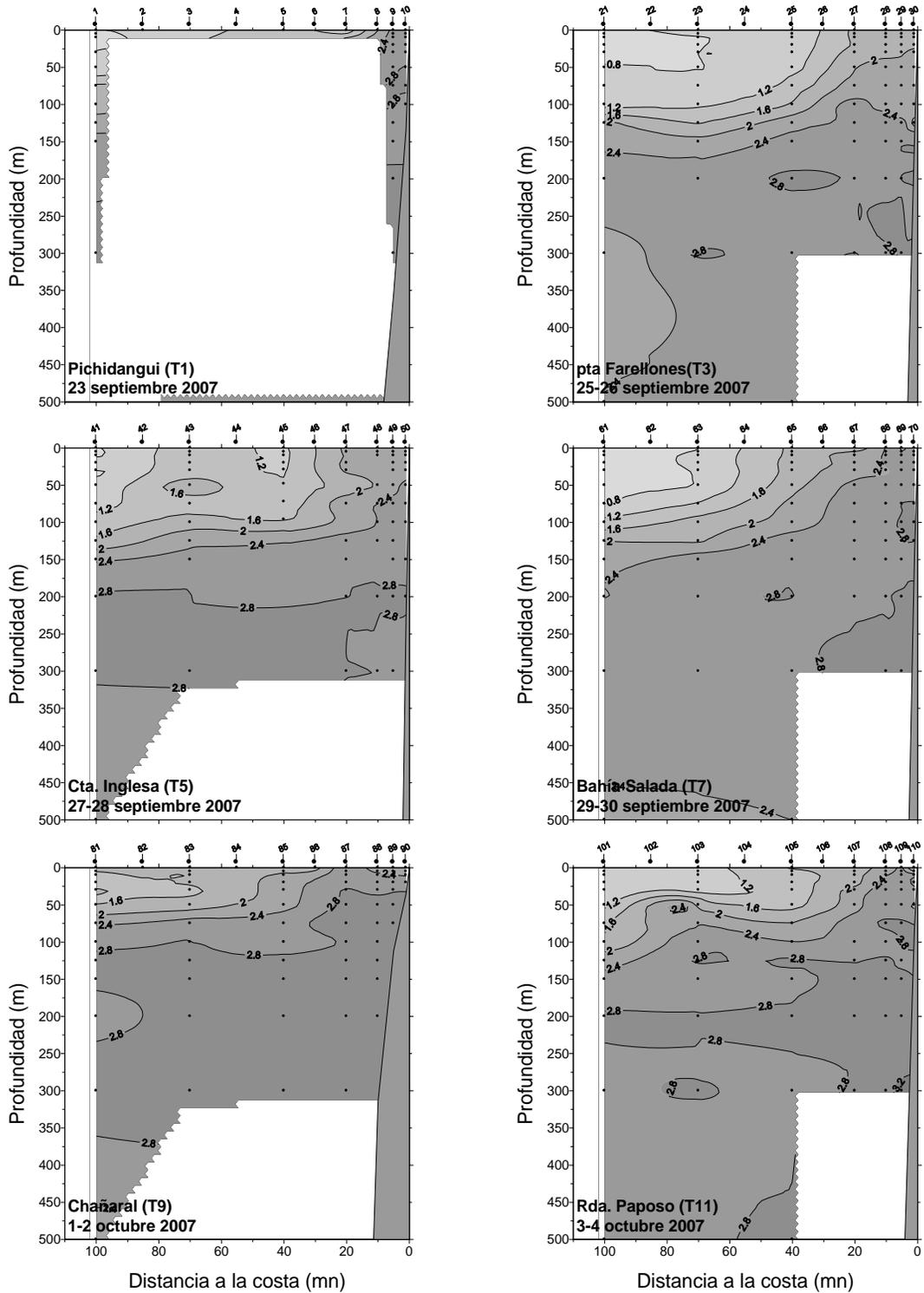


Figura 34. Distribuci3n vertical del contenido de fosfato (μM) en las transectas 1 a 11. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

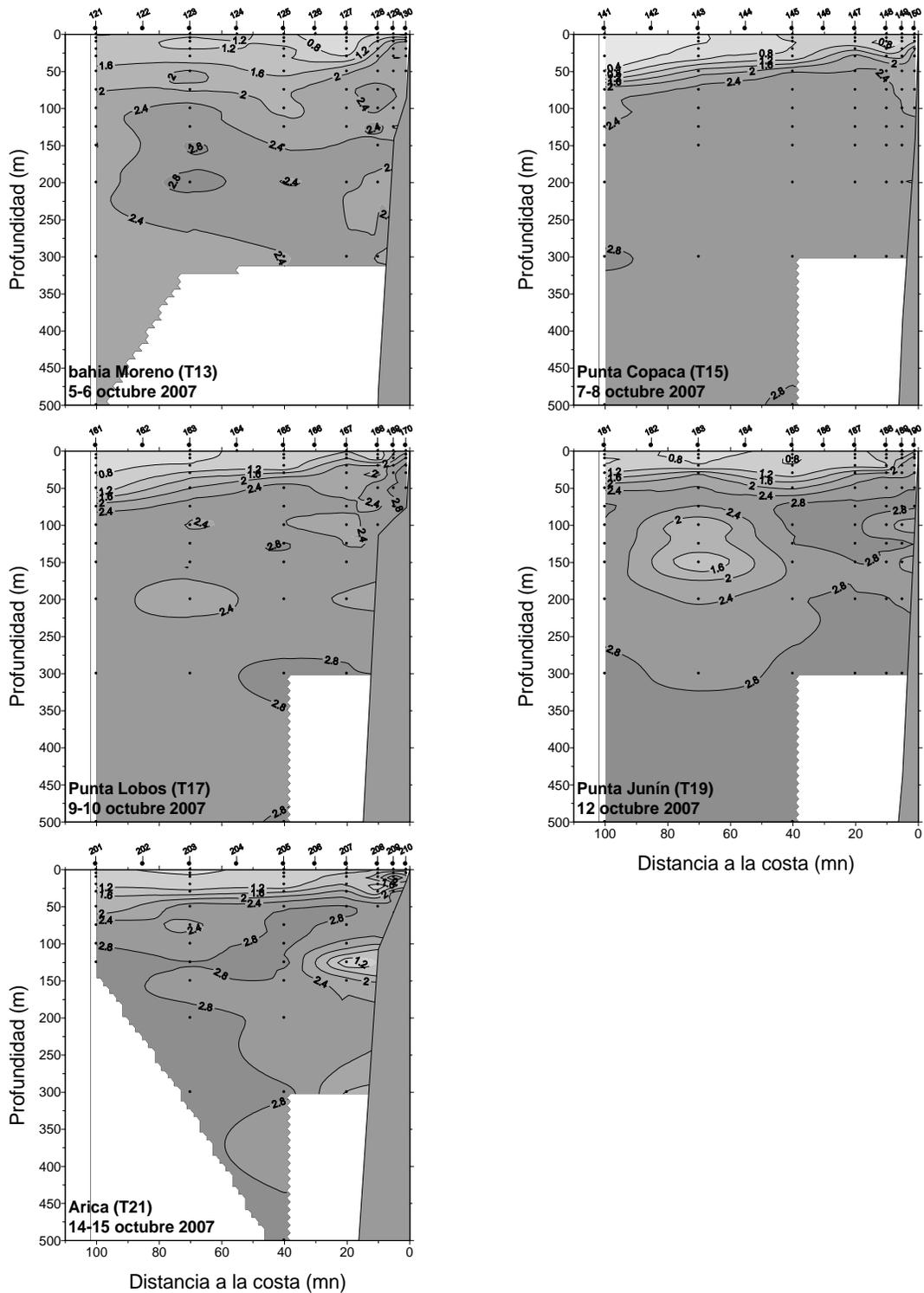


Figura 35. Distribuci3n vertical del contenido de fosfato (μM) en las transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

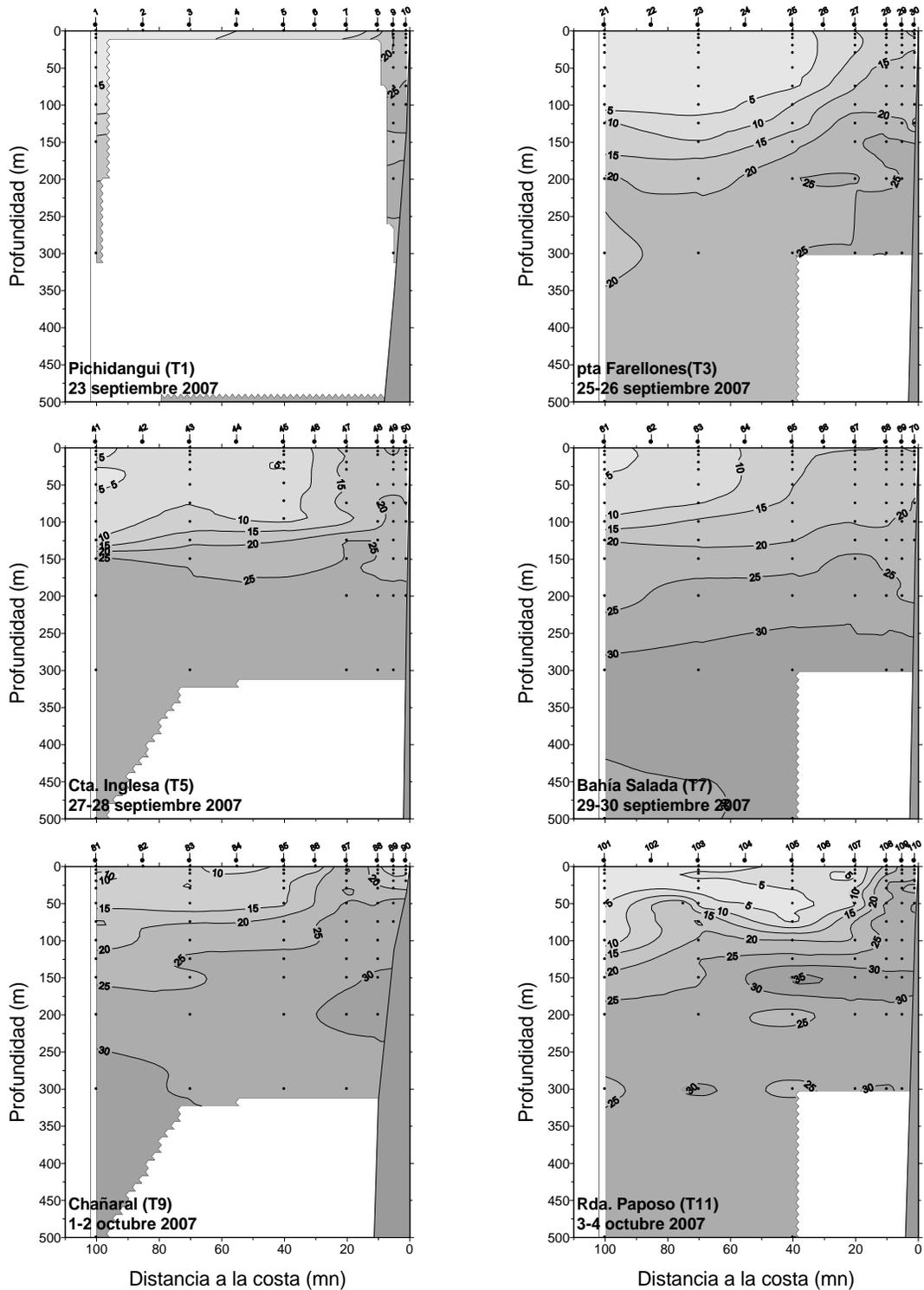


Figura 36. Distribuci3n vertical del contenido de silicato (μM) en las transectas 1 a 11. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

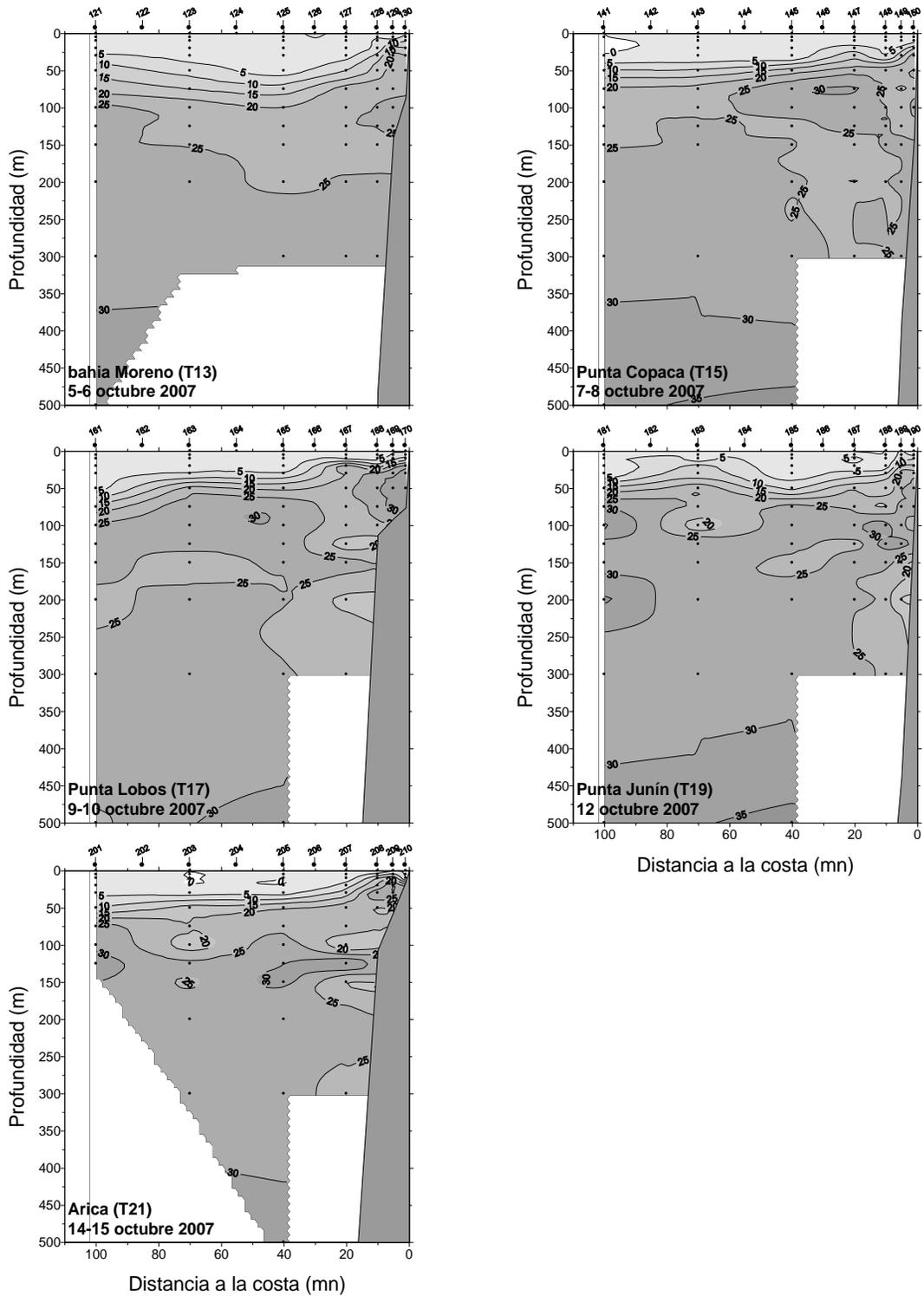


Figura 37. Distribuci3n vertical del contenido de silicato (μM) en las transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

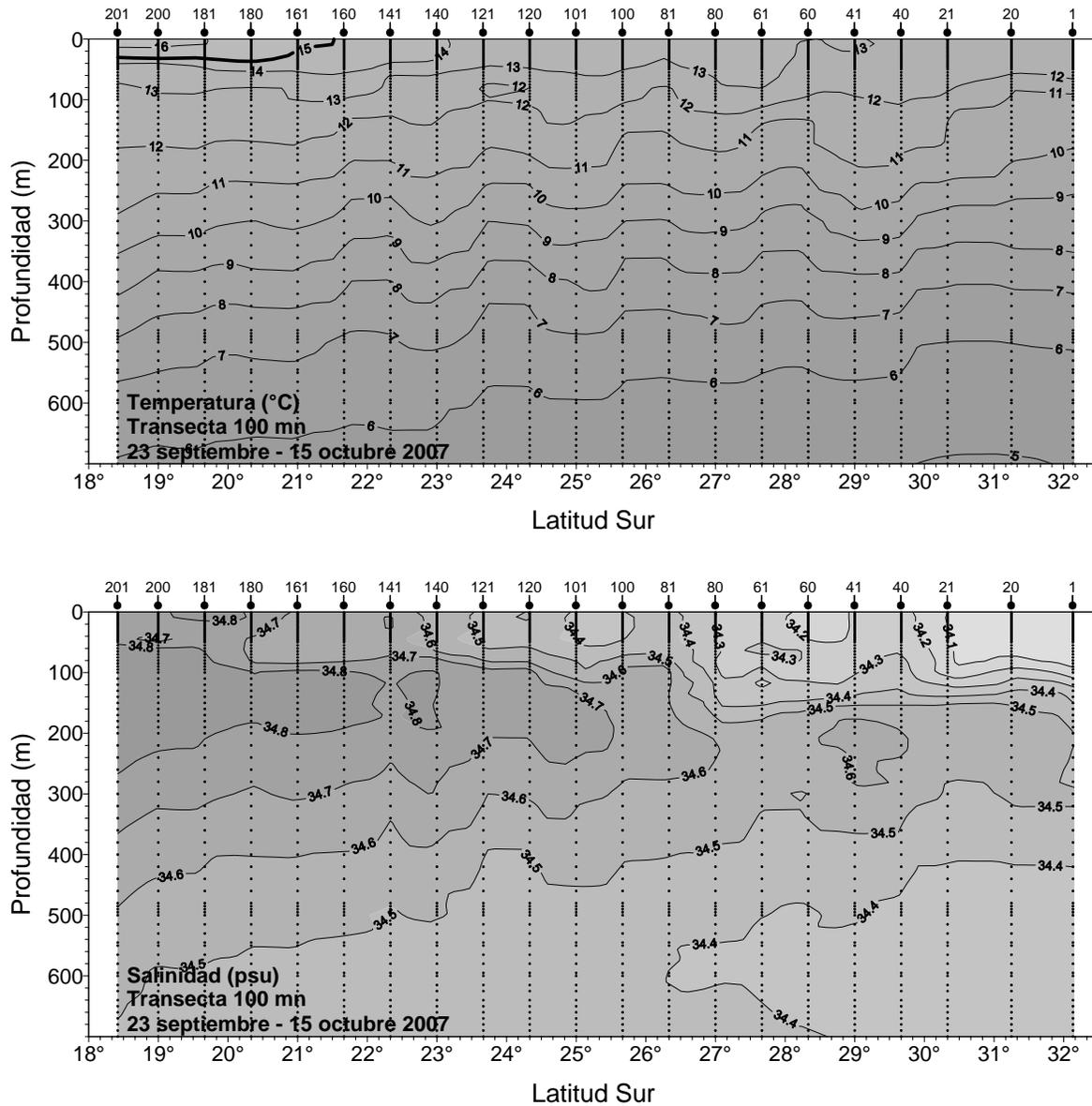


Figura 38. Distribuci3n vertical de temperatura (°C) y salinidad (psu) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 m de la costa. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

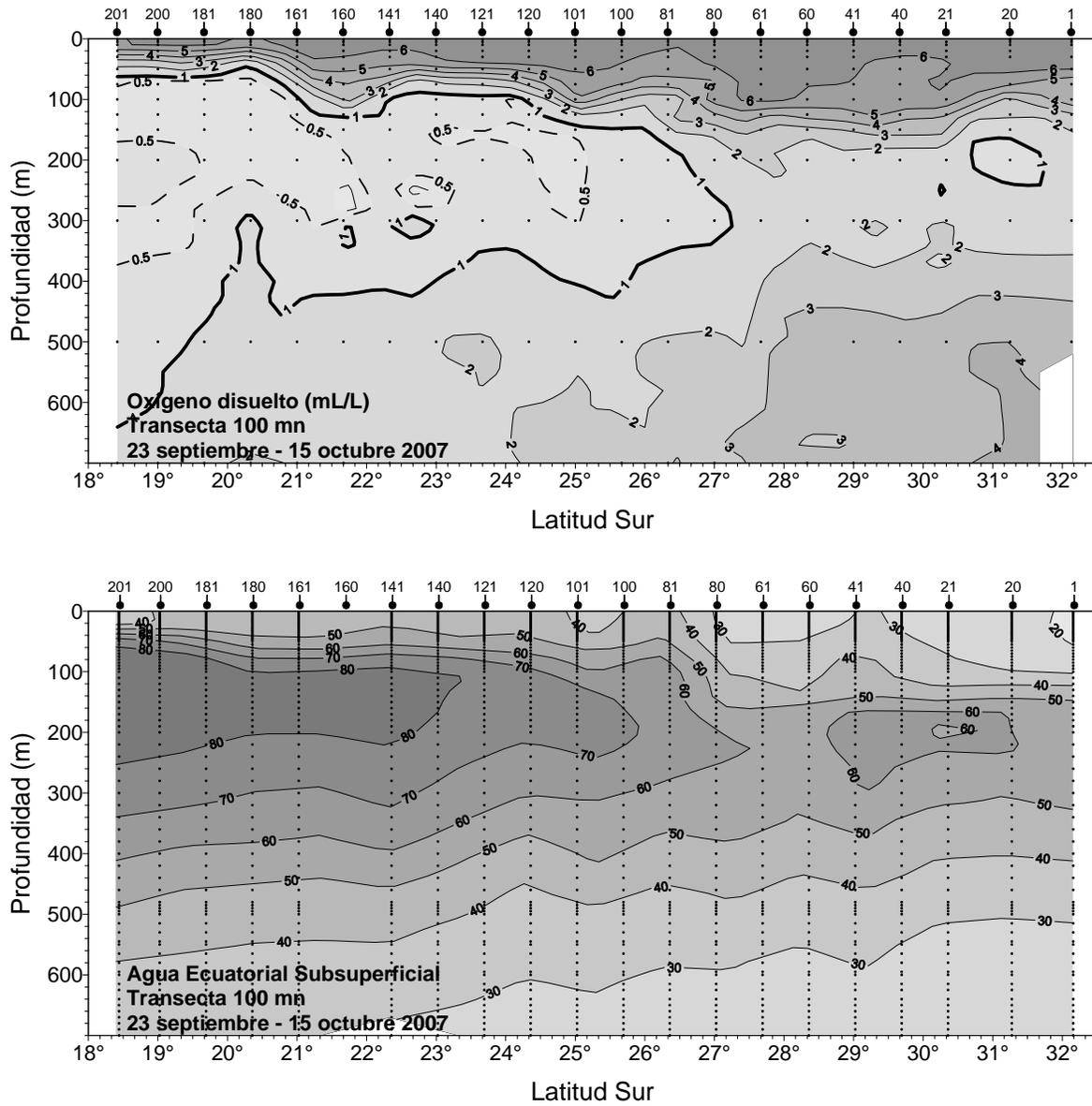


Figura 39. Distribuci3n vertical de contenido de oxigeno disuelto (mL/L) y porcentaje de participaci3n de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

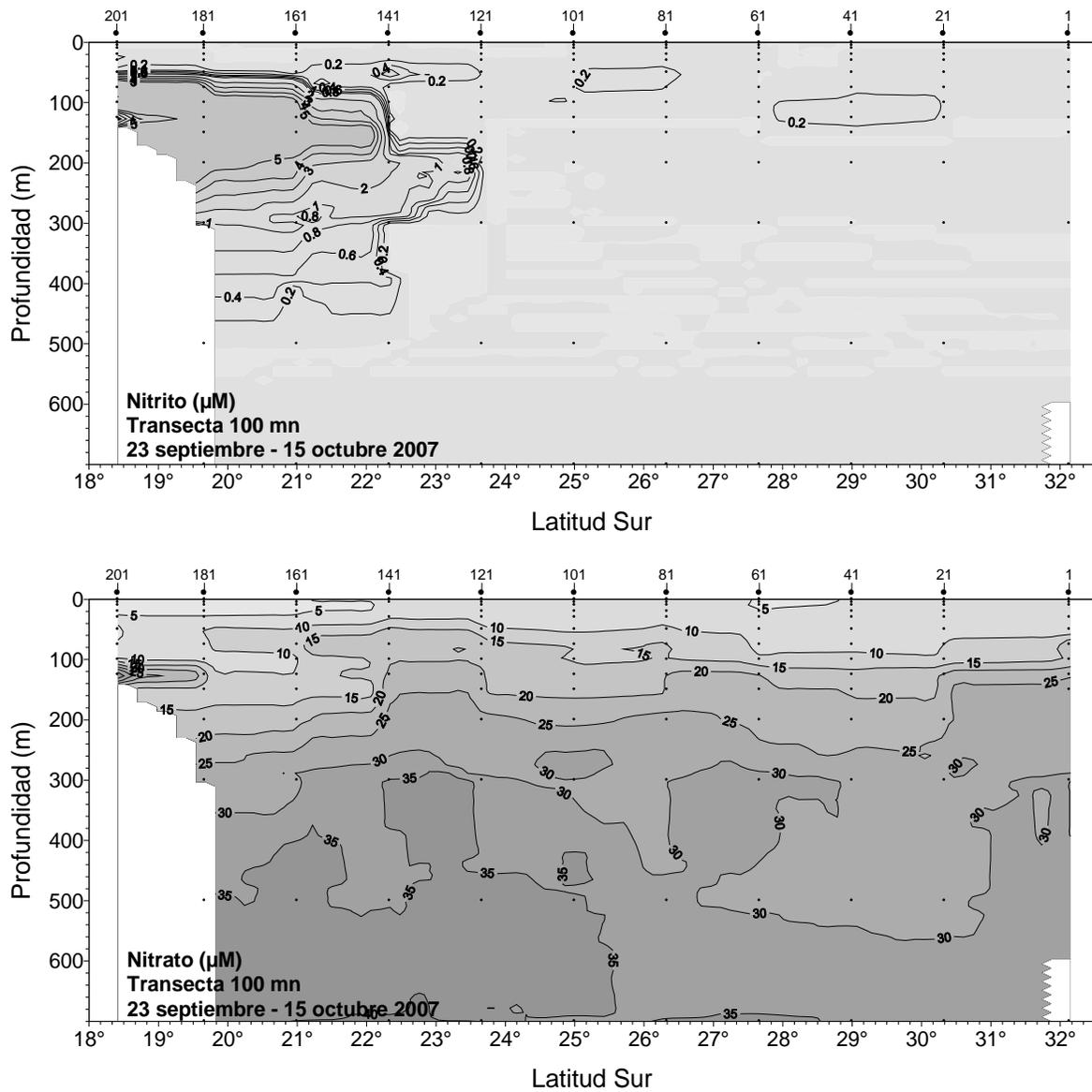


Figura 40. Distribuci3n vertical de nitrito (μM) y nitrato (μM) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

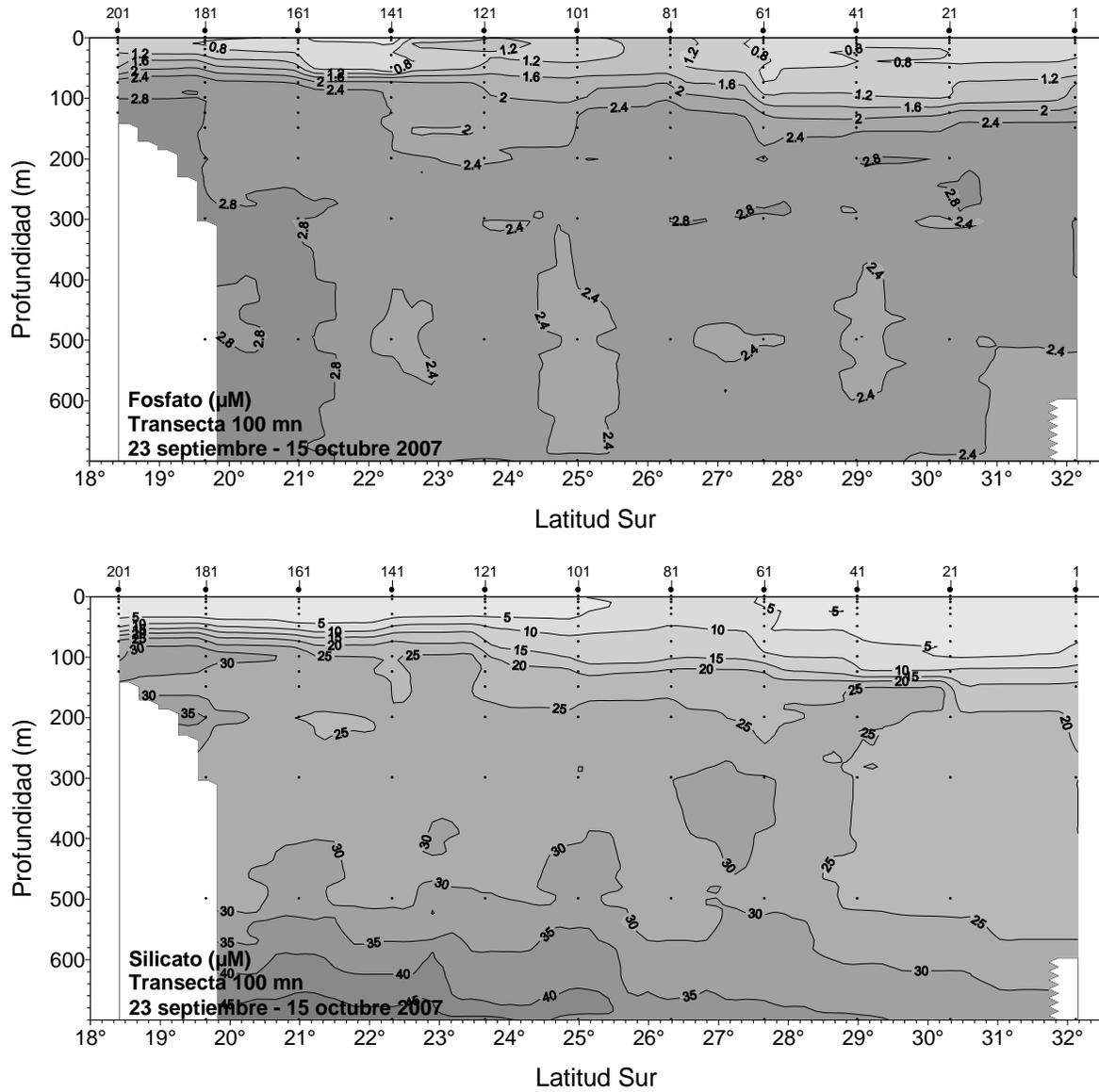


Figura 41. Distribuci3n vertical de fosfato (μM) y silicato (μM) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

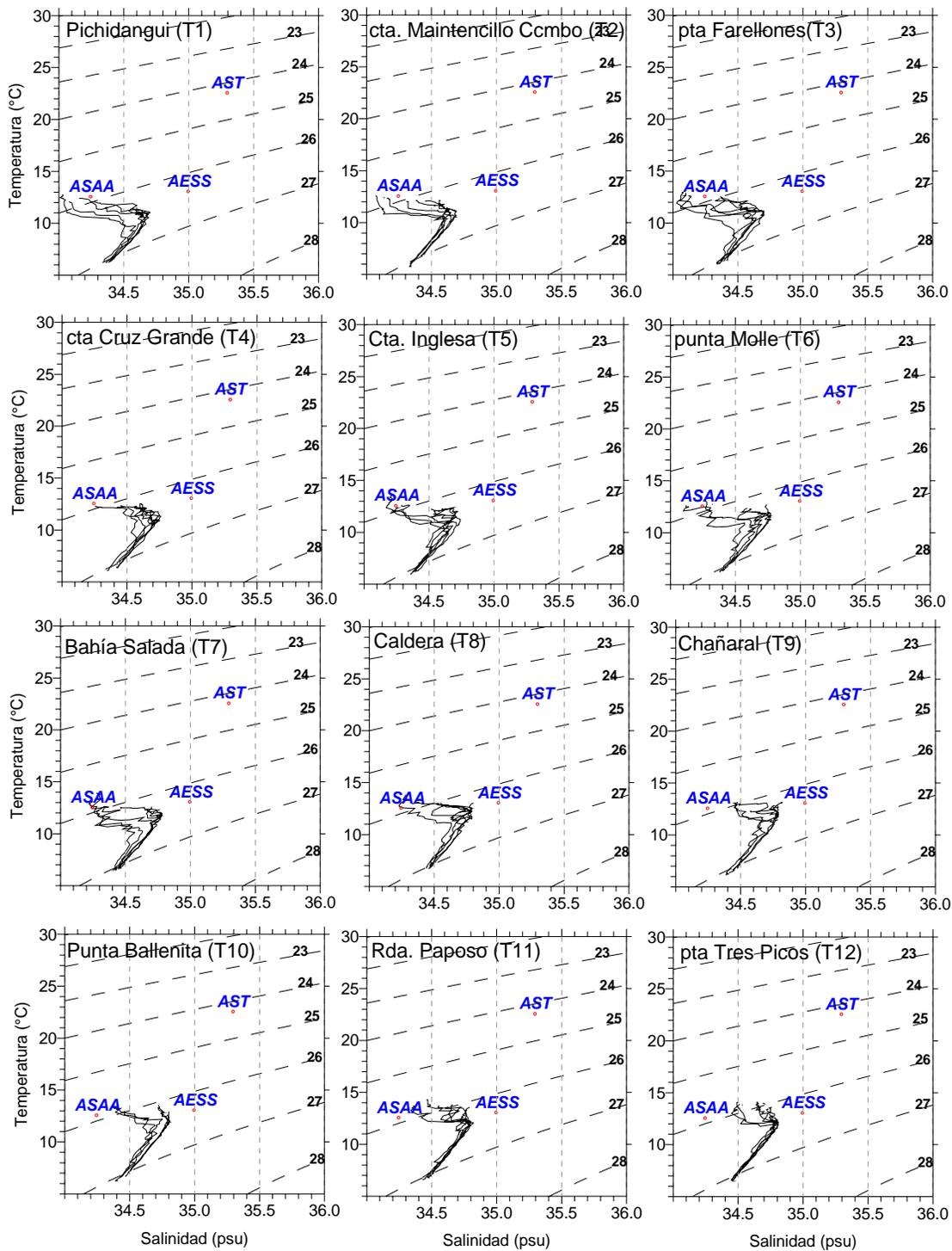


Figura 42. Diagramas T-S de las estaciones por sección perpendicular a la costa. Transectas 1 a 12. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

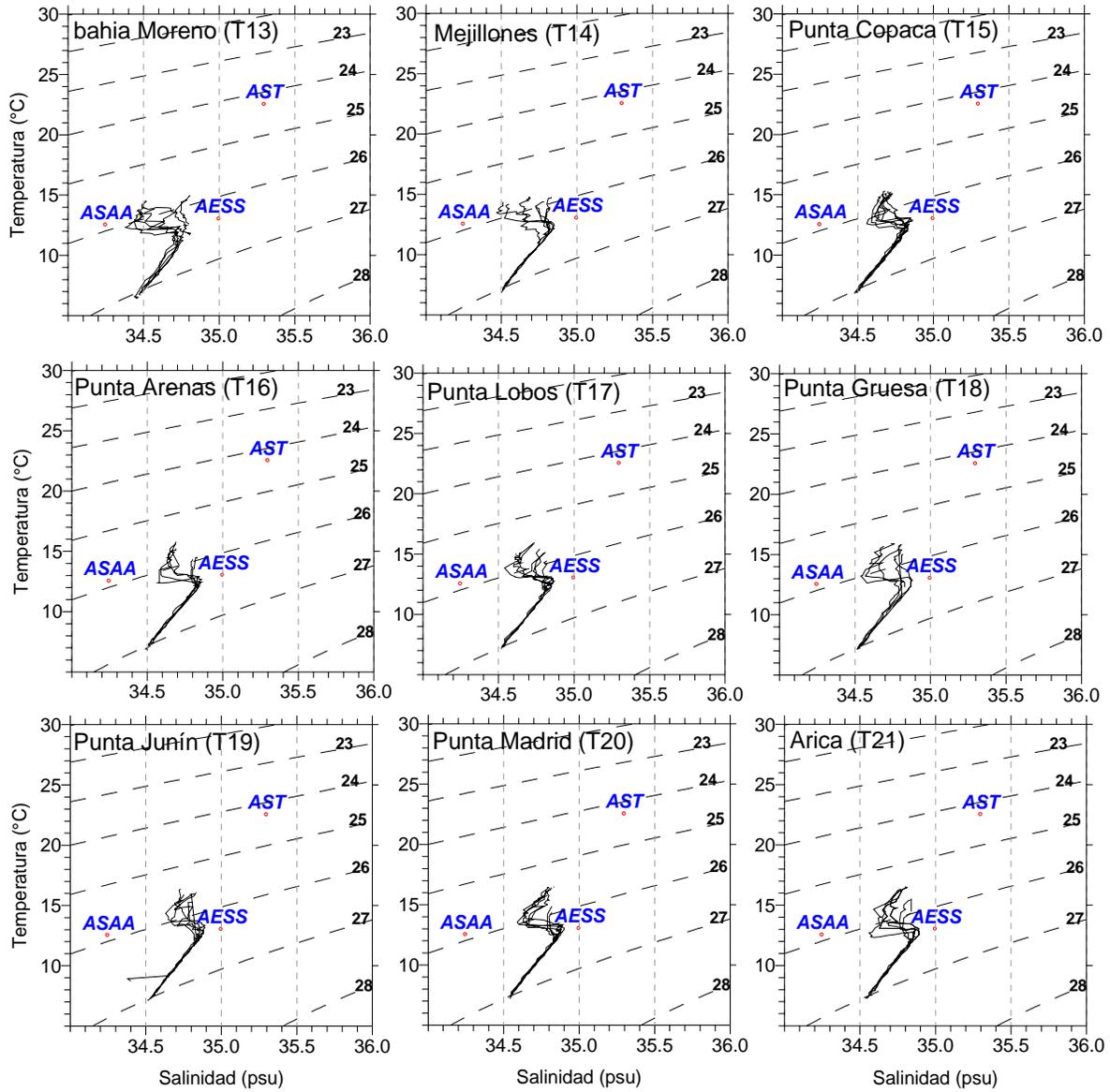


Figura 43. Diagramas T-S de las estaciones por secci3n perpendicular a la costa. Transectas 13 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

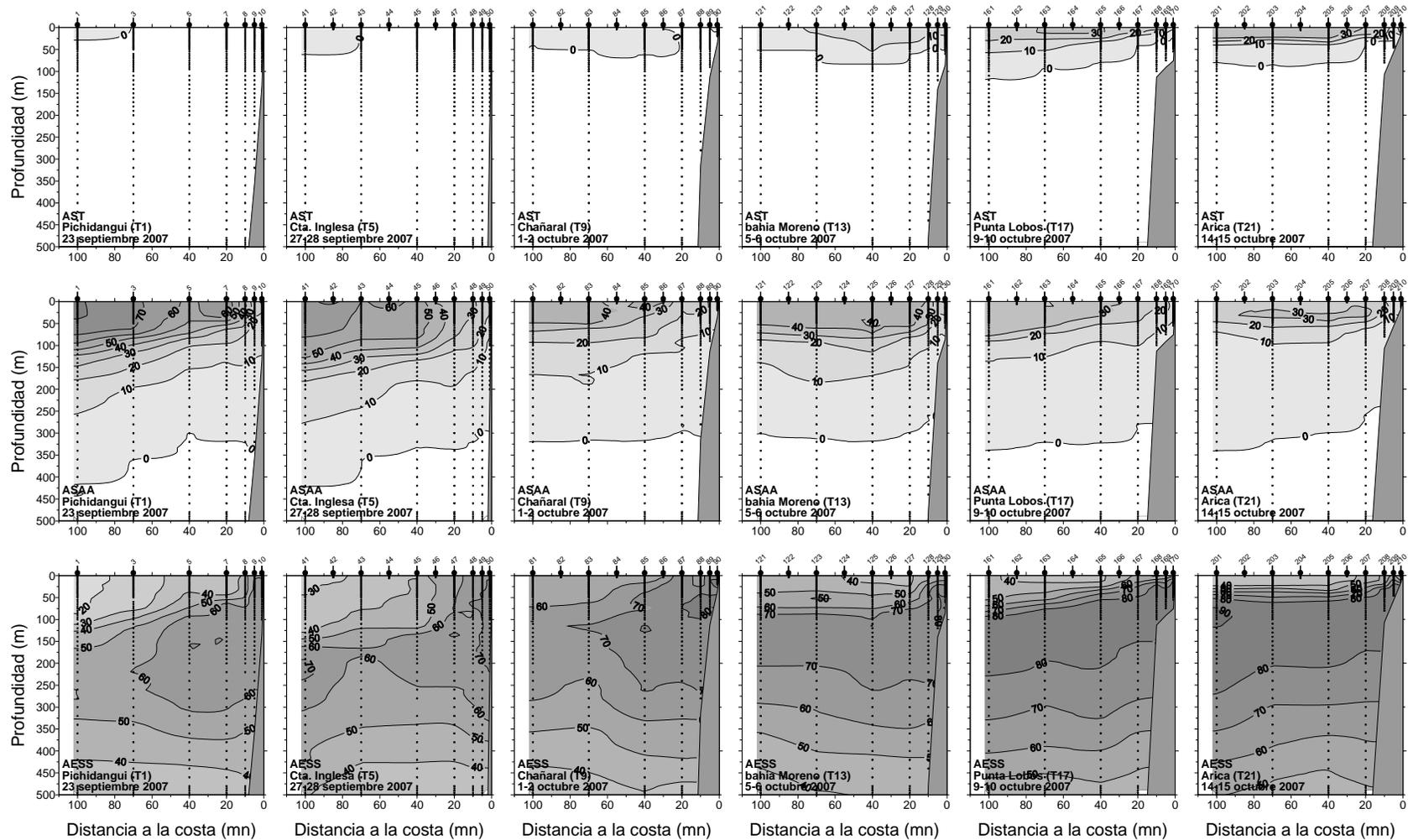


Figura 44. Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Subtropical (AST), agua Subantártica (ASAA) y agua Ecuatorial Subsupsficial (AESS) en las transectas 1, 5, 9, 13, 17 y 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

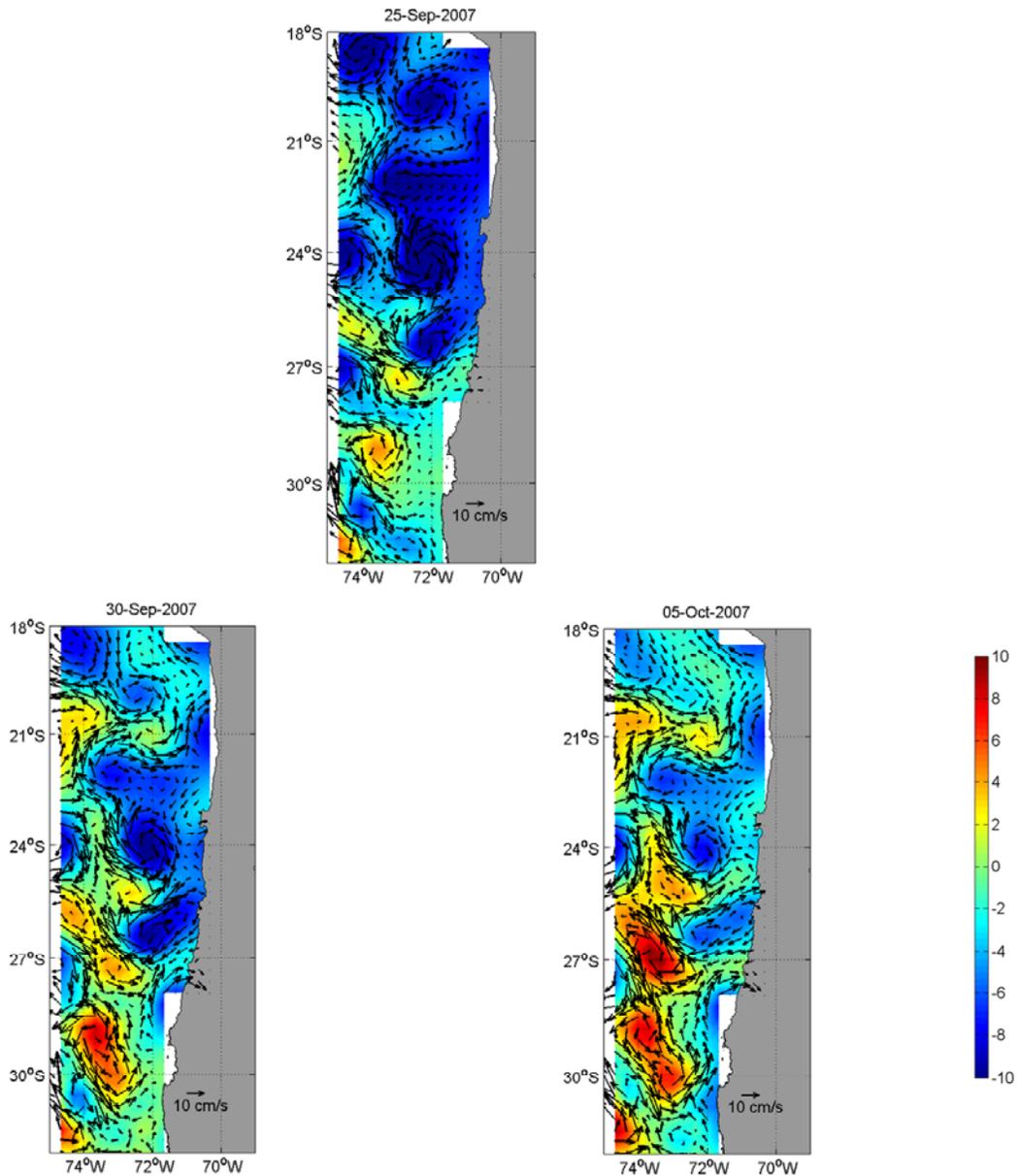


Figura 45. Anomalías del nivel medio del mar en cm (colores) y la velocidad geostrofica relativa a la superficie (flechas) en 3 días representativos durante el desarrollo del crucero, 25 y 30 de septiembre y 5 de octubre de 2007.

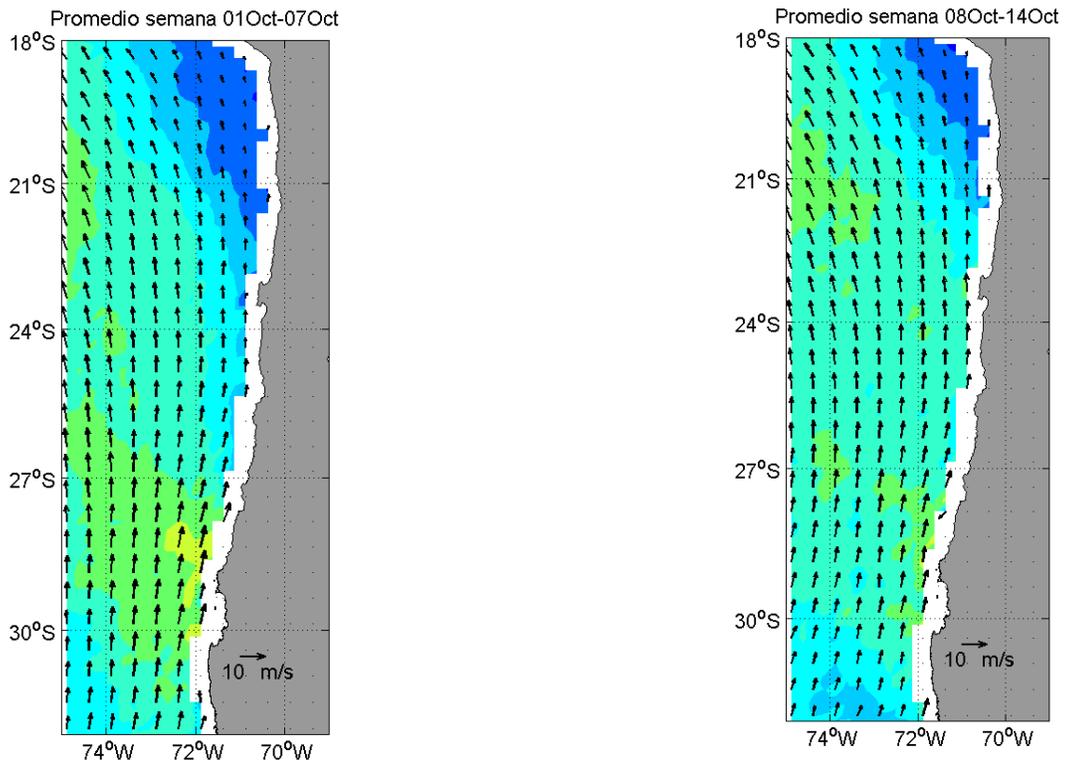


Figura 46. Intensidad del viento medido con sat3lite en m/s (colores) y la velocidad del viento (flechas) en forma de promedios semanales entre el 24 y 30 de septiembre, entre el 1 y 7 de octubre y entre el 8 y 14 de octubre de 2007.

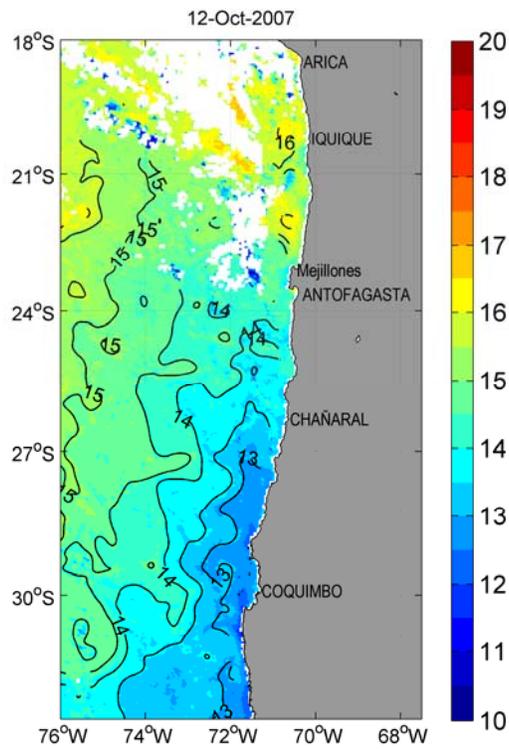


Figura 47. Distribuci3n promedio semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. La imagen corresponde al promedio del periodo entre el d1a 8 y el d1a 16 octubre de 2007, considerando las pasadas nocturnas y diurnas del sat3lite.

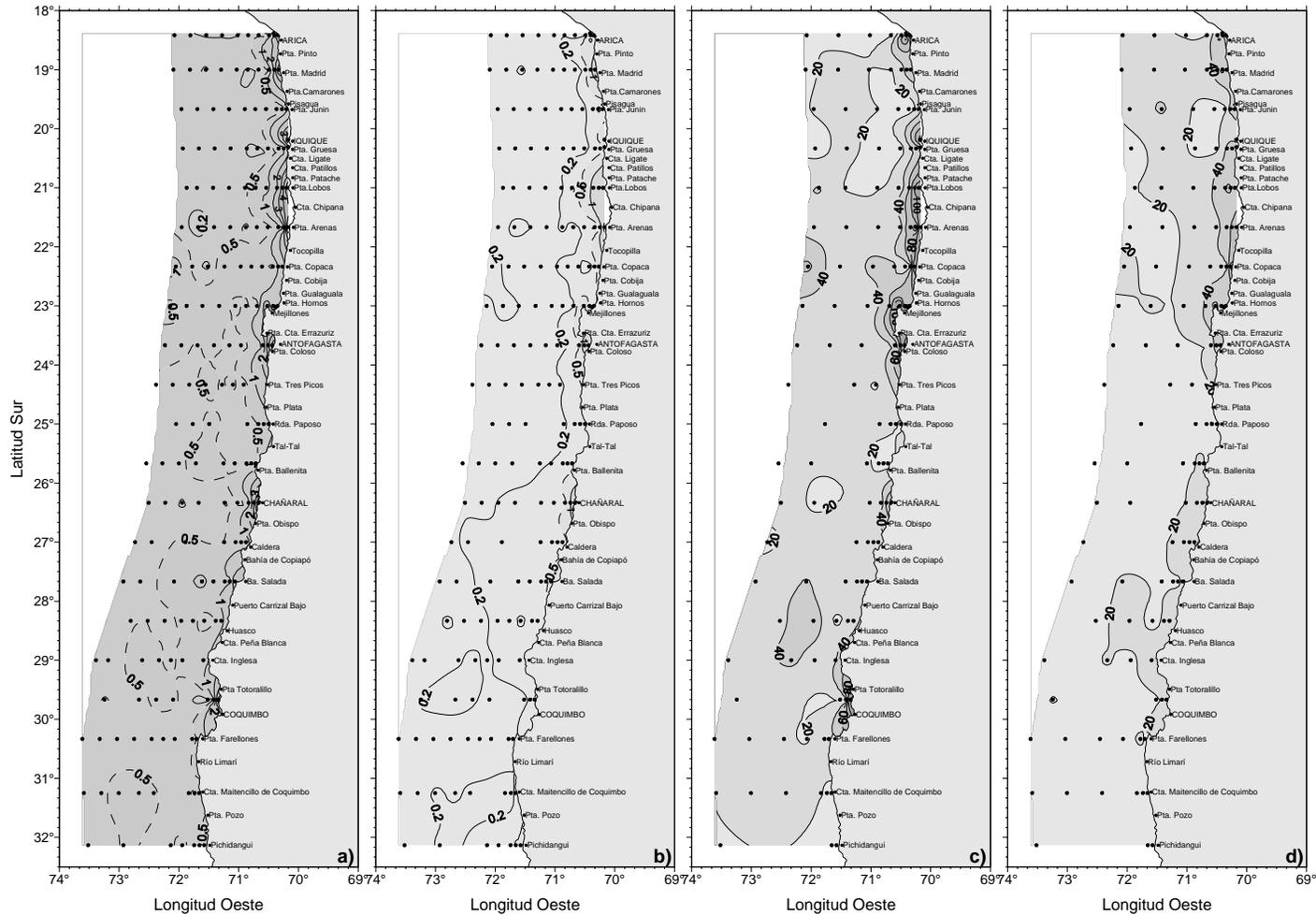


Figura 48. Distribuci3n de a) clorofila-a superficial ($\mu\text{g/L}$), b) feopigmento superficial ($\mu\text{g/L}$), c) clorofila integrada (mg/m^2) y d) feopigmentos integrados (mg/m^2). Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

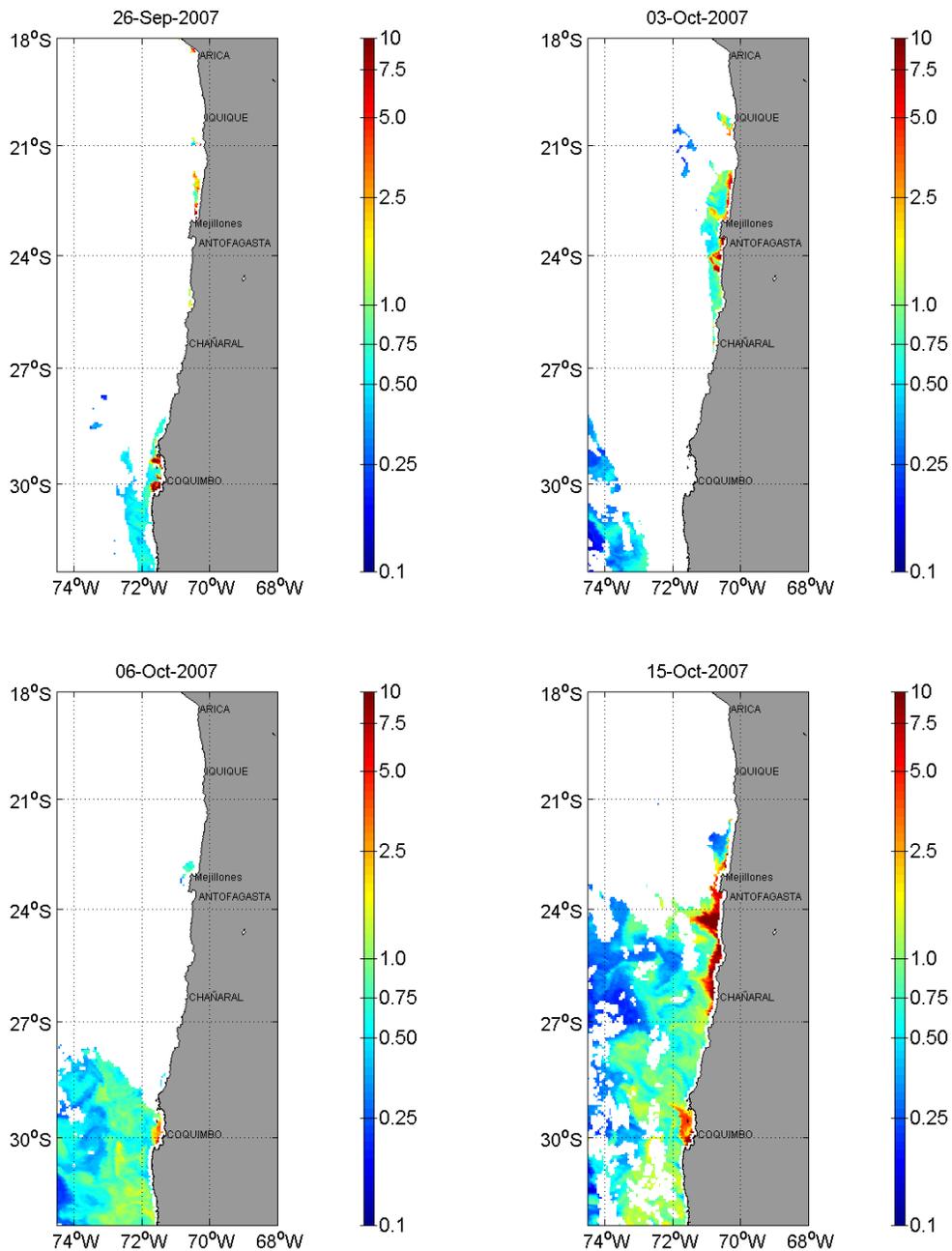


Figura 49. Distribuci3n espacial de clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los d1as 26 de septiembre y los d1as 3, 6 y 15 de octubre de 2007. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

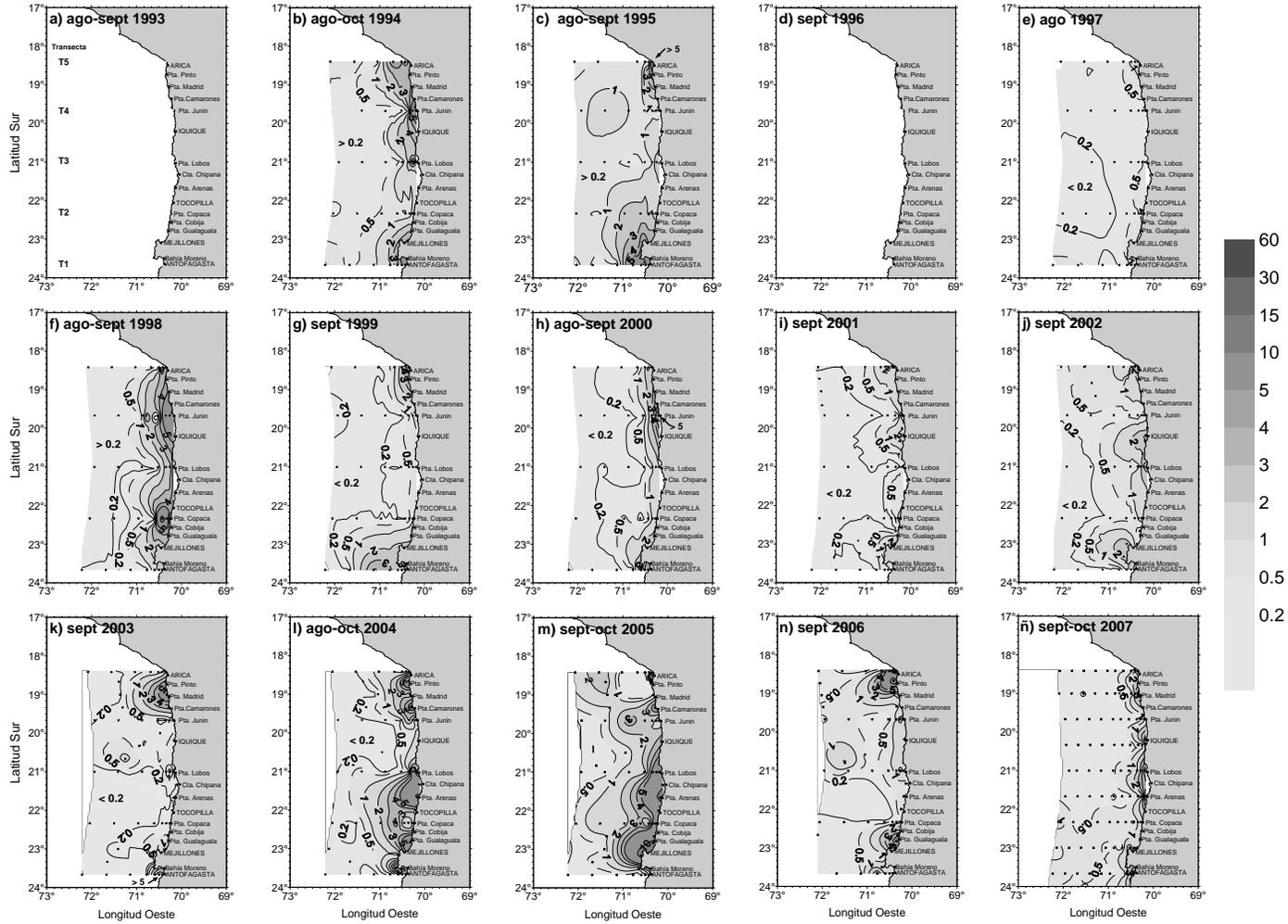


Figura 50. Distribuci3n hist3rica de clorofila-a superficial ($\mu\text{g/L}$) en: bahía Moreno (T1), punta Copaca (T2), punta Lobos (T3), punta Junín (T4) y Arica (T5), para el trimestre agosto-octubre en el período 1993 - 2007. (cruceros realizados en 1993 y 1996 sin informaci3n de clorofila-a)

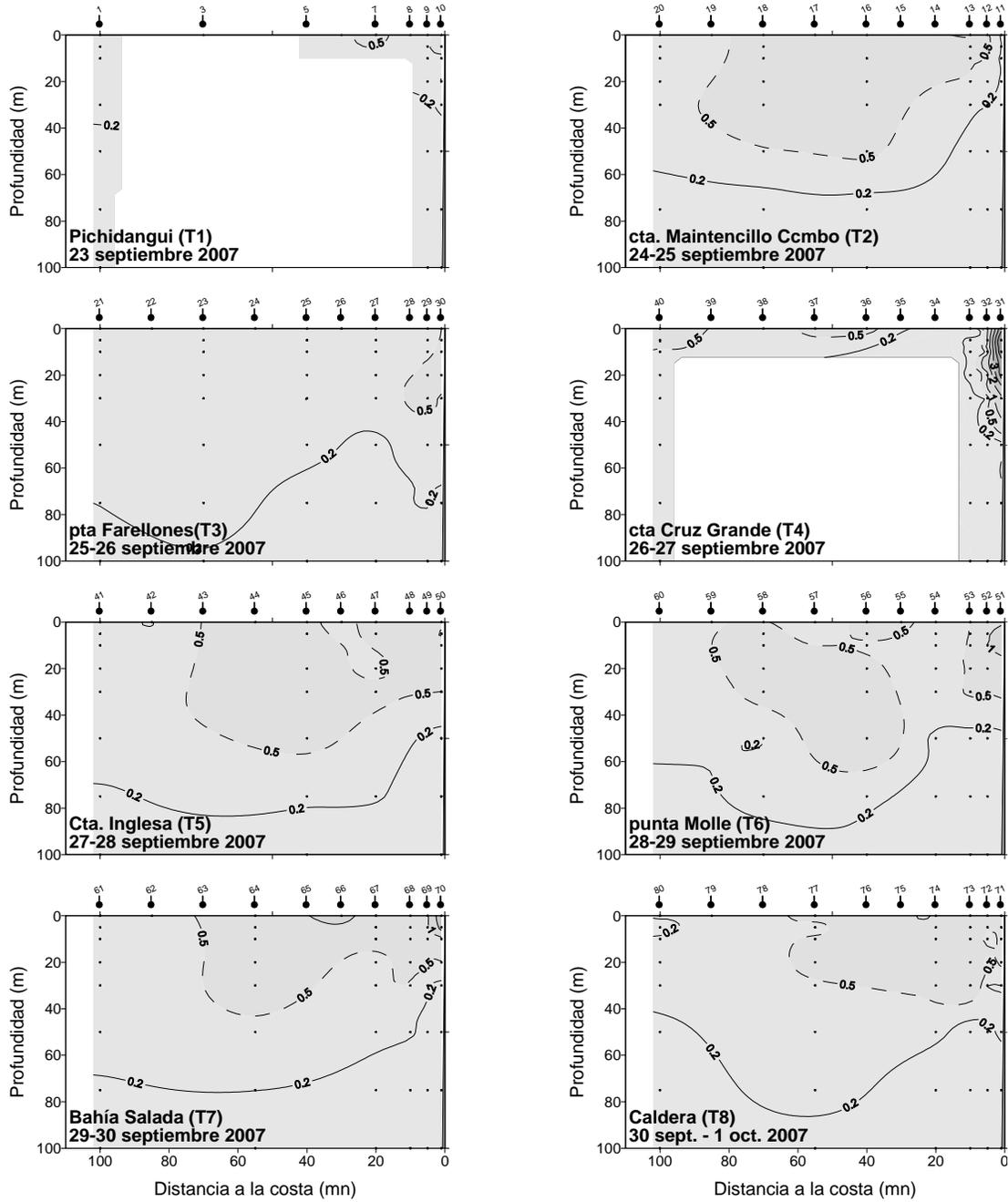


Figura 51. Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 1 a 8. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

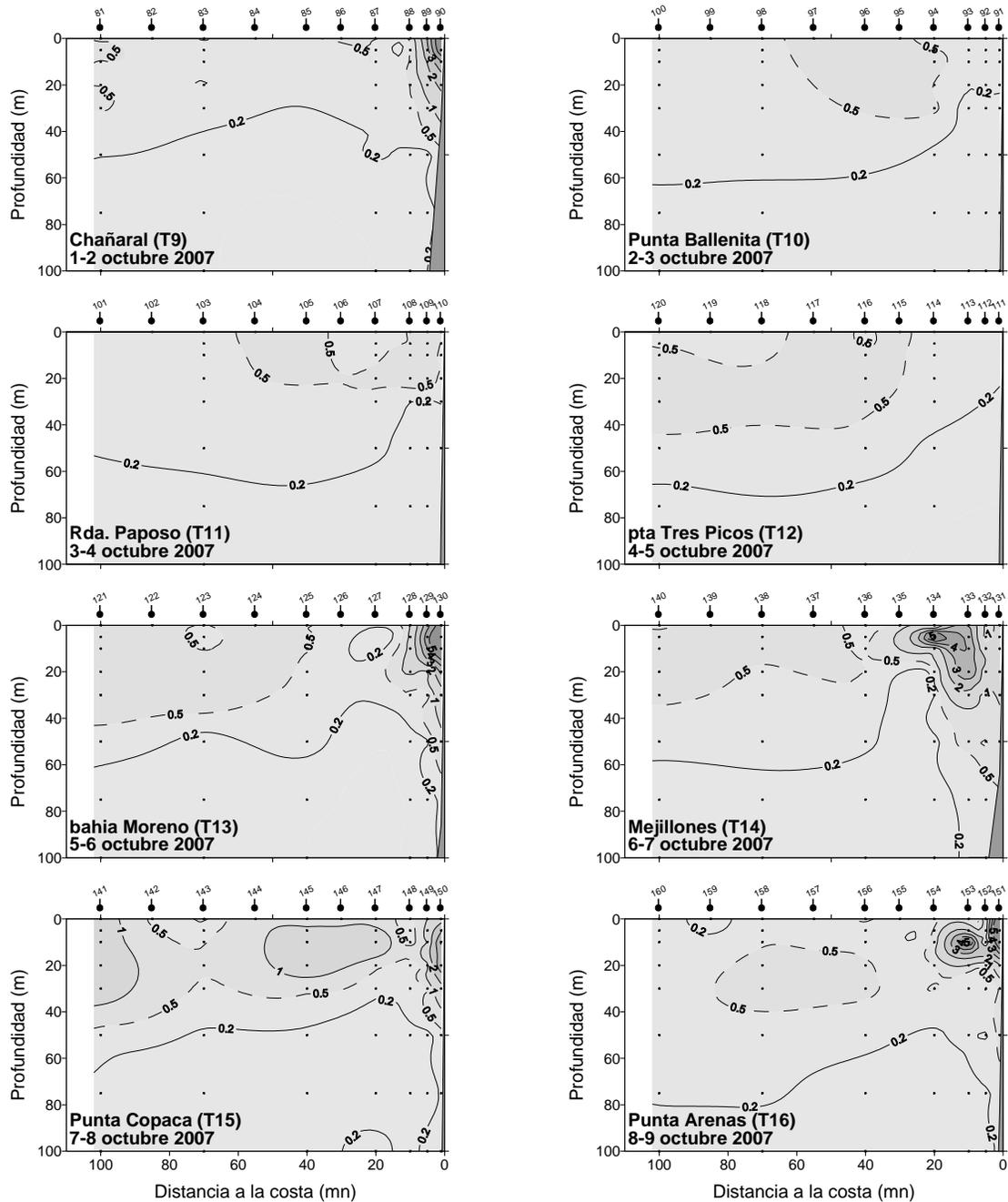


Figura 52. Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 9 a 16. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

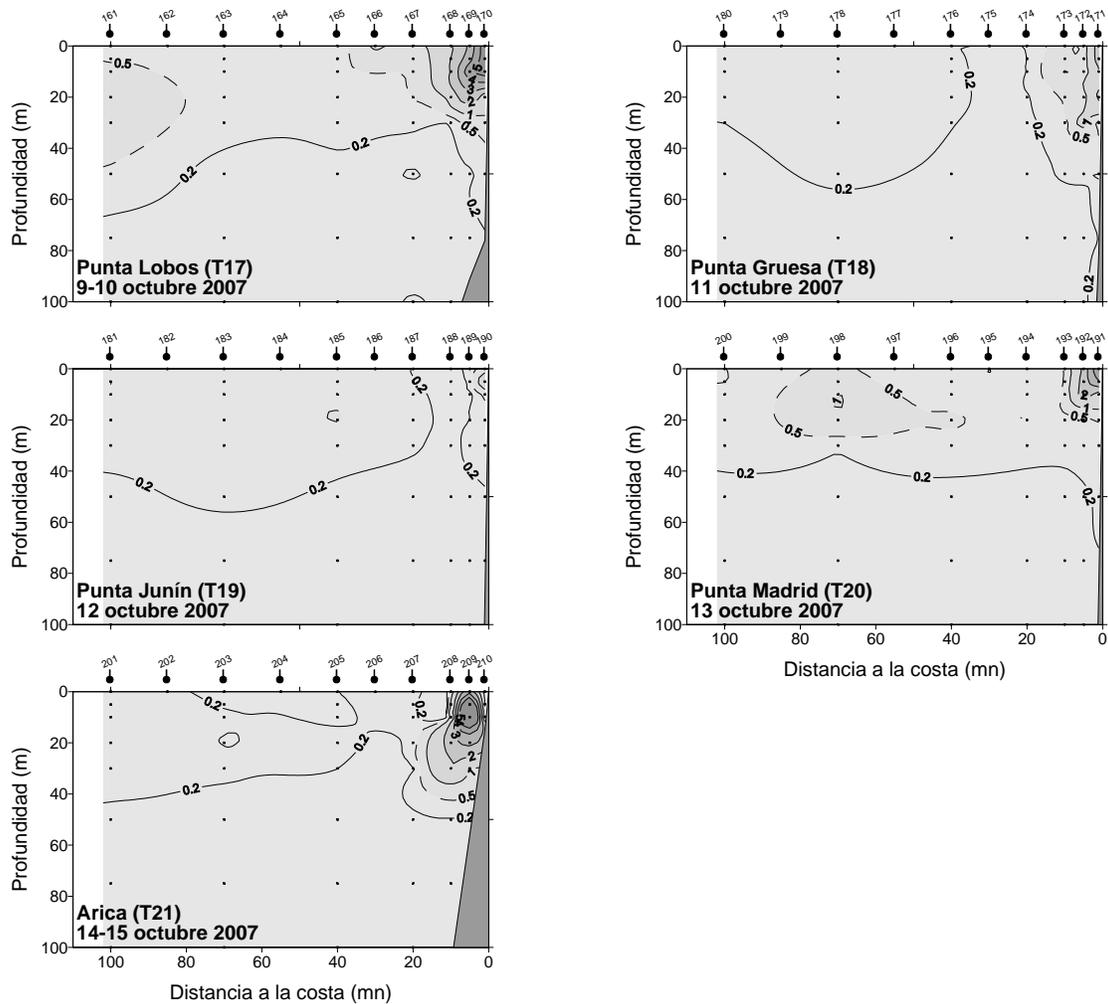


Figura 53. Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 17 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

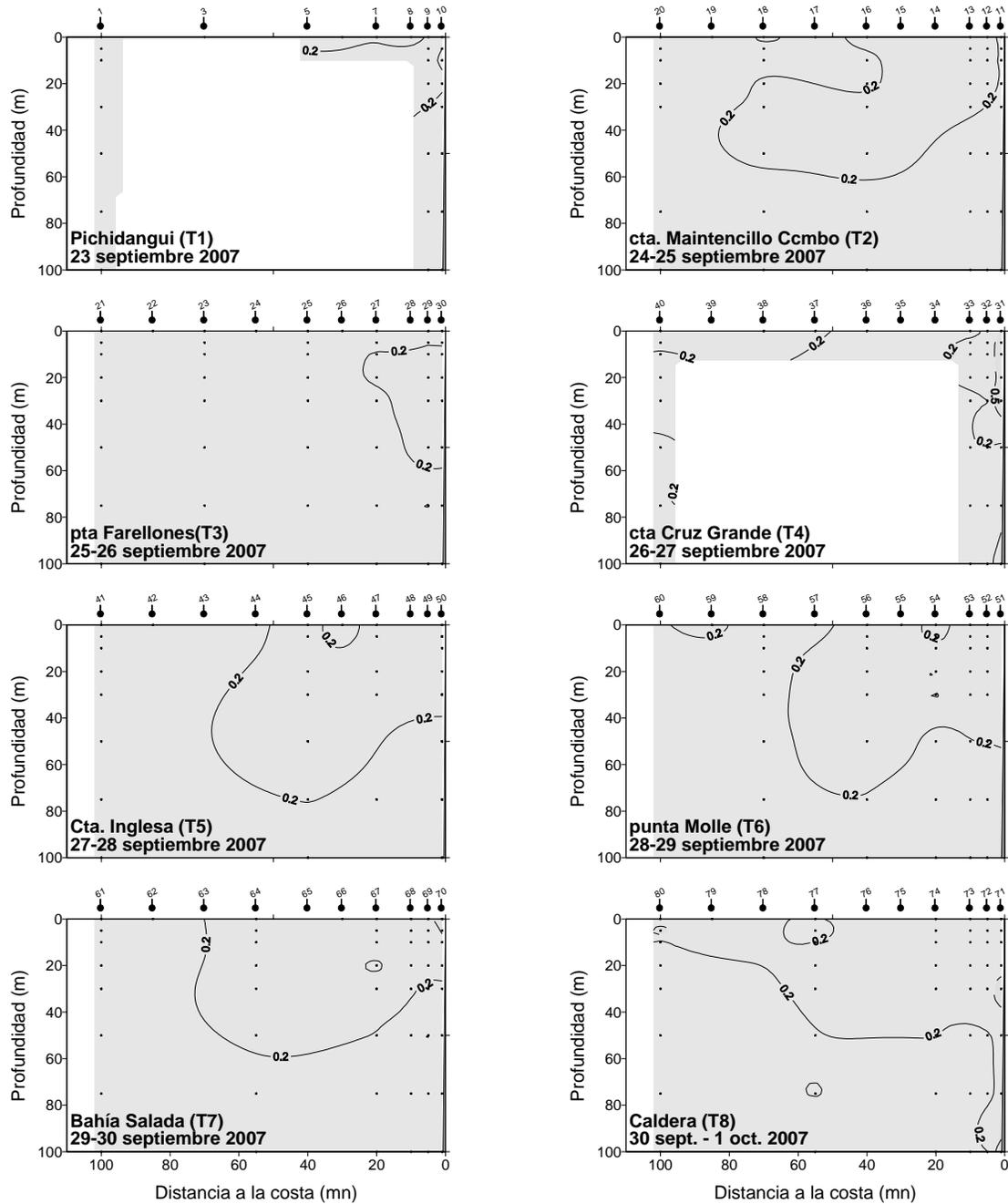


Figura 54. Distribución vertical de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 1 a 8. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

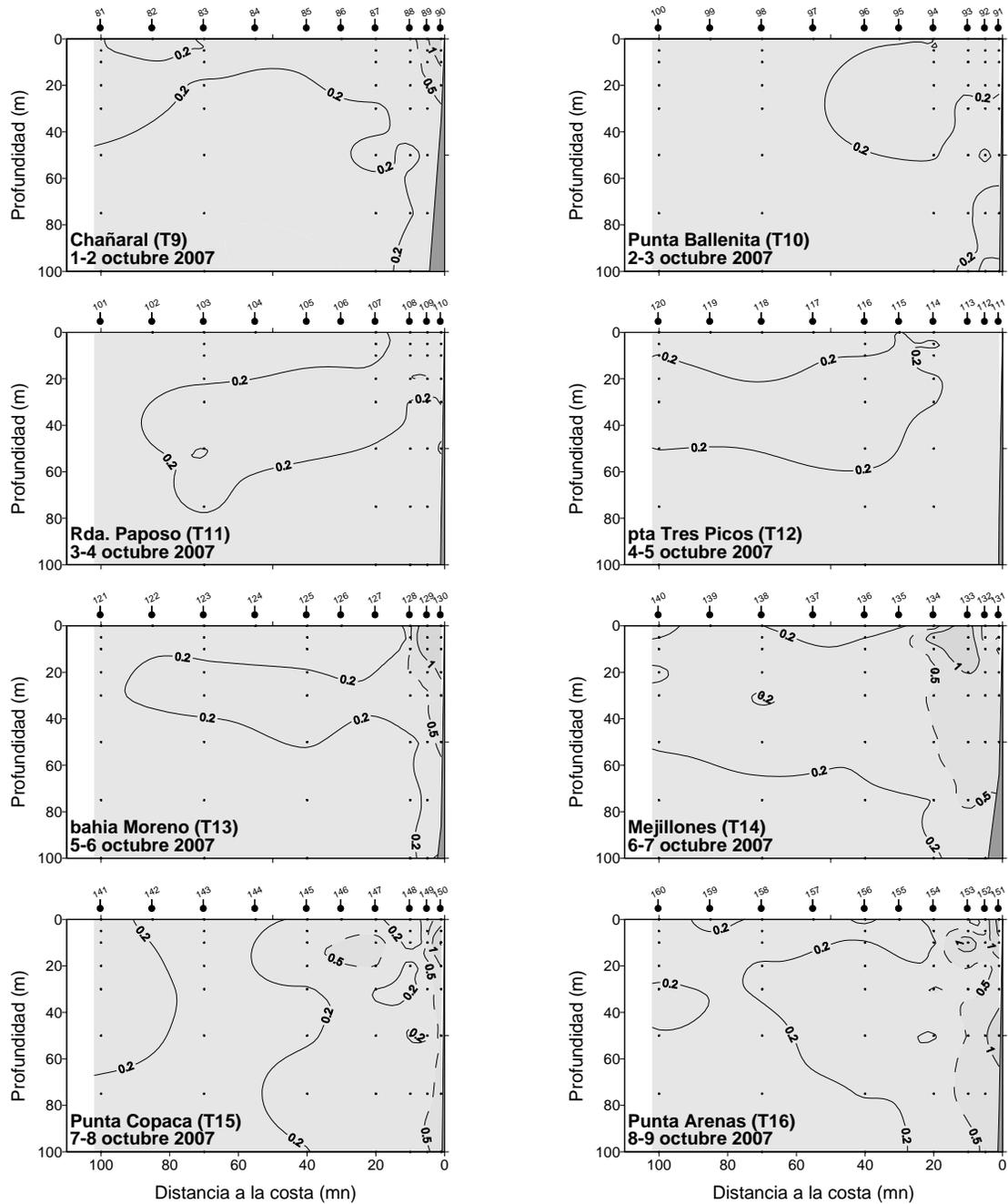


Figura 55. Distribuci3n vertical de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 9 a 16. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

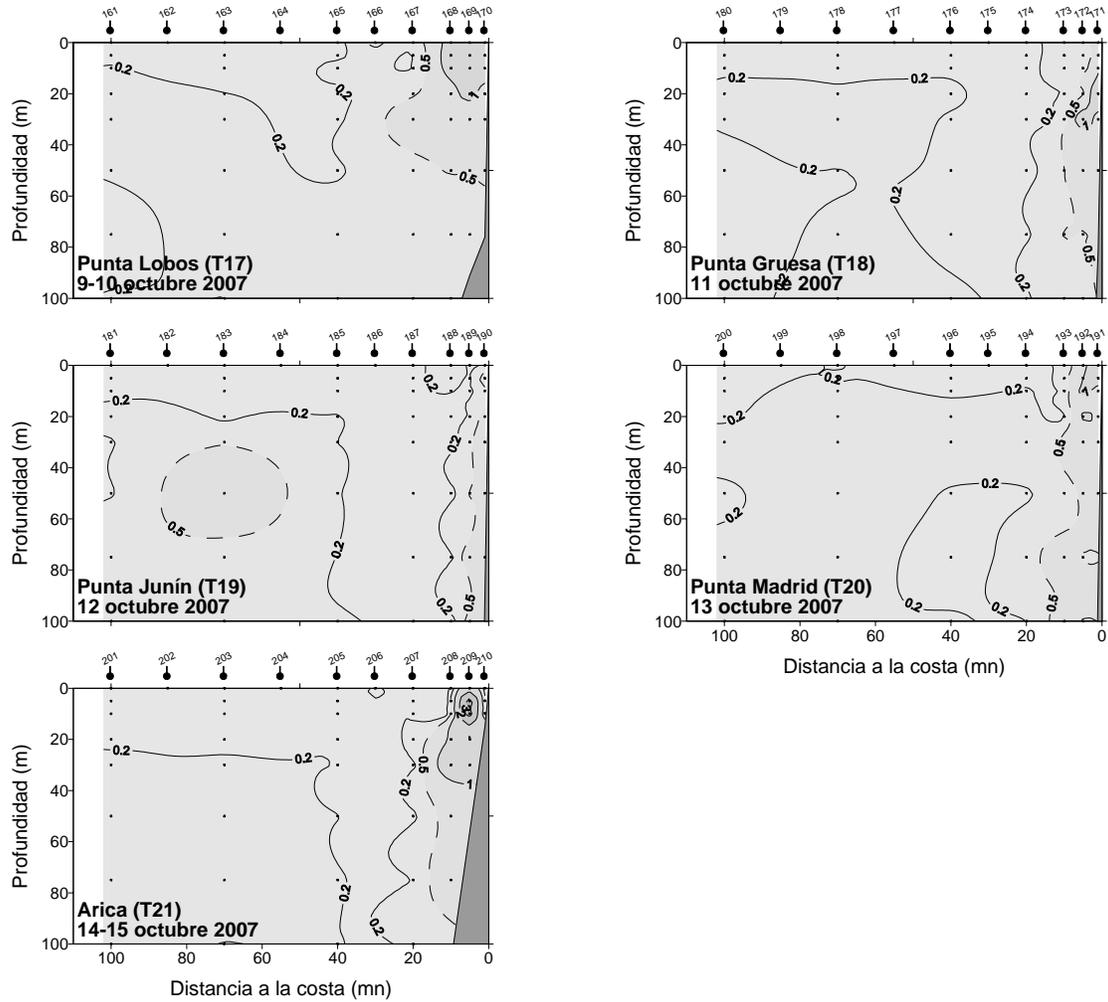


Figura 56. Distribuci3n vertical de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 17 a 21. Crucero MOBIO 0709 - 23 septiembre al 15 de octubre de 2007.

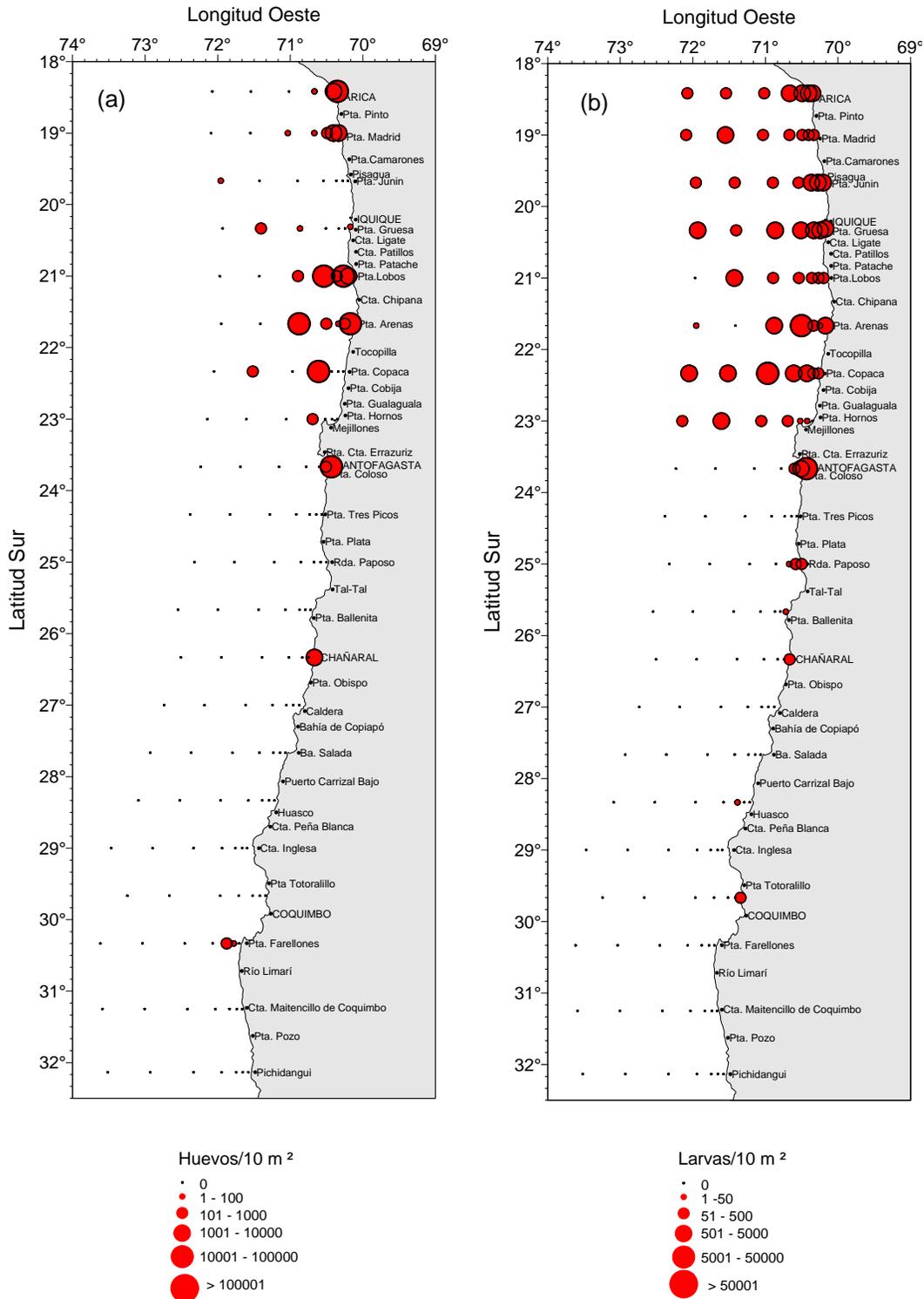


Figura 57. Distribuci3n y abundancia de huevos (a) y larvas (b) de anchoveta. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

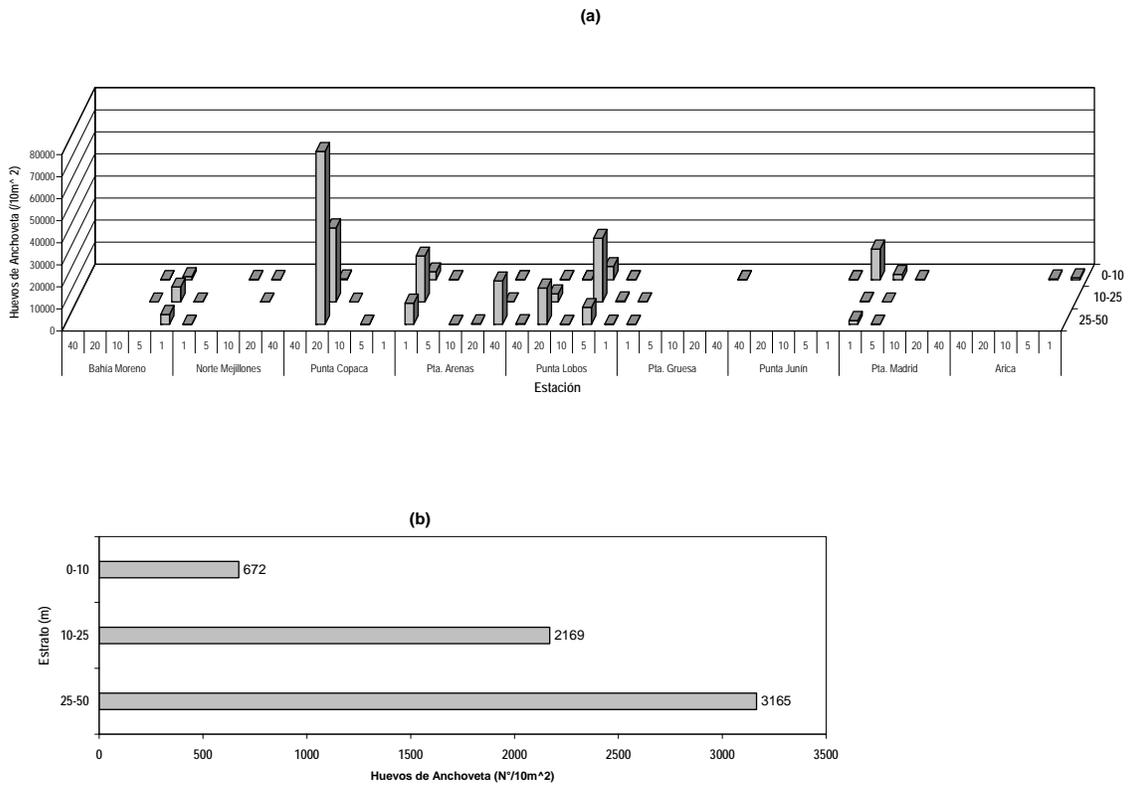


Figura 58. Distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta por transecta (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0709-septiembre/octubre 2007.

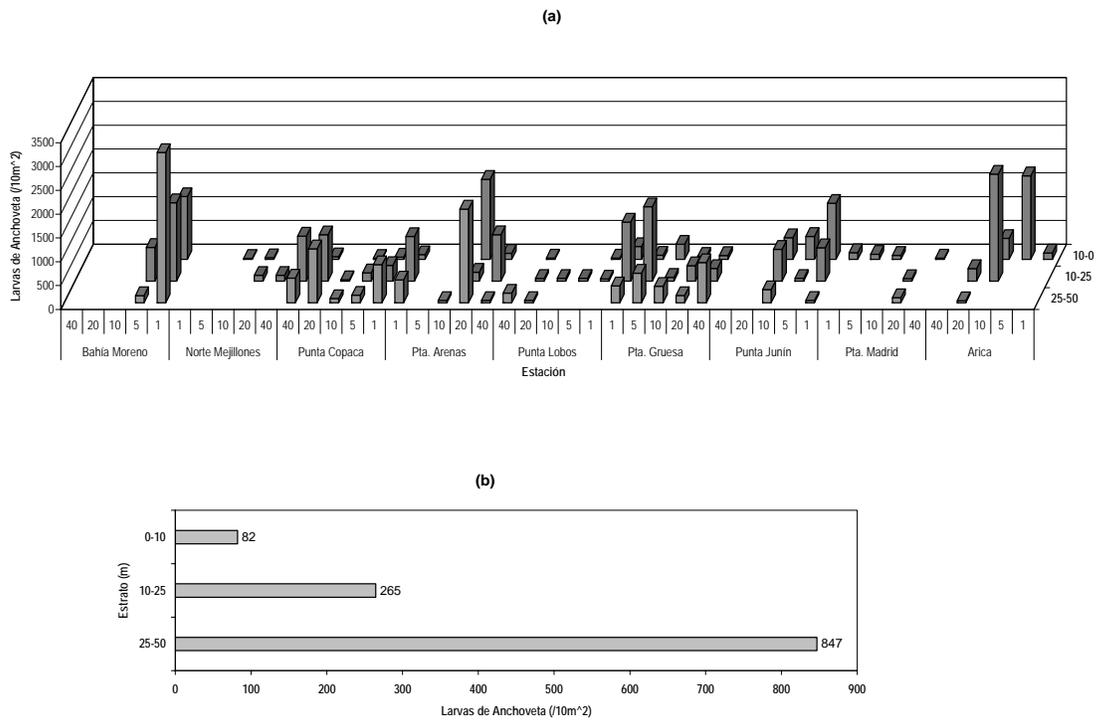


Figura 59. Distribuci3n y abundancia de larvas de anchoveta por transecta (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0709-septiembre/octubre 2007.

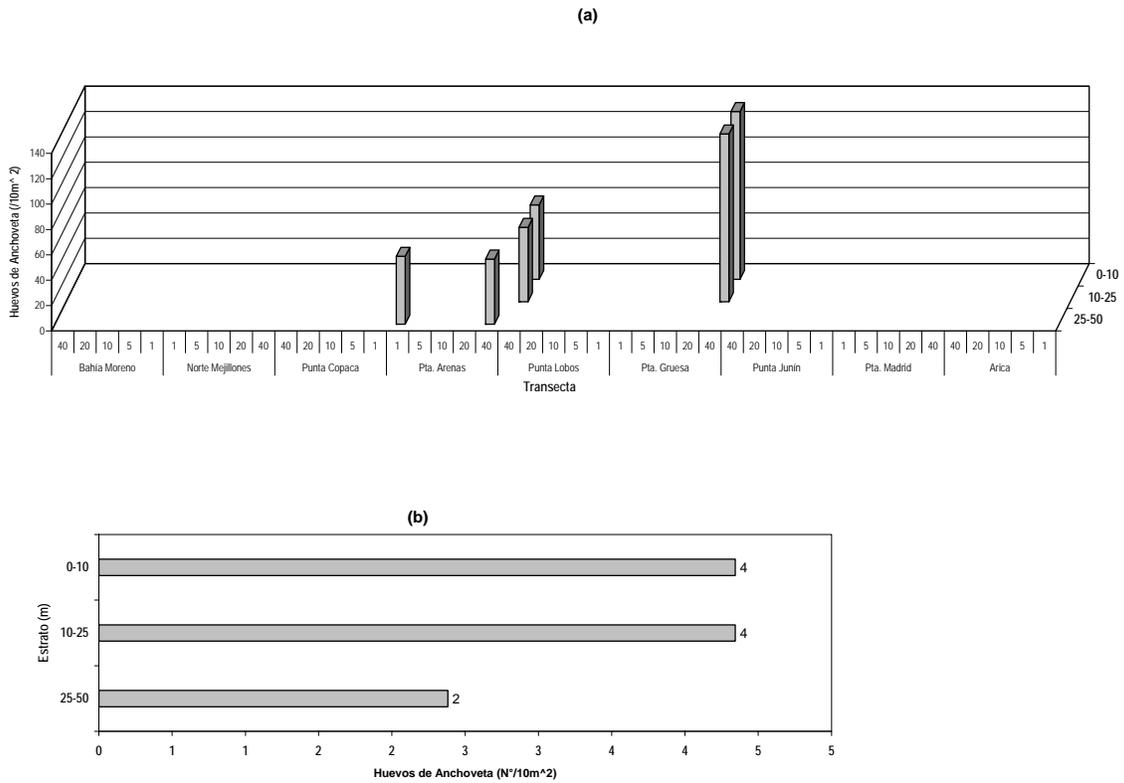


Figura 60. Distribuci3n y abundancia de huevos de jurel por transecta (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0709 – septiembre/octubre 2007.

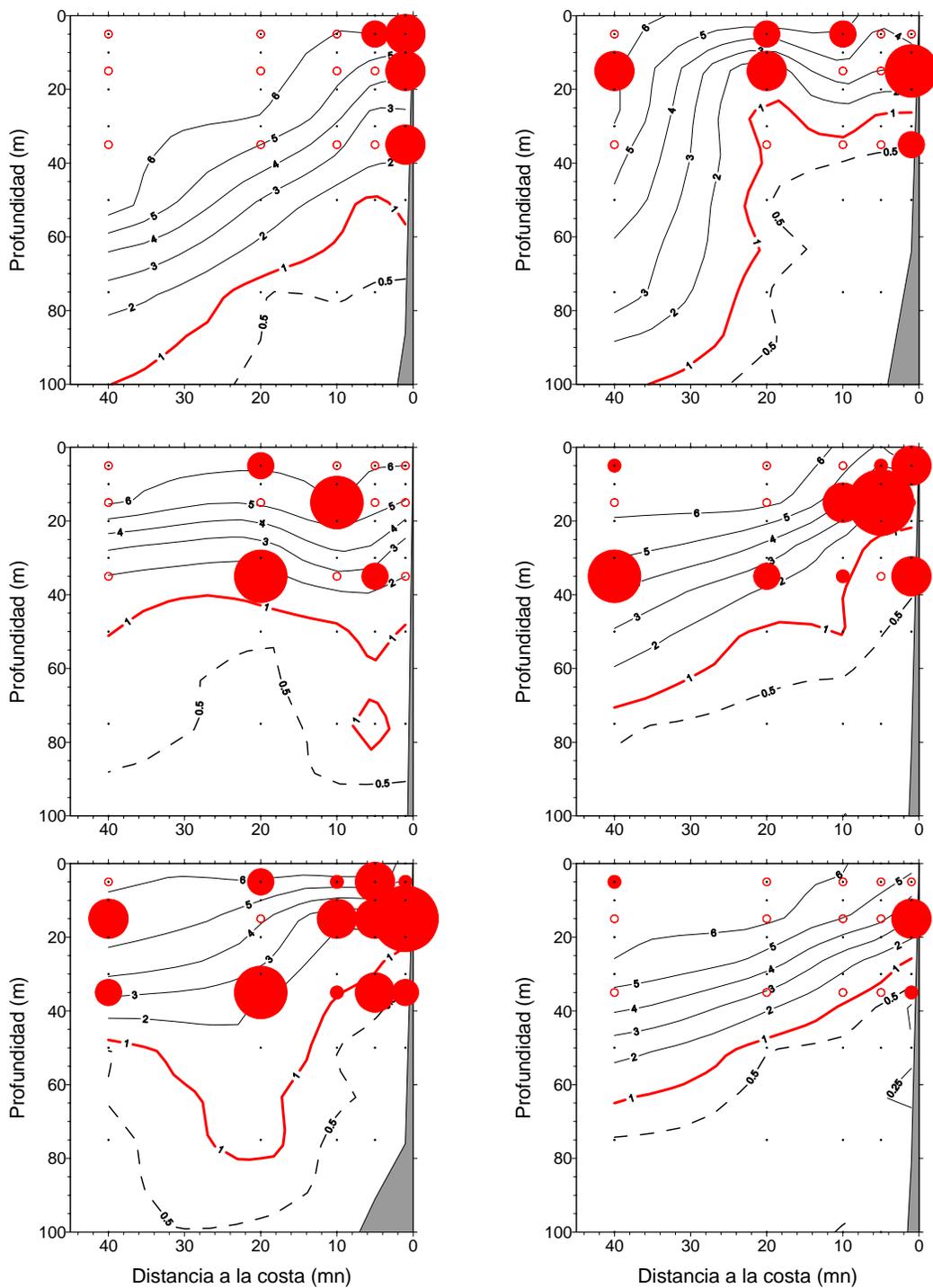


Figura 61. Distribuci3n vertical de huevos de anchoveta con respecto a la distribuci3n del contenido de oxigeno disuelto en las transectas realizadas frente a Bahía Moreno, Mejillones, Punta Copaca, Punta Arenas, Punta Lobos y Punta Gruesa. Crucero MOBIO 0709.

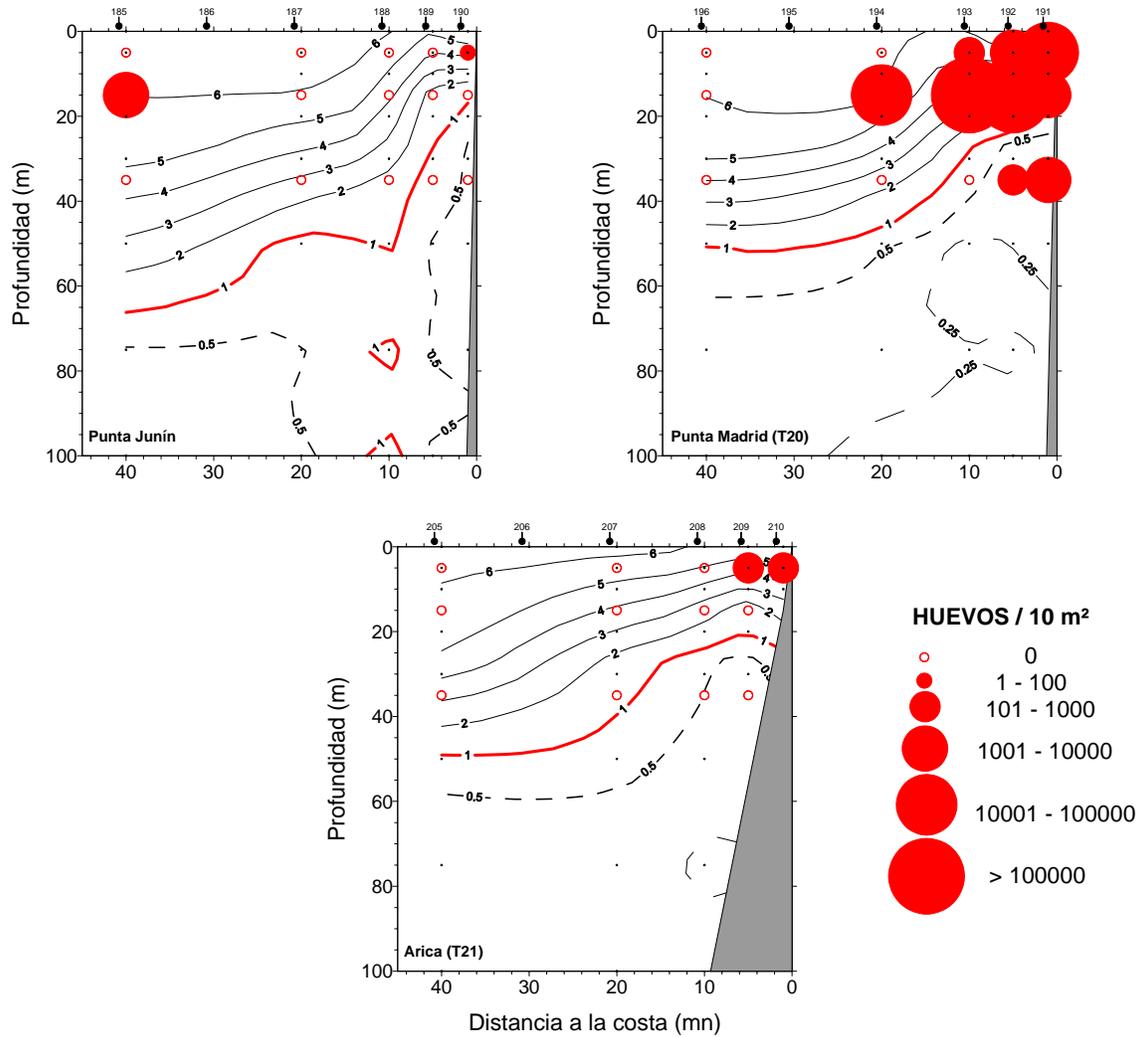


Figura 62. Distribuci3n vertical de huevos de anchoveta con respecto a la distribuci3n del contenido de oxigeno disuelto en las trasectas realizadas frente a Punta Junin, Punta Madrid y Arica. Crucero MOBIO 0709.

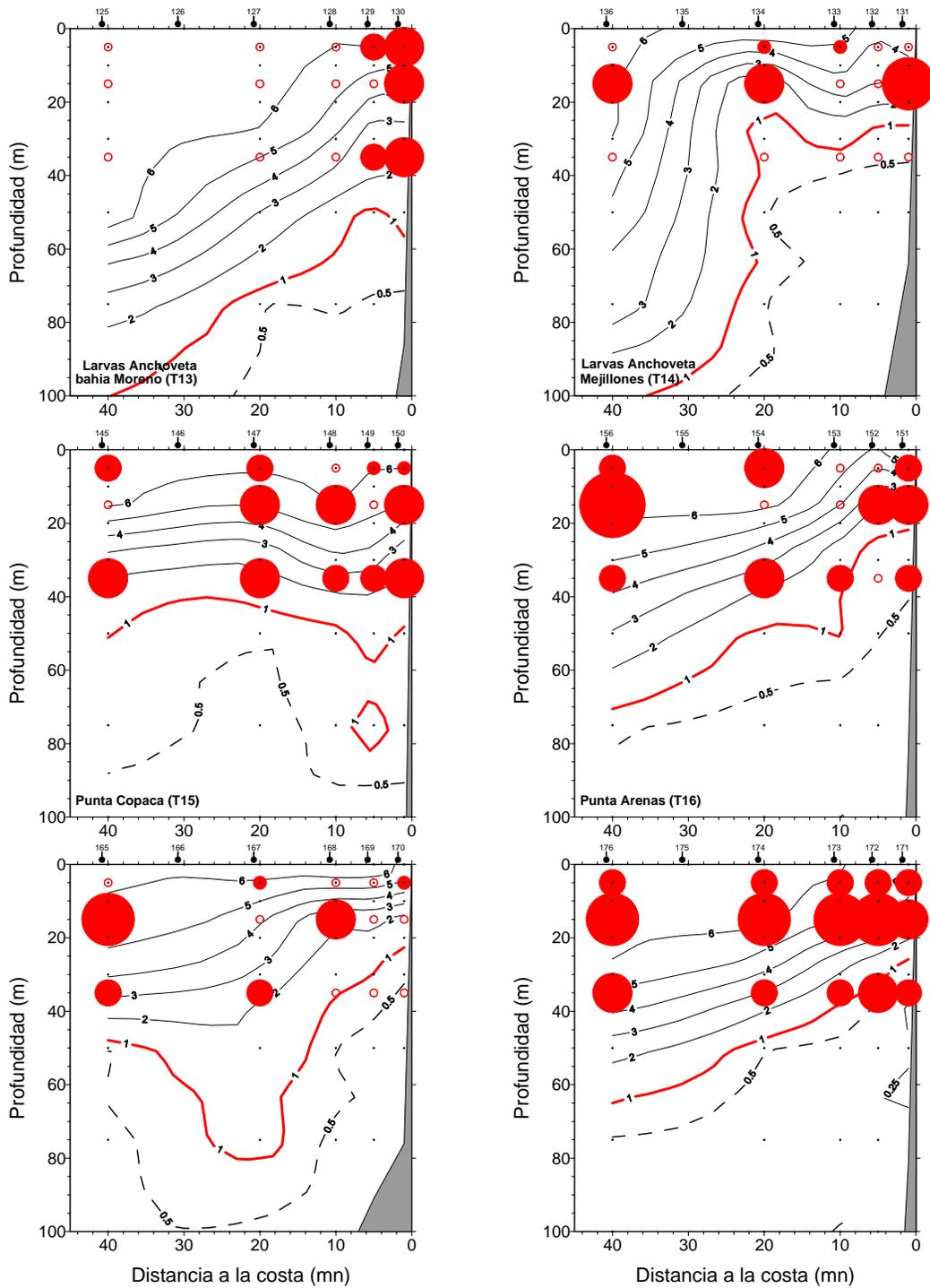


Figura 63. Distribuci3n vertical de larvas de anchoвета con respecto a la distribuci3n del contenido de oxigeno disuelto en las transectas realizadas frente a Bahía Moreno, Mejillones, Punta Copaca, Punta Arenas, Punta Lobos y Punta Gruesa. Crucero MOBIO 0709.

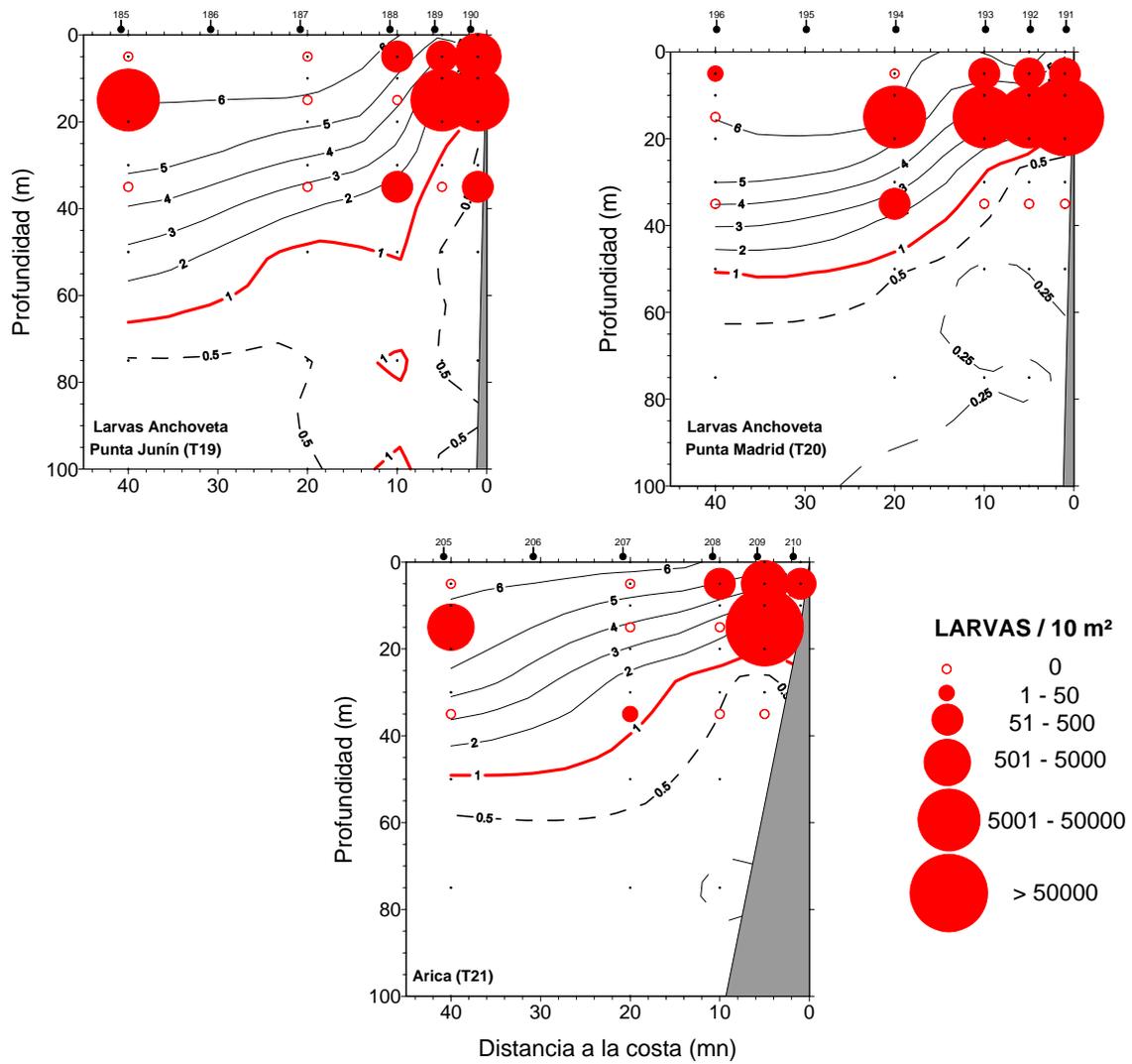


Figura 64. Distribuci3n vertical de larvas de anchoveta con respecto a la distribuci3n del contenido de oxígeno disuelto en las transectas realizadas frente a Punta Junín, Punta Madrid y Arica. Crucero MOBIO 0709.

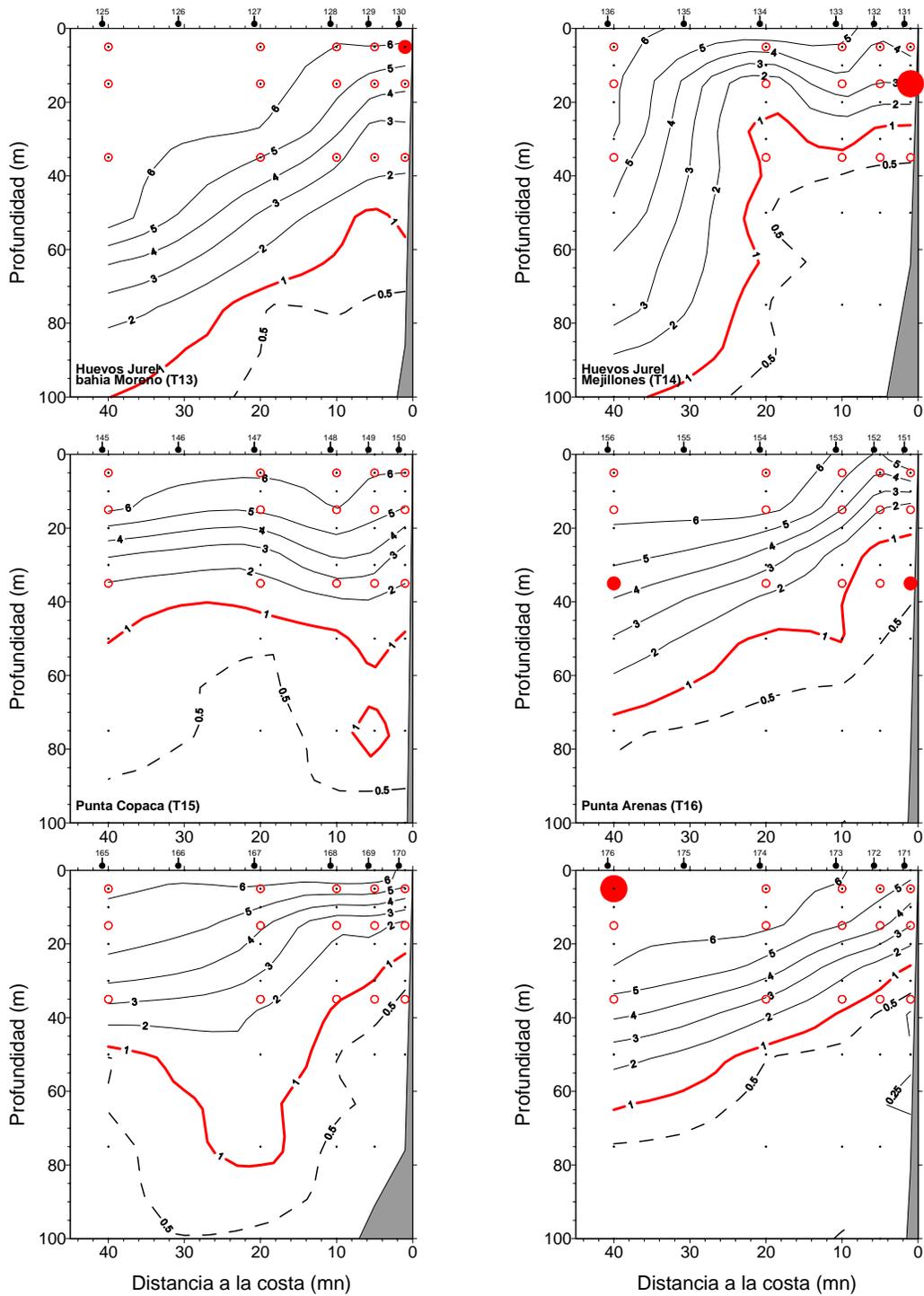


Figura 65. Distribuci3n vertical de huevos de jurel con respecto a la distribuci3n del contenido de ox3geno disuuelto en las transectas realizadas frente a Bahía Moreno, Mejillones, Punta Copaca, Punta Arenas, Punta Lobos y Punta Gruesa. Crucero MOBIO 0709.

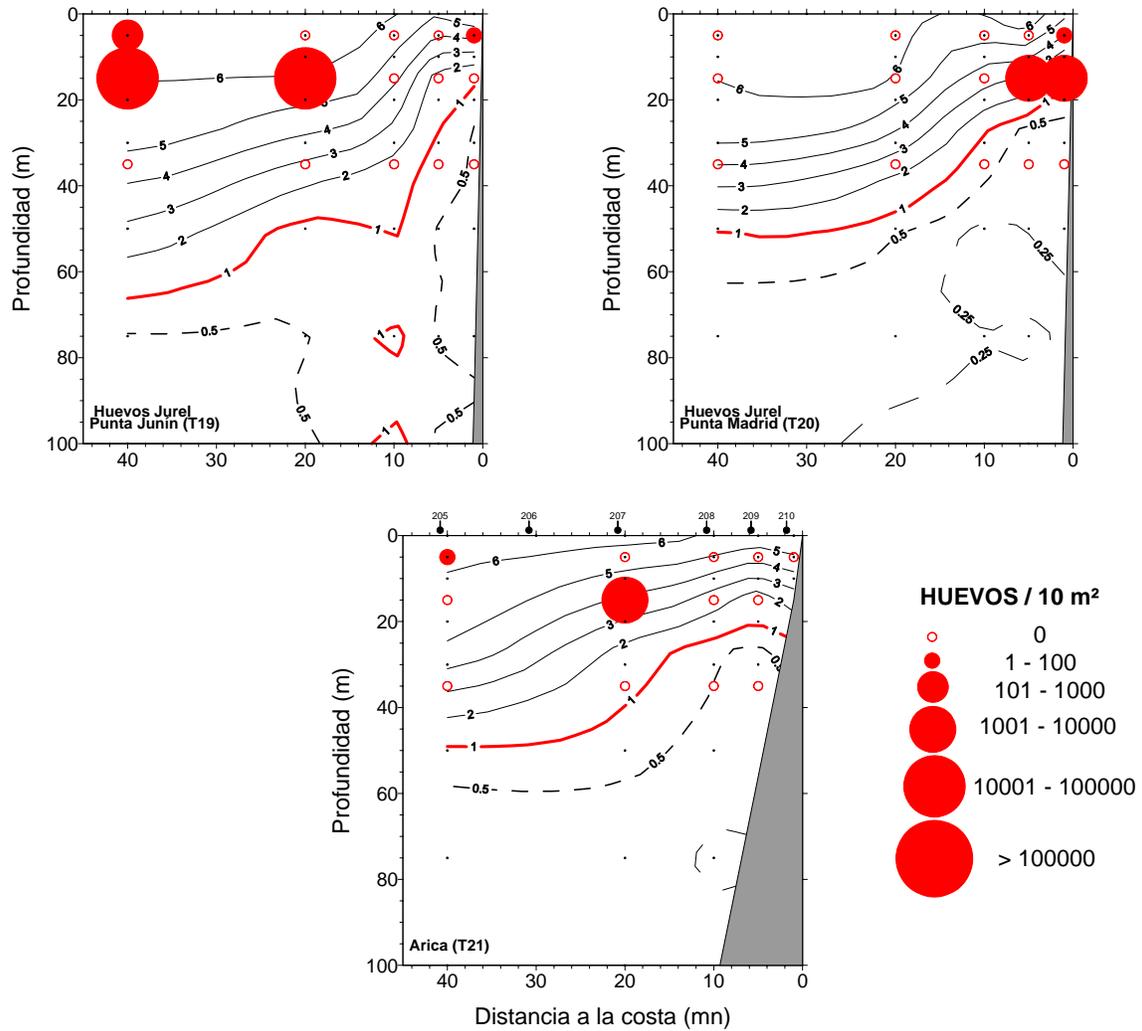


Figura 66. Distribución vertical de huevos de jurel con respecto a la distribución del contenido de oxígeno disuelto en las trasectas realizadas frente a Punta Junín, Punta Madrid y Arica. Crucero MOBIO 0709.

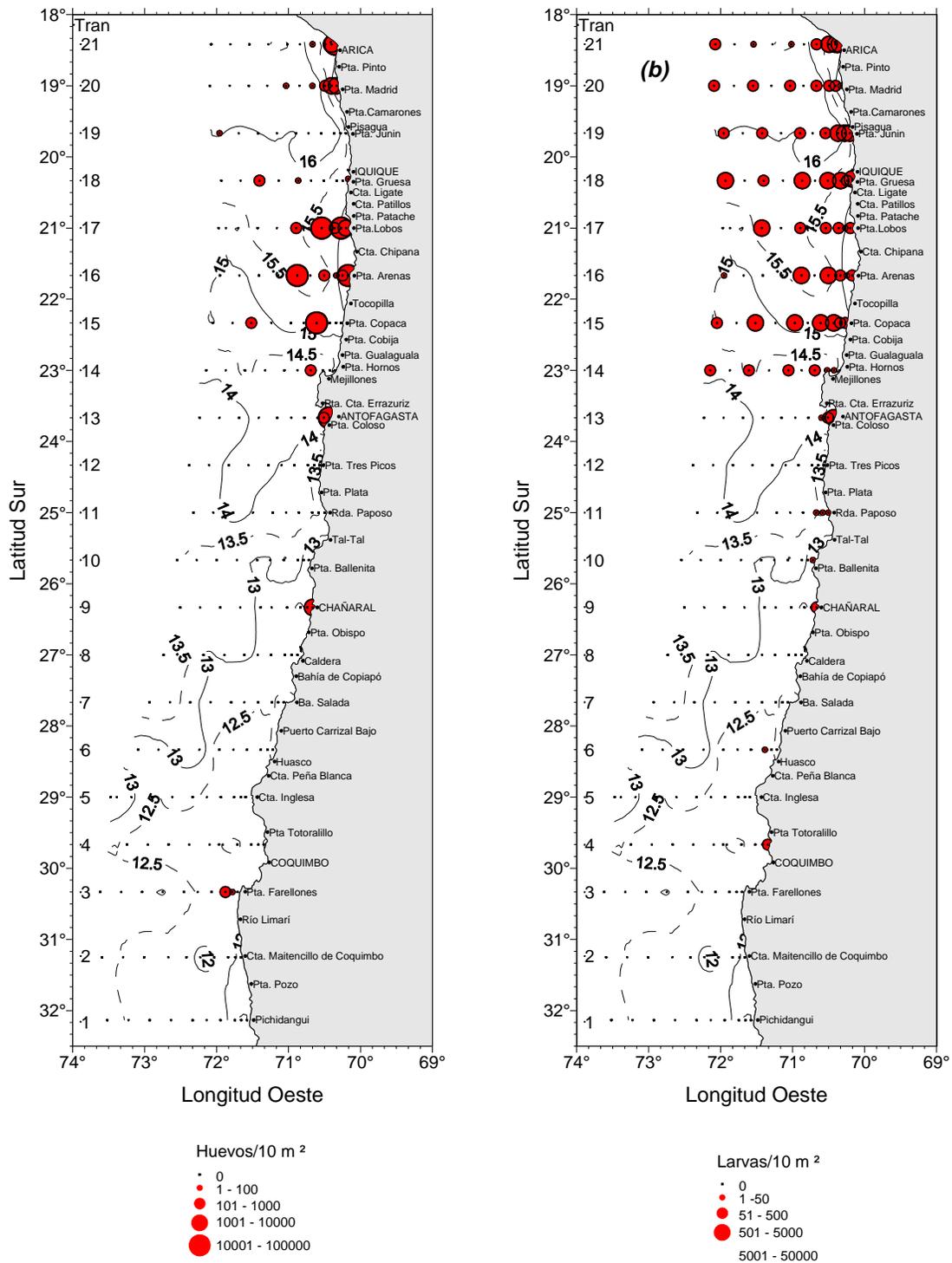


Figura 67. Distribuci3n espacial de huevos (a) y larvas (b) de anchoveta con relaci3n a la distribuci3n de temperatura superficial del mar. Crucero MOBIO 0709-septiembre/octubre 2007.

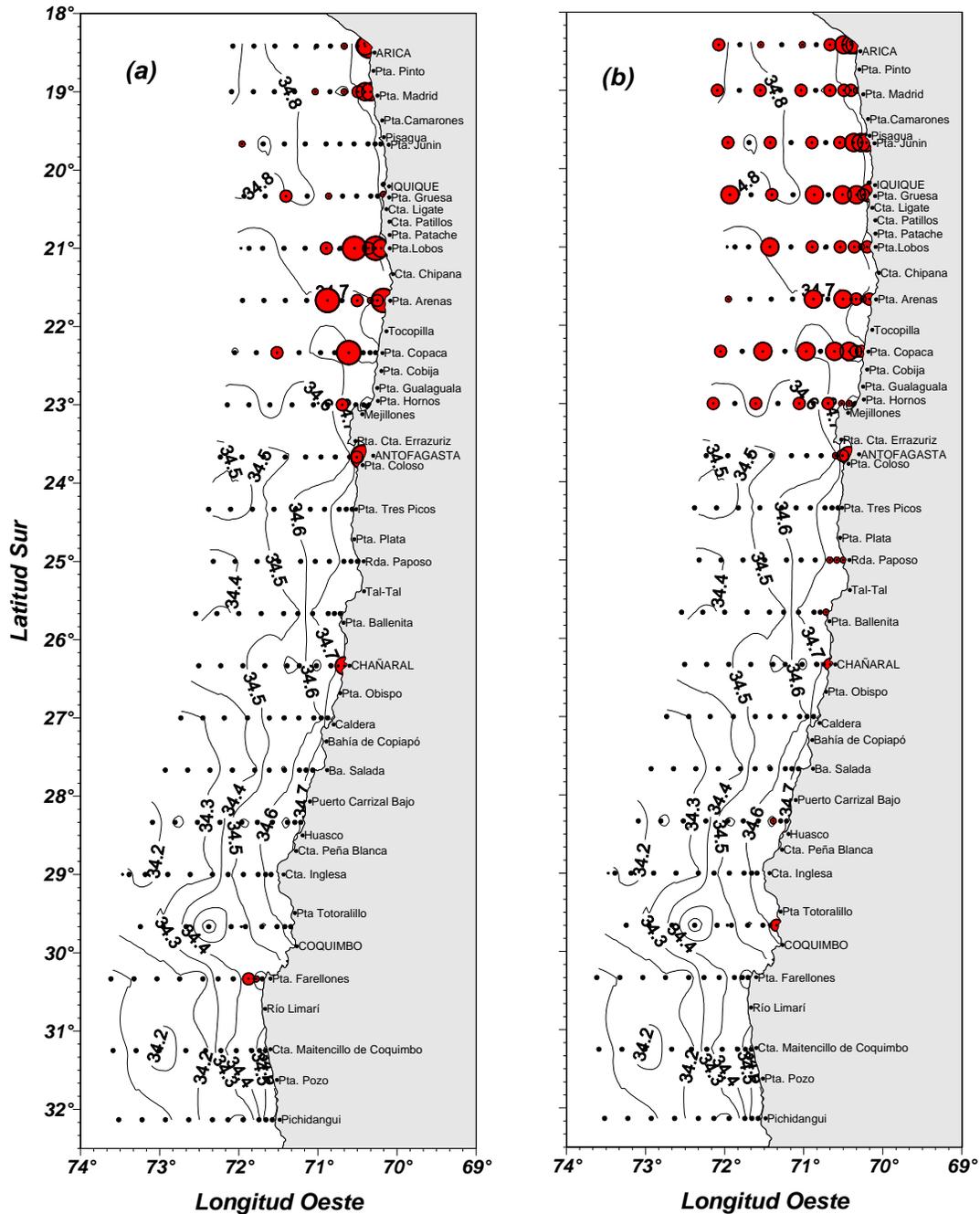


Figura 68. Distribuci3n espacial de huevos (a) y larvas (b) de anchoveta con relaci3n a la distribuci3n de la salinidad superficial del mar. Crucero MOBIO 0709- septiembre/octubre 2007.

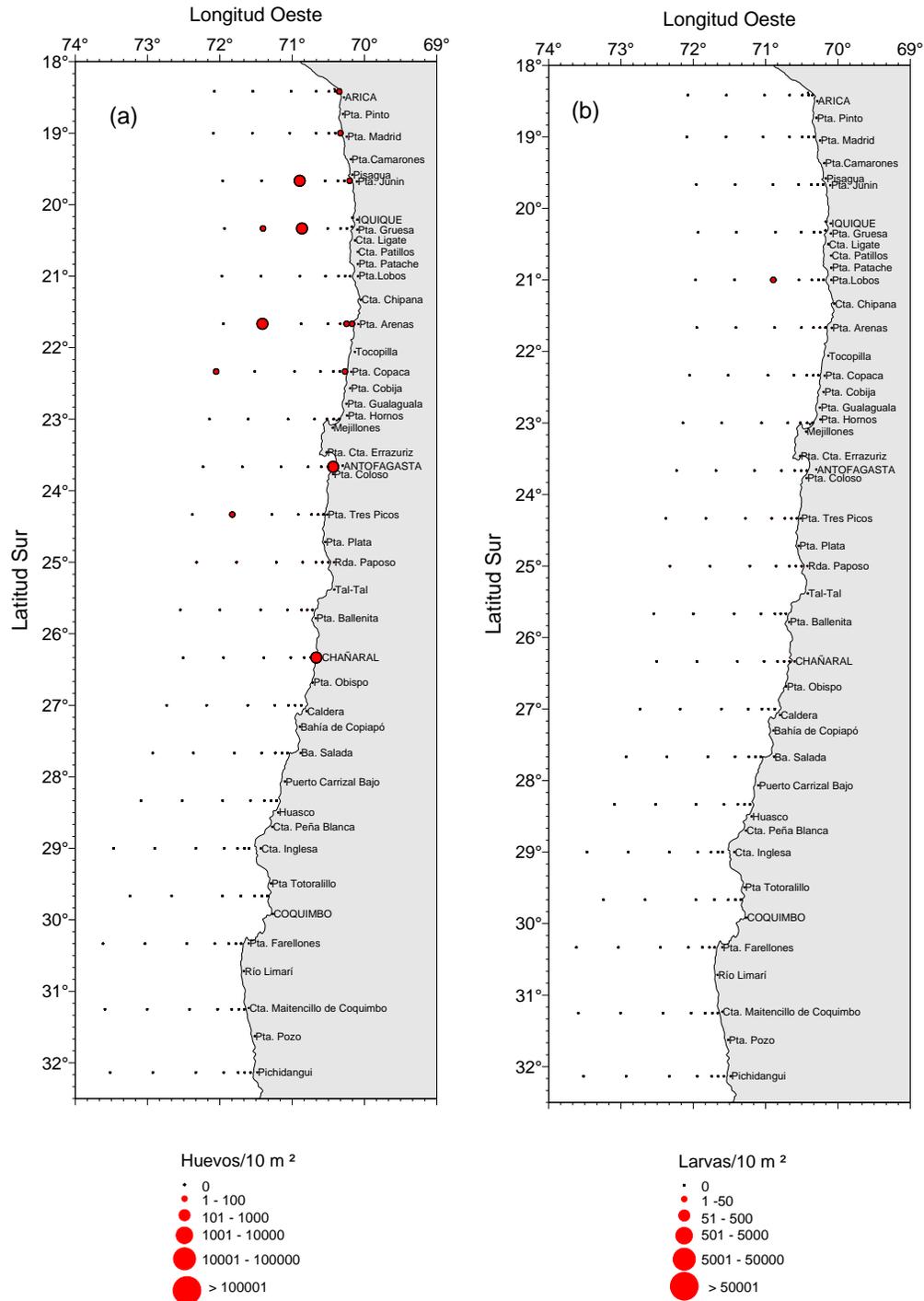


Figura 69. Distribuci3n y abundancia de huevos (a) y larvas (b) de jurel. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

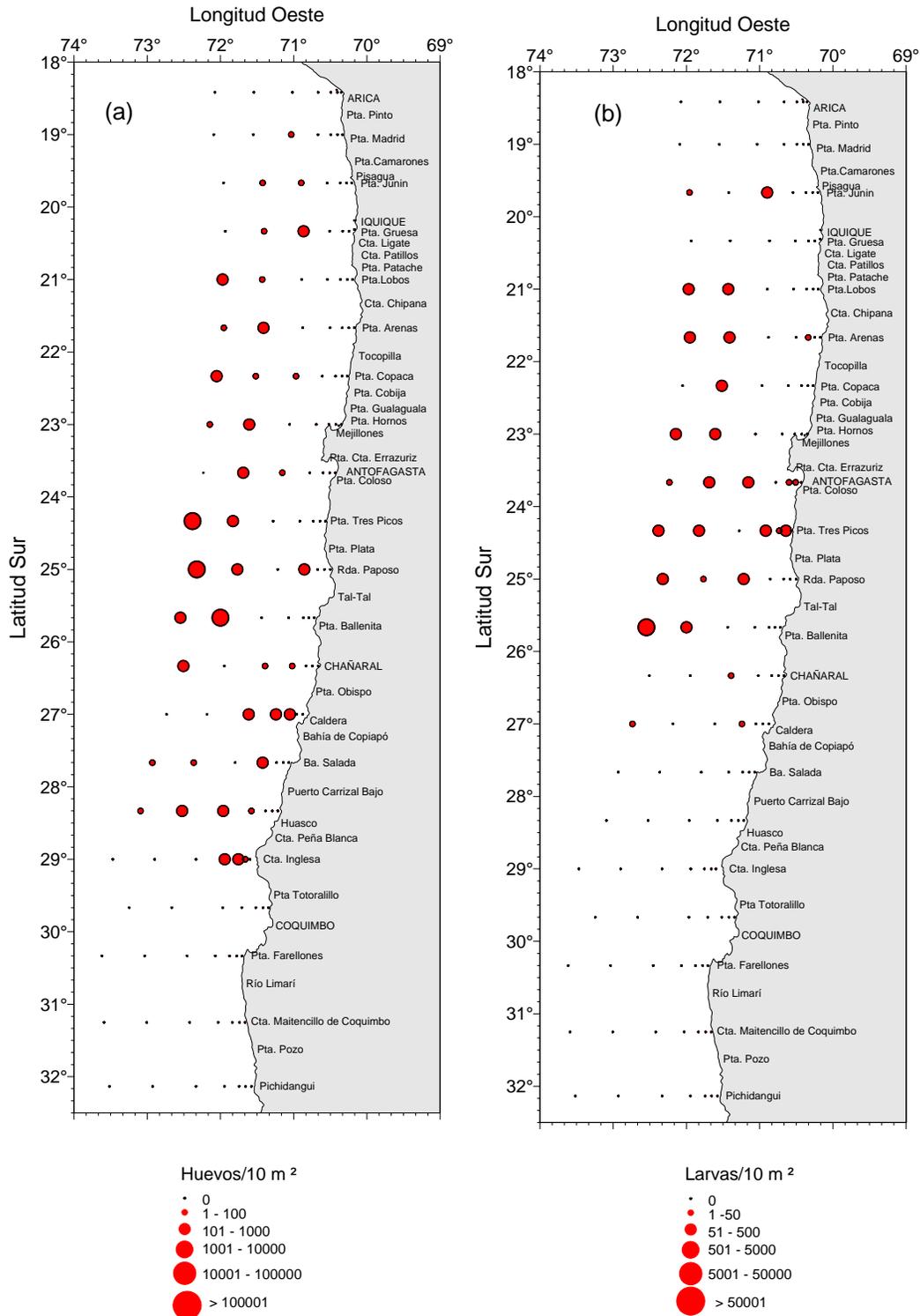


Figura 70. Distribución y abundancia de huevos (a) y larvas (b) de Vinciguerria. Crucero MOBIO 0707 - septiembre/octubre 2007.

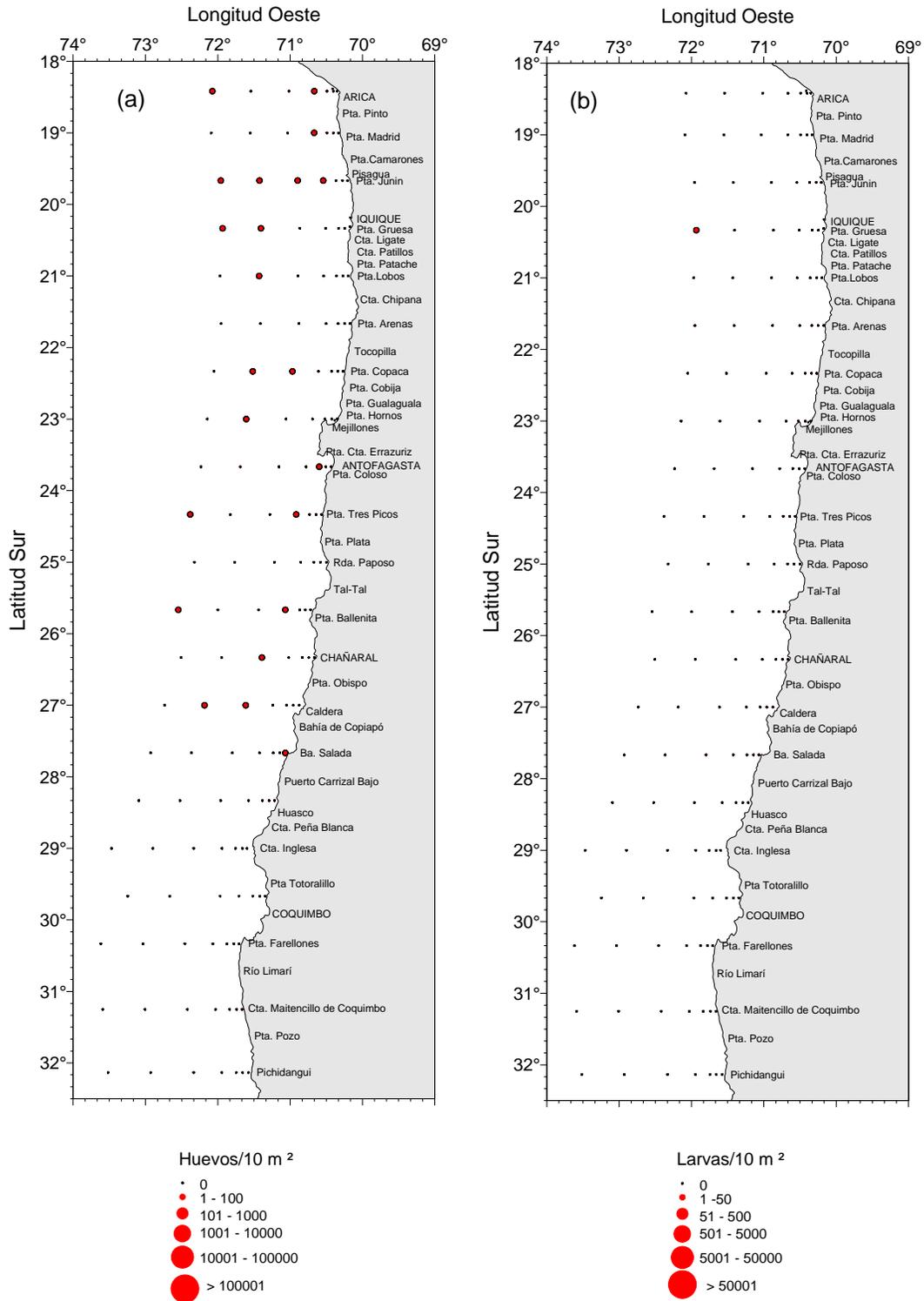


Figura 71. Distribuci3n y abundancia de huevos (a) y larvas (b) de agujilla. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

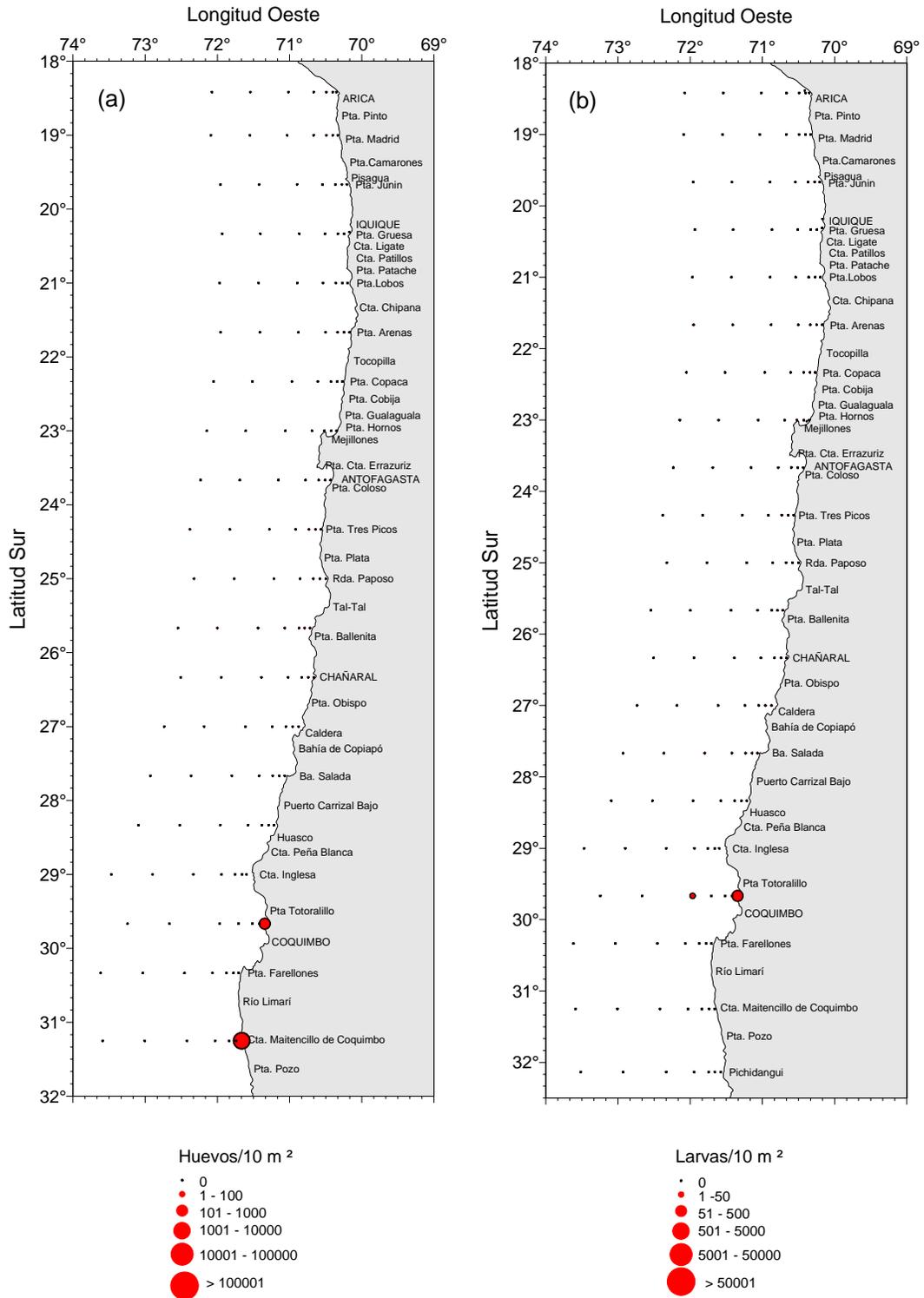


Figura 72. Distribuci3n y abundancia de huevos (a) y larvas (b) de merluza com3n. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

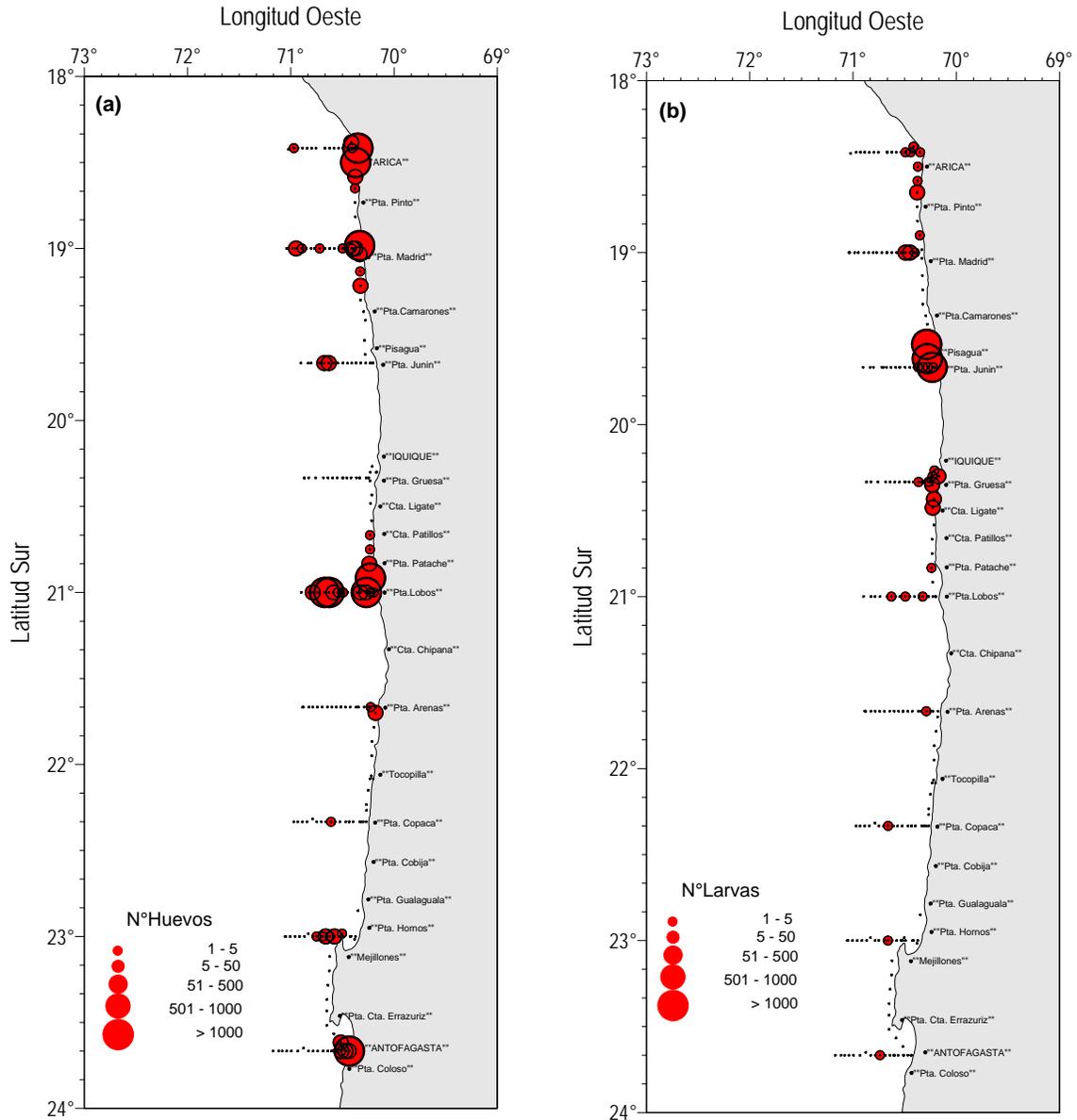


Figura 73. Distribuci3n y abundancia de huevos (a) y larvas (b) de anchoveta (a) recolectados con la bomba de huevos CUFES. Crucero MOBIO 0709.

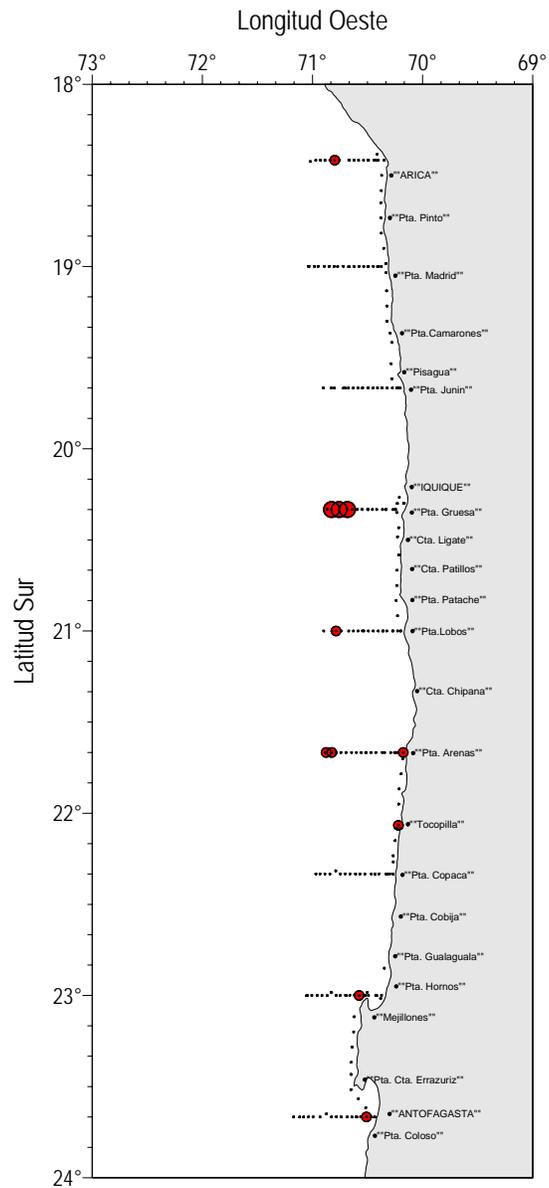


Figura 74. Distribuci3n y abundancia de huevos de jurel recolectados con la bomba de huevos CUFES. Crucero MOBIO 0709.

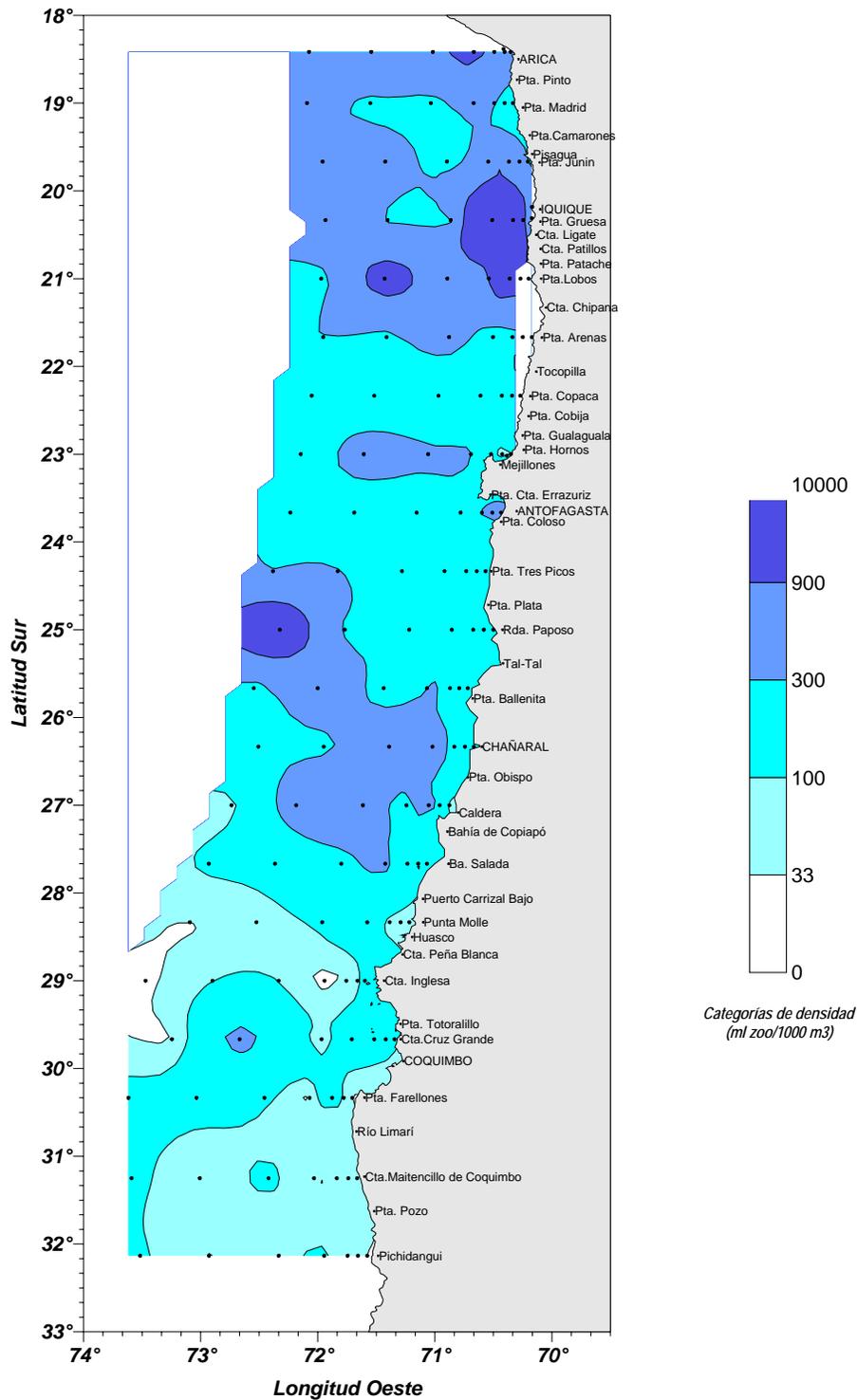


Figura 75. Distribuci3n de la biomasa zooplanct3nica (ml de zooplancton/1000 m³ de agua filtrada). Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

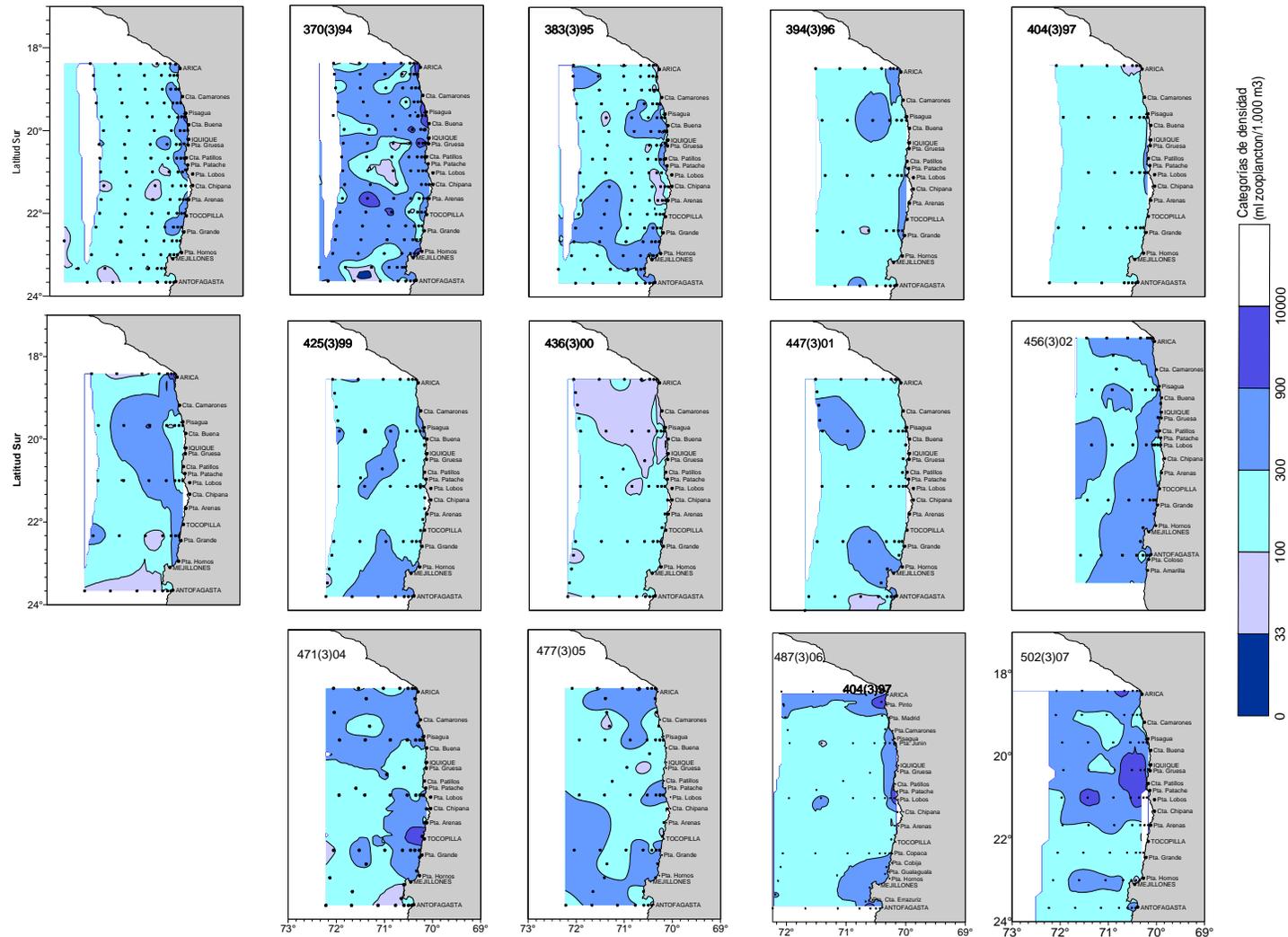


Figura 76. Distribuci3n de la biomasa zooplanct3nica para la zona Arica-Antofagasta en invierno de los a1os 1993 - 2007.

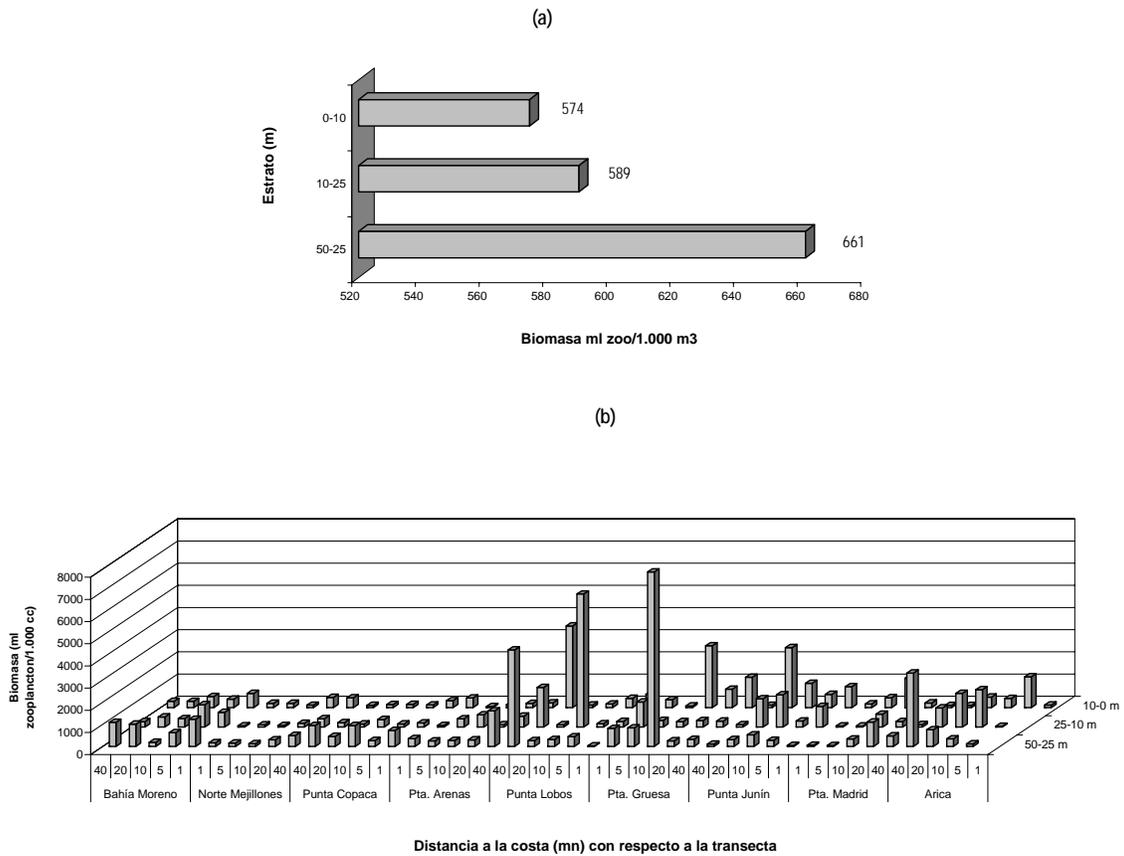


Figura 77. Biomasa promedio (a) y distribuci3n de la biomasa (b) por estrato de profundidad, de acuerdo a la distancia de la costa (mn) y a la transecta. Crucero Mobio 0709 – septiembre/octubre 2007.

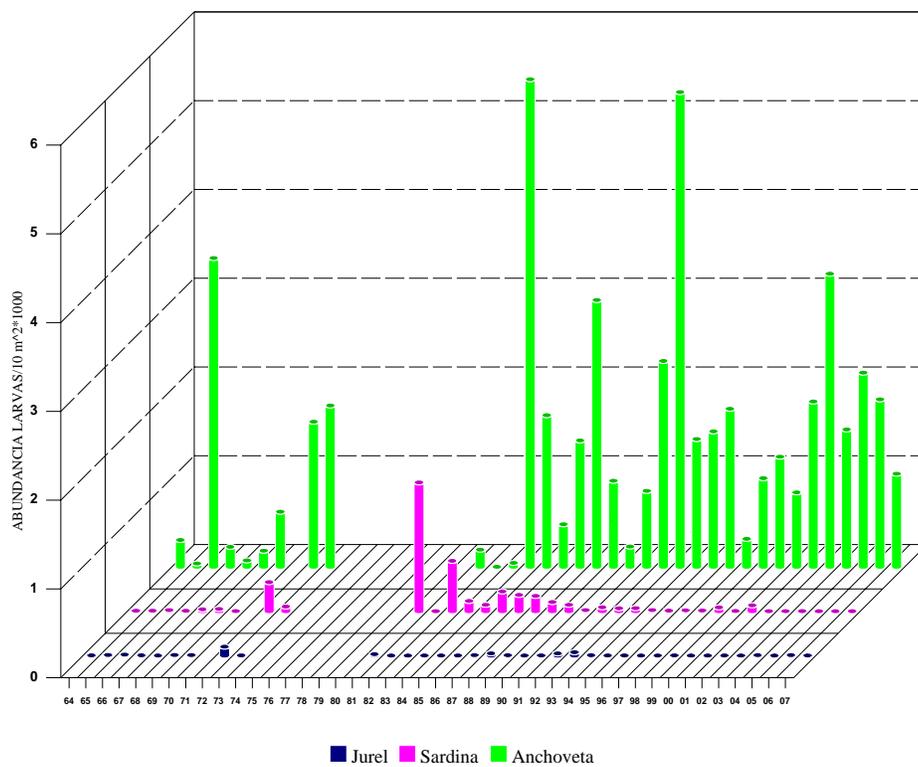


Figura 78. Estimaci3n de la abundancia promedio de larvas (densidad promedio por estaciones totales). Per3odo Invierno 1964 – 2007.

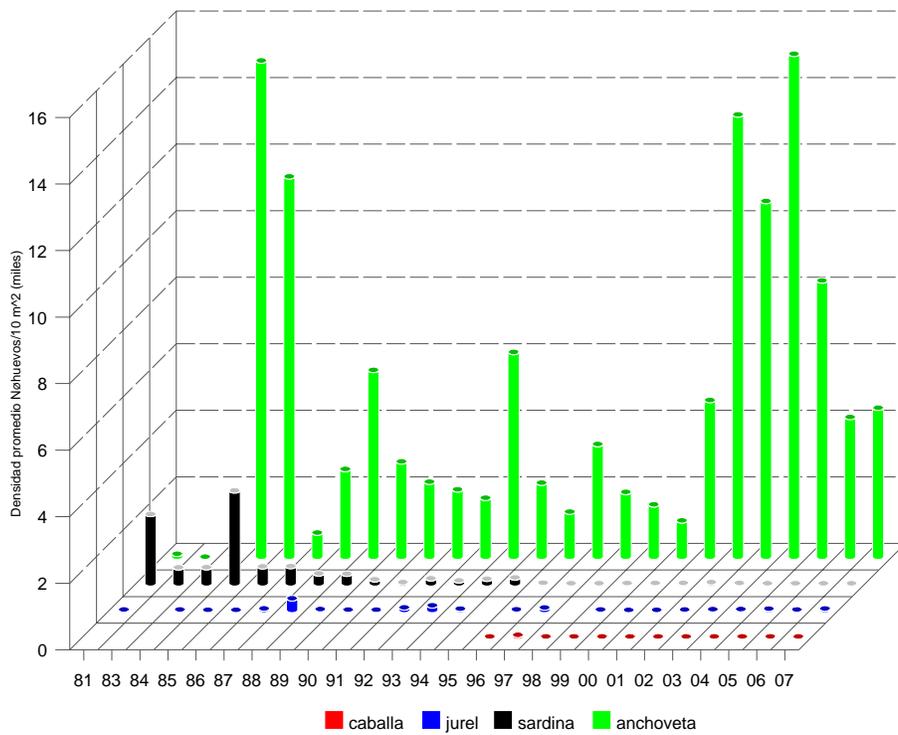


Figura 79. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/2007.

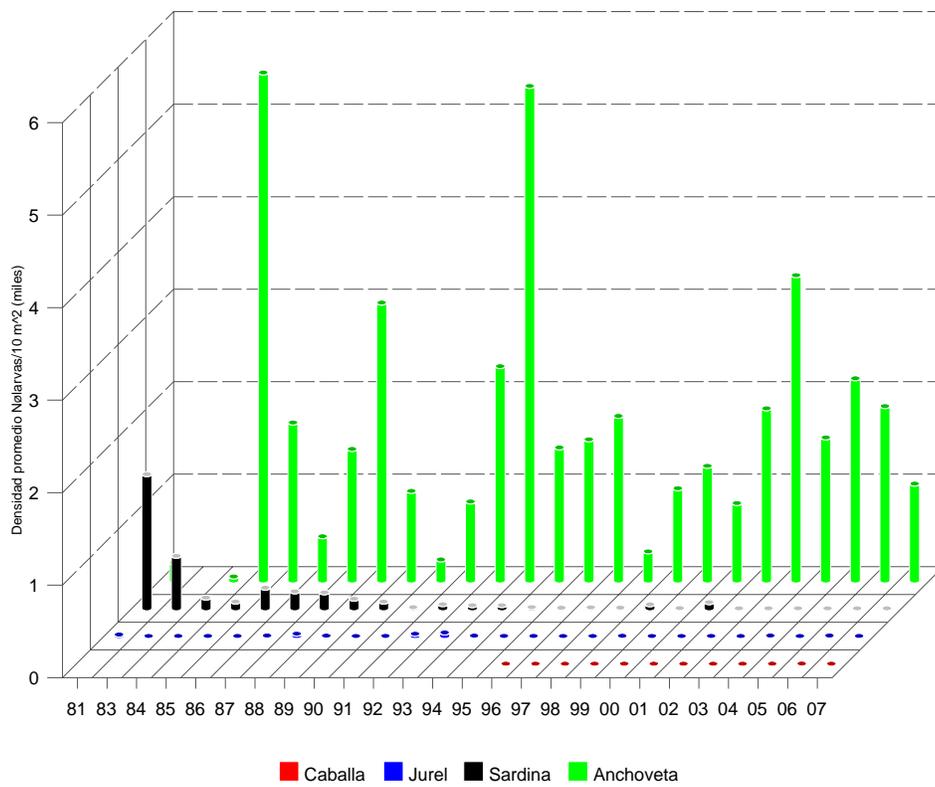


Figura 80. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/2007.

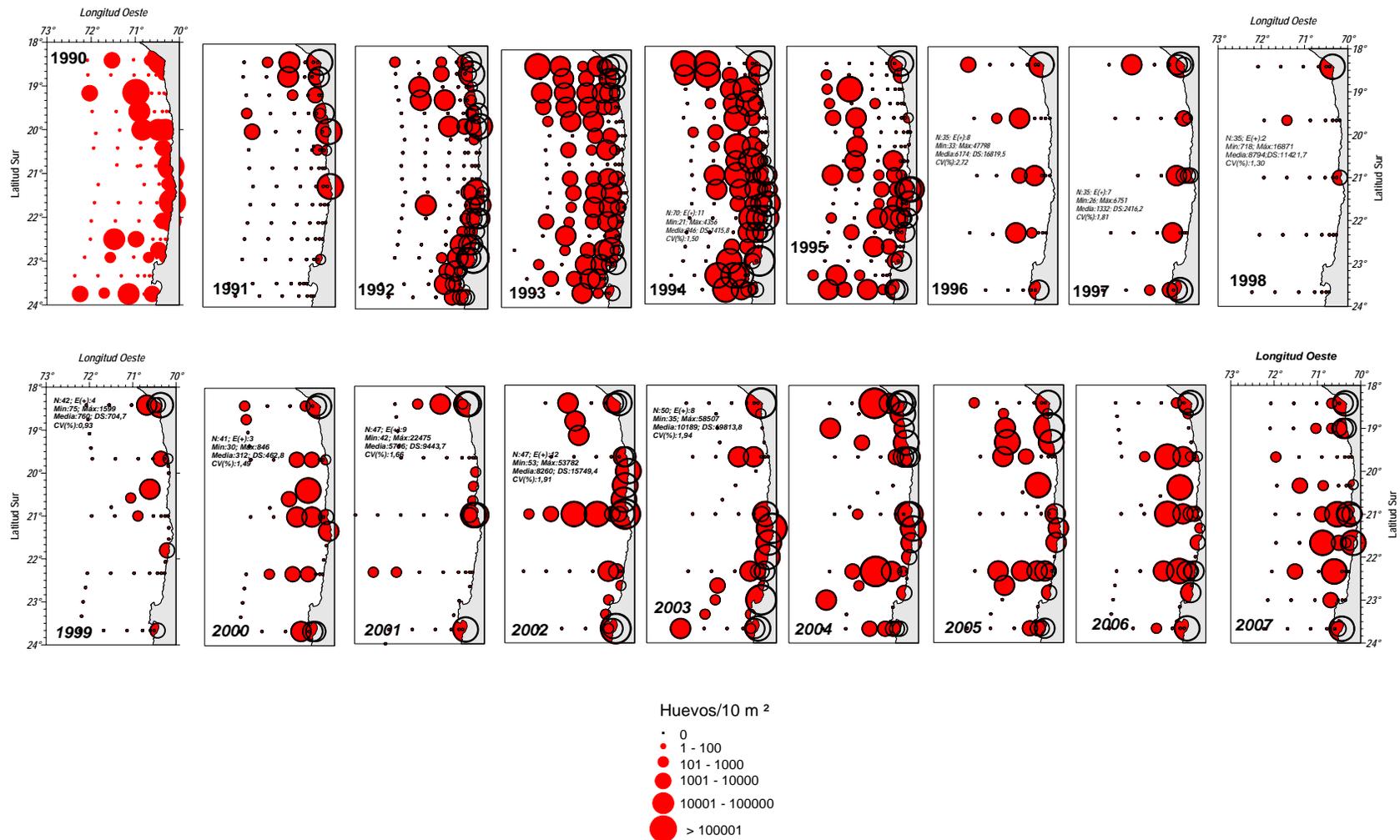


Figura 81. Distribuci3n y Abundancia de huevos de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceos Invierno 1990 - 2007.

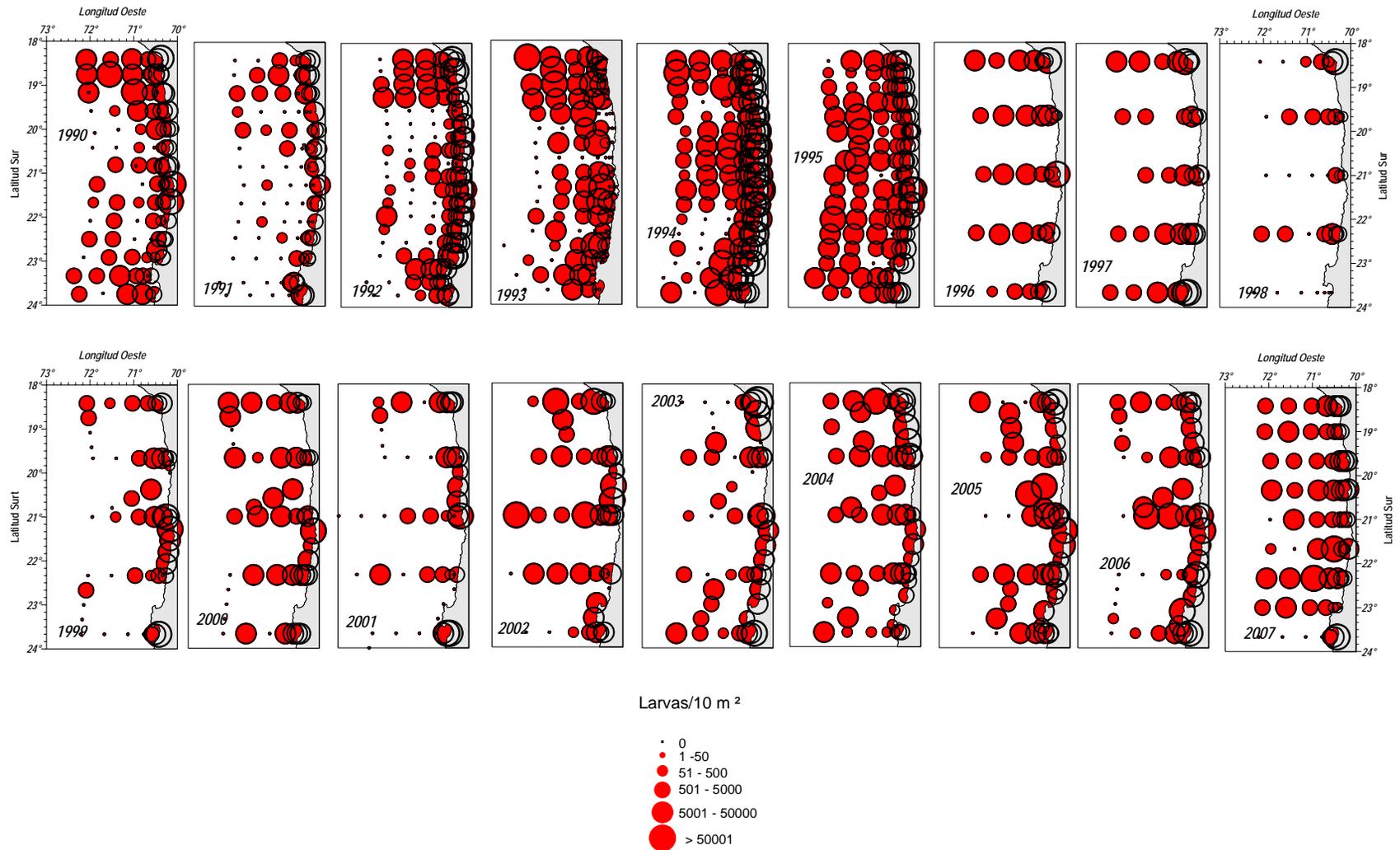


Figura 82. Distribuci3n y abundancia de larvas de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Invierno 1990 - 2007.

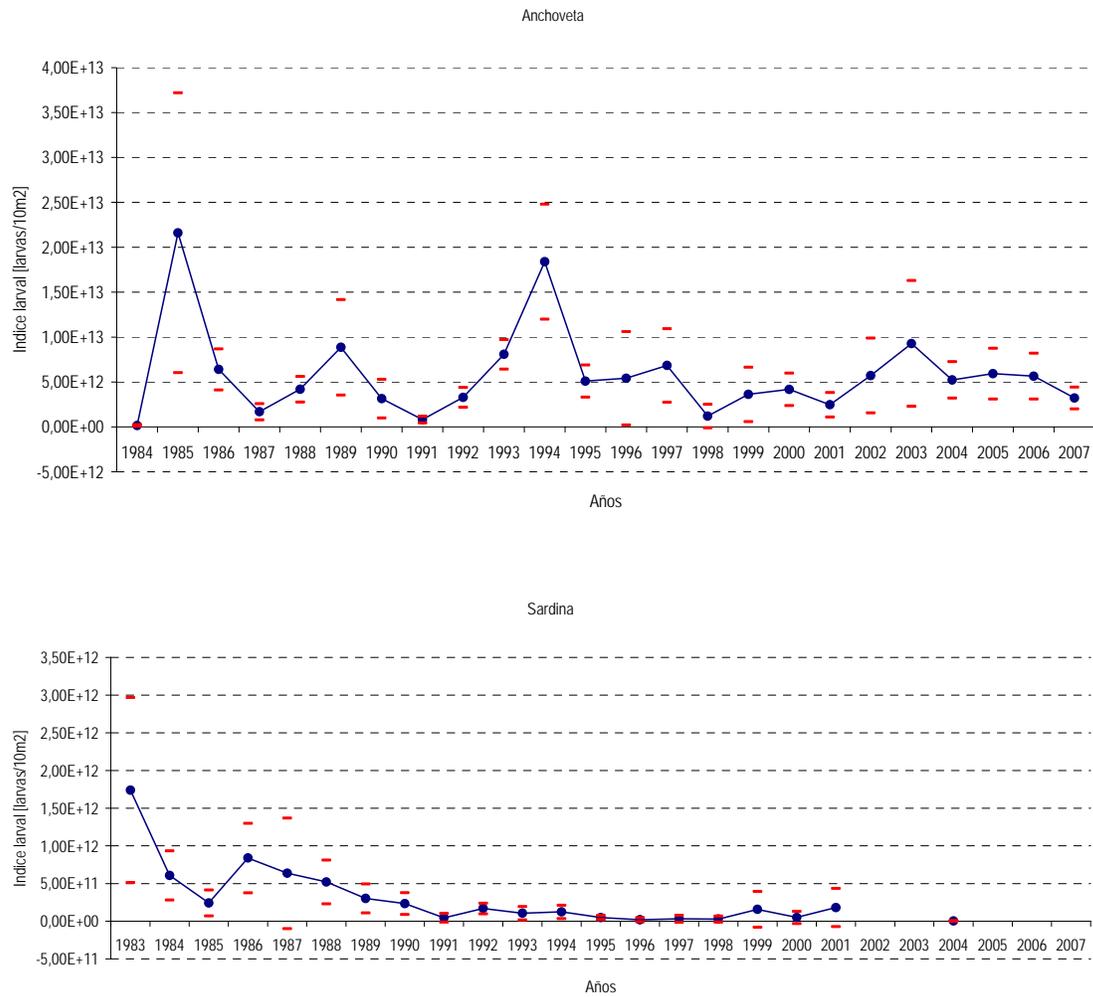
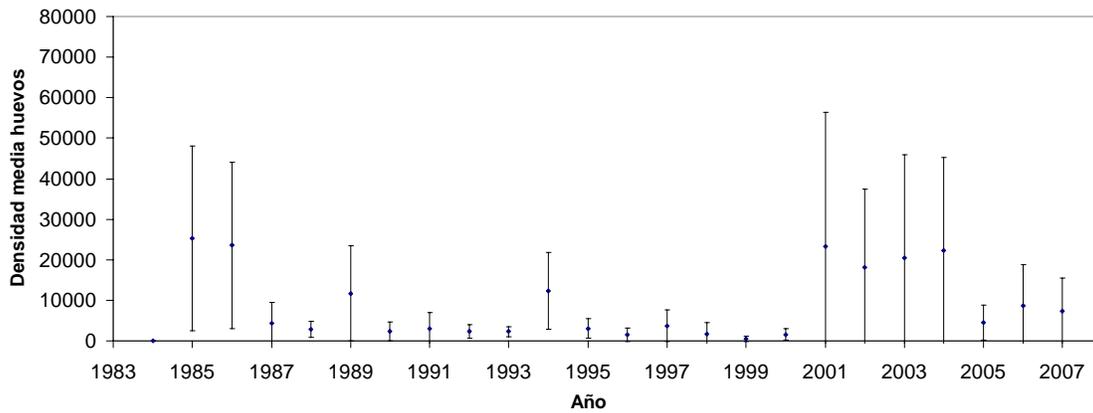


Figura 83. Estimaci3n del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los años 1984/2007.



(a)



(b)

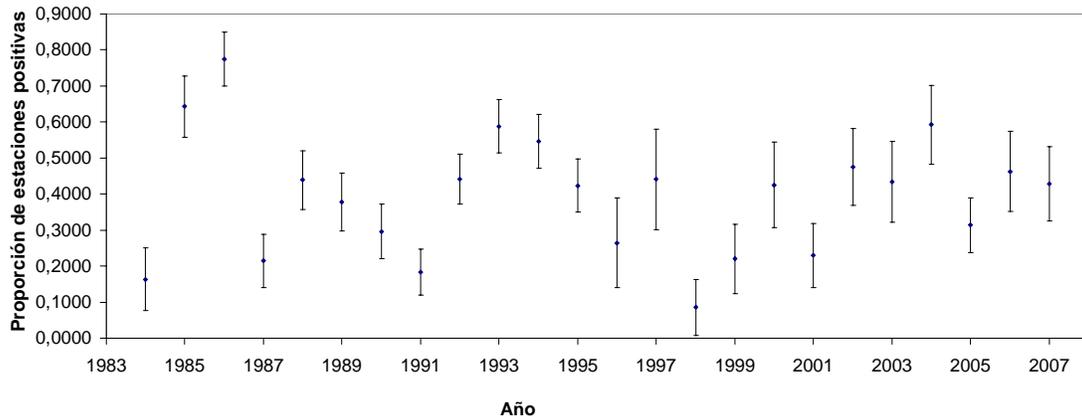


Figura 84. Densidad media de huevos de anchoveta (a) estimada para el período 1992-2007, a través del estimador de la media de una distribución delta y proporción de estaciones positivas (b) período 1992-2007. intervalos de confianza $\alpha=0,1$.

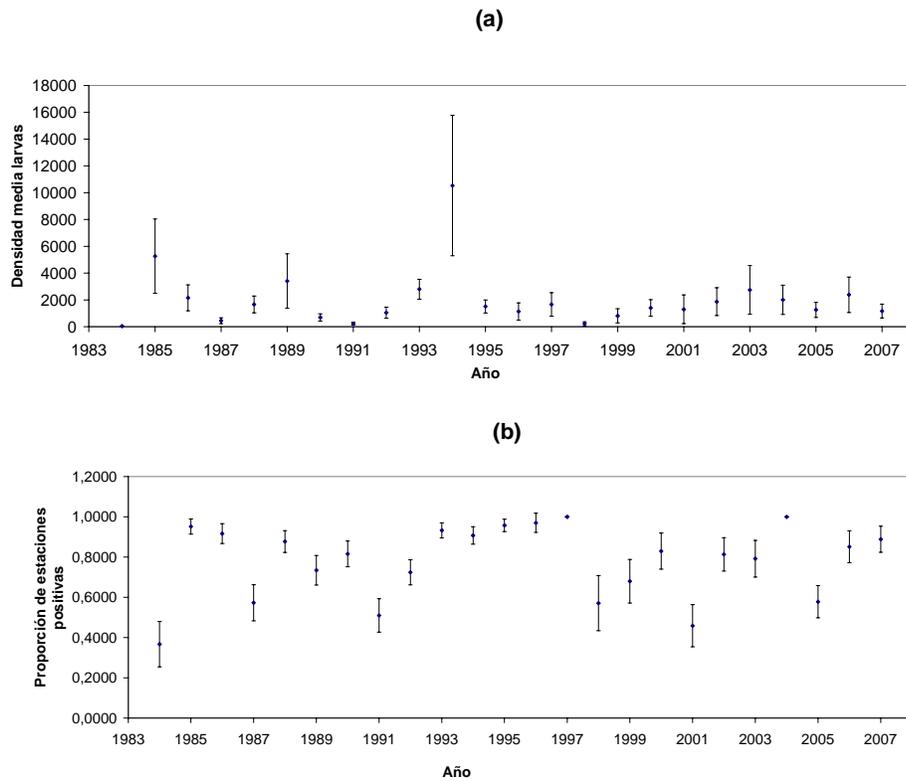


Figura 85. Densidad media de larvas de anchoveta (a) estimada para el período 1992-2007, a través del estimador de la media de una distribución delta y proporción de estaciones positivas (b) período 1992-2007. intervalos de confianza $\alpha=0,1$.

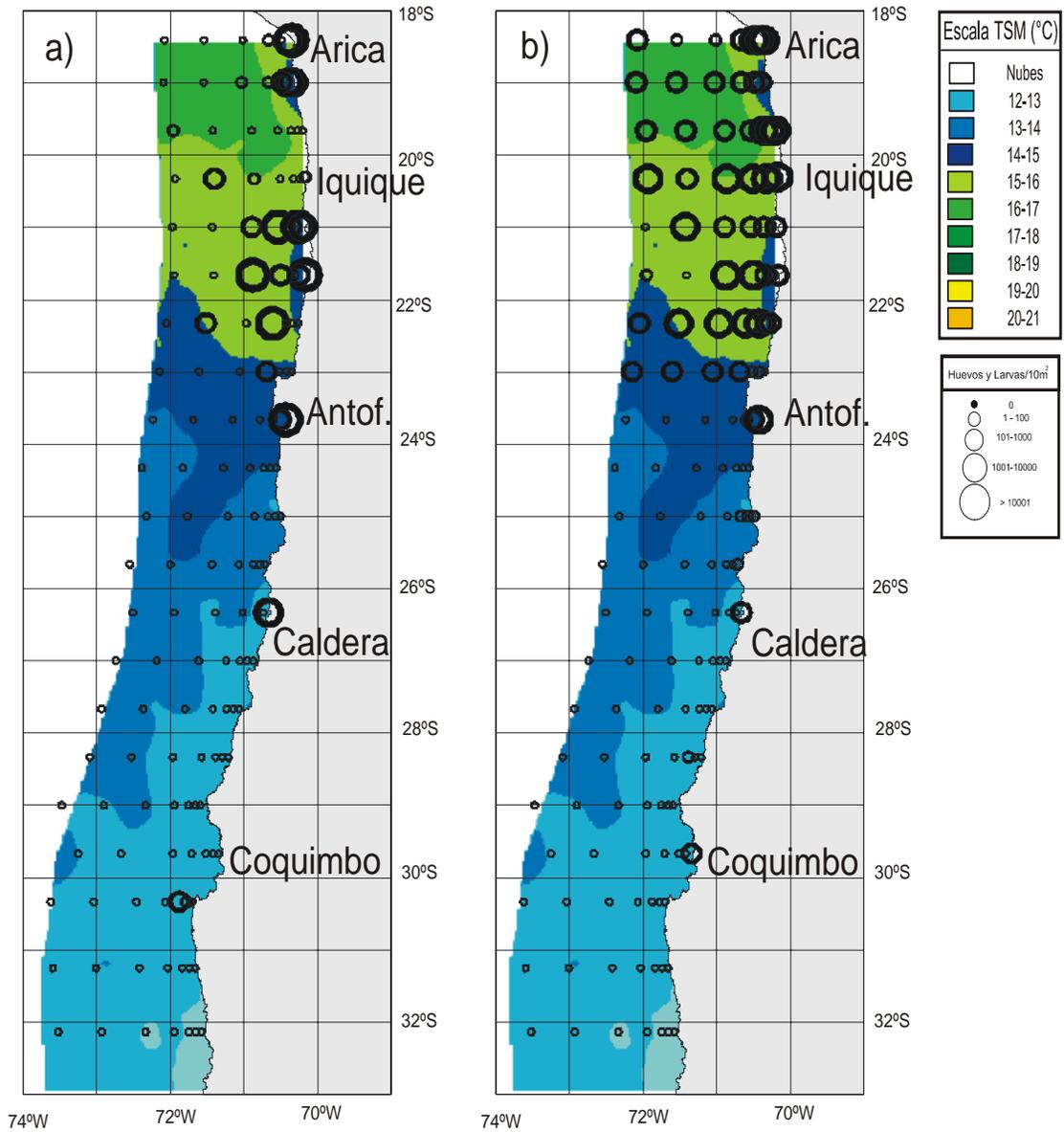


Figura 86. Distribuci3n espacial de la TSM satelital y de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Crucero MOBIO septiembre/octubre 2007.

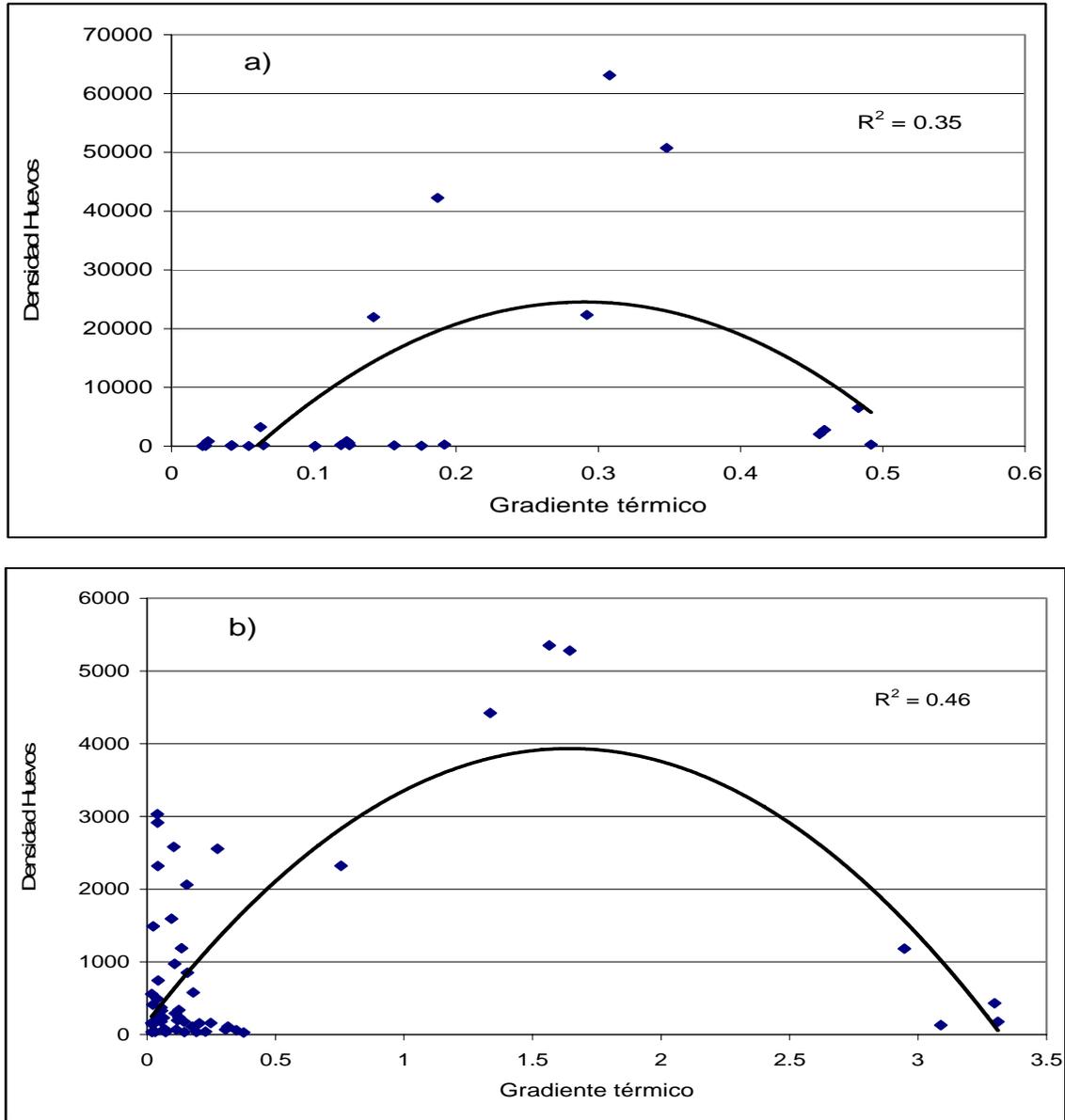


Figura 87. Relaciones entre la densidad de huevos y larvas de anchoveta y el gradiente térmico.

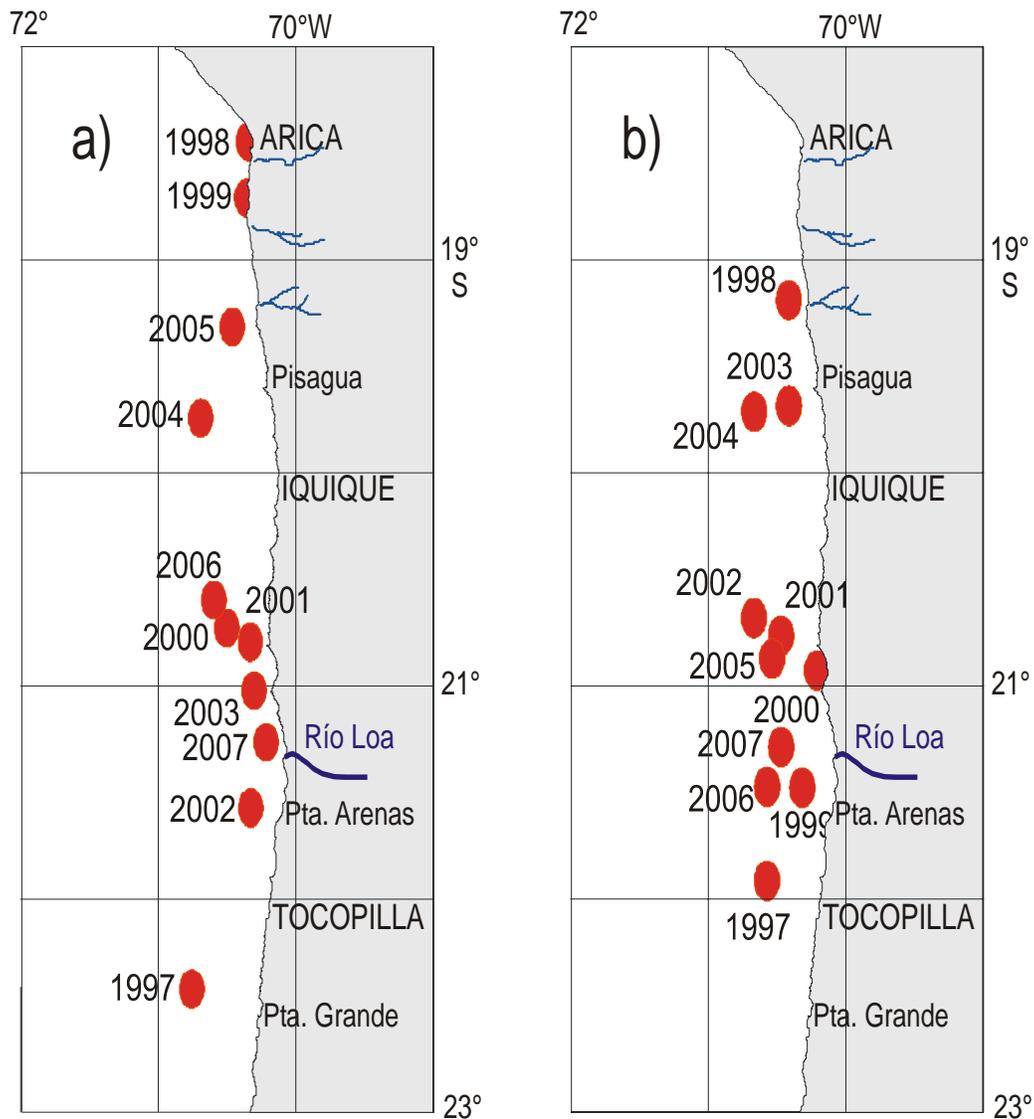
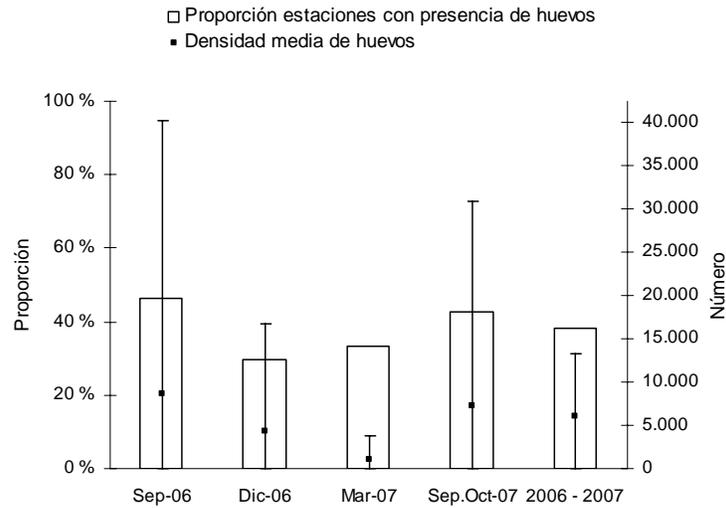


Figura 88. Distribuci3n espacial de los centros de gravedad de a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona norte de Chile.



Huevos de anchoveta



Larvas de anchoveta

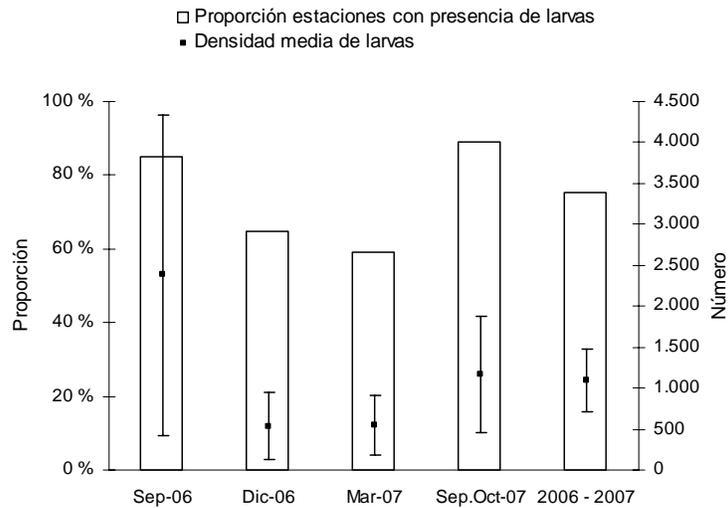


Figura 89. Densidad media y proporci3n de estaciones positivas con su intervalo de confianza para huevos y larvas de anchoveta, por crucero y periodo total. Cruceros realizados en la I y II Regi3n, los meses de septiembre-diciembre de 2006 y marzo-septiembre 2007.

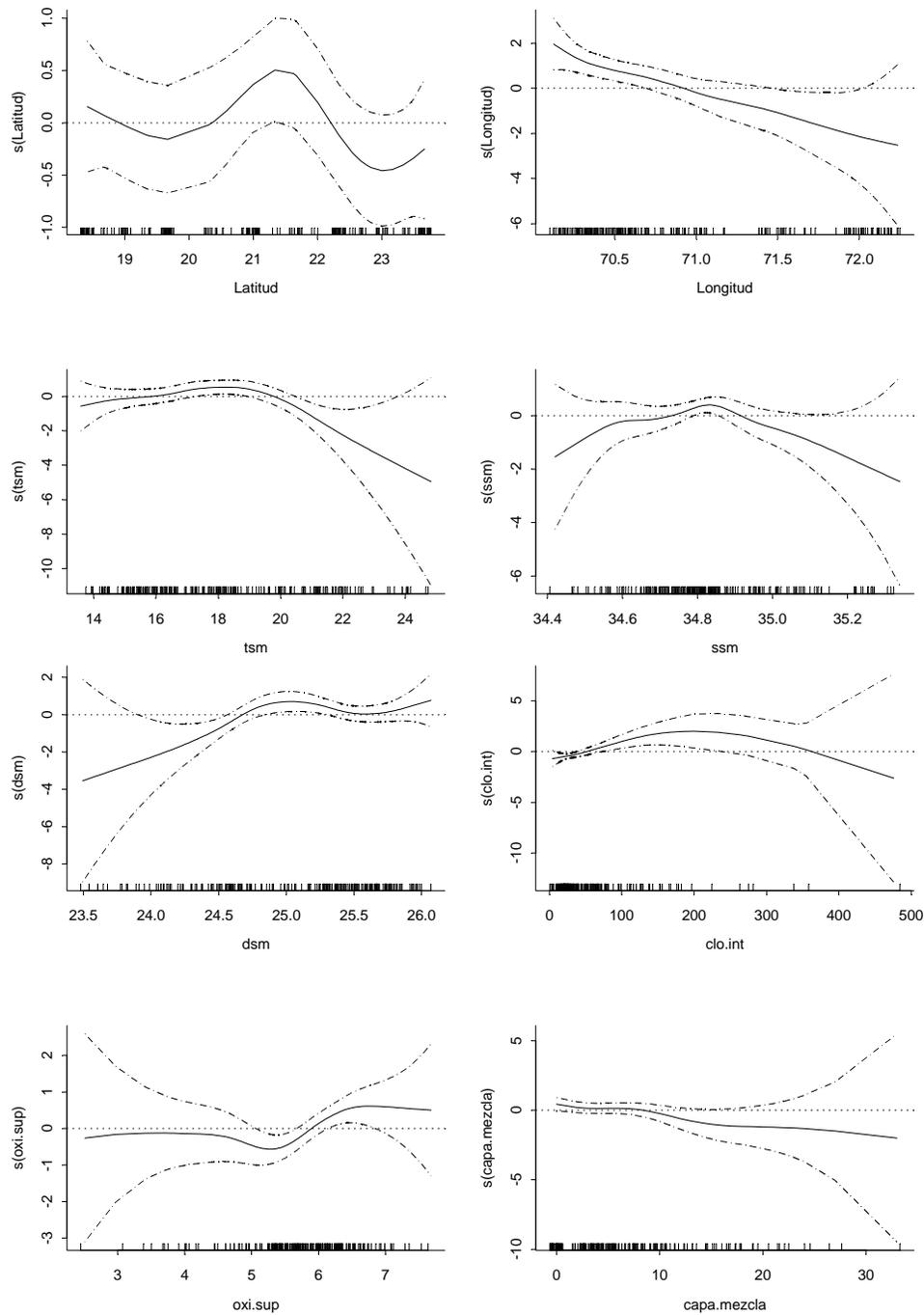


Figura 90. Efectos de los predictores latitud, longitud, temperatura (tsm), salinidad (ssm), densidad (dsm), clorofila (clo.int), oxigeno (oxi.sup) y capa de mezcla sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estaci3n, ajustado un modelo binomial. Cruceros realizados en la I y II Regi3n, a3os 2006 y 2007.

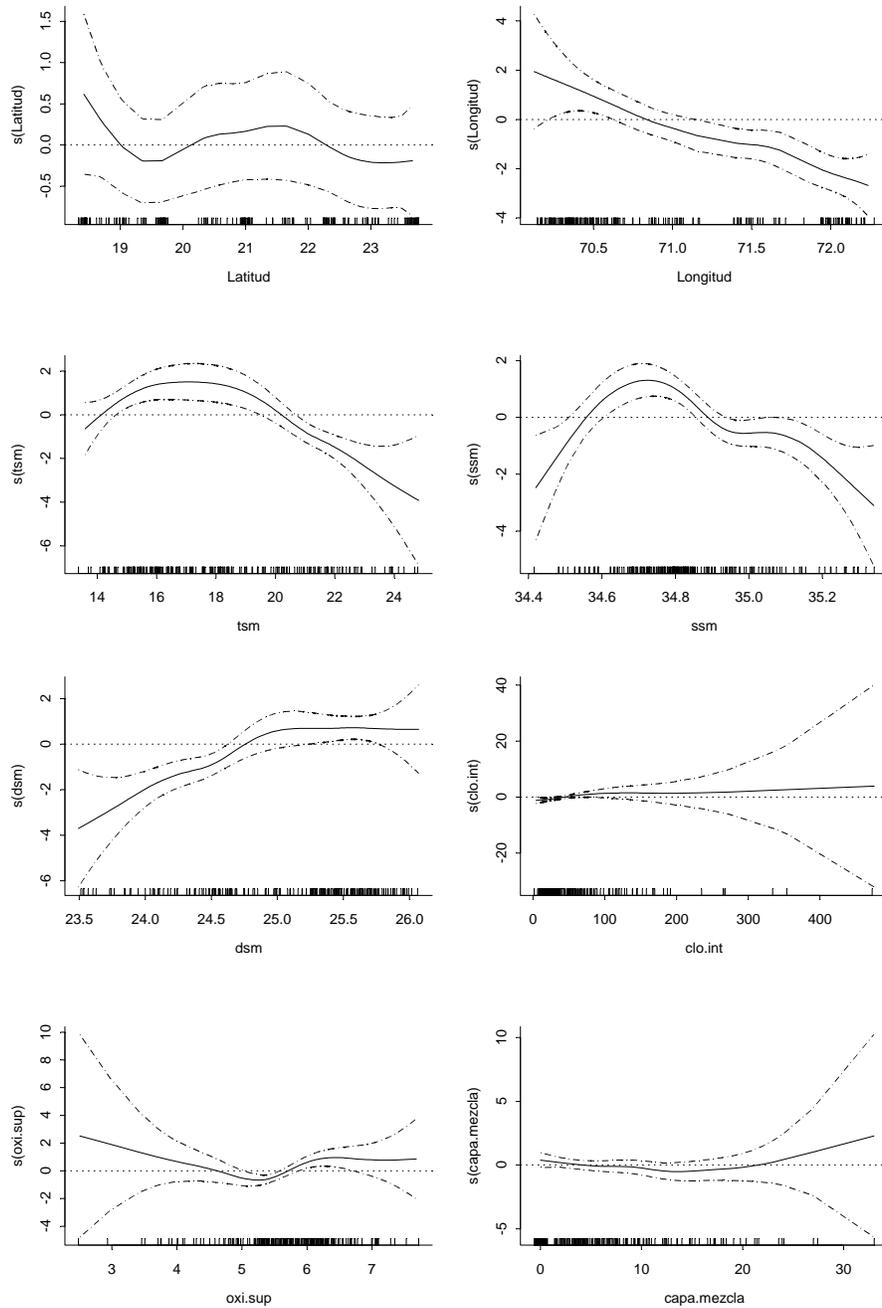


Figura 91. Efectos de los predictores latitud, longitud, temperatura (tsm), salinidad (ssm), densidad (dsm), clorofila (clo.int), oxigeno (oxi.sup) y capa de mezcla sobre la variable presencia/ausencia de larvas de anchoveta por estaci3n, ajustado un modelo binomial. Cruceros realizados en la I y II Regi3n, a3os 2006 y 2007.

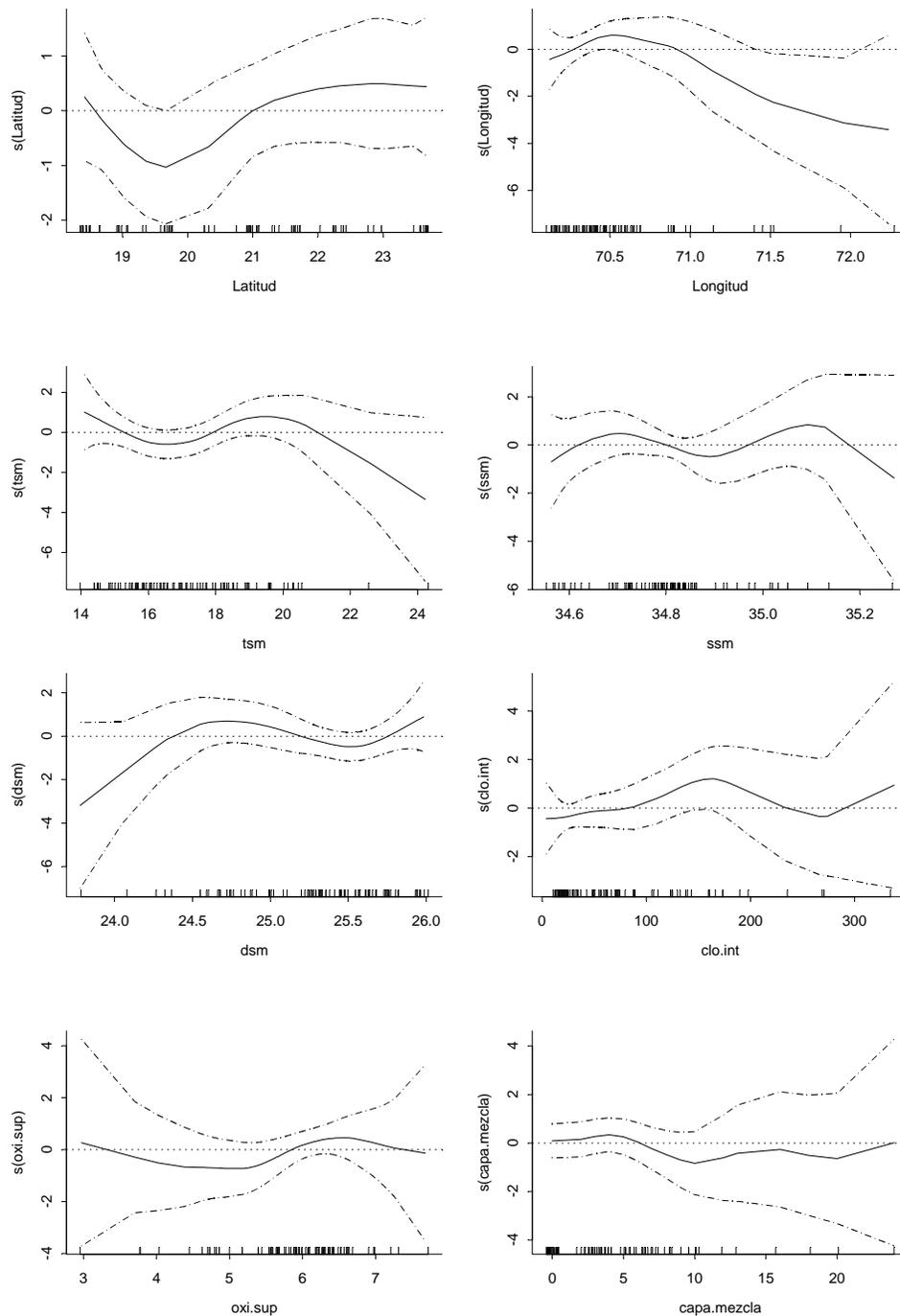


Figura 92. Efectos de los predictores latitud, longitud, temperatura (tsm), salinidad (ssm), densidad (dsm), clorofila (clo.int), oxígeno (oxi.sup) y capa de mezcla sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). Cruceros realizados en la I y II Regi3n, a3os 2006 y 2007.

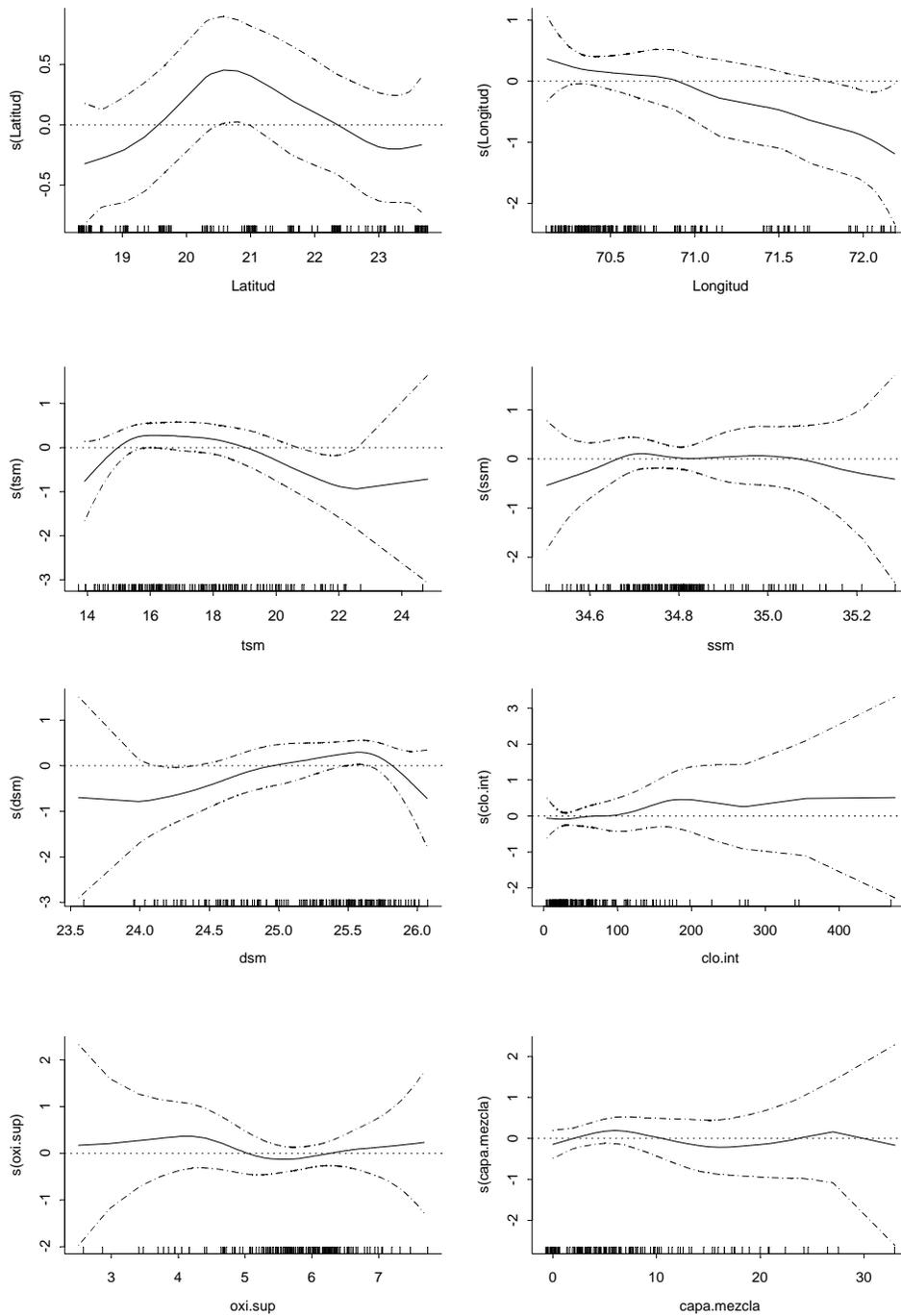


Figura 93. Efectos de los predictores latitud, longitud, temperatura (tsm), salinidad (ssm), densidad (dsm), clorofila (clo.int), oxigeno (oxi.sup) y capa de mezcla sobre la variable logaritmo de la densidad de larvas de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). Cruceros realizados en la I y II Regi3n, a3os 2006 y 2007.

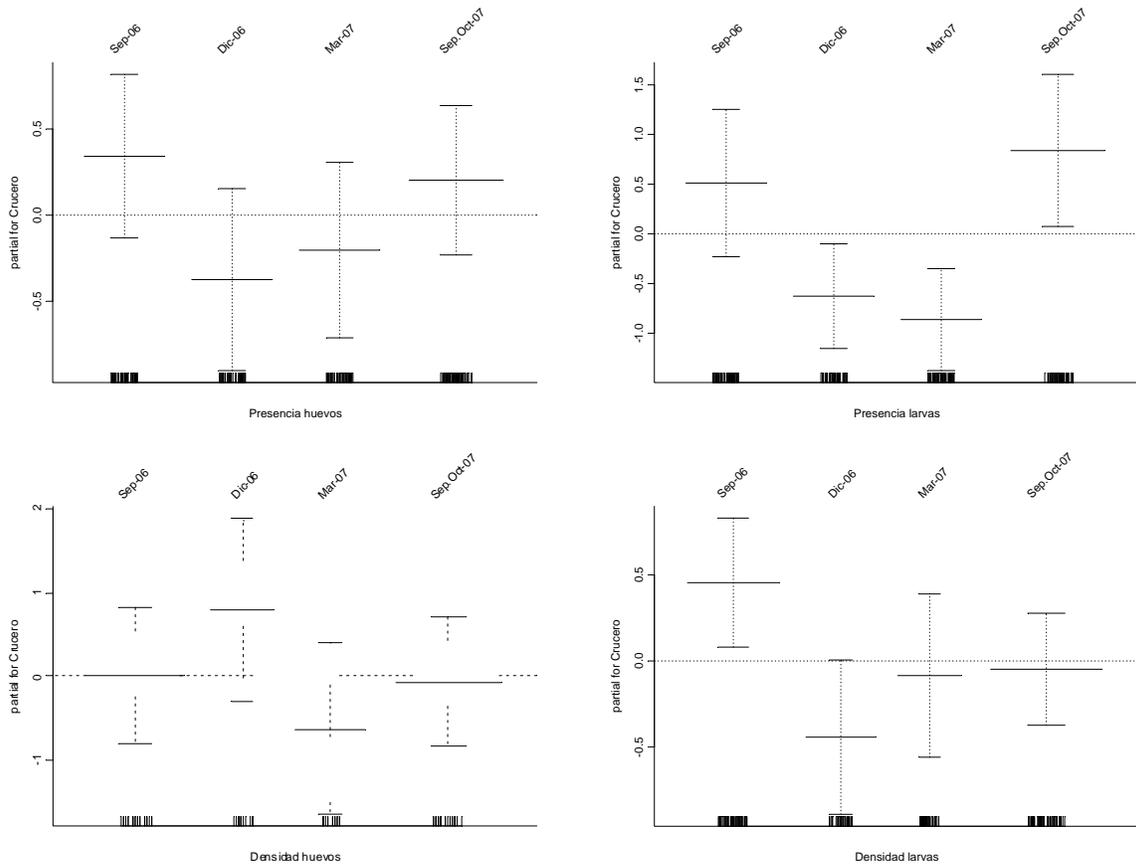


Figura 94. Tendencias de los índices por crucero obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Cruceros realizados en la I y II Región, años 2006 y 2007.

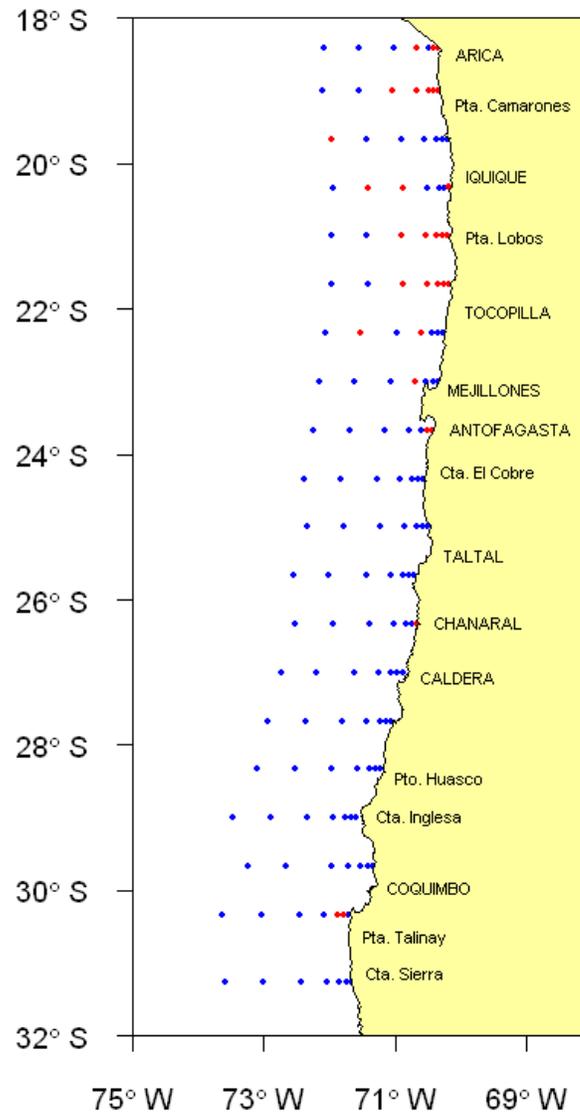


Figura 95. Zona de estudio y estaciones muestreadas durante la ejecuci3n del proyecto. Los puntos rojos indican la presencia de huevos y larvas y los azules la no presencia.

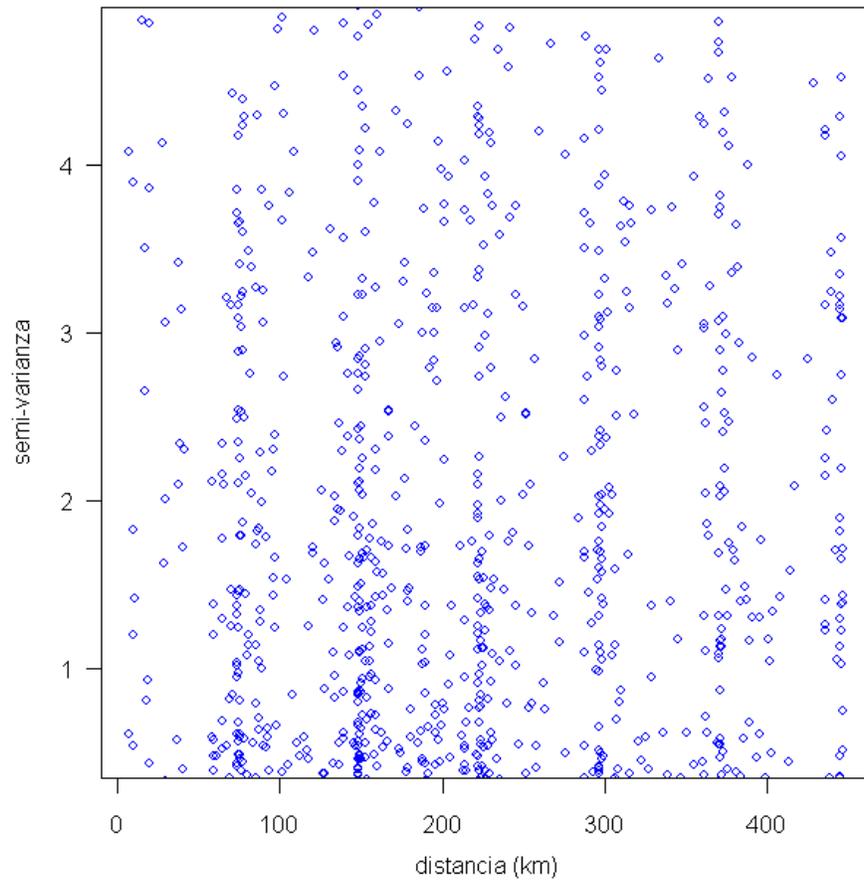


Figura 96. Grafico de la semi-varianza para todos los pares individuales en el an3lisis de auto correlaci3n.

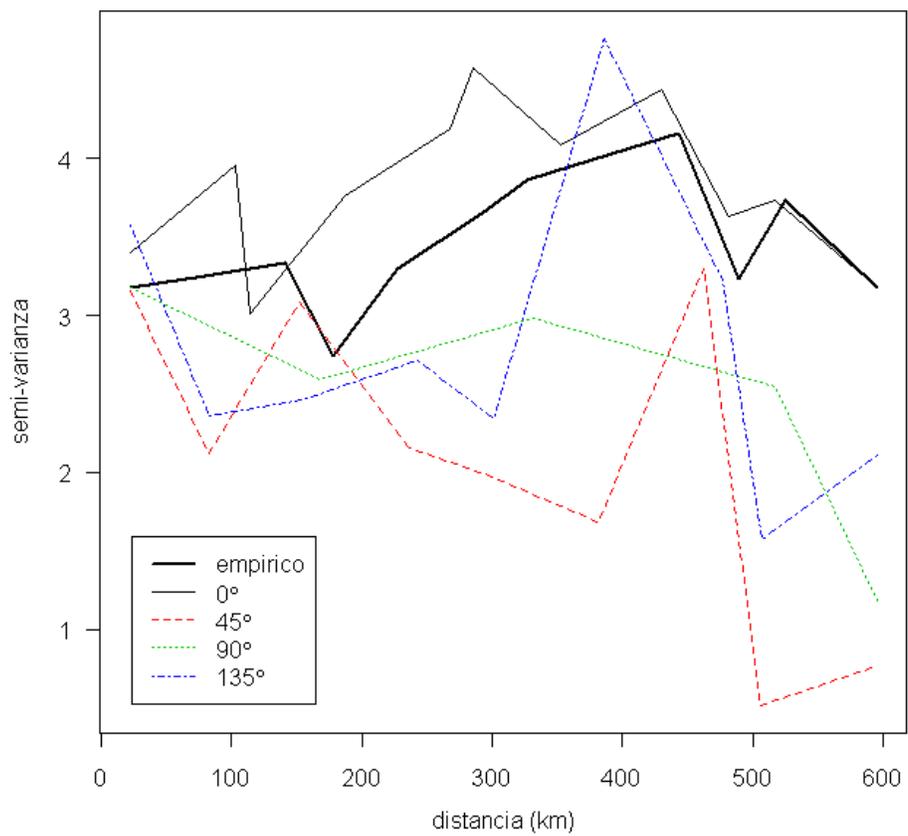


Figura 97. Variograma empírico y direccionales en los 0, 45, 90 y 135°.

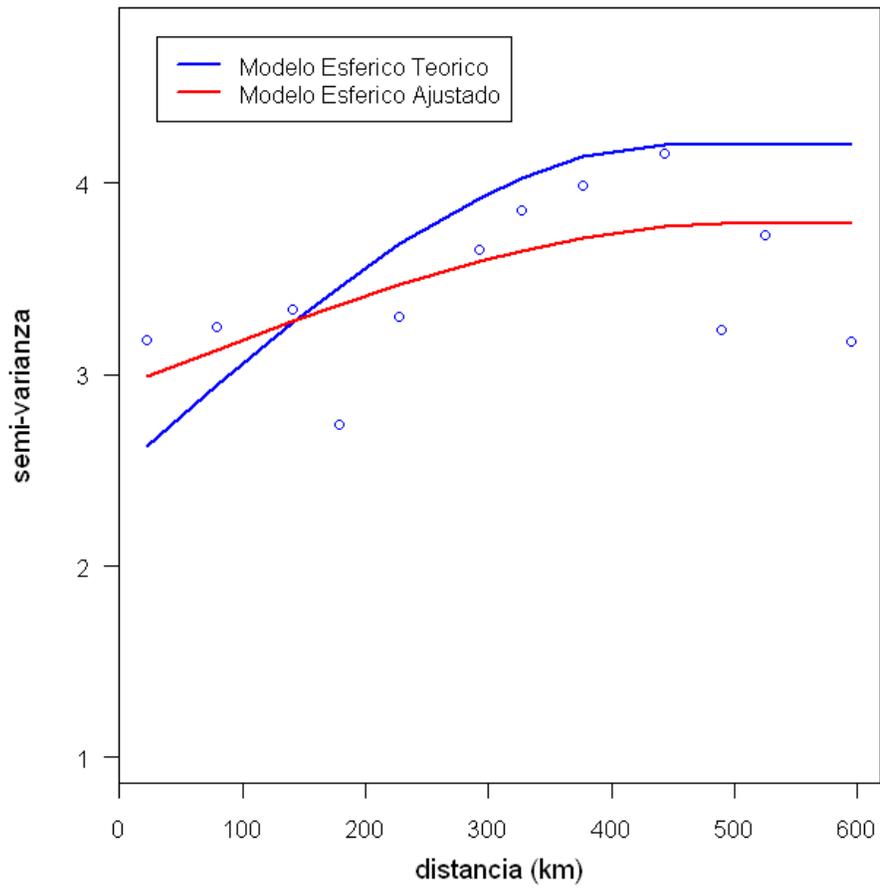


Figura 98. Modelo esférico te3rico y ajustado para el variograma para la biomasa de huevos y larvas de anchoveta.

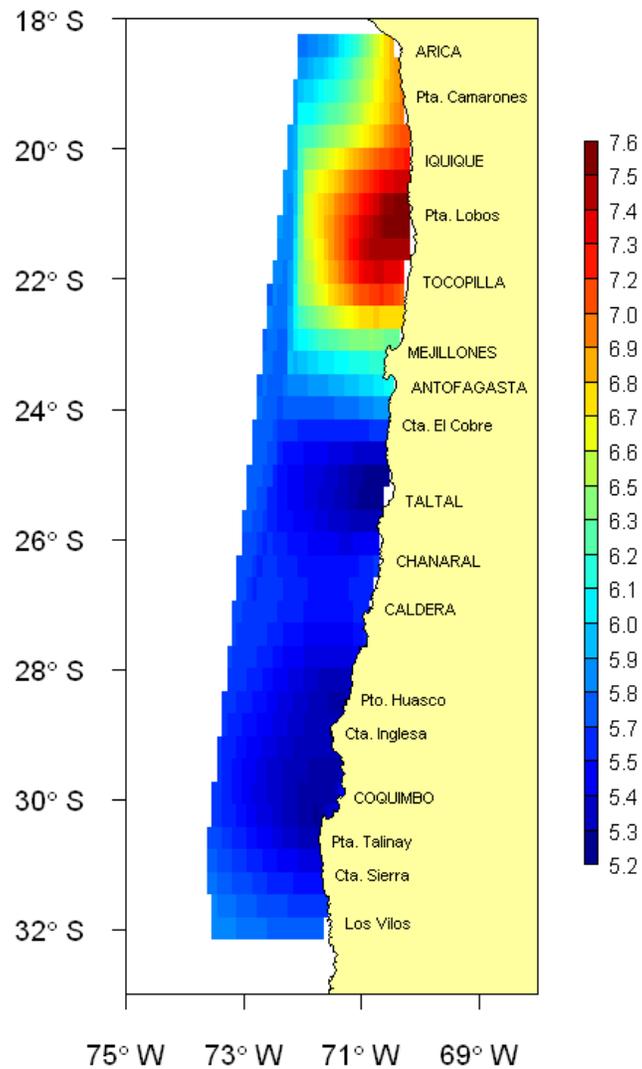


Figura 99. Mapa de la distribuci3n espacial de los huevos y larvas de anchoveta por medio del kriging ordinario puntual.

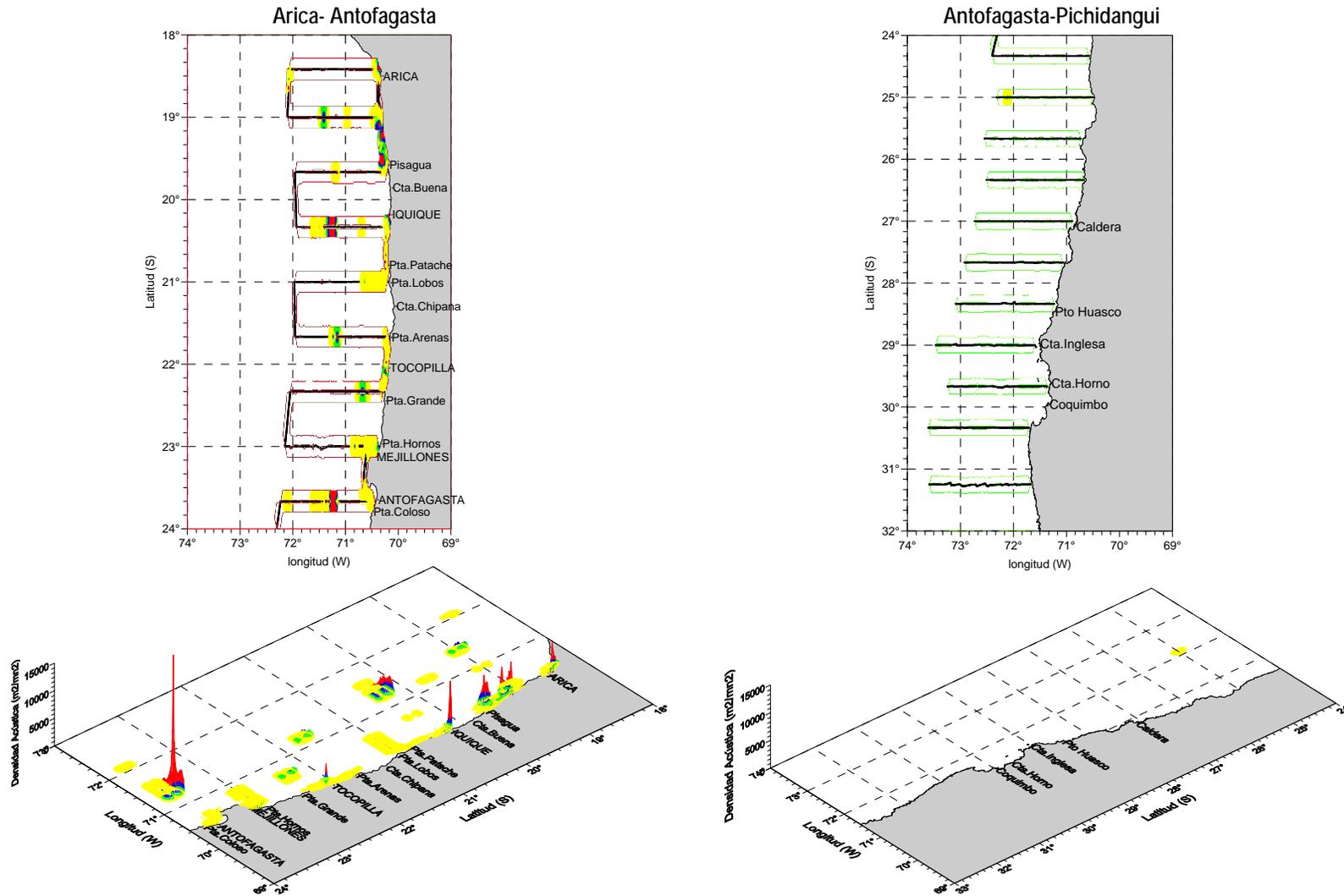


Figura 100. Distribuci3n geogr1fica de anchoveta entre Arica - Antofagasta y Antofagasta - Pichidanguí. Crucero MOBIO 0709 -septiembre/octubre 2007.

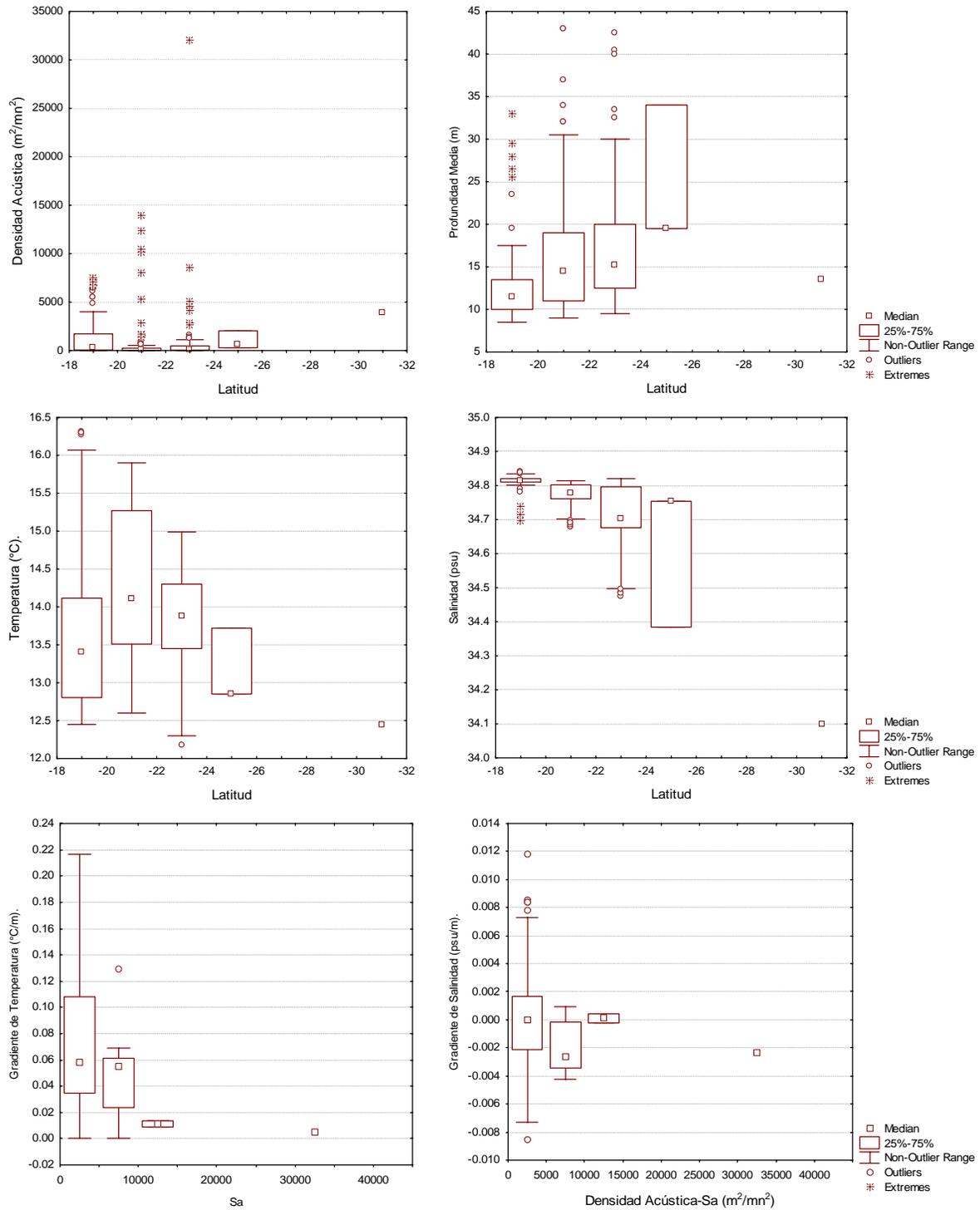


Figura 101. Relaciones de las densidades acústicas de anchoveta respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

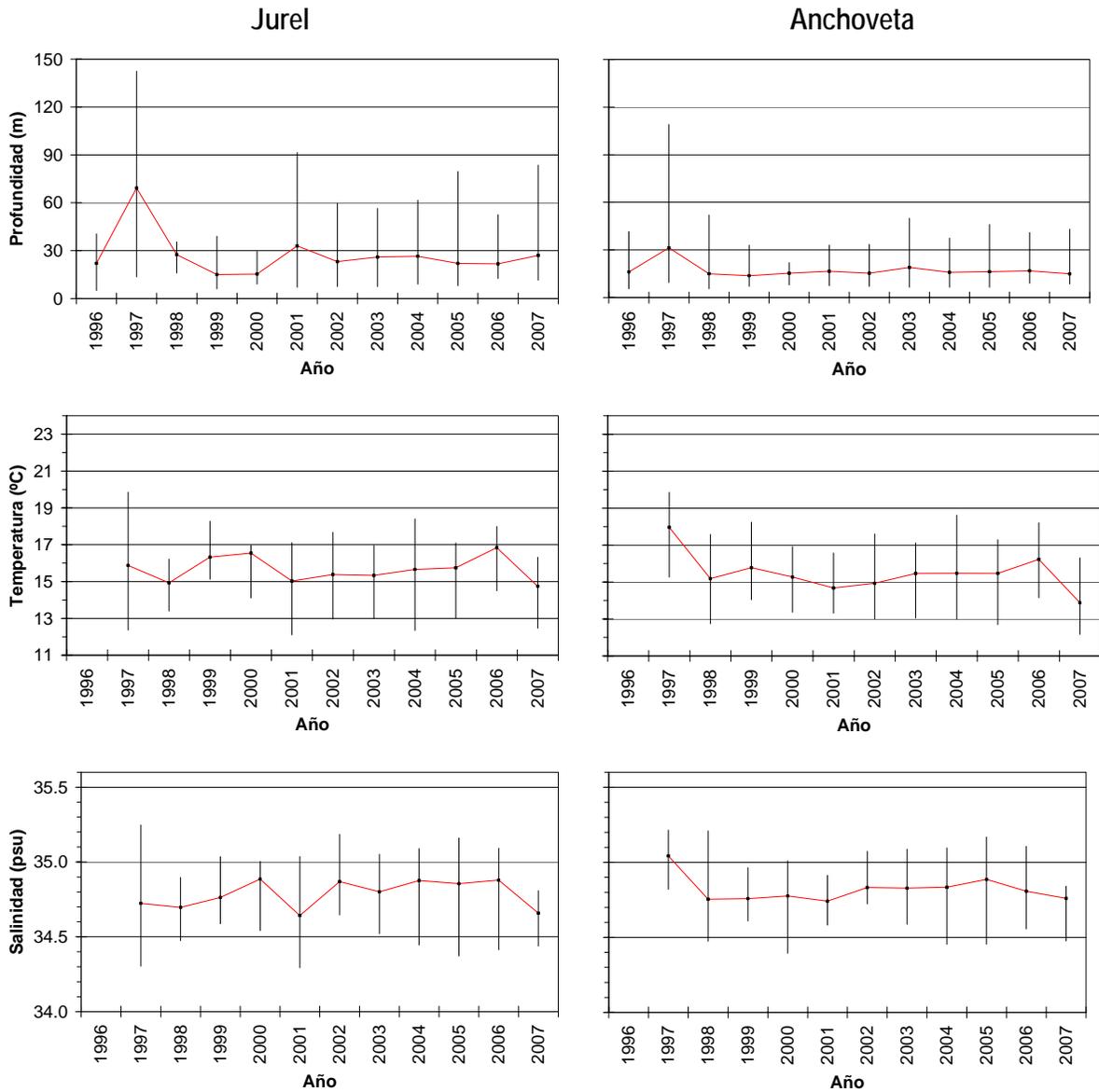


Figura 102. Serie histórica de los valores promedio, mínimos y máximos de profundidad, temperatura y salinidad de anchoveta y jurel en los inviernos del período 1996-2007.

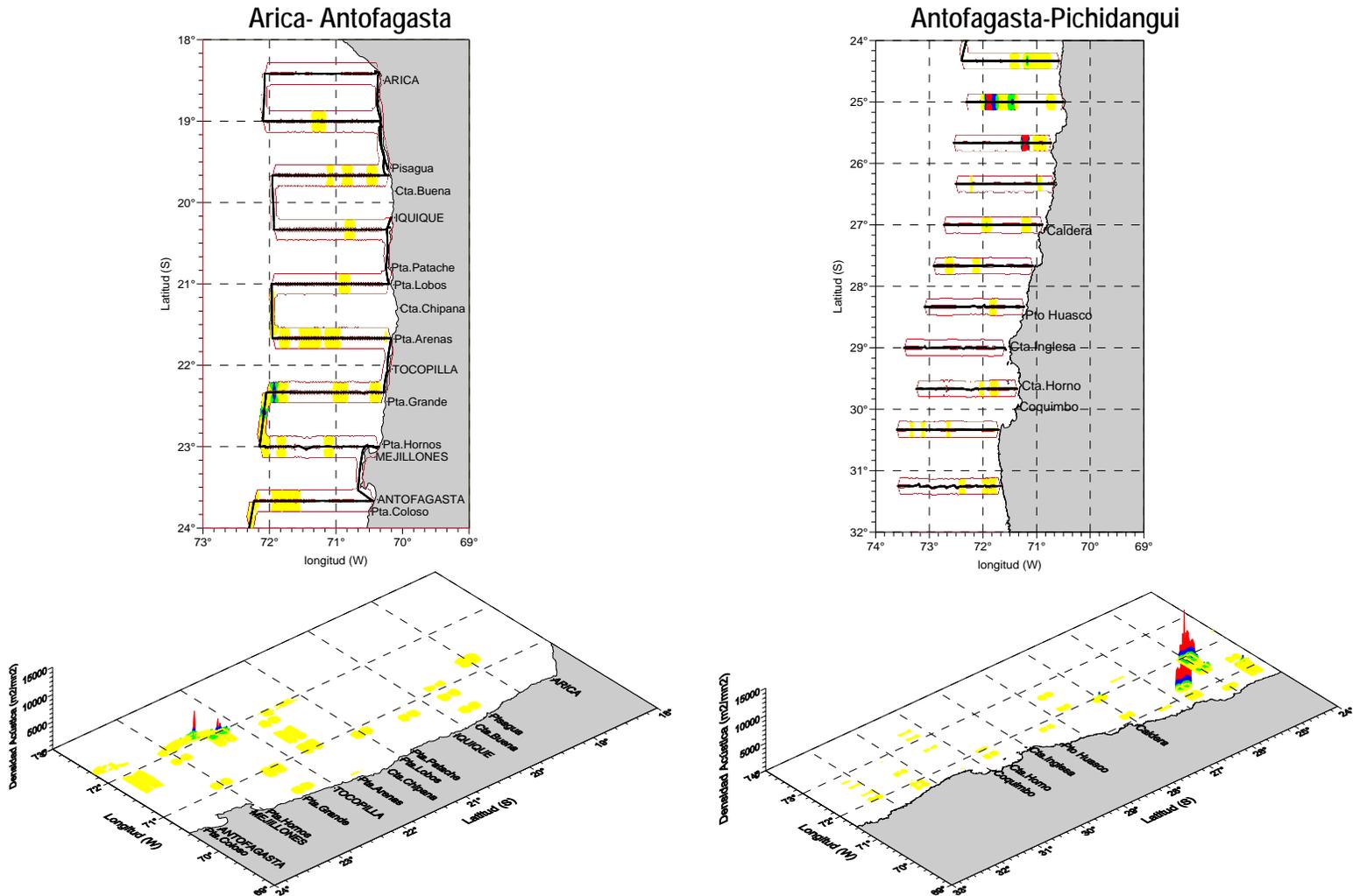


Figura 103. Distribuci3n geogr1fica de jurel entre Arica - Antofagasta y Antofagasta - Pichidanguí. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

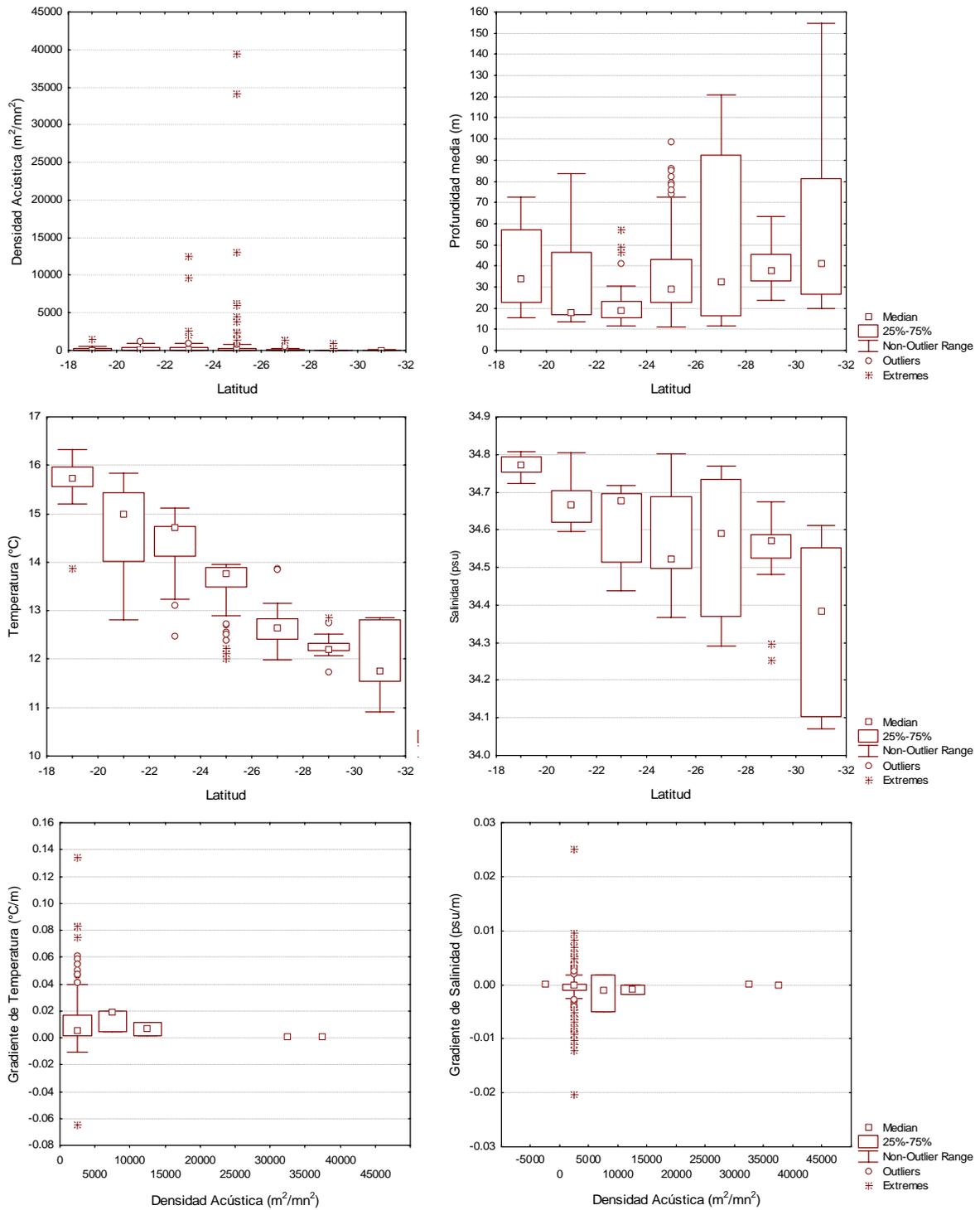


Figura 104. Relaciones de las densidades acústicas de jurel respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

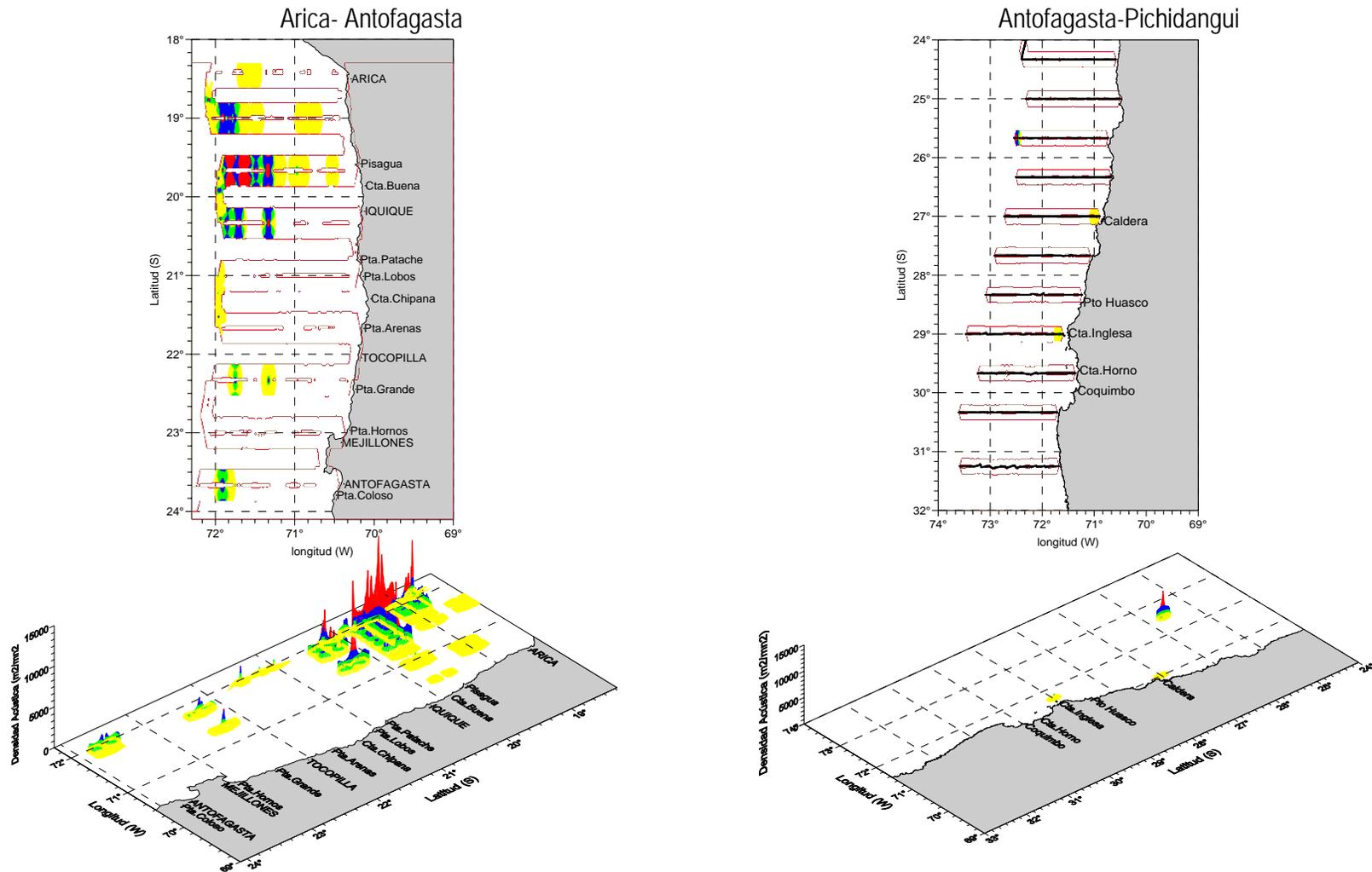


Figura 105. Distribuci3n geogr3fica de pez linterna entre Arica - Antofagasta y Antofagasta - Pichidanguí. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

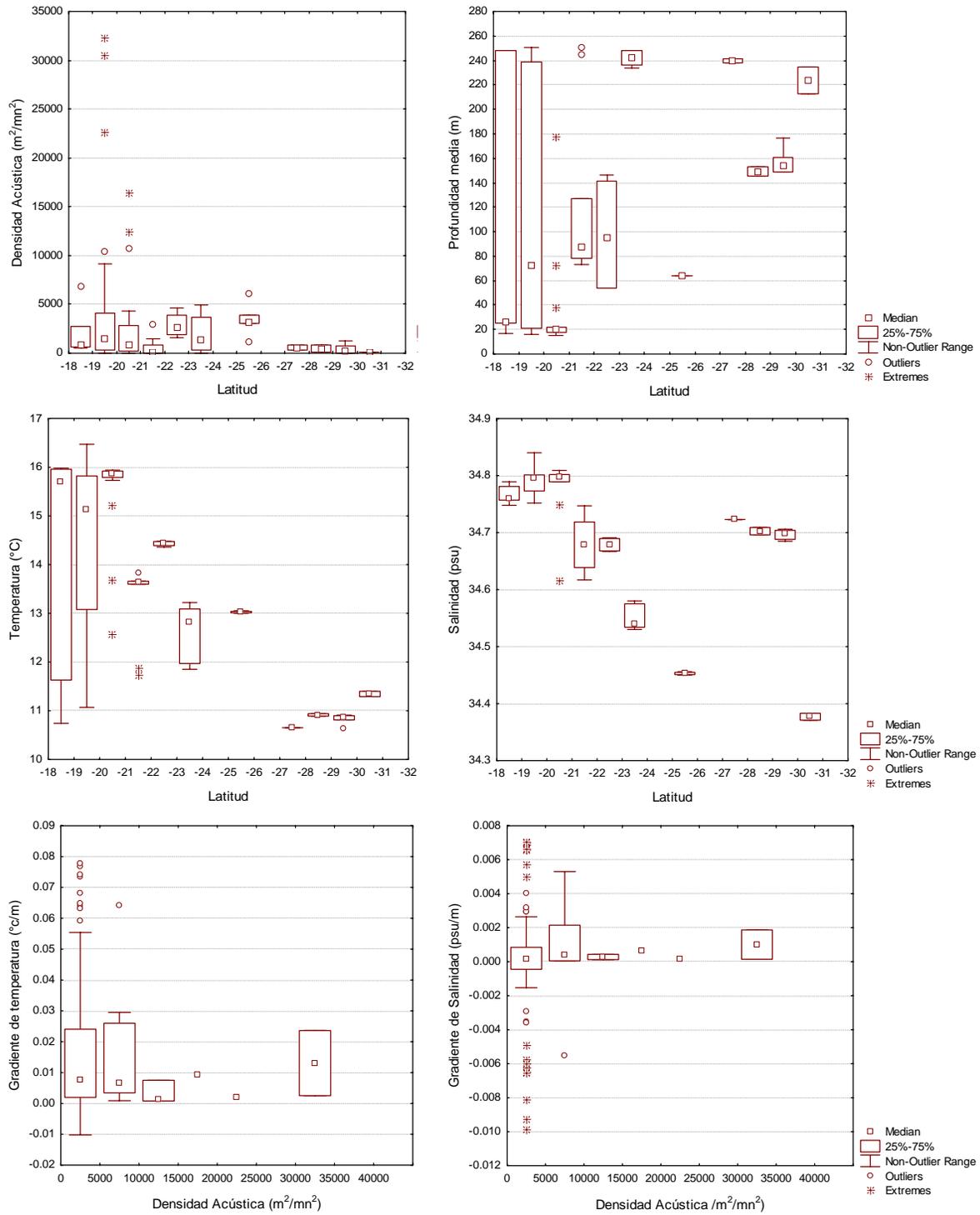


Figura 106. Relaciones de las densidades acústicas de pez linterna respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

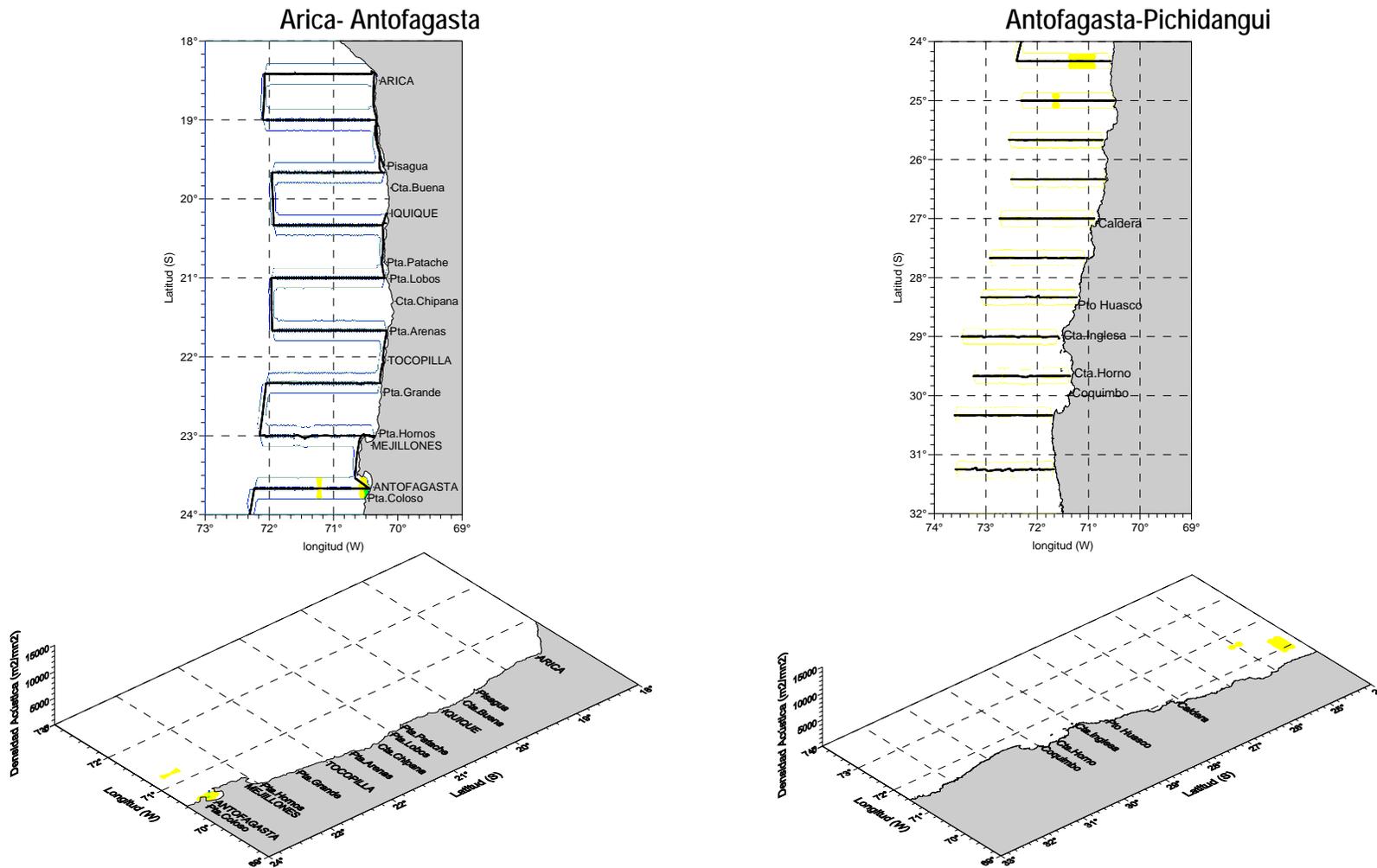


Figura 107. Distribuci3n geogr1fica de caballa entre Arica - Antofagasta y Antofagasta - Pichidangui. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

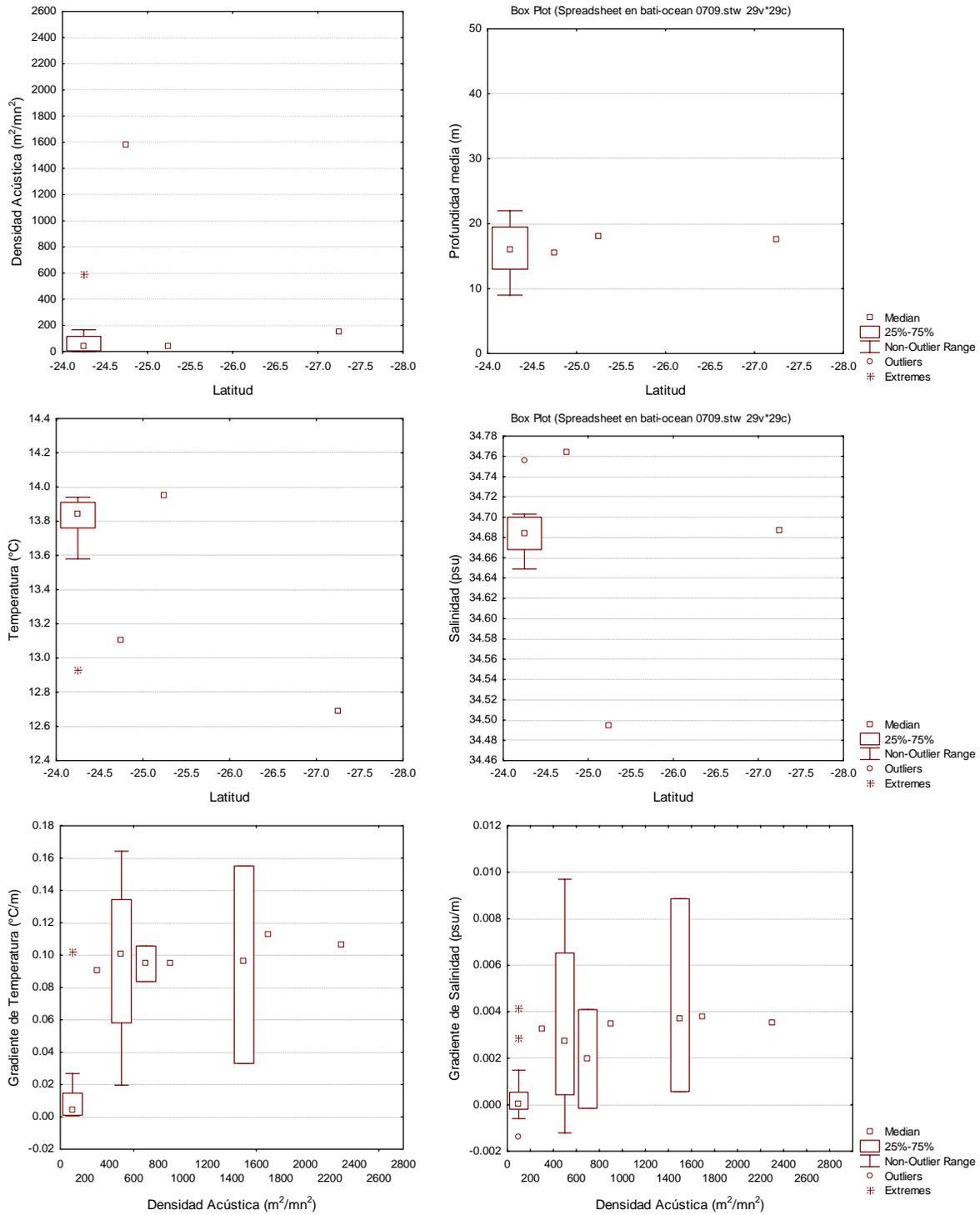


Figura 108. Relaciones de las densidades acústicas de caballa respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.



Arica- Antofagasta

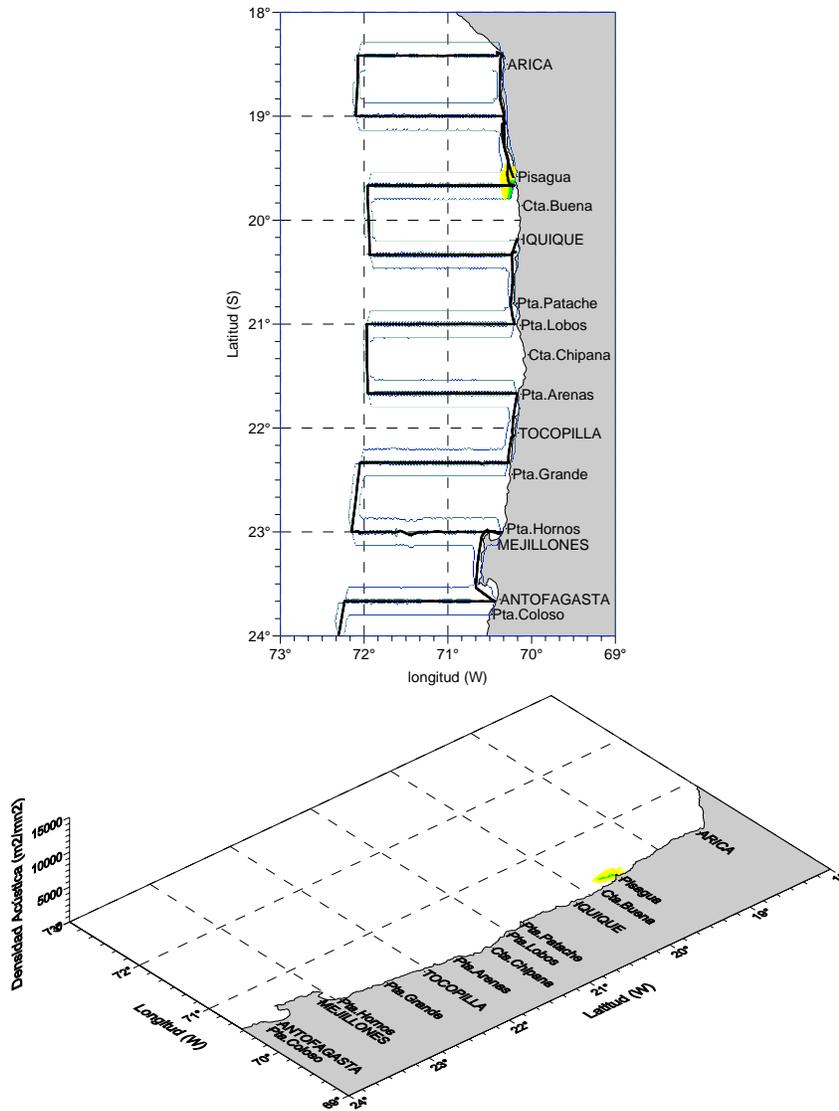


Figura 109. Distribuci3n geogr1fica de langostino entre Arica - Antofagasta. Crucero MOBIO 0709 - septiembre/octubre 2007.

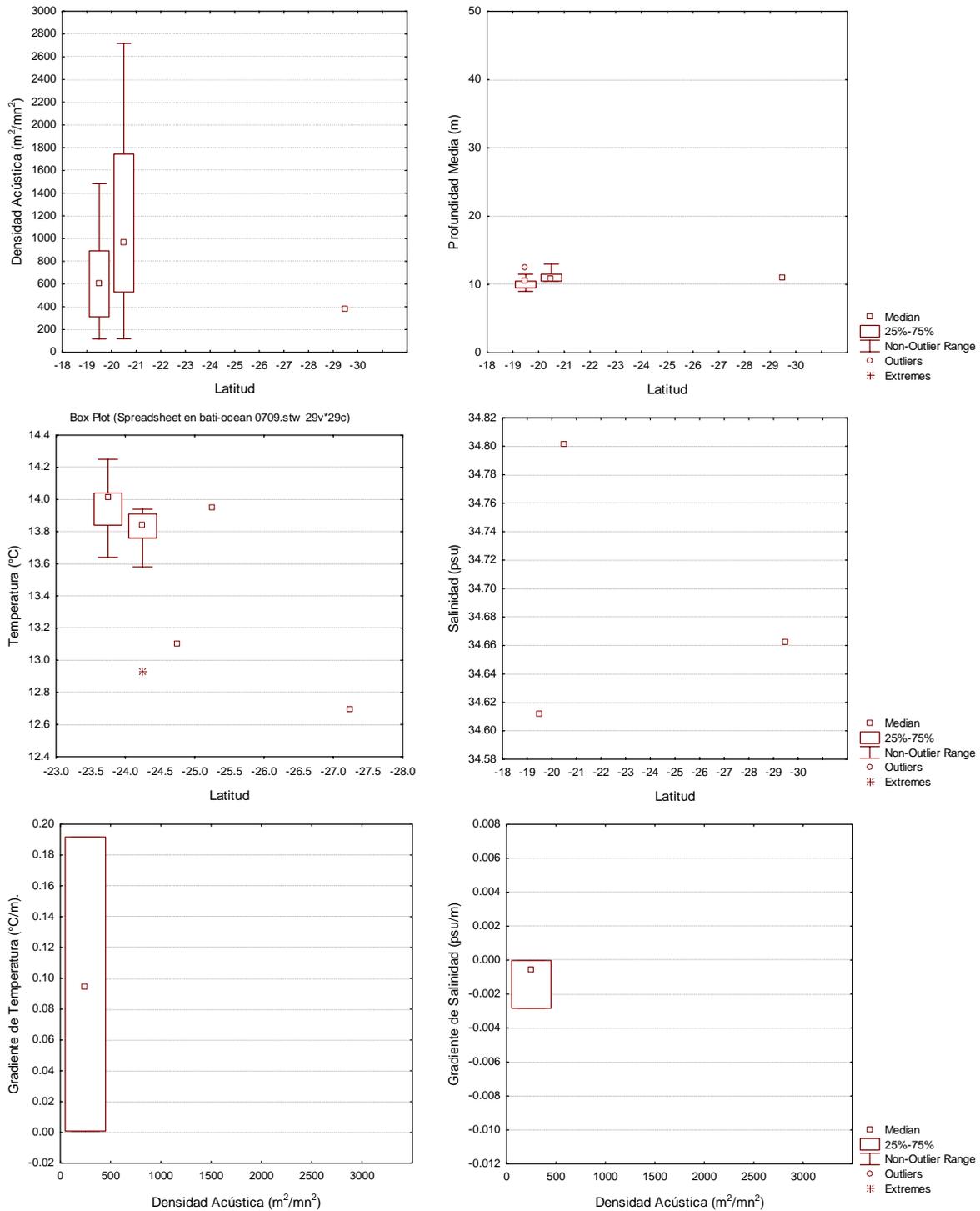


Figura 110. Relaciones de las densidades acústicas de langostino respecto a la latitud, profundidad, temperatura, salinidad, gradientes de temperatura y salinidad. Crucero MOBIO 0709 – septiembre/octubre 2007.

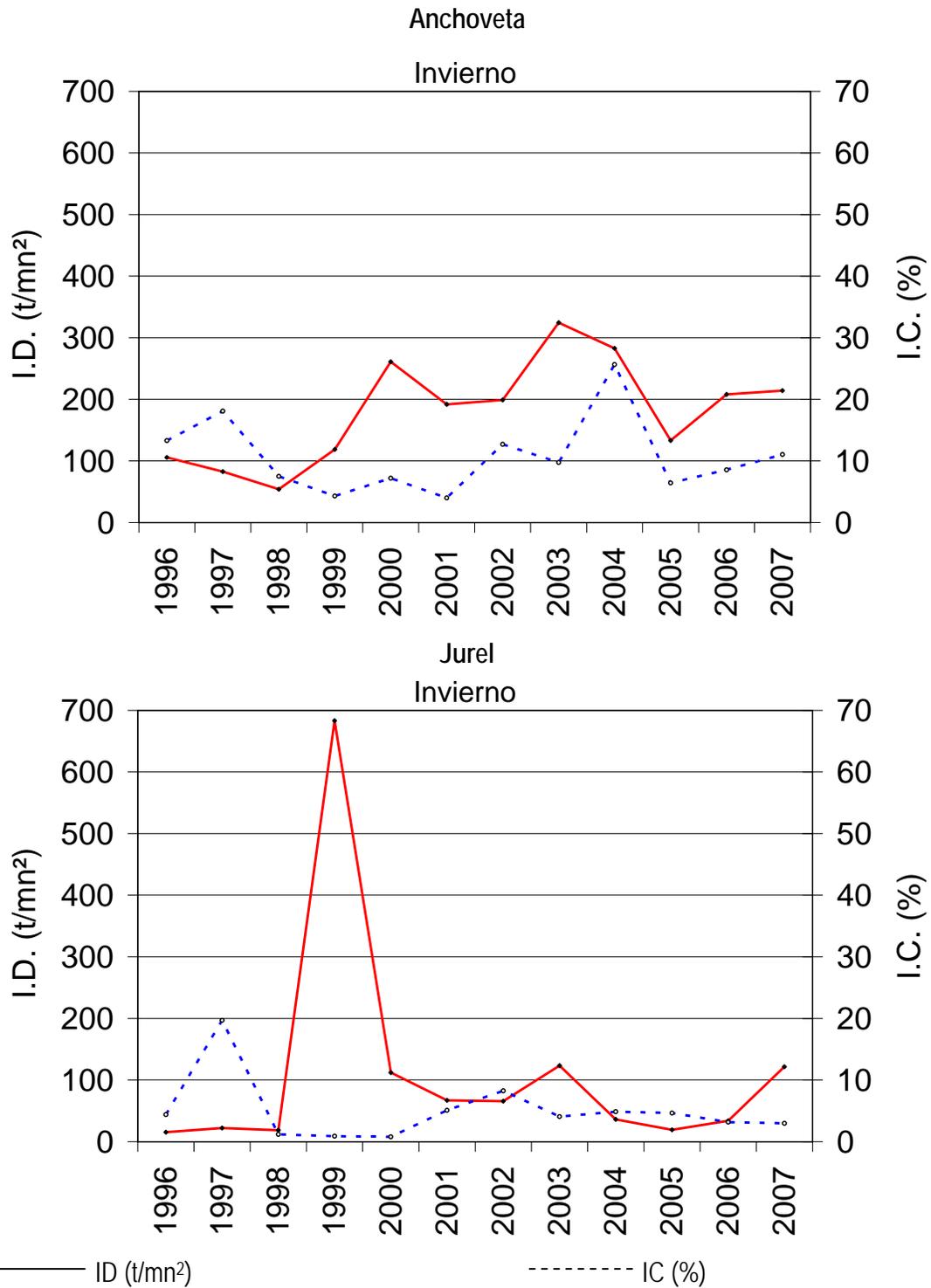


Figura 111. Indices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) t/mn² de anchoveta y jurel en los inviernos del periodo 1997-2007.

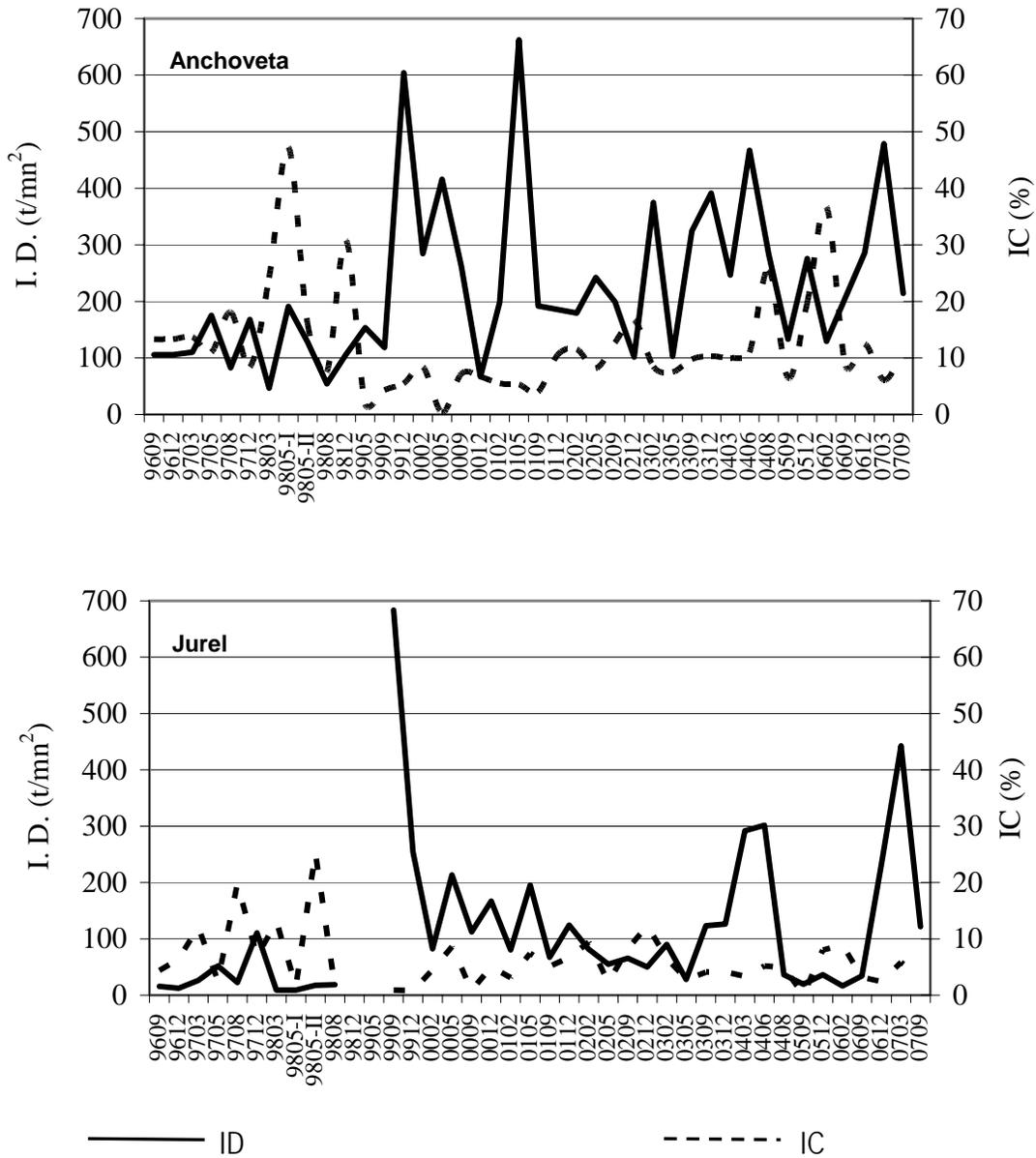


Figura 112. Indices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) t/mn² anchoveta y jurel históricos. Periodo 1997-2007.

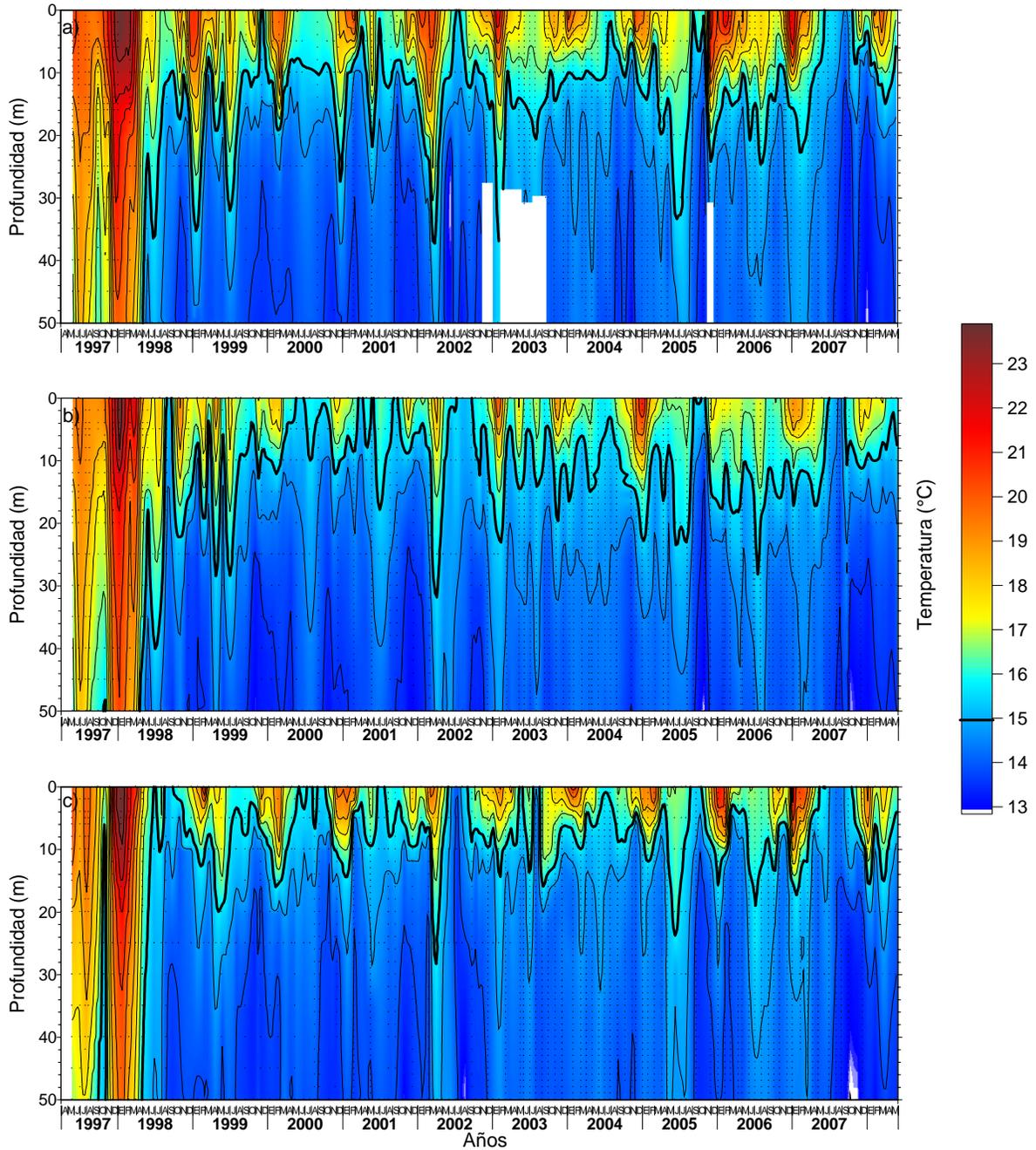


Figura 113. Variabilidad temporal de la distribuci3n vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a mayo de 2008.

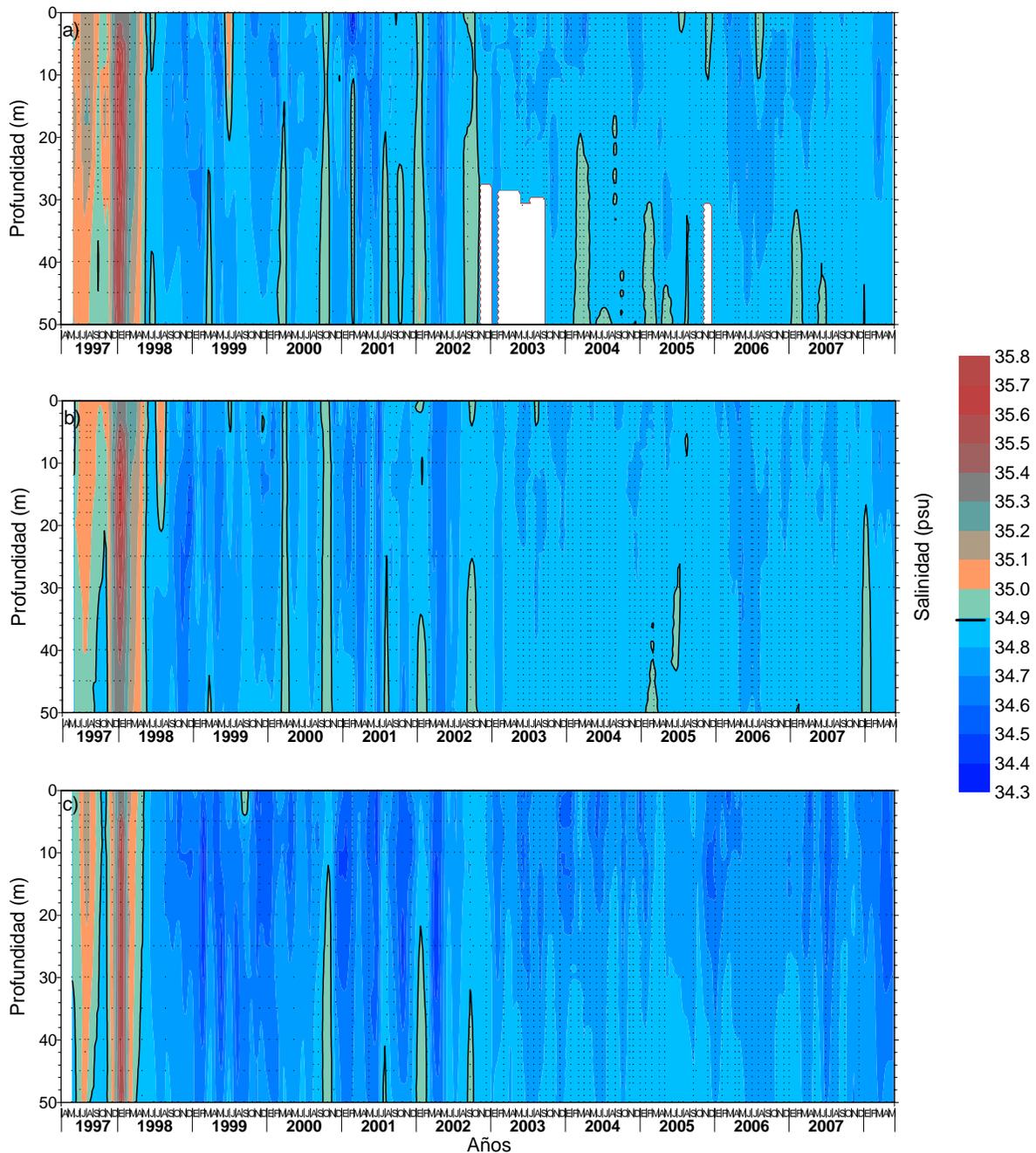


Figura 114. Variabilidad temporal de la distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a mayo de 2008.

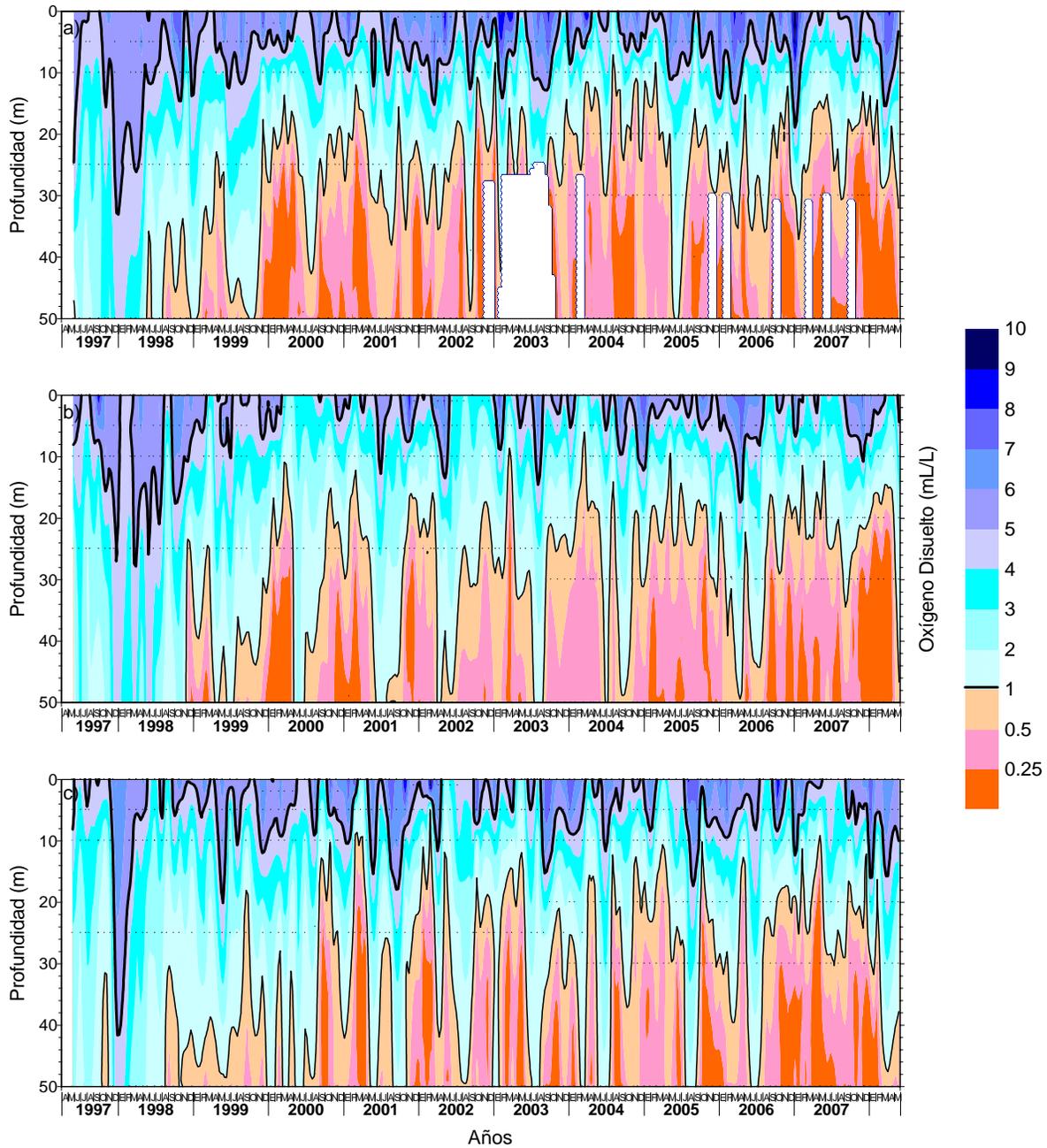


Figura 115. Variabilidad temporal de la distribuci3n vertical de oxigeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a mayo de 2008.

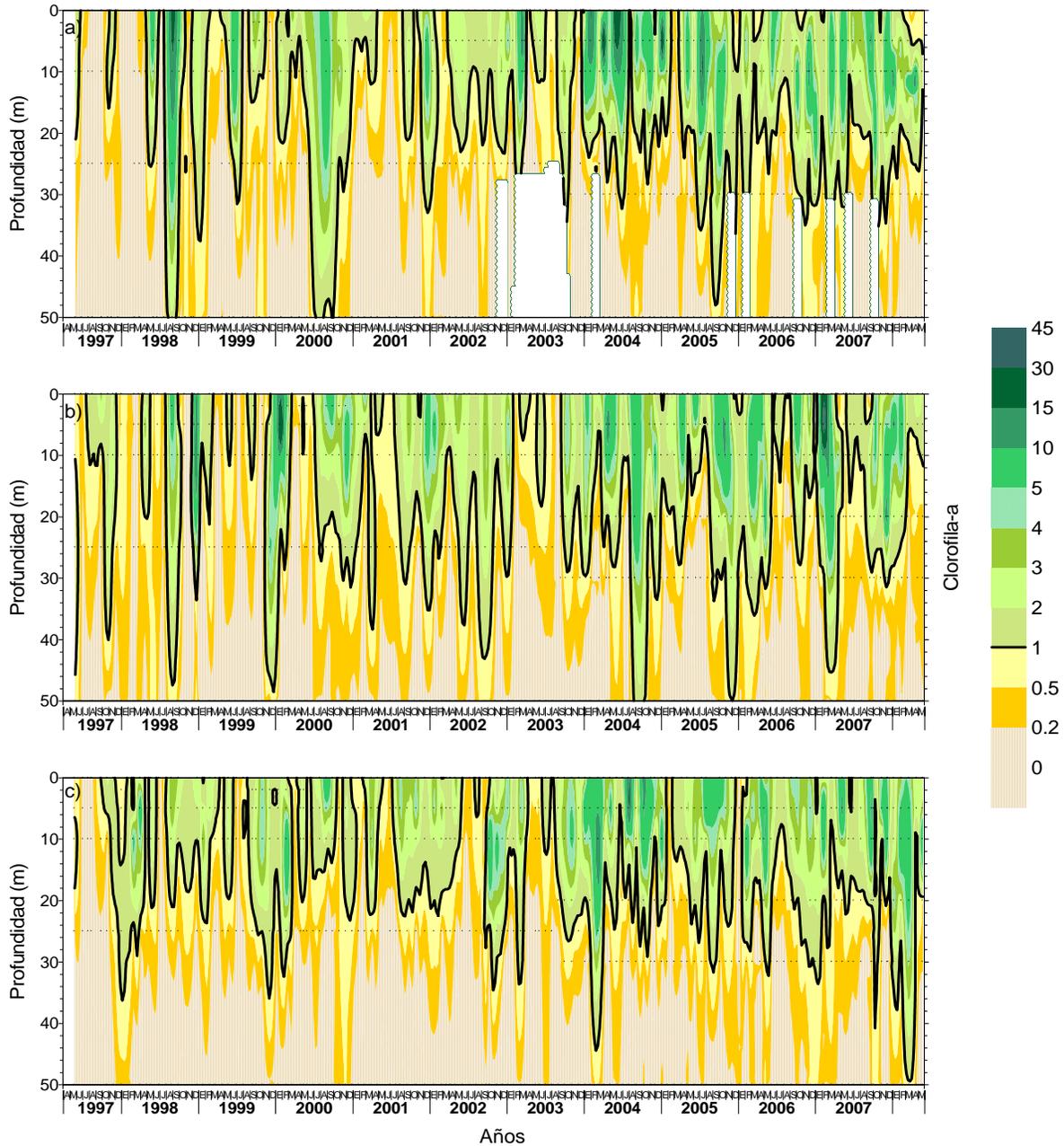


Figura 116. Variabilidad temporal de la distribuci3n vertical de la biomasa fitoplanct3nica estimada como clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 a mayo de 2008.

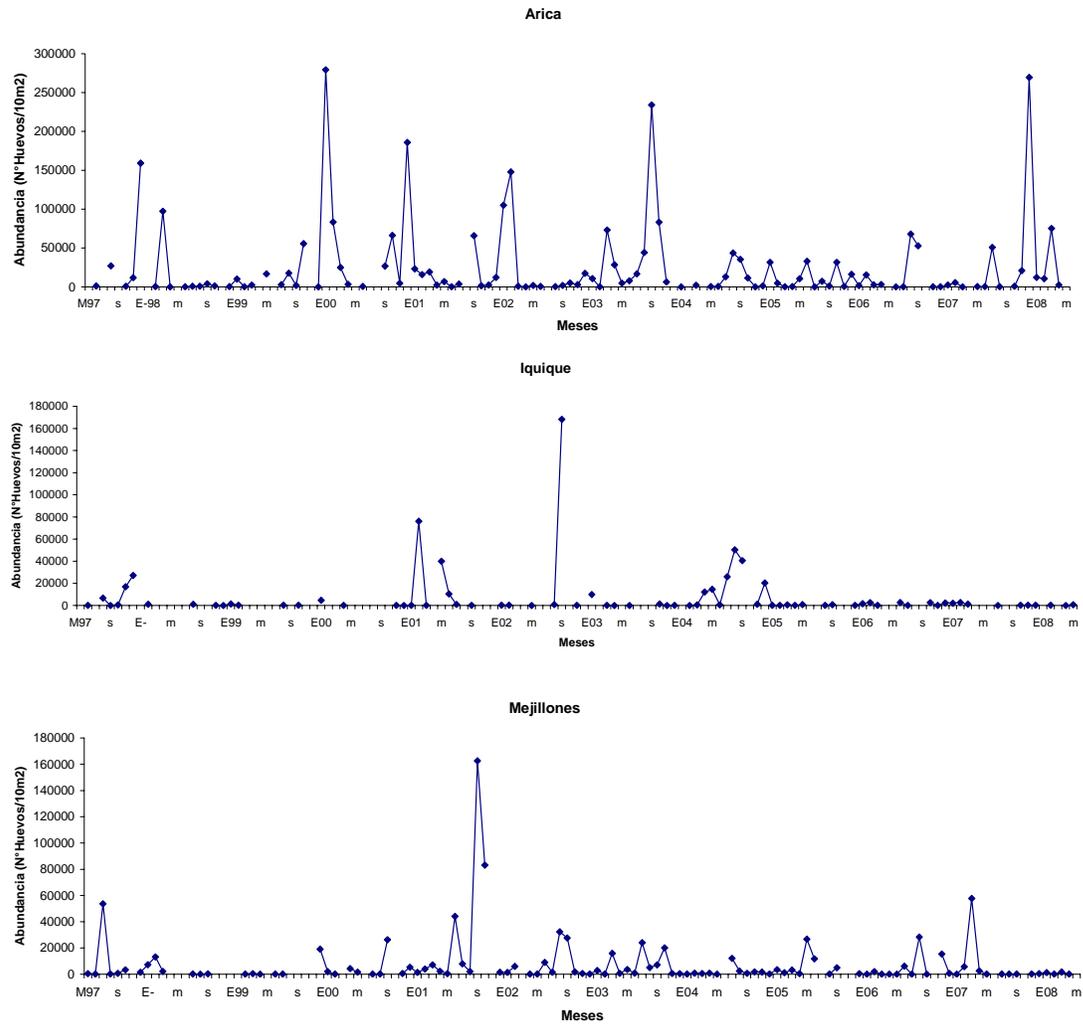


Figura 117. Variaci3n temporal de la distribuci3n y abundancia de huevos de anchoveta en las estaciones fijas de vigilancia de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Mayo 2008.

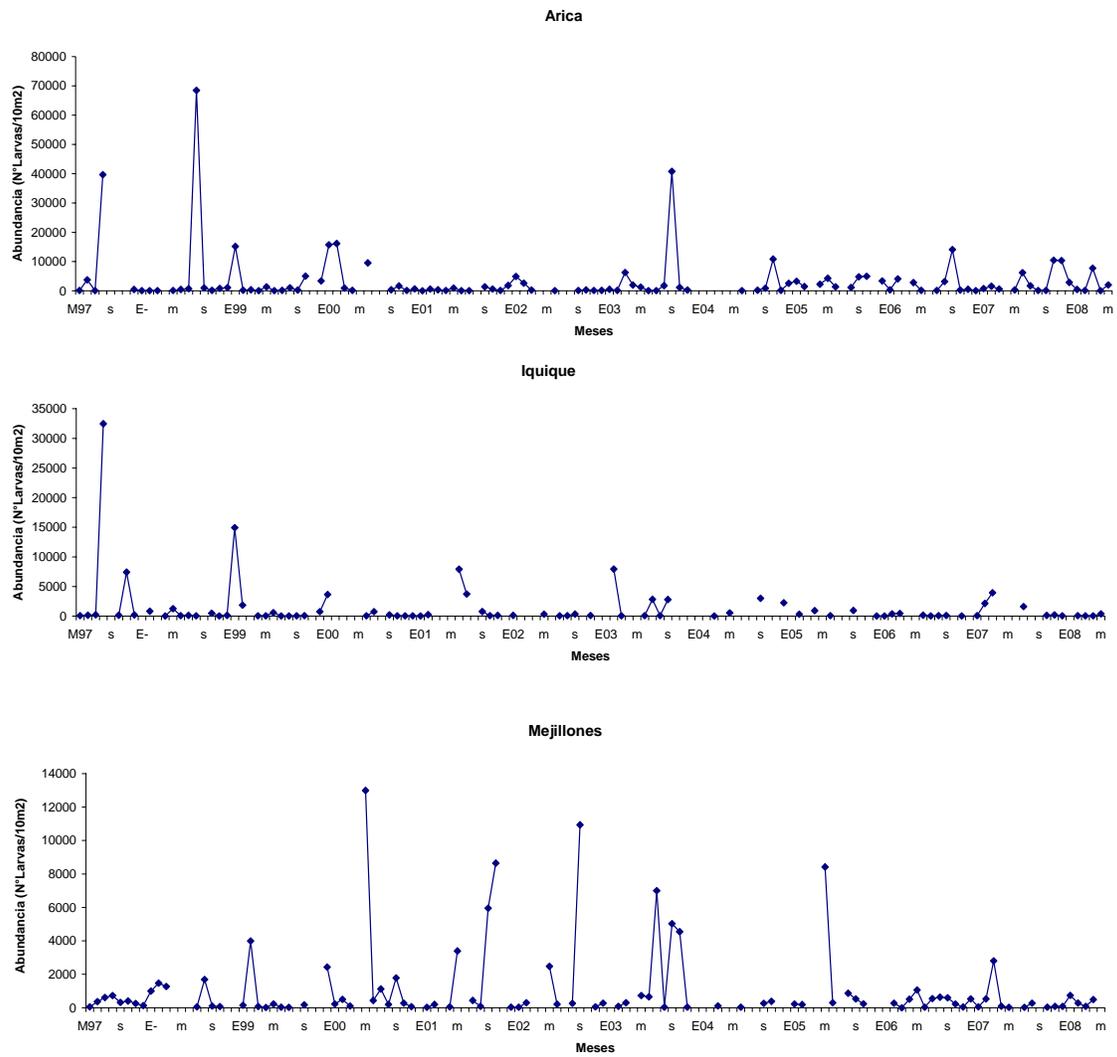


Figura 118. Variaci3n temporal de la distribuci3n y abundancia de larvas de anchoveta en las estaciones fijas de vigilancia de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 – Mayo 2008.

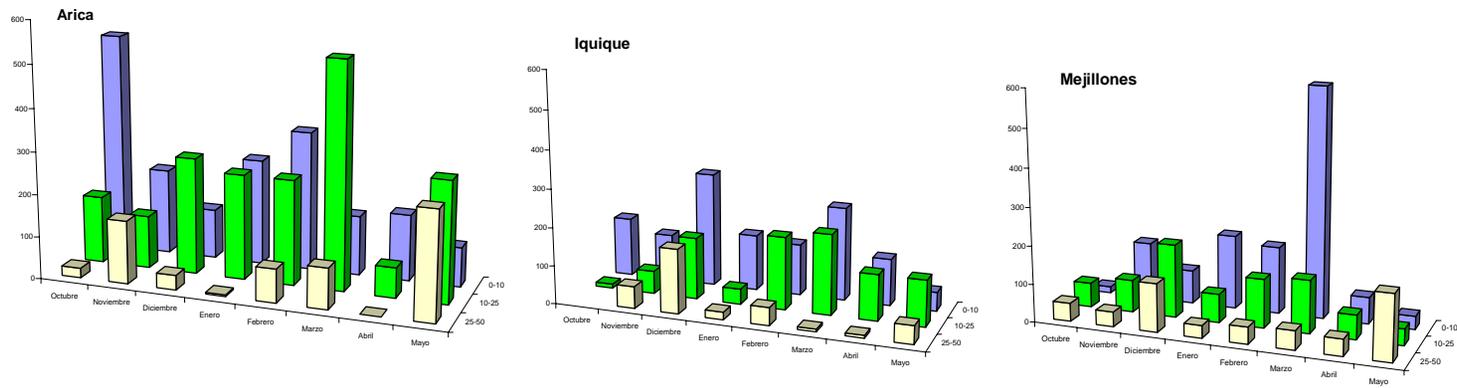


Figura 119. Variaci3n temporal de la biomasa zooplanct3nica por estrato de profundidad en las estaciones costeras mensuales. Octubre 1997 – Mayo 2008.

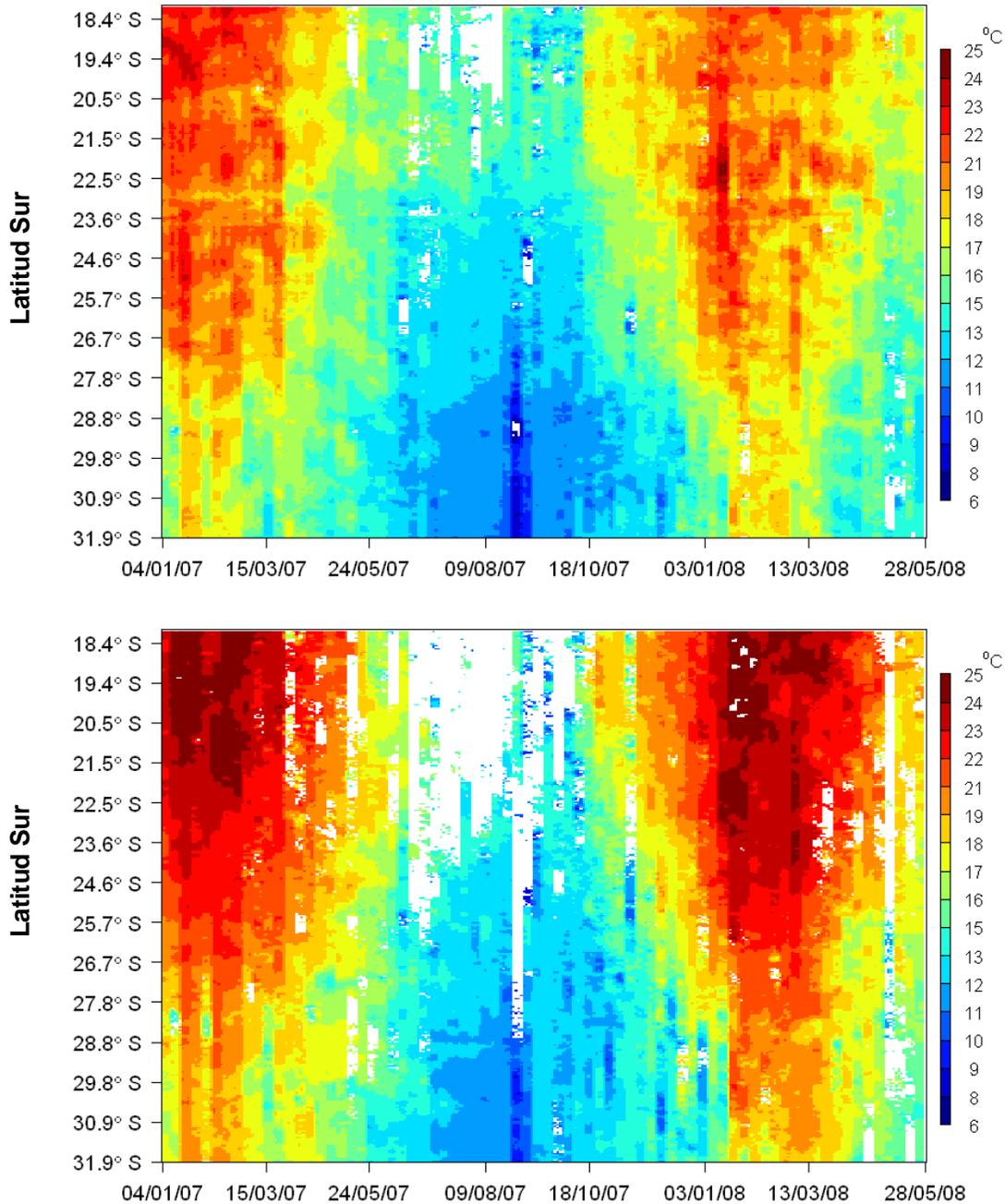


Figura 120. Diagrama latitud-tiempo para la TSM promedio por semana entre los 18° y 32°S para el 1rea costera (panel superior) que corresponde al valor medio de los primeros tres pol1gonos y un 1rea oce1nica (panel inferior) dado por el valor medio de los 1ltimos tres pol1gonos.

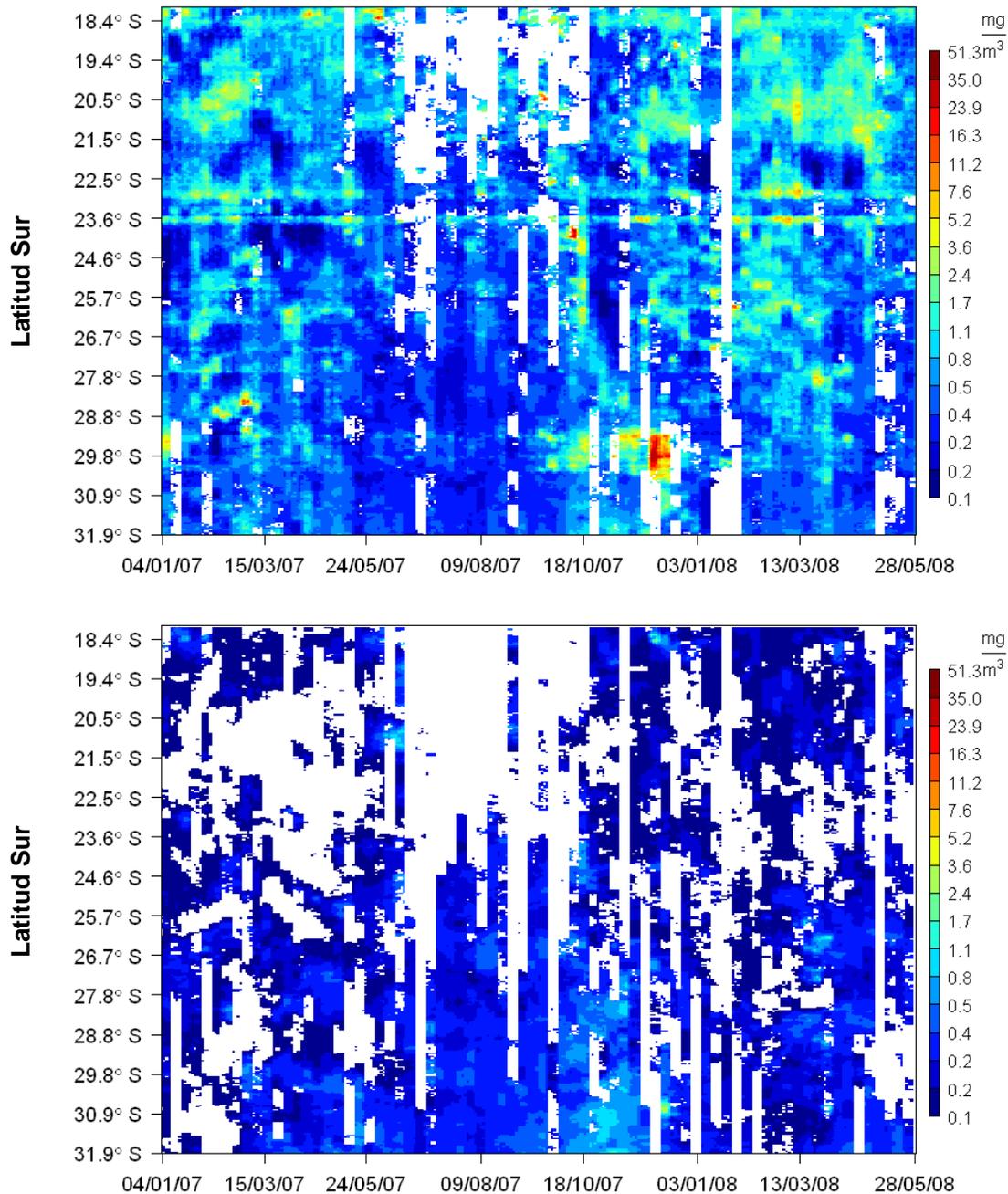


Figura 121. Diagrama latitud-tiempo para la Cloa promedio por semana entre los 18° y 32°S para el área costera (panel superior) que corresponde al valor medio de los tres polígonos costeros y un área oceánica (panel inferior) dado por el valor medio de los tres polígonos oceánicos.

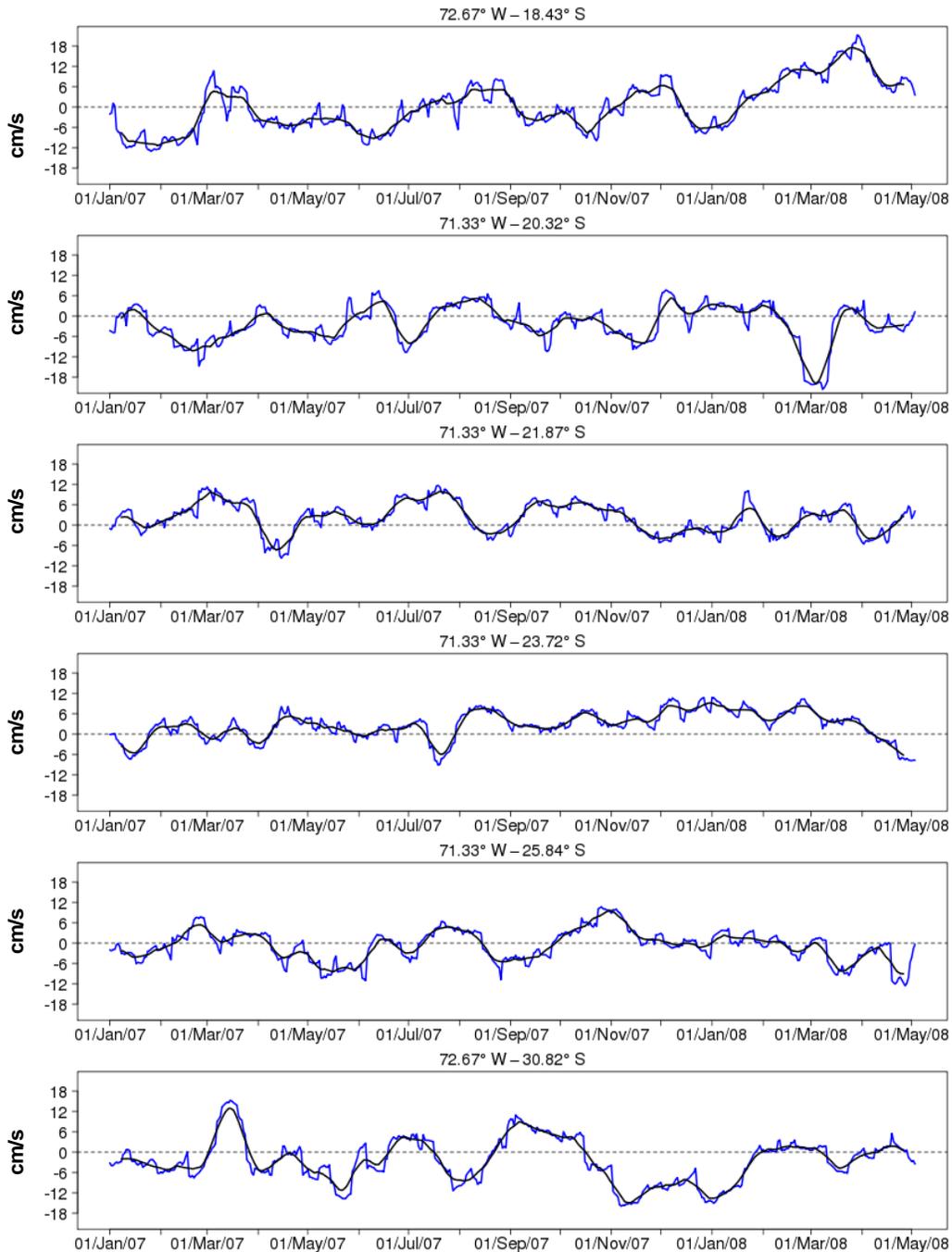


Figura 122. Series temporales diarias de la componente zonal de la corriente (cm/s, eje vertical) para las seis estaciones oceánicas. Las series van desde norte (panel superior) al sur (panel inferior), la línea puntuada representa el valor cero y la negra representa un promedio móvil.

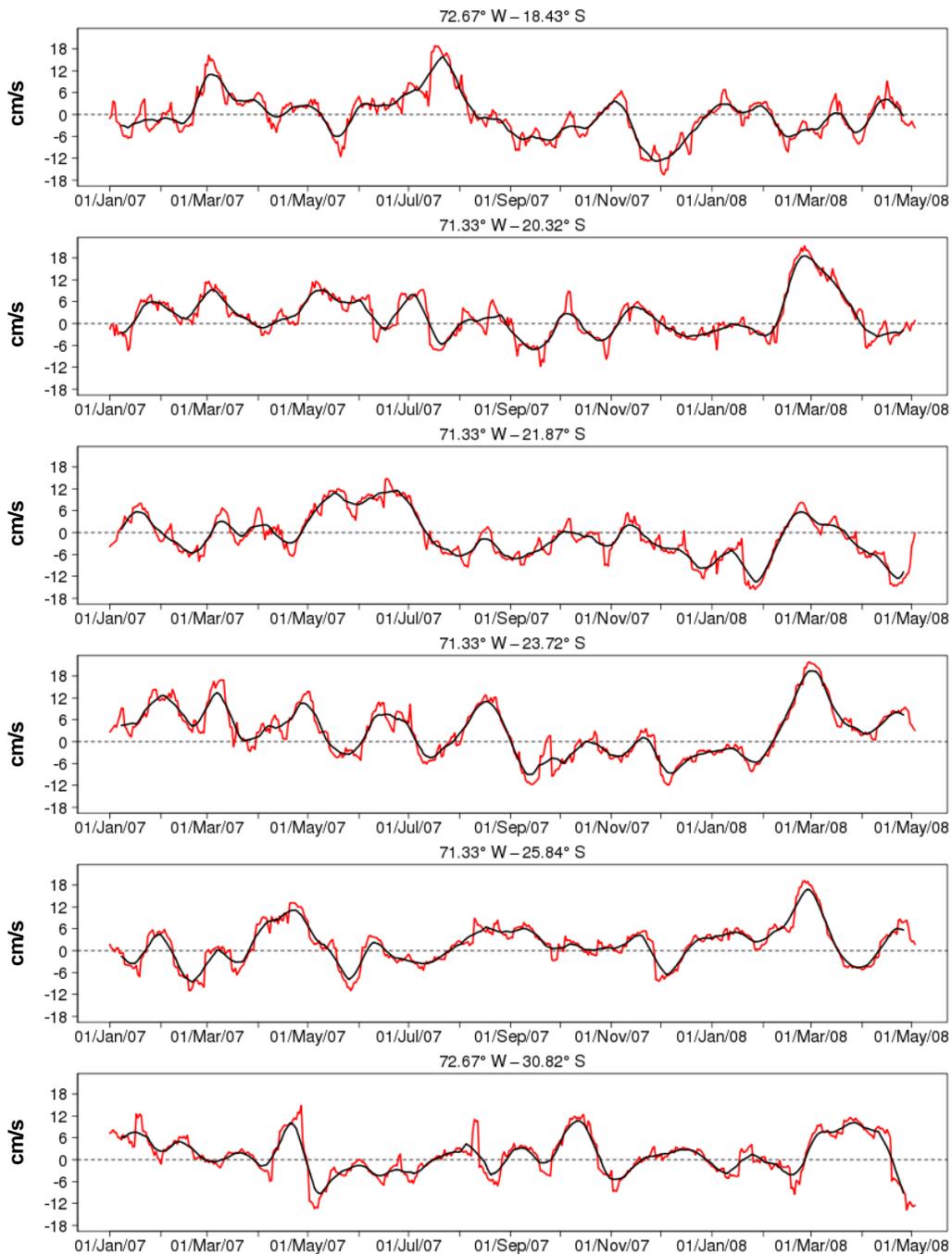


Figura 123. Series temporales diarias de la componente meridional de las corrientes (cm/s, eje vertical) de las seis estaciones oceánicas. Las series van desde norte (panel superior) al sur (panel inferior), la línea puntuada representa el valor cero y la negra representa un promedio móvil.

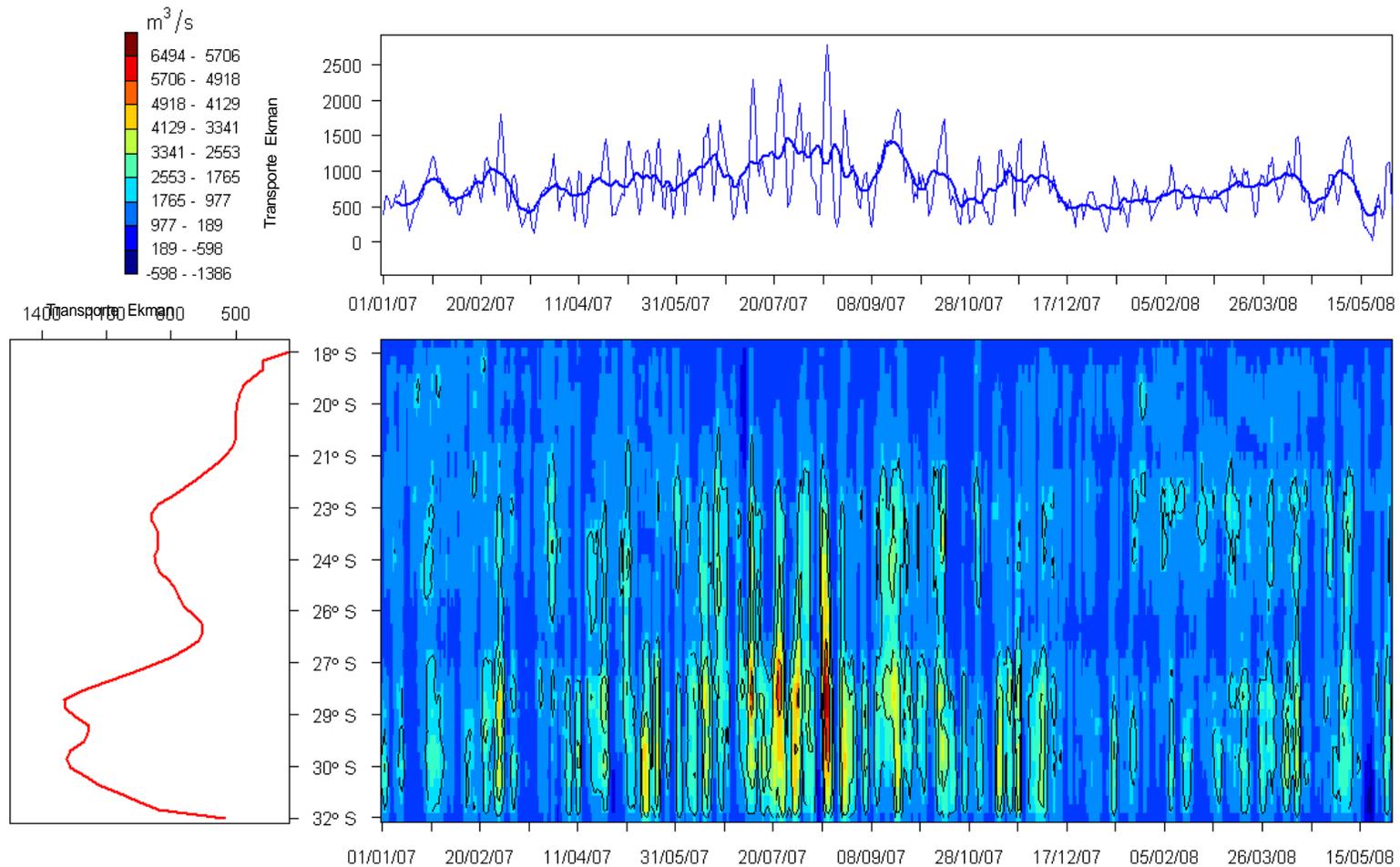


Figura 124. Transporte de Ekman ($m^3/s \times 1000$ metros de costa), derivado del valor de la componente zonal y meridional diaria del viento para los dos primeros píxeles cercanos a la costa y latitud por día. Se muestra el valor medio dado a lo largo del tiempo (panel superior) y el valor medio dado por la latitud (panel izquierdo).

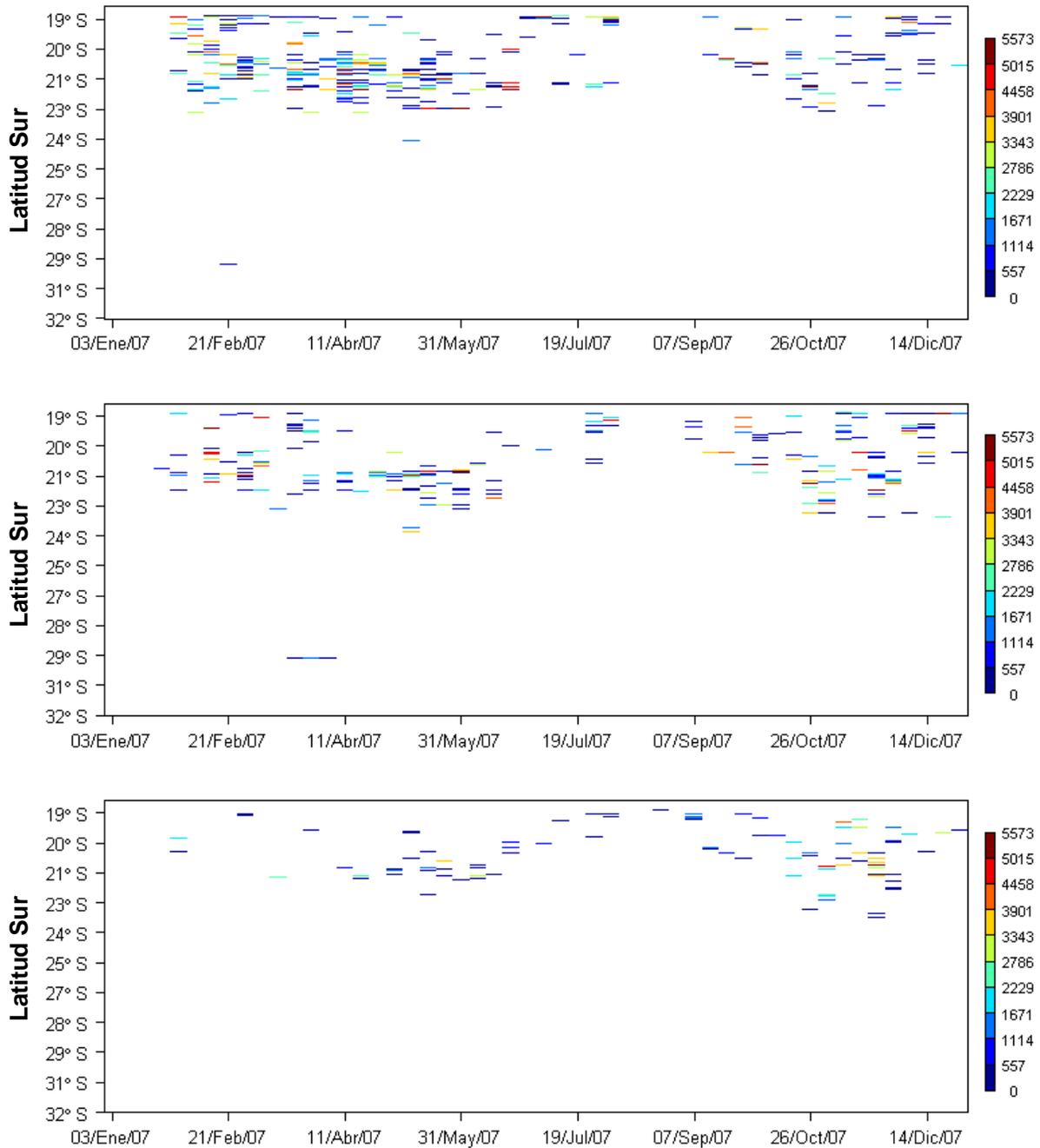


Figura 125. Diagrama latitud-tiempo para las capturas de anchoveta promedio por semana entre los 18° y 32°S para las primeras 10 millas náuticas (panel superior), 20 millas náuticas (panel intermedio) y 30 millas náuticas (panel inferior).

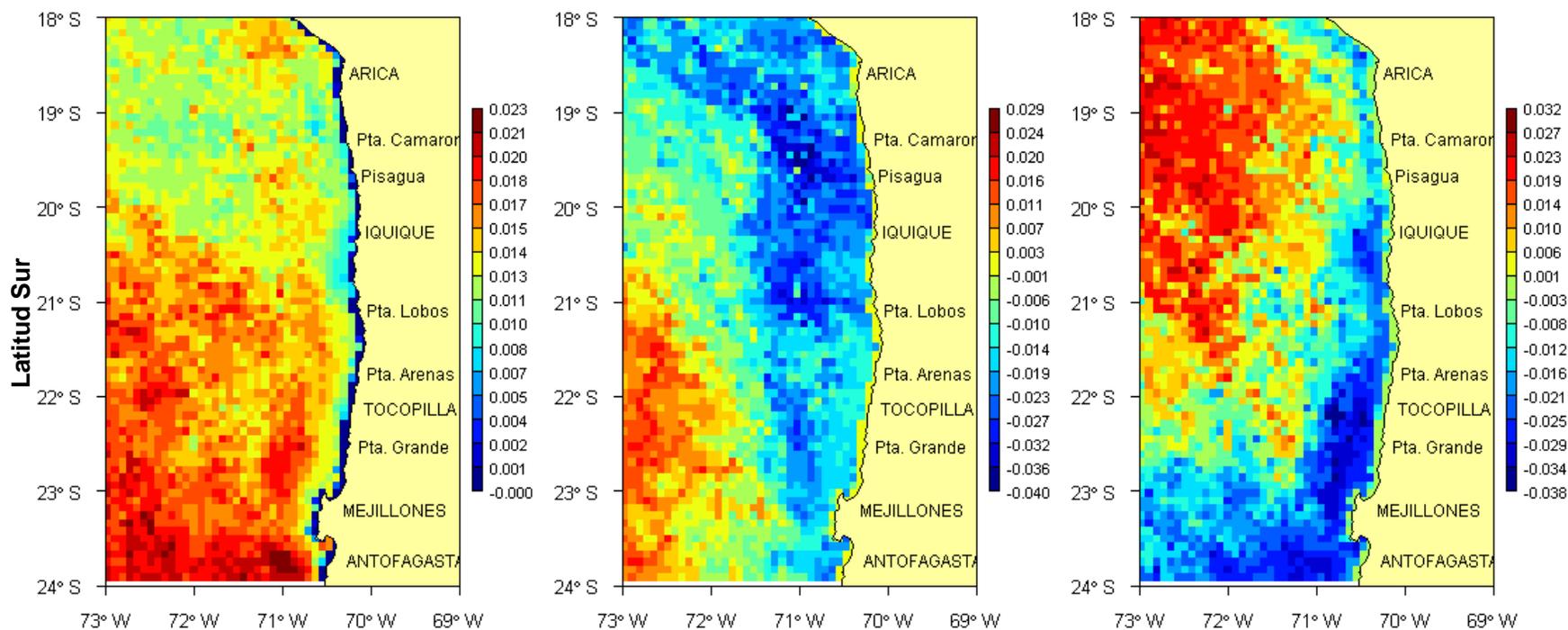


Figura 126. Patrones espaciales para los tres primeros componentes principales de la TSM, el primer componente (panel izquierdo), segundo componente (panel central) y el tercer componente (panel derecho).

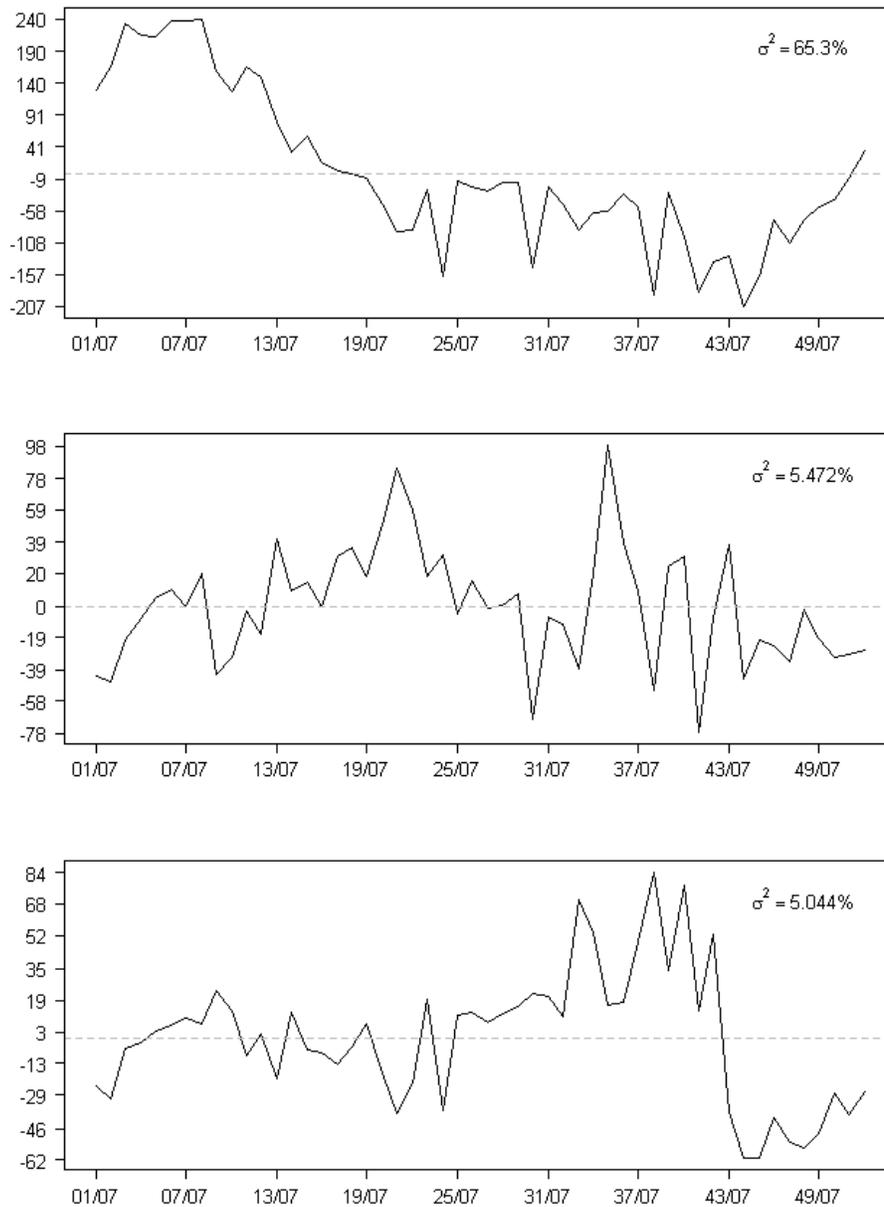


Figura 127. Patrones temporales (semanales) para los tres primeros componentes principales, el primer componente (panel superior), segundo componente (panel central) y el tercer componente (panel inferior) con su respectivo valor de varianza explicada por el componente.

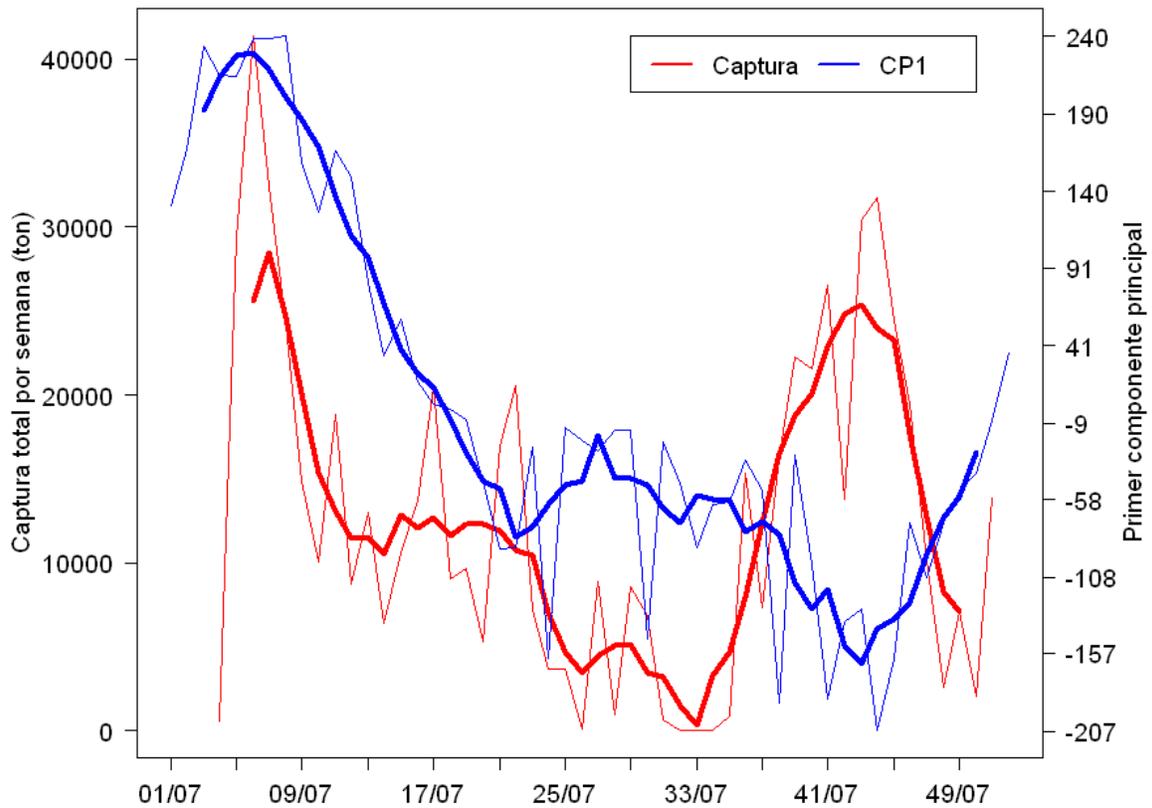


Figura 128. Relaci3n entre el primer componente principal derivado del an3lisis FOE a las series espaciales de TSM y la captura media semanal. Las l3neas gruesas representan un promedio m3vil de cinco semanas (\approx un mes).

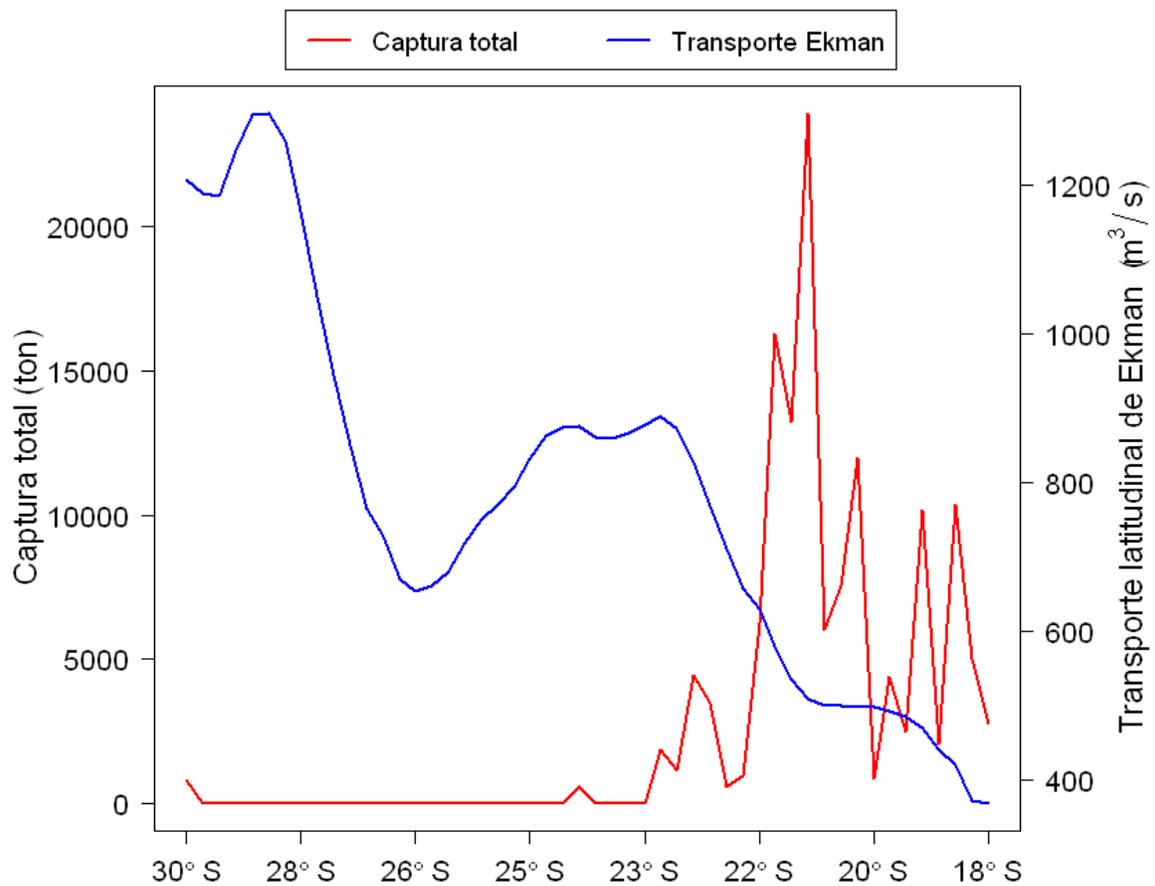


Figura 129. Relación entre la componente latitudinal del transporte de Ekman y la captura total medida a nivel latitudinal.

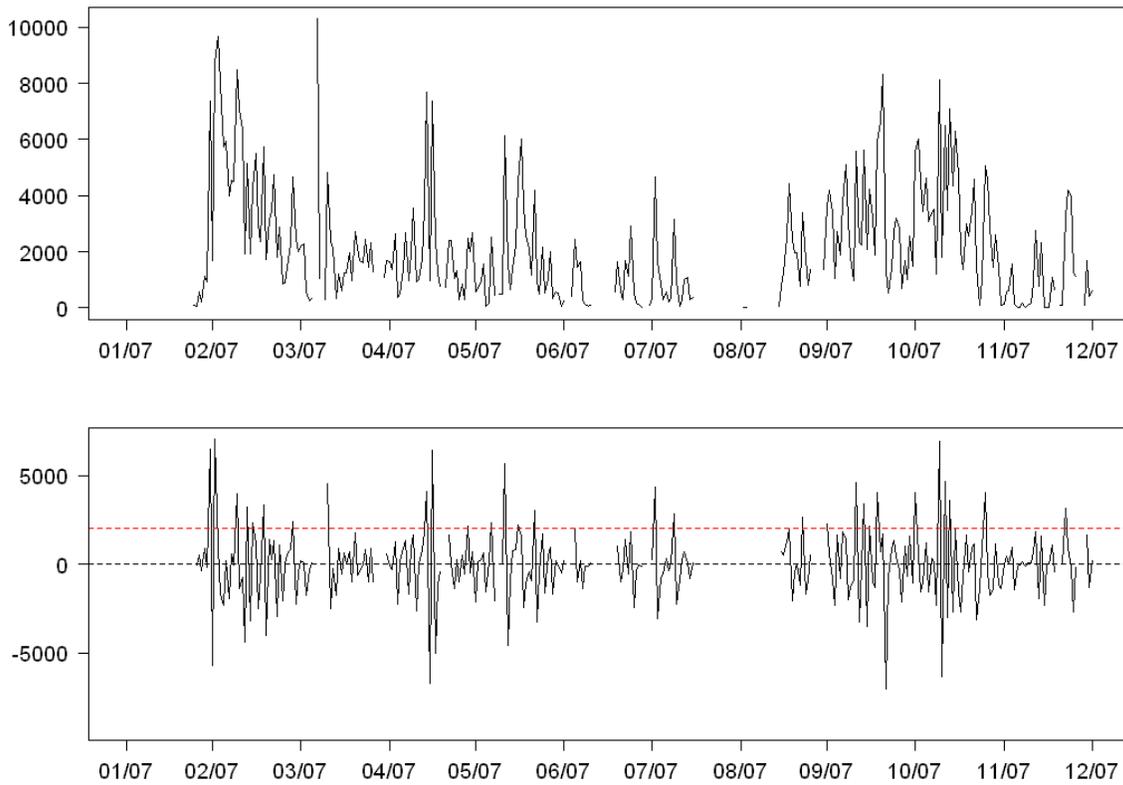


Figura 130. Serie temporal de las capturas diarias totales de anchoveta (panel superior) y tasa de incremento diaria para el a1o 2007, la lnea segmentada negra representa una tasa nula y la roja el nivel cr1tico o umbral de 2000 ton.

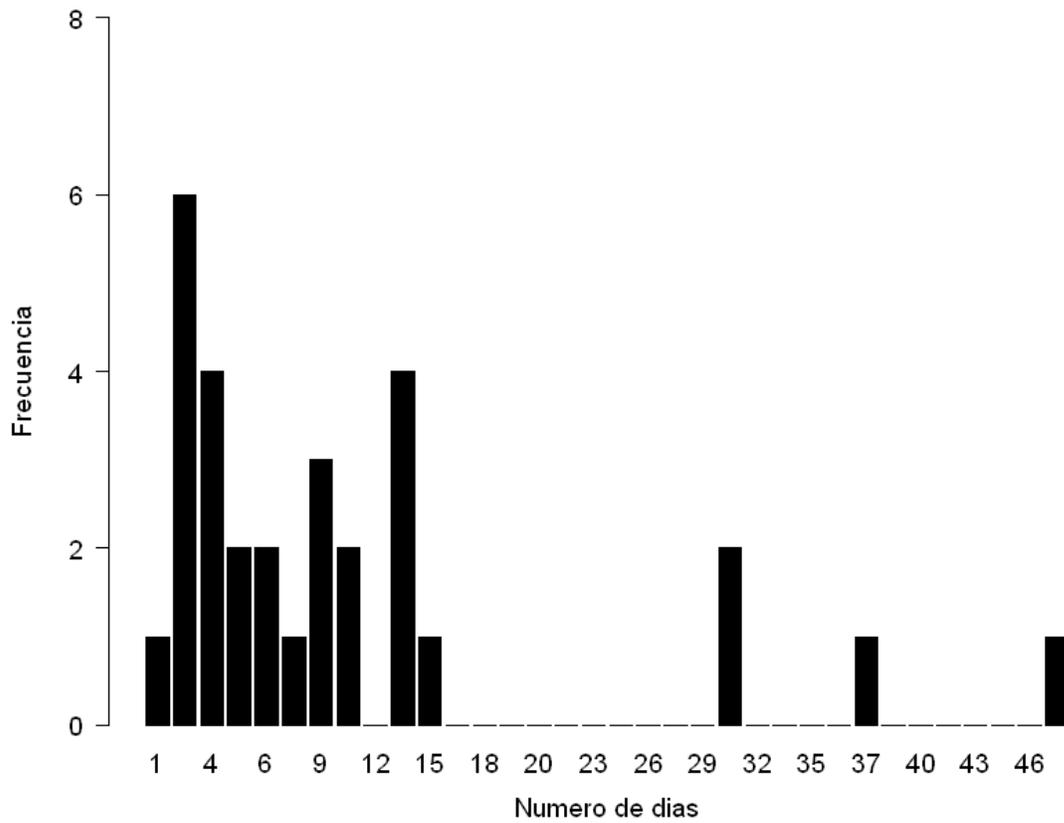


Figura 131. Frecuencia en días en que ocurren las máximas agregaciones de captura de anchoveta para el año 2007.

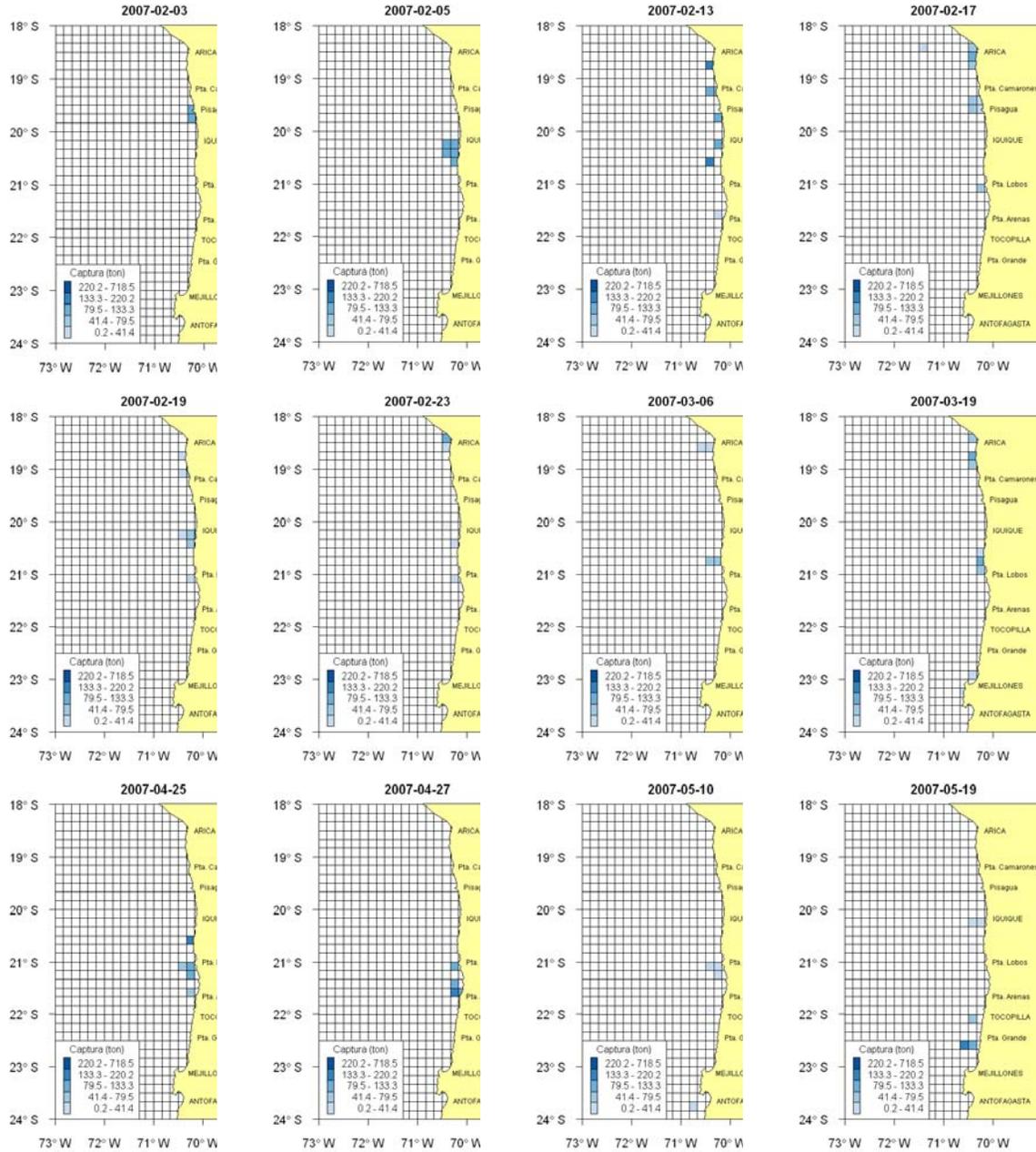


Figura 132a. Distribuci3n espacio – temporal de las m1ximas agregaciones de captura de anchoveta para el a1o 2007.

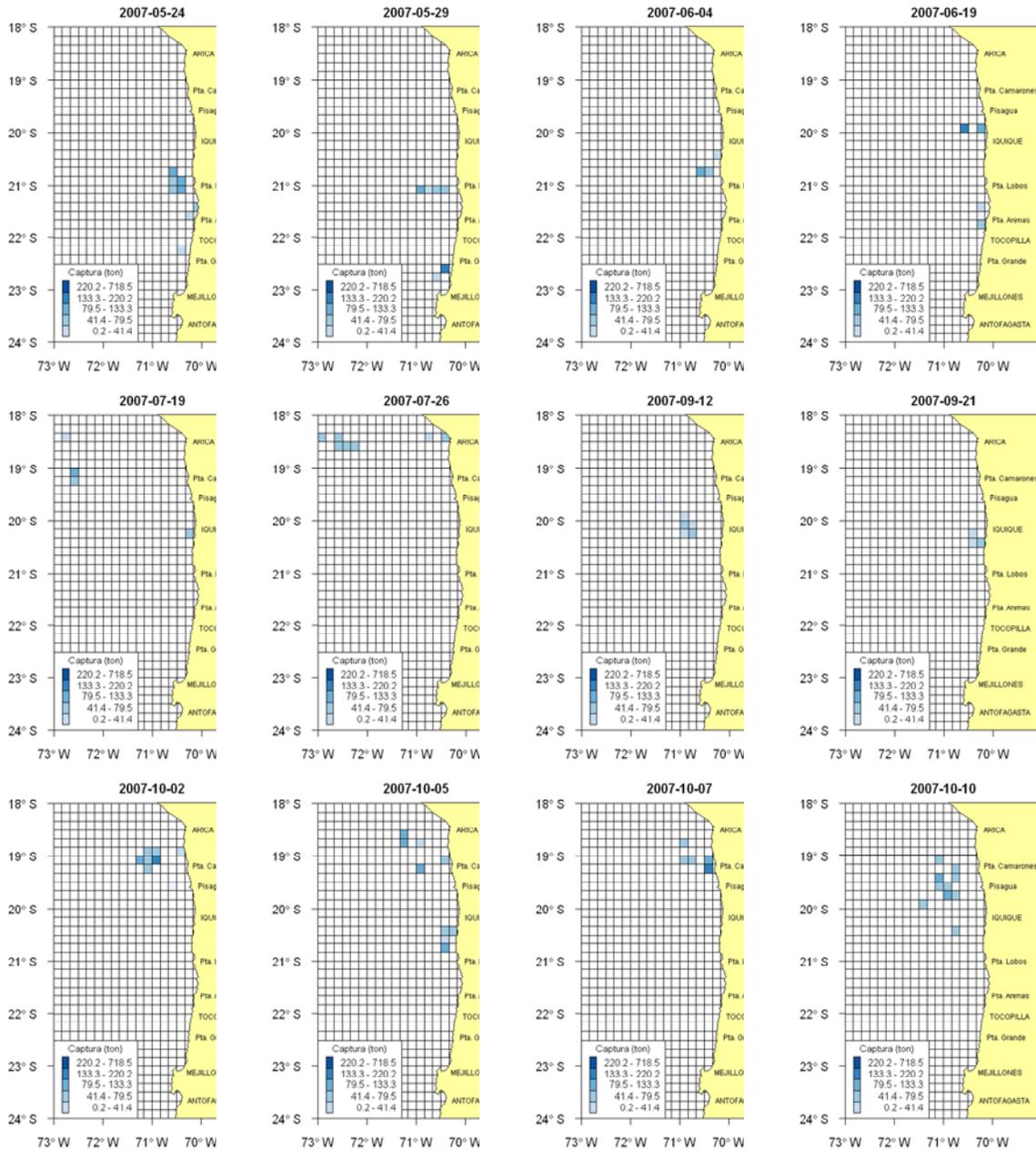


Figura 132b. Distribuci3n espacio – temporal de las m1ximas agregaciones de captura de anchoveta para el a1o 2007.

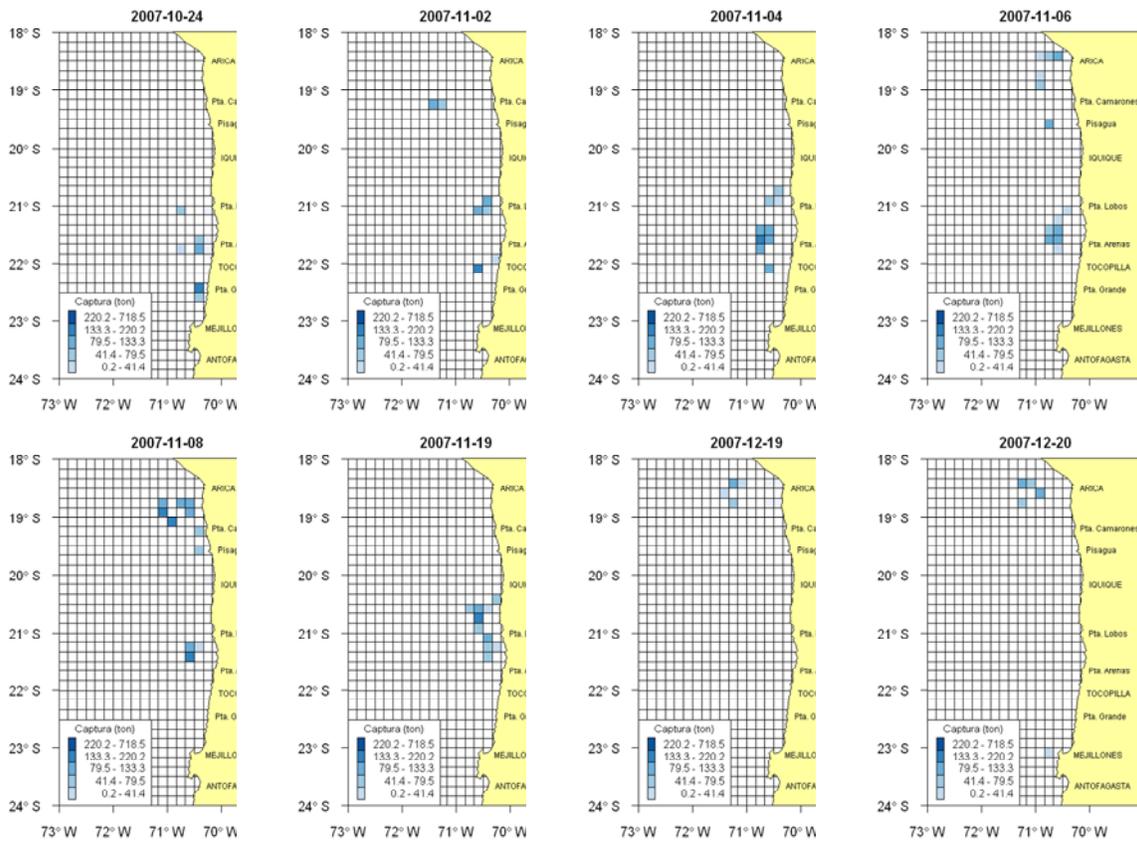


Figura 132c. Distribuci3n espacio – temporal de las m1ximas agregaciones de captura de anchoveta para el a1o 2007.

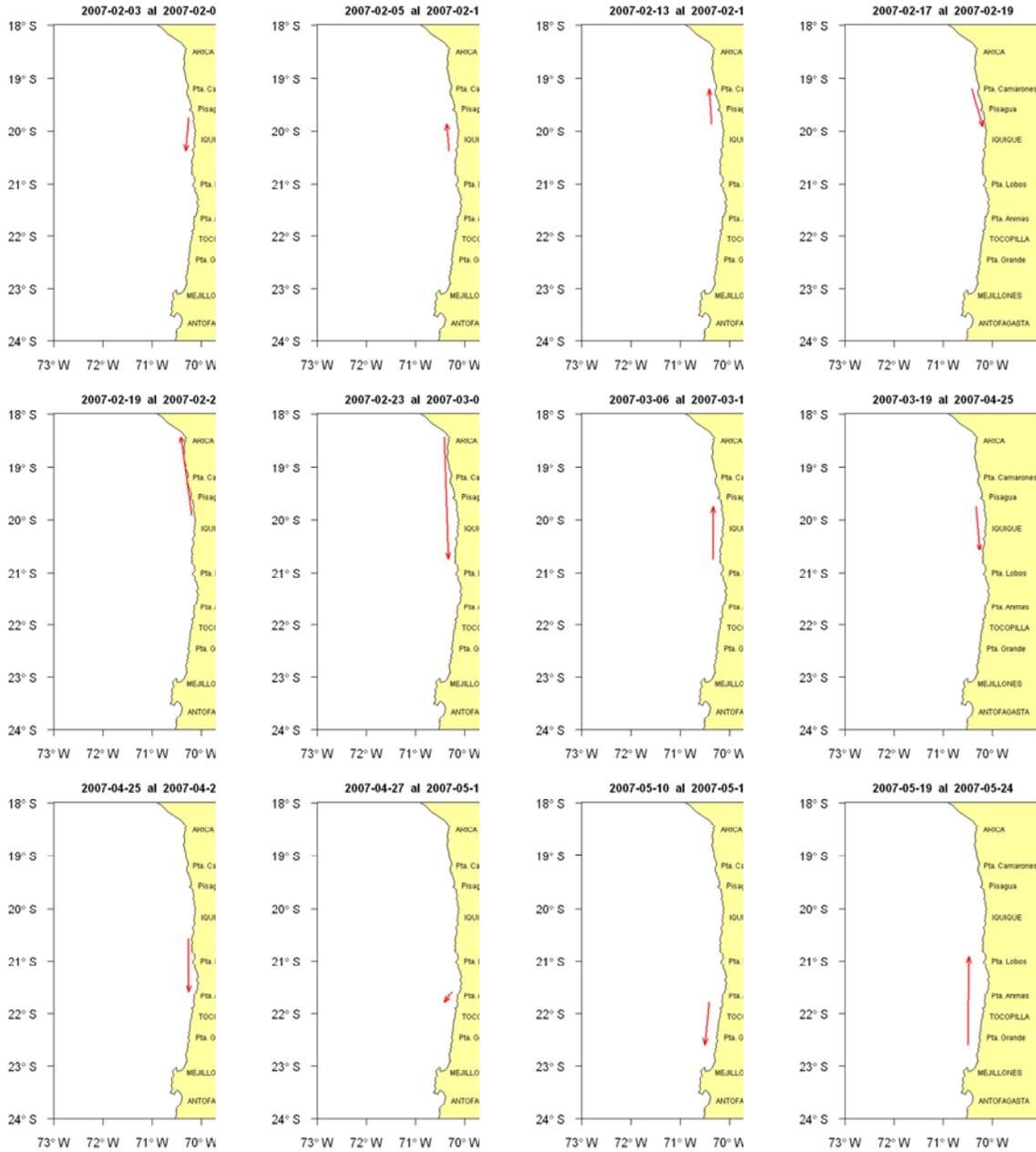


Figura 133a. Desplazamientos espaciales (direcci3n y magnitud) entre las altas agregaciones de captura de anchoveta para el a3o 2007.

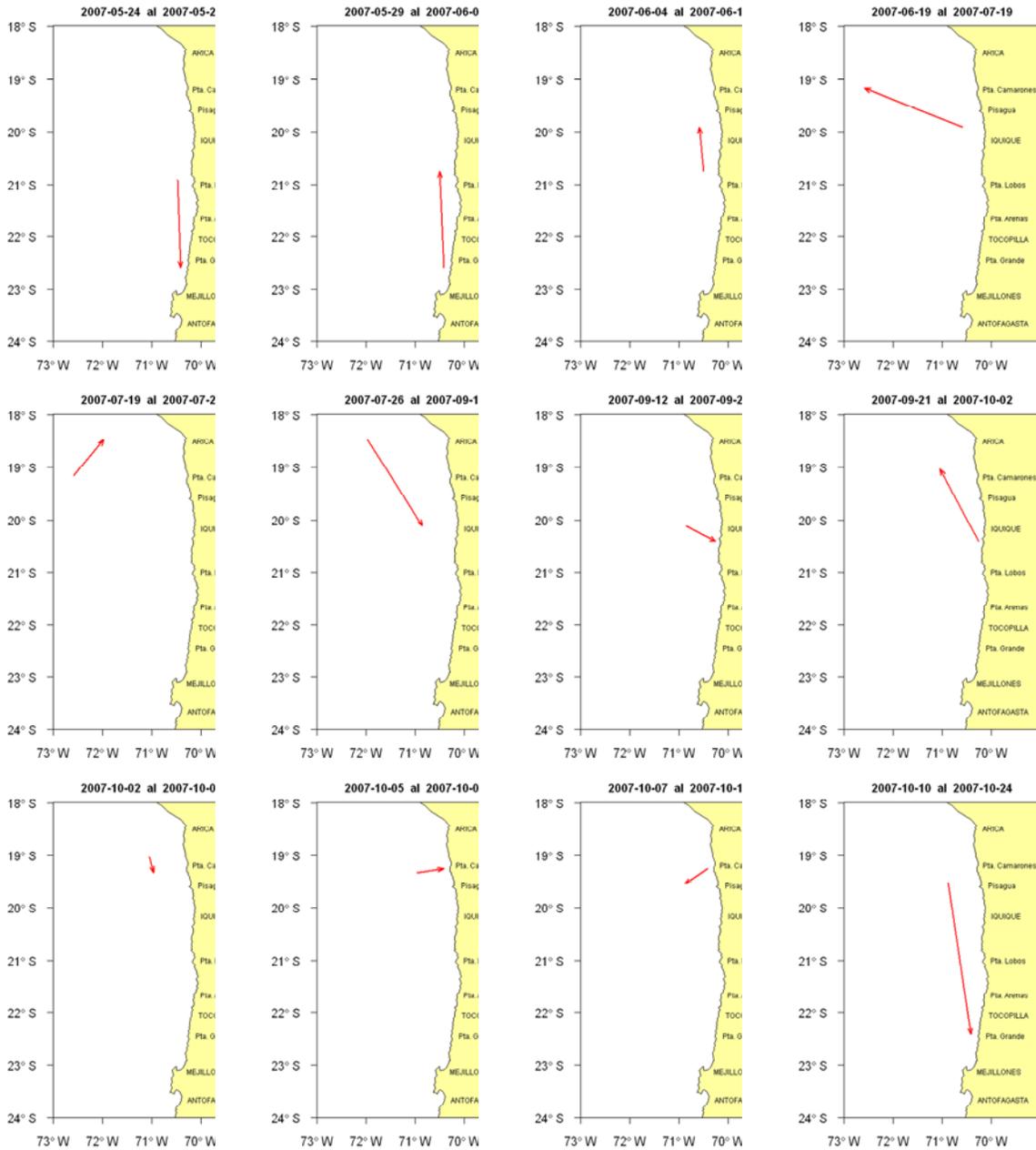


Figura 133b. Desplazamientos espaciales (direcci3n y magnitud) entre las altas agregaciones de captura de anchoveta para el a3o 2007.

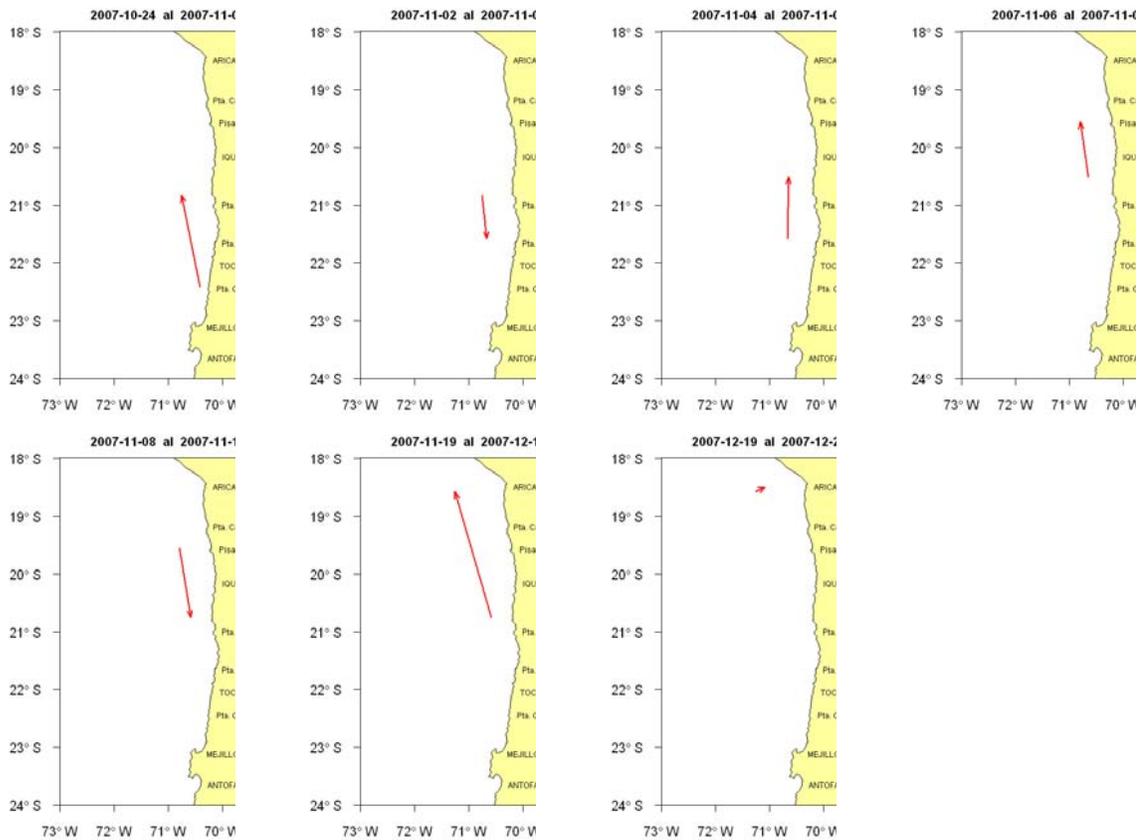


Figura 133c. Desplazamientos espaciales (direcci3n y magnitud) entre las altas agregaciones de captura de anchoveta para el a3o 2007.

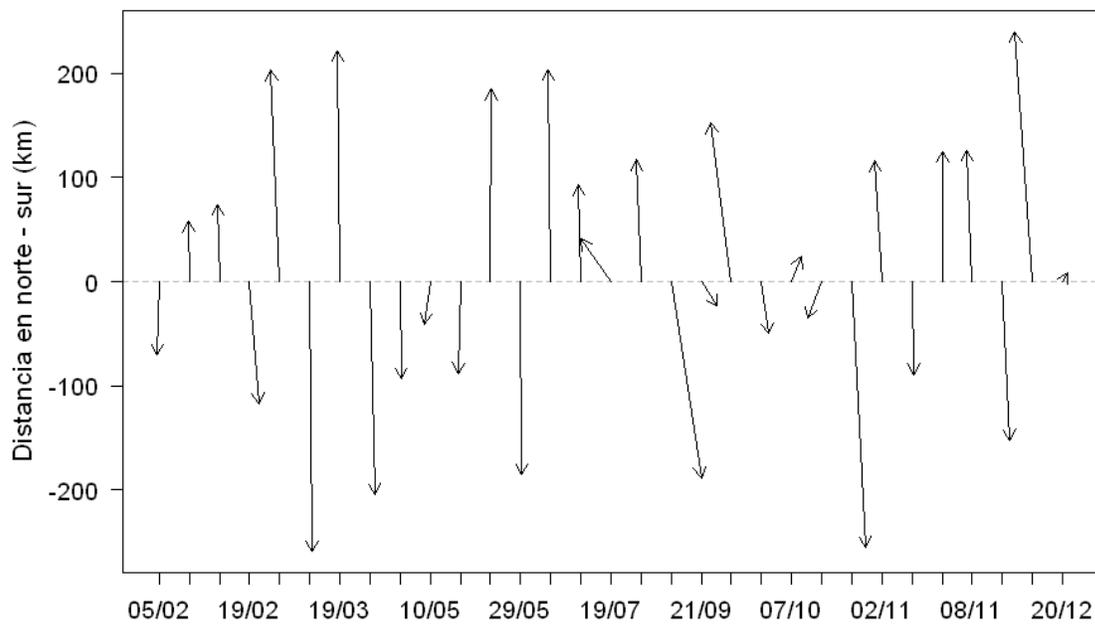


Figura 134. Desplazamientos vectoriales (direcci3n y magnitud) para cada fecha (día/mes) del a3o 2007. La componente vectorial en sentido este-oeste esta escala entre 0 y 1.

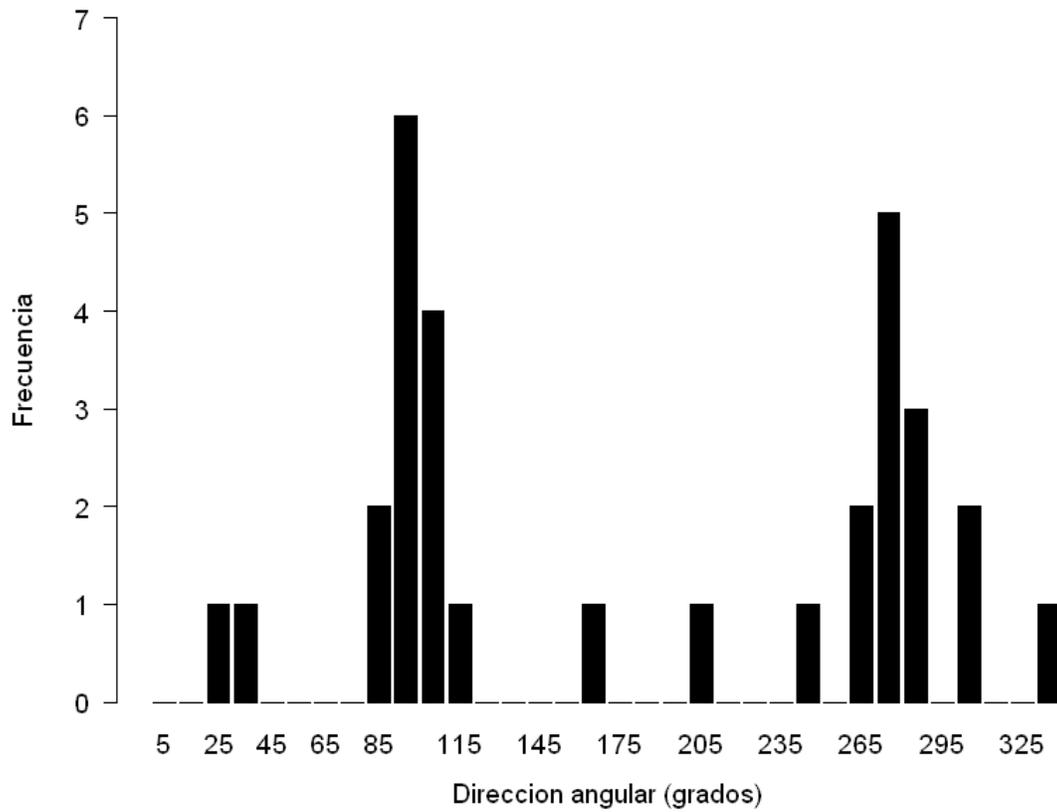


Figura 135. Frecuencia angular de los desplazamientos desde una alta agregaci3n a otra de las capturas de anchoveta para el a1o 2007.

T A B L A S



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

CONTINUACI3N TABLA 1

N° EST	FECHA AA MM DD	HORA HH MIN GR	LAT MIN GR	LONG MIN GR	PROF. ECOS. (m)	RED C3DIGO	MALLA	FLUJ3METRO N°FIN.	CALADO MIN SEG	VIRADO MIN SEG	CABLE ARR. 3NG.	PRESI3N ATMOSF. (hpa)	TEMPAIRE SECA H3MEDA	DISTANCIA COSTA (mm)	NUMERO TRANSECTA	LOCALIDAD	SECCHI (m)	OLAS ALT. DIR.	VIENTO DIR. VEL.	TIEMPO PRESENTE	NUBES TIP. CAN.
56	7 9 29	1 11 28	20,00 71	57,7 4400	3	297 A06	643	1 58	1 25	100 19	17,0 11,0	9,0 11,0	40	16	Pta. Molle		4 20,0 20	20,0 2	6 8		
57	7 9 29	4 25 28	20,00 72	14,3 9999	3	297 A06												4 20 20	18 2	6 8	
58	7 9 29	6 18 28	20,00 72	31,4 9999	3	297 A06	505	1 57	1 34	100 26	18,0 12,0	11,0 11,0	55	16	Pta. Molle		3 20,0 19	16,0 2	6 8		
59	7 9 29	8 52 28	20,00 72	48,4 4280	3	297 A06												4 20,0 16	10,0 2	6 8	
60	7 9 29	10 51 28	20,00 73	5,5 3920	3	297 A06	678	1 45	1 32	100 17	20,0 11,0	10,0 10,0	100	16	Pta. Molle	13,0	4 20,0 19	15,0 2	6 8		
61	7 9 29	16 12 27	40,00 72	55,8 4062	3	297 A06	693	1 49	1 29	100 22	18,0 12,0	11,0 11,0	100	15	Ba. Salada	13,5	4 18,0 19	20,0 2	6 8		
62	7 9 29	18 56 27	40,00 72	38,8 3940	3	297 A06												4 20 20	18 2	6 8	
63	7 9 29	20 40 27	40,00 72	21,9 4300	3	297 A06	655	1 58	1 30	100 18	18,0 11,0	10,0 10,0	85	15	Ba. Salada		4 20,0 19	15,0 2	6 8		
64	7 9 29	23 12 27	40,00 72	4,9 9999	3	297 A06												4 20 19	20 2	6 8	
65	7 9 30	1 10 27	40,00 71	47,9 4750	3	297 A06	689	1 35	1 28	100 18	17,5 11,0	10,0 10,0	70	15	Ba. Salada		4 20,0 18	15,0 2	6 8		
66	7 9 30	3 25 27	40,00 71	36,5 3860	3	297 A06												4 20 19	20 2	6 8	
67	7 9 30	4 49 27	40,00 71	25,4 3337	3	297 A06	918	1 39	1 22	100 22	17,5 11,0	10,0 10,0	20	15	Ba. Salada		3 20,0 24	10,0 2	6 8		
68	7 9 30	6 50 27	40,00 71	14,0 1975	3	297 A06	605	1 35	1 100	9 19,0	12,0 10,0	10,0 10	15	15	Ba. Salada		1,5 22,0 26	3,0 2	6 8		
69	7 9 30	8 14 27	40,00 71	8,5 960	3	297 A06	720	2 3	1 30	100 24	19,0 11,0	10,0 10,0	5	15	Ba. Salada	11	3 22,0 0,0	0,0 2	6 8		
70	7 9 30	9 27 27	40,00 71	4,0 144	3	297 A06	570	1 53	1 17	100 23	20,0 12,0	11,0 11,0	1	15	Ba. Salada	9	3 22,0 0,0	0,0 2	6 8		
71	7 9 30	14 55 27	0,00 70	52,5 119	3	297 A06	695	2 4	1 31	100 16	21,0 13,5	12,5 12,5	1	14	Caldera	11	1 22,0 23	8,0 2	7 8		
72	7 9 30	15 51 27	0,00 70	57,5 170	3	297 A06	721	1 55	1 28	100 31	21,0 13,5	12,5 12,5	5	14	Caldera	12	1 22,0 23	7,0 2	7 8		
73	7 9 30	17 38 27	0,00 71	3,1 1140	3	297 A06	580	1 38	1 29	100 4	21,0 12,0	10,0 10,0	10	14	Caldera	6	0,5 22,0 16	5,0 2	7 8		
74	7 9 30	19 28 27	0,00 71	14,5 3250	3	297 A06	610	1 42	1 29	100 13	22,0 12,0	10,0 10,0	20	14	Caldera		0,5 22,0 24	5,0 2	7 8		
75	7 9 30	21 14 27	0,00 71	25,6 4880	3	297 A06												3 22,0 20	2,0 2	6 4	
76	7 9 30	22 33 27	0,00 71	36,8 9999	3	297 A06	620	1 45	1 24	100 25	23,0 11,0	10,0 10,0	40	14	Caldera		3 22,0 21	6,0 2	6 5		
77	7 10 1	1 6 27	0,00 71	53,4 9999	3	297 A06												3 22,0 21	8,0 2	6 7	
78	7 10 1	2 0 27	0,00 72	11,0 4300	3	297 A06	654	1 43	1 28	100 28	22,5 12,5	11,5 11,5	70	14	Caldera		3 22,0 22	5,0 2	6 7		
79	7 10 1	5 23 27	0,00 72	27,3 4250	3	297 A06												1 22,0 22	5,0 2	6 7	
80	7 10 1	7 8 27	0,00 72	44,2 4041	3	297 A06	675	1 53	1 32	100 18	24,0 13,5	12,0 10,0	100	14	Caldera	12	1 22,0 18	7,0 2	6 7		
81	7 10 1	12 55 26	20,00 72	30,4 4250	3	297 A06	638	1 16	1 32	100 18	22,5 18,5	15,5 10,0	100	13	Chañaral	10	1 21,0 18	18,0 1	6 5		
82	7 10 1	15 52 26	20,00 72	13,9 4400	3	297 A06												1 22,0 22	1,0 1	6 5	
83	7 10 1	18 0 26	20,00 71	56,9 4520	3	297 A06	640	1 56	1 28	100 29	19,0 16,5	15,0 7,0	13	13	Chañaral	8	3 19,0 18	20,0 1	6 5		
84	7 10 1	20 48 26	20,00 71	40,2 9999	3	297 A06												4 19,0 19	4,0 1	6 4	
85	7 10 1	23 3 26	20,00 71	23,4 5200	3	297 A06	785	2 2	1 24	100 26	18,0 11,0	9,0 4,0	13	13	Chañaral		4 19,0 17	25,0 1	6 2		
86	7 10 2	1 30 26	20,00 71	14,1 9999	3	297 A06												4 19,0 19	4,0 2	6 8	
87	7 10 2	3 20 26	20,00 71	1,2 1650	3	297 A06	650	1 34	1 28	100 38	17,0 13,0	11,5 20	13	13	Chañaral		4 19,0 18	20,0 2	6 7		
88	7 10 2	5 22 26	20,00 70	50,0 315	3	297 A06	660	1 45	1 28	100 32	18,0 13,0	11,5 10	13	13	Chañaral		4 19,0 18	5,0 2	6 7		
89	7 10 2	6 43 26	20,00 70	44,5 112	3	297 A06	530	1 27	100 2	20,0 12,0	11,0 5	13	13	Chañaral		4 22,0 30	2,0 2	6 8			
90	7 10 2	7 54 26	20,00 70	40,0 35	3	297 A06	230	0 31	0 25	100 10	21,0 12,0	11,0 1	13	13	Chañaral	4	1 25,0 31	3,0 2	6 8		
91	7 10 2	13 20 25	40,00 70	43,1 115	3	297 A06	640	1 42	1 25	100 22	21,0 16,5	14,0 1	12	12	Pta. Ballenita	15	1 23,0 20	10,0 2	6 8		
92	7 10 2	14 25 25	40,00 70	47,5 577	3	297 A06	603	1 45	1 28	100 7	21,0 17,0	14,5 5	12	12	Pta. Ballenita	11	1 23,0 18	10,0 2	7 8		
93	7 10 2	15 50 25	40,00 70	52,2 1460	3	297 A06	694	1 53	1 31	100 17	21,0 16,0	13,5 10	12	12	Pta. Ballenita	10	2 23,0 18	10,0 2	6 8		
94	7 10 2	17 31 25	40,00 71	4,0 3000	3	297 A06	640	1 50	1 32	100 12	20,0 13,0	12,0 20	12	12	Pta. Ballenita	10	4 23,0 16	5,0 2	6 8		
95	7 10 2	19 26 25	40,00 71	15,2 4525	3	297 A06												4 23,0 18	8,0 2	6 4	
96	7 10 2	20 44 25	40,00 71	26,2 9999	3	297 A06	610	1 49	1 26	100 12	21,0 12,0	10,0 40	12	12	Pta. Ballenita		4 23,0 19	10,0 2	6 8		
97	7 10 2	23 21 25	40,00 71	43,0 5300	3	297 A06												4 23 18	5 2	6 8	
98	7 10 3	1 21 25	40,00 72	0,0 4670	3	297 A06	288	1 59	1 29	100 15	22,0 13,5	12,0 55	12	12	Pta. Ballenita		3 23,0 18	5,0 2	6 8		
99	7 10 3	4 0 25	40,00 72	16,6 3890	3	297 A06												4 23,0 18	6,0 2	6 8	
100	7 10 3	5 58 25	40,00 72	4000	3	297 A06	620	1 51	1 38	100 22	20,0 13,0	12,0 100	12	12	Pta. Ballenita		3 23,0 18	10,0 2	6 8		
101	7 10 3	11 33 25	0,00 72	19,4 4100	3	297 A06	660	1 44	1 27	100 23	22,0 16,0	14,0 100	11	11	Rda. Paposo	9	3 18,0 18	15,0 2	6 8		
102	7 10 3	14 25 25	0,00 72	2,8 4030	3	297 A06												3 20,0 18	18,0 2	6 4	
103	7 10 3	16 25 25	0,00 71	46,1 4890	3	297 A06	653	1 45,0	1 31	100 20	19 19	16 70	11	11	Rda. Paposo	12	3 20,0 18	16,0 2	6 4		
104	7 10 3	19 6 25	0,00 71	29,6 9999	3	297 A06												3 20,0 18	16,0 2	6 7	
105	7 10 3	21 1 25	0,00 71	13,1 4500	3	297 A06	630	1 50,0	1 33	100 16	19 19	13 11	40	11	Rda. Paposo		3 20,0 19	18,0 2	6 8		
106	7 10 3	23 11 25	0,00 71	2 3500	3													3 20,0 19	10,0 2	6 8	
107	7 10 4	0 32 25	0,00 70	51,3 1700	3	297 A06	640	1 42,0	1 32	100 22	19,5 13	12 20	11	11	Rda. Paposo		3 20,0 19	8 2	6 8		
108	7 10 4	2 25 25	0,00 70	40,3 890	3	297 A06	612	1 37,0	1 32	100 2	18,5 13,5	12 20	11	11	Rda. Paposo		3 20,0 27	2,0 2	6 8		
109	7 10 4	3 49 25	0,00 70	34,9 629	3	297 A06	680	1 35,0	1 34	100 20	18,5 13,5	12 5	11	11	Rda. Paposo		3 22,0 27	3,0 2	6 8		
110	7 10 4	5 15 25	0,00 70	30 80	3	297 A06	485	1 8,0	1 3	65 4	19 13	12 1	11	11	Rda. Paposo		2 22,0 34	3,0 2	6 8		



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

CONTINUACI3N TABLA 1

N° EST	FECHA AA MM DD	HORA HH MIN GR	LAT MIN GR	LONG MIN GR	PROF. ECOS. (m)	RED C3DIGO	MALLA	FLUJ3METRO N°FIN.	CALADO MIN SEG	VIRADO MIN SEG	CABLE ARR. 3NG.	PRESI3N ATMOSF. (hpa)	TEMPAIRE SECA H3MEDA	DISTANCIA COSTA (mm)	NUMERO TRANSECTA	LOCALIDAD	SECCHI (m)	OLAS ALT. DIR.	VIENTO DIR. VEL.	TIEMPO PRESENTE	NUBES TIP. CAN.
111	7 10 4	10 6 24	20,00 70 34	74	3	297 A06		395	1 10,0	0 56	65 7	20	13 12	1	10	Pta. Tres Picos	7	3 22,0 20	5,0	2	6 8
112	7 10 4	10 58 24	20,00 70 38,5	771	3	297 A06		660	1 54,0	1 29	100 25	21	15 13	5	10	Pta. Tres Picos	4	3 22,0 20	10,0	2	6 8
113	7 10 4	12 20 24	20,00 70 43,9	1680	3	297 A06		640	1 59,0	1 33	100 12	20,5	16,5 14	10	10	Pta. Tres Picos	4	3 22,0 20	10,0	2	6 8
114	7 10 4	14 20 24	20,00 70 55	2500	3	297 A06		590	1 48,0	1 30	100 14	19,5	18 15	20	10	Pta. Tres Picos	11	3 22,0 2	10,0	2	6 8
115	7 10 4	16 10 24	20,00 71 5,8	4200	3	297 A06						19	16 14	30	10	Pta. Tres Picos		3 22,0 20	10,0	2	6 8
116	7 10 4	17 28 24	20,00 71 16,8	9999	3	297 A06		780	1 42,0	1 35	100 22	19	14 12	40	10	Pta. Tres Picos	8	3 22,0 20	10,0	2	6 8
117	7 10 4	19 52 24	20,00 71 33,3	9999	3	297 A06						19	13 11	55	10	Pta. Tres Picos		3 22,0 16	9,0	2	6 8
118	7 10 4	21 42 24	20,00 71 49,7	5000	3	297 A06		685	1 34,0	1 37	100 21	20	13 11	70	10	Pta. Tres Picos		4 21,0 16	15,0	2	6 8
119	7 10 5	0 19 24	20,00 72 6,2	4380	3	297 A06						21	13,5 11,5	85	10	Pta. Tres Picos		4 21,0 16	8,0	2	6 8
120	7 10 5	2 7 24	20,00 72 22,9	4330	3	297 A06		603	1 45,0	1 33	100 25	21,5	14 12	100	10	Pta. Tres Picos		4 21,0 16	7,0	2	6 8
121	7 10 5	7 43 23	40,00 72 14	4360	3	297 A06		690	1 41,0	1 35	100 21	22	13 11	100	9	Bhia. Moreno	10	4 20,0 15	14,0	2	6 8
122	7 10 5	10 23 23	40,00 71 57,6	4280	3	297 A06						22	14 12	85	9	Bhia. Moreno		4 20,0 18	15,0	2	6 8
123	7 10 5	12 20 23	40,00 71 41,3	5250	3	297 A06		665	1 34,0	1 30	100 23	21	18 16	70	9	Bhia. Moreno	11	4 20,0 18	12,0	2	6 8
124	7 10 5	14 50 23	40,00 71 24,8	9999	3	297 A06						19	18 16	55	9	Bhia. Moreno		4 20,0 16	12,0	2	6 8
125	7 10 5	17 50 23	40,00 71 9,3	9999	3	297 A06		760	2 16,0	1 31	100 23	19	15 13	40	9	Bhia. Moreno	10	4 20,0 18	18,0	2	6 8
126	7 10 5	20 54 23	40,00 70 57,7	3000	3	297 A06						20	13 11	30	9	Bhia. Moreno		4 20,0 17	18,0	2	6 8
127	7 10 5	22 29 23	40,00 70 46,8	2380	3	297 A06		610	1 49,0	1 30	100 14	20	13 11	20	9	Bhia. Moreno		4 20,0 19	15,0	2	6 8
128	7 10 6	0 55 23	40,00 70 35,9	480	3	297 A06		670	1 42,0	1 45	100 22	19,5	14 12,5	10	9	Bhia. Moreno		4 20,0 22	7,0	2	6 8
129	7 10 6	2 52 23	40,00 70 30,5	140	3	297 A06		599	1 35,0	1 47	100 26	19	14 12,5	5	9	Bhia. Moreno		3 20,0	0,0	2	6 8
130	7 10 6	4 24 23	40,00 70 26	86	3	297 A06		479	1 13,0	1 17	80 7	19	14 12,5	1	9	Bhia. Moreno		3 20,0	0,0	2	6 8
131	7 10 6	14 3 23	0 70 21	64	3	297 A06		403	1 9,0	0 56	60 19	16,5	18 16	1	8	Norte Mejillones	9	2 27,0 29	10,0	1	3 4
132	7 10 6	15 54 23	0 70 25,5	110	3	297 A06		664	1 51,0	1 36	100 21	15	17 14	5	8	Norte Mejillones	9	2 27,0 27	18,0	1	3 4
133	7 10 6	17 33 23	0 70 31,2	100	3	297 A06		530	1 14,0	1 16	80 11	15	15 13	10	8	Norte Mejillones	4	2 22,0 22	15,0	1	3 3
134	7 10 6	19 36 23	0 70 41,5	1270	3	297 A06		620	1 32,0	1 35	100 21	15	14 12	20	8	Norte Mejillones		2 22,0 20	10,0	1	3 4
135	7 10 6	22 17 23	0 70 52,5	3660	3	297 A06						17	13 12	30	8	Norte Mejillones		2 22,0 18	5,0	2	6 7
136	7 10 6	23 50 23	0 71 3,4	5150	3	297 A06		635	1 44,0	1 36	100 8	16	13 12	40	8	Norte Mejillones		4 22 20,0	8	2,0	6 8
137	7 10 7	2 55 23	0 71 19,6	9999	3	297 A06						16	13,5 12,5	55	8	Norte Mejillones		5 20,0 20	10,0	2	3 8
138	7 10 7	5 0 23	0 71 36,4	9999	3	297 A06		851	1 49,0	1 31	100 45	16	13 12	70	8	Norte Mejillones		5 20,0 20	8,0	2	3 8
139	7 10 7	7 23 23	0 71 52,3	9999	3	297 A06						17	14 12	85	8	Norte Mejillones		4 20,0		2	3 8
140	7 10 7	9 24 23	0 72 8,7	4280	3	297 A06		650	2 18,0	1 50	100 18	17	13 11	100	8	Norte Mejillones	10	5 20,0 16	9,0	2	6 8
141	7 10 7	15 17 22	20 72 3,1	4330	3	297 A06		646	1 39,0	1 39	100 16	15	17 14	100	7	Pta. Copaca	8	5 21,0 19	11,0	2	6 8
142	7 10 7	18 8 22	20 71 46,8	4390	3	297 A06						16	15 13	85	7	Pta. Copaca		5 21,0 18	9,0	2	6 8
143	7 10 7	20 6 22	20 71 31	9999	3	297 A06		610	1 50,0	1 37	100 4	17	14 12	70	7	Pta. Copaca		5 21,0 18	7,0	2	6 8
144	7 10 7	22 37 22	20 71 14,3	9999	3	297 A06						19	13 12					5 21 21	5	2	6 8
145	7 10 7	0 45 22	20 70 58,1	4900	3	297 A06		640	1 28,0	1 37	100 8	19	15 13	55	7	Pta. Copaca		4 21,0	0,0	2	6 8
146	7 10 8	3 20 22	20 70 47,3	9999	3	297 A06						18	15 13	30	7	Pta. Copaca		3 21,0	0,0	2	6 8
147	7 10 8	4 52 22	20 70 36,6	1240	3	297 A06		642	1 44,0	1 50	100 3	18	14 12	20	7	Pta. Copaca		3 21,0	0,0	2	6 8
148	7 10 8	7 14 22	20 70 25,7	854	3	297 A06		640	1 33,0	1 30	100 13	19	14 13	10	7	Pta. Copaca	7	2 21,0 13	5,0	2	6 8
149	7 10 8	8 55 22	20 70 20,4	335	3	297 A06		680	2 0,0	1 39	100 10	20	15 13	5	7	Pta. Copaca	8	2 21,0	0,0	2	6 8
150	7 10 8	10 21 22	20 70 16,2		3	297 A06		775	1 48,0	1 30	100 34	20	16 14	1	7	Pta. Copaca		2 22,0 27	5,0	2	6 7
151	7 10 8	17 0,25 21	40 70 10,3	82	3	297 A06		420	0 48,0	0 51	50 21	18	18 15	1	6	Pta. Arenas	3	2 22,0 17	7,0	2	6 7
152	7 10 8	18 55 21	40 70 14,9	300	3	297 A06		630	1 35,0	1 33	100 13	19	17 14	5	6	Pta. Arenas		2 22,0 20	11,0	2	6 7
153	7 10 8	20 37 21	40 70 20,2	645	3	297 A06		690	1 40,0	1 34	100 25	20	15 13	10	6	Pta. Arenas		3 22,0 14	5,0	2	6 7
154	7 10 8	23 13 21	40 70 30,2	1155	3	297 A06		652	1 31,0	1 36	100 26	21	15 13	20	6	Pta. Arenas		3 22,0	0,0	2	6 8
155	7 10 9	1 57 21	40 71 41,7	2400	3	297 A06						20	15 13	30	6	Pta. Arenas		3 22,0 15	6,0	2	7 8
156	7 10 9	3 30 21	40 71 52,7	4200	3	297 A06		598	1 50,0	1 38	100 17	19	18,5 13,5	40	6	Pta. Arenas		3 22,0 18	10,0	2	7 8
157	7 10 9	6 40 21	40 71 8,5	9999	3	297 A06						20	14 13					3 18 18	16	2	6 8
158	7 10 9	8 36 21	40 71 24,7	9999	3	297 A06		520	1 36,0	1 28	100 28	20	14 12	55	6	Pta. Arenas	8	3 18 16,0	18	2,0	6 8
159	7 10 9	11 22 21	40 71 40,9	4500	3	297 A06						20	16 14	85	6	Pta. Arenas		3 18,0 16	15,0	2	6 6
160	7 10 9	13 29 21	40 71 57,2	3580	3	297 A06		688	1 30,0	1 29	100 13	19,5	19 15,5	100	6	Pta. Arenas		3 18,0 16,0	13	2,0	6 7
161	7 10 9	18 55 21	0 71 58,2	4308	3	297 A06		760	1 53,0	1 38	100 30	18,5	14 12	100	5	Pta. Lobos	13,5	3 18,0 18	15,0	2	6 7
162	7 10 9	21 42 21	0 71 41,9	4000	3	297 A06						20	13 11	85	5	Pta. Lobos		3 18,0 19	16,0	2	6 8
163	7 10 9	23 51 21	0 71 25,7	5700	3	297 A06		712	1 41,0	1 37	100 24	20	13 11	70	5	Pta. Lobos		3 18,0 19	10,0	2	6 8
164	7 10 10	2 32 21	0 71 6,7	9999	3	297 A06						20	14 12	55	5	Pta. Lobos		3 18,0	0,0	2	6 8
165	7 10 10	4 35 21	0 70 53,6	3875	3	297 A06		640	1 44,0	1 50	100 9	20	14 12	40	5	Pta. Lobos		3 18,0	0,0	2	6 8



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

CONTINUACIÓN TABLA 1

N° EST	FECHA AA MM DD	HORA HH MIN GR	LAT MIN GR	LONG MIN GR	PROF. ECOS. (m)	RED CÓDIGO	MALLA	FLUJÓMETRO N°FIN.	CALADO MIN SEG	VIRADO MIN SEG	CABLE ARR. ARR. ANG.	PRESIÓN ATMOSF. (hpa)	TEMPAIRE SECA HÚMEDA	DISTANCIA COSTA (mm)	NUMERO TRANSECTA	LOCALIDAD	SECCHI (m)	OLAS ALT. DIR.	VIENTO DIR. VEL.	TIEMPO PRESENTE	NUBES TIP. CAN.
166	7 10 10	7 20 21	0 70 43	2400	3	297 A06						21	14 12	30	5	Pta. Lobos		3 18,0 90	3,0	2	6 8
167	7 10 10	8 49 21	0 70 32,3	912	3	297 A06		590	1 50,0	1 45 100	3 22	14 12	20	5	Pta. Lobos	8	2 18,0	0,0	2	6 8	
168	7 10 10	11 23 21	0 70 21,6	113	3	297 A06		630	1 51,0	1 39 100	19 21	17 15	10	5	Pta. Lobos	7	2 18,0 27	6,0	2	6 8	
169	7 10 10	13 0 21	0 70 16,1	91	3	297 A06		592	1 34,0	1 20 85	22 20,5	20 16	5	5	Pta. Lobos	6	2 20,0 23	5,0	2	6 8	
170	7 10 10	14 32 21	0 70 11,9	76	3	297 A06		418	1 15,0	1 8 70	16 20	20 16	1	5	Pta. Lobos	6	2 20,0 21	8,0	2	6 8	
171	7 10 11	0 4 20	18,6 70 10,3	81	3	297 A06		540	1 17,0	1 10 70	29 21	16,5 14,5	1	4	Pta. Gruesa		2 20,0 0	0,0	2	6 8	
172	7 10 11	1 34 20	20 70 14,7	229	3	297 A06		631	1 50,0	1 37 100	23 20	16 14	5	4	Pta. Gruesa		3 20,0 18	2,0	2	6 8	
173	7 10 11	3 15 20	20 70 19,9	537	3	297 A06		591	1 44,0	1 34 100	18 19	16 14	10	4	Pta. Gruesa		3 20,0 20	2,0	2	6 8	
174	7 10 11	5 44 20	20 70 30,6	820	3	297 A06		670	1 49,0	1 35 100	35 19	15 13	20	4	Pta. Gruesa		1 20,0 18	5,0	2	6 8	
175	7 10 11	8 9 20	20 70 41,3	1475	3	297 A06						20 15	13 30	4	Pta. Gruesa			19 10,0	2	6 8	
176	7 10 11	9 41 20	20 70 51,9	3300	3	297 A06		600	1 40,0	1 39 100	10 20	15 13	40	4	Pta. Gruesa	13	2 20,0 17	7,0	2	6 8	
177	7 10 11	12 45 20	20 71 8,1	9999	3	297 A06						20 18,5	16,5	55	4	Pta. Gruesa		2 20,0 19	10,0	2	6 8
178	7 10 11	14 42 20	20 71 24,2	9999	3	297 A06		658	1 31,0	1 45 100	21 19	18,5 15,5	70	4	Pta. Gruesa	12	2 20,0 17	15,0	2	6 8	
179	7 10 11	19 54 20	20 71 40	4600	3	297 A06						19 15	13				3 20	16 15	2	6 8	
180	7 10 11	21 51 20	20 71 56	3400	3	297 A06		636	1 50,0	1 32 100	19 20	14 12	85	4	Pta. Gruesa		3 20,0 13	15,0	2	6 8	
181	7 10 12	3 38 19	40 71 57,5	4316	3	297 A06		722	1 48,0	1 52 100	24 18,5	15 13	100	3	Pta. Junin		3 20,0		2	6 8	
182	7 10 12	6 32 19	40 71 41,5	9999	3	297 A06						19 14	12 85	3	Pta. Junin		2 20,0 18	10,0	2	6 8	
183	7 10 12	8 26 19	40 71 25,4	9999	3	297 A06		690	1 46,0	1 34 100	25 20	14 12	70	3	Pta. Junin	7	3 20,0 10	15,0	2	6 8	
184	7 10 12	10 54 19	40 71 9,6	4150	3	297 A06						19 16	14 55	3	Pta. Junin		2 20,0 18	15,0	2	6 8	
185	7 10 12	12 57 19	40 70 53,8	2500	3	297 A06		693	1 39,0	1 38 100	23 185	19 16	40	3	Pta. Junin	10	3 20,0 18	12,0	2	6 8	
186	7 10 12	15 44 19	40 70 43,3	1187	3	297 A06						18 18	15 30	3	Pta. Junin		2 20,0 18	5,0	2	6 8	
187	7 10 12	17 24 19	40 70 32,6	780	3	297 A06		610	1 38,0	1 43 100	11 18	17 14	20	3	Pta. Junin	18	1 20,0	0,0	2	6 8	
188	7 10 12	19 50 19	40 70 22	666	3	297 A06		605	1 43,0	1 26 100	11 20	16 13	10	3	Pta. Junin		1 20,0	0,0	2	6 8	
189	7 10 12	21 34 19	40 70 16,6	438	3	297 A06		590	1 39,0	1 35 100	14 21	15 13	5	3	Pta. Junin		1 20,0	0,0	2	6 8	
190	7 10 12	23 9 19	40 70 12,3	90	3	297 A06		455	1 20,0	1 17 80	12 21	15 13	1	3	Pta. Junin		1 20,0	0,0	2	6 8	
191	7 10 13	5 44 19	0 70 20	85	3	297 A06		540	1 19,0	1 10 70	15 20	15 13	1	2	Pta. Madrid		1 20,0	0,0	2	6 8	
192	7 10 13	7 10 19	0 70 24,2	424	3	297 A06		670	1 49,0	1 39 100	21 20	15 13	5	2	Pta. Madrid	6	1 20,0	0,0	2	6 8	
193	7 10 13	8 57 19	0 70 29,5	980	3	297 A06		620	1 39,0	1 34 100	27 20	15 13	10	2	Pta. Madrid	14	1 20,0	0,0	2	6 8	
194	7 10 13	11 35 19	0 70 40,1	1370	3	297 A06		635	1 34,0	1 33 100	20 21	17 15	20	2	Pta. Madrid	12	2 20,0 18	14,0	2	6 8	
195	7 10 13	14 4 19	0 70 50,9	1550	3	297 A06						19,5 20	16				2 20	18 12	2	6 8	
196	7 10 13	15 46 19	0 71 2	2120	3	297 A06		636	1 34,0	1 36 100	17 19	20 16	30	2	Pta. Madrid	12	2 20,0 18	10,0	2	6 8	
197	7 10 13	18 45 19	0 71 17,7	2812	3	297 A06						20 16	13 55	2	Pta. Madrid		2 20,0 18	5,0	2	6 8	
198	7 10 13	20 44 19	0 71 33	3100	3	297 A06		580	1 59,0	1 37 100	15 20	15 13	70	2	Pta. Madrid		3 20,0	0,0	2	6 8	
199	7 10 13	23 10 19	0 71 48,9	5000	3	297 A06						20 15	13 85	2	Pta. Madrid		3 20,0 17	6,0	2	6 8	
200	7 10 14	1 37 19	0 72 5,5	5000	3	297 A06		632	1 43,0	1 35 100	16 19	15 13	100	2	Pta. Madrid		3 20,0 17	7,0	2	6 8	
201	7 10 14	7 2 18	25 72 4,5	5000	3	297 A06		640	1 40,0	1 40 100	24 19	15 13	100	1	Arica	8	3 20,0 15	10,0	2	6 8	
202	7 10 14	10 16 18	25 71 48,5	2500	3	297 A06						20 15	13 85	1	Arica		3 20,0 16	11,0	2	6 8	
203	7 10 14	12 22 18	25 71 32,6	1960	3	297 A06		689	1 50,0	1 35 100	22 19,5	18,5 16	70	1	Arica	15	3 20,0 16	10,0	2	6 8	
204	7 10 14	14 54 18	25 71 16,7	1090	3	297 A06						19 18	16 55	1	Arica		3 20,0 16	15,0	2	6 8	
205	7 10 14	17 1 18	25 71 1	1004	3	297 A06		669	1 33,0	1 35 100	23 19	19 16	40	1	Arica	10	2 20,0 18	10,0	2	6 8	
206	7 10 14	19 49 18	25 70 50,5	980	3	297 A06						20 16	13 30	1	Arica		2 20,0 16	10,0	2	6 8	
207	7 10 14	20 23 18	25 70 40	646	3	297 A06		663	1 31,0	1 29 100	21 21	15 13	20	1	Arica		3 20,0 17	11,0	2	6 8	
208	7 10 14	23 58 18	25 70 29,5	107	3	297 A06		515	1 30,0	1 17 95	8 22	15 13	10	1	Arica		3 20,0 16	10,0	2	6 8	
209	7 10 15	1 31 18	25 70 24,2	56	3	297 A06		391	0 52,0	0 48 50	14 21	15,5 14	5	1	Arica		3 20,0 18	10,0	2	6 8	
210	7 10 15	4 9 18	25 15	3	297 A06		112	0 16,0	0 13 13	28 20,5			1	1	Arica		3 20,0 18	10,0	2	6 8	
Arica	7 10 15	2 45 18	23 70 24,8	50	3	297 A06		284	0 47,0	0 43 45	21 21	15,5 14	2		Arica		3 20	18	10	2	6 8
Iquique	7 10 10	10 7 20	11 70 10,3	77	3	297 A06		420	1 20,0	1 13 70	22 21	15 13	2		Iquique		2 20	0 7	2	6 8	
Mejillones	7 10 6	13 4 23	1 70 23,1	80	3	297 A06		417	1 19,0	1 6 70	15 17	18 16	2		Mejillones	13	1 27 29	10	1	3 5	



Tabla 2. Valores de los pares T-S de las aguas tipo, utilizados en los triángulos de mezcla para el crucero.

AGUA TIPO	SIGLA	Septiembre	
		T°C	SAL.
SUBTROPICAL	AST	22,50	35,30
SUBANTARTICA	ASAA	12,50	33,80
ECUATORIAL SUBSUPERFICIAL	AESS	13,00	35,00
INTERMEDIA ANTARTICA	AIAA	3,00	34,00
PROFUNDA DEL PACIFICO	APP	1,75	34,68

Tabla 3. Categorías por densidad

Categoría	Intervalo (t/mn ²)	Calificación de densidad
I	1 - 75	Muy baja
II	76 - 150	Baja
III	151 - 300	Densa
IV	301 - >	Muy densa



Tabla 4. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi y profundidad del 1% de penetración de luz. Septiembre-octubre 2007.

tran	est	dcost	Hora	Secchi	1%	capa de mezcla
1	1	100	15:10	9,5	28,5	15
1	9	5	8:58	8,0	24,0	12
1	10	1	10:14	10,0	30,0	6
2	11	1	16:31	9,5	28,5	0
2	12	5	17:40	10,5	31,5	7
2	18	70	7:45	12,0	36,0	26
2	20	100	15:29	10,5	31,5	2
3	28	10	10:30	10,0	30,0	5
3	29	5	11:50	12,0	36,0	3
3	30	1	13:04	7,5	22,5	3
4	31	1	18:09	5,0	15,0	0
5	41	100	17:55	8,0	24,0	9
5	47	20	6:52	8,0	24,0	60
5	48	10	9:33	11,5	34,5	40
5	49	5	10:57	11,0	33,0	12
5	50	1	12:05	9,0	27,0	3
6	51	1	17:25	5,5	16,5	7
6	60	100	10:51	13,0	39,0	9
7	61	100	16:12	13,5	40,5	18
7	69	5	8:14	11,0	33,0	7
7	70	1	9:27	9,0	27,0	7
8	71	1	14:55	10,5	31,5	6
8	72	5	15:51	11,5	34,5	6
8	73	10	17:38	6,0	18,0	15
8	80	100	7:08	12,0	36,0	37
9	81	100	12:55	10,0	30,0	5
9	83	70	18:00	8,0	24,0	10
9	90	1	7:54	4,0	12,0	5
10	91	1	13:20	14,5	43,5	5
10	92	5	14:25	10,5	31,5	3
10	93	10	15:50	9,5	28,5	4
10	94	20	17:31	10,0	30,0	7
11	101	100	11:33	9,0	27,0	6
11	103	70	16:25	11,5	34,5	5
12	111	1	10:06	7,0	21,0	4
12	112	5	10:58	4,0	12,0	4
12	113	10	12:20	4,0	12,0	3
12	114	20	14:20	10,5	31,5	2
12	116	40	17:28	8,0	24,0	6
13	121	100	7:43	10,0	30,0	21
13	123	70	12:20	10,5	31,5	10
13	125	40	17:50	9,5	28,5	8
14	131	1	14:03	9,0	27,0	0
14	132	5	15:54	8,5	25,5	4
14	133	10	17:33	3,5	10,5	7
14	140	100	9:24	10,0	30,0	33
15	141	100	15:17	7,5	22,5	4
15	148	10	7:14	7,0	21,0	8
15	149	5	8:55	8,0	24,0	0
16	151	1	17:25	3,0	9,0	0
16	158	70	8:36	8,0	24,0	12
16	160	100	13:29	13,5	40,5	12
17	167	20	8:49	8,0	24,0	3
17	168	10	11:23	7,0	21,0	2
17	169	5	13:00	5,5	16,5	0
17	170	1	14:42	5,5	16,5	0
18	176	40	9:41	5,5	16,5	7
18	178	70	14:42	13,0	39,0	12
19	183	70	8:26	11,5	34,5	21
19	185	40	12:57	7,0	21,0	10
19	187	20	17:24	10,0	30,0	11
20	192	5	7:10	17,5	52,5	0
20	193	10	8:57	6,0	18,0	3
20	194	20	11:35	14,0	42,0	3
20	196	40	15:46	12,0	36,0	10
21	201	100	7:02	11,5	34,5	17
21	203	70	12:22	8,0	24,0	15
21	205	40	17:01	15,0	45,0	10
FIJA	mej	2	13:04	9,5	28,5	5



Tabla 5. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de peces Crucero MOBIO septiembre/octubre 2007. Zona Arica – Pichidangui.

Huevos	Anchoveta	Sardina	Jurel	Caballa	Vinciguerría	Merluza	Agujilla	Machuelo	Otros Huevos	Total Huevos
N°Total Estaciones	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147
N° Estaciones positivas	30		14		42	2	22	2	74	101
Abundancia (H/10m ²)	285514		2766		15913	1430	964	128	25312	332027
Minimo Est (+)	28		25		28	104	32	27	26	26
Máximo Est (+)	63104		931		6433	1326	85	102	5315	63724
Std.Dev Est (+)	18030,03		279,81		1025,12	863,76	16,51	53,16	677,02	10904,4
Media Est. Positivas	9517		198		379	715	44	64	342	3287
Media Est. Totales	1942		19		108	10	7	1	172	2259
Constancia	20,41		9,52		28,57	1,36	14,97	1,36	50,34	68,71
Dominancia numérica	85,99		0,83		4,79	0,43	0,29	0,04	7,62	100,00
CV(%)	1,89		1,42		2,71	1,21	0,38	0,83	1,98	3,32

Larvas	Anchoveta	Sardina	Jurel	Caballa	Vinciguerría	Merluza	Agujilla	Machuelo	Otros Larvas	Total Larvas
N°Total Estaciones	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147
N° Estaciones positivas	63		1		29	2	1		141	144
Abundancia (L/10m ²)	66681		38		3969	91	37		38296	109112
Minimo Est (+)	29				28	21			28	30
Máximo Est (+)	9622				521	69			2370	9911
Std.Dev Est (+)	1667,99				130,13	34,17			286,65	1250,95
Media Est. Positivas	1058				137	46			272	758
Media Est. Totales	454				27	1			261	742
Constancia	42,86				19,73	1,36			95,92	97,96
Dominancia numérica	61,11				3,64	0,08			35,10	100,00
CV(%)	1,58				0,95	0,75			1,06	1,65



Tabla 6. Resultados de las calibraciones hidroacústicas históricas del sistema Simrad EK-500 del B/I "Abate Molina", para la frecuencia de 38 Khz, por longitudes de pulso.

Fecha	Lugar	TS-transducer gain			Sv-transducer gain		
		Corto (0,3ms)	Medio (1,0ms)	Largo (3,0ms)	Corto (0,3ms)	Medio (1,0ms)	Largo (3,0ms)
01.10.92	Quintero	26.9	27.9	28.1	27.0	27.5	27.9
20.06.93	Valparaíso	26.8	27.9	27.9	26.9	27.5	27.6
09.11.93	Valparaíso	26.5	27.2	27.4	26.9	27.2	27.6
27.02.94	Mejillones	26.0	27.0	27.0	26.1	26.7	27.0
15.05.94	Mejillones	26.1	27.1	27.1	26.2	27.0	27.2
06.01.95	Mejillones	27.0	27.6	27.8	27.1	27.7	28.1
12.07.95	Valparaíso	27.1	28.1	28.0	27.2	28.0	28.1
04.09.96	Pto. Yates	26.8	27.9	27.9	26.9	27.6	28.1
19.11.96	Mejillones	26.7	27.9	27.9	26.9	27.7	28.0
18.04.97	Valparaíso	26.8	27.5	27.6	27.3	27.7	27.8
29.12.97	Valparaíso	26.8	27.7	27.7	27.2	27.5	27.9
21.11.98	Valparaíso	26.9	27.4	27.2	27.1	27.2	27.3
21.12.99	Valparaíso	26.34	27.52		27.02	27.32	
13.01.00	Valparaíso	26.82	27.43	29.09	26.47	27.64	27.40
28.12..00	Valparaíso	26.47	27.64	27.40	26.82	27.43	27.09
23.12.01	Valparaíso	26,57	27,67	28,35	26,97	27,53	25,27
02.01.03	Valparaíso	26,52	27,23	27,63	25,98	27,30	28,01
03.01.05	Valparaíso	26.35	27.7	28.04	26.76	27.38	27.77
03.01.06	Valparaíso	26,42	27,23	27,50	26,81	27,06	27,29
01.03.06	Valparaíso	26,5	27,80	28,60	26,90	27,60	27,20
29.12.06	Valparaíso	26.27	27.61	28.37	26.87	27.58	28.13
28.10.07	Mejillones	26.59	27.83	28.43	27.05	27.68	28.18



Tabla 7. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en invierno de 1984 - 2007.

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
1984	1,61E+11	2,15E+21	0,0797	7,00E+10	2,52E+11
1985	2,16E+13	6,29E+25	0,1265	6,05E+12	3,72E+13
1986	6,40E+12	1,36E+24	0,0327	4,11E+12	8,68E+12
1987	1,68E+12	2,11E+23	0,0721	7,80E+11	2,58E+12
1988	4,19E+12	5,96E+23	0,0334	2,77E+12	5,61E+12
1989	8,86E+12	8,33E+24	0,1009	3,54E+12	1,42E+13
1990	3,15E+12	1,21E+24	0,1151	1,00E+12	5,30E+12
1991	8,16E+11	3,67E+22	0,0537	4,40E+11	1,19E+12
1992	3,29E+12	3,19E+23	0,0290	2,18E+12	4,40E+12
1993	8,08E+12	7,04E+23	0,0107	6,44E+12	9,73E+12
1994	1,84E+13	1,07E+25	0,0311	1,20E+13	2,48E+13
1995	5,09E+12	8,32E+23	0,0316	3,31E+12	6,88E+12
1996	5,42E+12	7,03E+24	0,2146	2,21E+11	1,06E+13
1997	6,84E+12	4,37E+24	0,0893	2,74E+12	1,09E+12
1998	1,20E+12	4,47E+23	0,2703	-1,11E+11	2,51E+12
1999	3,62E+12	2,40E+24	0,1682	5,84E+11	6,65E+12
2000	4,18E+12	8,47E+23	0,0473	2,37E+12	5,98E+12
2001	2,47E+12	4,89E+23	0,0771	1,10E+12	3,84E+12
2002	5,72E+12	4,51E+24	0,1291	1,56E+12	9,88E+12
2003	9,28E+12	1,27E+25	0,1376	2,30E+12	1,63E+13
2004	5,23E+12	1,07E+24	0,0384	3,21E+12	7,26E+12
2005	5,94E+12	2,08E+24	0,0574	3,11E+12	8,76E+12
2006	5,65E+12	1,69E+24	0,0516	3,10E+12	8,20E+12
2007	3,22E+12	3,80E+23	0,036	2,01E+12	4,43E+12



Tabla 8. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en invierno de 1983 - 2007.

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
1983	1,74E+12	3,92E+23	0,1218	5,13E+11	2,97E+12
1984	6,08E+11	2,77E+11	0,0000	2,81E+11	9,34E+11
1985	2,43E+11	7,71E+21	0,1227	7,05E+10	4,15E+11
1986	8,40E+11	5,56E+22	0,0758	3,77E+11	1,30E+12
1987	6,38E+11	1,41E+23	0,2974	-9,76E+10	1,37E+12
1988	5,22E+11	2,19E+22	0,0773	2,32E+11	8,12E+11
1989	3,03E+11	9,61E+21	0,0996	1,11E+11	4,95E+11
1990	2,34E+11	5,46E+21	0,0951	8,97E+10	3,79E+11
1991	4,60E+10	8,73E+20	0,3454	-1,17E+10	1,04E+11
1992	1,70E+11	1,34E+21	0,0453	9,82E+10	2,41E+11
1993	1,07E+11	2,08E+21	0,1669	1,76E+10	1,96E+11
1994	1,24E+11	2,08E+21	0,1269	3,43E+10	2,13E+11
1995	4,90E+10	1,96E+20	0,0785	2,15E+10	7,64E+10
1996	2,00E+10	1,93E+20	0,3937	-7,29E+09	4,72E+10
1997	3,30E+10	5,83E+20	0,4288	-1,40E+10	8,06E+10
1998	2,90E+10	4,17E+20	0,4027	-1,09E+10	6,91E+10
1999	1,58E+11	1,47E+22	0,4630	-7,91E+10	3,96E+11
2000	5,10E+10	1,72E+21	0,5076	-3,06E+10	1,32E+11
2001	1,82E+11	1,67E+22	0,4082	-7,14E+10	4,35E+11
2002	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-
2004	4,00E+09	8,62E+18	0,431	-1,56E+09	9,95E+09
2005	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	-	-



Tabla 9. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de sardina, anchoveta y jurel. Area Comparativa: Antofagasta - Coquimbo 0 - 100m.n. Invierno: 1983 – 2007

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
	2005	0	0	0	0	0,0	0,0
	2006	3	144	3	48	6,1	0,2
	2007	0	0	0	0	0,0	0,0
	Engraulis ringens	1983	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
2005		6	3817	80	636	12,5	22,6
2006		4	76065	1552	19016	8,2	81,9
2007		3	3490	42	1163	3,6	15,3
Trachurus murphyi		1983	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
	2005	11	4265	89	388	22,9	25,2
	2006	5	2472	50	494	10,2	2,7
	2007	2	167	2	84	2,4	0,7



Tabla 10. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de sardina, anchoveta y jurel. Area Comparativa: Antofagasta - Coquimbo 0 - 100m.n. Invierno: 1983 – 2007.

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
	2005	0	0	0	0	0,0	0,0
	2006	0	0	0	0	0,0	0,0
	2007	0	0	0	0	0,0	0,0
	Engraulis ringens	1983	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	102	14,7	4,0
1993		42	9660	102	230	44,2	18,1
1994		85	138691	1206	1632	73,9	76,6
1995		68	62400	543	918	59,1	61,6
2004		30	11032	306	368	83,3	42,7
2005		12	4392	92	366	25,0	11,6
2006		10	4684	96	468	20,4	25,9
2007	7	653	8	93	8,3	2,5	
Trachurus murphyi	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
	2005	4	758	16	190	8,3	2,0
	2006	2	82	2	41	4,1	0,5
2007	0	0	0	0	0,0	0,0	



Tabla 11. Parámetros estimados, tamaños de muestra, valor del estadístico y p-value de prueba de Shapiro-Wilk, para el análisis distribucional de la densidad de huevos o larvas de anchoveta, en los cruceros correspondientes al FIP 2006-01 y 2007-11. Cruceros realizados en septiembre y diciembre de 2006 y marzo y septiembre de 2007, en la I y II Región.

Hipotesis distribucional	Densidad	Parametros		Tamaño de muestra	Estadístico	P-value
		meanlog	sdlog			
Lognormal	Huevos	6,83	2,44	86	0,95	0,07 *
Lognormal	Larvas	6,17	1,51	169	0,98	0,09 *

* : p-value mayor a 0,05, no rechaza Ho

Tabla 12. Síntesis por crucero del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos y larvas de anchoveta y densidad media con sus errores estándar entre paréntesis, cruceros realizados en la I y II Región, años 2006 y 2007.

	Mes				Media
	Sep-06	Dic-06	Mar-07	Sep-Oct 07	
Estaciones	54	54	54	63	56
Estac. sin huevos	29	38	36	36	35
Estac. con huevos	25	16	18	27	22
Densidad media de huevos / 10 m ²	8724 (92352)	4295 (28246)	1107 (6971)	7268 (82089)	6097 (111768)
Estac. sin larvas	8	19	22	7	14
Estac. con larvas	46	35	32	56	42
Densidad media de larvas / 10 m ²	2385 (7803)	531 (1474)	548 (1283)	1168 (3046)	1100 (3588)

* () indica el error estandar de la estimación

Tabla 13. Resumen de estadísticas descriptivas para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial, densidad de agua y clorofila integrada. Cruceros realizados en la I y II Región, años 2006 y 2007.

Estadísticos	Longitud (° W)	Latitud (° S)	Temperatura superficial (° C)	Salinidad superficial (psu)	Densidad (sigma-t)(kg/m ³)	Clorofila superficial (µg/L)	Capa de mezcla (m)	Oxígeno superficial (ml/L)
Mínimo	-72,2	-23,7	13,59	34,42	23,50	4,0	0,0	2,5
Máximo	-70,1	-18,4	24,82	35,34	26,07	475,7	33,0	7,7
Rango	2,1	5,3	11,23	0,92	2,57	471,6	33,0	5,2
Media	-70,9	-21,0	18,12	34,83	25,07	55,1	6,0	5,7
Mediana	-70,6	-21,0	17,62	34,81	25,28	31,0	4,0	5,8
Desv. Est.	0,7	1,8	2,79	0,18	0,64	62,5	6,3	0,8



Tabla 14. 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, años 2006 y 2007.

Modelo binomial presencia/ausencia de huevos

Modelo	Resid. Df	Resid. Dev	Deviance	Pr(Chisq)
Crucero	221	52,1	1,0	0,80
s(Latitud)	220	51,0	2,2	0,69
s(Longitud)	220	40,9	12,3	0,01
s(tsm)	220	45,8	7,4	0,10
s(ssm)	217	48,3	4,9	0,67
s(dsm)	217	45,9	7,2	0,39
s(clo.int)	219	46,8	6,3	0,26
s(oxi.sup)	220	49,7	3,4	0,47
s(capa.mezcla)	220	50,4	2,8	0,60

Devianza modelo nulo	53 sobre 220 grados de libertad
Devianza residual	27,1 sobre 187 grados de libertad
Parámetro de dispersión	0,15
Pseudo R ²	0,421

Modelo binomial presencia/ausencia de larvas

Modelo	Resid. Df	Resid. Dev	Deviance	Pr(Chisq)
Crucero	221	38,4	3,7	0,30
s(Latitud)	220	41,1	1,0	0,91
s(Longitud)	220	28,6	13,4	0,01
s(tsm)	220	28,2	13,8	0,01
s(ssm)	217	30,7	11,3	0,12
s(dsm)	217	31,3	10,8	0,14
s(clo.int)	220	37,5	4,6	0,38
s(oxi.sup)	220	37,8	4,2	0,37
s(capa.mezcla)	220	41,1	0,9	0,91

Devianza modelo nulo	41 sobre 220 grados de libertad
Devianza residual	11,1 sobre 186 grados de libertad
Parámetro de dispersión	0,060
Pseudo R ²	0,731



Tabla 15. 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, años 2006 y 2007.

Densidad de huevos

Modelo	Resid. Df	Resid. Dev	Deviance	F Value	Pr(F)
Crucero	82	488,5	17,2	0,96	0,414
s(Latitud)	81	475,8	29,9	1,27	0,287
s(Longitud)	81	446,8	58,9	2,67	0,038
s(tsm)	81	454,4	51,3	2,29	0,067
s(ssm)	81	472,2	33,5	1,44	0,229
s(dsm)	81	460,8	44,9	1,97	0,106
s(clo.int)	81	470,1	35,6	1,53	0,201
s(oxi.sup)	81	483,8	21,9	0,92	0,458
s(capa.mezcla)	81	481,7	24,0	1,01	0,408
Devianza modelo nulo	506 sobre 85 grados de libertad				
Devianza residual	283 sobre 50 grados de libertad				
Parámetro de dispersión	5,14				
Pseudo R ²	0,441				

Densidad de larvas

Modelo	Resid. Df	Resid. Dev	Deviance	F Value	Pr(F)
Crucero	165	365,8	16,7	2,51	0,060
s(Latitud)	164	367,6	14,9	1,67	0,160
s(Longitud)	164	359,2	23,3	2,66	0,034
s(tsm)	164	353,0	29,6	3,44	0,010
s(ssm)	161	365,5	17,0	1,07	0,385
s(dsm)	161	347,0	35,5	2,35	0,026
s(clo.int)	164	375,9	6,6	0,72	0,578
s(oxi.sup)	164	377,1	5,5	0,59	0,667
s(capa.mezcla)	164	375,7	6,8	0,74	0,565
Devianza modelo nulo	371 sobre 165 grados de libertad				
Devianza residual	260 sobre 130 grados de libertad				
Parámetro de dispersión	1,84				
Pseudo R ²	0,298				

Tabla 16. Resultados del ajuste del modelo esférico para el variograma.

Parámetros	Estimado	Estándar Error	Valor t	Probabilidad
Range	4.5856	3.1702	1.446	0.182
Sill	0.8624	0.3581	2.408	0.039
Nuegget	2.9309	0.2734	10.72	0.000



Tabla 17. Resultados de las calibraciones hidroacústicas históricas del sistema Simrad EK-500 del B/I "Abate Molina", para la frecuencia de 38 KHz, por longitudes de pulso.

Fecha	Lugar	TS-transducer gain			Sv-transducer gain		
		Corto (0,3ms)	Medio (1,0ms)	Largo (3,0ms)	Corto (0,3ms)	Medio (1,0ms)	Largo (3,0ms)
01.10.92	Quintero	26.9	27.9	28.1	27.0	27.5	27.9
20.06.93	Valparaíso	26.8	27.9	27.9	26.9	27.5	27.6
09.11.93	Valparaíso	26.5	27.2	27.4	26.9	27.2	27.6
27.02.94	Mejillones	26.0	27.0	27.0	26.1	26.7	27.0
15.05.94	Mejillones	26.1	27.1	27.1	26.2	27.0	27.2
06.01.95	Mejillones	27.0	27.6	27.8	27.1	27.7	28.1
12.07.95	Valparaíso	27.1	28.1	28.0	27.2	28.0	28.1
04.09.96	Pto. Yates	26.8	27.9	27.9	26.9	27.6	28.1
19.11.96	Mejillones	26.7	27.9	27.9	26.9	27.7	28.0
18.04.97	Valparaíso	26.8	27.5	27.6	27.3	27.7	27.8
29.12.97	Valparaíso	26.8	27.7	27.7	27.2	27.5	27.9
21.11.98	Valparaíso	26.9	27.4	27.2	27.1	27.2	27.3
21.12.99	Valparaíso	26.34	27.52		27.02	27.32	
13.01.00	Valparaíso	26.82	27.43	29.09	26.47	27.64	27.40
28.12..00	Valparaíso	26.47	27.64	27.40	26.82	27.43	27.09
23.12.01	Valparaíso	26,57	27,67	28,35	26,97	27,53	25,27
02.01.03	Valparaíso	26,52	27,23	27,63	25,98	27,30	28,01
03.01.05	Valparaíso	26.35	27.7	28.04	26.76	27.38	27.77
03.01.06	Valparaiso	26,42	27,23	27,50	26,81	27,06	27,29
01.03.06	Valparaiso	26,5	27,80	28,60	26,90	27,60	27,20
29.12.06	Valparaíso	26.27	27.61	28.37	26.87	27.58	28.13
28.10.07	Mejillones	26.59	27.83	28.43	27.05	27.68	28.18



Tabla 18. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el crucero MOBIO 0709 respecto a las variables profundidad, temperatura y salinidad, entre Arica y Antofagasta.

		Jurel	Anchoveta	Caballa	Linterna	Langostino
	N	103	376	13	106	33
Sa	Σsa	50032	355656	11532	328248	28299
	\overline{Sa}	485	945	887	3096	857
	Máx	12455	32035	2369	32279	2717
	Mín	0	0	15	1	117
	Var	2434645.7	6004539.5	485761.5	28757120.0	417880.3
Profundidad	\overline{P}	27.0	14.9	16.2	111.7	10.6
	Máx	83.5	43	18	251	13
	Mín	11.5	8.5	13	15	9
	Var	291.56	37.37	2.85	9294.39	0.81
Temperatura	\overline{T}	14.7	13.9	13.9	14.5	14.1
	Máx	16.32	16.31	14.25	16.47	14.92
	Mín	12.47	12.17	13.64	10.74	13.41
	Var	0.67	0.92	0.0233	2.22	0.42
Salinidad	N	100	294	13	101	2
	\overline{Sal}	34.658	34.760	34.733	34.759	34.706
	Máx.	34.809	34.841	34.764	34.84	34.801
	Mín	34.438	34.476	34.502	34.53	34.612
	Var.	0.0109	0.0066	0.0049	0.0054	0.0178



Tabla 19. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el crucero MOBIO 0709 respecto a las variables profundidad, temperatura y salinidad, entre Antofagasta y Pichidangui.

		Jurel	Anchoveta	Caballa	Linterna	Langostino
	N	211	4	16	17	1
Sa	Σsa	155298	6872	2998	21997	377
	\overline{Sa}	736	1718	187	1293	377
	Máx	39411	3882	1581	6060	377
	Mín	2	292	0	6	377
	Var	13960033.9	2651581.3	158576.3	2956741.1	
Profundidad	\overline{P}	39.3	21.6	16.1	146.4	11
	Máx	154.5	34	22	241.5	11
	Mín	11	13.5	9	64	11
	Var	572.82	76.06	14.35	4053.39	
Temperatura	\overline{T}	13.2	12.9	13.7	11.5	12.2
	Máx	13.9	13.7	13.9	13.1	12.2
	Mín	10.9	12.4	12.7	10.6	12.2
	Var	0.59	0.29	0.15	1.03	
Salinidad	\overline{Sal}	34.547	34.498	34.679	34.591	34.662
	Máx.	34.801	34.754	34.764	34.723	34.662
	Mín	34.072	34.099	34.494	34.371	34.662
	Var.	0.0211	0.1011	0.0034	0.0196	

Tabla 20. Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) (t/mn2) de jurel, anchoveta y caballa estimados por zona en el crucero MOBIO 0709.

Especie	Arica-Antofagasta		Antofagasta-Pichidangui	
	IC (%).	ID (t/mn2).	IC (%).	ID (t/mn2).
Jurel	2.99	121.6	3.90	119.7
Anchoveta	11.06	214.1	0.12	163.9
Caballa	0.59	146.8	0.12	36.1
Langostino	1.01	90.0		
Pez linterna	3.53	493.4	0.29	72.3

Nota:

Anchoveta:

L = 13,5 cm (Arica-Antofagasta)
 \underline{L} = 13.5 cm (Antofagasta Pichidangui)
 TS 20 Log L - 73,58 (Castillo et al, 2004)
 Peso = 0,00571 L^{3,06229}; R²=0,95 (2004).
 Cb (Ar-Ant) = 0,1645 t/mn2
 Cb (Ant-Pich) = 0,1645 t/mn2

Jurel

: L = 27 cm (Arica-Antofagasta)
 L = 27 cm (Antofagasta-Pichidangui)
 TS=20,11 Log L-68,67 (Córdova, com. Pers.)
 Peso = 0,01182 L^{2,96789}; R²= 0,92 (2004).
 Cb (ar-ant) = 0,1622 t/mn2
 Cb (Ant-Pich) = 0,1622 t/mn2

Caballa

: Cb = 0,14 t/mn2

Langostino y Vicinguerria: Cb = 0,14 t/mn2.



Tabla 21. 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 en los muestreos de octubre de 2007 a mayo de 2008.

DATOS FISICOS							DATOS QUIMICOS					
localidad	Arica		Iquique		Mejillones		Arica		Iquique		Mejillones	
fecha	15-Oct-07		10-Oct-07		6-Oct-07		15-Oct-07		10-Oct-07		6-Oct-07	
prof	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	14,51	34,84					5,82	2,13	6,33	4,85	5,16	1,35
2	14,52	34,83	15,35	34,82	14,80	34,83						
4	14,51	34,83	15,35	34,83	14,80	34,83						
5	14,50	34,83	15,32	34,82	14,79	34,82	5,39	2,05	5,55	6,25	4,99	1,35
6	14,49	34,83	15,12	34,80	14,58	34,81						
8	14,47	34,83	14,69	34,80	14,37	34,82						
10	14,42	34,83	14,38	34,80	14,25	34,81	4,05	2,98	4,18	5,96	1,40	1,21
15	13,47	34,78	13,97	34,80	13,76	34,79						
20	12,63	34,82	13,74	34,79	12,75	34,80	0,54	9,07	1,90	2,19	0,84	1,03
25	12,45	34,84	13,21	34,81	12,30	34,81						
30	12,45	34,85	12,96	34,80	12,21	34,81	0,44	2,62	0,28	0,23	0,38	1,19
35			12,74	34,82	12,15	34,81						
40			12,57	34,82	12,10	34,82						
45			12,42	34,83	12,01	34,82						
50			12,36	34,83	11,98	34,82			0,39	0,17	0,59	0,95
fecha	12-Nov-07		10-Nov-07		15-Nov-07		12-Nov-07		10-Nov-07		15-Nov-07	
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
0	16,12	34,826	16,01	34,849	16,2		5,94	0,73	6,77	2,49		4,21
5	15,56	34,909	15,07	34,882	15,7	34,711	6,23	1,16	7,17	2,77		6,35
10	14,98	34,899	15,47	34,844	13,4	34,773	4,39	1,99	3,29	2,53		0,48
20	13,88	34,895	14,11	34,882	12,9	34,831	0,31	0,66	1,04	1,07		0,25
30	13,56	34,896	13,06	34,842	12,40	34,741	0,31	0,37	0,31	0,36		0,11
50	13,12	34,9	12,81	34,882	12,0	34,682	0,58	0,13	0,42	0,08		0,16
fecha	1-Dic-07		6-Dic-07		14-Dic-07		1-Dic-07		6-Dic-07		14-Dic-07	
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	17,50	34,82	17,32	34,79	17,78	34,64	4,89	2,82	7,04	2,77	7,60	3,72
2	17,48	34,82	17,29	34,78	17,77	34,65						
4	17,55	34,80	17,26	34,79	17,69	34,64						
5	15,78	34,80	17,07	34,80	17,51	34,65	3,01	8,84	7,10	5,05	4,47	7,41
6	14,47	34,80	16,88	34,80	17,21	34,67						
8	13,95	34,82	16,06	34,82	16,16	34,70						
10	13,84	34,83	15,45	34,85	13,63	34,71	1,05	6,58	5,34	9,68	0,98	1,81
15	13,63	34,83	14,20	34,85	12,85	34,70						
20	13,21	34,84	13,42	34,86	12,67	34,73	0,24	4,45	1,58	7,56	0,45	0,24
25	12,97	34,83	13,31	34,84	12,60	34,75						
30	12,72	34,85	13,03	34,84	12,56	34,76	0,15	2,22	0,19	1,40	0,20	0,09
35	12,67	34,86	12,96	34,84	12,52	34,79						
40	12,63	34,86	12,79	34,84	12,48	34,80						
45	12,56	34,86	12,61	34,85	12,44	34,80						
50			12,57	34,85	12,43	34,80	0,34	0,23	0,15	0,36	0,14	0,13

DATOS FISICOS							DATOS QUIMICOS					
localidad	Arica		Iquique		Mejillones		Arica		Iquique		Mejillones	
fecha	5-Ene-08		12-Ene-08		10-Ene-08		5-Ene-08		12-Ene-08		10-Ene-08	
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	16,50	34,90	18,20	34,90	19,50	34,70	5,38	1,69	6,59	1,41	7,79	1,68
5	14,20	34,87	16,60	34,86	18,80	34,70	3,75	1,55	5,88	13,91	7,96	1,62
10	13,20	34,87	14,10	34,86	16,80	34,65	1,34	11,26	3,79	2,98	7,86	1,57
20	12,60	34,89	13,20	34,93	13,80		0,37	1,13	0,55	2,14	3,74	5,75
30	12,40	34,90	12,80	34,96	13,00	34,70	0,23	0,36	0,11	0,63	0,58	1,21
50	12,10	34,90	12,50	34,99	12,70	34,76	0,15	0,28	0,21	0,47	0,15	0,43
fecha	13-Feb-08		19-Feb-08		14-Feb-08		13-Feb-08		19-Feb-08		14-Feb-08	
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	20,50	34,81	17,20	34,74	16,40	34,57	6,31	0,62	6,73	4,54	5,51	3,04
5	16,80	34,80	15,90	34,74	15,10		6,17	4,22	4,69	8,54	5,12	5,90
10	13,70	34,81	14,90	34,75	13,50	34,67	1,30	3,67	1,87	6,95	1,60	9,45
20	13,10	34,82	13,70	34,78	13,10		0,24	0,16	0,19	0,29	0,66	1,75
30	12,90	34,85	13,40	34,82	12,80	34,76	0,21	0,07	0,15	0,54	0,21	0,39
50	12,50	34,84	12,90	34,83	12,20	34,76	0,17	0,07	0,24	0,29	0,20	0,21
fecha	18-Mar-08		16-Mar-08		22-Mar-08		18-Mar-08		16-Mar-08		22-Mar-08	
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	20,50	34,80	17,70	34,79	18,50	34,65	7,22	0,34	5,62	1,38	7,39	3,94
5	18,80	34,76	15,50	34,67	16,90	34,62	7,35	1,09	3,73	1,03	6,66	6,32
10	15,00	34,60	14,10	34,66	15,80	34,61	6,63	5,29	1,68	0,53	6,50	7,64
20	14,00	34,60	13,80	34,84	14,40	34,59	3,93	1,01	0,34	0,17	3,87	6,05
30	13,10	34,82	13,30	34,81	13,90	34,61	0,30	0,24	0,19	0,15	3,00	4,30
50	12,80	34,86	13,00	34,86	12,90	34,69	0,13	0,14	0,15	0,08	0,64	0,76
fecha	26-Abr-08		29-Abr-08		27-Abr-08		26-Abr-08		29-Abr-08		27-Abr-08	
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	18,10	34,80	15,20	34,80	17,00	34,53	7,96	0,40	4,44	3,87	6,32	1,75
5	17,20	34,79	14,90	34,79	15,40	34,54	7,78	0,77	2,30	1,08	6,23	2,47
10	15,20	34,75	14,40	34,79	14,00	34,50	5,56	12,25	1,63	0,63	4,22	0,97
20	13,50	34,84	13,40	34,82	13,50	34,53	0,23	1,06	1,03	0,42	3,47	0,89
30	12,80	34,87	13,00	34,85	13,10	34,57	0,28	0,11	0,75	0,31	2,14	0,31
50	12,60	34,89	12,90	34,84	12,70	34,77	0,19	0,17	0,39	0,14	0,36	0,09
fecha	24-May-08		27-May-08		25-May-08		24-May-08		27-May-08		25-May-08	
prof/variable	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
1	16,40	34,73	15,40	34,73	15,80	34,70	5,88	0,48	5,59	1,35	5,79	2,47
5	15,10	34,76	15,20	34,72	14,80	34,69	4,52	0,87	4,92	1,84	5,74	3,30
10	14,50	34,82	14,80	34,71	13,80	34,67	3,65	1,18	4,11	1,15	5,02	9,60
20	13,80	34,78	14,00	34,75	13,20	34,55	2,28	0,41	2,20	0,34	1,96	0,43
30	13,40	34,82	13,60	34,78	13,00	34,61	1,11	0,25	1,62	0,39	1,35	0,22
50	12,80	34,85	13,00	34,79	12,70	34,75	0,20	0,20	0,90	0,19	0,51	0,15



Tabla 22. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta en cada estrato de profundidad de las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Octubre de 2007 a Mayo de 2008.

	Huevos de anchoveta			Larvas de anchoveta		
	0-10 (m)	10-25 (m)	25-50 (m)	0-10 (m)	10-25 (m)	25-50 (m)
Octubre						
Arica	277	55279	89	215	2176	1240
Iquique		195	322	893	1511	387
Mejillones						
Noviembre						
Arica	16339	554	709	2954	594	1152
Iquique	23					
Mejillones						
Diciembre						
Arica	81171	154363	930	62	40	
Iquique	141	536	322	23		
Mejillones	139	96	154			
Enero						
Arica	12708	158	44	677		89
Iquique						
Mejillones	208	1535	1645	35	672	
Febrero						
Arica	7139	673	620	62		44
Iquique	282	146		141		64
Mejillones	139			35	93	51
Marzo						
Arica	45140	40	974	5046		620
Iquique				23		
Mejillones	556	624		104	144	51
Abril						
Arica	2062	40	44	62		44
Iquique		49		23	293	
Mejillones		144	51	96	312	
Mayo						
Arica	31	40	44	31	1504	1019
Iquique	23					
Mejillones	521	26		96	312	

A N E X O S

A N E X O 1

Criterios de Análisis de las Condiciones Oceanográficas Superficiales



Uno de los análisis de la condición oceanográfica superficial estacional de la zona de estudio, hace uso de valores de anomalía de temperatura y salinidad obtenidos de los datos de crucero y de promedios de datos históricos para el mes. Así, los valores de estas variables, registrados en el sector oceánico de la zona de estudio y que comprenden el rango $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $\pm 0,1$ psu, respectivamente, no son significativos, ya que están en el rango de 1 desviación estándar, por lo tanto, se encuentran dentro lo que se considera como variación normal del sistema. En el caso del sector costero, en promedio, éste rango aumenta al doble, es decir $\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $\pm 0,2$ psu.

La importancia de identificar un proceso local como generador de anomalías térmicas y salinas a nivel superficial radica en que éstos pueden abarcar un área menor de la zona de estudio dentro de un período de tiempo que va de horas a meses. Como procesos locales de corta duración (horas a días), se puede indicar el viento, el cual gobierna la intensidad de la surgencia y el espesor de la capa de mezcla. En los de mayor duración (semanas a meses), se encuentran los giros de mesoescala que provocan ascensos o hundimientos de agua y que afectan la distribución vertical de las variables físicas y químicas, incluso hasta profundidades mayores a 500 m (Narváez, 2000), definiendo también la distribución de oxígeno y la producción fitoplanctónica. Los procesos que provocan los cambios señalados se pueden clasificar como de procesos locales de frecuencia intraestacional.

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

El uso de promedios de temperatura y salinidad provenientes de una serie de datos de más de 30 años (Braun *et al.*, 2002), obtenidos mediante la metodología



descrita por Blanco *et al.* (2001), como también la utilización de un criterio de “anomalía significativa” y el análisis de otras variables complementarias busca distinguir condiciones oceanográficas que pueden denominarse “anormales” para la zona y que pueden afectar la distribución y abundancia de los recursos pesqueros. También se busca distinguir el proceso que origina las anomalías, tanto las significativas como las que no lo son.

A N E X O 2

**Personal Participante
por Actividad**



A. INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO IFOP - CORPESCA S.A - PUCV

Nombre	Título	Función
Mauricio Braun Alegría	Licenciado en Biología	Jefe de Proyecto Coordinación general Crucero y estaciones costeras de vigilancia, Participa en crucero estacional, procesamiento, análisis de plancton fraccionado e ictioplancton y sus relaciones con variables físicas, CUFES, elaboración de boletines mensuales, informes y análisis integrado .
Hernán Reyes Rivas	Oceanógrafo	Participa en crucero, procesamiento y análisis de información oceanográfica física, elaboración de boletines mensual e informe de avance.
Jorge Castillo Pizarro	Ingeniero Pesquero	Participa en crucero, procesamiento y análisis de datos acústicos, elaboración de informes.
Vivian Valenzuela Cuevas	Biólogo Marino	Participa en crucero. Coordinación estaciones costeras, procesamiento y análisis del ictioplancton, CUFES, elaboración boletines mensuales e informe de avance.
Elisa Pizarro Revello	Oceanógrafo (Tesis en preparación).	Participa en crucero, procesamiento y análisis de clorofila-a y contenido de oxígeno disuelto a bordo, elaboración de boletines mensuales e informes.
Victor Catasti Barraza	Ingeniero Pesquero	Participa en crucero, análisis de TSM satelitales y relaciones exploratorias entre huevos y larvas de anchoveta y variables físicas, elaboración de boletines mensuales e informe de avance.
Guillermo Galindo Pérez	Técnico	Participa en crucero, procesamiento de muestras zooplanctónicas.
José Cañon Canales	Oceanógrafo CORPESCA	Estaciones costeras de vigilancia, Elaboración boletines, Condiciones Regionales y de Pesca.
Fernando Espindola R.	Ingeniero Pesquero Candidato Magister Cs.	Procesamiento y análisis sensores remotos, análisis geoestadístico y determinación de patrones migratorios espaciales y temporales.



Jorge Toro M	Técnico CORPESCA	Participa en estaciones costeras, recolección de muestras de zooplancton y analista de oxígeno a bordo.
Manuel Rojas R.	Técnico Marino	Participa en crucero in situ, componente acústica.
Jaime Letelier	Oceanógrafo Físico Candidato a Doctor en Cs.	Procesamiento y análisis sensores remotos y determinación de patrones migratorios de jurel y anchoveta.
Juan Saavedra Nievas	Master en Estadística	Análisis estadístico - Modelación Numérica
Carlos Martínez Farías	Biólogo Marino	Determinación de patrones migratorios espaciales y estacionales de anchoveta y jurel.
Nelson Silva S.	Profesor de Química Master of Science (Oceanography)	Responsable Data Report de Nutrientes
Paola Reinoso	Técnico	Análisis de Nutrientes
Cristina Carrasco	Técnico	Análisis de Nutrientes



HORAS/HOMBRE POR ACTIVIDAD PRINCIPAL

Objetivo Específico 2.2.1

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Hernán Reyes R.	180	32	40	27	279
Elisa Pizarro R.	180	29	35	27	271
Jaime Letelier		40	42	25	107
PUCV					
Nelson Silva S.		80			80
Paola Reinoso		540			540
Cristina Carrasco		540			540
TOTAL	360	1261	117	79	1817

Objetivo Específico 2.2.2

Mauricio Braun A.	10	50	60	62	182
Vivian Valenzuela C.	180	73	50	20	323
Guillermo Galindo P.	180	150			330
Victor Catasti B.	180	14	9	10	213
Fernando Espindola R.		40	34	20	94
Juan Saavedra N.		50	15	15	80
TOTAL	550	377	168	127	1222

Objetivo Específico 2.2.3

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Jorge Castillo P.	180	40	55	90	365
Manuel Rojas R.	180				180
TOTAL	360	40	55	90	545



Objetivo Específico 2.2.4

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Mauricio Braun A.		20	59	62	141
Milena Pizarro R.		28	35	27	90
Vivian Valenzuela C.		72	32	10	114
Guillermo Galindo P.		55			55
Victor Catasti B.		15	9	5	29
Hernán Reyes R.		32	40	27	99
CORPESCA					
José Cañon C.	240	36		300	576
Jorge Toro M.	760	40		64	864
TOTAL	1000	298	175	495	1968

Objetivo Específico 2.2.5

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Hernan Reyes R.		31	40	26	97
Fernando Espindola		40	33	20	93
Victor Catasti		15	9		24
Jaime Letelier		40	42	25	107
Elisa Pizarro		28	34	26	88
TOTAL		154	158	97	409

Objetivo Específico 2.2.6

PERSONAL	CRUCERO	PROCESAMIENTO	ANALISIS	INFORMES	TOTAL
IFOP					
Carlos Martínez F.		60	60	60	180
Jaime Letelier		40	41	25	106
Fernando Espindola		40	33	20	93
Mauricio Braun			59	61	120
TOTAL		140	193	166	499

A N E X O 3

CD contiene:

- **Informe Final (pdf)**
- **Resumen Ejecutivo (Word)**

Proyecto FIP N° 2007-11





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Unidad de Ediciones y Producción
Blanco 839, Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl
