FONDO INVESTIGACION PESQUERA 2004

INFORME FINAL

TOMO I

Proyecto FIP
2003-01

Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y II Regiones, año 2003



MAYO
2005

INFORME FINAL

TOMO I

FIP 2003-01

Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2003

• Mayo, 2005 •



REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP
Presidente del Consejo:
Felipe Sandoval Precht

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera:
Mauricio Braun Alegría

Director Ejecutivo:
Guillermo Moreno Paredes

● Mayo, 2005 ●



JEFE DE PROYECTO

MAURICIO BRAUN ALEGRÍA

AUTORES

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

● Mayo, 2005 ●

I. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, corresponde al informe final del proyecto FIP N° 2003-01 "**Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, Año 2003**", presentándose los resultados de las condiciones oceanográficas físico-químicas; la distribución geográfica y abundancia de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa; y la distribución de los recursos detectados por técnicas hidroacústicas, registradas durante los cruceros estacionales de monitoreo **MOBIO 0305, MOBIO 0309, MOBIO 0312 y MOBIO 0403**, realizados en otoño, invierno y primavera de 2003 y verano de 2004, respectivamente. Entrega además la serie de tiempo mensual generada producto del registro de las estaciones costeras de vigilancia localizadas frente a Mejillones, Iquique y Arica para el período **mayo 2003 - mayo 2004**.

Los cruceros estacionales de monitoreo se realizaron a bordo de los B/C "Carlos Porter" y "Abate Molina" y abarcaron la zona comprendida entre los 23°40'S (bahía Moreno - II Región) y los 18°25'S (Arica - I Región), desde una milla hasta una distancia máxima de 100 mn de la costa, prospectándose el área con un total de 5 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí cada 80 mn, realizándose además estaciones bio-oceanográficas durante la navegación intertransectas en cada uno de los cruceros. Se destaca que el crucero de invierno de 2003 formó parte del Sexto Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, coordinado por la Dirección Científica de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).

Las estaciones bio-oceanográficas se localizaron a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 milllas de la costa. En ellas se obtuvieron registros de temperatura y salinidad hasta una profundidad de 500 m, oxígeno disuelto y clorofila-*a* hasta una profundidad máxima de 300 m, penetración de la luz y pescas planctónicas mediante arrastres verticales desde una profundidad máxima de 100 m a superficie con una red modelo WP-2 de 297 micras de abertura de malla, complementada su boca con un flujómetro marca TSK calibrado, totalizándose 208 estaciones planctónicas. Además se realizó un muestreo estratificado de plancton a objeto de determinar el nivel de procedencia de huevos y larvas y 7 estaciones oceánicas hasta 700 m de profundidad para detectar el límite inferior de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial y evaluar fluctuaciones a profundidades intermedias que pueden ser de gran relevancia en el monitoreo del ENSO y de otras fluctuaciones de gran escala.

Las condiciones oceanográficas generales en la zona de estudio durante el otoño de 2003 estuvieron dentro de los rangos de normalidad. Los procesos de surgencia se registraron a lo largo de toda la franja costera. La presencia de

algunas anomalías negativas de temperatura superficial del mar (TSM) y salinidad superficial (SSM) que fueron significativas en la mitad sur de la zona se asoció a condiciones locales tales como el transporte de agua fría hacia el sur-oeste producto de la surgencia en la costa peruana y/o a un giro ciclónico. Los vientos medidos en la zona durante el crucero fueron mayores que aquellos de igual período de años anteriores, produciendo, comparativamente, una capa de mezcla de mayor espesor. La distribución superficial de clorofila ***a*** (cloa) tuvo bajas concentraciones, en comparación con la distribución de cloa de otoño de 2002. El parche de cloa localizado en el sector oceánico en la mitad sur de la zona estuvo asociado al afloramiento producido por un giro de tipo ciclónico.

Durante el crucero de invierno de 2003, los procesos de surgencia tuvieron intensidad débil pero se manifestaron en las cinco transectas. Los bajos valores de oxigeno disuelto (OD) en superficie del sector costero señalaron una participación importante de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) en estos procesos. En general, la franja costera tuvo condiciones normales, aun cuando se presentó una entrada de agua de origen subtropical (AST) frente a Pisagua, situación observada también en años anteriores. Valores de anomalías negativas de SSM significativas en el sector norte fueron producto de un giro ciclónico. Las anomalías positivas pero no significativas de SSM encontradas en el sector oceánico de la mitad sur de la zona estarían asociadas a la ubicación de un giro anticiclónico en esa área. La presencia de giros tanto ciclónicos como anticiclónicos en la zona de estudio durante el período de invierno es habitual. Las concentraciones de cloa estuvieron dentro de los rangos típicos para el período de invierno.

En primavera, los vientos observados durante el crucero fueron de intensidad débil, lo que se reflejó en una delgada capa de mezcla. La presencia de anomalías de TSM y SSM significativas en la columna de agua, así como también anomalías en otras variables, estuvieron asociadas a giros localizados en el sector oceánico. De acuerdo a los valores de las anomalías de las distintas variables y su origen se definió el período como normal. Los procesos de afloramiento en este período fueron de intensidad moderada a lo largo de toda la costa, pero con mayor intensidad relativa en el sector de Mejillones a Antofagasta, originando la presencia de aguas más frías, de menor salinidad y alto OD en aquel sector costero y también en el oceánico. La cloa disminuyó sus concentraciones en la zona centro-norte con respecto al otoño e invierno pasado y se observó una elevada concentración de feopigmentos. Tal condición de la cloa pudo estar asociada a una mayor presión de pastoreo y/o al envejecimiento de la población fitoplanctónica por la intrusión de AST hacia la zona costera.

En verano, el viento presentó su patrón habitual y la TSM y SSM, por su parte, indicaron la normal participación de AST, mientras que los intensos gradientes de TSM y bajas concentraciones de OD en la costa fueron típicos del período de verano debido a la surgencia. Los altos valores de OD encontrados frente a Arica

estarían asociados a actividad fitoplanctónica. Por otro lado, condiciones locales de circulación en el sector costero de la bahía Moreno originaron una TSM y OD mayor a lo encontrado más al Oeste. Los valores de anomalías de TSM y SSM en el sector oceánico de la zona caracterizó dos áreas: la mitad norte con anomalías que no fueron significativas, y la mitad sur con anomalías negativas significativas en temperatura y salinidad (de hasta -0,3 psu). Tal condición en el extremo sur de la zona se asoció con la presencia de un desarrollado núcleo de ASAA, lo que originó también bajas salinidades subsuperficiales y la profundización hasta los 160 m de la isolínea de 1 mL/L. La circulación geostrófica superficial mostró, en el extremo sur-oeste de la zona, lo que sería parte de un giro ciclónico débil, si embargo, esto no justificó la profundización del límite superior de la capa de mínimo OD.

La distribución vertical de temperatura y salinidad en las estaciones fijas de vigilancia mensual en el período de otoño de 2003 y verano de 2004 no mostró, en general, alguna condición que pueda ser considerada claramente como anormal, sin embargo, en temperatura se observó una disminución de la temperatura subsuperficial al no presentarse durante el 2003 la isoterma de 13°C, mientras que en salinidad el rango de valores estuvo entre 34,7 a 34,9 psu, rango menor al observado en años anteriores.

Para el estudio de la temperatura superficial del mar, se recepcionaron y procesaron 81 cartas satelitales de alta resolución de la TSM, que provienen de los satélites NOAA. En términos globales se destaca que el período mayo-noviembre del 2003 es más frío si se compara con los años 2001 y 2002. En tanto que el período enero-abril de 2004 presenta TSM levemente más cálidas que en similar período del año anterior. En mayo de 2003 se registran temperaturas entre los 14ºC y 21ºC; con una franja costera de aguas frías y surgentes que recorre toda la costa y que provoca fuertes gradientes térmicos. En junio y julio se produce una disminución de las temperaturas que se localizan en el rango 14-20ºC, con una repartición espacial más homogénea que implica una drástica disminución en la intensidad de los gradientes térmicos. En agosto-septiembre, las TSM continúan disminuyendo y fluctúan entre los 14º-18ºC con una distribución más homoterma sin gradientes laterales. En octubre-diciembre, existe un aumento sostenido de la TSM debido al cambio estacional que ocurre en esta época y en términos generales, la TSM fluctuó entre los 17 y 22°C. En el período enero-febrero de 2004, la estructura térmica superficial se situó entre los 17 y 26°C con una masa de aguas cálidas localizada frente de Arica y una franja de aguas frías que recorre la costa en las primeras 20 mn. Finalmente, marzo-mayo presentan una sostenida disminución de las temperaturas con TSM que fluctuaron entre los 16-25°C, continuando las mayores TSM en el sector oceánico del extremo norte.

La distribución de OD, en las tres estaciones de vigilancia se mantuvo dentro de los rangos normales, con las variaciones propias de un sistema dinámico, sin

observarse una clara estacionalidad. La ubicación del límite superior de la capa de mínimo OD, se mantuvo generalmente sobre los 50 m. En Arica, la distribución de OD fue similar a la del periodo anterior, mayo 2002 – mayo 2003, con altos valores de superficiales. Por otro lado Iquique, es la estación que presentó, a través del año, la mayor frecuencia de surgencia con importante participación de AESS. En Mejillones al igual que en el período anterior, la capa de mínimo OD se profundizó en invierno y verano, en tanto que la capa óxica tuvo una mayor presencia, similar a lo observado en el año 2001. En general, como consecuencia de la baja frecuencia de surgencia o menor intensidad de éstas, las concentraciones superficiales de OD fueron más elevadas que en período de muestreo anterior.

El procesamiento y análisis de 208 muestras de zooplancton, permitió verificar la presencia de 1.091.728 huevos y 332.457 larvas, lo que representó una frecuencia de 76,9% y 93,8% para cada uno de los respectivos estadios de desarrollo. De éstos 864.825 huevos (79,2%) y 222.127 larvas (66,8%) correspondieron a las especies objetivo del presente proyecto. En otoño de 2003, los niveles de abundancia de huevos y larvas de anchoveta presentan una disminución en su cobertura geográfica lo cual se refleja en tasas de cambio negativas respecto al otoño de 2002 iguales a 22,7% y 76,1%, respectivamente, constituyéndose el otoño de 2003 en el segundo registro más importante en cuanto a extensión del desove, de la serie 1993-2003 para el estadio de huevos. En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas muestran respecto al año 2002, situaciones distintas para los respectivos estadios de desarrollo. Así, los huevos de anchoveta exhiben un incremento en su intensidad de 23,4%, verificándose para las fases larvarias una significativa disminución superior a 70%. Por su parte el invierno de 2003, presenta una situación diferente para ambas fases de desarrollo. Es así, como el estadio de huevos exhibe con respecto al invierno de 2002, una disminución que se traduce en un porcentaje de cambio igual a -19,6%. Por su parte las fases larvarias experimentan un importante incremento, con una tasa de cambio igual a 77,3%. En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas utilizadas como un índice de la concentración del desove, muestran con respecto al invierno de 2002, un decremento de 12% y 81,9% para huevos y larvas, respectivamente.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie 1993-2003, nos señala que el desove de invierno respecto a la estación precedente, otoño, presenta un carácter más oceánico, con presencia de huevos a 100 mn hacia el oeste, durante los inviernos de los años 1993, 1994, 1996 y 2000, espectivamente. Durante los inviernos de 1993, 1994 y 1995 y debido fundamentalmente a la grilla de muestreo utilizada durante esos años, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos y bahía Moreno.

En primavera de 2003, la estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta por estaciones totales, señala una tendencia decreciente para ambas fases, exhibiendo con respecto a la primavera de 2002, disminuciones en sus niveles de abundancia iguales a -19,6% y 21,4% para huevos y larvas, respectivamente, constituyéndose la primavera de 2003 en el séptimo registro más importante de la serie 1983-2003, en términos de abundancia total de huevos. En relación a la intensidad del desove, éste muestra con respecto a la primavera de 2003, un incremento para la fase de huevos igual a 54,9%, observándose para las fases larvarias un leve decremento igual 4,6%. Finalmente, en verano de 2004, se observa tanto para la fase de huevos como larvas una disminución en la extensión de las áreas de desove, con una tasa de cambio negativa igual a 82 % y 83 % para cada estadio de desarrollo.

La anchoveta fue la especie mas frecuente y abundante, representando entre el 54,6 y 82,0% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en la primavera (82,0%) y similar a la registrada en otoño (81,6%) e invierno (79,4%). En el verano, la anchoveta presentó la importancia relativa menor con un 54,6%. En los cuatro cruceros analizados en el presente caso, el índice de cobertura (IC) de anchoveta, presentó un sostenido crecimiento, variando entre 7,5% en el otoño a 10,3% en la primavera y 10% en el verano del 2004. Los ID mayores se presentaron en invierno (324,4 t/mn^2) y primavera (391,4 t/mn^2) mientras que el menor se presentó en verano con 102,9 t/mn^2. En el sentido vertical, la anchoveta se localizó preferentemente en los primeros 20 m de profundidad, con valores medios que fluctuaron entre 11,2 m ($\pm$ 4,27 m) en primavera y 18,9 m ($\pm$ 10,46 m) en invierno.

Durante el período el jurel fue aumentando su importancia relativa, variando entre el 8,3% (otoño) a un 21,4% (verano). Como ha sido característico en los últimos años el jurel presentó bajas densidades con algunos focos relativamente mayores en invierno y primavera. El IC fluctuó entre 2,8 y 4,1% y los Indices de Densidad presentaron una tendencia de crecimiento sostenida, fluctuando entre 28 t/mn² en el otoño y 291,9 t/mn² en verano. La profundidad promedio de la distribución vertical del jurel varió entre 18,3 m (verano) y 35,56 m (primavera). Por su parte, la caballa varió entre el 0,8% y 2,5% de las lecturas acústicas totales, siendo el menor en otoño y el mayor en primavera. En los cuatro cruceros esta especie se registró en focos de bajas densidades localizados entre la costa y las 70 mn. En el sentido batimétrico la caballa se localizó en estratos similares a la anchoveta y más someros que el jurel, con promedios que variaron entre 11,83 m y 17,3 m.

En relación al análisis integrado de la información, se indica que tanto los huevos como las larvas exhiben, en general, una distribución costera. Además, se presentan mayoritariamente en sectores donde existen variaciones latitudinales negativas de la TSM (sectores donde la temperatura va descendiendo en el sentido norte-sur), los cuales a su vez se vinculan a los bordes de áreas de

surgencia; también es importante señalar que los huevos y las larvas de anchoveta están mayormente asociados a zonas que desarrollan gradientes térmicos moderados, observándose que las mayores densidades se localizan en gradientes menores a 1,0 ºC/mn.

Del análisis espectral claramente se aprecia que el sistema se encuentra presenta básicamente 4 bandas de variabilidad (bianual o casi bianual (2-3 años), ENSO (3 a 8 años), decadal (9-12 años) e interdecadal (12 a 25 años)). La variabilidad Interdecadal puede ser también vista en la tendencia obtenida mediante STL, y representa los cambios de régimen (Regimen shif). Se identifican 3 regimenes, uno frío, previo a 1976, otro cálido entre 1976 y 1998 y posterior a 1998 el inicio de un régimen frío, coincidente con lo definido para el océano pacifico norte. Además, estos cambios son coherentes con la alternancia entre anchoveta y sardina. En las variables que representan el océano, se aprecia también un cambio o alteración durante el año 1989, pero que no es observado en las variables meteorológicas. La tendencia mostrada por las diferentes variables en los últimos años indica una disminución de la surgencia costera, un aumento de los eventos Lasker, un enfriamiento, una disminución del nivel del mar y una disminución de la presión atmosférica a lo largo de la costa.

El efecto de ENSO en la zona es forzado remotamente ya sea por por ondas o advección. El OLR que representa la actividad de la MJO mostró una alta coherencia con la TSM y el viento en las estaciones costeras en las bandas de ENSO y bianual, con un desfase de 3 a 4 meses, al igual que el IOS. Una medida de la intensidad de los procesos a lo largo de la costa es la diferencia de presión atmosférica entre Isla de Pascua y Antofagasta. A esta diferencia estandarizada se definió acá como Índice de la Corriente de Humbold (ICH). Este índice presenta principalmente variaciones en escala decadal y mostró alta coherencia en fase con la TSM en las variaciones de 5 años. Los EOF confirman lo mostrado anteriormente donde el primer modo son los cambios decadales, el segundo modo ENSO y el tercer modo las quiasi bianual.

El campo de viento muestra que la zona de estudio presenta un mínimo en el esfuerzo del viento entre dos máximos localizados en 15° y 30°S. El efecto de la curvatura así como la altura de las montañas cercanas a la costa producen un sistema muy particular, donde el viento es forzado térmicamente y alcanza el máximo en verano y un mínimo en invierno, opuesto al patrón oceánico. Además, en primavera y verano el viento en la costa es acelerado por los cambios del gradiente de presión, produciendo una intensa divergencia en la costa, ya en el sector un poco más oceánico el viento permanece con baja intensidad y aumenta costa afuera. El efecto combinado de ambos procesos produce una convergencia en el sector del frente de surgencia. Además, se debe considerar que El Niño produce cambios en la densidad, distribución y profundidad de los cardúmenes de anchoveta, con significativas migraciones del stock norte hacia el sur, haciéndolos

más vulnerables para la captura, sin embargo queda demostrado que la profundización de algunos cardúmenes en el área costera, los aleja de las artes de pesca y explicaría la rápida recuperación de las poblaciones a poco tiempo de haber concluido la anomalía positiva.

Finalmente, se estimó cualitativa y cuantitativamente la variación estacional, interanual y espacial de las masas de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) presentes en la zona, sobre la base del análisis de los porcentajes de composición de éstas y la variación de las áreas ocupadas por sus núcleos en una serie de cruceros realizados en un período de 21 años. La serie de datos utilizados incluyeron 77 cruceros efectuados por el IFOP entre los años 1980 y 2001, utilizándose un total de 1.227 estaciones hidrográficas. Los promedios estacionales de la participación de cada MA no registran diferencias significativas. Sin embargo, en la frecuencia interanual la participación de AST y AESS registró importantes variaciones durante los eventos cálidos El Niño en comparación a años considerados normales, presentando aumentos la primera masa y disminuciones la segunda. En este sentido, la serie de porcentajes de participación de AST, con un desfase de tres meses, tuvo una asociación lineal significativa con un coeficiente de correlación > 0,6 ($p < 0,001$) con la variación de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W). Los períodos La Niña no provocaron necesariamente disminuciones de participación de AST y aumentos de AESS.

II. ÍNDICE GENERAL

TOMO I

Página

I. RESUMEN EJECUTIVO ---------- 1

II. ÍNDICE GENERAL ---------- 8

III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS y ANEXOS ---------- 10

IV. OBJETIVOS ---------- 43
1. Objetivo general ---------- 43
2. Objetivos específicos ---------- 43

V ANTECENDENTES GENERALES ---------- 45

VI. METODOLOGÍA POR OBJETIVO ---------- 50

1. Objetivo específico N° 2.1 ---------- 50
1.1 Colecta de muestras y registro de datos ---------- 50
1.2 Procesamiento de la información ---------- 53
1.3 Procesamiento de la información ---------- 53

2. Objetivo específico N° 2.2 ---------- 66
2.1 Calibración de flujómetros TSK ---------- 66
2.2 Colecta de muestras ---------- 67
2.3 Tratamiento de las muestras a bordo ---------- 69

3. Objetivo específico N° 2.3 ---------- 76
3.1 Calibración del sistema acústico ---------- 76
3.2 Distribución de los recursos ---------- 79

4. Objetivo específico N° 2.4 ---------- 81

5. Objetivo específico N° 2.5 ---------- 82

VII RESULTADOS---------- 106

1. Zona de estudio---------- 106
2. Cruceros---------- 106

A. Objetivo específico N° 2.1---------- 107
B. Objetivo específico N° 2.2---------- 217
C. Objetivo específico N° 2.3---------- 270
D. Objetivo específico N° 2.4---------- 285
E. Objetivo adicional N° 2.5---------- 297

VIII. DISCUSIÓN ---------- 342

IX. CONCLUSIONES ---------- 420

X. BASE DE DATOS ---------- 428

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ---------- 438

TOMO II

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

Anexo 1. Personal participante por actividad.

Anexo 2. Calibración de las imágenes satelitales.

Anexo 3. Archivos Informe Final en PDF y Resúmen Ejecutivo en Word

III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS y ANEXOS

FIGURAS

Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros estacionales 2003/2004. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 2. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0305. Otoño 2003.

Figura 3. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0309. Invierno 2003.

Figura 4. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0312. Primavera 2003.

Figura 5. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0403. Verano 2004.

Figura 6. Mapa izquierdo: Área de estudio (línea segmentada en el rectángulo sombreado) y datos de viento obtenidos por satélites (rectángulo sombreado), el símbolo x corresponden a la posición de la boya de Toga-Tao # 32302, área oscura en el continente muestra la elevación sobre 2000 metros de altura. Mapa derecho: es una ampliación sobre el área del estudio, mostrando las estaciones costeras (diamante), las estaciones oceanográficas de los cruceros estacionales (círculo) y la batimetría y elevación de las montañas.

Figura 7. Comparación del viento obtenido por satélites ERS (línea segmentada): costa afuera con la boya TOGA-TAO (línea continúa) (a) velocidad y (b) dirección del viento; cercano a la costa, con la estación meteorológica de Iquique (línea continúa) (c) velocidad y (d) dirección del viento (valores revisados).

Figura 8. Zona de estudio. Los rectángulos indican las bandas latitudinales de donde se obtuvieron las 3 transectas. Los puntos muestran la posición de las estaciones de los cruceros seleccionados.

Figura 9. Ejemplo del área ocupada (achurada) por una masa de agua a un porcentaje de participación mínima (PPM) de a) 80 % y b) 40 % a lo largo de una transecta.

Figura 10. División en sectores y sus correspondientes áreas en que se calcula la superficie ocupada por una masa de agua en una transecta: a) sector Total y b) sectores Este, Centro y Oeste.

Figura 11. División en sectores y sus correspondientes áreas en que se calcula la superficie ocupada por una masa de agua en una transecta: a) sectorTotal Extendido hasta 500 m de profundidad y b) sector Externo.

Figura 12. Areas de comparación de datos superficiales de los cruceros (TSM y SSM) con los promedios históricos (Rojas y Silva, 1996) para seleccionar información a utilizar en el análisis de la variación estacional y espacial. Se indica el número de cuadrícula y el Grado cuadrado (GC) correspondiente a cada transecta.

Figura 13 Dirección e intensidad del viento (m/s) medido en las estaciones bio-oceanográficas en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 14. Dirección e intensidad del viento (m/s) registrado cada una hora sobre el track de navegación en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 15. Indice de surgencia promedio del viento medido cada una hora sobre el track de navegación en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. El promedio se obtiene con los índices de surgencia individuales calculados de las observaciones de viento realizadas dentro de un 1 grado de latitud y hasta 30 mn de la costa. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 16. Indice de turbulencia obtenido del viento medido cada una hora sobre el track de navegación en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 17. Distribución superficial de temperatura (°C) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 18. Anomalías de temperatura superficial del mar (°C) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 19. Espesor de la termoclina (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 20. Temperatura base de la termoclina (°C) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 21. Profundidad base de la termoclina (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 22. Gradiente de temperatura promedio de la termoclina (°C/m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 23. Máximo gradiente de temperatura en la termoclina (°C/m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 24. Profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 25. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 26. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 27. Profundidad de la isoterma de 15°C (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 28. Anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 29. Espesor de la capa de mezcla (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 30. Distribución superficial de salinidad (psu) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 31. Anomalía de salinidad superficial (psu) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 32. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 33. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 34. Anomalía vertical de temperatura (°C) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 35. Anomalía vertical de salinidad (psu) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 36. Densidad superficial del mar (sigma-t) (kg/m^3) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 37. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m^3) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 38. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m^3) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 39. Distribución superficial del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en a) Otoño 2003,b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 40. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 41. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 42. Profundidad de la isolínea de oxígeno correspondiente a la concentración de 1 mL/L, como indicadora del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 43. Distribución vertical de temperatura (°C) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 44. Distribución vertical de salinidad (psu) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 45. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 46. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 47. Diagramas T-S de todas las estaciones agrupadas por transecta en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 48. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 49. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 50. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subantártica (ASAA) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 51. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subantártica (ASAA) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 52. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 53. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 54. Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 55. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Mayo-Agosto 2003.

Figura 56. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Septiembre-Diciembre 2003.

Figura 57. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Enero-marzo 2004.

Figura 58. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Abril-mayo 2004.

Figura 59. Distribución espacial mensual de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Mayo 2003-Mayo 2004.

Figura 60. Distribución de la clorofila a superficial (µg/L) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 61. Distribución de los feopigmentos superficiales (µg/L) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 62. Distribución de la clorofila a integrada (mg/m^2) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 63. Distribución de los feopigmentos integrados (mg/m^2) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 64. Distribución espacial diaria de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente al 16 de mayo. Crucero MOBIO 0305- Otoño 2003.

Figura 65. Distribución espacial de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente al promedio semanal entre el 13 y 18 de septiembre. Crucero MOBIO 0309 - Invierno 2003.

Figura 66. Distribución espacial de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 11 y 18 de diciembre. Crucero MOBIO 0312 - Primavera 2003.

Figura 67. Distribución espacial de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 12 y 17 de marzo. Crucero MOBIO 0403 - Verano 2004.

Figura 68. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) para la estación de Otoño en el período 1993 - 2004. **(cruceros realizados entre 1993 y 1996 sin información de clorofila a)**

Figura 69. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) de Invierno en el período 1993 - 2003. **(cruceros realizados en 1993 y 1996, sin información de clorofila a)**

Figura 70. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) para la estación de Primavera en el período 1993 – 2003. **(cruceros realizados entre 1993 y 1996, sin información de clorofila a).**

Figura 71. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) para la estación de Verano en el período 1993 - 2004. **(cruceros realizados entre 1993 y 1997 sin información de clorofila a)**

Figura 72. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 73. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 74. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 75. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 76. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 77. Distribución batimétrica de la fluorescencia in vivo (volt), en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 78. Asociación entre la clorofila total (µg/L) versus la profundidad del disco Secchi (m) y el recíproco de ésta (1/m) para los períodos de: Otoño 2003, Invierno 2003, Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 79. Asociación entre la clorofila total (µg/L) versus la temperatura (ºC) y la salinidad (psu) para los períodos de: Otoño 2003, Invierno 2003, Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 80. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 81. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 82. Distribución de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en otoño de 2003.

Figura 83. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales temperatura, salinidad, densidad (sigma t) y oxígeno disuelto. Crucero MOBIO 0302 - Otoño 2003.

Figura 84. Distribución de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en invierno de 2003.

Figura 85. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto. Invierno 2003.

Figura 86. Distribución de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en primavera de 2003.

Figura 87. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto. Primavera 2003.

Figura 88. Distribución de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en verano de 2004.

Figura 89. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto. Verano 2004.

Figura 90. Distribución y abundancia de Huevos de Sardina, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 91. Distribución y abundancia de Larvas de Sardina, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 92. Distribución y abundancia de Huevos de Jurel, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 93. Distribución y abundancia de Larvas de Jurel, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004

Figura 94. Distribución y abundancia de Huevos de Caballa, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 95. Distribución y abundancia de Larvas de Caballa, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 96. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Otoño 2003.

Figura 97. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Otoño 2003.

Figura 98. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el otoño de 2003 y las abundancias de huevos de anchoveta en tres de los 4 intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10 y 50-25m).

Figura 99. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el otoño de 2003 y las abundancias de larvas de anchoveta en tres de los 4 intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10 y 50-25m).

Figura 100. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Invierno 2003.

Figura 101. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Invierno 2003.

Figura 102. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el invierno de 2003 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 103. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el invierno de 2003 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 104. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Primavera 2003.

Figura 105. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Primavera 2003.

Figura 106. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante la primavera de 2003 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 107. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante la primavera de 2003 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 108. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Verano 2004.

Figura 109. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Verano 2004

Figura 110. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el verano de 2004 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 111. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el verano de 2004 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 112. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES y WP-2 Crucero MOBIO 0302. Otoño 2003 – 461(2)03AM.

Figura 113. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES y WP-2 Crucero MOBIO 0303. Invierno 2003 – 464(3)03CP.

Figura 114. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES y WP-2 Crucero MOBIO 0312. Primavera 2003 – 465(4)03CP.

Figura 115. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES y WP-2 Crucero MOBIO 0403. Verano 2004 – 467(1)04CP.

Figura 116. Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta, para el período invierno 1995 – verano de 2004. (línea negra : media móvil, 2 per).

Figura 117. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1993/2003.

Figura 118. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1993/2003.

Figura 119. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Otoño Período 1993-2003.

Figura 120. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Otoño Período 1993-2003.

Figura 121. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en otoño del período 1993/2003.

Figura 122. Estimación de la abundancia promedio de larvas para el período Invierno 1964-2003.

Figura 123. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1993/2003.

Figura 124. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1993/2003.

Figura 125. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Invierno Período 1993-2003.

Figura 126. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Invierno Período 1993-2003.

Figura 127. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los años 1993/2003.

Figura 128. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1993/2003.

Figura 129. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1993/2003.

Figura 130. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Primavera Período 1993-2003.

Figura 131. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Primavera Período 1993-2003.

Figura 132. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta – Arica, en primavera del período 1993/2003.

Figura 133. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1993/2004.

Figura 134. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1993/2004.

Figura 135. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Verano Período 1993-2004.

Figura 136. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Verano Período 1993-2004.

Figura 137. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta – Arica, en verano de los años 1993/2004.

Figura 138. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000m^3 de agua filtrada). Crucero MOBIO 0302 – Otoño 2003.

Figura 139. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Mobio, otoño 2003.

Figura 140. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000m^3 de agua filtrada). Crucero MOBIO 0303. Invierno 2003.

Figura 141. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO, Invierno 2003.

Figura 142. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica durante los inviernos de los años 1993-2003.

Figura 143. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000m^3 de agua filtrada). Crucero MOBIO 0312 - Primavera 2003 – 465(4)03CP.

Figura 144. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO, Primavera 2003.

Figura 145. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000m^3 de agua filtrada). Crucero MOBIO 0403 - Verano 2004 – 467(1)04CP.

Figura 146. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0403 - Verano 2004.

Figura 147. Relaciones entre la densidad de huevos de anchoveta y el gradiente térmico.

Figura 148. Relaciones entre la densidad de larvas de anchoveta y el gradiente térmico.

Figura 149. Distribución espacial de la TSM satelital y de los huevos de anchoveta en la zona norte de Chile. Período 2003 - 2004.

Figura 150. Distribución espacial de la TSM satelital y de las larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Período 2003 - 2004.

Figura 151. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero mayo 2003.

Figura 152. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero septiembre 2003.

Figura 153. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero diciembre 2003.

Figura 154. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero marzo 2004.

Figura 155. Distribución espacial de total de especies, cruceros MOBIO a) 0305, b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 156. Distribución espacial de anchoveta, cruceros MOBIO a) 0305, b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 157. Distribución vertical (m) de la densidad acústica – Sa (m²/mn²) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0305), invierno (0309), primavera (0312) y verano (0402).

Figura 158. Distribución de temperatura (ºC) de la densidad acústica – Sa (m²/mn²) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0305), invierno (0309), primavera (0312) y verano (0402).

Figura 159. Distribución de salinidad (psu) de la densidad acústica – Sa (m²/mn²) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0305), invierno (0309), primavera (0312) y verano (0402).

Figura 160. Distribución espacial de jurel, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 161. Distribución espacial de caballa, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 162. Distribución espacial de pez linterna, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 163. Distribución espacial de langostino, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 164. Distribución espacial de sardina española, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 165. Profundidades máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta

Figura 166. Temperaturas máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta

Figura 167. Salinidad (psu) máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta.

Figura 168. Indices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) secuenciales de anchoveta y jurel, periodo 1996-2004 (verano).

Figura 169. Indices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) estacionales de anchoveta y jurel, periodo 1996-2004 (verano).

Figura 170. Variabilidad temporal de la distribución de temperatura (°C) en las estaciones fijas de Arica (a) Iquique (b) Iquique y Mejillones (c). Mayo 1997 a Mayo 2004.

Figura 171. Variabilidad temporal de la distribución de salinidad (psu) en las estaciones fijas de Arica (a) Iquique (b) Iquique y Mejillones (c). Mayo 1997 a Mayo 2004.

Figura 172. Variabilidad temporal de la distribución de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de Arica (a) Iquique (b) Iquique y Mejillones (c). Mayo 1997 a Mayo 2004.

Figura 173. Variabilidad temporal de la distribución de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila a (µg/L) en las estaciones fijas de Arica (a) Iquique (b) Iquique y Mejillones (c). Mayo 1997 a Mayo 2004.

Figura 174. Variación temporal de la distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Abril 2001 – Junio 2004.

Figura 175. Variación temporal de la distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 2001 – Junio 2004.

Figura 176. Densidad media y proporción de estaciones positivas con su intervalo de confianza para huevos (a) y larvas (b) de anchoveta, por crucero y total. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y verano de 2004.

Figura 177. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Figura 178. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de larvas de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Figura 179. Tendencias de los índices por crucero obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Figura 180. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Figura 181. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de larvas de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Figura 182. Climatología mensual de las estaciones costeras en Arica (línea continua), Iquique (línea punteada) y Antofagasta (cruces y línea continua) (a) del nivel del mar (Callao (línea continua) y Antofagasta solamente)), (b) temperatura superficial del mar, (c) componente u de la velocidad del viento, y (d) componente v de la velocidad del viento.

Figura 183. Series de tiempo mensual (sin procesar) de algunas series seleccionadas. Incluye el promedio (línea segmentada) y la tendencia cuadrática (línea gruesa). a) Índice de surgencia del viento geostrófico (PFEL) 21°S y 71°S, b) Índice de surgencia de la estación costera de Antofagasta, c) eventos Lasker en la estación costera de Antofagasta, d) TSM de la estación costera de Arica, e) TSM de la estación costera de Antofagasta, f) nivel de mar de la estación costera de Callao, g) nivel del mar de la estación costera de Antofagasta, h) TSM en el área Niño 1+2, i) Presión atmosférica a nivel del mar de la estación costera de Antofagasta, j) Índice de la Corriente de Humboldt (HCI), k) radiación de onda larga (OLR) e l) índice de la oscilación del sur (SOI).

Figura 184. Anomalía mensual (Residual de STL) de las series de tiempo. Datos suavizados con un filtro low-pass butterworth bidireccional de cuarto orden de 5 meses. (Igual que en la Figura 183)(STL: Seasonal trend decomposition based in LOESS).

Figura 185. Estacionalidad de STL de las series de tiempo mensuales (Igual que en la Figura 183).

Figura 186. Variabilidad mensual de los datos mensuales de TSM de Antofagasta y tendencia cuadrática para cada mes.

Figura 187. Variabilidad mensual de los datos mensuales de TSM del area Niño 1+2 y tendencia cuadrática para cada mes.

Figura 188. Tendencia de STL (filtro de 10 años) de las series de tiempo mensual. (Igual que en la Figura 183). [STL (Seasonal trend decomposition based in Loess)].

Figura 189. Espectro de máxima entropía de la anomalía las series de tiempo mensual. (Igual que en la Figura 183).

Figura 190. Espectro de wavelet (Morlet) (línea gruesa - cono de influencia y limite confianza (95%)) de las series de tiempo mensual. Colores obscuros máxima energía. (Igual que en la Figura 183).

Figura 191. Varianza para el período **2 a 8 años** (línea continua azul), verano (línea segmentada roja), e invierno (línea continua gruesa) de las series de tiempo mensual (obtenida por wavelet). (Igual que en la Figura 183).

Figura 192. Varianza para el período **10 a 17 años** (línea continua azul), verano (línea segmentada roja), e invierno (línea continua gruesa) de las series de tiempo mensual (obtenida por wavelet). (Igual que en la Figura 183).

Figura 193. (a,e,i) Correlación desplazada de los datos mensuales, (b,f,j) cross espectros de las anomalías, (c, g, k) coherencia y (d, h, l) fase entre las series de tiempo mensual del Índice de oscilación del sur (por -1) (-SOI) y la temperatura superficial (sst), el nivel del mar (SL) y el índice de surgencia de Antofagasta.

Figura 194. (a,e,i) Correlación desplazada de los datos mensuales, (b,f,j) cross espectros de las anomalías, (c, g, k) coherencia y (d, h, l) fase entre las series de tiempo mensual de la Radiación de Onda Larga en la zona ecuatorial (OLR) y la temperatura superficial (sst), el nivel del mar (SL) y el índice de surgencia de Antofagasta.

Figura 195. Tres primeros modos de EOF y su correspondiente espectro para las series mensuales de temperatura, nivel del mar, viento y presión atmosférica entre 1971 y 2003. Zona norte de Chile.

Figura 196. Relación entre los primeros tres modos de EOF para las series mensuales de temperatura, nivel del mar, viento y presión atmosférica entre 1971 y 2003 y la fracción de la varianza explicada. Zona norte de Chile.

Figura 197. Climatología estacional de la velocidad del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento. La franja blanca a lo largo de la costa es un vacío en la cobertura del satélite debido a la contaminación de la señal por el continente.

Figura 198. Climatología estacional del Transporte Ekman calculado del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del transporte Ekman.

Figura 199. Climatología estacional de la divergencia del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento.

Figura 200. Climatología estacional del bombeo de Ekman calculado del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento.

Figura 201. Climatología estacional de la profundidad de la capa de Ekman calculado del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento.

Figura 202. Velocidad del viento, Transporte Ekman, divergencia y bombeo de Ekman del viento obtenido por satélite durante el inicio de las condiciones del EL Niño (mayo de 1997).

Figura 203. Velocidad del viento, Transporte Ekman, divergencia y bombeo de Ekman del viento obtenido por satélite durante condiciones de La Niña (febrero de 2000).

Figura 204. Velocidad del viento (a) componente u (b) componente v. Para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja en la derecha es la localización de la costa.

Figura 205. Anomalía de la velocidad del viento (a) componente u (b) componente v. Para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja a la derecha es la localización de la costa.

Figura 206. Divergencia del viento (a) y Bombeo de Ekman (b) para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja en la derecha es la localización de la costa.

Figura 207. Anomalía de la divergencia del viento (a) y del bombeo de Ekman (b) para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja en la derecha es la localización de la costa.

Figura 208. Serie de tiempo de la velocidad del viento, divergencia y bombeo de Ekman, y sus frecuencias de variación (espectro de wavelet), para el viento obtenido por satélite en un sector oceánico (20.25°S 73.75°W). Datos suavizados. En el espectro de wavelet se muestra la variación anual versus el periodo en años, los colores obscuros representan máximos valores.

Figura 209. Serie de tiempo de la velocidad del viento, divergencia y bombeo de Ekman, y sus frecuencias de variación (espectro de wavelet), para el viento obtenido por satélite en un sector oceánico (23.75°S 73.75°W). Datos suavizados. En el espectro de wavelet se muestra la variación anual versus el periodo en años, los colores obscuros representan máximos valores.

Figura 210. Área de trabajo y stress del viento utilizado como forzante del modelo numérico. a) periodo Niña (febrero 2000) y b) periodo Niño (diciembre 1997). Datos de satélite QuikScat.

Figura 211a. Distribución superficial de temperatura resultante del modelo numérico después de 30 dias. a) periodo Niña (febrero 2000) y b) periodo Niño (diciembre 1997).

Figura 211b. Distribución vertical de temperatura resultante del modelo numérico después de 30 dias en 21.4°S. c) periodo Niña (febrero 2000) y d) periodo Niño (diciembre 1997).

Figura 212a. Distribución horizontal de la corriente (cm/s) a 20 m de profundidad después de 30 días. a) periodo Niña (febrero 2000) y b) periodo Niño (diciembre 1997).

Figura 212b. Distribución vertical de la corriente (cm/s) de profundidad después de 30 días en 21.4°S. c) periodo Niña (febrero 2000) y d) periodo Niño (diciembre 1997).

Figura 213. Corrientes horizontales a 20 m de profundidad después de 25 días en una parte del dominio. Viento homogéneo.

Figura 214. Distribución vertical de temperatura después de 25 días en una transecta en 21°S. Viento homogéneo.

Figura 215. Corrientes horizontales a 20 m de profundidad después de 25 días en una parte del dominio. Campo de viento real utilizado para forzar el modelo. Caso El Niño.

Figura 216. Distribución vertical de temperatura después de 25 días en una transecta en 21°S. Campo de viento real utilizado para forzar el modelo. Caso El Niño.

Figura 217. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) superficial, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20.2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

Figura 218. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) a 50 metros de profundidad, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20.2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

Figura 219. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) a 100 metros de profundidad, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20.2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

Figura 220. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) a 300 metros de profundidad, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20.2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

Figura 221. Distribución temporal de la anomalía de temperatura y salinidad superficial, profundidad de la isoterma de 15°C y altura dinámica de superficie referida a 500 m, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20.2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

Figura 222. Distribución temporal perpendicular ala costa, integrada en latitud, de clorofila a, huevos de anchoveta, larvas de anchoveta y abundancia de anchoveta (acústica).

Figura 223. Serie de tiempo en el área costera (costa - 30 km) y área oceánica (30 - 200 kilómetros) para las áreas de Arica (negro), de Iquique (verde) y de Antofagasta (rojo), de: a) y b) TSM de los cruceros, c) y d) Salinidad superficial, e) y f) profundidad de la isoterma de 15°C, g) y h) profundidad de la isolínea de oxígeno de 1 ml/L, i) y j) profundidad de la capa de la mezcla.

Figura 224. Serie de tiempo en el área costera (costa - 30 km) y el área oceánica (30 - 200 km) para las áreas de Arica(negro), de Iquique (verde) y de Antofagasta (rojo), de: a) y b) clorofila superficial, c) y d) Numero de huevos de anchoveta, e) y f) número de larvas de anchoveta, g) y h) abundancia de la anchoveta (acústica), e i) y j) profundidad de los cardúmenes de anchoveta (acústica).

Figura 225. Promedios y medianas del PAO por la AST en el sector Total de la Transectas 5 (Arica), 3 (punta Lobos) y 1 (Antofagasta).

Figura 226. Promedios y medianas del PAO por la ASAA en el sector Total de la Transectas 5 (Arica), 3 (punta Lobos) y 1 (Antofagasta).

Figura 227. Promedios y medianas del PAO por la AST en el sector Total de la Transectas 5 (Arica), 3 (punta Lobos) y 1 (Antofagasta).

Figura 228. Promedios estacionales del PAO por la masa de agua AST en los diferentes sectores y transectas. Las barras rojas indican los PPM donde hubo diferencia estacional significativa.

Figura 229. Promedios estacionales del PAO por la masa de agua ASAA en los diferentes sectores y transectas. Las barras rojas indican los PPM donde hubo diferencia estacional significativa.

Figura 230. Promedios estacionales del PAO por la masa de agua AESS en los diferentes sectores y transectas. Las barras rojas indican los PPM donde hubo diferencia estacional significativa.

Figura 231. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subtropical (AST) a un PPM de 20% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 232. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subtropical (AST) a un PPM de 50% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 233. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subtropical (AST) a un PPM de 80% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 234. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subantártica (ASAA) a un PPM de 20% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 1. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 235. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) a un PPM de 50% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 236. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) a un PPM de 20% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 237. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) a un PPM de 80% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 238. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad promedio mensual de la termoclina ecuatorial (110°W, isoterma de 20°C) y del PAO por la masa AESS en el sector Total Extendido de la Transecta 5 a un PPM20, PPM50 y PPM80. Los números bajo los puntos indican el crucero.

Figura 239. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad promedio mensual de la termoclina ecuatorial (110°W, isoterma de 20°C) y del PAO por la masa AESS en el sector Externo de la Transecta 5 a PPM 20, 50 y 80. En este caso se considera hasta los 500 m de profundidad. Las cruces indican observaciones realizada en períodos considerados anormales en este trabajo. Los números bajo los puntos indican el crucero.

Figura 240. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad promedio mensual de la termoclina ecuatorial (110°W, isoterma de 20°C) y del PAO por la capa de concentración máxima de oxígeno disuelto de 0.5 y 1 ml/L en el área Total Extendida de la Transecta 5. En este caso se considera hasta los 500 m de profundidad. Los números bajo los puntos indican el crucero.

Figura 241. Histograma de la distribución histórica de clorofila a integrada (mg/m²) promedio de las estaciones de las primeras 20 m, junto a las anomalías estandarizada (AE) de los PPM20 y PPM80 para el AESS a) y el AST b) en bahía Moreno, punta Lobos y Arica. (PPM20: Porcentaje Participación Mínima de la masa de agua, es decir, 20%).

Figura 242. Distribución histórica de la profundidad de los máximos de clorofila a (µg/L) a) y de los valores de los máximos de clorofila a (µg/L) b) de las estaciones de las primeras 20 m, junto a las anomalías estandarizadas de los PPM20 del AESS en la transecta de bahía Moreno. (PPM20: Porcentaje Participación Mínima de la masa de agua, es decir, 20%).

Figura 243. Distribución histórica de la profundidad de los máximos de clorofila a (µg/L) a) y de los valores de los máximos de clorofila a (µg/L) b) de las estaciones de las primeras 20 m, junto a las anomalías estandarizadas de los PPM20 del AESS en la transecta de Arica. (PPM20: Porcentaje Participación Mínima de la masa de agua, es decir, 20%).

Figura 244. Modelo conceptual de la variabilidad de los pequeños peces pelágicos y las variaciones climáticas en el sistema de surgencia del norte de Chile. Flechas sólidas indican la causa efecto entre los parámetros. Línea cortada la posible retroalimentación de algunos parámetros biológicos a la variabilidad climática.

TABLAS

Tabla 1. Detalle de la información utilizada para el cálculo de los promedios mensuales históricos de temperatura y salinidad para las transectas 1 (Bahía Moreno, 23°40´S) y 5 (Arica, 18°25´S).

Tabla 2. Caracterización del tipo de agua según su contenido de oxígeno disuelto.

Tabla 3. Clasificación del status trófico de la zona norte de Chile de acuerdo a la concentración de clorofila a.

Tabla 4. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0302 – 461(2)03AM.

Tabla 5. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0309 – 464(3)03CP.

Tabla 6. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0312 - 465(4)03CP.

Tabla 7. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0403 - 467(1)04CP.

Tabla 8. Tasa de flujo bomba de huevos y volúmenes de agua filtrada por la red CalVET y sistema CUFES.

Tabla 9. Categorías por densidad.

Tabla 10. Cruceros estacionales realizados: (o) información hidrográfica, clorofila y de ictioplancton, (+) acústica.

Tabla 11. Tamaños de muestra, valor del estadístico y p-value de prueba de Kolmogorov-Smirnov, para el análisis distribucional de la densidad de huevos o larvas de anchoveta, en los cruceros realizados en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Tabla 12. Comparación entre el viento de satélite y el viento costa afuera y cercano a la costa. Los valores corresponden a la diferencia de la velocidad del viento y enrollan la dirección. r es la regresión lineal. Los valores en negrita y subrayados son significativos en un 95%.

Tabla 13. Bandas latitudinales de las secciones paralelas a la costa.

Tabla 14. Serie completa de cruceros utilizados ordenados por fecha y transecta. Arica (T5), punta Lobos (T3) y Antofagasta (T1).

Tabla 15. Número de cruceros y estaciones y la cobertura espacial y temporal de la información utilizada.

Tabla 16. Longitud y profundidad de los sectores en que se divide una transecta paralela a la costa.

Tabla 17. Par T-S tipo de las masas de agua, para los diferentes períodos estacionales, utilizados en el cálculo de composición.

Tabla 18. Definición de los períodos estacionales.

Tabla 19. Cruceros no considerados en el análisis de la variación estacional y espacial. Se indica el criterio de eliminación por TSM y/o SSM, o por una condición cálida reportada en trabajos de investigación en la zona indicada por (*).

Tabla 20. Lista de los cruceros realizados en períodos considerados normales entre los años 1980 y 2001 y que son utilizados en el análisis espacial y estacional.

Tabla 21. Cruceros con información de temperatura y salinidad en el sector Total Extendido de la transecta 5 (Arica)

Tabla 22. Cruceros con información de temperatura y salinidad en el sector Externo de la Transecta 5 (Arica).

Tabla 23. Cruceros con información de concentración de oxígeno disuelto en el sector Total Extendido de la transecta 5 (Arica).

Tabla 24. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Otoño 2003

Tabla 25. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Invierno 2003

Tabla 26. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Invierno 2003

Tabla 27. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Verano 2004

Tabla 28. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de peces. Cruceros trimestrales MOBIO 2003/2004.

Tabla 29. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces. Cruceros trimestrales MOBIO 2003/2004.

Tabla 30. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de anchoveta, ***Engraulis ringens***. Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verano 2004.

Tabla 31. Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros estacionales MOBIO.

Tabla 32. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de sardina, ***Sardinops sagax***. Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verano 2004.

Tabla 33. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de jurel, ***Trachurus murphyi***. Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verano 2004.

Tabla 34. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de caballa, ***Scomber japonicus***. Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verano 2004.

Tabla 35. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta colectados en la zona Arica – Antofagasta en 4 intervalos de profundidad. Cruceros estacionales MOBIO 2003– 2004.

Tabla 36. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, zona Antofagasta – Arica en otoño de 1993 - 2003.

Tabla 37. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, zona Antofagasta – Arica en otoño de 1993 - 2003.

Tabla 38. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en Invierno de 1993 - 2003.

Tabla 39. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en Invierno de 1993 - 2003.

Tabla 40. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en primavera de 1993 - 2003.

Tabla 41. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en primavera de 1993 - 2003.

Tabla 42. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en verano de 1993 - 2004.

Tabla 43. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en verano de 1993 - 2004.

Tabla 44. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Otoño 1993/2003.

Tabla 45. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Invierno 1993/2003.

Tabla 46. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Primavera 1993/2003.

Tabla 47. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Verano 1993/2004.

Tabla 48. Resultados históricos de las calibraciones del sistema acústica EK-500 del B/I Carlos Porter, en 38 KHz.

Tabla 49. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en los cruceros MOBIO 0305, 0308, 0312 y 0403, respecto a las variables profundidad, temperatura y salinidad.

Tabla 50. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el período 1994-2003 por estación respecto a las variables densidad acústica (Sa), profundidad, temperatura y salinidad. Se ha descartado el año 1997 por presentarse fuera de rango en la mayoría de las variables.

Tabla 51. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el invierno y primavera de 1997 y verano y otoño de 1998.

Tabla 52. Valores de temperatura (°C), salinidad (psu), Oxígeno disuelto (mL/L) y clorofila-a (µg/L) en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones obtenidos desde mayo de 2003 a mayo de 2004.

Tabla 53. Valores de la biomasa zooplanctonica en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones entre mayo de 2001 y mayo de 2004.

Tabla 54. Síntesis por crucero del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos y larvas de anchoveta y densidad media de las estaciones positivas, Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Tabla 55. Resumen de estadísticas descriptivas por crucero para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Tabla 56. Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Tabla 57. Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM normal para la variable logaritmo de la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Tabla 58. Tendencia decadal en la zona norte de Chile y algunos índices externos a la región. El año límite de cada período es aproximado y podría ser más o menos un par de años. El símbolo + o – indica el signo de la tendencia durante este período.

Tabla 59. Correlación entre las series de tiempo ambientales y el desembarque de anchoveta y de sardina en la zona norte. (a) En fase, (b) fase de la máxima correlación (en años).

Tabla 60. Promedios estacionales del Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por la AST en años normales. Se entrega la desviación estándar (DS) y el número de datos (N) con que se calculó el valor de PAO.

Tabla 61. Promedios estacionales del Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por la ASAA en años normales. Se entrega la desviación estándar (DS) y el número de datos (N) con que se calculó el valor de PAO.

Tabla 62. Promedios estacionales del Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por la AESS en años normales. Se entrega la desviación estándar (DS) y el número de datos (N) con que se calculó el valor de PAO.

Tabla 63. Resumen de los resultados estadísticos Kruskal-Wallis (95%) de la variación estacional de los PAO por la AST, ordenados por sector y transecta. Se entregan los PAO promedio estacionales y se indican con color los casos con diferencia estacional (dif est) significativa, la diferencia (DIF) encontrada, y los casos sin diferencia (SD) significativa.

Tabla 64. Resumen de los resultados estadísticos Kruskal-Wallis (95%) de la variación estacional de los PAO por la ASAA, ordenados por sector y transecta. Se entregan los PAO promedio estacionales y se indican con color los casos con diferencia estacional (dif est) significativa, la diferencia (DIF) encontrada, y los casos sin diferencia (SD) significativa.

Tabla 65. Resumen de los resultados estadísticos Kruskal-Wallis (95%) de la variación estacional de los PAO por la AESS, ordenados por sector y transecta. Se entregan los PAO promedio estacionales y se indican con color los casos con diferencia estacional (dif est) significativa, la diferencia (DIF) encontrada, y los casos sin diferencia (SD) significativa.

Tabla 66. Análisis de correlación entre la profundidad media mensual (filtrada) de la termoclina en la zona ecuatorial (20°C, 110°W) y los PAO por las masas de agua AST, ASAA y AESS a distintos niveles de PPM. Los PAO fueron desfasados tres meses. (p-value: *=0,05 – 0,01; **=0,01 – 0,001; *** < 0,001). Se indica entre paréntesis el número de datos utilizados en la correlación.

Tabla 67. Valores de Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por el AST a PPM20 y PPM50 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE).

Tabla 68. Valores de Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por el AST a PPM80 y el ASAA a PPM20 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE).

Tabla 69. Valores de Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por el AESS a PPM20 y PPM50 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE).

Tabla 70. Valores de Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por el AESS a PPM80 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE).

ANEXOS

Anexo 1. Personal participante por actividad.

Anexo 2. Calibración de las imágenes satelitales.

Anexo 3. Archivos Informe Final en PDF y Resúmen Ejecutivo en Word

IV. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Monitorear las condiciones bio-oceanográficas de la zona norte de Chile, entre Arica y Antofagasta y hasta 100 mn de la costa, con una frecuencia de muestreo estacional.

2. Objetivos específicos

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

2.2 Describir y analizar la distribución de abundancia estacional del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio.

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 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.

2.5 Realizar un análisis integrado de la información recopilada por el monitoreo bio-oceanográfico financiado por el FIP desde el año 1993 en la zona norte de Chile, que permita sintetizar el conocimiento alcanzado a la fecha, incluyendo la generación de un modelo conceptual del sistema, las hipótesis contrastadas a la fecha y las propuestas de hipótesis para ser contrastadas en futuros estudios de monitoreo bio-oceanográfico en la zona de estudio.

V. ANTECEDENTES GENERALES

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

En la zona norte de Chile, la pesquería de peces pelágicos comenzó su desarrollo a finales de los años 50, llegando a ser, en conjunto con Perú, una de las más importantes del mundo por los volúmenes de pesca desembarcados. Esta pesquería se basó casi exclusivamente en la captura de anchoveta (***Engraulis ringens***) hasta mediados de la década del 70, pero en 1977 ésta especie prácticamente colapsó. En forma paralela, los desembarques de sardina española (***Sardinops sagax***) aumentaron significativamente hasta 1985, pasando a constituirse en el principal recurso explotado en dicha región. Posteriormente, las capturas de anchoveta, desde 1992-93 en adelante, han representado el desembarque mayoritario de la zona y en el año 2002 (cifras preliminares) la anchoveta representó el 82% de las capturas totales, seguida de la caballa con el 10%, jurel con 7,5% y sardina con 0,2% (Martínez ***et al.,*** 2003).

En relación al medio ambiente, la zona norte del país se caracteriza por poseer aguas neríticas relativamente frías para su latitud, situación explicada por la presencia de la corriente de Humboldt y por los procesos de surgencia (Martínez ***et al***., 1992; Pizarro ***et al***., 1994). En efecto, el sistema de corrientes de Humboldt, es un sistema de borde donde el afloramiento de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes promueve una alta producción fitoplanctónica disponible para el zooplancton y peces (Jacob, 2002). A su vez, esta zona se caracteriza por el

predominio de vientos sur y suroeste, que también influencian los procesos de surgencia que traen como consecuencia el afloramiento de aguas más profundas (García, 1993; Pizarro ***et al***., 1994). Adicionalmente, dicha zona se caracteriza por poseer una elevada insolación, que en conjunto con el afloramiento de aguas frías, ricas en nutrientes, permiten desarrollar una productividad primaria capaz de sostener altos niveles de biomasa de recursos pesqueros (Pizarro ***et al***., 1994). Por otra parte, en esta región los sectores de mayores densidades y agregación de recursos están localizados mayoritariamente en las primeras 20 mn de la costa, área que se caracteriza por presentar procesos de surgencia durante la mayor parte del año, además de fuertes gradientes térmicos y salinos; en este sentido Strub ***et al***., (1991) encontraron una fuerte correlación espacial entre diferenciales térmicos y la presencia de altas concentraciones de fitoplancton.

Por otra parte, las variaciones ambientales y la actividad extractiva pueden llevar rápidamente a las pesquerías a colapsar. En el caso de la pesquería pelágica desarrollada en la zona norte, los desembarques muestran grandes fluctuaciones, asociados a la inestabilidad del stock de anchoveta provocada por la sobreexplotación del recurso y condiciones ambientales desfavorables, relacionadas con el fenómeno de "El Niño" (Martínez ***et al***., 1995; Yáñez ***et al***., 1995). En este contexto, cabe destacar que el comportamiento y distribución de los recursos pelágicos están estrechamente relacionados con el medio ambiente, así se menciona que los cambios en el medio físico condicionan de manera importante la cobertura geográfica de los recursos y su abundancia (García, 1993). En este sentido es importante señalar que la distribución y abundancia de los recursos y de sus estadíos de desarrollo (huevos y larvas) se ven afectadas seriamente durante los fenómenos de “El Niño”, debido a la aparición de masas de agua más cálidas y salinas de origen subtropical, desapareciendo los frentes superficiales (Jacob, 2002). A lo anterior, se suma el hecho de que masas de agua con alto contenido de nutrientes se profundizan quedando fuera de la zona trófica, interrumpiendo los

procesos de producción autotrófica y heterotrófica, lo que implica que las especies se ubiquen en aguas de menor temperatura y salinidad.

En el caso particular de la anchoveta, ésta experimenta considerables cambios en su comportamiento con el fenómeno de "El Niño", debido a que se profundiza para alcanzar zonas de bajas tensiones de oxígeno disuelto, con el fin de utilizar productos autotróficos en condiciones de mínimos de oxígeno (Morales ***et al***.,1996); a su vez, las más altas agregaciones se relacionan fuertemente al fondo marino, formando cardúmenes y estratos de altas densidades, asociándose esta localización con una profundización de la termoclina, situación que disminuye su vulnerabilidad al cerco (Braun ***et al***., 1999). Las prospecciones acústicas realizadas entre el período 1996-98, indican que la anchoveta mostró una distribución geográfica netamente costera, cuando la zona de estudio estuvo afectada por el evento "El Niño" 1997-98 (Braun ***et al***., ***op cit.***).

No obstante que esta pesquería ha sido analizada tomando en cuenta la evolución del esfuerzo de pesca y la variabilidad del medio ambiente para comprender los cambios en el largo, mediano y corto plazo de la abundancia de los recursos explotados, y considerando que algunos estudios han tomado en cuenta el efecto del medio ambiente sobre dichos recursos (Cañón, 1976; Castillo y Guzmán, 1985; Castillo ***et al***., 1995), se deduce que es necesario monitorear, relacionar y modelar los diferentes escenarios en los cuales ocurren cambios, para servir de apoyo a la toma de decisiones y a la planificación de la actividad pesquera.

Un patrón estacional en la participación de las masas de agua se reflejaría en las características físicas y químicas de la columna de agua a lo largo de la extensa costa de Chile, por lo tanto, algunos trabajos previos en la zona norte y central han intentado definir si este patrón existe (Robles ***et al***., 1974; Ortiz, 1998; Hormazábal 1994). . Tales estudios no llegaron a conclusiones debido a lo corto de sus series

de datos, y en algunos casos la información utilizada pudo haber estado bajo efectos de perturbaciones remotas como lo son las fases cálida y fría del ENOS. Por otra parte, las variaciones intra estacionales y las de baja frecuencia de la corriente Subsuperficial Perú-Chile (Shaffer ***et al***., 1995; Hormazabal, 1994; Shaffer ***et al***., 1999; Castillo, 2003) podrían afectar la participación de los núcleos del AESS y posiblemente ello también dificulte la observación de un patrón estacional con series de datos relativamente cortas de estas masas de agua.

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

En este sentido, la zona norte de Chile ha sido objeto de diversos estudios oceanográficos y pesqueros en las últimas décadas, dentro de los cuales los proyectos de Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas, han sido una herramienta fundamental para la vigilancia de las condiciones ambientales en la que se desarrollan los recursos de interés. Es así, que los antecedentes recopilados a partir de 35 cruceros realizados por IFOP desde 1993 a la fecha, han permitido analizar el comportamiento del recurso y de sus fases larvarias antes, durante y después de la ocurrencia del fenómeno del “El Niño” observándose que las mermas más importantes de la especie están asociadas a dicho evento, particularmente en los años 1991 y 1997-98.

Debido a lo anterior, y considerando la importancia de este tipo de estudios para incrementar la comprensión de la influencia de los parámetros oceanográficos en la distribución y abundancia de los recursos pelágicos, el Consejo de Investigación Pesquera decidió continuar el monitoreo de los recursos pelágicos y de su medio ambiente en el programa de investigación para el año 2002, con el objeto mantener un sistema regular, oportuno y periódico de observación de las condiciones bio-oceanográficas de la zona, para fundamentar de mejor manera la adopción de medidas de administración pesquera en pos de la adecuada conservación de los recursos hidrobiológicos.

VI. METODOLOGÍA POR OBJETIVO

1. Objetivo específico N° 2.1

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

1.1 Colecta de muestras y registro de datos

En cada una de las estaciones oceanográficas de los cruceros estacionales, se realizaron 7 estaciones bio-oceanográficas distribuidas a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 millas de la costa (**Figura 1**), obteniéndose registros continuos de temperatura (°C) y salinidad con profundidad (dbar) hasta un máximo de 500 dbar, mediante el uso de un CTD. El CTD utilizado en el crucero de otoño es un Neil Brown modelo MK3C, mientras que en los otros cruceros se utilizó un CTD marca Sea Bird modelo 19**,** equipado con bomba. Para la toma de muestras de agua se utilizaron botellas Niskin de 1,7 y 5,0 L, equipadas algunas de ellas, con termómetros de inversión. Para la determinación de la concentración de oxígeno disuelto se colectaron muestras de agua, a profundidades estándares de 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200 y 300 m como máximo.

Con las muestras de agua colectadas se realizaron a bordo los análisis conducentes a la obtención de la concentración de oxígeno disuelto, mediante el método Winkler modificado por Carpenter (1965) y clorofila-a según la metodología descrita en 1.1.1 y los correspondientes análisis de salinidad que fueron efectuados con un salinómetro digital marca TSK modelo DIGIAUTO.

En las estaciones ubicadas a 100 mn de cada transecta, como también en las estaciones centrales de los tracks intertransecta (esto último excepto en el correspondiente a invierno), se realizaron muestreos con CTD y muestreos discretos para oxígeno disuelto, hasta una mayor profundidad que las indicadas anteriormente. En el caso del crucero de otoño se realizó un muestreo de CTD hasta los 1000 m, incorporando los niveles discretos de 400 y 500 m; mientras que en los otros tres cruceros se trabajo con CTD sólo hasta los 700 m, con muestreo discreto en invierno en los niveles 400, 500 y 700 m; y en primavera y verano en los niveles de 500 y 700 m. El objetivo de este muestreo profundo es poder detectar el límite inferior de la Masa de Agua Ecuatorial Subsuperficial y además evaluar fluctuaciones a profundidades intermedias que pueden ser de gran relevancia en el monitoreo del ENSO y de otras fluctuaciones de gran escala.

Con respecto a la información meteorológica, en cada una de las estaciones oceanográficas realizadas se registraron los siguientes datos de carácter básico: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo) y presión atmosférica. Se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991). Los datos meteorológicos registrados son incorporados en las bases de datos del proyecto a objeto de completar las bases de datos del CENDOC.

1.1.1 Medición de clorofila-*a* y penetración de la luz

Se colectaron muestras para los análisis de clorofila **a**, en las profundidades estándar mencionadas en 1.1 hasta una profundidad máxima de 100 m. En el crucero de otoño de 2003, simultáneamente al muestreo discreto, se obtuvo perfiles continuos de fluorescencia in vivo, mediante el uso de un CTD SEA BIRD modelo 19 provisto de un sensor de fluorescencia. Además se consideró el uso de carta satelital de color del mar del sensor SEAWIFS, coetánea al crucero, para contrastar la información de ambas técnicas con las mediciones discretas y poder

explicar de mejor forma, la distribución de clorofila **a**. Además, y con el fin de obtener muestras de los máximos de clorofila, se realizó un muestreo adicional en la transecta de Arica, agregándose a las profundidades estándar ya definidas, los niveles de profundidad correspondientes a los picos del perfil de fluorescencia.

Las muestras se filtraron ***in situ*** con un sistema de filtrado múltiple, utilizando filtros de boro-silicato (MFS GF/75, 0,7 µm, 25 cm de diámetro), con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL, almacenándose éstas a -20°C en ambiente anhidro, utilizando como desecante $CaCl_2$ para su posterior análisis en laboratorio en tierra.

La extracción de la muestra para el análisis de clorofila **a**, se realizó en forma pasiva, con una solución acuosa de acetona al 90 % v/v, por un período no inferior a las 12 horas y a ca. 0°C. La lectura del sobrenadante se efectuó en ambiente de baja luminosidad con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación descrita en Parsons ***et al.***, 1984, utilizando para tales efectos un fluorómetro digital marca Turner Designs, modelo 10AU, calibrado con un estándar puro de clorofila-a marca Sigma Chemicals.

Con respecto a la estandarización del volumen de agua a ser filtrada (50ml), cabe señalar que al utilizar un fluorómetro digital de última generación, como el Turnes Designs 10 AU, los niveles de detección pueden llegar a ser de ng/l ó 10^{-9} g/L, toda vez que estos equipos tienen un fotomultiplicador altamente sensible al rojo y que ha sido especialmente diseñado para este trabajo analítico.

Además, si se considera que la biomasa fitoplanctónica para toda la zona muestreada está en el rango 0,2 a 15 µ/L (o mg/m^3) aproximadamente, se ajusta adecuadamente a la sensibilidad del equipo utilizado, por lo que es posible

estandarizar los volúmenes de muestreo sin que esto tenga mayor efecto sobre la cuantificación.

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

1.2 Imágenes satelitales de clorofila-a superficial del mar (Cloas)

Durante el desarrollo del crucero de otoño de 2003, se recepcionó una cartografía satelital de alta resolución de clorofila (Cloas) coincidente a la realización del crucero estacional, dicha imagen es registrada por el sensor SeaWifs a bordo de satélites SeaStar.

La cartografía fue rectificada atmosféricamente y luego georreferenciada por la compañía ORBIMAGE's SeaStar Service, posteriormente fue transmitida hacia la empresa CORPESCA y a continuación hacia IFOP.

En invierno, primavera y verano se consideró el uso de una carta satelital de color del mar del sensor SEAWIFS a bordo de satélites SeaStar., coetánea al crucero, para contrastar la información de ambas técnicas con las mediciones discretas y poder explicar de mejor forma, la distribución pigmentaria.

1.2.1 Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)

Para el análisis de la estructura térmica superficial, se recepcionaron y procesaron 81 imágenes satelitales de alta resolución de la temperatura superficial del mar (TSM), provenientes del radiómetro de alta resolución (AVHRR) a bordo de los satélites NOAA. Dichas imágenes corresponden al período mayo 2003 – mayo de 2004.

1.3 Procesamiento de la información

La información del CTD fue procesada de acuerdo a procedimientos estándar recomendados por el fabricante. El control de calidad de los datos de CTD se realizó con la información de temperatura y salinidad obtenida en terreno con los termómetros de inversión y los análisis de muestras de agua para salinidad. Para obtener el valor de salinidad se utilizó un salinómetro marca TSK modelo DigiAuto.

Tanto la recolección de las muestras de agua como las observaciones de temperatura, para el control de calidad de los datos del CTD, fueron tomados en forma espaciada entre estaciones con la finalidad de obtener información representativa de todo el crucero, ya que los sensores del CTD, en especial el de salinidad, podrían presentar un corrimiento respecto a los datos verdaderos en cualquier momento del trabajo de terreno. Asimismo, para evitar desviaciones entre los valores del CTD y de botella debido a diferencias de profundidad de obtención de las muestras (originadas por el balance del buque y por el ángulo del cable) es que la información discreta se obtuvo sólo de la capa de mezcla de la columna de agua.

Debido a que los termómetros y el salinómetro utilizados como equipo de control tienen sólo una precisión de 0,05°C y 0,05 psu, respectivamente, es que se utilizó este valor como límite en las diferencias entre las mediciones del CTD y las de estos dos instrumentos. La observación de las diferencias entre ambas mediciones se hizo en forma secuencial de acuerdo a la realización de las estaciones, para determinar de esta forma el comportamiento del equipo electrónico en el tiempo. En caso de presentarse diferencias mayores a 0,05 en alguna de las variables se procedería a corregir la información desde la estación en que se registró esta diferencia.

No obstante lo anterior, para asegurar un buen comportamiento del CTD se realizó una inter calibración en agosto de 2003 con el CTD Neil Brown modelo MK3C del B/C Abate Molina, el que es utilizado en este caso como equipo control. En esa oportunidad se obtuvo perfiles de temperatura y salinidad en la columna de agua desplegando ambos equipos en forma simultanea. A los datos de cada perfil se les aplicó el “Test para muestras pareadas” (Zar, 1974).

Esta prueba estadística se utiliza cuando existen dos muestras dependientes, en el sentido de que cada observación en una muestra se asocia con alguna observación particular de la otra. La hipótesis nula considera que las medias de las dos poblaciones son iguales (diferencia cero) versus que estas difieren (mayor o menor) y utiliza la estadística de prueba t, definida como,

$$t = \frac{\bar{d} - c}{S_d}$$

donde, $\bar{d}$ corresponde a las diferencias promedio de las muestras, c especifica el nivel de diferencia crítico (en este caso 0,01 dado por el nivel de precisión de los equipos CTD), S_d es el error estándar asociado a las diferencias y finalmente t posee una distribución t-Student con n-1 grados de libertad.

La prueba de funcionamiento y control realizada en la ínter calibración de agosto de 2003, y la información de las comparaciones con muestras discretas en los cuatro cruceros, fue satisfactoria. Por lo tanto no fue necesario hacer correcciones parciales o totales a los perfiles de CTD en cada uno de los cruceros del proyecto.

Como información adicional se indica que el CTD Sea Bird modelo 19, equipado con bomba, es un instrumento que registra 2 datos por segundo, el cual fue calibrado por última vez en abril de 2003.

Los datos finales de CTD permitieron obtener la variable densidad, expresada como sigma-t (Millero y Poisson, 1981).

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

Con los datos ya procesados se confeccionaron para cada crucero cartas superficiales de distribución de las variables temperatura, anomalía de temperatura, salinidad, anomalía de salinidad, oxígeno disuelto (OD), densidad (sigma-t). Se obtuvo de los perfiles de CTD la profundidad de la isoterma de 15°C y su anomalía, información de su espesor y gradientes y el espesor de la capa de mezcla. Con los datos verticales de OD se calculó la profundidad de ubicación del valor de 1 mL/L, el que se definirá como límite superior de la capa de mínimo de OD, y se confeccionó una carta de distribución de esta variable.

Junto a lo anterior, se confeccionaron cartas verticales de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto de las 5 secciones perpendiculares a la costa, además de los diagramas **T-S,** y se confeccionaron cartas verticales de una transecta perpendicular a la costa con las estaciones de 100 mn de las secciones

perpendiculares y las estaciones centrales de los muestreos intertransecta, las cuales llegaron hasta los 700 m de profundidad.

Para el análisis de la variables temperatura y salinidad en superficie se consideraron los promedios históricos mensuales calculados por IFOP (2002). De igual forma, se calcularon los promedios históricos mensuales de la profundidad de la isoterma de 15°C en la zona (considerada base de la termoclina local) con la base de datos de IFOP actualizada al año 2002. Los análisis históricos indicados se realizaron en base a los datos de anomalía registrados y a su respectiva desviación estándar.

Con respecto a la metodología de cálculo de estas estructuras verticales (eg. capa de mezcla, termoclina, etc.) el criterio a utilizar será el siguiente:

- **Capa de mezcla:** Se considerará como espesor de la capa de mezcla, la profundidad de la capa de agua superficial que presente una diferencia menor a 0,1°C, 0,1 psu y 0,1 Kg/m^3 con los datos correspondientes observados en el primer metro de la columna de agua. Los datos de observación de esta variable serán los datos de CTD.

- **Termoclina:** Se definirá como termoclina la capa de agua que presente 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 obtendrán por diferencia de temperatura entre dos niveles consecutivos (cada un metro). El valor de gradiente promedio se obtendrá de los gradientes metro a metro que se registrarán en la termoclina.

- **Límite superior 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 del límite superior de esta capa se obtendrá por interpolación lineal.

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

$$\rho = \rho_o + AS + BS^{3/2} + CS^2 \qquad \text{donde:}$$

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

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

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

y ρ_o es la densidad del agua

$$\rho_o = 999.842594 + 6.793952 \times 10^{-2} t - 9.095290 \times 10^{-3} t^2 + 1.001685 \times 10^{-4} t^3$$

$$- 1.120083 \times 10^{-6} t^4 + 6.536336 \times 10^{-9} t^5$$

Unidades: temperatura en °C, Salinidad en psu , ρ en kg/m$^{3)}$

Para determinar los porcentajes de participación de las masas de agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial subsuperficial (AESS), presentes en cada estación oceanográfica, se utilizó el método de triángulo de mezcla propuesto por Mamayev (1973).

Los pares **T-S** tipo para el análisis de las masas de agua, corresponden a los utilizados por Silva y Konow (1975) y Ortiz (1998), sin embargo, se modificaron los valores del par de AESS a 13°C y 35,0 psu. La modificación de este par **T-S** se

debe a que en una revisión previa de todos los datos históricos disponibles de la zona, un número importante de cruceros presentaron en el núcleo de esta masa de agua valores superiores a 34,9 psu, por lo tanto, la elección del par **T-S** de la AESS es para efectos comparativos posteriores. Para obtener los pares respectivos de primavera y otoño se promediaron los correspondientes a verano e invierno. Los pares **T-S** tipo utilizados para obtener los porcentajes de mezcla cada masa de agua en el período de verano se indica a continuación.

Agua subtropical (AST)	:	temperatura	:	25,0	salinidad	:	35,40
Agua subantártica (ASAA)	:	temperatura	:	13,0	salinidad	:	33,80
Agua ecuatorial subsuperficial (AESS)	:	temperatura	:	13,0	salinidad	:	35,00
Agua intermedia antártica (AIAA)	:	temperatura	:	3,0	salinidad	:	34,00
Agua profunda del Pacífico (APP)	:	temperatura	:	1,75	salinidad	:	34,68

Con los datos de porcentaje de participación de masas de agua (PPMA) se graficaron en forma vertical las cinco secciones perpendiculares a la costa para las masas de agua AST, ASAA y AESS. Para la transecta a 100 mn se graficó sólo la de AESS.

Los valores de anomalía de temperatura y salinidad en las transectas de Bahía Moreno (23°40'S), punta Lobos (21 °00'S) y Arica (18°25'S) se obtuvieron de los promedios históricos mensuales (IFOP, 2003). Los promedios históricos mensuales en la vertical de la transecta de punta Lobos, para ambas variables, corresponden a los obtenidos por Blanco (1996), los cuales, para efectos comparativos con cruceros anteriores, no se recalcularon. Los promedios históricos correspondientes a las transectas de Bahía Moreno y Arica se obtuvieron según la metodología descrita por Blanco ***et al***., 2001, con la diferencia que, en este caso, se tomaron los datos mensuales y no trimestrales, correspondientes a los meses de marzo, mayo, septiembre y diciembre; para obtener los promedios de verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. La

información hidrográfica fue obtenida de la base de datos de IFOP, la cual considera la realización de cruceros para el período 1964 - 2003. El número de cruceros, estaciones hidrográficas y datos de temperatura y salinidad reales e interpolados, utilizados para la obtención de los promedios de cada mes, se muestran en la **Tabla 1**.

Con los datos de viento en las estaciones oceanográficas y los datos de viento horario obtenidos durante la navegación se elaboró una carta de intensidad y dirección de estos. Con la información de viento horario se calculó el índice de turbulencia e índice de surgencia (Bakun y Parrish, 1982). El índice de turbulencia corresponde al cubo de la magnitud de la velocidad del viento (W3) y el índice de surgencia, obtenido sólo para las estaciones de las primeras 30 mn de la costa, se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$M_x = t_y / f$$

Donde:

t_y = Coacción del viento sobre la superficie en la dirección norte sur

t_y = r_a Cd v $|W|$

r_a = densidad del aire (1.25 Kg/m^3)

cd = coeficiente de arrastre

v = componente norte sur de la velocidad del viento

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

f = parámetro de Coriolis = 2 ω Sen (l)

ω = velocidad angular de la tierra

l = latitud del lugar

El valor de Cd (coeficiente de arrastre) utilizado en los cálculos es igual a 0,0013 de acuerdo a Bakun y Parrish (1982).

El índice de surgencia se entregó en los informes de avance en forma individual, calculado para los datos horario obtenidos durante la navegación hasta una distancia máxima de 30 mn de la costa. En el presente documento se calculó y graficó el índice de surgencia promedio de estas mediciones, dentro de un grado de latitud.

La restante información meteorológica obtenida en cada una de las estaciones bio-oceanográficas fue codificada y se presenta como tablas y se utilizará para confeccionar las bases de datos del crucero que será remitida al CENDOC a fin de mantener actualizada la base de datos meteorológica del país.

En este trabajo se manejará la escala dada en la **Tabla 2**, para la caracterización de los tipos de agua respecto de la concentración de oxígeno disuelto (OD), como una forma alternativa para describir aquellas zonas de la columna de agua con bajo contenido de OD, se utilizará la isolínea de 1 mL/L como límite superior de la capa de mínima concentración.

Respecto a la clorofila, una vez cuantificadas las muestras, la información fue codificada, digitada y georeferenciada por profundidad de origen. Esta información permitió confeccionar cartas de distribución vertical para todas las transectas, además de las cartas superficiales. Los resultados de clorofila a y de los productos de degradación o feopigmentos se expresan en µg/L.

La caracterización trófica de la información se efectuó utilizando la distribución cuali y cuantitativa de la biomasa fitoplanctónica, utilizando como indicador la clorofila **a** (cloa). La clasificación sugerida en la **Tabla 3**, considera las zonas biológicamente productivas a muy poco productivas, tanto en el plano superficial como en la columna de agua y surge de la compilación de información de cloa realizada por IFOP en los últimos años. La concentración de los productos de

degradación de la cloa o feopigmentos (feop) será empleada solamente como un índice relativo de la degradación de la biomasa fitoplanctónica activa.

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

$$\sum Cloa = \sum_{0}^{100} (C_{i+1} + C_i)(D_{i+1} - D_i)/2$$

Donde:

i : son las profundidades de muestreo discretas definidas en el punto 1.1

Ci y Ci+1 : son las concentraciones de clorofila (µg/L), en la profundidad i, desde superficie a la profundidad máxima de 100 m.

Di y Di+1 : son las profundidades respectivas (m)

Este cálculo permite representar la clorofila a de toda la columna en unidades de área (mg/m^2), de esta forma se representan adecuadamente los máximos sub-superficiales de la biomasa fitoplanctónica, los que se producen especialmente en los períodos estivales (primavera-verano), situación que es subestimada muchas veces por la clorofila superficial. Esta información se entrega en cartas de distribución tanto para la clorofila integrada como para los feopigmentos integrados. Los datos tomados en los picos de fluorescencia en el período de otoño de 2003 se sumaron a la información de la respectiva estación mejorando así la distribución de la clorofila y los feopigmentos integrados.

Con las mediciones del disco Secchi se calculó la profundidad del 10 y 1% de la luz incidente, información que se entrega en una tabla.

Se realizó un análisis exploratorio de los datos de clorofila total (clot) superficial versus los datos de profundidad del disco Secchi, su recíproco, la TSM y la SSM, evaluándose el coeficiente de determinación r^2, entregado por el modelo de regresión dado por $\gamma=\alpha e^{\beta x}$ el que se utilizó para su contratste con los resultados de proyectos anteriores.

1.3.1 Distribución espacial y semanal de la TSM satelital

Las cartas satélites son matrices de datos que fueron corregidas atmosféricamente y posteriormente georreferenciadas, para finalmente obtener los valores de TSM. Cabe destacar que la disponibilidad de imágenes de TSM es condicionada por la nubosidad presente en el área de estudio, ya que la forma de registro del sensor (pasiva) no es capaz de hacer mediciones a través de las nubes transformándose en el mayor problema en la recepción de la información satelital (Barbieri ***et al.*****,** 1989; Maravelias y Reid, 1995).

Otro aspecto importante en la recepción de la información obtenida mediante percepción remota es la revisión y calibración de los datos satelitales con registros "in situ" (Pettigiani ***et al.***, 1992). Por ello, se realizo una validación de la TSM-NOAA con los datos provenientes de las estaciones oceanográficas. En base a las imágenes satelitales calibradas y georreferenciadas disponibles para una determinada semana y, con el propósito de minimizar el efecto de las nubes, se elaboro una imagen promedio semanal de la TSM de la siguiente manera:

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

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

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

$$TSMS = \frac{\sum_{n=1}^{i} TSMi}{\sum_{n=1}^{i} MASi}$$

donde:

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

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

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

$$TSMM = \frac{\sum_{n=1}^{s} TSMSs}{\sum_{n=1}^{s} MASs}$$

donde:

$TSMS_s$: imagen semanal de TSM no contaminada por nubes.

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

Dicha metodología es también conocida como “promedios ponderados” Letelier (com. pers) y ha sido utilizada con éxito en diferentes trabajos como Braun ***et al.*** (2002), Barría ***et al.*** (2001), Silva ***et al.*** (1999), Letelier (1998) y Yáñez ***et al.*** (1996), entre otros.

Para confeccionar la imagen máscara se utiliza el módulo RECLASS del SIG IDRISI, el cual reclasifica los valores de las celdas de una imagen (en esta caso “ceros” y “unos”). Se debe recordar que la imagen máscara asigna valores ceros a los pixeles contaminados por nubes y unos a las celdas sin presencia de nubes. Asimismo, los pixeles contaminados de las imágenes de TSM-NOAA quedan con un valor cero. Para asegurar una mejor exclusión de los píxeles contaminados y evitar su interferencia en los promedios semanales y mensuales se utilizaron “zonas de borde”, alrededor de las áreas contaminadas con nubes, a las cuales también se les asigna un valor cero.

El propósito de estimar la carta promedio semanal es el de obtener una buena visualización de los fenómenos térmicos superficiales y minimizar el efecto de la nubosidad, lo anterior se sostiene en dos fundamentos principales: primero, Pizarro ***et al.*** (1994), al describir el comportamiento de las fluctuaciones interdiarias indica que los eventos de surgencia tienen una respuesta temporal de 8 o más días, por otro lado Barbieri ***et al.*** (1995) al efectuar un análisis multitemporal de las imágenes diarias en la zona norte llega a la conclusión que los procesos asociados con la estructura térmica superficial y/o eventos de surgencia tienen una moda de 8 días.

1.3.2 Generación de archivos dinámicos (formato AVI)

Para favorecer el análisis de las cartografías de TSM, se generaron archivos dinámicos de video con extensión AVI. Esta presentación tiene como ventaja el poder observar las distribuciones de manera interactiva a través del computador y observar de una manera más clara el comportamiento de la TSM.

La creación de dichos archivos considera los siguientes pasos:

- Se debe desplegar (en pantalla) al interior del SIG una determinada cartografía.
- A la cartografía se le superponen los distintos vectores que forman la imagen (línea de costa, nombre de puertos, ríos, etc.).
- La cartografía es exportada hacia un formato de dibujo (*.JPG; *.BMP, etc).

Finalmente, las imágenes son introducidas a programas especializados y se generan los archivos finales.

2. Objetivo específico N° 2.2

Describir y analizar la distribución de abundancia estacional del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio

2.1 Calibración de flujómetros TSK

Los flujómetros utilizados durante los cruceros estacionales de monitoreo realizados entre mayo de 2003 y marzo de 2004 fueron calibrados en los puertos de Valparaíso, Taltal e Iquique respectivamente, 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 y cuya ecuación de calibración fue igual a:

Crucero MOBIO - 0305	**TSK 6098 (A03) V = 0,13643146 * N + 0,117319922**
	TSK 5271 (A04) V = 0,16599696 * N + 0,014366978
	TSK 4896 (A05) V = 0,15198126 * N - 0,001454692
Crucero MOBIO - 0309	**TSK 5336 (A01) V = 0,13624559 * N + 0,058226347**
	TSK 4771 (A02) V = 0,15004917 * N - 0,012255974
Crucero MOBIO - 0312	**TSK 5336 (A01) V = 0,16089191 * N - 0,108143043**
	TSK 4771 (A02) V = 0,14730988 * N - 0,033924873
Crucero MOBIO - 0403	**TSK 5336 (A01) V = 0,16380868 * N - 0,089630274**
	TSK 4771 (A02) V = 0,15269457 * N - 0,056801065

2.2 Colecta de las muestras

Durante la ejecución de los cruceros estacionales de monitoreo se efectuaron 208 estaciones zooplanctónicas, mediante el uso de una red modelo WP-2, complementada con un medidor de flujo marca T.S.K., el que permitió cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance.

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

La profundidad real de muestreo fue corregida mediante la medición del ángulo del cable a máxima profundidad, a través de un clinómetro manual. Durante los cruceros realizados en el año 2003, el ángulo fluctuó entre 3° y 37° con una media igual a 18° en otoño; entre 2° y 35° con una media en los 10° en invierno; en primavera fluctuó entre 1°y 35° con una media en los 13° y entre 1° y 35° con una media de 14° en verano de 2004.

Durante la realización de cada uno de los lances planctónicos, se registró en planillas especialmente diseñadas los siguientes datos de carácter básico: código de crucero, número de estación, duración del lance, posición geográfica, tipo de red y de pesca, número de revoluciones del flujómetro, lecturas del clinómetro y cable arriado e información ambiental de carácter complementario (**Tablas 4, 5, 6** y **7**).

Además, y con el fin de aumentar la cobertura espacial del muestreo durante la ejecución de los cruceros estacionales, se efectuó el monitoreo continuo superficial de huevos de anchoveta, mediante el uso de la bomba de huevos - CUFES – (Continuos Underway Fish Egg Sampler) (Checkley ***et al***., 1997), desde la costa hasta una distancia máxima de 40 mn, incorporando además una línea paralela a la costa distante 2 mn de ella (**Figuras 2, 3, 4** y **5**).

El sistema CUFES colectó muestras cada 2,5 mn (app cada 20 minutos), a una profundidad de 3 metros. Entregándose en la **Tabla 8** información relativa a la tasa de flujo de bomba para los respectivos cruceros, la velocidad de crucero, el volumen de agua filtrado por la red CalVET en cada uno de ellos, el cual fue

calculado mediante metodología propuesta por Smith ***et al.*** (1985) y el volumen de agua promedio del sistema CUFES.

2.3 Tratamiento de las muestras a bordo

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

2.3.1 Procedimiento en laboratorio

2.3.1.1 Separación e identificación de huevos y larvas

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

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

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

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

2.3.1.2 Estandarización de la estimación de la abundancia del ictioplancton

Con el propósito de hacer comparable el número de huevos y larvas obtenidos de los muestreos estacionales cuantitativos, se estandarizó toda la colección a una base común, en términos de número de huevos o larvas existentes en una unidad de área estándar de 10 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 θ : coseno del ángulo registrado antes del virado de la red.

El volumen de agua filtrado *W* se calculó por la ecuación:

$$W = Q * t$$

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:

$$Q = V * A$$

donde:

V : velocidad de arrastre de la red expresada en m/seg.

A : área de la boca de la red (m^2).

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

$$V = a * N + b$$

donde:

N : número de revoluciones por segundo.
a y b : constantes

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

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

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

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

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

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

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

donde;

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

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

La varianza de la densidad media estimada viene dada por:

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

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

Para efectos de establecer una comparación interanual, se utilizaron series históricas estandarizadas del ictioplancton de las especies objetivo para el período 1993/2003, obtenidas para las estaciones de otoño, invierno, primavera y verano para la zona Antofagasta - Arica, desde la costa hasta una distancia máxima de 100 millas náuticas.

2.3.1.3 Estimación del índice de abundancia larval

Para el cálculo del índice de abundancia larval de sardina y anchoveta, el cual entrega información respecto de la intensidad y extensión del desove, se utilizó la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979).

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

$$L = A\,(p^{*}c)$$

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

siendo

L : Indice de larvas
A : Factor areal
p : Proporción de estaciones positivas a larvas
c : Número promedio de larvas de las estaciones positivas

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

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

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

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

donde,

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

La razón de hacerlo a través de toda la muestra, es porque no se conoce con exactitud el número total de áreas de $10m^2$, presentes en la zona de estudio con registros positivos.

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

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

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

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

Intervalos de confianza al 95% se obtienen mediante:

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

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

$$\mathrm{var}(\ln L) = \ln\left(CV^2(L) + 1\right)$$

El estimador de varianza propuesto corresponde a la varianza de un estimador del total para una subpoblación (Cochran, *op cit*).

3. Objetivo específico N° 2.3

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

3.1 Calibración del sistema acústico

3.1.1 Calibración electroacústica

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

Para este fin se utilizaron blancos estándares de cobre diseñados para las frecuencias de 38 y 120 KHz, según las recomendaciones del Grupo de Trabajo de Acústica del ICES y por el fabricante (Foote ***et al.***, op cit). De acuerdo a este método es posible alcanzar un nivel de precisión de $\pm$ 0,5 dB, siendo aceptable con $\pm$ 1 dB.

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

Las mediciones correspondientes se realizaron al inicio de cada crucero. El buque se fondeó con dos anclas por la proa y una por la popa (barbas de gato).

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

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

donde:

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

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

siendo:

donde:

s_{bs} : sección dispersante de la esfera (dB).
r : profundidad de la esfera (m).
r_0 : profundidad de referencia (1 m).
ψ : ángulo equivalente del haz acústico (dB).
$Sa_{(t)}$: salida teórica del ecointegrador.
$Sa_{(m)}$: salida medida del ecointegrador.

3.1.2 Identificación de especies

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

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

donde:

S_v : coeficiente volúmetrico 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).
V^2 : voltaje al cuadrado, equivalente a la lectura del ecointegrador.

La información acústica que se utilizó 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 Sv", 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.

3.2 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/mn²), determinada por la siguiente expresión $75*2^{(n-1)}$, donde n representa el nivel de la categoría, siendo $0 < n \leq 4$ (**Tabla 9**).

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.

3.2.1 Índices de cobertura y abundancia relativa

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

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

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

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

donde:

k : observaciones acústicas con presencia de recurso.
z : número total de observaciones acústicas en el crucero.
Sa_i : lecturas acústicas en la i-ésima I.B.M.
C : factor de ecointegración, obtenido en base a un TS_{Kg} de -32,5 dB/Kg.
I.C. : índice de cobertura (%).
I.D. : índice de densidad en t/mn^2.

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

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

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

siendo:

TS : intensidad de blanco (dB) evaluado a la talla media de las capturas.
P : peso a la talla (kg)

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

4. 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

Las estaciones costeras de vigilancia ubicadas a 2 mn al oeste de los puertos de Mejillones, Iquique y Arica, fueron monitoreadas durante trece meses, lo que equivale al período comprendido entre mayo de 2003 y mayo de 2004. De los trece muestreos, nueve de ellos se realizaron a bordo de embarcaciones pesqueras y los cuatro restantes a bordo de los B/C “Carlos Porter” y “Abate Molina”. En ellas se obtuvieron muestras discretas para los análisis de salinidad, oxígeno disuelto, clorofila a y registros de temperatura en superficie y a las profundidades de 5, 10, 25 y 50 m, utilizando botellas Niskin de 1,7L equipadas con termómetros de inversión. Se realizaron además lances planctónicos en arrastres verticales con red WP-2. El procesamiento de las muestras colectadas y su respectivo análisis se realizó siguiendo las rutinas descritas para los objetivos **2.1 y 2.2**.

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

5 Objetivo específico N° 2.5

Realizar un análisis integrado de la información recopilada por el monitoreo bio-oceanográfico financiado por el FIP desde el año 1993 en la zona norte de Chile, que permita sintetizar el conocimiento alcanzado a la fecha, incluyendo la generación de un modelo conceptual del sistema, las hipótesis contrastadas a la fecha y las propuestas de hipótesis para ser contrastadas en futuros estudios de monitoreo bio-oceanográfico en la zona de estudio.

Información analizada

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 y de la TSM satelital. Para ello se consideraron los archivos de la base de datos correspondientes a cruceros bio-oceanográficos realizados en el período 1993-2004, sin embargo, solamente a partir de 1996 presentan una periodicidad regular estacional. La información considera los siguientes registros: fecha, latitud y longitud de las lecturas de huevos y larvas de anchoveta y su correspondiente valor de densidad (referido a ind/10m^2); asimismo, se cuenta además, con información discreta y continua en la vertical de temperatura (ºC), salinidad (psu), oxígeno (ml/L), densidad (sigma-t) y clorofila (µg/L). Paralelamente, se utilizan los datos de temperatura superficial satelital.

El área del estudio fue limitada a la parte norte de Chile, de 18,5°S a 24°S y de la costa a 200 kilómetros costa afuera (**Figura 6**). En esa área existe una buena colección de datos oceanográficos que permitió construir series de tiempo para el análisis estadístico. También, existen datos meteorológicos, del nivel del mar y de la temperatura superficial del mar para las estaciones costeras de Arica, Iquique y Antofagasta (**Figura 6**, **Tabla 10**) siendo posible estructurar series de tiempo de

más de 30 años. Como complemento a los datos mencionados en el área, se obtuvieron datos de viento de satélite para el área entre 15 a 28°S y 70 a 85°W (área sombreada en la figura1 izquierda) durante el período de agosto 1991 a diciembre de 2003.

Asismismo, se utilizan series de tiempo para estudiar la variabilidad de baja frecuencia, de las siguientes variables: TSM, nivel del mar, presión atmosférica a nivel del mar y viento (índice de surgencia y eventos Lasker) obtenidos en las estaciones costeras. Además se utilizó el promedio mensual de la presión atmosférica a nivel del mar (SLP), de las estaciones meteorológicas de Antofagasta de Isla de Pascua (27°9'S, 109°25'W) para el período 1970 a 2003. Los datos fueron proporcionados por el Dirección Meteorológica de Chile. Finalmente, para analizar el forzamiento remoto en el área del estudio, varias series de tiempo de índices externos al área del estudio fueron utilizadas para estimar el origen de la variabilidad. Las series usadas son el Índice de Oscilación del Sur (SOI), Oscilación Quasi-Bienal (QBO) y el Radiación de onda larga (Outgoing Longwave Radiation - OLR). Los datos fueron obtenidos de la página Web de NCEP/NCAR NOAA Reanalysis.

Procesamiento de la información

Para el análisis integrado de las variables registradas se utilizó como plataforma de trabajo los sistemas de información geográfica (SIG) IDRISI (Eastman, 1995) 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, el objetivo principal de la utilización del SIG es la de superponer distintos planos de información, para encontrar relaciones espaciales y temporales.

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 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.

En el análisis integrado de las series de tiempo se realizaron los siguientes procesos:

Temperatura Superficial del Mar: los promedios mensuales de la temperatura superficial del mar costero (TSM) fueron calculados de los datos medidos diariamente en las estaciones costeras de Arica (18,5°S), Iquique (20,5°S) y Antofagasta (23,5°S). Estos datos fueron proporcionados por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) para el período 1960-2002.

Nivel del mar: el nivel del mar costero (SL) para la estación costera de Callao (12°S) y de Antofagasta fue obtenido del Sea Level Data Center. Universidad de Hawaii. Estos datos están disponibles para el período 1975 a 2002. Los promedios mensuales climatológicos fueron calculados después de corregir el efecto de barómetro inverso, usando la presión atmosférica obtenida del Climate Analysis Center.

Viento: El promedio mensual de la velocidad y dirección del viento fue calculado del promedio del viento de las 15 y 21 horas en las estaciones meteorológicas de los aeropuertos de Arica, Iquique, y Antofagasta para el período 1970 - 2003. Estos datos fueron proporcionados por la Dirección Meteorológica de Chile. Se calculo el índice de surgencia (UI) mensual por 1000 m de costa (Bakun y Parrish, 1982). Además, usando datos diarios, se calculó el número de eventos Lasker, que se determinó como el número de veces en que la velocidad del viento es menor a 5 m/s por lo menos durante 4 días (Lasker, 1978; Peterman y Bradford, 1987). Este número representa la duración de períodos de calma o cuando "la capa mezclada superior del océano debe estar en estado estable (no turbulento)" (Lasker, 1978).

También, a modo de comparación se utilizaron los índices de surgencia basados en estimaciones del transporte Ekman hacia fuera de la costa, a partir de datos de esfuerzo del viento geostrófico, determinado por el (PFEL) Environmental Laboratory de la NOAA/NMFS/SWFSC. Se utilizaron los datos de dos puntos (18°S, 74°W y 21°S, 71°W) para el período 1981 a 2001.

Posteriormente, la información espacial fue interpolada con una función bi-cúbica obteniéndose matrices homogéneas con una resolución de 2,2 kilómetros en longitud y de 11,1 kilómetros en latitud, de modo que representen el gradiente costero. Además, los datos fueron separados en áreas costeras (costa a 30

kilómetros) y oceánicas (30 a 200 kilómetros) para crear una serie de tiempo que pueda ser graficada y realizar análisis estadísticos.

Análisis cartográfico entre la distribución de los recursos y las variables oceanográficas

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 los estadios tempranos de peces y los parámetros ambientales, se emplearon tres enfoques: a) se elaboró un estudio espacial y visual de la información realizando la cartografía de las variables; b) se estableció una relación funcional entre la distribución de los recursos y el gradiente térmico; y c) se calculó la señal latitudinal para la distribución y abundancia de los huevos y larvas respecto de la TSM satelital.

Análisis cartográfico de la distribución del ictioplancton respecto de la temperatura superficial del mar obtenido mediante sensores remotos

Las imágenes de TSM, provenientes del radiómetro de alta resolución (AVHRR) a bordo de satélites NOAA, procesadas y analizadas según los procedimientos descritos anteriormente, fueron contrastadas con la distribución y abundancia de los estadios tempranos de anchoveta, obtenida mediante la ejecución de cruceros estacionales.

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

En el caso de las relaciones entre la distribución del ictioplancton y el gradiente térmico, se efectuó un análisis a través de modelos de regresión. De esta manera, de cada uno de los pixeles se calcularon la densidad de los huevos y larvas de anchoveta, además se estimaron los diferenciales de temperatura mediante los comandos del SIG. La prueba de la hipótesis se realizó mediante modelos de regresión múltiple "paso a paso" (stepwise), en este análisis se utilizó el programa estadístico S-PLUS. Cabe señalar que dicha metodología es similar a la propuesta por Power y May (1991); Reddy ***et al***. (1995); Yañez ***et al***. (1997) y Braun ***et al***. (2004).

Para el análisis de la señal latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y de la TSM y para establecer las asociaciones entre las variables respecto de la posición latitudinal y con el fin de conocer si la distribución y abundancia de los huevos y larvas del recurso se encuentran asociadas a ciertas estructuras superficiales (eventos de surgencia y/o gradientes térmicos) se estimo la señal latitudinal (en el sentido norte-sur) de las variables biológicas y de la TSM satelital. Para tal efecto se generaron dos señales: la primera denominada costera (que se localiza entre la costa y las primeras 10 mn) y la segunda llamada oceánica que se sitúa entre las 11 mn y 20 mn de la costa.

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

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

separadamente y los valores positivos se ajustan a una distribución log-normal. Con el advenimiento de nuevas herramientas estadísticas, las componentes de la distribución delta han sido modeladas como función de factores o covariables a través de modelos lineales generalizados (McCullagh & Nelder, 1983; Stefansson, 1996) y/o modelos aditivos generalizados (Hastie & Tibshirani, 1990; Gordon & Huang, 1992; Augustin ***et al***., 1998).

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

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

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

Las variables de interés a modelar correspondieron por una parte a la presencia de huevos o larvas y por otra, a la densidad de huevos o larvas (número / 10 m^{-2}) dada la presencia de éstos. Ambas variables fueron modeladas separadamente,

como una función de variables de localización (latitud, longitud) y oceanográficas (salinidad y temperatura), las cuales fueron introducidas en el modelo a través de funciones no-paramétricas suaves, de la forma de los suavizadores splines cúbicos (Hastie y Tibshirani, 1990); además, se incorporó un predictor lineal correspondiente al crucero (estación del año). Este último factor permite conocer la tendencia del índice, en un contexto anual, para la probabilidad media de éxito (presencia) y para la densidad de huevos y larvas dada su presencia.

La variable de respuesta, presencia de huevos o larvas, fue modelada considerando una distribución de probabilidad binomial con una función de enlace logit, sobre esta base se realizaron los ajustes y se probaron además, los métodos alternativos de cuasi-verosimilitud y robusto. Finalmente, se seleccionó del método de ajuste de cuasi-verosimilitud basado en el criterio de Cp de Mallows (Neter, 1990).

En el caso de la variable densidad de huevos o larvas, en la modelación se probaron dos distribuciones de probabilidad, poisson y log-normal, mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1974). En la primera situación, la hipótesis distribucional de la respuesta fue rechazada, tanto para huevos como para larvas (p=0,000), no así en el caso de la distribución log-normal (p=0,566 huevos y p=0,358 larvas) (**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 además del clásico fueron cuasi-verosimilitud y robusto, seleccionándose sobre la base del criterio de Cp de Mallows, un ajuste robusto tanto para huevos como para larvas.

Series de tiempo y modelamiento numérico

Las series de tiempo mensuales fueron analizadas usando dos diferentes técnicas: en primer lugar, el método tradicional, quitando la tendencia cuadrática y

el promedio mensual; y el segundo es mediante in filtro STL (Seasonal trend decomposition based in Loess) (Descomposición de la tendencia estacional basados en Loess) (Cleveland ***et al***., 1990) que permite separar la tendencia de largo plazo, la tendencia estacional y las variaciones de corto plazo o residual. Los valores de la anomalía determinados con este método, muestran mejor la variabilidad del medio, especialmente cuando las series presentan una variabilidad anual e interanual importante.

La anomalía obtenida por ambos métodos fue suavizada con un filtro butterworth low-pas bidireccional de cuarto orden de 5 meses con una potencia media de 10 meses (Roberts and Roberts, 1978). Además, a cada una de las series se les determinó la autocorrelación y el autoespectro. El auto espectro se determinó mediante el método de Máxima Entropía (Ulrych and Bishop, 1975 y Press ***et al***., 1997). El uso del espectro de Máxima Entropía tiene ventajas sobre el análisis espectral de Fourier, puesto que permite la discriminación en frecuencia con una precisión mucho mejor. Los limites de confianza de 90%, 95% y 99% fueron determinados mediante una distribución Chi-cuadrado con 8 grados de libertad para un modelo de ruido al azar.

También se realizó un análisis mediante wavelets para determinar los modos dominantes, la frecuencia de la variabilidad y cómo estos modos varían en el tiempo. Se utilizó la metodología propuesta por Torrence and Compo (1998) utilizando la función de Morlet. Los datos fueron estandarizados por la varianza. Todos los gráficos del espectro de wavelet incluyen el cono de influencia, que es una región en la cual el efecto de los extremos debido a la longitud finita de los datos, no tienen influencia en el análisis (Torrence y Compo, ***op cit***). El nivel de significancía de 95% fue determinado y representado en cada gráfico con una línea blanca.

Las series de tiempo fueron comparadas usando la crosscorrelation, cross espectro, coherencia y fase, obteniendo el grado de asociación de cada variable. Para la determinación del cross espectro se utilizó el método de Blakman-Tukey con 8 grados de libertad, la coherencia se uso directamente como el grado de asociación ente las variables y la fase fue dividida por π de modo de obtener valores entre -1 y 1. Posteriormente las Funciones Ortogonales Empíricas (EOF) fueron determinadas a todas las series de tiempo de las estaciones costeras, de índices y del viento de satélites. El EOF fue determinado usando el método de Singular Value Decomposition (SVD). Este método obtiene la variación de cada serie, pero maximiza la covarianza explicada para cada modo (Bjornsson y Venegas, 1997). Los niveles de la significación para cada EOFs fueron calculados usando la estimación de Monte Carlo para un ruido al azar con un nivel significativo del 95% (Jollife 2002).

En el caso del viento, y considerando que es una de las forzantes más importantes de la dinámica del área, es necesario conocer la variabilidad espacial y temporal del campo del viento, siendo necesario saber si el viento medido en las estaciones costeras representa el campo del viento en el área del estudio. Para responder a estas preguntas, se obtuvo y analizó información de viento determinado mediante satélite del CERSAT, IFREMER, Francia. Se utilizaron datos para el área entre 15 a 28°S y 70 a 85°W durante el período agosto 1991 a diciembre de 2003. Hay que destacar que los datos entre 1991 y julio de 1999 fueron obtenidos de los satélites ERS 1 y 2, en tanto que la información desde agosto de 1999 es derivada desde satélites QuickScat. Los datos del satélite ERS fueron interpolados a una grilla regular de 0,5 grados usando una interpolación bi-cubica. Con esta información se determinó el transporte Ekman, la profundidad de la capa de Ekman, la divergencia del viento y el bombeo de Ekman.

El Transporte Ekman que se define como el transporte del total resultante de un equilibrio entre la fuerza de Coriolis y la esfuerzo friccional en la superficie:

$$\overrightarrow{M} = \frac{\vec{\tau}}{\rho f}$$

donde τ es el esfuerzo del viento $\vec{\tau} = \rho_a \, C_d \left|\overrightarrow{W}\right| \overrightarrow{W}$, ρ_a es la densidad del aire, $\boldsymbol{\rho}$ es la densidad del agua, $\boldsymbol{C_d}$ el coeficiente de resistencia, $\boldsymbol{W}$ el vector del viento y $\boldsymbol{f}$ es el parámetro de Coriolis.

La profundidad de la capa de Ekman (D_e) se calculó usando la ecuación:

$$D_e = \frac{3091 \, C_d \, W}{\sqrt{\sin \phi}}$$

donde $\boldsymbol{C_d}$ es el coeficiente de resistencia ($1{,}3 \times 10^{-3}$) $\boldsymbol{\phi}$ es la latitud y *el* $\boldsymbol{W}$ la velocidad del viento.

En un sistema de dos capas -cuando la capa superficial es poco profunda -podemos asumir que la profundidad de la capa de Ekman es igual a la profundidad de la capa de mezcla superficial. Esto ocurre porque la fuerte estratificación de la termoclina se resiste a la mezcla y el esfuerzo del viento se confina a la capa superficial.

En el caso de la divergencia (expansión o extensión de un campo vectorial), se considera que cuando la divergencia es positiva corresponde a una convergencia (hundimiento) y cuando la divergencia es negativa a una divergencia (surgencia). La divergencia de un campo de viento $\overrightarrow{W}$ es:

$$\vec{\nabla} \bullet \overrightarrow{W} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}$$

En meteorología, debido al predominio de movimientos horizontales, la divergencia se refiere generalmente a la divergencia horizontal de dos dimensiones del campo de velocidad. El orden de magnitud de la divergencia horizontal en movimientos meteorológicos es de orden de 10^{-6} s^{-1}; el campo asociado a los sistemas ciclónicos migratorios, 10^{-5} s^{-1} del viento; los movimientos de pequeña escala (tales como ondas de la gravedad, ondas frontales, o convección de las nubes) tienen divergencia con una o dos órdenes de magnitud mayor.

El Bombeo de Ekman (W_E) se determina con el rotor del esfuerzo del viento:

$$W_E = \hat{k} \bullet \nabla \times \frac{\vec{\tau}}{\rho_o f} = \frac{\partial}{\partial x}\frac{\tau_y}{\rho_o f} - \frac{\partial}{\partial y}\frac{\tau_x}{\rho_o f}$$

En el hemisferio sur, cuando el rotor del esfuerzo del viento es positivo, produce convergencia en la capa de Ekman y bombea agua hacia abajo. Cuando el rotor del esfuerzo del viento es negativo, causa divergencia en la capa de Ekman y el bombeo de Ekman es ascendente.

Aunque el campo de bombeo de Ekman es influenciado por fluctuaciones del clima de alta frecuencia y contiene una fracción grande de la energía en los períodos menores que un par de meses, también presenta fluctuaciones del clima de baja frecuencia.

Procesos físicos, biológicos y químicos

La variabilidad de los procesos físicos, químicos y biológicos más relevantes en el área y su importancia relativa respecto de los recursos pesqueros son analizadas. Los datos usados son la información oceanográfica obtenida en los cruceros estacionales en el área (**Figura 6, Tabla 10**) durante el período 1993-2002. La

información fue reformateada en matrices de longitud y latitud con igual resolución espacial. Además, los datos se separaron en áreas oceánica (30 a 200 kilómetros) y costera (costa a 30 kilómetros) conformando series de tiempo. Toda esta información fue analizada usando técnicas de la serie de tiempo y EOF, permitiendo determinar los modos principales de variación y su respuesta a los períodos de El Niño y La Niña.

La profundidad de la capa de la mezcla se determinó usando el criterio basado en la diferencia constante de temperatura propuesta por Monterey y Levitus (1997). Se utilizó como límite un gradiente de 0,5°C/10 metros.

Recursos pesqueros

La densidad y la distribución vertical y espacial de los cardúmenes provienen de evaluaciones acústicas estacionales. La fuente de los datos ambientales son los cruceros estacionales. Cada variable fue reformatea en grillas de longitud y latitud. También los datos fueron separados en áreas oceánicas (30 a 200 kilómetros) y costeras (costa a 30 kilómetros). Para comparar los cambios de régimen se utiliza la información de los desembarques realizados en la zona norte de Chile y sur de Perú, estos datos fueron proporcionados por IFOP.

Modelamiento Numérico

Se desarrolló un modelo numérico para la zona norte de Chile, usando el modelo "Regional Ocean Model System" (ROMS), el que es un modelo de superficie libre y trabaja ecuaciones primitivas en tres dimensiones y en coordenadas sigma. Este modelo fue desarrollado por las universidades de Rutgers y UCLA. ROMS y actualmente es uno de los mejores modelos disponibles a nivel mundial para reproducir la dinámica oceánica, especialmente en la zona costera (Avissar and

Pan, 2000; Chua and Bennett, 2001; Haidvogel and Beckmann, 1999; Shchepetkin and McWilliams, 1998; Song, 1998; Song and Haidvogel, 1994 y Song and Wright, 1998).

El dominio del modelo fue entre 15° y 25°S y 70° y 78°W (**Figura 6**) usando grillas curvilíneas. Horizontalmente el tamaño de las grillas es de entre 5 y 15 km, y entre 30 y 3.000 m de profundidad en la vertical, con 20 niveles, y utilizando coordenadas sigma que siguen la batimetría. Además, se aplicó un esquema de grillas horizontales tipo C (Arakawa C-grid) y vertical un esquema escalonado (Arakawa and Lamb, 1977). Las variables básicas calculadas por el modelo son las corrientes horizontales, baroclínicas y barotróficas y las propiedades de la columna de agua (T y S). La mezcla horizontal es proporcionada por el laplaciano de las variables básicas. La mezcla vertical es calculada por un esquema KPP (Large ***et al***., 1994). El flujo de sal se definió como cero en las fronteras. Para el esfuerzo de la fricción del fondo se utiliza un coeficiente $3{,}0x10^{-3}$ en las dos capas sobre el fondo.

Mediante el modelo se simuló la surgencia costera forzada por viento constante inicialmente y luego se estudio el efecto en la dinámica de las variaciones del campo de viento, así como se desarrolla la surgencia durante condiciones normales, El Niño y La Niña. En cuanto a la batimetría, ésta fue obtenida de la base de datos ETOPO5 de la NOAA y la estratificación inicial mediante perfiles verticales de CTD en la zona de estudio.

Validación de los datos de viento satelital

Para validar la información de los datos de viento medidos por satélites, se compararon datos cerca de la costa y costa afuera. Cerca de la costa se comparó el viento satelital con los datos medidos en la estación costera de Arica, Iquique y

Antofagasta, y costa afuera con la boya # 32302 de Toga-tao situada en 18°S y 85,1°W que obtuvo datos entre febrero 1986 y de enero de 1995. Se seleccionaron los datos de satélites en la grilla más cercana a la posición de cada estación costera o boya. De esta forma se obtuvieron cuatro series de tiempo (1 costa afuera y 3 cerca de la costa) que fueron comparadas por regresión lineal (**Tabla 12**). La regresión fue hecha para los datos de ERS y de QuickScat por separado. La comparación costa afuera (viento de satélite con el viento de la boya) fue hecha para el período 1992 – 1995 usando el viento obtenido por el satélite ERS; se debe tener en consideración que los algoritmos de cálculo del satélite, proporcionan la información en 10 m sobre el nivel del mar y la boya proporciona datos en 5 m, por lo que los datos de la boya fueron aumentados en un 7% siguiendo el método propuesto por Smith (1988). Para la comparación cerca de la costa, fueron utilizados los datos entre 1992 y 2003, pero graficados para el mismo período que los datos costa afuera.

En relación a los datos costa afuera, los datos satelitales provienen del satélite ERS 1 y el período de la comparación corresponde a 1992 a 1995 (**Figura 7, Tabla 12**). La velocidad del viento presenta una correlación significativa (r = 0,85) con una diferencia promedio de 0,44 ms $^{-1}$ y un error del rms de 3,51 ms $^{-1}$ (**Tabla 12, Figura 7a**). La dirección del viento también presenta una correlación significativa (r = 0,43), con una diferencia promedio de 1,3 grados contra reloj y con un error rms de 0,03 grados (**Figura 7b, Tabla 12**). Comparativamente estos valores son menores respecto de los obtenidos con datos diarios de boya costa afuera con QuikSCAT por Ebuchi ***et al***. (2002) (1,0 m s $^{-1}$; y 20 grados) con NSCAT por Freilich y Dunbar, (1999) (1,3 m s $^{-1}$; y 17 grados) y con QuikSCAT por Pickett ***et al***. (2004) (1,0 m s $^{-1}$; y 15 grados).

En el caso de la información próxima a la costa, la comparación se realizó para el período 1992 a 1999 (datos del satélite ERS) y 2000 a 2003 (datos del satélite QuikSCAT) en la **Figura 7c** y **7d** fue graficado solamente entre 1992 y 1995. Para el satélite ERS, la velocidad y la dirección del viento presentan una correlación negativa débil en las tres estaciones, siendo significativas para la velocidad del viento en Iquique y Antofagasta (r = -0,3) con una diferencia de 2,3m s^{-1} y un error rms de 0,55 m s^{-1} (**Tabla 12**). La dirección del viento es significativa en Arica y Antofagasta con una diferencia de 58°y 20°, respectivamente.

En el período de QuikSCAT la velocidad y dirección del viento cerca de la costa presenta una correlación mejor que ERS en cada estación, siendo la velocidad del viento significativa solamente en Arica (r = +0,48), con una diferencia de 0,7 m s^{-1} (**Tabla 12**). La dirección del viento presenta una correlación significativa en todas las estaciones, con una diferencia de 40 grados. Las diferencias determinadas aquí son comparables con lo obtenido por Pickett ***et al***. (2004) cerca de la costa usando los datos diarios (3,1 m s^{-1} y 41 grados).

De los resultados obtenidos se ve que los datos de QuikSCAT representan la velocidad del viento cercano a la costa en fase con las estaciones costeras, aunque la correlación es débil. Por otra parte, de los datos obtenidos por ERS se ve que en las estaciones costeras el máximo viento es en primavera y verano, en cambio lo medido por el satélite cerca de la costa, es en invierno (ciclo característico en el sistema oceánico). La diferencia entre los datos obtenidos por ERS y QuikSCAT tiene una discrepancia significativa en el sector cercano a la costa y lamentablemente con los datos disponibles no es posible encontrar la función que represente esta incompatibilidad, lo cual se podría deber a la resolución de los satelites, en especial del ERS.

Debido a esa incompatibilidad entre ambas series de datos, las series de tiempo que incluyen todo el período (1992-2003) deben analizarse cuidadosamente. Para determinar la anomalía en una transecta latitudinal se utilizó la climatología de los períodos de ERS y de QuikSCAT por separado.

Variación estacional e interanual de las masas de agua en la zona norte de Chile en el período 1980-2001

La zona de estudio comprendió el área entre Arica (18°25'S) y Antofagasta (23°40'S), ubicada en la región norte de Chile. La variación espacio-temporal de las masas de agua en la zona fue caracterizada a través de tres secciones perpendiculares a la costa, las que abarcan desde 10 mn hasta 90 mn de la costa y hasta la profundidad de 290 m. Las tres secciones o transectas que caracterizarán la zona de estudio fueron obtenidas de bandas latitudinales centradas frente a los 18°30'S, 21°00'S y 23°20'S, indicadas en adelante como T5, T3 y T1, respectivamente (**Figura 8**, **Tabla 13**).

La información oceanográfica provino de las bases de datos del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y de los proyectos de Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II región, financiados por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP). Las estaciones oceanográficas corresponden a cruceros realizados en la zona entre los años 1980 y 2001. La información entre 1980 y 1991 fue obtenida con muestreos discretos de la columna de agua con botellas Niskin o Nansen, lectura de termómetros de inversión y análisis de salinidad y, en algunos casos, con batitermógrafos. Desde el año 1992, la información de estas variables fue registrada principalmente por medio de equipos CTD. El control de calidad de la información utilizada se realizó visualmente observando el comportamiento de las curvas T-S de cada crucero, separadas por transecta, eliminando aquellos datos de calidad dudosa.

Los cruceros con información de temperatura y salinidad utilizados para cada transecta, así como la distribución latitudinal y fecha de los muestreos, se presenta en las **Tablas 14** y **15**.

La selección de las secciones, distancia de la costa y los límites latitudinales de cada banda, así como la profundidad de trabajo, responden al criterio de incluir la mayor cantidad de cruceros posibles y representar apropiadamente la zona de estudio. En este sentido, la profundidad de 290 m se estimó apropiada debido a que contiene las dos masas de agua superficiales en la zona que son la Subtropical (AST) y la Subantártica (ASAA) y alcanza a incluir el núcleo de la Ecuatorial Subsuperficial (AESS).

Las transectas en análisis fueron dividida en tres sectores: Este, Central y Oeste (**Tabla 16**). La selección del sector Este, que tiene como límite las 25 mn desde la costa, corresponde a aquel que posee una mayor influencia a los efectos del afloramiento y otros procesos de alta frecuencia, permitiendo observar y comparar la variabilidad estacional e interanual de este sector con los otros dos más oceánicos.

Para tomar en cuenta algunos resultados obtenidos durante la realización del trabajo, se utilizó un sector más oceánico que corresponde a una extensión de la T5 (Arica) que abarcó entre las 90 y 125 mn de la costa y hasta los 500 m de profundidad, al cual se le denominó sector Externo (**Figura 8**, **Tabla 16**). Asimismo, se utilizó un sector denominado Total Extendido que va desde las 10 a 90 mn, similar al sector Total, pero hasta una profundidad de 500 m (**Tabla 16**). En estos dos sectores se utilizaron cruceros que tuvieran información de temperatura y salinidad que abarcara el área indicada. Adicionalmente se analizó información de concentración de oxígeno disuelto en el sector Total Extendido, para lo cual se utilizaron cruceros que contaran con dicha variable.

Masas de Agua y cálculo del porcentaje de participación de masa de agua

Las masas de agua AST, ASAA, y AESS fueron analizadas mediante el método de triángulo de mezcla (Mamayev, 1973). Para realizar el estudio estacional de las masas de agua fue necesario definir 4 puntos T-S tipo, uno por estación. Para efectos de comparación se consideraron para los períodos de verano e invierno los puntos T-S utilizados por Silva & Konow (1975) y Ortiz (1998). Sin embargo, el punto T-S tipo del AESS se modificó a 13°C y 35,0 psu ya que, de todos los datos disponibles, un número importante de estaciones presentaron valores superiores al valor 34,9 psu en el núcleo de esta masa de agua. Al no existir en la literatura puntos T-S tipo para primavera y otoño se promediaron entonces los correspondientes a verano e invierno. Los puntos T-S tipo estacionales utilizados para los cálculos de composición de cada masa de agua se muestran en la **Tabla 17**. Los meses que son incluidos en los diferentes períodos estacionales definidos en este trabajo se presentan en la **Tabla 18**.

Dado que algunas observaciones oceanográficas presentaron temperaturas y/o salinidades relativamente altas que originaron que sus puntos T-S (de la observación) quedaran fuera del triángulo de mezcla AST-ASAA-AESS, fue necesario modificarlos siguiendo la metodología que se indica a continuación: a) En el caso que la temperatura fuera más alta, y con ello se origine la salida del triangulo del punto T-S, se aplicó la metodología indicada en Ortiz (1998). En este sentido, y bajo el supuesto que existió un calentamiento local, se mantuvo el valor de salinidad original y se disminuyó la temperatura hasta que el punto T-S queda dentro del triangulo de mezcla indicado, procediendo luego a calcular la composición porcentual; b) en el caso que ambas variables estuvieran sobre los valores del punto T-S de AST se asumió entonces un valor de 100% de participación de esta masa de agua; c) en el caso en que sólo la salinidad fuera mayor a la del punto T-S de AST y la temperatura mayor a 18°C se asumió

también un 100% de AST. En los otros casos se conservó el valor de temperatura y se ajustó el valor de la variable salinidad, disminuyendo el valor de ésta hasta que quedase dentro del triangulo de mezcla. En estos últimos casos sólo se puede suponer que existe una mezcla de AST con AESS, ya que esta última tiende a conservar la salinidad en valores relativamente altos pero reduce la temperatura.

Una vez que se tuvieron todos los puntos T-S de las observaciones dentro de los triángulos de mezcla se calcularon los porcentajes de participación de las masas de agua para los datos de cada estación oceanográfica y crucero.

Determinación del porcentaje de área ocupada (PAO) por porcentaje de participación mínima (PPM) de masa de agua

Con los datos de porcentaje de composición de masa de agua, obtenidos de cada punto T-S de las observaciones de cada estación oceanográfica, se determinaron en cada sector de las transectas las áreas cubiertas por los núcleos de éstas a distintos Porcentajes de Participación Mínima (PPM)**,** desde un nivel de composición de 10% hasta 90% cada 10%. Lo anterior significa, por ejemplo, que el área calculada para el PPM de 40% (PPM40) de una masa de agua en particular corresponde al área ocupada por agua que tiene al menos un 40% de composición de ella, dando el área resultante una visión del tamaño del núcleo de más de 40% de participación en un sector o transecta particular. Un ejemplo de lo anterior se muestra en la **Figura 9**.

Dado que la transecta fue dividida en sectores que tienen áreas distintas, las áreas ocupadas por cada PPM se estandarizaron dividiendo el valor calculado por el área del sector respectivo y multiplicando por 100. Las áreas correspondientes a cada sector se presentan en las **Figuras 10** y **11**. Por lo tanto, los valores analizados, y con los cuales se analizó la información corresponden al Porcentaje del Área Ocupada (PAO) por una masa de agua en cada sector, a distintos PPM.

Selección de cruceros oceanográficos para analizar variabilidad estacional

El análisis de la variabilidad estacional de los PAO para los distintos PPM en una masa de agua particular se hizo sólo con datos de cruceros efectuados en períodos considerados normales. De esta manera se excluye una fuente de variación interanual que, de ser importante, puede enmascarar eventos de menor frecuencia.

Para la selección de cruceros oceanográficos realizados en períodos considerados normales, se ocupó el criterio de eliminar de la serie aquellos que presenten en las estaciones oceánicas una diferencia de 2 o más desviaciones estándar (DS) entre su valor de temperatura y/o salinidad superficial respecto del promedio histórico mensual. Para lo anterior, se utilizaron los promedios mensuales superficiales, de temperatura, salinidad y sus respectivas desviaciones estándar, publicados en el Atlas Oceanográfico de Chile (Rojas & Silva, 1996). En este proceso se tomó el grado cuadrado (GC) 81 de la cuadrícula (o marsden) 343 para la T1; los GC 01 y 11 de la cuadrícula 379 para la T2 y el GC 31 de la cuadrícula 379 para la T3 (**Figura 12**).

Para hacer el proceso de selección se tomó de cada transecta el dato superficial de temperatura y salinidad de aquellas estaciones ubicadas entre los 71° y 72°W; a partir de la información recopilada se obtuvo como resultado que 20 cruceros entraban en este criterio de exclusión. No obstante lo anterior, se utilizó también un criterio de exclusión basado en antecedentes bibliográficos, esto debido a que algunas observaciones fueron realizadas durante condiciones cálidas en la zona norte, como en 1982, 1983, 1987 y 1992 (Silva, 1988; Blanco & Díaz, 1985; Fuenzalida, 1992; Blanco ***et al.***, 1992a, 1992b, 1992c), con lo cual se excluyeron 9 cruceros adicionales. Del total de cruceros excluidos, 9 correspondieron al de verano, 7 a otoño, 7 a primavera y 6 a invierno (**Tabla 19**). Los cruceros realizados en períodos considerados normales se presentan en la **Tabla 20**.

Variación estacional

Se realizó una prueba de normalidad (distribución) utilizando el estadístico de Kolmogorov-Smirnof (a un 95% de confianza) a los datos de PAO de las masas de agua de períodos normales y agrupados por estación, PPM, transecta y sector de la transecta. La prueba anterior indicó que el test a utilizar para el análisis de la variación estacional de los PAO sería un test no paramétrico, utilizándose entonces el test Kruskal-Wallis (KW). El nivel de significancia usado fue del 95%. Un segundo test KW (95%) se aplicó a aquellos casos en que se detectó diferencia estacional, con la intención de identificar cuales son las estaciones distintas.

Variabilidad interanual

Para el estudio de la variabilidad interanual se consideraron todos los datos de la serie entre los años 1980 y 2001. Los datos de PAO fueron separados por transecta y sector y con ellos se graficaron las series de los PAO a PPM20 (PPM de 20%), PPM50 y PPM80 para el AST y AESS de la T5 (Arica). En el caso del ASAA se graficó el PPM20 correspondiente a la T1 (Antofagasta). Las secciones escogidas para representar la variabilidad interanual en cada masa de agua son las que tienen los mayores valores de PAO respectivos.

Para cuantificar la variación de los PAO durante los períodos cálidos de eventos El Niño, se confeccionaron tablas que muestran los PAO, de los PPM indicados en el párrafo anterior, de aquellos cruceros excluidos del análisis estacional, señalando la diferencia con el promedio de la serie. El promedio de la serie fue calculada sólo con los cruceros realizados en períodos considerados normales hasta el año 2001. Se incluyó en las tablas la anomalía estandarizada de los PAO en cada PPM para hacer comparables los resultados entre las transectas y sectores.

Para observar el efecto que tiene la variabilidad ecuatorial interanual sobre los PAO de las masas de agua en la zona de estudio se realizaron correlaciones simples entre la profundidad de la termoclina ecuatorial (isoterma de 20°C en los 0° latitud y 110°W), considerada como representativa de la variabilidad ecuatorial (Morales *et al.*, 1999) con los PAO a distintos PPM. La serie de tiempo de la profundidad de la termoclina ecuatorial se obtuvo en www: http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP/.EMC/.CMB/. Pacific/.monthly/.D20eq/ Revisado: 2 de Junio de 2003.

El proceso de correlación simple se realizó con la serie de promedios mensuales de la profundidad de la termoclina ecuatorial, a la cual se le aplicó un filtro triangular pasa bajos de 5 pesos, y los datos de PAO con un desfase de tres meses, correspondientes a la serie 1980-2001.

Para complementar el análisis de la variabilidad interanual de las AESS, especialmente en los períodos cálidos, se trabajó en el sector Total Extendido y el sector Externo en la T5 (Arica). En ambos casos se aplicó la metodología para obtención de los PAO, indicada anteriormente, a PPM20, PPM50 y PPM80. Los cruceros utilizados en estos procesos se presentan en la **Tablas 21** y **22**. De igual manera, se aplicó la metodología descrita en la sección de obtención de PAO a observaciones de concentración de oxígeno disuelto (OD). En este caso se calculó el PAO para los niveles de concentración máxima de OD de 0,5 y 1,0 $mL*L^{-1}$. En este proceso se utilizaron sólo los cruceros de la T5 que tuvieran esta variable en el sector Total Extendido (**Tabla 23**).

Para el análisis exploratorio en torno a las variaciones de la clorofila con el evento El Niño y las masas de agua, se calculó el promedio de las concentraciones de clorofila integrada entre las estaciones de 1 y 20 mn, lo que se relacionó de forma gráfica con las anomalías estandarizadas (AE) de los porcentajes de área

ocupada (PAO) por las masas de agua AESS y AST en el sector Este (10 a 25 mn), para los porcentajes de participación mínima de 20 y 80% (PPM20 y PPM80). Se determinó también, para las mismas estaciones, la concentración máxima del pigmento en la vertical y su ubicación en la columna de agua, y se contrastó gráficamente con los valores ya mencionados de anomalías de PAO del AESS al PPM20.

VII. RESULTADOS

1. Zona de estudio

El área de estudio comprende la zona que se extiende desde Antofagasta (23°40´S – II Región) hasta Arica (18°25´S – I Región) y desde la costa hasta una distancia máxima de 100 mn. En esta zona se efectuaron estacionalmente 5 transectas paralelas entre sí, perpendiculares a la costa y sistemáticamente distribuidas cada 80 mn, las que se localizaron frente a bahía Moreno (23°40´S), punta Copaca (22°20´S), punta Lobos (21°00´S), punta Junín (19°40´S) y Arica (18°25´S).

2. Cruceros

Durante el período comprendido entre mayo de 2003 y marzo de 2004, el Instituto de Fomento Pesquero – IFOP – realizó a bordo de los B/C "Abate Molina" y "Carlos Porter" los siguientes cruceros estacionales de monitoreo:

- Otoño : **MOBIO 0305** (16 al 26 de mayo de 2003),
- Invierno : **MOBIO 0309** (20 de agosto al 25 de septiembre de 2003),
- Primavera : **MOBIO 0312** (10 al 20 de diciembre de 2003), y
- Verano : **MOBIO 0403** (10 al 19 de marzo de 2004).

Se efectuaron además, las estaciones costeras de vigilancia de frecuencia de observación mensual durante el período comprendido entre mayo de 2003 y mayo de 2004, frente a los puertos de Mejillones, Iquique y Arica y estaciones bio-oceanográficas durante la navegación intertransectas en cada uno de los cruceros **(Figura 1**; **Tablas 4, 5, 6** y **7)**.

Cabe destacar que el crucero de invierno de 2003 – **MOBIO 0309** formó parte del Sexto Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, coordinado bajo la responsabilidad de la Dirección Científica de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), cuya institucionalización se llevó a cabo en la VI Reunión de Ministros de Relaciones Exteriores de la Comisión Permanente del Pacífico Sur, a través de la Declaración de Santiago de 2000. Esta nueva exploración constituyó la continuación de los esfuerzos realizados por los países miembros de la CPPS y contó con el intercambio de científicos a bordo de los buques participantes, recibiendo Chile en esta oportunidad, a un químico del Instituto del Mar del Perú - IMARPE, viajando a Perú un químico de Chile.

A. Objetivo específico N° 2.1

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

3. Condiciones oceanográficas

3.1 Vientos

Para efectos comparativos de la intensidad del viento se definirá, como criterio de clasificación, la siguiente escala: 0 a 5 m/s como viento de intensidad débil (incluye condición de calma), > 5 a 10 m/s viento moderado y > 10 m/s como viento fuerte. El valor de 5 m/s es considerado como la mínima intensidad del viento capaz de producir mezcla turbulenta en la capa superficial (Simpson y Dickey, 1981).

En el crucero de otoño de 2003, los vectores de los vientos medidos en las estaciones oceanográficas (53 datos) y con una frecuencia horaria a lo largo del track de navegación (182 datos) se presentan en la **Figura 13a**. Los datos correspondientes a calma en las mediciones hechas en las estaciones alcanzaron al 7%, mientras que en el registro horario éstas llegaron al 13%. Los vientos de intensidad débil correspondieron a 58% y 53% de los registros de estaciones y horario (incluye calma), respectivamente. Los datos que indican viento de intensidad moderada alcanzaron a 40% y 45% en las mediciones de estaciones y horario, mientras que el 2% correspondió a viento fuerte en ambas observaciones. En lo que respecta a dirección, los vientos provinieron mayoritariamente del segundo y tercer cuadrante con un porcentaje de 90% y 80% de los registros de estación y horario.

El viento tuvo las menores intensidades en la franja costera, aumentando gradualmente hacia el sector oceánico con un máximo de 10,5 m/s en la transecta 2 (22°20) a 100 mn y de 13,5 m/s en la transecta 3 (21°S) a 80 mn de la costa (**Figuras 13a** y **14a**). La mitad sur de la zona de estudio, transectas 1 a 3, presentó las mayores intensidades de viento en ambas cartas.

Las observaciones de viento horario (**Figura 14a**) muestran que la intensidad fue menor en el área costera de las primeras 20 mn, con valores que fueron menores a 5 m/s y con la mayoría de los datos inferiores a 3 m/s. El sector oceánico por sobre las 50 mn en cambio presentó vientos por lo general de intensidad moderada, entre 5 y 10 m/s. En la **Figura 7a** se observa que los vientos fueron notoriamente mayores en el sector oceánico que aquellos del sector costero.

En el crucero de invierno de 2003 no hay información de vientos debido a que en la revisión final de estos datos se concluyó que el anemómetro de la nave no funcionó correctamente, razón por la cual los datos de intensidad y dirección del

viento medido se encuentran con errores, no pudiéndose determinar el grado de error del instrumento.

En primavera de 2003, la intensidad de los vientos (predominantes) medidos durante el crucero, tanto en la realización de las estaciones oceanográficas como en la navegación, fueron menores a 5 m/s en un 79% y 60%, respectivamente (**Figuras 13b** y **14b**). No hubo observaciones de viento que correspondan a calma (sin viento) en las mediciones realizadas en las estaciones y en la otra situación sólo correspondieron al 3% de la información. Las intensidades moderadas, es decir, de 5 a 10 m/s, representaron el 21% y 40% de los registros en los casos de medición en las estaciones y en la navegación, respectivamente. En términos generales, y comparativamente, la intensidad del viento fue menor en la franja costera respecto de la oceánica. Asimismo, las intensidades observadas desde la localidad de Iquique al norte fueron menores a las observadas en la mitad sur de la zona de estudio. La máxima velocidad del viento medida en las estaciones es de 7 m/s a 40 mn de punta Lobos, mientras que el mínimo, de 1 m/s, se midió a 70 mn frente a punta Junín y en la costa de Arica. Las direcciones de los vientos fueron principalmente del segundo y tercer cuadrante, con más del 90% de las observaciones en ambos casos de mediciones. No obstante lo anterior, los porcentajes de observaciones de vientos medidos en cada cuadrante en estaciones y durante la navegación fueron distintas, ya que las correspondientes al segundo cuadrante fueron de 64% en el primer caso y 47% en el segundo, mientras que las del tercer cuadrante fueron 34 y 49%, respectivamente.

En verano de 2004, los vientos predominantes medidos durante la realización de las estaciones oceanográficas y en la navegación tuvieron en general intensidades menores a los 5 m/s (**Figuras 13c** y **14c**). Los datos de viento de estaciones indicaron que el 76% de los registros tuvo una intensidad menor a 5 m/s, mientras que en los datos horarios el porcentaje fue de 67%. En ambas

mediciones no se registraron períodos de calma. Las intensidades moderadas, es decir, de 5 a 10 m/s, representaron el 23% y 32% del total de mediciones en las estaciones y en la navegación, respectivamente. No se realizaron observaciones de intensidades mayores a 10 m/s en el caso de las estaciones, mientras que el caso de viento horario los casos representan sólo el 1%. En general, la intensidad del viento observada es menor hacia la costa respecto de lo que ocurre en el sector oceánico, excepto en el sector costero comprendido entre punta Lobos (T3) y punta Copaca (T2), donde se observaron vientos relativamente similares a los oceánicos durante la navegación entre estas dos transectas, siendo incluso superiores a los medidos en el mismo lugar durante la navegación hacia el sur. La intensidad del viento fue relativamente homogénea en el área oceánica, sólo mostrando valores menores hacia la transecta de Arica (T5) y en el sector oceánico del extremo sur oeste de la zona. La máxima intensidad del viento medido en las estaciones fue de 7,5 m/s a 5 mn de la costa frente a Antofagasta, mientras que el mínimo, de 0,75 m/s, se midió en la estación de 1 mn en la misma transecta. La dirección de los vientos fue principalmente del segundo y tercer cuadrante, con el 96% de las observaciones en las estaciones y el 84% en los vientos horario.

El índice de surgencia promedio (ISP) (**Figura 15a**) de otoño indica que los mayores valores se ubicaron en el sector costero frente a Antofagasta y Arica, alcanzando valores máximos de 363 y 372 m^3/s/1.000 de costa, aun cuando el máximo individual de índice de surgencia (IS) frente a Antofagasta fue cercano a los 1000 m^3/s/1.000 m de costa, y en Arica los IS estuvieron en el rango de 300 a 700 m^3/s/1.000 m de costa. Los menores registros de ISP se encontraron en el sector costero de Iquique a Mejillones (20° a 23°S) donde tuvieron un rango de sólo 59 a 113 m^3/s/1.000.

El IS de primavera registró una baja frecuencia de valores negativos, con sólo 8 mediciones de un total de 204, donde el máximo negativo fue de -987 m^3/s/1.000 m de costa y que se registró a unas 5 mn de la costa frente a Antofagasta. El máximo positivo fue de 1765 m^3/s/1.000 m de costa y se midió en las cercanías de Punta Arenas. El sector con menores índices de surgencia individuales se observaron en la mitad norte de la zona y los mayores en el sector central y sur. Los ISP mostraron la misma tendencia que los valores individuales, es decir, estos fueron mayores en el sector central de la zona (**Figura 15b**), alcanzando un promedio máximo de 784 y 640 m^3/s/1000 m de costa entre los 20° y 22°S. El promedio mínimo fue de 222 m^3/s/1000 m de costa entre los 19° y 20°S.

En verano 2004, el máximo IS fue de 2422 m^3/s/1.000 m de costa y se midió a 23 mn de Punta Lobos (21°S). El sector con menores IS se observó entra Arica y Pisagua y en Mejillones y los mayores entre Pisagua y punta Copaca. El IS registró una baja frecuencia de valores negativos, con sólo 15% de las mediciones de un total de 218 observaciones, donde el máximo fue de -202 m^3/s/1000 m de costa y que se registró a 2 mn de la costa al norte de Mejillones. El ISP (**Figura 15c**) tuvo un máximo de 560 m^3/s/1.000 m de costa entre los 21° y 22°S, mientras que el mínimo fue de -7 m^3/s/1.000 m de costa entre los 18° y 19°S. El mínimo positivo estuvo en la latitud 23°S, Antofagasta, con 99 m^3/s/1.000 m de costa.

En otoño, el índice de turbulencia (IT) (**Figura 16a**) entregó un valor máximo de 2401 m^3/s^3 a 80 mn frente a punta Lobos (21°S). Como era de esperar, los IT fueron mayores en el área oceánica frente a punta Lobos y en el extremo oeste de la transecta 2 (22°20'S), con 1256 m^3/s^3.

La carta de IT de primavera (**Figura 16b**), señaló los menores valores de turbulencia en la franja costera de la mitad norte de la zona y también a lo largo de la transecta de punta Junín. En general, los valores de turbulencia fueron menores

a 100 m^3/s^3 (50% de los datos), mientras que un 40% está entre 100 y 300 m^3/s^3. El máximo observado fue de 983 m^3/s^3, medido a 100 mn frente a Antofagasta. El área de punta Copaca a Antofagasta presentó los mayores valores de turbulencia relativa para el período de muestreo

En verano de 2004, el 62% de los valores de IT (**Figura 16c**) fueron menores a 100 m^3/s^3, mientras que un 30% estuvo entre 100 y 300 m^3/s^3 y un 10% entre 300 y 1000 m^3/s^3. Sólo un dato de turbulencia superó los 1.000 m^3/s^3 y éste fue de 1482 m^3/s^3 a 100 mn frente a punta Camarones. La carta de IT señaló a la transecta de punta Lobos, y el área a 100 mn frente a Punta Junín, como las áreas de mayor turbulencia relativa para el período de muestreo y a la transecta de Bahía Moreno y Arica como el área de menores valores de esta variable.

3.2 Temperatura superficial del mar

En otoño de 2003, el rango de temperatura superficial (TSM) fue de 14,4° a 21,1°C. El mínimo se ubicó a 1 mn de la costa en la transecta 3 (21°S) y en la estación fija de Mejillones, y el máximo se registró a 40 mn de la costa frente a Arica. La distribución de temperatura superficial durante el crucero presentó gradientes en todo el sector costero, los que fueron más fuertes desde Punta Lobos al sur, registrándose valores de temperatura inferiores a 15°C en el sector de Mejillones. El sector oceánico presentó las mayores temperaturas en la mitad norte de la zona con valores de 20°C. Desde Iquique hacia el sur la temperatura decreció gradualmente hasta 18° en el extremo sur, produciéndose un foco de agua relativamente fría, 17 a 18°C, que se extendió desde la costa hacia el oeste entre Tocopilla y Mejillones (**Figura 17a**). La anomalía de temperatura superficial (ATSM) estuvo en el rango de –3,2° a 1,7 °C, el primero ubicado a 1 mn frente a punta Lobos y el segundo valor a 10 mn frente a Antofagasta. En general, el cálculo de ATSM señaló valores tanto positivos como negativos en el rango de ± 1°C en la

mitad norte de la zona. La mitad sur, principalmente frente a Tocopilla, presentó una situación de característica fría en el sector oceánico con valores de ATSM negativa entre –1° a –2°C, lo que es levemente significativo (**Figura 18a**).

La TSM de invierno de 2003 en la zona de estudio (**Figura 17b**) registró valores comprendidos entre 14° y 18°C, ubicándose el máximo a 40 mn de la costa frente a Arica y el mínimo en el sector costero a 1 mn frente a la península de Mejillones. La diferencia de temperatura entre la costa y las 30 primeras mn fue menor a los 2°C, lo que indicó un frente térmico débil en este período (0,07°C/mn). Los mayores gradientes térmicos horizontales se encontraron en el área de Arica a Pisagua y entre punta Lobos y Tocopilla (0,15°C/m). El sector oceánico de mayores temperaturas se presentó hacia el límite norte con temperaturas superiores a 17°C hasta la latitud de los 19°S. En la transecta de punta Junín (19°40'S) se presentó una intrusión de aguas relativamente cálidas hacia el sector costero, con un pequeño foco de agua con temperatura mayor a 17°C centrado en las 20 millas náuticas. Desde Tocopilla hasta Antofagasta el sector costero no registró gradientes, excepto en la zona frente a la península de Mejillones donde se observó un pequeño foco de agua más fría. La ATSM (**Figura 18b**) fue principalmente de tipo negativo, en gran parte de la zona, con valores menores a 1°C de desviación respecto del promedio histórico en el sector oceánico, y de –1°C a 2,5°C en el sector costero. Una excepción lo constituyen los pequeños focos de ATSM positivas, < 1°C, ubicadas frente a punta Lobos en el sector de Mejillones y a lo largo de la transecta de bahía Moreno hasta las 60 mn. En la transecta frente a punta Junín, la entrada de agua oceánica hacia el sector costero, que alcanza al menos hasta las 5 mn, originó una ATSM negativa de menor magnitud respecto a los sectores vecinos. Una condición similar a la descrita anteriormente, se registró también en la transecta frente a punta Copaca (22°20'S) hasta la localidad de Mejillones y también en el sector costero frente a

Antofagasta, observándose en esta última localidad anomalías levemente positivas.

En primavera, la carta de distribución de TSM (**Figura 17c**) exhibió registros mayores a 20°C en prácticamente todo el sector oceánico de la zona de estudio, excepto frente a Mejillones en que la TSM fue menor. El rango total de temperaturas fue de 15,8° a 23,6°C, con el mínimo localizado a 1 mn de la costa frente a punta Lobos y el máximo a 20 mn frente a Iquique. Las temperaturas llegaron a registros superiores a 23°C en el sector Noroeste, mientras que toda la franja costera registró temperatura inferiores a 19°C, siendo el área ubicada frente a la Península de Mejillones la de menores valores y de mayor extensión hacia el oeste. La presencia de mayores TSM relativas en el sector oceánico y bajas en el costero dio lugar a la formación de frentes térmicos que se ubicaron en las primeras 20 mn desde la costa. Una condición particular observada en este crucero corresponde a la situación de una entrada de aguas cálidas (mayor a 21°C) hacia el sector costero frente a punta Copaca (T2). La ATSM (**Figura 18c**) se presentó en un rango de –3,3 a +2,2°C, con el máximo negativo en la costa de punta Lobos (T3) y el máximo positivo a 20 mn frente a punta Copaca (T2). Los sectores oceánicos con menores anomalías positivas fueron el extremo norte y sur de la zona de estudio. En general, gran parte de la zona se presentó con valores de anomalía entre ±1°C, sin embargo, hubo en esta oportunidad desviaciones respecto al promedio mayores a 1°C y que cubrieron una importante área oceánica frente a Tocopilla y también en el extremo Oeste, por sobre las 70 mn de la costa, entre caleta Camarones y punta Lobos.

Para el periodo de verano de 2004, la distribución de TSM (**Figura 17d**) se caracterizó por presentar intensos gradientes costeros en la franja de las primeras 30 mn, incluso alcanzando hasta las 50 mn frente a Antofagasta. La mínima térmica fue de 15,7°C y se registró en la estación de 1 mn en la punta norte de la

Península de Mejillones, mientras que la máxima fue de 24,2°C y se detectó a 100 mn frente a Arica. El sector oceánico con mayor temperatura fue el de Arica a Tocopilla, el que tuvo registros sobre los 22°C. Las ATSM (**Figura 18d**) para la zona indicaron una predominancia de valores negativos, con la presencia de algunos núcleos positivos aislados, pequeños y de valor menor a +1°C, de los cuales uno se ubicó a 40 mn frente a Pisagua y otro a 40 mn frente a Tocopilla. El sector oceánico de la mitad norte tuvo, en general, valores de anomalía negativos que no superaron 1°C de desviación, sin embargo, en la mitad sur éstos estuvieron entre -1° y -2°C. Respecto a los valores extremos, el sector costero desde Arica a caleta Camarones se destacó por sus grandes desviaciones negativas las que llegaron a -4,4°C, mientras que en Antofagasta estas fueron positivas y alcanzaron hasta +2,8°C.

3.3 Termoclina

En otoño, el espesor de la termoclina (ET) estuvo dentro del rango de 2 a 31 m (**Figura 19a**). El máximo espesor se encontró a 40 mn frente a Pisagua en la transecta 4 y el mínimo en tres localidades próximas a la costa que fueron: a 5 mn de la costa en la transecta 3, en la estación fija de Mejillones y a 1 mn en la transecta de punta Copaca (T2). La zona se caracterizó por mostrar un área de máximo espesor, mayor a 20 m, en el área oceánica central entre 20 y 70 mn de la costa entre los 19° y 20°30'S. La franja costera de las primeras 20 mn en la mitad sur de la zona tuvo de 2 a 10 m de espesor, mientras que la mitad norte tuvo de 5 a 15 metros.

En este período, la temperatura en la base de la termoclina presentó un rango de 13° a 17,3°C (**Figura 20a**), sin embargo predominaron valores entre 14° y 15°C en gran parte del área. El máximo valor se registró en el sector oceánico a 75 mn frente a Caleta Patillos (20°40'S), y el mínimo a 2 mn de la costa frente a la punta

norte de la Península de Mejillones. La máximas térmicas costeras en la base de la termoclina se ubicaron entre Arica y Pisagua, mientras que las mínimas costeras, que fueron menores a 14°C, se encontraron rodeando a la Península de Mejillones. El nivel máximo observado de la profundidad de la base de la termoclina (límite inferior) (**Figura 21a**) fue 67 m, y se registró en las estaciones de 40 y 100 mn de la costa en las transectas de punta Junín (T4) y punta Lobos (T3), respectivamente. El mínimo de tan sólo 7 m se presentó en dos estaciones costeras, a 2 mn frente a punta Arenas (21°40'S) y a 5 mn frente a Antofagasta.

El gradiente promedio de la termoclina (**Figura 22a**) estuvo en el rango de valores de 0,11 a 0,63°C/m. El mínimo se midió en la costa a 2 mn frente a Mejillones y el máximo estuvo a 100 mn frente a Caleta Camarones (19°20'S). El sector costero hasta las 10 mn, desde Iquique hacia el sur, presentó los menores gradientes promedio con valores inferiores a 0,2 °C/m. El sector oceánico presentó dos focos con valores mayores a 0,4°C/m. El gradiente máximo ubicado en la termoclina estuvo en el rango de 0,13 a 2°C/m. El máximo gradiente de la termoclina (**Figura 23a**) se ubicó en un rango de profundidad de 4 a 56 m, con el mínimo en la estación costera de Arica y el máximo a 40 mn frente a esta misma localidad. Los mayores gradientes térmicos (> 1°C/m) se ubicaron a menos de 10 m bajo la CM (**Figura 24a**), situación que corresponde a lo encontrado en la mayoría del área de estudio, asimismo, valores de gradiente menores a 1°C/m se ubicaron desde 10 a más de 30 m bajo la CM.

El ET en el período de invierno (**Figura 19b**) estuvo en el rango de 0 a 17 metros. Los menores espesores se registraron en la franja costera, en general en el rango de 5 a 10 metros. Menos de 5 m de espesor se registraron en sectores específicos localizados a 1 mn de la costa, principalmente entre Iquique y Tocopilla, en punta Copaca y en la península de Mejillones. Un caso particular se presentó muy próximo a la costa frente a punta Junín, área que tuvo un ET de más de 10

metros. El máximo ET se observó en dos puntos, el primero a 100 mn de la costa frente a punta Junín y el otro a 10 mn frente a Arica. En general, el sector oceánico registró un espesor de 5 a 15 m, excepto desde Mejillones al sur donde éste fue de menos de 10 metros.

La temperatura en la base de la termoclina (**Figura 20b**) aumentó gradualmente de sur a norte. El rango de temperaturas estuvo entre 12,7°C y 16,9°C, con el mínimo a 40 mn de la costa sobre la transecta de bahía Moreno y el máximo a la misma distancia de la costa frente a Arica. La franja costera de las primeras 25 mn se dividió de Arica a punta Lobos con temperaturas entre 14 y 15°C y desde esa localidad al sur con temperaturas entre 13 y 14°C, sin presentar ésta última diferencias en la temperatura con el sector oceánico. El sector oceánico tuvo, en general, temperaturas en el rango de 13 a 14°C, pero desde caleta Camarones hacia el norte, lo que es una franja de área estrecha, el rango aumentó de 14° a 17°C. El foco frío de mayor área correspondió al localizado frente a Tocopilla, al oeste de la estación de las 40 mn de la costa. La profundidad base de la termoclina (**Figura 21b**) se presentó con una estructura similar a la registrada en el espesor de la CM, es decir, con valores menores en la costa, los que fueron en general inferiores a 30 m, mientras que en el sector oceánico se registraron profundidades mayores a 70 m, particularmente entre punta Lobos y Tocopilla. Frente a Pisagua también se observó un foco de notoria mayor profundidad relativa a las áreas adyacentes, con niveles que superaron los 40 m. El sector oceánico de menor profundidad de la base de la termoclina correspondió al que va desde Arica a caleta Camarones.

El gradiente de temperatura promedio (**Figura 22b**) de la termoclina presentó un rango de valores de 0,11 a 0,32°C/m, encontrándose los menores en el sector costero de caleta Camarones a punta Junín y el máximo se ubicó en la estación de 100 mn frente a Arica. En general el sector costero tuvo un gradiente térmico

promedio en la termoclina menor a los 0,2°C/m y el sector oceánico mayores a este valor, excepto en los sectores frente a punta Junín y de Tocopilla al sur, donde los gradientes fueron inferiores al valor señalado. El gradiente de temperatura máximo (**Figura 23b**) estuvo en el rango de 0,13 a 0,67°C/m. La distribución de valores es similar en estructura a los observados en el gradiente térmico promedio, sin embargo el máximo valor se ubicó a 70 mn de punta Lobos y el mínimo a 10 mn de punta Copaca. En el área costera el gradiente fue de un valor inferior a 0,3°C/m, mientras que en el sector oceánico este fue mayor al valor indicado, con algunos focos de gradiente mayor a 0,4°C/m, principalmente entre punta Lobos y Tocopilla. El sector oceánico de menor valor correspondió al que va de Mejillones al sur, el que registró gradientes inferiores a 0,2°C/m. El gradiente térmico máximo en la termoclina (**Figura 24b**) por estación registró una profundidad que tuvo una estructura de niveles similar al de la profundidad base de la termoclina, es decir con dos focos de máximos valores, el primero es costero frente a Pisagua, con más de 40 m, y el segundo es oceánico por sobre las 80 mn entre los 21'S y 22°30'S. En general, esta variable presentó en el sector costero niveles de profundidad menores a 30 m, excepto en el sector de Pisagua, con valores mayores a 40, m y en el sector de Mejillones a punta Copaca donde estos estuvieron en el rango de 30 a 40 metros.

En primavera, el ET presentó un valor variable en la zona de estudio (**Figura 19c**). En general este espesor fue menor en la franja costera, alcanzando hasta 15 m, y aumentando gradualmente hacia el sector oceánico. El sector oceánico tuvo un espesor de termoclina entre 15 y 20 m, registrándose una zona de mayor espesor, > 20 m, frente a punta Lobos y a 40 mn frente a Arica, lugar donde se ubicó el máximo ET observado. El rango de espesor general estuvo entre 4 y 33 m, con el máximo a 40 mn frente a Arica y el mínimo en dos sectores de la costa, punta Copaca y punta Junín.

La temperatura en la base de la termoclina (TBT), registró un rango de valores entre 13° y 19,4°C (**Figura 20c**), con una distribución similar a la TSM, es decir en general con los menores valores en la franja costera, no obstante el mínimo de TBT se midió a 100 mn de la costa frente a Bahía Moreno y el máximo a 10 mn frente a punta Copaca. Las mayores temperaturas se ubicaron en la franja central de la zona, entre 30 y 80 mn frente a Iquique, con valores sobre 17 °C. La base de la termoclina se ubicó en un rango de profundidad entre 7 y 53 m (**Figura 21c**). La franja costera tuvo una profundidad de la base de la termoclina (PBT) menor a 20 m y el sector oceánico una profundidad variable entre 20 y 40 metros. La mínima profundidad se localizó a 10 mn frente a punta Copaca, mientras que el máximo se localizó a 100 mn frente a bahía Moreno. En la zona de estudio, el área de mayor PBT corresponde al oceánico por sobre las 70 mn, entre Iquique y caleta Chipana.

El gradiente térmico promedio de la termoclina tuvo un mínimo de 0,14°C/m y el máximo sólo llegó hasta 0,67°C/m (**Figura 22c**). En general, el valor de gradiente promedio en la mitad sur de la zona fue menor a 0,2°C/m, mientras que en la mitad norte este fue de 0,3°C/m con un núcleo de valores mayores a 0,4°C/m frente a Pisagua y centrado en las 70 mn, que contiene al valor máximo indicado. El máximo gradiente térmico de primavera medido en la termoclina presentó una distribución similar al gradiente promedio respecto a la ubicación de valores máximos y mínimos (**Figura 23c**), sin embargo, estos son mayores ya que corresponden a un valor puntual. El rango de valores se presentó con 0,2 a 1,35°C/m, el mínimo fue medido a 1 mn frente a punta Junín y el máximo, ubicado en el sector oceánico, estuvo a 70 mn de la costa frente a la misma localidad. La mitad sur de la zona de estudio se presentó en general con valores de 0,4 a 0,6°C/m, mientras que la mitad norte lo hizo con valores de 0,6 a 0,8°C/m. La mitad norte tuvo un foco de máximo registro frente a Pisagua, el cual se extendió hacia el sur, pegado al extremo oeste hasta punta Lobos, con valores mayores a 1°C/m. Los gradientes máximos indicados arriba se ubicaron en general entre los

10 y 30 m de profundidad (**Figura 24c**). En este caso el sector costero registró profundidades de este gradiente a menos de 10 m de la superficie hasta punta Copaca, mientras que de esa localidad hacia el sur ésta fue de 10 a 20 metros. El sector oceánico registró de Arica hasta Iquique una profundidad de 10 a 20 m mientras que de Iquique al sur ésta fue de 20 a 32 m, con el máximo a 100 mn de bahía Moreno.

En el crucero de verano, el ET tuvo un rango de 6 a 40 m (**Figura 19d**), encontrándose el mínimo a 1 mn frente a punta Copaca y el máximo a 100 mn de punta Pinto, hacia el extremo Nor-Oeste de la zona. En general, el sector costero tuvo un ET menor a 15 m, sin embargo en el área costera de caleta Chipana éste fue mayor, alcanzado de 20 a 30 metros. Los máximos ET en el área oceánica se ubicaron en el borde oeste de la zona, específicamente entre Arica y Pisagua por sobre las 70 mn de la costa, con un espesor que superó los 30 metros.

La temperatura en la base de la termoclina (**Figura 20d**) estuvo en el rango de 13,8 a 16,6°C, sin embargo en gran parte del área el rango fue de 14° a 15°C, ubicándose los valores mínimos en la costa y hacia el norte de Iquique, mientras que los máximos se encontraron en el sector oceánico central y sur, con temperaturas entre 15 y 16°C. La profundidad de la base de la termoclina (**Figura 21d**), estuvo en el rango de 8 a 58 m, aumentando en sentido este a oeste. La termoclina en el sector costero tuvo una profundidad en su base menor a 20 m, excepto en caleta Chipana, mientras que las máximas profundidades se localizaron en la franja entre las 40 y 100 mn en el área entre Arica y Tocopilla, las que fueron de más de 40 m. Al sur de Tocopilla sólo se observaron profundidades de la base mayores a 40 m sólo en el extremo Sur-Oeste, a 100 mn de la costa frente a Antofagasta.

Siempre en verano, los valores de gradiente térmico promedio de la termoclina (**Figura 22d**), estuvieron en el rango de 0,13 a 0,5°C/m. El máximo térmico se encontró en la estación de la milla frente a Antofagasta, mientras que el mínimo estuvo en las 10 mn frente a esta misma localidad y también en la estación de 1 mn frente a punta Lobos. Gran parte de la zona de estudio, no obstante, presentó un rango más estrecho, el que fue de 0,2 a 0,3°C/m, con algunos focos de gradiente mayor en el sector oceánico a 100 mn frente a Punta Lobos y en un foco de menor tamaño centrado en las 40 mn entre Pisagua e Iquique. Los máximos gradientes de la termoclina (**Figura 23d**) estuvieron en el rango de 0,16 a 1,14°C/m, con el mínimo valor en la costa a 1 mn frente a punta Lobos, y el máximo a 40 mn frente a Punta Junín. Los máximos gradientes presentaron una distribución de menores valores relativos en la franja costera, los que fueron en general menores a 0,5°C/m. El sector oceánico en toda la zona presentó los máximos gradientes, los que superaron los 0,6°C/m con un valor típico de 0,6 a 0,8 °C/m. La profundidad de ubicación del máximo gradiente (**Figura 24d**) estuvo en el rango de 3 a 35 m, localizándose el mínimo en la estación costera de 5 mn frente a punta Camarones y el máximo a 90 mn frente a la península de Mejillones. El sector costero de las primeras 20 mn presentó, en general, profundidades del máximo gradiente menores a 10 m, mientras que los niveles de profundidad mayores se ubicaron en el sector oceánico al oeste de las 40 mn donde fueron superiores a 20 metros.

3.4 Distribución vertical de temperatura

La distribución vertical de temperatura en las transectas perpendiculares a la costa, de los cuatro cruceros estacionales, se muestra en las **Figuras 25** y **26**.

En otoño, la distribución vertical de temperatura en las 5 secciones mostró claramente la ubicación de la termoclina y el ascenso de las isotermas en el sector

costero y los espesores respectivos de la capa de mezcla o mas homoterma superficial en cada transecta. Las isotermas mostraron una menor pendiente en la transecta de Arica (T5) en comparación con las otras. Las isotermas ubicadas entre la superficie y los primeros 50 m tendieron a estar en forma horizontal. La transecta de bahía Moreno (T1) presentó entre las 5 a 20 mn un claro ascenso de las isotermas hasta la superficie, sin embargo, desde 1 hasta las 5 mn estas tuvieron una pendiente negativa. La transecta de punta Copaca (T2) mostró una capa superficial de los primeros 100 m con menores temperatura que las transectas vecinas, y también una termoclina menos intensa, ubicando el límite inferior de ésta en el sector oceánico a profundidades de 25 m. La transecta 5, por su parte, tuvo también una termoclina intensa, originada en este caso por una mayor temperatura superficial. A nivel subsuperficial bajo el nivel de 50 m, las isotermas presentaron una notoria variación vertical con ascensos y descensos de hasta 50 m. Las mayores pendientes en las isotermas se observaron en las transectas de punta Copaca (T2) y punta Junín (T4), con ascensos en el sector central de la sección y descensos hacia la costa y el sector oceánico. En un sentido norte sur las isotermas se ubicaron a una menor profundidad en la columna de agua hacia la transecta de bahía Moreno (T1). En este sentido, algunas isotermas se ubicaron alrededor de 100 m más arriba en comparación a la profundidad encontrada en la transecta de Arica (T5).

En invierno, las isotermas mostraron el ascenso habitual hacia la superficie en el sector costero producto de los procesos de surgencia las que, dada la mayor pendiente, sería ésta de mayor intensidad en las transectas de bahía Moreno (T1), punta Lobos (T3) y punta Junín (T4). La termoclina se apreció bien definida en todas las transectas siendo ésta más delgada hacia el extremo sur de la zona, pero relativamente más intensa hacia las transectas de más al norte. La transecta T1 se caracterizó por presentar una capa de 50 m de baja variación térmica, con valores entre 15 y 16°C, principalmente entre las estaciones de 20 y 70 mn, la

termoclina fue delgada y se ubicó centrada en los 50 m de profundidad hasta las 20 mn, donde ascendió bruscamente en la estación de 10 mn, para luego profundizarse desde las 5 a 1 mn. Las isotermas bajo los 100 m mostraron un ascenso de más de 50 m centrado en la estación de 20 millas náuticas. La transecta de punta Copaca (T2) presentó un hundimiento de la termoclina de 10 a 20 m en la estación de 70 mn. La termoclina en esta transecta se aprecia más débil que en la transecta anterior (T1) principalmente en las primeras 40 millas náuticas. Las isotermas bajo los 100 m mostró un descenso constante hacia la costa, lo que significó un desnivel de 50 m entre ambos extremos de la transecta. En la transecta de punta Lobos (T3), las isotermas de los 100 primeros metros tuvieron una pendiente positiva a lo largo de toda la sección, ascendiendo la isoterma de 15°C desde el nivel de 100 m hasta la superficie en la estación de 1mn. Las isotermas bajo los 100 m de profundidad se ubicaron más horizontales que en las transectas anteriores. En la transecta T4 se observó una profundización de la isoterma de 15°C desde oeste a este, la que llegó hasta las 10 mn, para luego ascender desde el nivel de 50 m al nivel de 10 m entre las 10 mn y 1 mn, localizándose en superficie entre la estación de 5 y 10 mn un núcleo de agua de temperatura mayor a 17°C. Bajo el nivel de 100 m las isotermas mostraron un comportamiento similar al de la transecta anterior, ubicándose las isotermas en forma horizontal, excepto en las primeras 30 mn donde se produjo un hundimiento de 50 a 80 metros. Finalmente, la transecta T5 mostró una termoclina más superficial, más ancha y menos intensa y el ascenso de las isotermas por surgencia fue menos importante en esta sección. Bajo el nivel de 100 m las isotermas mostraron un descenso importante en la profundidad en ambos extremos de la sección en relación a las transectas anteriores, particularmente aquellas observadas en las isotermas de 12°C entre las 70 y 100 mn y la isoterma de 11°C entre las 20 y 40 millas náuticas.

La distribución vertical de temperatura en primavera, señaló, dentro de la capa superficial de los primeros 50 m, la presencia de una termoclina que se observó más intensa hacia las transectas de la mitad norte de la zona. En este último caso, fueron las transectas indicadas las que tuvieron una mayor temperatura a nivel superficial. La isoterma de 14°C se presentó como límite inferior de la capa superficial de mayor variación de temperatura en la vertical, aunque no necesariamente determinó el límite inferior de la termoclina. En las transectas T2 y T3, ésta isoterma de 14°C se localizó más profunda que en las otras secciones, mientras que en la transecta T5 ésta se posicionó alrededor del nivel de 40 m, ascendiendo también en forma importante hacia la costa. En la T1, y centrado en las 70 mn, se presentó un notorio hundimiento de las isotermas de 14 y 15°C. También, dentro de la capa de los primeros 50 m superficiales, se vio que en el sector costero de todas las transectas hubo un ascenso de las isotermas hacia el nivel superficial, siendo éste más importante en la transecta de punta Lobos (T3). Bajo el nivel de 100 m de las transectas T1, T2 y T4 se apreció una pendiente negativa de las isotermas, mientras que en la transectas T3 y T5 éstas tendieron a ubicarse en forma paralela a la superficie. La isoterma de 13°C presentó en la transecta 5 un notorio ascenso desde el nivel de 150 m, en el sector oceánico, al de 100 m en el costero.

En verano de 2004, la distribución vertical de temperatura evidenció en la capa superficial de los primeros 50 m la presencia de una capa de fuerte gradiente térmico en las 5 transectas, gradiente que aumentó hacia las transectas de la mitad norte de la zona. La isoterma de 14°C marcó en general el límite inferior de la capa superficial de mayor variación de temperatura vertical. Las transectas de Antofagasta (T1) y punta Lobos (T3) registraron bajo el nivel de 50 m una notoria profundización de las isotermas en una dirección de Oeste a Este, la que incluso registró una diferencia de hasta 150 m entre ambos extremos de la sección. En el caso de las transectas de punta Copaca (T2) y punta Junín (T4) la profundización

fue menos abrupta y ocurrió desde las 50 mn hacia la costa. La transecta T2 también registró un levantamiento de las isotermas subsuperficiales, la que estuvo centrada a 40 mn. La transecta de Arica (T5) en este caso presentó las isotermas subsuperficiales más paralelas a la superficie. Todas las transectas mostraron en el sector costero un ascenso de las isotermas desde los 50 m de profundidad, llegando éstas isolíneas incluso a la superficie.

3.5 Profundidad de la isoterma de 15°C

La profundidad de la isoterma de 15°C (ZI15) (**Figura 27a**) presentó valores menores a 30 m de profundidad en el sector costero, que aumentaron hacia el sector oceánico hasta un máximo cercano a 60 metros. El mínimo de profundidad fue de 4 m a 5 mn frente a Antofagasta. El máximo, de 69 m, se registró a 100 mn en la transecta 3 (punta Lobos, 21°S). En general, el sector costero de las primeras 10 mn tuvo una ZI15 menor a los 20 m, mientras que el máximo oceánico se localizó como foco frente a Iquique, extendiéndose hacia el noreste con profundidades mayores a 50 m hasta las 20 mn frente a Pisagua. Centrado en las estaciones oceánicas de la transecta 2 se extendió un foco de profundidades de 20 a 30 m, formando un área de profundidades relativamente bajas en comparación a las estaciones vecinas ubicadas al norte y sur. La anomalía de la IZ15 (AZI15) (**Figura 28a**) registró un valor extremo negativo de 42 m en la transecta 2 a 70 mn de la costa, valor que estuvo asociado al foco de bajas profundidades indicado anteriormente. El máximo positivo de esta variable fue de 24 m y se localizó a 40 mn de la costa frente a Antofagasta. Las anomalías indicaron en general un predominio de valores negativos en la zona de estudio. En la costa entre Arica y punta Lobos las AZI15 estuvieron entre 0 y –10 m, y entre esta última localidad y Mejillones son de –10 a –20 m. El sector costero de Antofagasta tuvo valores positivos de hasta +10 metros.

La ZI15 presentó en invierno una distribución de profundidad (**Figura 27b**) habitual que aumentó desde la costa hacia el sector oceánico. El sector costero tuvo una profundidad menor a los 20 m prácticamente a lo largo de toda la zona. Se destacó en esta distribución, el aumento de su profundidad frente a Pisagua, hasta un nivel que superó los 40 m en las 20 mn de la costa. En el sector oceánico se registró una profundidad entre los 20 y 40 m con un área de máxima profundidad >70 m por sobre las 70 mn de la costa entre caleta Patillos (20°40'S) y Mejillones. En este foco de máxima profundidad se registró el mayor nivel con 82 m a 100 mn de la costa, frente a punta Lobos. Tanto hacia el extremo noroeste como el suroeste, la profundidad de esta isoterma disminuyó a valores menores a 30 m, especialmente en el sector sur donde ésta llegó incluso a un nivel de cero m en la estación de 100 mn. La transecta de bahía Moreno se presentó con una profundidad entre 40 y 50 m desde las 20 a 70 mn. La anomalía de esta variable (**Figura 28b**) tuvo valores dentro del rango de ±10 m en las primeras 50 mn, sin embargo en el sector oceánico los valores de AZI15 se encontraron por sobre los rangos normales, encontrándose valores significativos tanto negativos como positivos. Focos de anomalías negativas se presentaron en los extremos oceánicos norte y sur, las que alcanzaron los –40 m. Entre ambos focos se ubicó otro más pequeño, con anomalías positivas de hasta + 20 m, foco originado por la estación de las 100 mn en la transecta de punta Lobos. No obstante la presencia de esta estación de valor positivo y significativo, las anomalías del mismo tipo que la rodearon estuvieron, en general, bajo el rango considerado significativo.

La profundidad de la isoterma de 15°C mostró en primavera de 2003 el habitual hundimiento desde costa a océano con un rango de profundidad que fue de 5 a 80 m (**Figura 27c**). Los valores extremos de esta variable se localizaron frente a Bahía Moreno (T1), con el mínimo a 20 mn y el máximo a 100 millas náuticas. En general la franja costera de las primeras 20 mn registró profundidades menores a 30 m, en particular el sector que rodea Mejillones, en que los bajos niveles de

profundidad se extendieron hacia el sector oceánico. El área de mayores profundidades de esta variable correspondió en este periodo al sector oceánico entre Punta lobos y Antofagasta por sobre las 70 mn de la costa, no obstante, se observó una extensión de profundidades mayores que ingresó hacia el sector costero de Tocopilla. La anomalía de esta variable en general registró en la mitad norte de la zona de estudio valores en el rango de ±10 m (**Figura 28c**), sin embargo, en el sector oceánico de la mitad sur de la zona predominaron los valores mayores a +10 m, con un pequeño núcleo de hasta +20 m ubicado entre las 10 y 40 mn frente a Punta Copaca.

En verano, la ZI15 (**Figura 27d**) mostró una profundización desde el sector costero hacia el oceánico, esto es de valores de 10 a 20 m en la costa a mayores de 50 m en el sector oceánico, principalmente frente a Tocopilla y Antofagasta, donde estas mayores profundidades abarcaron una mayor área. El área de caleta Chipana es el único sector costero con profundidades de la isoterma de 15°C mayores a 20 metros.

La anomalía de profundidad de la termoclina (**Figura 28d**) presentó en la costa valores de –10 a –20 m y en el sector oceánico, en general, valores negativos de menor magnitud que fueron sólo de 0 a -10 metros. Una excepción a lo anterior fue el sector oceánico entre Tocopilla y Mejillones, el cual tuvo valores de anomalías negativas mayores a 20 m (absoluto). En este sentido, el máximo negativo fue de -34 m y se localizó a 100 mn frente a Punta Copaca, mientras que el máximo positivo fue sólo de 1 m y se localizó uno en la costa frente a punta Camarones y otro a 40 mn frente a punta Copaca.

3.6 Capa de mezcla

En otoño, el máximo espesor de la capa de mezcla (CM) fue de 53 m y se presentó a 40 mn de la costa frente a Antofagasta (**Figura 29a**). De la habitual distribución de valores mínimos en la costa y máximos en la franja oceánica se destacó una CM relativamente más delgada en el sector de la transecta de punta copaca (T2) en comparación a los sectores vecinos, la que presentó un espesor menor a 20 m hasta las 100 mn. Por otra parte, la ubicación del máximo espesor sobre la transecta 1, formó un núcleo de máxima profundidad relativamente cercano a la costa. Un segundo máximo se localizó a 100 mn en la transecta 3 formando un pequeño foco de capa de mezcla más profunda. La franja costera tuvo en general una CM de espesor menor a los 15 metros.

La CM de invierno (**Figura 29b**) se presentó en la franja costera con un espesor menor a los 5 m prácticamente a lo largo de toda ella, excepto en el sector de Mejillones en que ésta fue de 5 a 10 metros. En el sector oceánico, el área de Arica a punta Junín fue el que presentó el menor espesor con menos de 10 m. Más al sur, el espesor aumentó gradualmente destacándose un máximo de 33 m, formando un foco de mayor profundidad a 70 mn frente a punta Copaca. De Mejillones al sur, la profundidad de la mezcla disminuye nuevamente a menos de 20 metros.

En primavera, la CM presentó en general un espesor menor a los 5 m en prácticamente toda la zona de estudio (**Figura 29c**), registrándose un núcleo de mayor profundidad relativa en el sector Oeste entre Punta Lobos y Mejillones, con valores sobre 10 m y en un par de pequeños focos con profundidades mayores a 15 metros. El sector con mayores profundidades correspondió al extremo suroeste de la zona donde se vio un espesor máximo de la CM de hasta 25 m en la estación de 100 mn, frente a Bahía Moreno.

El espesor de la CM en verano **(Figura 29d**) aumentó en sentido costa – océano y tuvo un rango de variación de 0 a 24 metros. Las estaciones costeras no registraron, en general, una CM o ésta fue menor a los 5 m, condición que se mantuvo en la franja al menos hasta las 70 millas náuticas. Los mayores espesores de esta capa se encontraron en el área oceánica hacia la mitad sur-oeste de la zona, con valores superiores a 20 m frente a Antofagasta, específicamente en la estación de 100 mn. El sector oceánico frente a Punta Copaca registró también una delgada CM que fue en general menor a 5 m, a diferencia de los sectores oceánicos adyacentes que tuvieron un mayor espesor.

3.7 Salinidad superficial del mar

En otoño de 2003, la máxima salinidad superficial del mar (SSM) alcanzó los 35,31 psu y se registró en el sector oceánico a 10 mn de la costa a la cuadra de Arica, mientras que el mínimo se localizó a 1 mn de Antofagasta con un valor de 34,54 psu. En general, la SSM presentó los mayores valores en el sector oceánico en la mitad norte de la zona de estudio, con registros que superan los 35,0 psu. En el extremo noroeste de la zona se observó un foco de baja salinidad relativa y que estuvo asociado también a una baja temperatura superficial en el lugar. Tanto el sector costero de las primeras 20 mn a lo largo de toda el área de estudio, como también en el sector oceánico de la mitad sur de la zona, se presentaron valores menores a 35,0 psu, ubicándose las mínimas salinidades, cercanas a 34,6 psu, alrededor de la Península de Mejillones y Antofagasta (**Figura 30a**). La anomalía de salinidad superficial (ASSM) de este período presentó un rango total de valores entre –0,35 a +0,23 psu, con el mínimo localizado a 20 mn frente a Antofagasta y el máximo a 100 mn en la transecta 2. En la mitad oceánica norte de la zona el rango fue de ± 0,1 psu. El sector costero entre Tocopilla y Mejillones, en cambio, presentó valores de anomalía negativa de –0,1 a –0,2 psu, mientras que en el

sector oceánico de la mitad sur de la zona éstas fueron negativas y significativas de hasta –0,3 psu frente a Tocopilla (**Figura 31a**).

La SSM en invierno **(Figura 30b**) estuvo en el rango de valores de 34,68 a 35,13 psu, ubicándose el máximo en el sector oceánico a 70 mn frente a Arica y el mínimo a 1 mn frente a bahía Moreno. Las menores salinidades de la zona de estudio se encontraron en el borde sur. La distribución de esta variable mostró salinidades de valor intermedio en el sector costero entre Arica y Tocopilla, condición dada por los procesos de surgencia que estuvieron en desarrollo en esa área. Una excepción a lo anterior, se presentó frente a Pisagua donde, como lo indicó también la temperatura, hubo una intrusión de agua oceánica más cálida y salina que llegó al menos hasta las 5 mn, lo que aumentó los valores habituales de salinidad de la franja costera. Las salinidades más altas (> 35 psu) se localizaron en un foco principal en el sector oceánico frente a Arica y en dos pequeños focos salinos, uno a 20 mn frente a punta Junín y otro a 40 mn frente a punta Lobos (21'S) y en el área oceánica al oeste de las 40 mn frente a Arica. Los valores de ASSM (**Figura 31b**) fueron en general negativos en la zona. Valores positivos se registraron sólo en el sector oceánico de la mitad sur, particularmente un foco de valores $<_s$ 0,1 psu se ubicó entre punta Lobos y Mejillones y otro de menor magnitud, en el extremo sur frente a Antofagasta. Anomalías negativas significativas mayores a 0,2 psu, se observaron en el sector oceánico en la mitad norte entre las localidades de caleta Camarones e Iquique.

En primavera, la SSM (**Figura 30c**) registró un extenso rango de valores, de 34,6 a 35,4 psu, ubicándose el mínimo a 20 mn frente a Antofagasta y el máximo a 100 mn frente a Pisagua. La distribución de salinidad, con máximos en el área oceánica y mínimos en la costa originó, como se observó también en el caso de la temperatura, algunos frentes salinos que abarcaron en promedio hasta las 20 mn de la costa. El sector oceánico registró en general salinidades sobre los 35 psu,

observándose también, en esta variable, la entrada de una lengua salina con valores sobre 35,1 psu en el sector costero de punta Copaca. El sector de menor salinidad relativa de la zona de estudio se ubicó desde los 23° de latitud hacia el sur, tanto en el sector costero como en el oceánico. Las ASSM (**Figura 31c**) estuvieron en el rango de valores de –0,3 a +0,36 psu. La desviación negativa extrema se encontró a 50 mn frente a caleta Patillos y la positiva a 20 mn frente a punta Copaca. Se destacó en este periodo las anomalías negativas del sector oceánico de la transecta frente a Arica, las que llegaron a valores levemente superiores a 0,1 psu (absoluto) en las estaciones de 70 y 100 mn. Similar al caso observado en la temperatura, la salinidad registró valores de anomalía positiva que fueron significativas, mayores a 0,1 psu, en un amplio sector oceánico desde caleta Camarones hasta Mejillones, pero principalmente frente a punta Copaca, donde éstas fueron mayores a 0,2 psu con un pequeño núcleo (una estación) con anomalía mayor a +0,3 psu.

La SSM de verano (**Figura 30d**) registró un máximo valor de 35,48 psu en el sector oceánico a 100 mn frente a Punta Lobos, y un mínimo de 34,68 psu en el sector costero a 2 mn de Mejillones, el que estuvo asociado al sector de mínima TSM. La distribución de esta variable fue similar a la encontrada en la TSM, asociándose la ubicación de las mayores salinidades con las más altas temperaturas. Las ASSM (**Figura 31d**) presentaron una condición cercana al valor cero en la mitad norte de la zona y también en el sector costero de la mitad sur. En estos sectores las anomalías estuvieron entre -0,1 y +0,1 psu, con un pequeño núcleo positivo a 70 mn frente a Pisagua. El máximo positivo se registró también en este sector, el que fue de 0,22 psu en la estación de 100 mn frente a punta Lobos. Por otro lado, un núcleo de anomalías negativas significativas (> 0,1 psu absoluto) se registró en la mitad sur, desde caleta Patillos hasta Antofagasta, localizándose en la estación de 70 mn frente a punta Copaca el máximo negativo, de -0,36 psu. La distribución de anomalías de salinidad coincidió con la

distribución de anomalías de temperatura, quedando el sector oceánico sur como de condiciones bajo el promedio histórico para estas dos variables en la zona de estudio.

3.8 Distribución vertical de salinidad

La distribución vertical de salinidad en las transectas perpendiculares a la costa de los cuatro cruceros estacionales se presenta en las **Figuras 32** y **33**.

En otoño de 2003, la capa superficial y hacia el sector oceánico de las secciones se presentó una relativa alta salinidad con valores que superaron los 34,9 psu. Los valores de salinidad fueron mayores a este valor aun y superaron incluso los 35,0 psu hasta alcanzar máximos superficiales de 35,3 psu en el sector oceánico de las transectas T3 a T5. En la vertical de la transecta T3 los máximos salinos llegaron hasta los 40 m de profundidad, pero en las transectas T4 y T5 se ubicaron más superficiales llegando sólo hasta el nivel de 25 m, abarcando también una mayor área hacia el Este de la sección. La transecta T1 tuvo un máximo relativo de 34,9 psu en superficie en el sector oceánico. La transecta T2 presentó una situación distinta a las otras transectas, ya que se destacó una salinidad notoriamente menor en el sector oceánico, con valores que llegaron sólo hasta los 34,7 psu en superficie desde el límite oeste hasta 40 mn de la costa.

La presencia de núcleos de baja salinidad subsuperficial en este periodo fue muy notable en todas las transectas, destacándose esta situación en la transecta T1, donde los valores fueron menores a 34,5 psu a lo largo de toda la sección. En la transecta T2 el núcleo de mínima aumentó levemente sus valores a 34,5 psu y se ubicó más superficial respecto a la sección anterior, centrado ahora entre 40 a 50 m de profundidad con ascenso de isohalínas de bajo valor en la franja costera. El núcleo de mínima salinidad se debilitó hacia el norte, aumentando en 0,1 psu su

valor en cada transecta. Así, en la sección T5 el núcleo de mínima salinidad tuvo un valor de 34,6 a 34,7 psu centrado en las 70 mn, pero las bajas salinidades se proyectaron en ambos sentidos alcanzando la costa y el sector oceánico con valores de 34,8 psu.

El máximo salino subsuperficial de otoño, de valores mayores a 34,8 psu en el norte y 34,7 psu en el sur de la zona, se presentó también en todas las secciones con una intensidad variable. En general, el máximo subsuperficial disminuyó gradualmente su participación hacia el sur. En la vertical, este máximo salino se ubicó en el sector oceánico bajo el núcleo de mínimo subsuperficial, pero en el sector costero el máximo se ubicó en general en las primeras millas de la costa alcanzando la superficie desplazando al mínimo salino hacia el sector oceánico.

En la transecta 1, el núcleo de máximos valores relativos, mayores a 34,7 psu, cruzó toda la sección, mientras que el núcleo principal de 34,8 psu fue de menor tamaño que en el norte y se encontró entre la costa y las 30 mn, extendiendo un núcleo secundario, de menor tamaño, hacia el oeste hasta las 70 millas náuticas. En esta misma sección, si bien el núcleo de máximo subsuperficial llegó a la zona costera, no se observó agua de salinidades altas hacia el nivel superficial. En la transecta T2, el núcleo costero de 34,8 psu tampoco aportó agua de alta salinidad al nivel superficial. Otro núcleo salino, ubicado en el sector oceánico de esta sección, comenzó desde las 40 mn a expandirse hacia el oeste. El núcleo de salinidades mayores a 34,7 psu se ha expandido y abarcó toda la sección y llegó hasta los 300 metros. En la transecta T3, el núcleo de máxima salinidad se contrajo y se encontró pegado a la costa llegando sólo hasta las 50 mn a nivel subsuperficial. Por otro lado, el núcleo de 34,7 psu se adelgazó hacia el sector oceánico. En la transecta T4, el núcleo de máxima salinidad se expandió a lo largo de toda la transecta mostrando un adelgazamiento en el sector central y la isolínea de 34,7 psu llegó hasta los 350 m de profundidad. La situación del máximo salino

en la transecta T5 fue muy similar a la sección anterior, sólo que no presentó un adelgazamiento del núcleo en el sector central.

Bajo el núcleo salino subsuperficial se ubicó un segundo mínimo de salinidad, con valores de 34,4 a 34,5 psu, centrado en los 700 a 800 m de profundidad aproximadamente. En las secciones perpendiculares a la costa este mínimo tuvo salinidades de 34,5 a 34,6 psu a 500 m de profundidad.

En invierno, la transecta T1 tuvo una baja salinidad, < 34,8 psu, en la capa superficial de los primeros 50 m de profundidad. Bajo esta capa se ubicó un núcleo de baja salinidad, > 34,7 psu, que cruzó toda la sección y que alcanzó valores mínimos cercanos a 34,4 psu en un punto centrado en las 20 millas náuticas. Este núcleo de baja salinidad alcanzó la superficie en las primeras mn de la costa. Bajo el núcleo de mínima se localizaron dos núcleos de máxima subsuperficial con valores > 34,8 psu, uno pegado a la costa y que llegó hasta las 10 mn y otro entre las 50 y 100 mn, ambos centrados en los 120 m de profundidad. Bajo los 200 m la salinidad decreció gradualmente hasta valores <34,6 psu en los 500 metros.

La transecta 2 presentó una estructura similar a la transecta anterior, sin embargo, la capa superficial de los primeros 25 m ha aumentado su salinidad a valores >34,9 psu y la capa de mínima salinidad, que cruzó toda la sección, ascendió también hasta los niveles superficiales en las primeras 5 millas náuticas. Bajo el núcleo de mínima, el núcleo de máxima subsuperficial se presentó con valores >34,8 psu centrado en los 150 m y cruzó también toda la sección, siendo éste de mayor espesor en el borde costero.

La transecta T3 presentó en la capa superficial salinidades más altas que en la sección anterior, superando esta vez los 35,0 psu entre las 20 y 70 mn y también hacia la estación de 100 millas náuticas. La capa de mínima subsuperficial atravesó toda la sección con salinidades más altas que en las secciones pasadas, con valores <34,8 psu, y que mostraron un ascenso y participación en la capa superficial costera. El núcleo de máxima subsuperficial se presentó centrado en los 150 m, mostrando un mayor espesor hacia el Este abarcando entre los 70 y los 220 m de profundidad en las primeras 20 millas náuticas.

La transecta T4 fue muy similar a la sección anterior, sin embargo no se observó el máximo salino superficial en las 100 mn y el mínimo subsuperficial fue más débil y ubicó su núcleo principal, de valores < 34,7 psu entre las 20 y 70 mn y con un mínimo valor entre 34,5 y 34,6 psu. Este núcleo ascendió a superficie en la franja costera con valores entre 34,7 y 34,8 psu. El núcleo de máxima salinidad se presentó más grueso en el borde oeste que en la sección anterior, y en el borde Este abarcó desde los 40 m hasta los 250 metros. Bajo el nivel de 200 m y en las primeras 40 mn se observó una notable profundización de las isohalínas.

La transecta T5 tuvo las mayores salinidades relativas en la capa superficial con valores > 35,0 y que superaron los 35,1 psu en el extremo Oeste de la sección. El núcleo de mínima se presentó debilitado con valores entre 34,7 y 34,8 psu y se encontró a lo largo de toda la sección hasta 1 millas náuticas. El núcleo de máxima salinidad subsuperficial presentó en esta sección su mayor espesor, abarcando desde los 50 m hasta los 300 m en el sector oceánico y hasta los 350 m en la costa. Esta sección, al igual que en el caso de la temperatura mostró una notable profundización de las isohalínas en ambos extremos de la sección.

En la estación primavera, las 5 secciones presentaron núcleos salinos y también núcleos de mínimo valor en los primeros 200 m de profundidad, sin embargo, estos últimos núcleos solamente se presentaron a nivel subsuperficial. A nivel superficial del área oceánica se ubicó un núcleo salino de valores mayores a 35,0 psu, el que estuvo más desarrollado en las transectas T2 a T4, pues el núcleo fue más profundo y abarcó también una mayor área oceánica; la sección de Arica (T5) fue la de menor presencia de este núcleo. En lo que se refiere a los núcleos de mínima salinidad, estos fueron más destacados hacia la mitad sur de la zona de estudio, particularmente en la transecta de Bahía Moreno (T1) en donde el núcleo de baja salinidad de valor mínimo 34,3 psu, se encontró centrado a 100 m de profundidad y a 70 mn de la costa. El núcleo indicado correspondió al mínimo salino subsuperficial de todo el período, él que incluso se extendió hacia la superficie del sector costero y llegó hasta las 40 mn de la costa con salinidades menores a 34,7 psu.

En las transectas T2 y T3 también se ubicó este núcleo de mínima en los 100 m pero fue más delgado, hacia la costa, llegando sólo hasta las 20 mn con bajas salinidades que no superaron los 34,8 psu. En la sección de punta Junín (T4) este núcleo se ha hizo más delgado y menos salino, sin alcanzar la superficie, mientras que en la sección de Arica no se observó.

Bajo el nivel de 100 m las isohalínas registraron un comportamiento similar al de las isotermas, es decir mostraron una importante profundización desde el sector oeste hacia la costa en las transectas 1, 2, y 4, mientras que en las dos restantes ésta también se observó pero con una menor pendiente. Los núcleos salinos subsuperficiales, con valores mayores a 34,8 psu, se observaron en las 5 transectas, sin embargo en las dos transectas del extremo sur, T1 y T2, éste pegó a la costa, a diferencia de las otras secciones en que abarcó toda la sección, Asimismo, este núcleo mostró mayor participación a nivel superficial en las

transectas 4 y 5. Núcleos de salinidad mayores a 34,9 psu sólo se observaron en la transecta de Arica (T5) y la isohalina de 34,6 psu se ubicó bajo el nivel de de profundidad de 500 metros.

La distribución vertical de salinidad en el verano 2004 mostró una capa superficial hacia el sector oceánico que presentó una relativa alta salinidad con valores mayores a 34,9 psu, especialmente en el sector oceánico de las transectas T3 a T5, donde los valores de salinidad superaron los 35,0 psu hasta un máximo de 35,4 psu en la T3. En todas las transectas, los niveles de salinidad máxima superficial relativa, 35 psu, llegaron sólo hasta los 25 m de profundidad, ubicándose bajo ésta capa un desarrollado núcleo de mínima subsuperficial, él que fue más importante en tamaño y bajo valor hacia las transectas del sur y en el sector oceánico. Este núcleo de mínima tuvo, en general, valores máximos de 34,7 psu en el extremo sur de la zona, pero aumentaron a 34,8 psu en el extremo norte de la zona. A nivel subsuperficial se localizó también un núcleo de máxima salinidad, el que estuvo bien desarrollado en las 5 secciones y se ubicó siempre bajo el núcleo de mínima y/o pegado a la costa. La transecta T2 registró una división en dos de este núcleo de máximo subsuperficial, quedando el sector central de la sección con una menor salinidad relativa en los 40 mn. La T5 registró, a nivel subsuperficial, un marcado núcleo de mínima salinidad que se extendió, centrado en los 50 m de profundidad, desde las 100 mn hasta prácticamente la costa, con salinidades menores a 34,8 psu.

3.9 Anomalías de temperatura y salinidad en la columna de agua frente a Arica (Transecta N° 5 - 18°20'S), Punta Lobos (Transecta N° 3 - 21°00'S) y Bahía Moreno (Transecta N° 1 - 23°40'S).

Las anomalías de temperatura y salinidad en la vertical de las transectas 1, 3 y 5 se muestran en las **Figuras 34** y **35**.

En otoño, las anomalías de temperatura y salinidad en la transecta T1 indicaron dos condiciones particulares; la primera fue la presencia de un núcleo de anomalía positiva de hasta +3°C y + 0,3 psu, respectivamente, centrados a 45 m de profundidad y 40 mn de la costa. Estos núcleos se extendieron hasta las 100 mn pero con valores de anomalías inferiores, < 1°C y 0,2 psu, y alcanzaron también la superficie en el sector central. La segunda condición corresponde a un núcleo negativo, de 0 a -1°C en temperatura y de -0,2 a -0,3 psu en salinidad, ubicados ambos bajo el núcleo positivo descrito antes y centrados en los 80 m de profundidad a 40 mn de la costa. Los núcleos negativos se extendieron hacia el sector costero, ascendiendo en la vertical y llegaron a la superficie en la estación de 5 mn con un valor de –1°C y < 0,1 psu. Tanto el núcleo positivo como negativo de ambas variables se localizaron sólo en los primeros 100 m, y bajo este nivel se ubicaron anomalías principalmente negativas y algunos núcleos positivos, pero que en general fueron menores a 1°C y 0,1 psu (absoluto).

La transecta T3 mostró también la presencia de núcleos positivos y negativos en la capa de los primeros 100 metros. Las anomalías positivas de temperatura, sin embargo, se encontraron limitadas al extremo oeste de la zona, centrado en las 100 mn y a 45 m, con un núcleo pequeño de +2°C y de +0,3 psu. Ambos núcleos positivos se extendieron débilmente hacia el este, llegando a 60 mn a un nivel subsuperficial de 40 metros. Desde esta última posición y hacia la costa se formó un núcleo negativo en ambas variables con valores cercanos a -1° y –0,2 psu. En el caso de la salinidad, el núcleo negativo de –0,2 psu se extendió desde las 100 mn hasta las 20 mn de la costa y por debajo del núcleo positivo. Bajo el nivel de 100 m la tendencia general fue hacia valores negativos, con algunos núcleos de anomalía de salinidad importantes en valor, < -0,1 psu, y cobertura, abarcando gran parte de la columna de agua desde las 50 hasta 100 mn y entre los niveles de 100 y 450 m de profundidad.

La transecta 5, por su parte, presentó un esquema distinto, predominando en este caso un núcleo negativo en el sector oceánico centrado en el nivel de 50 m con anomalías de –1° hasta –2°C en temperatura y de –0,1 a -0,2 psu en salinidad. Dos núcleos positivos, ambos de menor tamaño que los vistos en las transectas anteriores, se ubicaron uno en la capa superficial de los primeros 25 m en el borde oeste de la transecta y el otro entre 10 y 40 mn de la costa. A nivel subsuperficial predominaron también los valores negativos pero menores a 1°C y 0,1 psu.

En el crucero de invierno, la transecta T1 mostró un predominio de valores negativos de anomalía de temperatura en la capa de los 100 primeros metros, sin embargo en salinidad las anomalías fueron positivos. En el caso de la temperatura, la anomalía negativa es menor a 1°C, excepto en la capa de 50 a 90 m, donde se localizó un núcleo de anomalía de temperatura mayor a este valor. En la variable salinidad, las desviaciones respecto al promedio histórico fueron de tipo positivas pero sin superar el valor de 0,1 psu, sin embargo, en la capa de los 50 a 70 m y centrado en la estación de las 40 mn, se ubicó un núcleo de anomalía negativa > 0,2 psu. Bajo los 100 m de profundidad, en ambas variables, predominaron los valores de anomalía positivos pero de baja magnitud, los cuales fueron en general no significativos, excepto en la capa de los 100 a 140 m que tuvo anomalías positivas mayores a 0,1 psu entre las 40 mn y también en el borde oeste de la sección.

En la transecta T3, la temperatura presentó anomalías tanto positivas como negativas a lo largo de toda la transecta, sin embargo, en esta sección no se registraron valores significativos > 1°C en ningún nivel de profundidad. La salinidad por su parte indicó una condición similar a la encontrada en temperatura, con valores de desviación del promedio en general menores a 0,1 psu (absoluto), no obstante lo anterior, se observó un núcleo de anomalías negativas levemente

mayores a 0,2 psu que estuvo centrado en lo 50 m en la estación de 40 mn y otro en los 30 m de profundidad en la estación de 20 millas náuticas.

En la transecta T5 las anomalías de temperatura fueron negativas en los primeros 200 m de profundidad. Estas anomalías fueron en general menores a 1°C, sin embargo se presentó un núcleo delgado de 50 m de espesor ubicado entre los 25 y 75 m con anomalías mayores a -1°C y otro que alcanzó hasta -2°C en las 100 millas náuticas. Bajo el nivel de 200 m las anomalías fueron positivas y en este caso se destacaron dos núcleos de anomalías mayores a 1°C en los extremos de la sección: un primer núcleo de 100 m de espesor que se ubicó centrado en los 300 m de la estación de 100 m y un segundo núcleo que fue desde los 300 a 500 m de profundidad y que además contiene un pequeño núcleo de +2°C entre los 300 y 400 metros. En la variable salinidad, las anomalías de los primeros 100 m fueron negativas con valores inferiores a 0,1 psu, sin embargo, se ubicó un núcleo de valores de -0,1 a -0,2 psu con dos pequeños núcleos de anomalía negativa >0,2 psu, uno en el sector oceánico y el otro en el sector costero. Bajo los 100 m de profundidad las anomalías fueron positivas en los extremos Oeste y Este de la sección con un núcleo negativo en el centro de ella entre las 40 y 70 mn. Un núcleo de anomalía > +0,1 psu, valor significativo, se localizó entre los 300 y 400 m de profundidad en la estación de 20 millas náuticas.

En primavera, las anomalías de temperatura de las secciones tuvieron valores en general entre ± 0,5°C, bajo el nivel de 100 m de profundidad. Anomalías por sobre el rango mencionado se encontraron sólo en la capa superficial de los primeros 100 metros. Las anomalías positivas más importantes de cada transecta se ubicaron en el sector oceánico. En particular en las secciones 1 y 5 se presentaron anomalías positivas que ocuparon una estrecha capa de agua superficial. Tal es el caso de la sección T1 en que un núcleo de +1°C se ubicó entre las 55 y 100 mn, centrado en los 25 m de profundidad y con un espesor de 20 m, mientras que en

la sección 5 el núcleo de anomalías positivas se centró en las 40 mn, entre la superficie y los 25 m de profundidad con valores de hasta +2°C. La transecta T3, sin embargo, registró un núcleo de anomalía positiva mayor a +1°C entre las 50 y 100 mn de la costa, con el máximo valor que superó los +3°C a nivel subsuperficial, pero como un núcleo muy pequeño. En el área oceánica, las anomalías negativas de temperatura se presentaron siempre a nivel subsuperficial y bajo el núcleo de desviaciones positivas, pero esto ocurrió sólo en las transectas T1 y T5. En el sector costero, en cambio, estas anomalías se localizaron a nivel superficial, registrándose las mayores en la sección 3.

En este mismo período estacional, las anomalías de salinidad estuvieron en el rango de ±0,05 psu bajo el nivel de 100 m, excepto en la sección T3, en que el sector entre 30 y 80 mn tuvo valores de -0,05 a -0,1 psu. En la capa superficial de los primeros 100 m la presencia de núcleos de anomalía tanto positivos como negativos fueron notorios, destacándose el de tipo negativo que se ubicó en las 70 mn en la sección T1. Un núcleo de valores negativos mayores a 0,1 psu se extendió a lo largo de prácticamente toda la sección T3 y estuvo centrado en el nivel de 75 metros. En esta misma sección se observó el máximo negativo, -0,3 psu, en la franja costera entre 10 y 20 mn. La sección T5, por su parte, no registró núcleos de valor negativo importantes que sean mayores a 0,1 psu. Los núcleos positivos se encontraron en general en el sector oeste de las secciones T1 y T3, abarcando los primeros 20 m superficiales, desde las 70 hasta las 100 millas náuticas.

Finalmente, en el crucero de verano de 2004, la transecta de bahía Moreno (T1) presentó en la capa de los primeros 100 m un núcleo de anomalías negativas de hasta -4°C, el cual estuvo centrado en las 40 mn y a 25 m. Sin embargo, en este mismo sector sólo se registró un núcleo de anomalías de salinidad negativas que no superó los 0,1 psu. Hacia el sector oceánico, centrado en las 100 mn y a 25 m,

se ubicó un pequeño núcleo de anomalías positivas que fueron mayores a 1°C, el que estuvo asociado a anomalías de salinidad de + 0,1 psu. Bajo los 50 m de profundidad se destacó en la vertical un núcleo de anomalías positivas superiores a +1°C, que abarcó desde las 10 hasta las 40 mn en el rango de profundidad de 250 m hasta los 500 m. Sin embargo, en el resto de la columna de agua hacia el sector oceánico las anomalías térmicas estuvieron sólo entre ± 0,5°C. Bajo los 50 m de profundidad las anomalías de salinidad mostraron dos núcleos mayores: uno de valores positivos > 0,1 psu y de hasta > 0,2 psu en las 50 mn y centrado en los 75 m; el otro núcleo fue negativo y se ubicó en el sector oceánico con valores de -0,1 psu y de hasta -0,2 psu. En el lugar donde se registraron las anomalías positivas de temperatura de +1°C se localizó también un núcleo de valores positivos de anomalía de salinidad en el rango de 0,05 a 0,1 psu.

En la capa superficial de los primeros 100 m de la transecta de punta Lobos (T3) se ubicó un núcleo negativo entre las 20 y 40 mn con valores de hasta -2°C, mientras que hacia el sector más oceánico se localizó un núcleo de valores positivos de hasta +2°C. Bajo el nivel de 100 m, centrado en las 40 mn y entre los 200 y 450 m se encontró un núcleo de valores positivos de hasta +1°C. En salinidad, esta transecta no registró núcleos importantes de anomalías bajo el nivel de 100 m, sin embargo, sobre este nivel se destacaron dos núcleos positivos mayores a 0,1 psu ubicados uno en el sector oceánico a nivel de 75 m, en la capa superficial entre las 70 y 20 mn, y otro positivo que se encontró en el sector oceánico al oeste de las 70 mn, el cual alcanzó valores de hasta +0,3 psu.

En la transecta de Arica se destacó un núcleo de anomalías térmicas superficiales de hasta +2°C, él que se extendió desde las 20 mn hasta las 100 mn con un espesor de 20 m con valores de -1°C. Centrado en las 70 mn se localizó un pequeño y débil núcleo de anomalías positivas de hasta 0,5°C. A nivel subsuperficial, bajo los 100 m y entre las 20 y 40 mn sólo se destacó un núcleo de

anomalías negativas con valores entre -0,5 a -1°C. En salinidad, ésta transecta registró en la capa de los primeros 50 m un núcleo de valores negativos mayores a 0,1 psu, él que abarcó desde las 10 mn de la costa hasta el borde oeste de la zona. A nivel subsuperficial se registró bajo los 200 m un núcleo de valores de anomalías entre -0,05 a -0,1 psu, que abarcó desde las 20 a las 60 millas náuticas.

3.10 Densidad superficial

La densidad superficial en otoño (**Figura 36a**) presentó valores en el rango de 24,6 a 25,9 kg/m^3. El mínimo valor se midió a 40 mn frente a Arica, mientras que el máximo se ubicó a 1 mn frente a punta Lobos. Los valores extremos de densidad, estuvieron asociados a la ubicación del máximo y mínimo térmico, respectivamente. Esta variable tuvo una marcada variación costera, primeras 20 mn de la costa, aumentando el valor de densidad hacia la costa debido a las menores temperaturas que se registran en ella. El valor típico del gradiente de densidad en las transectas 2 a 5 fue de 0,03 kg/m^3/mn y de 0,02 kg/m^3/mn en la transecta 1. En el área oceánica la densidad presentó un aumento gradual en sentido norte-sur, con valores que van de 24,7 a 25,2 kg/m^3.

En invierno, la densidad superficial en la zona de estudio (**Figura 36b**) se presentó en el rango de valores comprendidos entre 25,28 kg/m^3, ubicado a 10 mn frente a Arica, y 26,02 kg/m^3 a 1 mn frente a punta Lobos. Dada la baja diferencia térmica y salina en la franja costera, no se observaron en este período del año gradientes horizontales de densidad que sean importantes, registrándose los mayores gradientes, asociados a los gradientes térmicos encontrados entre Arica y Pisagua, y en menor medida, entre Iquique y Tocopilla. En particular, el sector oceánico tuvo un bajo gradiente en densidad, lo que permitió separar la zona en dos sectores, el primero corresponde a la mitad norte con valores mayores a 25,6 kg/m^3 y el segundo desde esa localidad al sur con valores menores al indicado.

Esta variable mostró también la intrusión de agua de origen oceánico hacia el sector costero frente a Pisagua, lo que dejó a ese sector con valores mayores a 25,6 kg/m^3.

En primavera, esta variable presentó en la distribución de isopicnas una situación similar a la encontrada en la TSM (**Figura 36c**). Esta variable tuvo un rango de valores de 24,03 a 25,66 kg/m^3. Las mayores densidades se localizaron en la franja costera, formando entre Iquique y punta Lobos un gradiente con el área oceánica de hasta 0,06 kg/m^3/mn. Los gradientes de densidad menos intensos se ubicaron en la costa que rodea la Península de Mejillones, pero en el sector oceánico la temperatura es también comparativamente menor al resto del área. En general, esta variable indicó algunas localidades características para el período de muestreo, los que fueron un sector de menor densidad en el área oceánica entre Tocopilla y Arica, con una entrada de aguas oceánicas hacia el sector costero frente a Punta Copaca, un área con alta densidad superficial en la franja de las primeras 20 mn y en el sector, tanto costero como oceánico, frente a Mejillones.

En verano, esta variable estuvo determinada principalmente por la distribución de temperatura, por lo que las isopicnas se distribuyeron de igual forma que las isotermas (**Figura 36d**). Los valores de densidad superficial mostraron intensos gradientes en la zona costera. Las zonas de frentes termohalinos quedaron claramente marcadas por esta variable. Los mayores gradientes de densidad, y que abarcaron una mayor área, se encontraron entre punta Pinto y punta Lobos, alcanzando un máximo de 0,08 kg/m^3/mn frente a esta última localidad. El máximo valor de densidad se encontró en esta última área también y fue de 25,2 kg/m^3 a 5 mn frente a punta Camarones. La densidad en el sector oceánico marcó claramente la entrada de aguas más cálidas y de mayor salinidad con un valor de sigma-t mínimo de 23,7 kg/m3, el cual se ubicó en el sector oceánico a 100 mn frente a Arica.

3.11 Distribución vertical de densidad

La distribución vertical de densidad en las transectas perpendiculares a la costa, de los cuatro cruceros estacionales, se muestra en las **Figuras 37** y **38**.

En otoño de 2003, en el sector que va de 40 a 100 mn de la transecta T1, el proceso de mezcla superficial originó valores de 25,0 hasta una profundidad de 45 m, mientras que la isopicna de valor 26,0 kg/m^3 se ubicó centrada en los 100 metros. Bajo la capa de mezcla se ubicó la picnoclina, asociada a la termoclina, que llegó hasta el nivel promedio de los 100 m con gradientes máximos de 0,02 kg/m^3/m. Las isopicnas de esta sección mostraron el hundimiento indicado para el agua en el sector costero entre 1 y 5 millas náuticas. En la transecta 2, la densidad aumentó notoriamente en la capa superficial, ubicándose la isopicna de 26,0 kg/m^3 en el nivel de 50 m y en superficie los valores de densidad son de 25,2 a 25,4 kg/m^3. En la estación 45 se observó un ascenso de las isopicnas de los primeros 50 metros. En la transecta T3 la isopicna de 25,0 kg/m^3 apareció nuevamente en superficie, y se marcaron notoriamente los gradientes costeros horizontales. La picnoclina mostró una pendiente positiva hacia la costa, disminuyendo las isopicnas su profundidad de ubicación en 50 m en relación a la transecta anterior. En la transecta T4 la densidad superficial disminuyó en 0,2 kg/m^3 en el área central de la sección, dejando valores superiores a 24,8 kg/m^3 en los primeros 25 m de la columna, pero a nivel subsuperficial la densidad aumentó, desplazándose la isopicna de 26,0 kg/m^3 desde los 100 m a una profundidad de sólo 50 m, provocando entonces el aumento de la intensidad de la picnoclina. La transecta 5, por su parte, presentó un leve aumento de la densidad en la vertical y un levantamiento de la isopicnas ubicadas en los primeros 100 m, siendo la picnoclina de esta transecta la que tuvo la mayor intensidad con un gradiente que alcanzó los 0,3 kg/m^3/m entre los 10 y 50 metros.

En invierno, la densidad en la vertical presentó una distribución similar a la temperatura. En este sentido, la picnoclina se observó como una capa más profunda y de menor espesor en la mitad sur, registrando también un menor gradiente relativo de 0,02 kg/m^3/m, mientras que más al norte las isopicnas que participaron en la picnoclina se ubicaron más someras y con un mayor gradiente, particularmente hacia el sector costero, pues abarcaron la capa entre los 25 y 50 m con un gradiente de 0,027 kg/m^3/m. El ascenso de las isopicnas en el sector costero indicó el desarrollo de procesos de surgencia como de mayor intensidad en las transectas T1, T3 y T4 y en las dos restantes como un afloramiento más débil, particularmente en la sección 5.

En primavera, las 5 transectas mostraron una capa superficial fuertemente estratificada en los primeros 50 m, con una haloclina más intensa en las transectas T3 a T5. Los gradientes verticales de densidad en estas secciones tuvieron un rango de 0.025 a 0.05 kg/m^3/m en la picnoclina de los primeros 50 metros. El sector oceánico centrado en las 70 mn de la sección T1 mostró un hundimiento en alrededor de 30 m de las isopicnas ubicadas entre los niveles de 50 y 100 metros. Las isolíneas mostraron en forma clara un ascenso hacia superficie en la franja costera de las primeras 20 mn. La pendiente negativa de las isopicnas ubicadas bajo los 100 m fue mayor en las transectas T1, T2 y T4 en comparación con las otras dos.

La distribución de densidad en la vertical en el periodo de verano 2004 tuvo una picnoclina que se observó más profunda y de menor espesor en la mitad sur, registrando también un menor gradiente relativo de 0,03 kg/m^3/m, mientras que más al norte las isopicnas que participaron en la picnoclina se ubicaron más someras y con un mayor gradiente, particularmente hacia el sector costero, pues abarcaron la capa entre la superficie y 50 m con un gradiente de hasta 0,045 kg/m^3/m. A nivel

subsuperficial, las isopicnas mostraron una notoria profundización en las T1 y T3, situación que ocurrió desde el sector oceánico hasta el costero.

3.12 Distribución del contenido de oxígeno disuelto (OD)

Distribución superficial de OD

En otoño de 2003, las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) superficial (**Figura 39a**), en la mayor parte del sector oceánico se mantuvo en el rango entre 5 y 6 mL/L. Los valores > 6 mL/L sólo se detectaron en pequeños focos distribuidos: entre las 40 y 70 mn en bahía Moreno (T1); en la estación de 100 mn de punta Copaca (T2); a 40 mn en punta Junín (T4), y en dos estaciones en la parte norte de la zona, a 5 y 20 mn en Arica (T5).

En la zona costera la situación fue distinta ya que concentraciones menores a 5 mL/L fueron medidas en dos franjas: la primera, desde Mejillones hasta punta Lobos (T3) y la segunda desde punta Junín (T4) hasta Arica (T5). Dentro de estas franjas destacan la estación fija de Mejillones con 2,1 mL/L; la estación de caleta Chipana (21º 20'S) con 2,7 mL/L; las estaciones de 1 y 5 mn en punta Lobos (T3) con 1,9 y 2,9 mL/L respectivamente y la estación costera de Arica (T5) con 2,8 mL/L.

En invierno de 2003, el OD superficial (**Figura 39b**) presentó mayor extensión de valores altos que en otoño. En este período el OD se mantuvo en el rango 5 y < 7 mL/L en la zona oceánica del área de estudio, en este sector se presentaron dos focos de alto OD (> 6 mL/L): el primero entre caleta Camarones (19º 20'S) y punta Lobos (T3) y un segundo foco entre punta Copaca (T2) y bahía Moreno (T1), sin embargo, las mayores concentraciones del gas se observaron en la zona costera de la transecta frente a Arica y Mejillones con valores que superaron los 7 mL/L dentro de las primeras 15 millas náuticas.

En la zona costera, valores de OD subóxicos (< 5 mL/L) se detectaron en la franja comprendida entre caleta Camarones (19º20'S) y Tocopilla (22º0'S), además de la estación ubicada en la punta sur de la península de Mejillones (23º20'S). Las menores concentraciones de OD se midieron en las estaciones: de caleta Camarones (Est. 42; 19º20'S) e Iquique ambas con 3,8 mL/L, caleta Chipana (21º20'S) con 3,3 mL/L y punta Arenas (21º40'S) con 2,8 mL/L.

En la primavera de 2003, las concentraciones de OD superficial (**Figura 39c**) oscilaron entre los 5 y < 7 mL/L en gran parte del sector oceánico, salvo en Arica (T5) donde se observó un amplio foco de altos valores (> 7 mL/L) entre las 20 y 40 mn, el que se extendió hasta la estación costera de punta Pinto (18º 44'S).

La zona costera presentó focos subóxicos en: Arica (T5; 4 mL/L), punta Junín (T4; 3,1 mL/L), Iquique (4,3 mL/L), punta Lobos (T3; 3,5 mL/L), en la punta norte de Mejillones (23º27,8'S; 4,5) y en la estación costera de bahía Moreno (T1; 4,5 mL/L). Además se detectaron tres focos costeros de altas concentraciones de OD (> 7 mL/L), uno entre caleta Chipana (21º20'S) y Tocopilla (22º0'S), otro en las inmediaciones de Mejillones y el tercero en las estaciones de 5 y 10 mn frente a bahía Moreno (T1).

En el verano de 2004, la distribución de OD superficial (**Figura 39d**) se observó similar a la de primavera, con valores comprendidos entre 5 y < 7 mL/L, en la mayor parte del sector oceánico del área de estudio. En esta oportunidad tres grandes focos de altas concentraciones (> 6 mL/L) fueron detectados: el primero en la zona costera de Arica (T5); un segundo gran foco se desarrolló desde el sur de punta Gruesa (20º 23'S) hasta la estación fija de Mejillones abarcando desde la costa hasta un máximo de 40 mn frente a punta Lobos (T3); el tercer foco se observó en gran parte de la transecta de bahía Moreno (T1), esto es desde la costa hasta las 70 mn. Además de los anteriores, dos pequeños focos de altas

concentraciones se detectaron aproximadamente a 70 mn de punta Junín (T4) y punta Patache (21º48'S). Los valores más altos de OD del crucero se midieron en las estaciones costeras de punta Arenas (21º 40'S; > 7 mL/L), bahía Moreno (T1) y Arica (T5) ambas con concentraciones > 8 mL/L.

En la zona costera además, se detectaron tres focos de concentraciones subóxicas: la primera entre punta Pinto (18º44'S) y punta Camarones (19º22'S); el segundo desde Iquique hasta punta Lobos (T3); y un tercero muy restringido en la punta norte de la península de Mejillones (23º40'S). De éstos, las menores concentraciones se midieron en las estaciones de Iquique (2,8 mL/L) y punta Lobos (T3; 3,5 mL/L).

3.13 Distribución vertical de oxígeno disuelto

Distribución vertical de OD en la transecta de bahía Moreno (T1, 23º40'S)

En otoño, la distribución vertical de oxígeno disuelto (OD) de la transecta de bahía Moreno (T1) (**Figura 40**), presentó una capa bien oxigenada u óxica (> 5 mL/L) de espesor variable a lo largo de toda la sección, con una profundidad máxima de 75 m en la estación de 100 mn, mientras que a nivel superficial altos valores (> 6 mL/L) de midieron entre las 40 y 70 mn. Por otra parte, el gradiente óxico (1 a 5 mL/L) típico se profundizó en las estaciones de 100 y 40 mn, producto de lo cual la capa de mínimo OD (< 1 mL/L) se ubicó a partir de los 125 m y 120 m, respectivamente. Desde las 40 mn hacia la costa, las isolíneas se levantan bruscamente llegando cerca de la superficie en la estación de 5 mn, aunque no la interceptaron. Desde este último punto hasta la estación de 1 mn los valores superficiales y subsuperficiales aumentaron levemente.

En invierno, el OD presentó desde el sector oceánico hasta las 40 mn, un espesor de capa óxica de entre 20 y 50 m, mientras que desde esta última hasta las 5 mn se observó una clara inclinación de las isolíneas hacia la superficie. En éste último punto el valor superficial superó los 6 mL/L y la isolínea de 1 mL/L se detectó a 20 m, por lo que el gradiente óxico se vio fortalecido, en tanto que hacia la costa las concentraciones de OD aumentan en la columna provocando un descenso de las isolíneas, similar a lo observado en el período de otoño. Las mayores concentraciones de OD se detectaron principalmente desde las 40 mn hacia la zona costera. El límite superior de la capa de mínimo OD representado por la isolínea de 1 mL/L, se mantuvo estable y cercana a los 100 m entre las 40 y 100 millas náuticas.

En primavera, la capa óxica presentó su máximo espesor en la estación de 70 mn donde alcanzó una profundidad de 75 m, mientras que entre las 40 y las 20 mn este espesor se mantuvo aproximadamente en 30 m, para prácticamente desaparecer en las estaciones costeras. El gradiente óxico sigue la misma distribución que la capa óxica, de esta forma el límite superior de la capa de mínimo OD, alcanzó su mayor profundidad (> 100 m) en la estación de las 70 mn, disminuyendo notablemente hasta localizarse alrededor de los 5 m en la estación costera, donde los valores subóxicos (< 5 mL/L) interceptaron la superficie midiéndose en este lugar un valor de 4,5 mL/L. Altos valores de OD (> 6 mL/L) se detectaron desde las 40 mn hasta las 5 mn en el sector costero, con máximas concentraciones de > 7 mL/L a nivel superficial entre las 5 y 10 mn, lo que coincidió con la intensificación del gradiente óxico.

En verano, la capa óxica presentó su máximo espesor en la estación de 100 mn donde alcanzó una profundidad superior a 30 m, mientras que las concentraciones subóxicas ocuparon gran parte de la columna, detectándose la isolínea de 1 mL/L bajo los 150 metros. Desde esta estación hacia las 40 mn, el gradiente óxico se

acercó claramente hacia la superficie, sin interceptarla, permaneciendo prácticamente paralelo a la superficie hasta la estación costera. En gran parte de la capa superficial se observaron altas concentraciones de OD (> 6 mL/L), con un máximo de 8,4 mL/L en la estación costera. Entre esta estación y las 40 mn, la capa de mínimo OD se localizó aproximadamente a los 20 m lo que originó un fuerte gradiente óxico.

Distribución vertical de OD en la transecta de punta Copaca (T2, 22º40'S)

En otoño, la distribución de OD de la transecta de punta Copaca (T2) (**Figura 40**) presentó los valores más elevados en superficie, con un núcleo de > 6 mL/L a 100 millas náuticas. En esta oportunidad se observó una condición inusual en la capa óxica, la que se vio comprimida horizontalmente en el sector oceánico (100 y 70 mn), con un espesor máximo de 20 m, detectándose la isolínea de 1 mL/L en el nivel de 50 m de profundidad. Entre las 70 y 20 mn las isolíneas se profundizaron para volver a levantarse hacia el sector costero, interceptando la superficie en la estación de 1 mn donde se midió un valor de 3,5 mL/L. En la estación de 20 mn la isolínea de 1 mL/L alcanzó su mayor profundidad, 75 metros.

En invierno, aumentó la participación de altos valores de OD (> 6 mL/L), observándose éstas en los primeros metros de gran parte de la transecta. La capa óxica presentó un espesor superior a 50 m entre las 100 y 75 mn, disminuyendo posteriormente hacia la costa, en este mismo sector las isolíneas de OD se profundizan suavemente siguiendo la distribución de la capa óxica, para elevarse entre las 70 y 40 mn, donde la isolínea de 1 mL/L ascendió desde los 100 a 75 m aproximadamente. Posteriormente, aunque entre las 40 y las 10 mn las isolíneas entre 2 y 5 mL/L se mantienen horizontales, la de 1 mL/L se profundiza hasta los 100 m en la estación de 20 millas náuticas. Al igual que en bahía Moreno (T1), se produce una clara elevación de las isolíneas a 5 mn, para descender

posteriormente en la estación de la costa debido a un aumento de los valores de OD en la columna de agua. En general el límite superior de la capa de mínimo OD se mantuvo entre los 50 y 100 metros.

En primavera, la capa óxica presentó un espesor de 50 m entre las estaciones de 100 y 20 mn, disminuyendo drásticamente hacia la costa. En las estaciones costeras aunque los valores subóxicos se acercan rápidamente, no interceptan la superficie. Por otra parte altos valores de OD (> 6 mL/L), se distribuyeron en una capa ubicada entre las estaciones de 20 y 70 mn, con un espesor que no superó los 10 m centrado a 30 m de profundidad y en los niveles superficiales de las estaciones costeras de 1 y 5 millas náuticas. La isolínea de 1 mL/L siguió una distribución similar al de la capa óxica, manteniéndose por debajo de los 100 m entre las 100 y 20 mn, desde donde asciende rápidamente hacia la costa, lugar en que se detectó alrededor de los 30 metros.

En verano, tanto la capa óxica como el gradiente óxico se mantienen una profundidad relativamente pareja entre la estación de 100 mn hasta la de 40 mn, a pesar de esto la isolínea de 1 mL/L se profundiza desde los 75 m a 100 mn hasta los 100 m en la estación de 40 mn, donde el espesor de la capa óxica fue de 50 m, observándose además un núcleo subsuperficial de alto OD (> 6mL/L). Hacia la costa las isolíneas se elevan claramente aunque no interceptan la superficie. Entre las 20 mn y la costa, se midieron altos valores de OD (> 6mL/L) en la capa superficial, sumado esto a que el límite superior de la capa de mínimo OD se encontró aproximadamente a 20 m, es posible observar una intensificación del gradiente óxico en las estaciones costeras.

Distribución vertical de OD en la transecta de punta Lobos (T3, 21º00'S)

En otoño, la distribución de OD en la transecta de punta Lobos (T3) (**Figura 40**), presentó una clara ascensión de las isolíneas desde la estación más oceánica hacia la costa. La capa óxica alcanzó un máximo espesor de 50 m en la estación de 100 mn, hacia la costa el gradiente se eleva gradualmente y entre las 10 y 1 mn las isolíneas subóxicas alcanzan la superficie, llegando a su máxima expresión en la estación costera la que tuvo concentraciones inferiores a 2 mL/L entre la superficie y los 15 metros. La isolínea de 1 mL/L se elevó aproximadamente desde los 100 m en la estación de 100 mn hasta los 20 m en la estación costera.

En invierno, la distribución de OD es similar a la observada en otoño, presentando una clara inclinación de las isolíneas de OD desde las 100 mn hacia la costa. En la estación de 100 mn el espesor de la capa óxica fue de 75 m en tanto que la isolínea de 1 mL/L se ubicó bajo los 100 m aproximadamente, mientras que en el otro extremo, en la estación más costera las concentraciones subóxicas interceptan la superficie, midiéndose una concentración de 3,9 mL/L en tanto que la isolínea de 1 mL/L se detectó a partir de los 30 metros.

En primavera, esta transecta presentó una distribución algo distinta a los períodos anteriores. La capa óxica tuvo un espesor de alrededor de 50 m entre las 100 y 40 millas náutica, en tanto que el gradiente óxico y la isolínea de 1 mL/L siguieron la distribución de la capa óxica, manteniéndose la isolínea de 1 mL/L por sobre los 100 m de profundidad. Desde las 70 mn las isolíneas se elevan suavemente, llegando a interceptar la superficie en la estación costera donde se midió una concentración de 3,5 mL/L, mientras que la isolínea de 1 mL/L se detectó aproximadamente a 20 m de profundidad. Una amplia capa de altos valores de OD (> 6 mL/L) se detectó a través de toda la transecta, ubicándose en los primeros metros de la estación de 10 mn, para posteriormente aumentar su espesor a 30 m

en la estación de 20 mn, mientras que entre las 40 y 100 mn esta capa se adelgaza manteniéndose alrededor de los 30 m de profundidad.

En verano, el OD presentó una distribución similar a la de otoño e invierno. A 100 mn la capa óxica presentó su máximo espesor, 50 m, en tanto que la isolínea de 1 mL/L se ubicó a los 100 m de profundidad. Desde esta estación las isolíneas se elevan suavemente, llegando a interceptar la superficie en la estación costera donde se midió una concentración de 3,5 mL/L, mientras que la isolínea de 1 mL/L se ubicó aproximadamente a 20 m de profundidad. Una capa de altos valores de OD se detectó en los primeros metros entre las estaciones de 10 y 40 mn, lo que intensificó el gradiente óxico principalmente en la estación de 10 millas náuticas.

Distribución vertical de OD en la transecta de punta Junín (T4, 19º40'S)

En otoño, la transecta de punta Junín (T4) (**Figura 41**), presentó una capa óxica con espesor variable, el que se mantuvo entre 20 y 30 m entre las 100 y 20 millas náuticas. En la zona oceánica el mínimo de OD se detectó a partir de los 50 m, profundizándose progresivamente hasta los 80 m en la estación de 40 mn, que es donde el gradiente óxico alcanzó su mayor espesor. Desde las 10 mn hacia la costa las isolíneas se elevan bruscamente, produciéndose un fuerte gradiente horizontal entre las estaciones de 10 y 5 mn. Las isolíneas de bajo OD interceptan la superficie, midiéndose un mínimo superficial de 3,9 mL/L en la estación costera, mientras que la isolínea de 1 mL/L se ubicó en el nivel de 40 m, aproximadamente.

En invierno, se midieron altas concentraciones de OD (> 6 mL/L) en los primeros metros de la columna entre las 90 y 10 mn aproximadamente. La capa óxica mantuvo un espesor de entre 20 y 30 m, desde las 100 a las 10 millas náuticas, mientras que las isolíneas de 4 a 1 mL/L se profundizaron en la estación de 40 mn, desde donde se elevan tanto hacia el oeste como al este, donde llegaron a

interceptar la superficie desde las 5 mn a la costa, midiéndose en superficie valores < 5 mL/L. El límite superior de la capa de mínimo OD se mantuvo entre los 40 y 80 m, encontrándose la máxima profundidad en la estación de las 40 millas náuticas.

En primavera, el espesor de la capa óxica no superó los 40 m, observándose en ella una capa de altas concentraciones de OD (> 6 mL/L) a lo largo de toda la transecta, la que se ubicó en los primeros metros entre la estación costera y las 40 mn para posteriormente adelgazar su espesor y profundizarse hasta los 30 m entre las estaciones de 70 y 100 millas náuticas. El gradiente óxico se mantuvo bastante estable desde las 100 hasta las 20 mn, desde donde se elevan las isolíneas interceptando la superficie en la estación costera donde se midió un valor mínimo de 3,1 mL/L. Por otra parte la isolínea de 1 mL/L se mantuvo en 75 m entre las estaciones de 40 y 70 mn, llegando hasta los 30 m en la estación costera.

En verano, la capa óxica presentó un espesor de 40 m, aproximadamente, entre las estaciones de 70 y 40 mn, en esta capa destaca un pequeño foco de alto OD (> 6 mL/L) en la superficie de la estación de 70 millas náuticas. El gradiente óxico se mantuvo estable desde las 100 hasta las 40 mn, desde donde las isolíneas se elevaron hacia la superficie, sin interceptarla. Desde la estación de 20 mn hacia la costa la isolínea de 1 mL/L se mantuvo sobre los 20 m, lo que produjo una intensificación del gradiente óxico en este sector.

Distribución vertical de OD en la transecta de Arica (T5, 18º25'S)

En otoño, la transecta de Arica (T5) (**Figura 41**) presentó una delgada capa óxica, con un máximo espesor de 25 m aproximadamente a 100 mn, desde donde disminuye progresivamente hacia la costa, hasta un espesor de 5 m en la estación

de 5 millas náuticas. Altas concentraciones superficiales > 6 mL/L se observaron en la estación de 40 mn y entre las estaciones de 10 y 5 millas náuticas. El gradiente óxico vertical de espesor e intensidad variable, se ubicó entre los 25 y 50 m en la estación más oceánica, llegando a su máximo espesor en la estación de 70 mn, desde donde se adelgazó y aumentó en intensidad hacia el sector costero. En la estación de 1 mn las isolíneas subóxicas interceptaron la superficie, formando una capa de 10 m con concentraciones < 3 mL/L, mientras que la isolínea de 1 mL/L se detectó bajo los 10 m de profundidad.

En invierno, la capa óxica presentó su mayor espesor en las estación de 70 mn, adelgazándose tanto hacia la estación más oceánica como hacia la costa. Las más altas concentraciones de OD (> 7 mL/L), se midieron en los primeros metros de las estaciones costeras, donde además la isolínea de 1 mL/L se ubicó alrededor de los 20 m, lo que generó un fuerte gradiente óxico, el que se mantuvo estable entre la costa y las 10 mn. El límite superior de la capa de mínimo OD tuvo su nivel más profundo, 120 m, en la estación de las 40 millas náuticas.

En primavera, la capa óxica presentó su mayor espesor en la estación 70 mn, adelgazándose progresivamente tanto hacia la estación más oceánica como hacia la costera, entre las 95 y 10 mn se detectó una capa de altas concentraciones (> 6 mL/L) de espesor máximo de 20 m en la estación de 70 mn, en tanto que entre las 50 y 20 mn se detectó una capa superficial con valores de OD que superaron los 7 mL/L. Desde las 40 mn a la costa, las isolíneas se elevan hacia la superficie, por lo que el gradiente disminuyó su espesor y aumentó su fuerza. Las concentraciones subóxicas interceptaron la superficie midiéndose un valor de 4 mL/L en la estación de 1 mn y 4,2 mL/L en la de 5 millas náuticas. La isolínea de 1 mL/L se mantuvo aproximadamente en 70 m desde las 100 a las 40 mn elevándose hasta los 5 m en la estación costera.

En verano, la capa óxica presentó un espesor parejo de 25 m entre las estaciones de 100 y 40 mn, desde donde se adelgazó rápidamente hasta 5 m en la estación de 20 mn, manteniéndose estable hasta la estación costera. Dentro de la capa óxica se ubicó una capa superficial de altas concentraciones (> 6 mL/L), con un espesor máximo de 15 m en la estación de 40 mn, en tanto que entre las 70 y 100 mn ésta se profundizó, formando una delgada franja sobre los 20 m de profundidad. En las estaciones costeras hasta las 20 mn, los valores de OD superficial superaron los 7 mL/L, con un máximo de > 8 mL/L en la estación costera dentro de los 5 m de profundidad. El gradiente óxico se mantuvo paralelo a la capa óxica, encontrándose la isolínea de 1 mL/L aproximadamente a 60 m en la estación de 100 mn y a 15 m en la estación costera.

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

En otoño, la profundidad de la isolínea de 1 mL/L (**Figura 42a**), considerada el límite superior de la capa de mínimo oxígeno, muestra que esta capa en general presentó la menor profundidad en la costa, con un mínimo de 9 m en caleta Chipana (21º20'S). Hacia el sector oceánico, aunque el comportamiento es variable, la tendencia es a profundizarse en sentido N-S, sobrepasando los 90 m tanto, punta Lobos (T3) y los 120 m en bahía Moreno (T1). La situación es diferente en las transectas de punta Junín (T4) y punta Copaca (T2), las que presentaron el mayor hundimiento en las estaciones de 40 y 20 mn, respectivamente superando los 80 m de profundidad, para ser notoriamente menos profunda (< 50 m), en ambos casos, hacia las 100 millas náuticas.

En invierno, la isolínea de 1mL/L de OD (**Figura 42b**) presentó las mayores profundidades (> 90 m) en el sector oceánico desde punta Lobos (T3) hacia el sur, observándose en punta Copaca (T2) las mayores profundizaciones de la zona de muestreo, con 105 m tanto a 20 como a 70 millas náuticas. En la zona norte los

niveles de profundidad sólo superaron los 70 m en la estación de 70 mn frente a punta Junín (T4). Por otra parte, aunque en general el sector costero presentó bajas profundidades, las menores se observaron en entre caleta Chipana (21º20'S) y punta Arenas (21º40'S) con 9 metros.

En primavera, aumentan los niveles de profundidad de la isolínea de 1 mL/L (**Figura 42c**) con respecto al otoño y al invierno pasado. En la zona oceánica la capa de mínimo OD se profundizó a más de 100 m desde punta Lobos al sur, alcanzando los máximos en el sector oceánico de la península de Mejillones donde superó los 140 metros. En el sector norte se observó un único hundimiento importante frente a punta Gruesa (20º23'S) donde superó los 90 metros. Por otro lado, aunque en general se observó una tendencia a aumentar la profundidad desde norte a sur, a 100 mn frente a punta Junín (T4) se produjo una elevación de la isolínea de 1 mL/L, ubicándose al rededor de los 50 m de profundidad.

En la zona costera, los niveles de profundidad de la isolínea de 1 mL/L aumentaron rápidamente en todo el área de muestreo, lo que se puede observar en el acercamiento a la costa de las isolíneas y en especial la de 50 metros. Las menores profundidades de esta isolínea se observaron en Arica (T5) y bahía Moreno (T1) donde no superó los 10 m de profundidad.

En verano del año 2004, la isolínea de 1 mL/L (**Figura 42d**), se mantuvo entre los 10 y 30 m en las primeras 20 mn, observándose en Iquique el nivel más bajo con 4 m. Hacia el sector oceánico el nivel de profundidad aumenta desde la zona norte hacia la zona sur, observándose en general niveles inferiores a 90 m en el sector norte, mientras que el mayor nivel se observó en la estación de 100 mn frente a bahía Moreno (T1) con 165 m de profundidad. La transecta que presentó las menores profundidades fue punta Lobos (T3), con niveles < 50 m incluso a 70 mn de la costa.

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

La distribución vertical de temperatura en la sección paralela a la costa, correspondiente a los cuatro cruceros estacionales, se presenta en la **Figura 43**

En otoño, la temperatura mostró a través de esta sección las mayores variaciones térmicas en la capa de los primeros 50 metros. Un ascenso importante de las isotermas de 16° a 19°C se observó entre las estaciones 21 y 44, lo que significó la ubicación de aguas más frías con una temperatura de 18°C en aquel sector oceánico.

La isoterma de 15°C estuvo en la base de la termoclina y se ubicó a un nivel promedio de 50 m a lo largo de la sección. Bajo el nivel de 50 m las isotermas tendieron a ubicarse paralelas a la superficie, sin embargo tuvieron un leve ascenso de 20 m hacia el sector sur. De los 50 m a 100 m de profundidad la temperatura descendió de 15°C a un valor menor a 8°C.

En invierno, la capa superficial de los primeros 100 m registró las mayores temperaturas en la vertical hacia el extremo norte de la sección, ubicándose los máximos valores en los primeros 25 m de profundidad. Desde la estación correspondiente a la latitud 19°40'S hacia el sur la isoterma de 15°C se profundizó de 10 m hasta los 50 m, quedando la termoclina más profunda y de un menor gradiente térmico hacia el extremo sur. Bajo los 100 m de profundidad las isotermas mostraron una pendiente positiva en dirección norte-sur, lo que indicó, por tanto, menores temperaturas subsuperficiales hacia ese extremo de la zona de estudio.

En primavera, esta sección mostró fuertes variaciones térmicas en la capa de los primeros 50 m, formando gradientes verticales más intensos entre la estación 45 y la 31, la primera ubicada en el límite norte de la sección y la última corresponde a la estación de 100 mn frente a Punta Lobos (T3). El sector con mayores temperaturas se encontró en el área central de la sección, entre las estaciones 40 y 31, con registros en la capa superficial sobre los 23°C. Bajo el nivel de 100 m las isotermas tendieron a ubicarse en forma paralela a la superficie, pero con una pequeña pendiente positiva en dirección sur, lo que se demostró además por la presencia de temperaturas menores a 6°C a 500 m de profundidad en ese extremo de la zona de estudio.

En verano, la capa superficial de los primeros 100 m registró mayores temperaturas en la vertical de esta sección hacia el extremo norte, ubicándose los máximos valores, > 23°C, en los primeros 25 m de profundidad. La capa de mayor variación térmica llegó hasta los 50 m de profundidad, lo que se indica por el pronunciado acercamiento de las isotermas, sin embargo, bajo este nivel se mantuvieron relativamente separadas y presentaron un leve ascenso en dirección norte-sur, registrando la isoterma de 13°C un brusco ascenso en la vertical entre las estaciones 39 y 29.

La distribución vertical de salinidad en la sección paralela a la costa, correspondiente a los cuatro cruceros estacionales, se presenta en la **Figura 44.**

La variable salinidad en otoño mostró en esta sección las mayores variaciones presentes en la capa de los primeros 50 m, con valores máximos en la mitad norte y con un brusco descenso de la salinidad desde la latitud 21° hacia el sur. Centrado en la estación 44 se apreció, por lo tanto, un ascenso de las isohalinas ubicadas en los primeros 50 m para luego descender hacia el límite sur de la sección. Desde los 50 m y hasta 200 m de profundidad se observaron dos núcleos

característicos, uno de mínima y otro de máxima salinidad. El núcleo de baja salinidad, 34.5 psu, provino del sur y se adelgazó hasta los 21°S. En el límite norte el mínimo salino tiene valores de 34,7 a 34,8 psu. Desde el norte se desplazó hacia el sur un núcleo de máximo salino subsuperficial con un valor característico de > 34,8 psu, el que llegó hasta la estación 44. El núcleo indicado llegó hasta el límite sur, adelgazándose en su camino y disminuyendo su valor al rango de 34,7 a 34,8 psu. Las isohalinas de 34,6 y 34,5 psu mostraron un ascenso hacia el sur, mientras que la isohalina de 34,5 psu mostró un descenso en esa dirección. Lo anterior significó un aumento relativo de la salinidad en el nivel de 900 a 1000 m en el límite norte de la sección.

En invierno, la sección mostró en esta variable núcleos salinos superficiales, >35,0 psu, que llegaron hasta la latitud de los 20°S. En la capa de los primeros 25 m la salinidad tuvo un máximo valor relativo también entre los 20 y 22°S, con registros mayores a 34,9 psu. El mínimo subsuperficial de salinidad se presentó bien desarrollado en el extremo sur de la zona y avanzó como núcleo hacia el norte hasta los 20°S, haciéndose más delgado. Un núcleo de baja salinidad, < 34,8 psu, se localizó en el extremo norte centrado en los 50 m de profundidad y llegó hasta los 20°S. El máximo salino subsuperficial, con salinidades mayores a 34,8 psu, se localizó entre los 75 y 300 m de profundidad en el extremo norte, haciéndose más delgado hacia el extremo sur con sólo 20 m de espesor. El núcleo de mínima salinidad, en su camino hacia el norte, ingresó por el centro del núcleo de máxima salinidad indicado anteriormente.

En lo que respecta a la salinidad en primavera, la sección presentó valores mayores a 35,0 psu a lo largo de toda ella, pero sin llegar estos hasta el extremo sur (estación 11), ocupando sólo una delgada capa de los primeros 25 m de profundidad desde la estación 43 a la 15. Las mayores salinidades relativas se registraron entre las estaciones 43 y 31, las que fueron mayores a 35,2 psu. Bajo

la capa de máxima salinidad superficial y hasta los 200 m de profundidad se registraron dos núcleos que se desplazaron en sentidos opuestos. El primero de estos correspondió a un núcleo salino subsuperficial de valores mayores a 34,8 psu y de un espesor de 200 m en el extremo norte de la zona, localizado entre los 50 y 250 m, adelgazándose en dirección sur y llegando sólo hasta los 21°30'S. El núcleo salino de valor mayor a 34,7 psu cruzó toda la sección, disminuyendo su espesor de 300 m a sólo 100 m en la estación 11. La mínima subsuperficial, de salinidad inferior a 34,7 psu, se ubicó desde el extremo sur hasta los 20°30'S, como un núcleo de espesor no mayor a 100 m, el que disminuyó bruscamente en la latitud señalada. Bajo los 300 m de profundidad las isohalinas se ubicaron en forma paralela entre si y tuvieron un ascenso vertical de unos 100 entre el límite norte y sur.

En verano, la salinidad en esta sección mostró tres núcleos salinos característicos, el primero en la capa superficial con valores de salinidad mayores a 35,0 psu, el cual se ubicó entre el límite norte y prácticamente los 23°S con un espesor promedio de 25 metros. Desde el extremo sur de la sección se presentó un núcleo de mínima salinidad, centrado en los 50 m de profundidad, el que se extendió hasta los 21°S con valores menores a 34,6 psu y, hasta los 19°S con registros menores a 34,7 psu, manteniéndose la salinidad bajo el valor de 34,8 psu hasta la latitud de Arica. Centrado en el nivel de 150 m se presentó desde el límite norte de la zona, un núcleo de máxima subsuperficial caracterizado por la isohalina de 34,8 psu, el cual se extendió hasta los 22°30'S. Bajo el núcleo indicado, las isohalinas presentaron un ascenso de 50 m entre el extremo norte y sur de la zona.

En otoño, la distribución de oxígeno disuelto (OD) (**Figura 45**), presentó las mayores variaciones en la capa de 25 a 100 m, donde la capa óxica (> 5 mL/L) se profundizó gradualmente de norte a sur, sin embargo, en la estaciones 11 (frente a punta Junín; T4) y 44 (frente a punta Copaca; T2) se apreció una alteración de

dicha tendencia ya que las isolíneas ascendieron hasta alrededor de los 25 m, ubicándose la capa de mínimo de oxigeno también más arriba en la vertical (50 m, aprox.). Por otra parte, la capa del mínimo de OD, cuyo límite es la isolínea de 1 mL/L, disminuye su espesor hacia el sur, con un espesor > 450 m frente a Arica (T5) y de 300 m frente a bahía Moreno (T1), centrado éste último en los 250 m de profundidad. Este es el único crucero en que la distribución de OD llega hasta los 500 m, tomando en cuenta lo anterior, el límite inferior de la capa de mínimo OD sólo se detectó hacia el extremo sur de la zona.

En invierno, la distribución de OD en la transecta paralela a la costa (**Figura 45**), presentó el máximo espesor de la capa óxica frente a punta Lobos (T3) donde sobrepasó los 75 m de profundidad, tanto hacia el norte como al sur, de este punto, el espesor disminuyó gradualmente siendo mínima en la parte norte de la sección. En esta oportunidad se pudo detectar la capa de mínimo OD a lo largo de toda la transecta, el espesor de la capa de mínimo OD disminuyó progresivamente desde norte a sur, observándose su mayor espesor, 550 m, en Arica (T5) centrado en los 325 m y el menor de 300 m en bahía Moreno (T1) centrado en los 250 m. En la parte más profunda bajo la capa de mínimo OD destaca el alto valor que se midió en punta Junín (T4), que superó los 2 mL/L.

En primavera, la capa óxica superficial (**Figura 45**), presentó su mayor espesor en la estación 13 (23º00'S, 80 m) y el menor en la estación frente a Arica (T5, 10 m), en tanto que en bahía Moreno (T1) el espesor aproximado es de 30 m. Entre las estaciones de punta Junín (T4; Est. 41) y punta Lobos (T3; Est. 31) se observó una delgada capa de altos valores de este gas (> 6 mL/L), la que se ubicó en la base de la capa óxica, además, altos valores de midieron el los primeros metros de las estaciones 13 (23º00'S) y de punta Junín (T4; Est. 41) situación poco habitual. La capa de mínimo OD sigue una distribución inversa a la capa óxica, alcanzó un espesor máximo de 640 m en la estación 45 (Arica, T5), sector donde

aún a 700 m de profundidad se midió un valor < 1 mL/L. Por otra parte, el menor espesor de esta capa se observó en la estación 13 (23º00'S), donde a nivel superficial hay un brusco hundimiento de las isolíneas por lo que la isolínea de 1 mL/L se ubicó alrededor de los 160 m, restringiendo la capa de mínimo OD a un espesor de sólo a 250 m, centrado en los 300 metros. En bahía Moreno (T1) la capa de mínimo OD volvió a aumentar su espesor, desarrollándose entre los 70 y 590 metros.

En verano, el OD (**Figura 45**) presentó una capa óxica de espesor variable, la que sin embargo mantiene al igual que en los períodos anteriores, los menores espesores en las estaciones de la zona norte. Por otra parte el núcleo de la capa de mínimo OD, centrado en los 300 m, se adelgazó notoriamente en sentido N-S, con un espesor aproximado de 490 m en la estación de Arica (T1) y de 300 m en bahía Moreno (T1). En esta oportunidad y al igual que en invierno, se detectó el límite inferior de la capa de mínimo OD a lo largo de toda la transecta, observándose hacia el sector sur un aumento en las concentraciones de OD en los niveles más profundos, los que superaron los 2 mL/L.

La distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua AESS en la sección paralela a la costa, correspondiente a los cuatro cruceros estacionales, se presenta en la **Figura 46.**

En otoño, la masa de agua AESS presentó entre los niveles de 0 y 50 m una mayor porcentaje de participación de masa de agua (PPMA) hacia el sur de la zona, lo que se desprende del levantamiento de las isolíneas de 10% a 30%, llegando la línea de 10% a la superficie en los 20°S; asimismo ocurre con las isolíneas de 20% y 30% que se ubicaron más arriba en la vertical entre las latitudes 22°20'S y 23°S. El núcleo de 80% de PPMA de la AESS estuvo centrado en los 150 m de profundidad y se extendió entre el límite norte de la zona hasta la

transecta T2 (22°20'S). El núcleo de más de 70 % de PPMA estuvo centrado en los 200 m y tuvo un espesor de 240 m en el límite norte, adelgazándose gradualmente hasta 150 m hacia el borde sur. Las isolíneas de participación que se ubicaron bajo el núcleo de 70% mostraron un leve y gradual ascenso hacia el sur de aproximadamente 20 m entre ambos extremos de la sección.

La AESS en invierno mostró un PPMA del 80% centrado en los 200 metros. Este núcleo se adelgazó considerablemente de 220 m en el extremo norte a sólo 50 m en el extremo sur de la zona. Solamente se observó un pequeño núcleo de PPMA del 90% en la estación de la transecta de Arica (18°25'S), con un espesor menor a los 50 m. A nivel superficial el PPMA fue menor al 40%, dándose en el extremo norte de la zona un aumento rápido del porcentaje de participación en la vertical a un 70% en los 50 m, mientras en el sector central de la transecta se ubicó una capa de agua de PPMA 40 a 50% que tuvo un espesor de 50 m. En el sector sur de la sección la capa de agua de PPMA < 40% tuvo un espesor de unos 25 m. Bajo el nivel de 200 m de profundidad las isolíneas de participación de la masa de agua tuvieron una pendiente positiva, con un desnivel de unos 50 m entre ambos extremos. Al nivel de 700 m de profundidad la participación de la AESS fue menor del 40%.

En primavera, la AESS mostró a través de su isolíneas de PPMA que la capa superficial de los primeros 10 a 20 m tuvo una presencia de esta masa inferior al 10%, la que aumentó rápidamente hasta superar el 70% de composición antes de los 100 m de profundidad. Un núcleo de composición mayor a 80% se observó entre el límite norte, con 200 m de espesor, llegando hasta los 23°S desde donde desaparece hacia el sur. Las isolíneas de PPMA que se ubicaron bajo los 300 m de profundidad tuvieron una separación mayor a la encontrada sobre el núcleo de AESS, con una leve pendiente ascendente hacia el sur. A 700 m de profundidad la AESS tuvo una participación de más del 30%.

En verano, la masa AESS mostró un núcleo de PPMA del 80% centrado en los 150 m, con un espesor de 150 m y que alcanzó hasta los 23°30'S. Este núcleo presentó una disminución de su espesor desde la latitud 21°S hacia el sur, quedando sólo de unos 20 m de espesor entre las estaciones 13 y 11. Un pequeño núcleo de PPMA mayor a 90% se encontró sólo en el límite norte de la zona. En esta sección la AESS llegó con un PPMA mayor a 10% sólo hasta los 20 m de profundidad. En general, bajo los 300 m de profundidad las isolíneas de PPMA se mantuvieron a una profundidad relativamente constante a lo largo de la sección.

3.16 Masas de agua

Los diagramas T-S agrupados por crucero y transecta se presentan en la **Figura 47**.

En otoño, los diagramas T-S por transecta mostraron claramente la mayor participación de agua subtropical (AST) en las secciones T4 y T5 ubicadas en la mitad norte de la zona, pero en la transecta T3 sólo dos estaciones tuvieron una presencia relativamente mayor respecto de las otras. En las transectas T1 y T2 disminuyó notoriamente la participación de esta masa, especialmente en esta última sección, y por el contrario, el agua ecuatorial subsuperficial (AESS) aumentó su presencia provocando una inflexión más brusca de la curva hacia su par T-S. En cuanto al agua subantártica (ASAA) su participación mayor se vio en las transectas T1 y T2, disminuyendo hacia la transecta T5. La separación de las líneas T-S bajo el par de AESS en las transectas T1 y T3 indica que el núcleo de AESS se ha debilitado en el sector oceánico, tal como se vio en la sección vertical a 100 mn de la costa.

En invierno, los diagramas por transecta indicaron una mayor participación de AST en la capa superficial de las 3 transectas del sector norte, mientras que el agua de tipo ASAA se presentó en todas las transectas pero con mayor participación en las transectas 1 y 2. Particularmente, en la transecta T1 la estación de las 40 mn marcó la presencia de un importante núcleo de ASAA, sin embargo, la transecta T2 tuvo la mayor participación de esta masa de agua de las 5 secciones. Desde la transecta T3 hacia el norte disminuyó la participación de ASAA subsuperficial y aumentó la de AST superficial, destacándose, en particular, la estación de las 40 mn que tuvo una baja participación de ASAA y alta de AST, por lo tanto la parte superior de la curva se separó del resto. En la transecta T4 se destacó sólo una curva (correspondiente a la de 40 mn) que indicó una participación relativa mayor de ASAA. El diagrama T-S de la transecta T5 indicó una baja participación de ASAA y mayor de AST en todas las estaciones. El AESS presentó su núcleo bien desarrollado en todas las transectas, sin embargo en las transectas del sector sur, es decir, en las secciones T1 a T3, las curvas T-S se separaron notoriamente pasado el punto de inflexión que señaló el núcleo de esta masa de agua.

Los diagramas TS de primavera mostraron la participación variable de las cuatro masas de agua que se encuentran en la zona de estudio. Se destaca en este caso la mayor participación de AST en las transectas T2 a T4 y la menor de ésta en la transecta T1, ya que sólo dos estaciones la manifestaron claramente. El ASAA se presentó en forma relativamente mayor en la transecta T2, disminuyendo rápidamente hacia el norte, no observándose ya en la transecta de Arica (T5). El AESS se presentó en forma intensa en las 5 transectas, pero tuvo, no obstante, una mayor participación en la transecta T5. Esta masa de agua registró una mayor variación latitudinal (este-oeste) en las transectas 1 y 2, lo que se observó en la separación de las líneas TS cercano al par que la define.

En verano de 2004, se observó la participación de las tres masas de agua principales ubicadas en los primeros 500 m de profundidad. El AST se registró con mayor participación en las transectas de la mitad norte de la zona, mientras que el agua ecuatorial subsuperficial AESS presentó una mayor similitud en la participación en un sentido norte sur, no obstante, en las transectas T1 y T2, y en menor grado en la T3, ubicadas en la mitad sur, la separación de las líneas TS del grupo indicó una menor participación de esta masa de agua en algunos de los sectores de la transecta, lo que se verá más adelante en los gráficos de porcentaje de participación. El ASAA tuvo una mayor presencia en las transectas de la mitad sur, pero principalmente en algunas de las estaciones, las que se destacaron por separarse del resto del grupo, y que corresponden a las estaciones más oceánicas.

Los porcentajes de participación de masa de agua (PPMA) subtropical (AST), de las transectas perpendiculares a la costa, se presentan en las **Figuras 48** y **49**.

En otoño se aprecia una disminución de la presencia de AST en sentido norte sur, sin embargo, se destacó en el límite oeste de la transecta T4 los mayores PPMA que llegan al 90%, convirtiéndose en los mayores porcentajes de participación encontrados en la zona. Los PPMA de la sección T3 disminuyeron a un 70% en superficie, pero en la costa alcanzaron sólo hasta 50%. En la transecta T2 el mayor PPMA se encontró entre las 20 y 50 mn de la costa con un 50%, sin embargo, en el área oceánica sólo es del 40 %. En esta misma transecta, todas las isolíneas de PPMA se presentaron más arriba en la vertical formando un delgado núcleo de AST de sólo 50 m de espesor. En la transecta T1 la AST se presentó nuevamente con PPMA superiores a 50% desde las 20 mn hacia el oeste, mientras que las isolíneas de 10% llegaron hasta los 100 m de profundidad en el área oceánica. Para esta masa de agua se destacaron dos situaciones: la primera es una disminución de participación en la AST en la transecta T2 y la

segunda es una participación más profunda en la transecta T1, según se observó del comportamiento que tuvo ésta masa de agua en las transectas 3 a 5. En todas las secciones se observó hacia el sector costero como los PPMA de AST disminuyen rápidamente.

En invierno, la distribución de PPMA por transecta tuvo una variación de sus porcentajes de participación en un sentido norte-sur, disminuyendo de un PPMA de superficie de > 60% en el sector oceánico de la transecta T5 hasta valores entre 30% y 50% en el mismo sector de la transecta T1, lo que significó una disminución cercana al 30% entre ambos extremos de la sección. A nivel superficial, en una misma transecta se presentaron menores porcentajes de participación de esta masa de agua hacia el sector Oeste, tal como se observó en las demás secciones excepto en la transecta T2. Lo anterior quiere decir que núcleos de mayor PPMA de AST se ubicaron en el sector central de las secciones. Las isolíneas de PPMA ascendieron a niveles más someros en el sector costero, llegando a la superficie las isolíneas de 20 a 40% en las primeras 10 mn. En el caso de la transecta T4, las isolíneas de valor de hasta 50% de PPMA se observaron llegando al nivel superficial. Un caso particular también se observó en la transecta T1 donde el ascenso de las isolíneas de 30 a 40%, se registró entre las 10 y 20 mn, para luego presentar hacia la costa una profundización. A nivel subsuperficial, el PPMA de 10% llegó hasta un nivel de profundidad cercano a los 65 m, sin embargo en las transectas T2 y T3 el PPMA indicado se ubicó más profundo llegando hasta los 100 metros.

En primavera, la AST se ubicó en la capa superficial llegando hasta los 80 m con un porcentaje de 10%, siendo las transectas T2 y T3 las que registraron este porcentaje hasta un mayor nivel de profundidad. Los PPMA mayores a 90% se registraron sólo a nivel superficial en las secciones T3 y T4, midiéndose en la T5 un porcentaje de 50 a 60% en el sector oceánico y con un máximo de 70% en un

pequeño núcleo en las 40 mn de la costa. Las transectas T1 y T2, hacia el extremo sur de la zona, mostraron PPMA mayores a 70 y 80%. En el sector costero las isolíneas de participación tuvieron un ascenso, dejando a nivel superficial PPMA menores a 50% en las primeras 10 millas náuticas. En la estación de 70 mn de la T1 se presentó una profundización de las isolíneas de los porcentajes de 10 a 30%.

El AST en verano se presentó con un porcentaje mayor al 10% desde la superficie hasta una profundidad máxima de 60 m. Las transectas T3 y T4 presentaron PPMA mayores en relación a las otras secciones, ya que se registraron en la superficie del sector oceánico niveles mayores a 80% y 90%, porcentajes no observados en las transectas T1 y T2, mientras que la T5 registró niveles de PPMA de 80%, pero formando un núcleo de menor tamaño en relación a las transectas T3 y T4. Las isolíneas de igual PPMA se levantaron en la costa llegando hasta ella con niveles de participación menores al 30%.

Los porcentajes de participación de masa de agua (PPMA) subantártica (ASAA), de las transectas perpendiculares a la costa, se presentan en las **Figuras 50** y **51**.

La ASAA en otoño, ubicada principalmente bajo la AST, presentó núcleos de PPMA máximos que alcanzaron hasta 60% en la transecta T1 pero diminuyeron a 20% en la transecta 5. Su núcleo se ubicó en una posición variable a través de toda la sección con PPMA mayores a 40% en las transectas T1 a T4, y ascendió de nivel en dirección al sector costero en todas las transectas. En la transecta T2 el núcleo de 40% se mostró más delgado y pegado a la costa, llegando sólo hasta las 70 mn, sin embargo, la capa superficial que tuvo valores de 30% en los primeros 50 m registró un PPMA 10% mayor a los encontrados en la T1. El núcleo de 40% en la T3 se presentó más reducido, siendo el valor de 30% el que atravesó toda la sección. Se destaca en esta transecta, en relación a las otras

secciones, la profundidad alcanzada por la isolínea de 10% que llegó hasta 220 m, tal como ocurrió en la transecta T1. La transecta T4 se caracterizó por presentar en el sector oceánico una participación menor al 10 % en la capa superficial de los primeros 20 metros. Su núcleo de 30% estuvo centrado en los 50 m de profundidad y se extendió desde la costa hasta las 80 mn. En la transecta T5 se observaron nuevamente valores de PPMA mayores a 10% en la capa superficial del sector oceánico pero, en este caso, el núcleo llegó sólo a un PPMA de 20%, con un pequeño sector de 30% centrado a 50 m y 70 millas náuticas.

En invierno, el ASAA presentó en superficie una notoria variación del PPMA en un sentido norte sur. En general, en el sector oceánico de las transectas los valores de participación fueron menores que los encontrados en el sector costero en alrededor de un 10 a 20%. La transecta T2 es la que presentó los menores PPMA en la capa superficial seguida de la transecta T4. Todas las transectas presentaron un núcleo de PPMA relativamente alto, centrados en el nivel de 75 m y de un espesor promedio de 25 a 50 m. Las transectas T1 y T2 son las que presentaron los mayores valores de PPMA, con > 30 y 40%, disminuyendo estos gradualmente hacia el norte, quedando finalmente un núcleo de 20% en la transecta T5. Todas las isolíneas tuvieron un ascenso en el sector costero, presentando incluso en algunas de ellas la ubicación de un núcleo de mayor PPMA, como es el caso de las transectas T2 a T4. El nivel de 10% fue más profundo en la transecta T1, con 200 m, mientras que en las transectas T3 a T5 este llegó hasta los 150 metros.

En primavera, esta masa de agua mostró un espesor máximo de 150 m hasta el nivel de participación mínima de 10%, pero con valores de PPMA en general bajos que no son mayores al 30%. Núcleos de porcentajes superiores a 40% son pequeños y se observaron sólo en las transectas 1 y 2. Los núcleos entre 30% y 40% que se encontraron en las dos primeras transectas se ven bien desarrollados

a lo largo de las secciones y alcanzaron la superficie, llegando en este caso hasta las 60 mn en la T1 y hasta las 10 mn en la T2. En las restantes secciones los núcleos de máximos relativos, que no superan el 30%, se ubicaron a nivel subsuperficial en el sector oceánico pero ascendieron hasta la superficie en el sector costero.

EL ASAA en el crucero de verano se extendió desde la superficie hasta una profundidad máxima de 200 m, ubicando su núcleo de mayor PPMA en un nivel subsuperficial, núcleo que en general disminuyó su grado de composición y se hizo más superficial en una dirección sur - norte y también oeste - este. El núcleo de mayor porcentaje, que superó el 50%, se registró en el sector oceánico de la transecta de Antofagasta (T1) por sobre las 70 mn, condición que se observó también en la notoria separación de las líneas T-S indicada anteriormente. Los núcleos de mayores composiciones disminuyeron alrededor de un 10% entre cada transecta hacia el norte, excepto en la T5 donde se mantuvo relativamente similar a la transecta anterior. En las transectas T2 a T5 se registró un levantamiento de las isolíneas en el sector costero, situación que no ocurrió en la T1, dejando en estos casos PPMA del 20 a 30%.

Los porcentajes de participación de masa de agua (PPMA) ecuatorial subsuperficial (AESS), de las transectas perpendiculares a la costa, se presentan en las **Figuras 52** y **53**.

La masa AESS mostró en otoño un núcleo bien desarrollado en las 5 secciones, el que tuvo PPMA entre 80% y 90%. Este núcleo se centró a 150 m de profundidad y aumentó su espesor hacia el norte, atravesando generalmente toda la sección, a excepción de la transecta T1 en que éste se encontró más desarrollado en la costa y llegó hasta las 70 mn con una delgada extensión de su núcleo. Se destaca en la transecta T1 la profundidad de 80 m que alcanzó la isolínea de 20%, dejando

una capa superficial de PPMA menores que en las restantes secciones. La transecta T2 se destacó por presentar un ascenso importante de las isolíneas, siendo la situación similar a la encontrada en la transecta 5. El núcleo de 80% en la transecta T3 se encontró pegado a la costa, señalando con ello un debilitamiento en su participación en el área oceánica. Las transectas T4 y T5 presentaron una condición similar en la vertical, con un núcleo de 80% bien desarrollado que atravesó toda la sección y se centró en el nivel de profundidad de 200 metros. En todas las secciones se observó claramente la participación de AESS en la franja costera, encontrándose los mayores PPMA en la transecta T3, con porcentajes que llegaron a rangos de 40 a 60 % en superficie en el área de 1 a 5 mn. La AESS participó a 500 m de profundidad con PPMA de 40 a 50%.

En invierno, el AESS presentó en el sector oceánico en general niveles de participación menores que aquellos del sector costero, lo que significó el ascenso de las isolíneas de mayor valor ubicadas a nivel subsuperficial en la franja costera de las primeras 10 mn. Así es como se encontró un PPMA de 50% en superficie en la estación de 1 mn en la transecta de punta Lobos (T3). En el sector oceánico los niveles de participación fueron de 20 a 40%, en general, registrándose en la transecta T3 un PPMA mayor al 40% que corresponde al máximo encontrado a nivel superficial. El mínimo superficial se presentó en la transecta T5 pegado a la costa con valores de PPMA menores a 10%. El límite superior del núcleo de 80% se ubicó alrededor de los 100 m de profundidad, ascendiendo de nivel hacia la costa en todas las transectas hasta un nivel de 50 m. Este núcleo presentó una notoria diferencia de espesor en su núcleo de máximo PPMA en el sentido norte sur, tanto en el sector costero como oceánico, pero en el sector oceánico este núcleo disminuyó de 250 m en la transecta T5 a solo 40 m en la transecta T1. En la transecta T5 se destacaron dos situaciones, la primera fue una presencia de dos núcleos pequeños de PPMA de 90%, que son los únicos detectados en la zona de muestreo, y la segunda fue el de un mayor espesor del núcleo de esta

masa de agua en ambos extremos de la sección, espesor que aumentó de 50 a 100 m en comparación al sector central de la misma sección y también al mismo nivel de profundidad de la transecta anterior. En el nivel de 500 m de profundidad los PPMA aumentaron levemente de sur a norte, registrándose en las transectas T1 a T4 valores inferiores a 50% y en la transecta T5 valores menores a 60%.

En primavera, esta masa de agua ubicó su núcleo centrado en los 150 m de profundidad en todas las transectas. Las secciones T4 y T5 registraron un núcleo de PPMA > 90% como máximo valor, mientras que en las restantes tres este núcleo es > 80%, disminuyó su espesor de norte a sur y marcó su participación hacia la costa en las transectas 1 y 2. En todas las secciones no se vio una participación mayor al 10% en la capa superficial oceánica, sin embargo se observó el ascenso de las isolíneas en el sector costero. En la T1, y centrado en las 70 mn, hubo una profundización de las isolíneas entre 40 y 80% ubicadas sobre el núcleo. Las isolíneas de PPMA se presentaron más distanciadas bajo el nivel de 200 m en relación a lo que ocurre sobre el núcleo.

En verano, el AESS se presentó con niveles de composición en general mayores al 80% y 90% en las 5 secciones, sin embargo, hacia las transectas del norte estas registraron núcleos de PPMA mayores al 90% de un mayor tamaño relativo. El núcleo de PPMA 80% en la transecta T1 se ubicó entre los 50 y 350 m y entre la costa y las 80 mn, sin embargo en la T2 el núcleo se localizó también hacia el sector oceánico, pero éste se dividió en dos alrededor de las 40 mn de la costa, quedando uno más costero y otro oceánico. El núcleo de PPMA 80% se centró en el nivel de los 200 m de profundidad, pero todas las isolíneas ascendieron hacia la costa, aumentando los PPMA en ese sector hasta el nivel superficial. Este mismo núcleo se adelgazó en su espesor en las transectas T4 y T5 en comparación a las primeras tres transectas, pero llegaron hasta las 100 millas náuticas. En general,

los niveles de PPMA 10% encontrados en la costa llegaron al menos hasta las 20 mn, pero en la T1 este nivel llegó hasta las 60 millas náuticas.

3.17 Circulación geostrófica superficial

La circulación geostrófica superficial obtenida en el crucero de otoño de 2003 (**Figura 54a**) mostró la presencia de un giro ciclónico centrado a 70 mn de la costa en la transecta de punta Copaca (T2). Al sur del giro los flujos fueron en dirección noroeste, mientras que al norte de él y en el área oceánica hasta la latitud de Iquique se presentaron en dirección noreste. Entre Pisagua e Iquique el flujo cambió de sentido hacia el Este. Al norte de Pisagua, en el área oceánica, predominaron los flujos en dirección noroeste, mientras que en la franja costera frente a Arica se registraron en dirección sur, al igual que en el sector entre punta Lobos y Mejillones.

En invierno, la carta de flujos indicó para la franja costera flujos hacia la costa en las áreas entre Arica y punta Lobos y desde Tocopilla al sur, los que serían más intensos en el sector de Punta Junín dado la mayor proximidad de las líneas de flujo (**Figura 54b**). Desde el sur de punta Junín hasta Tocopilla, los flujos fueron en dirección noroeste con una menor intensidad respecto de aquellos ubicados más al norte, lo que es sugerido por la mayor separación de las líneas de flujo. En el sector oceánico, los flujos se caracterizaron por mostrar diversas direcciones, sin la presencia de un flujo de dirección sur a norte definido. En esta área se presentó lo que parecen ser dos giros ciclónicos de 20 a 40 mn de diámetro, los que estarían ubicados uno frente a caleta Camarones a 70 mn de la costa y el otro a 40 mn frente a Iquique. Un giro de tipo anticiclónico se localizó frente a Tocopilla centrado en las 40 mn, con un diámetro de 70 millas náuticas. Lo que parece ser parte de un giro anticiclónico se presentó también en el extremo oeste frente a punta Lobos, y otro en la parte central de bahía Moreno.

La circulación geostrófica superficial de primavera (**Figura 54c**) sugirió la presencia de al menos tres giros en el sector oceánico, dos de ellos de tipo ciclónico y uno anticiclónico. Los primeros de estos se observaron hacia el oeste en ambos extremos de la zona y en forma parcial, mientras el que se ubicó al norte fue de mayor tamaño que el restante, pero comparativamente de menor intensidad dado la mayor separación de las líneas de flujo. El giro de tipo ciclónico se ubicó en el centro de la zona con un diámetro aproximado de 40 millas náuticas. El sector entre la costa y las 40 mn, desde Punta Lobos al sur se caracterizó por un flujo geostrófico hacia el este, mientras en la mitad norte el flujo apareció con dirección sur.

En primavera, se observó un predominio de flujos hacia el norte en gran parte de la zona de estudio (**Figura 54d***)*. En el sector oceánico desde Tocopilla al sur se encontró un flujo hacia el Sur-Este y particularmente en el sector oceánico frente a Antofagasta el flujo formó parte de lo que pareció un giro ciclónico. No se observaron otros giros en el sector oceánico, sin embargo, la grilla de estaciones no fue óptima para detectar este tipo de procesos.

3.18 Distribución espacio-temporal de la TSM satelital

3.18.1 Distribución espacial y semanal de la TSM satelital

En la primera semana de mayo de 2003 se observó que la TSM fluctúo entre los 14ºC frente a Mejillones a los 21ºC en el sector oceánico en la mitad norte. A su vez, frente a la bahía de Mejillones se aprecia una lengua de 17 a 18ºC que se extiende hacia el oeste y que supera los 73ºW. Durante las semanas segunda y tercera se produce en algunos sectores una disminución de las TSM, respecto de la semana anterior, en aproximadamente 0,5ºC; asimismo, se mantienen aguas frías en la franja costera que afectan especialmente el área ubicada al sur de

Iquique, implicando con ello el desarrollo de surgencias costeras de intensidad fuerte que forman gradientes térmicos laterales importantes. En las dos últimas semanas del mes la estructura térmica se mantiene bastante similar a la observada en las semanas anteriores, la TSM oscila entre los 14 y 21ºC, destacándose el desplazamiento de las isotermas de mayores TSM en dirección noroeste. Por otra parte, el área norte que abarca desde Arica hasta Iquique presentó una temperatura en general superior a los 20ºC, con un brusco diferencial térmico en dirección norte-sur (**Figura 55**).

Junio presenta en general TSM entre 16° y 20ºC con una estructura térmica que presenta fuertes gradientes laterales. En la primera semana se destaca un foco cálido con TSM superiores a los 20ºC (color naranja) frente a Arica, también se aprecian en la costa dos núcleos de aguas frías (color verde claro), uno frente a Mejillones y el otro a la cuadra de punta Arenas, los cuales están asociados a eventos de surgencias. La segunda semana presenta la desaparición de aguas de 20ºC observándose una homogenización de la estructura térmica superficial, también continúa observándose la franja de aguas frías desde Pta. Arenas hasta el sur de Mejillones, finalmente se destacan focos surgentes frente a Iquique y Arica aunque son de limitada extensión geográfica. La tercera semana (16-22 de junio) presenta, en el sector norte del área de estudio, condiciones similares a la semana anterior, pero se observan temperaturas 1°C más bajas en la mitad sur, en este período se sigue apreciando la banda de aguas frías frente a Mejillones, no obstante la gran nubosidad que hubo en esa localidad. La cuarta semana se diferencia de las anteriores por presentar una entrada de aguas cálidas hacia el sector costero frente a Arica, mostrando un desplazamiento de la isoterma de 18 y 19ºC hacia la costa en forma de cuña. Por otra parte, se aprecia que desde Iquique al sur aparecen focos de aguas frías, los cuales desde Mejillones al sur toman la forma de una lengua de aguas que sale en dirección oeste.

Durante julio se aprecia un marcado predominio de aguas de 17 y 18°C. Así en la primera semana se destacan un sector cálido con TSM superiores a los 19ºC (color naranja claro) en el área oceánica a unas 120 mn frente a Arica y dos focos de aguas frías (entre Pisagua-Iquique y al sur de Tocopilla), asociados a eventos de surgencias. Durante las semanas segunda y tercera, desaparecen las aguas de 19ºC en el sector norte y en general se observa una homogenización de la estructura térmica superficial, no obstante lo anterior continúa la franja de aguas frías en la costa destacándose dos sectores de surgencias: frente a Iquique y desde punta Arenas hasta el sur de Mejillones, foco que tiene una extensa cobertura geográfica. En las semanas siguientes se produce una reducción de las TSM en aproximadamente 0,5ºC, advirtiéndose un repliegue de las aguas de 18°C y un comportamiento más homotermo de la condición térmica implicando una disminución en la intensidad de los frentes térmicos; además, aparecen de aguas de 15°C (color azul) en el sector sur de la zona de estudio; asimismo, continúan presenten los núcleos de aguas frías frente a Arica, al sur de Iquique y en los alrededores de Mejillones (**Figura 55**).

En agosto las TSM varían entre 15°C frente a Mejillones y 18ºC frente a Arica-Iquique. La temperatura superficial es en general levemente menor a la registrada en las últimas semanas del mes anterior, con un nítido predominio de aguas de 17°C. En la primera semana existe una alta cobertura de nubes en el sector oceánico, lo que es normal para esta fecha, destacándose un área con TSM superiores a los 18ºC (color amarillo) a unas 50 mn frente a Arica, también se destacan dos focos de aguas frías (entre Iquique-río Loa y al norte de Mejillones), asociados a surgencias y que generan fuertes gradientes laterales, por otra parte, frente a Tocopilla se aprecia una lengua de aguas frías (14-15°C) que se extiende hacia el oste y que alcanza los 73°W. La semana segunda exhibe focos de aguas frías al sur de Iquique y al norte de Mejillones, con un notable predominio de las aguas de 17°C lo que implica una homogenización de la estructura térmica

superficial; observándose a la cuadra de Tocopilla la presencia de la lengua de aguas frías que se extiende hacia el oste, aunque con una menor cobertura geográfica. En las semanas tercera y cuarta la estructura térmica se estabiliza y se presenta similar a las semanas anteriores con aguas ubicadas principalmente entre 15-17ºC, no obstante lo anterior se continúa apreciando el foco de aguas de 18-19ºC en el sector norte. También se observa el debilitamiento de los focos surgentes que se localizaban frente a Iquique y Mejillones (**Figura 55**).

Septiembre continúa con la gran cobertura nubosa observada en las últimas semanas de agosto. La primera semana del mes presenta un predominio de aguas de 16 y 17°C (color verde), principalmente desde Tocopilla al norte, con una estructura térmica bastante homoterma, en la que no existen gradientes térmicos longitudinales relevantes; asimismo, se observa una clara intrusión de aguas oceánicas que llegan hasta el sector costero frente a Pisagua. Las semanas segunda y tercera presentan una distribución muy similar a la registrada durante la primera semana del mes, es decir existe un predominio de aguas de 16 y 17ºC, con una distribución homogénea de las temperaturas; sin embargo, se advierte un núcleo de aguas más cálidas, de temperatura de 18 a 19ºC (en color amarillo), localizado al noroeste del puerto de Arica. Además, se presentó una delgada franja de aguas frías entre Iquique y Tocopilla que está asociada a eventos de surgencia. Las semanas posteriores continúan presentando condiciones similares a las registradas en las semanas anteriores, con un claro predominio de aguas de 16-17ºC en el sector oceánico, destacándose la desaparición del foco de aguas cálidas frente de Arica, y así también una disminución de los gradientes térmicos costeros, lo que indicaría una relajación de los eventos de surgencia. Finalmente, lo anterior es señalado también por el desplazamiento de la isoterma de 17ºC (color verde oscuro) hacia zonas ribereñas (**Figura 56**).

Durante las dos primeras semanas de octubre, la TSM presenta un leve pero sostenido aumento en 1°C, principalmente en el sector central de la zona, en estas semanas existe un predominio de temperaturas de 16 y 17ºC, condición que es similar a la descrita para las últimas semanas de septiembre; sin embargo se distingue la formación de un núcleo de aguas con temperatura mayores a 18ºC (en color amarillo) al noroeste de Iquique, también se observan fuertes gradientes laterales en el sector costero debido a la presencia de aguas cálidas a los sectores ribereños y de aguas frías que son aportadas por la surgencia. La tercera semana presenta un aumento de los valores de temperatura en aproximadamente 1°C a lo largo de la costa y hasta los 72°W de longitud, dicho aumento se aprecia nítidamente frente de Arica con la aparición de aguas con temperaturas > 19°C (color naranja); y también por el desplazamiento de la isoterma de 18ºC, en forma de lengua, con dirección sureste alcanzando hasta Mejillones. En las semanas cuarta y quinta (20-31 de octubre) continúan los incrementos en los registros de los valores de TSM, principalmente en la mitad norte del área de estudio, destacándose la presencia de aguas cálidas de 19 y 20°C, de manera simultanea en la franja costera hay una desaparición de aguas menores a 15ºC, lo que indicaría una relajación de los procesos de surgencia en esa área.

Durante la primera semana de noviembre hay un aumento de app. +1°C respecto de las últimas semanas de octubre, las TSM presentan una distribución entre los 15 y 21°C apreciándose la desaparición de aguas inferiores a los 14ºC, observándose la intrusión de aguas de 20 y 21ºC al norte de Iquique y el brusco aumento de la intensidad de los frentes térmicos costeros, debido a procesos de surgencias en las primeras 20 mn de la costa. La segunda semana nuevamente presenta un aumento de las TSM, especialmente al norte de Iquique debido al desplazamiento de la masa de 21°C (rojo claro); por otro lado, hay un debilitamiento de la franja costera de aguas frías aunque se mantienen los focos surgentes al sur de Tocopilla-Mejillones lo que provoca importantes gradientes

laterales en dicha área. Las semanas tercera y cuarta vuelven a manifestar un sostenido ascenso de las TSM, lo que es habitual para la época, en este sentido se destaca la gran migración de la isoterma de 20ºC (naranja oscuro) alcanzando la cuadra de Tocopilla, implicando aumento de app. +0,5°C en la mitad norte del área de estudio, también se señala la virtual desaparición de aguas frías desde Tocopilla al norte debido a una relajación de los procesos de surgencia en esa área, no obstante se mantiene el núcleo surgente localizado frente a Mejillones lo que provoca diferenciales térmicos en ese sector (**Figura 56**).

La primera semana de diciembre exhibe un incremento de app. +1,5°C respecto de las últimas semanas de noviembre, este mes las TSM fluctúan entre los 17 y 22°C apreciándose la desaparición de aguas inferiores a los 16ºC. También se aprecia una masa de aguas cálidas que se presenta al oeste de Arica y la aparición de un foco en las cercanías de Mejillones, asociado a procesos surgentes. En las semanas segunda y tercera se vuelve a presentar un aumento de las TSM con la aparición de aguas de 23°C al suroeste de Arica (rojo oscuro), destacándose un desplazamiento de las aguas de 21 y 22°C en dirección sureste alcanzando la cuadra de Tocopilla, asimismo, se advierte el aumento de la intensidad del foco de aguas frías (entre Mejillones-Antofagasta), que está asociado a eventos de surgencias y que continúa generando fuertes gradientes laterales. La cuarta semana presenta una nítida alza de la TSM distinguiéndose la aparición de aguas de 24°C frente a Pisagua, asimismo se destaca la gran migración de las aguas de 22 y 23°C las que alcanzan el sector de Mejillones. No obstante lo anterior, se mantiene la banda costera de aguas frías en las 10 primeras mn de la costa con un núcleo importante situado al sur del Río Loa.

Durante enero de 2004, la estructura térmica superficial fluctuó entre los 18 y 25°C, destacándose una lengua de aguas cálidas en el área norte de la zona de estudio y una franja de aguas frías que recorre la costa preferentemente desde

Iquique al sur. Las dos primeras semanas presentan temperaturas similares a las últimas semanas de diciembre, sin embargo en el área oceánica norte se observa una clara intrusión de aguas más cálidas en forma de lenguas, con TSM superiores a los 22ºC; asimismo, se advierte una franja de aguas frías en las primeras 15 mn de la costa, que provoca fuertes gradientes térmicos, con de focos surgentes al sur de Iquique y en las proximidades de la península de Mejillones. En las semanas posteriores, se produce un aumento en la TSM de app. 0,5°C con un desplazamiento de las isotermas de mayor temperatura hacia los sectores costeros y también en dirección sur, además se advierte un bolsón de aguas de 24°C a unas 40-45 mn frente al puerto de Arica y se observa una disminución en la cobertura espacial de la franja de aguas frías que recorre la costa, lo que implica una reducción en la intensidad de los frentes térmicos probablemente debido a un relajamiento de las surgencias (**Figura 57**).

En febrero de 2004 la TSM se presentó entre los 19 y 26°C, destacándose un bolsón de aguas de mayor temperatura en el sector norte de la zona de estudio y una banda de aguas frías que recorre la costa desde Pisagua al sur, en las 20 primeras mn. Durante las dos primeras semanas del mes se observa en general en la zona un aumento de las TSM en aproximadamente 1°C respecto a la última semana de enero, apreciándose el desplazamiento de las isotermas de TSM mas altas en sentido sur; asimismo se observa la virtual desaparición de la franja costera de aguas frías lo cual indicaría un relajamiento de los eventos de surgencias, no obstante de pequeños focos surgentes localizados frente al río Loa y Mejillones. La tercera semana muestra un nítido descenso en los registros de la TSM apreciándose la desaparición de aguas de 26°C frente al puerto de Arica, también se observa la migración de las aguas de 21 y 22°C las que alcanzan una cobertura espacial significativa; por otra parte, se destaca el afloramiento de aguas frías en las primeras millas de la costa que provoca fuertes gradientes térmicos, con focos surgentes frente al Loa y en las proximidades de la península de

Mejillones. La cuarta semana del mes se caracteriza por un nuevo decrecimiento en las registros de las TSM, principalmente desde Iquique al sur y un corrimiento de las aguas de 24ºC en dirección noroeste, a su vez se identifica una extensa área con temperaturas menores a los 21°C; por otro lado se sigue apreciando la banda de aguas frías en las 20 primeras millas de la costa que provoca fuertes gradientes laterales.

En marzo la TSM fluctúo entre los 17 y 24°C, observándose el paulatino enfriamiento de la estructura térmica superficial donde se destaca la aparición de aguas de 17°C relacionadas con eventos de surgencias. La primera semana se caracteriza por un decrecimiento de las TSM respecto de las últimas semanas de febrero, no obstante de un bolsón de aguas cálidas (23-24°C) en el sector norte; asimismo, continúa advirtiéndose una franja de aguas frías en las 20 primeras millas de la costa que provoca fuertes gradientes térmicos, con dos focos principales localizados frente al Loa y en las cercanías de Mejillones. Durante la segunda semana se vuelva a observar un enfriamiento en la zona de estudio destacándose la virtual desaparición de aguas de 24°C las que solamente se localizan al oeste de los 73°W, asimismo se advierte el gran corrimiento de la masa de aguas de 22°C en sentido noroeste. En la tercera semana prosigue la disminución de las TSM de aproximadamente 1º a 2°C respecto de las últimas semanas; en esta semana se distingue la aparición de aguas de 16 y 17°C en las primeras 15 mn de la costa lo que es indicativo de un fortalecimiento de las surgencias, con dos focos principales; el primero ubicado al norte de Mejillones y el segundo al sur de Antofagasta. La cuarta semana presenta un leve incremento en las temperaturas, especialmente en el sector oceánico destacándose la gran extensión geográfica que alcanzan las aguas de 22 y 23°C, debido a una intrusión de aguas oceánicas en forma de lenguas; por otra parte no se observa la presencia de focos de surgencia debido a la gran cobertura nubosa en las primeras millas (**Figura 57**).

Abril presenta, respecto a marzo, una sostenida disminución de las temperaturas. En general la TSM osciló entre los 15° y 23°C, donde las mayores TSM se sitúan en el sector oceánico norte de la zona y las más bajas en el sector costero, asociadas a eventos de surgencia. No obstante lo anterior, la primera semana del mes la TSM denota, en general, un leve aumento con respecto a las últimas semanas de marzo; así se observa la migración de las isotermas de mayor valor hacia el sur y un adelgazamiento de la franja costera de aguas frías, condición que sugiere un relajamiento de los eventos de surgencias, también se destacó esta semana un bolsón de aguas cálidas (>24°C) en el sector oceánico frente a las costas de Arica. La segunda semana presenta una estructura térmica con aguas en el sector oceánico que son levemente más frías en app. 1°C respecto a la semana anterior, con prácticamente ausencia de aguas de temperatura >24°C; esta semana se caracteriza por un notable desplazamiento de las isotermas mayores a los 22°C en dirección noroeste, aunque aguas de esta temperatura o superior siguen cubriendo una extensa área, asimismo se advierten dos focos de aguas relativamente frías (> 19°C), uno al sur de Iquique y otro frente al puerto de Antofagasta, condición relacionada con eventos de surgencias. Durante las semanas siguientes prosigue la fuerte disminución de las TSM, estas semanas dan cuenta de la desaparición de aguas >23°C y se destaca el fortalecimiento de la franja de aguas frías que recorre la costa, distinguiéndose dos focos principales, uno localizado al sur de Iquique y otro en las cercanías de Mejillones, con temperaturas < 17°C, que generan frentes térmicos relevantes en la franja costera y hasta las 30 mn de la costa (**Figura 58**).

Mayo presenta TSM que fluctúan entre los 15 y 21°C y se caracteriza por una masa de aguas cálidas en el área oceánica del sector norte y una franja de aguas frías desde Pisagua al sur que se relaciona con eventos de surgencias. La primera semana exhibe una estructura térmica muy similar a la registrada durante la última semana de abril, es decir con aguas entre los 17 y 21°C, con una gran cobertura

espacial de las aguas mayores a 20°C, aunque éstas desaparecen al sur de Tocopilla, y una banda de aguas frías en las primeras millas de la costa. En la segunda semana existe un claro predominio de aguas de 18-21ºC, destacándose la disminución en la extensión geográfica del foco de aguas de 21°C (rojo claro) que se localiza al noroeste de Arica, lo anterior también se refleja en el desplazamiento de la isoterma de 20ºC (color salmón oscuro) hacia zonas oceánicas; por otra parte, el sector costero entre Arica y Pisagua no registró un frente térmico importante, indicando con ello menores intensidades de los eventos de surgencia. En las semanas tercera y cuarta prosigue la sostenida disminución de las TSM respecto de las semanas anteriores, en estas semanas se advierte en el sector oceánico la desaparición de aguas mayores a 21°C y se destaca el fortalecimiento de la franja de aguas frías que recorre la costa, distinguiéndose un foco principal situado en los alrededores del Río Loa con TSM < 16°C, que implica gradientes térmicos relevantes en las primeras 25-30 mn y un núcleo ubicado frente a Antofagasta que posee un gran filamento de aguas frías que alcanzó las 80-100 millas náuticas.

3.18.2 Distribución espacial y mensual de la TSM satelital

Respecto de la distribución mensual de la TSM, ésta se presenta en la **Figura 59**. En dicha figura se aprecia que en mayo del 2003 las temperaturas se distribuyen entre los 14ºC y 21ºC; con una franja costera de aguas frías y surgentes que recorre toda la costa y que provoca fuertes gradientes térmicos y bolsones de aguas cálidas en el extremo norte de la zona de estudio. El período junio-julio del 2003 se caracteriza por la disminución de las temperaturas que se localizan en el rango 14-20ºC debido a la transición entre otoño e invierno observándose una repartición espacial más homogénea que implica una drástica disminución en la intensidad de los gradientes térmicos. Durante los meses de agosto y septiembre, las TSM continúan disminuyendo y fluctúan entre los 14ºC y los 18ºC, destacando

el desplazamiento de la isoterma de 15ºC en el sentido noroeste; asimismo, se aprecia una distribución bastante homoterma sin grandes gradientes laterales y el afloramiento de aguas frías en los sectores ribereños.

Entre octubre y diciembre, se aprecia un aumento sostenido de la TSM debido al cambio estacional que ocurre en esta época del año. En general, la temperatura superficial del mar se sitúo entre los 17 y 22°C, destacándose la aparición de masas de aguas cálidas de 24°C en el sector oceánico norte y núcleos de aguas frías preferentemente en las cercanías de Mejillones, lo que implica la aparición de gradientes térmicos más relevantes que los exhibidos en los meses anteriores, además en este período se observa una estructura térmica bastante menos homoterma. Finalmente, se distinguen claramente las migraciones de las isolíneas de mayor TSM en dirección sureste.

Durante los meses de enero-febrero de 2004, la estructura térmica superficial fluctuó entre los 17 y 26°C, destacándose un bolsón de aguas cálidas en el área norte de la zona de estudio, preferentemente a la cuadra de Arica y una franja de aguas frías que recorre la costa en las primeras 20 mn principalmente desde Iquique al sur, dicha franja está relacionada con eventos de surgencias y a su vez provoca fuertes gradientes térmicos. En este período se destaca la gran cobertura espacial que alcanzan las aguas de TSM superiores al los 22°C las que cubren más del 80% del área de estudio en algunos períodos (**Figuras 57** y **59**).

Marzo-mayo presentan una sostenida disminución de las temperaturas. En general la TSM osciló entre los 16-25°C, observándose las mayores TSM en el sector oceánico del extremo norte de la zona de estudio. Estos meses se caracterizan por un notable desplazamiento de las isotermas mayores a los 20°C en dirección noroeste y el fortalecimiento de la franja de aguas frías que recorre la costa, distinguiéndose dos focos principales, uno localizado al sur de Iquique y

otro en las cercanías de Mejillones, con temperaturas < 17°C, lo que generó fuertes gradientes térmicos en la costa y que alcanzan sobre las 30 millas náuticas.

3.19 Análisis de pigmentos vegetales

3.19.1 Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica

En otoño, la distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica, expresada como clorofila a (cloa) (**Figura 60a**), presentó las mayores agregaciones en las transectas de Arica (T5) y bahía Moreno (T1). Por otra parte a lo largo de toda el área de muestreo se observó una franja mesotrófica de ancho variable pero que en general no superó las 20 millas náuticas.

En la transecta de bahía Moreno (T1), los valores eutróficos (> 1 µg/L) se extendieron hasta las 15 mn, con un valor máximo de, 4,1 µg/L, registrado en la estación de 5 millas náuticas. Hacia la estación de costera de la punta sur de la península de Mejillones (23º 31'S), la cloa disminuye notoriamente a valores mesotróficos, para luego recuperarse en la estación de la punta norte de la misma península (23º 5,24'S). En este último lugar se detectó un núcleo de 1 µg/L, mientras que en la estación fija de Mejillones la biomasa pigmentaria (cloa) bajó a 0,5 µg/L. Desde los 22°44'S se vuelven a detectar concentraciones altas (> 1 µg/L) hasta la estación costera de caleta Chipana (21°20'S). En esta franja se observó un segundo núcleo que superó los 2 µg/L, en la estación costera de Punta Arenas (21°40'S).

En la transecta de punta Lobos (T3, 21º 00'S) los valores de cloa fueron muy bajos principalmente en la costa, para luego aumentar a mesotróficos entre las 5 y las 40 mn, condición que se prolongó hasta la estación de Iquique. En la transecta de

punta Junín (T4) los valores eutróficos de cloa se extendieron hasta las 5 mn y los mesotróficos hasta aproximadamente las 10 millas náuticas. En la transecta de Arica (T5), la distribución es diferente a las demás secciones ya que los valores eutróficos se extienden más hacia el oeste alcanzando las 12 mn, en tanto que la máxima concentración del crucero, que superó los 6 µg/L, se presentó en la estación de las 5 mn, por otra parte los valores mesotróficos no alcanzaron a llegar a las 20 millas náuticas.

En el sector oceánico del área de estudio, que está caracterizado por concentraciones entre oligo y ultraoligotrófias, destaca un núcleo de concentraciones eutróficas a 100 mn de Punta Copaca (T2).

Los feopigmentos (feop) (**Figura 61a**) se mantuvieron en concentraciones muy bajas, fluctuando alrededor de 0,2 µg/L. La única estación que presentó valores significativos (1,1 µg/L) fue la de 5 mn en bahía Moreno (T1), coincidiendo con un valor alto de cloa.

En invierno de 2003 la cloa (**Figura 60b**) se observó bastante focalizada en los extremos de la zona de muestreo, midiéndose las mayores concentraciones en la transecta de bahía Moreno (T1), en el sector sur y entre punta Pinto (18º 40'S) y punta Madrid (19º 00'S) en el sector norte.

Al frente de bahía Moreno (T1), el núcleo pigmentario superó las 15 mn, midiéndose además en este sector una concentración máxima de 5 µg/L en la estación de 5 mn, otro foco eutrófico se observó en Mejillones donde las concentraciones alcanzaron los 2 µg/L. Más al norte, desde la estación 12 (22º40´S) hasta caleta Chipana (21º20'S) los valores costeros de cloa se mantuvieron en el rango oligotrófico. En la transecta de punta Lobos (T3) destacó un pequeño núcleo centrado a 5 mn donde se midió una concentración de 3,5

µg/L. Siguiendo hacia el norte, las concentraciones costeras se mantuvieron en el rango mesotrófico hasta punta Junín (T4), no superando los 0,7 µg/L. El mayor núcleo pigmentario se ubicó entre punta Madrid (19º00'S; Est. 44) y punta Pinto (18º40'S; Est. 46), midiéndose el máximo valor de cloa del crucero, 6,9 µg/L, en la primera de estas estaciones. Arica presentó concentraciones eutróficas dentro del las primeras 5 mn, las que superaron levemente los 2 µg/L.

En el sector oceánico, destacó un núcleo eutrófico (1,3 µg/L) ubicado a 60 mn frente a caleta Patillos (20º40'S), mientras que las demás localidades se mantuvieron con concentraciones entre oligo y ultraoligotróficas.

En este período los feop superficiales (**Figura 61b**) se mantuvieron con valores muy bajos siguiendo el patrón de la cloa, al igual que en el período de otoño. Los mayores valores se localizaron en: la estación fija de Mejillones con 1 µg/L, la estación de 5 mn frente a punta Lobos con 0,9 µg/L y las estaciones costeras frente a Arica con 0,5 µg/L, el resto de los valores costeros se mantuvieron por debajo de los 0,5 µg/L.

En la primavera de 2003, la cloa (**Figura 60c**) en general estuvo baja, la mayor diferencia se observó en el sector centro-norte, donde prácticamente todas las estaciones presentaron concentraciones mesotróficas (< 1 µgL), las excepciones fueron la estaciones costeras de Iquique y punta Lobos (T3) con 1 µg/L y la estación de punta Madrid (18º 44'S; Est. 53) con 1,1 µg/L.

Desde Tocopilla al sur, se observó una mayor cobertura de los valores productivos (> 1 µg/L), exceptuando la estación de Mejillones (0,8 µg/L). Las mayores concentraciones de cloa se vieron restringidos a: la estación costera de bahía Moreno (T1) con un valor de 4,3 µg/L, la estación costera frente a punta Copaca (T2) con 3,5 µg/L y la estación ubicada en la punta sur de Mejillones con 3 µg/L.

Los feop en primavera (**Figura 61c**), siguieron una distribución muy similar a la presentada por la cloa, sin embargo, en esta oportunidad las concentraciones son muy similares a las de cloa incluso más altas en algunas estaciones, situación que se observó principalmente en la zona sur del área de estudio: desde caleta Chipana a Tocopilla, entre punta Guanillos (22º34'S) y Mejillones, en la punta sur de la península de Mejillones y en las estaciones de 5 y 10 mn frente a bahía Moreno (T1). Esto constituye una distribución inusual para los feop.

En el verano del año 2004, los valores de cloa (**Figura 60d**) se presentaron en general altos, a diferencia de lo observado en primavera, formando una banda costera de concentraciones eutróficas (> 1 µg/L) que abarcó toda el área de estudio. Dentro de esta banda destacan los núcleos de; Arica (T5) a caleta Pinto (18°44'S), donde la extención del núcleo productivo se encontró restringido dentro de las 20 mn, midiéndose en la estación costera de Arica (T5) la concentración de cloa más alta del crucero, > 45 µg/L, valor inusual para este sector. Hacia el sur, en caleta Camarones (19°22'S) se localizó un segundo núcleo de altas concentraciones, esta vez con un valor de 11,4 µg/L. En punta Junín (T4) se midió un pequeño núcleo de 2,3 µg/L a 10 mn, disminuyendo esta concentración hacia la costa. Desde Iquique hasta bahía Moreno (T1) la franja productiva superó los 3,3 µg/L, en este sector destacan dos focos de altas concentraciones, uno ubicado en punta Arenas (21º40'S; 19,6 µg/L) y el otro en la estación costera de punta Copaca (T2) (15,3 µg/L).

Se puede observar que hay un leve aumento en la extensión de los núcleos hacia el oeste, en sentido N-S, teniendo Arica (T5) menos de 20 mn de extensión, en tanto que superó las 20 mn en punta Lobos (T3), y mientras que desde punta Copaca (T2) el núcleo productivo se extendió hacia el sur-oeste hasta bahía Moreno (T1), sobrepasando las 40 mn con una concentración de 2,5 µg/L, sin embargo en esta transecta la extensión del núcleo se vio interrumpida en la estación de 20 mn donde la concentración descendió a < 0,5 µg/L.

Los feop superficiales (**Figura 61d**) en general siguieron el patrón de la cloa, midiéndose altas concentraciones en las estaciones costeras de: Arica (T5) (5,9 µg/L); frente a punta Camarones (19º22'S; 2,5 µg/L); y punta Copaca (T2) (4,4 µg/L), sin embargo, el valor del feop fue muy inferior al de la cloa medida en las mismas estaciones. Entre punta Arenas (21º40'S) y Tocopilla (22º00'S) se midieron las mayores concentraciones de feop, 10 y 7 µg/L respectivamente, concentración algo menor que el de cloa; mientras que en la punta norte de la península de Mejillones se desarrolló un núcleo de feop de 4,8 µg/L, levemente más alto que la cloa. En bahía Moreno (T1), aunque las concentraciones de feop son inferiores a los de cloa, se observó una distribución similar con la prolongación del núcleo generado más al norte, que se extendió hasta las 40 mn con una concentración de 1,3 µg/L, y al igual que en la cloa, también se observó un descenso en los feop en la estación de 20 millas náuticas.

3.19.2 Distribución de la biomasa fitoplanctónica integrada

En otoño, Los resultados de la clorofila integrada (cloint) (**Figura 62a**) arrojan valores muy bajos alrededor de 20 mg/m^2 para la mayor parte del área de muestreo. Las mayores concentraciones, superaron los 40 mg/m^2 en la estación costera de punta Copaca (T3) y los 60 mg/m^2 en la estación de 5 mn en Arica (T5). Al igual que en la distribución de cloa superficial, la cloint presentó a 100 mn en la transecta de punta Copaca (T3) un núcleo, aunque con bajo valor (> 20 mg/m^2).

En cuanto a los feopigmentos integrados (feopint) (**Figura 63a**), en este período los valores se mantienen muy bajos, sin embargo, en el sector norte a 20 mn frente a Arica, superan incluso el valor de cloint, significando con ello una fuerte degradación pigmentaria donde los valores puntuales de feop en la vertical son mayores a los de cloa. A 70 mn en el sector oceánico destaca un núcleo que superó los 20 mg/m^2.

En invierno, las isolíneas de cloint (**Figura 62b**), siguieron un patrón similar al de la cloa superficial, encontrándose las mayores concentraciones entre la estación punta Madrid (19º00'S; Est. 44) y punta Pinto (18º40'S; Est. 46) midiéndose el valor más alto, 100 mg/m^2, en esta última estación. Altos valores se observaron también en: punta Lobos (T3) (90 mg/m^2), la estación 10 (23º00'S) al norte de la estación fija de Mejillones (80 mg/m^2), y las estaciones de 1 y 10 mn en bahía Moreno (T1) (> 70 mg/m^2). En la estación ubicada a 60 mn frente a caleta Patillos (20º 40'S; Est 31), se observó un valor de 40 mg/m^2, el que representa al núcleo de cloa de concentraciones > 1,2 µg/L y que abarcó desde superficie hasta los 10 m de profundidad.

Los feopigmentos feopint (**Figura 63b**), presentaron bajos valores siguiendo la distribución de la cloint. Las concentraciones se mantuvieron alrededor de los 20 mg/m^2, alcanzando un máximo de 34 mg/m^2 en la estación fija de Mejillones.

En primavera, las isolíneas de cloint (**Figura 62c**) dan cuenta de las bajas concentraciones medidas en esta estación del año, ya que el valor más alto a penas alcanzó los 59 mg/m^2 en la estación de punta Tames (22º48'S; Est. 2), mientras que la mayoría de las estaciones presentó valores alrededor de los 20 mg/m^2.

Los feopint (**Figura 63c**) en cambio, presentaron una inusual distribución con altos valores que generalmente fueron más altos que la coint, la mayor diferencia se observó en la zona sur con núcleos que superaron los 100 mg/m^2 en bahía Moreno (T1) y punta Tames (22º48'S; Est. 2). Por otra parte, en la zona centro norte aunque las diferencias son menores, los feopint se mantienen mayores que la cloint.

En el verano de 2004, la cloint **(Figura 62d)** mostró una distribución muy similar a la de la cloa, con una franja de altas concentraciones (> 100 mg/m^2) que abarcó gran parte de la zona costera del área de muestreo, empezando por Arica (T5),

donde se midió un valor > 350 mg/m^2 en la estación costera; esta franja se interrumpe ente punta Pinto (18°44'S) y punta Madrid (19° 3'S) para reaparecer en punta Camarones (19º22'S; > 230 mg/m^2) hasta punta Junín (T4); en Iquique desaparece y se observa nuevamente en punta Lobos (T3) hasta bahía Moreno (T1), destacando una franja > 200 mg/m^2 comprendida entre punta Arenas y Mejillones, alcanzando un valor de 300 mg/m^2 tanto en la estación costera de punta Copaca (T2) como en Mejillones.

Los feopint **(Figura 63d)**, en general muestran un patrón similar al de la cloint, pero con valores inferiores, sobre todo en el sector costero de Arica (T5), donde fueron <60 mg/m^2. Las concentraciones más altas de feopint, alrededor de los 100 mg/m^2 se dieron entre punta Camarones (19º22'S) y punta Junín (T4); más al sur en punta Lobos (T3), la concentración alcanzó los 160 mg/m^2 en la estación de 10 mn; mientras que desde Tocopilla (22º00'S) hasta Mejillones los valores de feopint superaron los 150 mg/m^2. En bahía Moreno (T1), valores > 100 mg/m^2 superaron las 10 mn. Al igual que los feop, los feopint aumentan los valores desde norte a sur.

3.19.3 Distribución espacial y temporal de la clorofila registrada por satélites

En otoño, debido a la alta nubosidad imperante en la zona de estudio, fue posible rescatar sólo una imagen de clorofila a satelital (cloas) (**Figura 64**) correspondiente al día 16 de mayo, coetánea a la colecta de datos de la transecta realizada en Arica (T5). Tomando en cuenta lo anterior se aprecia que la cloas presentó altas concentraciones en los sectores costeros con tres focos principales, a saber: Arica, cuyo foco se extendió hasta las proximidades de Pisagua con altas concentraciones; frente al río Loa con un núcleo pequeño y finalmente al norte de la bahía de Mejillones donde también existió una cobertura reducida pero con altos valores.

En cuanto a las concentraciones más oceánicas, la imagen da cuenta de un descenso de las densidades en un sentido este-oeste, lo que correspondería al patrón tradicional de la clorofila. No obstante lo anterior, se aprecia a unas 40 mn de la costa en la transecta de punta Copaca (T2) un sector con concentraciones intermedias de clorofila.

En relación a la correspondencia de la cloas con la situación observada en el crucero (***in situ***) se puede apreciar que ésta en general es buena en la transecta de Arica, aunque el núcleo de cloas que se presentó en la zona costera parece ser de mayor extensión geográfica.

De la imagen satelital también se puede indicar que la actividad planctónica, altamente dinámica, presentó núcleos de importancia en el sector costero de punta Lobos y Mejillones, los cuales no fueron detectados con posterioridad en el muestreo ***in situ*** de los días 19 y 21 de mayo, respectivamente, lo que puede deberse a desagregación del parche o a la degradación natural de la población. En la imagen de cloas también se puede observar que Bahía Moreno (muestreo del 21 mayo) no presentó concentraciones de importancia al momento de iniciar el crucero.

En invierno, la imagen de cloas (**Figura 65**), correspondió al promedio de la semana entre el 13 y 18 de septiembre, fecha que coincidió con la toma de muestras en la transecta de punta Junín (T4), la intertransecta entre los 20º y 21ºS y la estación fija de Iquique.

En el caso de punta Junín (T4) las nubes imperantes no permitieron hacer una adecuada comparación con los valores de cloa in situ. Por otra parte, aunque el núcleo oceánico eutrófico detectado a 60 mn en los 20º 40'S no se vio representado en la carta satelital, se observó una correspondencia regular con los valores del sector de Iquique ya que refleja una concentración más elevada que la

registrada por el muestreo. A pesar que no coincide con la fecha del muestreo, en la imagen se observó un núcleo de alta clorofila en punta Lobos, el que según la imagen de cloas abarcó una mayor área que en el muestreo, alcanzando las cercanías de Iquique por el norte y caleta Chipana por el sur con una concentración > 2 µg/L, en este mismo sentido en la zona sur a pesar que las fechas del muestreo in situ no corresponden con la de la imagen de cloas, se puede observar un foco de altas concentraciones de cloas (> 2 µg/L) entre Mejillones y bahía Moreno (T1), las que fueron corroboradas con la clorofila total in situ, aunque, con diferencias en las concentraciones. Según la cloas este núcleo se extendió ampliamente hacia el noroeste abarcando incluso en forma aproximada los 71º W.

Coetáneas al crucero de primavera de 2003, se recepcionaron y analizaron dos imágenes de cloas correspondientes a los días 11 y 18 de diciembre (**Figura 66**). La primera imagen correspondió al inicio del crucero coincidiendo con la colecta de muestras de las estaciones costeras de punta Guanillos (22º34'S; Est.1), punta Tames (22º48'S; Est. 2) y la estación fija de Mejillones. En esta imagen se observó una franja costera productiva (> 4 µg/L) que abarcó toda el área de muestreo. Sin embargo los resultados de las muestra in situ superficiales de la clorofila total muestran concentraciones menores, en especial en la estación de punta Guanillos (22º 34'S; Est.1) (2,1 µg/L) y en Mejillones (1,7 µg/L); no obstante lo anterior, la imagen satelital refleja bien lo observado en bahía Moreno (T1) un día más tarde, lugar donde se midieron las mayores concentraciones del muestreo.

En la imagen del día 18 de diciembre, en general se observó una disminución en las concentraciones y en la extensión de las bandas productivas. La toma de muestras correspondiente a ese día se realizó en el sector oceánico entre la estación 40 a 70 mn de punta Junín (T4) y la estación 44 (18º44', punta Pinto), este sector estuvo completamente cubierto por nubes por lo que no se puede

hacer una comparación punto a punto, sin embargo, en sectores aledaños, se destaca una correspondencia entre los bajos valores observados la imagen satelital y los recolectados en las muestras "***in situ***".

En cuanto a la toma de muestra en la costa de Arica (T5), la imagen de cloas tuvo una diferencia de un día, y no se observó una buena correspondencia con los resultados de los análisis ***in situ***, los que reportaron en general menores valores en toda la zona costera norte. En general la cloas, a pesar que disminuye la cobertura y la concentración desde el 11 al 18, mantiene una franja costera de > 1 µg/L con focos de elevada concentración del pigmento en Arica (T5; > 4 µg/L), lo que no es corroborado por el muestreo.

En verano, las imágenes de cloas (**Figura 67**) correspondieron a los días 12 y 17 de marzo, observándose en ambos días una franja productiva a lo largo de toda el área de estudio con concentraciones muy altas. El primer día, coincidió con la toma de muestra entre la punta sur de la península de Mejillones y la transecta de bahía Moreno (T1) desde la costa hasta las 70 mn, en este sector la coincidencia con la cloas es apreciable, observándose como desde Tocopilla al sur el núcleo productivo se desplazó hacia el sur- oeste, formando una lengua de altas concentraciones que salió desde la punta norte de Mejillones abriéndose en dos cuñas, una muy pegada a la costa, la que se juntó con las altas concentraciones de la bahía de Antofagasta, mientras que la otra cuña abarcó aproximadamente entre las 25 y casi hasta las 70 millas náuticas. Tal como se observó en la carta superficial de cloa, aproximadamente a 20 mn, en la separación de las cuñas, las concentraciones de cloas fueron muy bajas. En el día 17, se realizó el muestreo entre las estaciones de 20 y 100 mn en punta Junín (T4) más las estaciones ubicadas a 100 mn de punta Camarones (40) y punta Madrid (41), en este sector la cloas tuvo valores altos para estar tan alejada de la costa, alrededor de 0,5 µg/L, lo que se vio bien reflejado en el

muestreo ***in situ***, donde la mayoría de los valores de la clorofila total estuvieron alrededor del mismo valor.

En general, la imagen del día 12 mostró una angosta franja de concentraciones muy altas en la zona costera desde Tocopilla al norte, en tanto que para el 17 se mantiene la franja productiva pero con concentraciones inferiores y más extendida hacia el oeste. En ambos casos a la altura del río Loa se observó filamentos de clorofila extendidos hacia el noroeste.

Distribución histórica de clorofila a desde 1993 a 2004

Otoño:

En el otoño de 1997 (**Figura 68**), la cloa superficial mostró una distribución atípica, aunque se observaron núcleos eutróficos (> 1 µg/L) en las estaciones costeras de cuatro de las cinco transectas, siendo la excepción punta Lobos (T3), sin embargo las concentraciones más altas fluctuaron alrededor de los 2 µg/L, lo que se podría considerar concentraciones moderadas para la zona. En el sector oceánico destacan dos focos (< 1,5 µg/L) en punta Copaca (T2) y punta Lobos (T3) y una gran extensión de valores mesotróficos. Esta distribución podría estar sintiendo los primeros efectos del evento El Niño 1997-98.

En el otoño de 1998, la notoria baja en las concentraciones de cloa es debida al evento El Niño 1997-98. La mayor parte de las estaciones presentaron concentraciones entre oligo y ultraoligotróficas. La única excepción fue el sector costero de Arica (T5), donde la cloa alcanzó los 2 µg/L.

En el otoño de 1999, la situación es absolutamente distinta, los núcleos eutróficos se observaron en gran parte de la zona costera del área de estudio, dándose las

mayores concentraciones en: Arica (T5) con valores máximos de 6 µg/L, punta Lobos (T3) con un núcleo de 4 µg/L y la estación fija de Mejillones con 2,3 µg/L. Las menores concentraciones se midieron en la transecta de bahía Moreno (T1) donde se observaron sólo dos núcleos mesotróficos (< 1 µg/L) y en la transecta de punta Copaca (T2) donde las concentraciones fueron oligotróficas.

En el otoño de 2000, la distribución pigmentaria fue similar a la de otoño de 1999. La única transecta con concentraciones oligotróficas fue punta Copaca (T2), con una concentración máxima de 0,4 µg/L. Por otra parte las concentraciones más altas se dieron nuevamente en Arica (T5) con un máximo de 6,3 µg/L, le siguió bahía Moreno (T1) con 3,6 µg/L., en tanto que en punta Junín (T4) y punta Lobos (T3) la concentración de cloa superó los 2 µg/L.

En el otoño de 2001, la distribución de cloa se invierte en relación al otoño del año 1999, dado que en esta ocasión las menores concentraciones, de las transectas, se dieron en Arica (T5) con 1,6 µg/L, y las mayores en bahía Moreno (T1) con 3,6 µg/L. Salvo por la estación costera de Arica (T5) y de Tocopilla, el resto de las estaciones costeras presentaron concentraciones > 1 µg/L.

En el otoño de 2002, las menores concentraciones de orden meso-oligotrófico se midieron en bahía Moreno (T1) mientras que una franja mesotrófica se observó entre caleta Chipana y Tocopilla. Por otra parte las concentraciones más elevadas se dieron en Arica (T5) con 7,2 µg/L, punta Copaca (T2) con 5,2 y en la estación fija de Iquique con 4,5 µg/L.

En el otoño de 2003 (**Figura 68**), las mayores concentraciones de cloa se dieron nuevamente en Arica (T5) con 6,8 µg/L y en bahía Moreno (T1) con 4,1 µg/L, las menores concentraciones se dieron en punta Lobos (T3), mientras que en punta

Copaca (T2) se observó un núcleo eutrófico a 100 mn de la costa. En general la cobertura de valores eutróficos es menor que la observada el año anterior

Invierno:

En el invierno de 1994 (**Figura 69**), las concentraciones de cloa fueron muy altas. Todas las transectas presentaron valores eutróficos en las estaciones costeras, de ellas los menores valores se dieron en punta Copaca (T2) (1,6 µg/L) mientras que las más altas concentraciones se observaron en punta Junín (T4) donde la cloa superó los 11 µg/L.

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

En el invierno de 1997, se observa un abrupto descenso en las concentraciones de cloa debido al efecto del evento de el Niño, por lo que la gran mayoría de los datos variaron entre meso y oligotrófocos. A pesar de esto, valores eutróficos se midieron en las estaciones costeras de: Arica (T5), punta Copaca (T2) y bahía Moreno (T1), pero éstas no superaron los 2 µg/L.

En el invierno de 1998, se produce una completa recuperación del sistema observándose altas concentraciones en todas las transectas. Los menores valores se observaron en bahía Moreno (T1) donde la cloa alcanzó los 2,7 µg/L, mientras que los más altos se midieron en punta Copaca (T2) con una concentración superior a 14 µg/L.

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

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

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

En el invierno de 2002, las concentraciones de cloa se mantuvieron en un rango similar al visto en el año 2001. La única transecta que no presentó concentraciones eutróficas en las estaciones costeras fue punta Junín (T4), mientras que la máxima concentración, 3,7 µg/L, se midió en Arica (T5). Tanto en bahía Moreno (T1) como en punta Lobos (T3) y la estación fija de Iquique se observó un núcleo > 3 µg/L.

En el invierno de 2003 (**Figura 69**), las concentraciones de cloa vuelven a aumentar con respecto al año 2002, aunque no a los niveles observados en 1998, 1995 ó 1994. En esta oportunidad son dos las transectas que sólo presentan concentraciones mesotróficas: punta Copaca (T2) y punta Junín (T4), mientras que

la transecta con más cloa fue bahía Moreno (T1) con 5 µg/L. En este caso el mayor valor medido se observó en la estación de punta Madrid (19º2,5'S) con 6,9 µg/L.

Primavera:

En la primavera de 1997 (**Figura 70**), se observó un abrupto descenso en las concentraciones de cloa como efecto del evento cálido El Niño, por lo que los datos variaron entre meso y ultraoligotrófocos, siendo el valor más alto, 0,9 µg/L, medido en la estación costera de punta Junín (T4).

En la primavera de 1998, a pesar de que no se cuenta con la información de Arica (T5), se pude observar la recuperación del sistema, ya que se midieron concentraciones eutróficas en todas las estaciones costeras. Los menores valores se observaron en la estación costera de punta Junín (T4) donde la cloa alcanzó 1 µg/L y los mayores en punta Lobos (T3) con 3,8 µg/L.

En la primavera de 1999, la única transecta que no presentó concentraciones eutróficas fue la de punta Junín (T4) donde los valores fueron inferiores a 0,4 µg/L. Por otra parte la concentración más alta, 4,1 µg/L, se midió en Arica (T5).

En la primavera de 2000, tanto la transecta de punta Lobos (T3) como la de bahía Moreno (T1) y la estación de Mejillones presentaron bajas concentraciones de cloa, menores o iguales a 0,5 µg/L, en tanto que en las demás transectas y estaciones fijas la cloa se mantuvo dentro del rango eutrófico pero sin valores elevados (< 2 µg/L), salvo en Arica (T5) donde se midió un máximo de 7,4 µg/L.

En la primavera de 2001, la distribución de los valores eutróficos fue más amplia que en los casos anteriores, aunque igualmente sin núcleos de altas concentraciones. Como el año anterior bajas concentraciones cortan la

distribución productiva, esta vez entre caleta Chipana y punta Arena (< 0,7 µg/L). Los máximos valores de este crucero se midieron en Iquique 4,3 µg/L y en Arica (T5) 3,2 µg/L.

En la primavera de 2002, en general los valores eutróficos fueron más altos que en los años anteriores, con varios núcleos de concentración superior a 3 µg/L. La distribución eutrófica se vio interrumpida entre punta Copaca (T2) y los 22º48'S, mientras que los valores más altos de cloa se midieron en Arica (T5; 5 µg/L) y punta Junín (T4; 4,7 µg/L).

En la primavera de 2003 (**Figura 70**), los valores de cloa descienden con respecto a los años 2001 y 2002, observándose las mayores concentraciones en la parte sur del área de muestreo, con sólo tres pequeños núcleos eutróficos desde Arica (T5) hasta Punta Arenas, sin embargo la presente distribución no fue tan distinta de la observada en 1999 o en el año 2000 aunque en esa ocasión la producción se concentró en la zona norte del área de muestreo.

Verano:

En el verano de 1998 (**Figura 71**), debido al evento El Niño, se observaron concentraciones ultraoligotróficas en prácticamente toda la zona de estudio, salvo por un foco oligotrófico observado entre punta Copaca (T2) y bahía Moreno (T1). En este último lugar, se midió la mayor concentración de cloa del crucero, 1,1 µg/L, en la estación costera.

En el verano de 1999, la situación es completamente distinta, observándose importantes núcleos pigmentarios en el sector de Arica (T5) y punta Lobos (T3), con máximos de 4,5 y 5,9 µg/L, respectivamente, mientras que en punta Copaca (T2) el núcleo productivo se limitó a la estación costera con un valor de 1,3 µg/L,

siendo las transectas de punta Junín (T4) y bahía Moreno las que presentaron los menores valores del crucero < 0,8 µg/L.

En el verano de 2000, se midieron concentraciones eutróficas en cuatro de las cinco transectas, siendo la excepción punta Lobos (T3), donde las mayores concentraciones sólo llegaron a los 0,6 µg/L. En el caso opuesto, los mayores valores se midieron en la transecta de punta Junín (T4) con 7,5 µg/L medido en la estación costera.

En el verano de 2001, se observó una franja costera eutrófica que abarcó gran parte del área de estudio. Esta franja se interrumpió esta vez en punta Copaca (T2), donde el valor medido fue del orden mesotrófico. El máximo valor 6,6 µg/L, se midió en la estación costera de punta Lobos (T3).

En el verano de 2002, en general las concentraciones fueron más elevadas que en los períodos anteriores, observándose una franja costera eutrófica entre punta Junín (T4) y bahía Moreno (T1), donde la mayoría de los valores superaron los 2 µg/L. En este sentido, el máximo se observó frente a bahía Moreno (T1) con 8,7 µg/L. En este muestreo las concentraciones más bajas del área de estudio se midieron en la transecta de Arica (T5), donde la concentración más alta fue de 0,7 µg/L.

En el verano de 2003 (**Figura 71**), en general las concentraciones fueron incluso más elevadas que en el año 2002, observándose una franja eutrófica de altas concentraciones, que estuvo interrumpida en punta Copaca (T2) donde el valor más alto fue de 0,7 µg/L. Este año, la distribución se caracterizó por presentar tres núcleos de concentraciones que superaron los 5 µg/L, en este sentido, los máximos valores se observaron en la transecta de Arica (T5), donde la concentración mas alta fue de 9,8 µg/L en la estación costera y de 11,3 µg/L en la estación fija de monitoreo mensual.

En el verano de 2004, las concentraciones de cloa fueron las más elevadas de todo el período estudiado, observándose una franja eutrófica de altas concentraciones a lo largo de toda el área de estudio. Esta distribución se caracterizó por presentar cuatro focos de concentraciones que superaron los 10 µg/L. El máximo valor se midió en la en la estación costera de la transecta de Arica (T5), donde la concentración de cloa superó los 46 µg/L.

3.20 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica

3.20.1 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en la transecta de bahía Moreno (T1, 23º40'S)

En otoño la transecta de bahía Moreno (T1) (**Figura 72**), presentó un núcleo de clorofila a (cloa) que superó los 3 µg/L, las concentraciones productivas se limitan, sin embargo, a una estrecha capa que va entre superficie y los 10 m en la costa, adelgazándose progresivamente hasta llegar a la superficie en la estación de las 10 mn. Los feopigmentos (feop) en general se mantienen en concentraciones muy bajas < 0,3 µg/L, excepto en el nivel superficial de las 10 mn donde se midió más de 1 µg/L, lo que significa importante degradación pigmentaria. Del perfil de fluorescencia in vivo (fliv) (**Figura 77**), se puede apreciar una fuerte similitud con la cloa, con altos valores en la capa superficial de las estaciones costeras hasta las 5 millas náuticas.

En invierno (**Figura 72**), aumentan las concentraciones con respecto a otoño. La distribución de cloa presentó un extenso núcleo pigmentario el que se extendió hasta cerca de las 20 mn, con un espesor de 20 m en la estación costera y de 15 m a 10 mn, sin embargo, la mayor concentración 6 µg/L se localizó a 10 m en la estación de 5 millas náuticas. En el sector oceánico se observó un núcleo oligotrófico que abarcó desde superficie hasta los 40 m de profundidad. Los feop

presentaron las mayores concentraciones (> 0,5 µg/L) en la estación costera, abarcando desde superficie hasta los 20 m de profundidad.

En primavera, la cloa presentó un núcleo eutrófico que sobrepasó las 10 mn, con un espesor promedio de 15 m, en tanto que la mayor concentración alcanzó los 4,3 µg/L en la superficie de la estación costera. Los feop presentaron mayores concentraciones que la cloa, principalmente entre los 5 y 10 m donde prácticamente doblaron su valor (> 3 µg/L), además a 40 mn se puede observar un pequeño núcleo de 1,1 µg/L a 20 m de profundidad que casi no se observó en la cloa.

En verano (**Figura 72**), esta transecta presentó una franja eutrófica (> 1 µg/L) que sobrepasó las 40 mn, con un espesor aproximado de 20 m, donde destacan dos núcleos de alta cloa. El primer núcleo se observó en la estación costera, con valores que superaron los 5 µg/L entre la superficie y los 10 m, la mayor concentración alcanzó los 13 µg/L a los 5 m de profundidad. El segundo núcleo se observó en la estación 7 a 40 mn de la costa, con una concentración que superó los 2 µg/L entre la superficie y los 10 m, midiéndose en este último nivel un valor de 5,3 µg/L. Los feop siguieron el mismo patrón que la cloa, aunque con valores inferiores, las mayores concentraciones se observaron tanto en la estación costera donde sobrepasaron los 3 µg/L, como en la estación de 40 mn sobrepasando los 2 µg/L. Bajo los 50 m en las estaciones costeras los feop superaron ampliamente las concentraciones de cloa.

3.20.2 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en la transecta de punta Copaca (T2, 22º40'S)

En otoño en la transecta de punta Copaca (T2,) (**Figura 73**), se puede observar un núcleo eutrófico que abarca desde la costa hasta casi las 10 mn, con un espesor de 20 m en la estación costera y que disminuye hasta los 10 m a 5 mn con una

concentración máxima de 2,3 µg/L. En el sector oceánico destaca la presencia de un segundo núcleo con concentraciones > 1 µg/L a 100 mn, mientras que valores mesotróficos se extendieron desde este punto hasta las 75 mn. Los feop se mantuvieron en bajas concentraciones con valores levemente superiores a 0,5 µg/L en el sector del núcleo productivo costero. El perfil de fliv (**Figura 77**) también muestra un núcleo costero pero que se percibe hasta la superficie, cosa que no ocurre con la cloa que presenta en superficie valores menores a 1 µg/L a 5 mn. También se observa un segundo núcleo oceánico de fliv de mayor extensión que corrobora los resultados analíticos de cloa.

En invierno, los valores de cloa son bajos presentando sólo un pequeño núcleo de 1,5 µg/L a 10 m en la estación de 5 mn, el resto de los valores se mantienen entre oligo y ultraoligotróficas. Igualmente los feop presentaron valores muy bajos, los que fluctuaron al rededor de 0,2 µg/L.

En primavera, los valores productivos de cloa se centraron en los primeros 10 metros la estación costera donde el máximo valor 3,5 µg/L se midió en superficie, además se observó un pequeño núcleo de 1,3 µg/L a 20 m en la estación de 10 mn, el resto de los valores se mantuvieron entre oligo y ultraoligotróficas. En esta transecta los feop muestran una distribución muy semejante a la de cloa, aunque con concentraciones levemente inferiores.

En verano (**Figura 73**), esta transecta presentó las mayores concentraciones del año, con un núcleo de muy altos valores (> 10 µg/L) en los primeros 10 metros de las estaciones costeras hasta las 10 mn, formando una lengua que se profundizó hacia el oeste donde el máximo superó los 21 µg/L a 5 m entre la estación costera y las 5 mn. El radio de influencia de este núcleo se percibió hasta más allá de las 20 millas náuticas. Fuera de las 40 mn los valores se mantuvieron entre oligo y ultraoligotróficas. Los feop muestran una distribución muy semejante a la de cloa,

aunque con valores inferiores, presentando en el centro de la lengua concentraciones que superaron los 4 µg/L. En las estaciones costeras hasta las 10 mn, los valores de feop > 1µg/L se percibieron hasta los 75 m, en tanto que a 100 mn también se midieron altos valores en los niveles más profundos.

3.20.3 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en la transecta de punta Lobos (T3, 21º00'S)

En otoño la transecta de punta Lobos (T3, 21º00'S) (**Figura 74**), tuvo concentraciones de cloa que no llegaron a niveles productivos, observándose la presencia de un núcleo mesotrófico (> 0,5 y < 1 µg/L) entre las 5 y 10 mn. Los feop presentaron concentraciones cercanas a 0,2 µg/L, con un pequeño núcleo costero de mayor valor (> 0,5 µg/L) entre los 50 y 75 m de profundidad. El perfil de fliv (**Figura 77**), refleja el núcleo mesotrófico aunque éste aparece con una menor extensión, centrándose en la estación de las 10 millas náuticas.

En invierno esta transecta, al igual que bahía Moreno (T1), presentó un núcleo pigmentario de concentraciones importantes, centrado en las 5 millas náuticas. Los valores > 1 µg/L sobrepasaron las 10 mn alcanzando una profundidad promedio de 18 metros. En la estación costera se midieron valores bajos de cloa, sin embargo en el centro del núcleo ésta alcanzó los 6,3 µg/L. La presencia de este parche influyó en la lengua de valores oligotróficos que se observó hasta las 40 millas náuticas. Los feop se mantuvieron en general en bajas concentraciones, alrededor de 0,2 µg/L, alcanzando algunos valores > 0,5 µg/L tanto en los primeros metros de la estación de 5 mn, como a 50 m de la estación costera.

En primavera, las concentraciones de cloa son bajas, observándose un núcleo mesotrófico desde la superficie hasta los 30 m dentro de las primeras 5 mn, aproximadamente, donde se midieron dos puntos eutróficos uno a 10 m en la

estación costera con un valor de 1,5 µg/L y el otro a 30 m de la estación de 5 millas náuticas con 1,2 µg/L. Los feop son claramente superiores a la cloa con un núcleo > 1 µg/L entre las estaciones de 1 y 5 mn, superando los 2 µg/L a 10 m en la estación costera.

En verano (**Figura 74**), las concentraciones de cloa presentaron dos núcleos, el más importante entre la costa y las 10 mn con valores que superaron los 4 µg/L. La máxima concentración, 17,8 µg/L, se midió a 10 m en la estación de 10 millas náuticas. El segundo núcleo se detectó en la estación de 70 mn con un valor de 2,1 µg/L a 10 m de profundidad. Esta distribución contiene las mayores concentraciones del año. Los feop siguieron un patrón similar al de la cloa, con un valor máximo > 5 µg/L a 10 m en la estación de 10 mn, en tanto que bajo esta profundidad y en prácticamente toda la zona costera las concentraciones de feop superaron 1 µg/L hasta los 75 m de profundidad, midiéndose incluso un valor > 2 µg/L a 50 m entre la estación costera y las 5 millas náuticas.

3.20.4 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en la transecta de punta Junín (T4, 19º40'S)

En otoño, en la transecta de punta Junín (T4, 19º40'S) (**Figura 75**), las concentraciones eutróficas se limitaron a la capa superficial de las estaciones costeras hasta las 5 mn, con un valor que no superó 1,5 µg/L, en tanto que los valores mesotróficos se ubicaron muy cerca de los valores eutróficos, y no llegaron a los 10 m en la estación costera. Los feop no muestran ninguna distribución determinada manteniéndose en valores muy bajos. La distribución de fliv (**Figura 77**), muestra un pequeño núcleo entre los 5 y 6 m a 5 mn con altos valores (0,5 volt), los que no son reflejados en la distribución de cloa.

En invierno esta transecta presentó bajas concentraciones de cloa, incluso menores que en otoño, observándose dos núcleos de concentraciones mesotróficas. El primero, un núcleo costero que abarcó las 5 mn, con una profundidad de 10 m aproximadamente, mientras que el segundo núcleo de aproximadamente 10 m de espesor, se ubicó entre las 40 y 70 millas náuticas, en general bajo los 40 m, las concentraciones fueron ultraoligotróficas. Los feop mantuvieron valores bajos (< 0,5 µg/L), observándose al igual que en la cloa dos agrupaciones principales: una costera abarcando toda la columna y un segundo núcleo oceánico el que abarcó entre las 40 y 70 mn y ocupó mayor área que el de cloa.

En primavera, la cloa presentó un amplio núcleo subsuperficial con concentraciones > 1 µg/L, en tanto que en superficie estos fueron inferiores a 0,9 µg/L. El máximo valor 2,3 µg/L se midió a 20 m en la estación costera. Los feop presentaron valores más altos que la cloa, con un núcleo de > 1 µg/L que coincidió con el de cloa, por otro lado los valores mas altos de feop se midieron a 30 m en la estación costera (2,4 µg/L) y a 10 m en la estación de 10 millas náuticas (2,3 µg/L).

En verano (**Figura 75**), la cloa presentó un gran núcleo eutrófico que superó las 20 mn, con un espesor aproximado de 18 metros. La máxima concentración superó los 14 µg/L a 5 m en la estación de 5 mn, este núcleo se extendió hasta la estación costera donde el valor más alto superó los 4 µg/L a 10 m de profundidad, mientras que hacia el oeste se desplazó una pequeña lengua hasta las 20 mn con una concentración que superó los 3 µg/L. La extensión de concentraciones mesotróficas fue percibida hasta las 70 mn donde la lengua se profundizó hasta los 30 metros. Los feop presentaron un patrón similar al de la cloa, con un núcleo > 1 µg/L en la capa superficial que coincide con el de cloa, sin embargo, los valores mas altos de feop sólo superaron los 2 µg/L. Un segundo núcleo se observó a 50 m de profundidad, en las estaciones costeras con valores > 1 µg/L.

3.20.5 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en la transecta de Arica (T5, 21º25'S)

En otoño, la transecta de Arica (T5) (**Figura 76**), es la sección que presentó las mayores concentraciones y mayor extensión de las concentraciones productivas en el presente crucero. La agregación pigmentaria se extendió entre la costa y las 12 mn aproximadamente, con una profundidad promedio de 10 metros. Los mayores valores se midieron a 5 mn, formando un pequeño núcleo que superó los 6 µg/L. Los valores mesotróficos se ubicaron muy cercano al núcleo llegando hasta aproximadamente las 15 millas náuticas, mientras que los valores oligotróficos se extendieron casi hasta las 100 millas náuticas. Los feop se mantuvieron en valores bajos, lo que significaría que los organismos fitoplanctónicos estuvieron en un óptimo estado de desarrollo. La distribución de fliv (**Figura 77**) muestró claramente un núcleo con valores mayores que en las transectas anteriores, sin embargo, se presenta una desviación con respecto al perfil de cloa en el sector costero, ya que el núcleo se encuentra desplazado hacia las 10 mn y no centrado a las 5 mn como la cloa.

En invierno, en la transecta de Arica (T5), al igual que en bahía Moreno (T1) y punta Lobos (T3), se observó un núcleo con concentraciones eutróficas aunque con menores valores que en los casos anteriores. En esta sección el máximo valor pigmentario fue de 3,3 µg/L a 10 m en la estación costera, en tanto que valores > 1 µg/L se midieron hasta cerca de las 10 mn alcanzando una profundidad > 10 m, mientras que los valores mesotróficos se extendieron hasta las 20 millas náuticas. A partir de este punto las concentraciones sobre los 40 m son típicamente oligotróficas. Los feop presentaron un solo núcleo de concentraciones > 0,5 µg/L dentro de los primeros 10 m en las estaciones costeras de 1 y 5 mn, el resto de las mediciones fluctuaron alrededor de 0,2 µg/L.

En primavera, la cloa se mantuvo con bajos valores, presentando un pequeño núcleo de 1,5 µg/L a 20 m en la estación de 20 mn, en tanto que un gran núcleo mesotrófico se extendió entre la costa y las 40 mn, además de un segundo núcleo mesotrófico observado entre los 30 y 50 m en la estación de 100 millas náuticas. Los feop presentaron valores ligeramente inferiores a los de cloa con un solo núcleo de 1,2 µg/L a 20 m en la estación de 20 mn, también se observó un núcleo de > 0,5 µg/L pero de menor tamaño que el de la cloa y no se observó el núcleo mesotrófico oceánico.

En verano (**Figura 76**), la cloa alcanzó los mayores valores del presente período, el área productiva se extendió desde la costa hasta casi las 40 mn, conteniendo dos núcleos de alta concentración. La franja productiva superó lo 5 µg/L, sin embargo, en la estación costera la capa que va desde superficie hasta los 10 m presentó valores superiores a 19 µg/L, alcanzando un máximo superficial de 46,1 µg/L que corresponde a la concentración más alta medida en el área de muestreo, de todos los cruceros. El segundo núcleo se centró a 10 m de las estaciones de 10 y 20 mn, donde la cloa alcanzó valores de 13,9 y 32,3 µg/L, respectivamente, en tanto que las concentraciones mesotróficas abarcaron a nivel subsuperficial, hasta la estación de 100 mn, donde además se detectó un pequeño núcleo con un valor de 1 µg/L a 20 m de profundidad. Los feop presentaron un patrón muy similar al de la cloa con una lengua con dos núcleos, uno en la estación costera donde los feop superficiales superaron los 5,5 µg/L y un segundo centrado a los 10 m en la estación de 20 mn donde la concentración superó los 4 µg/L, manteniéndose en alrededor de 0,5 µg/L en la capa superficial desde las 40 hasta las 100 millas náuticas.

3.21 Asociación entre la biomasa fitoplanctónica y el campo físico

La información recopilada de clorofila total (clot) y su relación con las variables temperatura, salinidad, y la profundidad del disco Secchi y el recíproco de éste fueron ajustadas según un modelo exponencial con el objeto de realizar comparaciones de resultados obtenidos en trabajos anteriores.

3.21.1 Biomasa fitoplanctónica *versus* la profundidad del disco de Secchi y su recíproco

En otoño de 2003, las mejores asociaciones como era de esperarse, se dieron entre la concentración de clorofila total (clot) versus la transparencia del agua, determinada por la profundidad del disco Secchi (m) (**Figura 78a**), y con sus valores recíprocos (1/m) (**Figura 78e**). El coeficiente de determinación r^2 para el primer caso fue de 0,705 con un n=29, con una pendiente de -0,19 y un intercepto de 4,08, éste último valor correspondería según el ajuste al valor de clot cuando la profundidad del disco Secchi tiende a ser cero. De la gráfica se aprecia que las concentraciones > 1µg/L se asociaron a profundidades del disco inferiores a 9 metros.

La asociación clot v/s el recíproco de la profundidad del disco Secchi (**Figura 78e**), arrojó un coeficiente de determinación de 0,659, levemente inferior que en la asociación anterior (r^2=0,705). Por otra parte en este caso el intercepto indica las menores concentraciones de clot que pueden ser medidas con este ajuste, siendo en este caso 0,097.

En el invierno de 2003, disminuye la asociación entre clot versus la profundidad del disco Secchi (m) (**Figura 78b**), con respecto a otoño, el coeficiente de determinación r^2 fue de 0,5769 con un n = 23, la pendiente correspondió a -0,14 y el

intercepto de 1,8. En este período al igual que en otoño las concentraciones >1µg/L, aunque escasas, se asociaron a profundidades del disco inferiores a 9 metros.

La asociación de la clot v/s el recíproco de la profundidad del disco Secchi (**Figura 78f**), arrojó un coeficiente de determinación de 0,7363, superior que el de la asociación anterior (r^2 = 0,57), el intercepto en esta oportunidad fue igual a 0,07 µg/L.

En la primavera de 2003, mejoró la asociación entre la clot versus la profundidad del disco Secchi (m) (**Figura 78c**), entregando un coeficiente de determinación r^2 de 0,6466 (n= 30), con una pendiente fue -0,1902 y el intercepto 1,83. De la gráfica se puede extraer que en este período las concentraciones > 1µg/L se asociaron a profundidades del disco inferiores a 8 m disminuyendo el rango de profundidad con respecto a otoño e invierno.

Al igual que en otoño, en la asociación clot ***v/s*** el recíproco de la profundidad del disco Secchi (**Figura 78g**), se obtuvo una disminución en el coeficiente de determinación de 0,5994 inferior que el de la asociación anterior (r^2=0,64), con un intercepto igual a 0,07.

En el verano de 2004, la asociación entre la clot versus la profundidad del disco Secchi (m) (**Figura 78d**), entregó un coeficiente de determinación r^2 de 0,8805 (n= 22), el más alto del período estudiado. La pendiente fue -0,2464 y el intercepto 18,9. Por otra parte, de la gráfica se puede deducir que las concentraciones más elevadas se encontraron asociadas a profundidades del disco menores a 9 m. En este período, aumenta el rango de profundidades donde se distribuyeron las concentraciones > 1 µg/L, abarcando éstas hasta los 9 m de profundidad.

Con respecto a la asociación de la clot v/s el recíproco de la profundidad del disco Secchi (**Figura 78h**), ésta arrojó un coeficiente de determinación de 0,8929, levemente superior que el de la asociación anterior (r^2=0,88). Por otra parte el intercepto fue igual a 0,25, que es el valor más alto del período estudiado.

3.21.2 Biomasa fitoplanctónica versus temperatura y salinidad

En otoño de 2003, la asociación de la biomasa fitoplanctónica con la temperatura **(Figura 79a)** obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 0,417. Del gráfico se puede deducir que las mayores agregaciones pigmentarias (> 1 µg/L) coincidieron con temperaturas menores a 18,2ºC, mientras que hacia temperaturas más altas, las concentraciones de clot son características de masas de agua oligotróficas (< 0,2 µg/L). Los más escapados a la distribución, corresponden a las estaciones de 5 mn (17,9ºC) y 10 mn (19,4ºC) de Arica, lo que correspondería una situación local. En relación a la clot v/s salinidad (**Figura 79e**), el coeficiente de determinación r^2 fue de 0,41, y del gráfico se puede extraer que el valor de salinidad donde se concentraron los mayores valores de cloa estuvieron bajo 34,9 psu, al igual que en la temperatura los datos más escapados de la distribución correspondieron a las estaciones de 5 mn (34, 85 psu) y 10 mn (34,9 psu) de Arica.

En el invierno de 2003, es claro en las gráficas que al menos con el ajuste utilizado, no hay buena asociación entre la biomasa fitoplanctónica con la temperatura (**Figura 79b**) y la salinidad (**Figura 79f**). Por otra parte de los gráficos se puede deducir que las mayores agregaciones pigmentarias (> 1 µg/L) coincidieron con temperaturas menores > a 15 y < 17,3ºC, prácticamente todo el rango de temperatura y en relación a salinidad el rango donde se concentraron los mayores valores de cloa estuvieron bajo 34,86 psu, con un dato escapado de la distribución y que corresponde a la estación 44 a 1 mn en los 19º00'S.

En la primavera de 2003, se observó una clara mejora en el nivel de asociación de la clot con la temperatura y la salinidad. En el caso de la TSM (**Figura 79c**), el coeficiente de determinación r^2=0,7431 valor que es incluso más alto que en la relación de clot ***v/s*** Disco Secchi, para la misma época lo que es una situación poco habitual, encontrándose los valores de clot > 1 µg/L asociados a temperaturas en general inferiores a 19ºC. La salinidad (**Figura 79g**) también experimenta una mejoría en el nivel se asociación con la clot, aunque no tan notorio como con la TSM, el coeficiente de determinación fue r^2= 0,5209, concentrando los valores > 1 µg/L entre > 34,7 y < 35 psu.

En el verano de 2004, el nivel asociación de la clot con la temperatura (**Figura 79d**), se mantiene alto aunque no tanto como en primavera, con un coeficiente de determinación r^2=0,6557 (n= 54), encontrándose los valores de clot > 2 µg/L asociados a temperaturas en general inferiores a 21ºC, sin embargo, concentraciones de clot > 1 µg/L se encontraron a temperaturas incluso mayores. La salinidad (**Figura 79h**) mostró un coeficiente de determinación r^2= 0,3663, concentrando los valores > 2 µg/L en los valores < 34,92 psu, salvo el punto escapado que corresponde a la estación costera de Arica donde la salinidad tuvo un valor de 34,98 psu.

3.22 Penetración de luz

En otoño, en las estaciones costeras entre 1 y 20 mn, la profundidad el 10% fluctuó entre los 5 y 24 m en tanto que el 1% fluctuó entre 12 y 55 m de profundidad, con una CM que fluctuó en estas estaciones entre 0 y 27 metros. Desde las 20 mn hasta las 100 mn, como es de esperarse los rangos aumentaron entre 12 y 25,5 m para el 10% y entre 27 y 58 m para el 1%, con un aumento en la profundidad de la CM, la que fluctuó entre 21 y 47 m (**Tabla 24**). En general los núcleos de cloa se distribuyeron por sobre el 10 y 1% de penetración de luz, salvo en punta Copaca (T2) donde el núcleo de cloa (> 1 µg/L) superó los 20 m de espesor en la estación

costera, al igual que la fliv que presentó valores altos incluso bajo los 20 m, quedando por debajo de la profundidad del 1% de luz incidente.

En invierno, en la zona costera entre 1 y 20 mn, la profundidad del 10% osciló entre 6 y 22 m, en tanto que el 1% estuvo entre 14 y 50 m, rangos similares a los observado en otoño. En este grupo de estaciones la capa de mezcla fue casi inexistente, siendo la mayor profundidad registrada igual a 5 m, en la estación 3 a 10 mn de la transecta de bahía Moreno (T1). Salvo por esta misa estación (3), la tendencia de la distribución de cloa fue de mantener los máximos por sobre la profundidad del 1% de penetración de luz (**Tabla 25**).

En primavera, en la zona costera entre 1 y 20 mn la profundidad del 10% osciló entre 2,5 y 20 m, en tanto que el 1% lo hizo entre 6 y 47 m, rangos un poco menores a los informados es los períodos de otoño e invierno. En este grupo de estaciones la capa de mezcla fue casi inexistente, siendo la mayor profundidad de sólo de 3 m en la estación costera de la transecta de punta Lobos (T3). Entre Arica (T5) y punta Lobos (T3) los núcleos de cloa se distribuyeron hasta por debajo de la profundidad del 1% de penetración de luz (**Tabla 26**).

En verano, en la zona costera entre 1 y 20 mn, la profundidad del 10% osciló entre 3 y 14,5 m, en tanto que el 1% estuvo entre 7,5 y 35 m, correspondientes a los menores rangos del período. Al igual que en invierno y primavera en este sector la capa de mezcla fue casi inexistente, siendo el mayor espesor de sólo 2 m en la estación de 10 mn frente a bahía Moreno (T1) (**Tabla 27**). Tanto en la estación fija de Mejillones como en las estaciones costeras de la transecta de punta Copaca (T2), que es la que tiene la mayor información de penetración de luz, se pudo observar que el núcleo de cloa se distribuyó hasta por debajo de la profundidad del 1%, mientras que en las estaciones de 10 y 20 mn en bahía Moreno (T1) y la estación fija de Iquique, el núcleo se distribuyó por sobre este nivel. En general, en

las estaciones fuera de las 20 mn, la profundidad del 1% de penetración de luz estuvo por debajo de los máximos de cloa.

B. Objetivo específico N° 2.2

Describir y analizar la distribución de abundancia estacional del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio

4. Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces

4.1 Arrastre vertical integrado con red WP-2

El procesamiento y análisis de las 208 muestras de zooplancton colectadas durante el transcurso de los cruceros estacionales MOBIO 2003 - 2004, permitió verificar la presencia de 1.091.728 huevos y 332.457 larvas, lo que representó una frecuencia de 76,9% y 93,8% para cada uno de los respectivos estadios de desarrollo. De éstos 864.825 huevos (79,2%) y 222.127 larvas (66,8%) correspondieron a las especies objetivo del presente proyecto. El detalle del número de huevos y larvas por especie, correspondientes a la totalidad de las muestras procesadas se entrega en las **Tablas 28** y **29**.

Cabe señalar que durante el otoño y primavera de 2003 y verano de 2004, no se registraron estaciones positivas a huevos de sardina. De la misma manera, en los cruceros realizados en invierno y primavera de 2003 y verano de 2004 no se reconocen fases larvarias de sardina. Con respecto a jurel, no hubo presencia del estadio de huevos durante las prospecciones de otono y primavera de 2003, ausentándose las fases larvarias en otoño, invierno y primavera de 2003. Con

respecto a caballa, no se determinaron registros positivos para ambas fases de desarrollo durante otoño e invierno de 2003.

4.1.1 Anchoveta, *Engraulis ringens*

4.1.1.1 Otoño 2003

Con excepción de los estadios de desarrollo agrupados bajo la denominación de "otras especies", en otoño de 2003, anchoveta aparece como la más abundante en términos de dominancia numérica con valores de 85,4% para los huevos y de 54,1% en el caso de las larvas, reconociéndose 8 estaciones positivas para huevos y 12 para larvas, lo que representó una frecuencia de 16,0% y 24,0%, respectivamente, identificándose un total de 81.512 huevos y 16.882 larvas/10m^2 de anchoveta, lo que señala una importante actividad reproductiva en el área de estudio (**Tabla 30**).

La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 35 y 58.507 huevos/10m^2. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 10.189 (DS= 19813,8), cifra 76,4% menor y 23,4%, mayor respecto a la obtenida en verano de 2003 y otoño de 2002, respectivamente.

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en el área de estudio, evidenció que el desove estuvo limitado al sector centro norte de la zona de estudio, comprometiendo latitudinalmente la zona comprendida entre Arica (18°25´S) y punta Copaca (22°20´S). Frente a punta Junín (19°40´S) y bahía Moreno (23°40´S) no hubo registros positivos para esta fase de desarrollo (**Figura 80 a**).

En general el desove de esta especie y de acuerdo a lo señalado por la fase de huevos fue muy costero y focalizado, concentrándose el 98,1% de ellos en la franja

comprendida entre la costa y las 5 millas naúticas, exhibiendo una cobertura longitudinal máxima, es decir, 10 mn, frente a las localidades de Arica y punta Lobos.

Los focos de desove más intensos (> 5.800 huevos/10m^2) se localizaron en el sector nerítico frente a Arica, punta Lobos y punta Chipana (21°20´S), cuyas abundancias en conjunto representaron el 96,7% respecto del total de huevos de anchoveta cuantificados.

En relación al número de huevos, el otoño de 2003 presentó con respecto al 2002, una disminución no significativa exhibiendo un porcentaje de cambio igual a 17,8%, constituyéndose en el segundo registro más importante en cuanto al número de huevos cuantificados de los últimos 21 años, serie 1983/2003.

En otoño de 2003, las fases larvarias se presentaron en 12 estaciones positivas de un total de 50, con una abundancia igual a 16.882 especímenes/10m^2.

Respecto a sus niveles de abundancia, éstos fluctuaron entre 36 y 6.802 larvas/10m^2, con una densidad promedio igual a 338 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva alcanzó a 1.407 (DS= 2085,1), cifra 71,7% y 70,43% menor respecto a la obtenida en verano de 2003 y otoño de 2002, respectivamente.

Las fases larvarias presentan en general una distribución geográfica acorde a la descrita para el estadio de huevos, exhibiendo una cobertura latitudinal y longitudinal más amplia respecto de aquellos, lo que se expresa por una parte, en un incremento en la frecuencia de estaciones positivas igual a 50% y en una disminución en su densidad promedio por estaciones positivas igual a 86,2% **(Figura 81 a**).

Latitudinalmente estuvieron presentes desde Arica hasta punta Tames (22°40´S), exhibiendo una modalidad de desove costero, atendiendo a que su distribución no sobrepasó las 10 millas náuticas de la costa, a excepción del registro positivo encontrado a 40 mn frente a punta Junín, cuya densidad no sobrepasó las 36 larvas/10m^2. En general, las larvas de esta especie se concentraron en las primeras 5 mn de la costa, franja que albergó al 92,6% de ellas.

Las áreas de desove más significativas (> 1.200 larvas) se localizaron frente a Arica, punta Lobos y punta Chipana. En este contexto, las estaciones con las mayores abundancias, > 4.000 larvas/10m^2, se localizaron a 1 y 5 mn al oeste de punta Lobos.

En relación al número de larvas y a diferencia de lo señalado para el estadio de huevos, el otoño de 2003 presentó respecto al crucero de otoño precedente una significativa disminución que se traduce en una tasa de cambio igual a -74,6%, constituyéndose en el cuarto registro más importante en cuanto al número de larvas cuantificadas de los últimos 21 años, serie 1983/2003.

Los gráficos de sobreposición de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y temperatura superficial, señalan que en otoño de 2003, hubo presencia de ambas fases de desarrollo a lo largo de la franja costera en el sector comprendido entre Arica y el sur de punta Copaca (22°20´S) prácticamente en todo el rango de temperaturas superficiales (14,42°C – 20,56°C) y que las mayores abundancias de huevos y larvas habrían ocurrido en zonas de temperatura menor a 14,5°C correspondiente a la localidad de punta Lobos. Una segunda zona de menor significancia cuantitativa para ambos estadíos, se presentó frente a Arica con temperaturas que fluctuaron entre 16,71° y 17,87°C. En general, el sector comprendido entre punta Lobos y Punta Arenas se caracterizó por presentar

surgencias de fuerte intensidad, asociadas a temperaturas inferiores a 16°C y a concentraciones de oxígeno disuelto menores a 3mL/L (**Figura 82**).

Con respecto a la salinidad, los huevos de anchoveta se encontraron en aguas cuyo rango de salinidad fluctuó entre 34,70 y 34,90 psu, observándose las mayores abundancias (> 76 (√ N°huevos/10m^2)) en aguas con salinidades comprendidas entre 34,82 y 34,85 psu. Análogamente, en cuanto a la variable densidad, los huevos de esta especie se presentan en densidades comprendidas entre 24,86 y 25,96, observándose las más altas abundancias en densidades que fluctuaron entre 25,19 y 25,96 kg/m^3. En cuanto al oxígeno disuelto superficial las mayores abundancias de huevos de anchoveta se asociaron a aguas cuyo contenido de oxígeno fluctuó entre 1,92 y 6,67 mL/L, no observándose ninguna tendencia clara de esta variable con la abundancia de huevos de esta especie. Con respecto a las fases larvarias, la situación es mas o menos similar con respecto a la descrita para huevos en cuanto a rangos distribucionales de las variables y a las máximas abundancias larvarias (**Figura 83**).

4.1.1.2 Invierno 2003

En invierno de 2003, anchoveta aparece como la más abundante en términos de dominancia numérica con valores de 92,5% para los huevos y de 87,6% en el caso de las larvas, reconociéndose 23 estaciones positivas para huevos y 42 para larvas, lo que representó una frecuencia de 43,4% y 79,2%, respectivamente, identificándose un total de 566.614 huevos y 174.943 larvas/10m^2 de anchoveta, lo que señala una importante actividad reproductiva en el área de estudio (**Tabla 30**.

La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 31 y 193.919 huevos/10m^2. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 24.635 (DS= 51412,8), cifra 141,8% mayor y 12,0%, menor respecto a la obtenida en otoño de 2003 e invierno de 2002, respectivamente.

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove se verificó en todo el rango latitudinal de la zona explorada y longitudinalmente estuvieron presentes hasta una distancia de 60 y 100 mn al oeste de punta Tames (22°40´S), punta Chacaya (23°00´S) y caleta herradura de Mejillones (23°20´S) y bahía Moreno, respectivamente (**Figura 80b**). No obstante lo anterior, la mayor frecuencia de estaciones positivas (n=17) se observó en la zona comprendida entre punta Chipana (21°00´S) y bahía Moreno, exhibiendo el desove una modalidad costera ya que más del 94% de los huevos de esta especie se concentraron en la franja de estaciones comprendida entre la costa y las 20 millas náuticas.

Los focos de desove más intensos (> 62.500 huevos/10m^2) se localizaron en el sector nerítico frente a Arica, punta Chipana (21°20´S) y punta Chacaya (23°00´S), cuyas abundancias en conjunto representaron el 65,9% respecto del total de huevos de anchoveta cuantificados. En este contexto, las estaciones con las densidades más importantes (> 117.000 huevos) se localizaron a 1mn frente punta Chipana y Arica, respectivamente.

Con respecto al número de huevos, el invierno de 2003 presentó con respecto al crucero de invierno precedente una tasa de cambio negativa igual a 27,7%, constituyéndose en el tercer registro más importante de los últimos 11 años (serie 1993-2003).

Las fases larvarias se presentaron en un total de 42 registros positivos con una abundancia igual a 174.943 larvas/10m^2. Respecto a las densidades larvarias, éstas fluctuaron entre 37 y 62.955, con una abundancia promedio por estaciones totales igual a 3.301 larvas /10m^2. La media de larvas por estación positiva alcanzó a 4.165 (DS= 11039.5), cifra 196% y 81,9% mayor respecto a la obtenida en otoño de 2003 e invierno de 2002, respectivamente.

El patrón de distribución espacial de las larvas de anchoveta en el área de estudio, señala que el desove se verificó en todo el rango latitudinal de la zona de estudio, exhibiendo una cobertura longitudinal prácticamente máxima y mucho más amplia que la descrita para la fase de huevos, lo que se expresa , por una parte, en un incremento en la frecuencia de estaciones positivas igual a 82,6% y en una disminución es su densidad promedio por estaciones positivas igual a -83,1% (**Figura 81b**).

Las áreas de desove más significativas (> 5.100 larvas) se localizaron frente a Arica, punta Baquedano (18°40´S), punta Madrid (19°00´S) y punta Lobos. Las estaciones con las mayores abundancias, > 23.500 larvas/10m^2, se localizaron a 1 y 5 mn al oeste de Arica y a 5 mn frente a punta Lobos.

En relación al número de larvas y a diferencia de lo señalado para el estadio de huevos, el invierno de 2003 presentó respecto al crucero de invierno precedente un significativo incremento en sus niveles de abundancia, que se traduce en una tasa de cambio igual a 59,2%, constituyéndose en el tercer registro más importante en cuanto al número de larvas cuantificadas de los últimos 11 años, serie 1993/2003.

Los gráficos de sobreposición de temperatura superficial con la distribución y abundancia de huevos de anchoveta, muestra que estos se distribuyeron principalmente en el sector costero de la mitad sur de la zona de estudio,

asociados a temperaturas relativamente bajas, menores a 15°C. Asimismo las estaciones positivas ubicadas en el área oceánica corresponden principalmente a aquellas ubicadas también en la mitad sur de la zona, que es la que registra temperaturas inferiores 16°C. En la mitad norte de la zona, la que se puede indicar como secundaria en abundancia, los registros positivos a esta fase de desarrollo, se encuentran en aguas cuyas temperaturas superficiales fueron mayores a 17°C y en el foco frente a Pisagua donde se registro la máxima térmica (>18°C). En el caso de las larvas se observa una mayor abundancia asociada al sector costero a lo largo de toda la zona de estudio. Lo anterior se evidencia en que las mayoría de las estaciones realizadas fueron positivas y con abundancias mayores a 500 larvas 10/m^2. El rango de temperatura asociado a la presencia de este estadio, es mayor respecto al señalado para los huevos, distribuyéndose las larvas en un rango que fluctuó entre 14°C y 17° C (**Figura 84**).

Con respecto a la salinidad, los huevos de anchoveta se encontraron en aguas cuyo rango de salinidad fluctuó entre 34,68 y 35,10 psu, observándose las mayores abundancias (> 255 (√ N°huevos/10m^2)) en aguas con salinidades comprendidas entre 34,680 y 34,835 psu. Análogamente, en cuanto a la variable densidad, los huevos de esta especie se presentan en densidades comprendidas entre 25,32 y 26,00, observándose las más altas abundancias en densidades que fluctuaron entre 25,315 y 25,998 kg/m^3. En cuanto al oxígeno disuelto superficial las mayores abundancias de huevos de anchoveta se asociaron a aguas cuyo contenido de oxígeno fluctuó entre 2,76 y 7,66 mL/L, no observándose ninguna tendencia clara de esta variable con la abundancia de huevos de esta especie. Con respecto a las fases larvarias, la situación es mas o menos similar con respecto a la descrita para huevos en cuanto a rangos distribucionales de las variables y a las máximas abundancias larvarias (**Figura 85**).

4.1.1.3 Primavera 2003

Esta especie continua siendo el recurso ictioplanctónico más importante y abundante de las especies consideradas objetivo del estudio, para la zona norte.

La densidad alcanzada por ambas fases de desarrollo fueron de 111.423 huevos y 10.886 larvas, detectándose en un total de 11 y 21 estaciones positivas, respectivamente, constituyendo porcentajes de dominancia y ocurrencia de 20,75 y 40,94% para los huevos y de 18,88 y 39,62 % las larvas (**Tabla 30**).

La distribución espacial adoptada por los huevos de anchoveta se restringió a las estaciones más costeras, encontrándose agregados principalmente en dos sectores definidos, frente a Bahía Moreno y entre Punta Lobos y Caleta Chipana, albergándose en estas dos áreas el 25% y el 74% del total de huevos censados durante el período primaveral, además se verificó un foco aislado en las inmediaciones de Punta Hornos y dos al oeste de Arica, detectándose las densidades mínimas y máximas a 40 mn de Arica y 5 mn de Punta Lobos, con densidades de 90 y 52.806 huevos/10 m^2, respectivamente. La presencia de huevos fue nula entre las 40 y 100 mn, a excepción de Arica, donde estos se encontraron alejados de las primeras millas de la costa, reapareciendo entre las 20 y 40 mn (**Figura 80c**).

Al comparar los resultado obtenidos durante las dos prospecciones de primavera de 2002 y 2003, se observó que los huevos de anchoveta denotaron una tasa de cambio negativa respecto al período precedente de un 17,3%, reduciéndose también respecto a ese año las áreas de desove, estando focalizadas en áreas bien aisladas unas de otras. La densidad alcanzada durante el presente año se inserta dentro del séptimo lugar en orden de importancia numérica desde 1983 a la fecha.

Las larvas colonizaron un mayor númrero de estaciones positivas que los huevos, encontrándose en 21 de ellas, albergando una densidad global de 10.886 larvas, con una abundancia promedio por estaciones positivas de 518/10 m^2. La distribución exhibida por ellas es diferente a la adoptada por los huevos, encontrándose a lo largo de todo el borde nerítico entre Arica y Antofagasta, siendo netamente costeras y detectándose exclusivamente dentro de las primeras 20 mn en la zona comprendida entre Punta Lobos y Antofagasta y extendiéndose hasta las estaciones de 40 y 70 mn desde las inmediaciones de Iquique y Arica (**Figura 81c**). En las estaciones localizadas a 1 y 40 mn de Punta Tames y de las inmediaciones de Iquique se detectaron los valores mínimos y máximos de larvas, los que fluctuaron entre 34 y 2.397. Los focos más frecuentes se restringieron a la primera milla.

Los valores de la densidad larval registradas en las dos últimas prospecciones de primavera, denotan una tasa de cambio negativa de un 19,7% respecto del año 2002, constituyéndose en el registro más bajo de los últimos ocho años.

Los focos de mayor abundancia de huevos, se ubicaron en aguas cuya temperatura fluctuó entre 18 a 19°C en punta Lobos y entre 17 a 19° en Bahía Moreno (**Figura 86**). Cabe señalar que este último sector corresponde al sector de surgencia relativa más intensa y, por lo tanto, el que presenta las menores temperaturas en la franja costera y también oceánica del período. Dados los valores de temperatura, salinidad y alta concentración de OD, se indica que la localidad de bahía Moreno debe presentar en su surgencia una fuerte participación de agua subantártica ASAA.

En el caso de las estaciones oceánicas positivas a huevos y larvas frente a Arica, las temperaturas son mayores que en los casos anteriores, fluctuando en el rango de 20 a 22°C, mientras que en la estación costera de Mejillones fue de 17°C. Los

valores de temperatura y salinidad registrados frente a Arica señalan una fuerte participación de AST y mezcla con AESS en la franja costera debido a la surgencia.

La temperatura donde se encontró la mayoría de las estaciones positivas es menor a 20°C, lo que corresponde a la franja más costera, pero algunas estaciones positivas ubicadas en el sector oceánico registraron temperaturas superiores a 22°C, lo que ocurrió en la mitad norte de la zona, precisamente frente a Iquique y en las transectas de punta Junín y Arica, áreas donde predomina agua de origen subtropical AST, dadas las altas temperaturas encontradas.

Con respecto a la salinidad, los huevos de anchoveta se encontraron en aguas cuyo rango de salinidad fluctuó entre 34,72 y 35,04 psu, observándose las mayores abundancias (> 92 huevos/10 m^2) en aguas con salinidades comprendidas entre 34,761 y 34,795 psu. Análogamente, en cuanto a la variable densidad, los huevos de esta especie se presentan en densidades comprendidas entre 24,16 y 25,66, observándose las más altas abundancias en densidades que fluctuaron entre 24,96 y 25,45 kg/m^3. En cuanto al oxígeno disuelto superficial, las mayores abundancias de huevos de anchoveta se asociaron a aguas cuyo contenido de oxígeno fluctuó entre 3,53 y 7,99 mL/L, no observándose ninguna tendencia clara de esta variable con la abundancia de huevos de esta especie. Con respecto a las fases larvarias, la situación es mas o menos similar referente a la descrita para huevos en cuanto a rangos distribucionales de las variables y a las máximas abundancias larvales (**Figura 87**).

4.1.1.4 Verano 2004

La abundancia temporal de esta especie la ubican nuevamente en el primer lugar en importancia numérica respecto de las otras especies objetivo para la zona Arica – Antofagasta, con un total de 75.935 huevos, cifra que representa el 67,9% del

total, mientras que las larvas exhibieron una abundancia igual a 16.885, lo que corresponde a un porcentaje del 38,5% de la dominancia numérica. Ambos estadios de desarrollo fueron observados en 20 y 25 estaciones positivas, respectivamente, comprometiendo de esta manera una frecuencia de estaciones de 38,5 y 48,1% para cada una de las fases de desarrollo (**Tabla 30**).

La distribución espacial de anchoveta en verano de 2004 estuvo netamente asociada al borde costero de toda la zona de estudio, Arica – Antofagasta, desde la primera milla hasta una distancia longitudinal máxima de 20 mn, congregándose principalmente en dos sectores bien definidos, uno de ellos entre Arica y la transecta de punta Junín, congregándose aquí el 2,3% de los huevos censados, mientras que entre punta Lobos y punta Copaca se agrupó el 64,8% de ellos, detectándose así mismo dentro de este último sector, los focos con las abundancias más importantes, situándose estos a 10 y 5 mn de punta Lobos y a 1 mn de caleta Chipana, con abundancias de 46.621, 17.355 y 6.273 huevos/10 m^2, respectivamente (**Figura 80d**).

A pesar de corresponder esta estacion del año al segundo período mas importante de desove de esta especie, el número de huevos detectados durante la prospección de verano mostró una declinación respecto del período primaveral de un 47%, aunque en aquella oportunidad estos se encontraron agregados exclusivamente en tres sectores bien definidos. Además denotan con respecto al verano del año 2003 una drástica disminución, denotando una tasa de cambio negativa de un 82%, aunque en esta oportunidad las areas de desove se ampliaron a toda la zona de estudio, no así en verano de 2003 donde se congregaron solo entre Arica y el norte de Tocopilla. El número total de huevos para este período corresponde al más bajo de los últimos 5 años.

Las larvas representaron una abundancia promedio por estaciones totales y positivas de 338 y 675, respectivamente, mostrando la misma distribución geográfica que la exhibida por los huevos, aunque estas colonizaron un mayor número de estaciones y se extendieron además hasta una distancia longitudinal máxima de 70 mn frente a bahía Moreno, mostrando en esta transecta su mayor dispersión hacia aguas más oceánicas. Las larvas fueron detectadas en todas las estaciones de 1 mn, exceptuando las situadas frente a punta Pinto (18°44'S) y punta Madrid (19°3'S).

El sector comprendido entre punta Lobos y punta Copaca reunió el mayor número de larvas, concentrándose allí el 38,9% de ellas; entre punta Lagarto (23°20'S) y bahía Moreno se congregó el 37,1%, mientras que la menor representatividad numérica se detectó entre Arica y punta Junín con un 24% de los huevos censados.

Particularmente las estaciones que exhibieron el mayor número de larvas correspondieron a una situada a 70 mn frente a bahía Moreno, la que concentró una abundancia de 5.135 larvas/10 m^2, y a 5 y 10 mn de punta Lobos se detectaron las otras dos, cada una aportando con 2.112 y 2.350 larvas/10 m^2 (**Figura 81d**).

A diferencia de los huevos de anchoveta, las larvas incrementaron sus niveles de abundancia con respecto al período de primavera de 2003 en un 55%, sin embargo, con respecto al período de veranol del año 2003, estas denotan una considerable disminución, decreciendo en un 83%, correspondiendo al valor mas bajo de los últimos seis años.

En la **Figura 88** se presenta la distribución de los huevos y larvas de anchoveta, asociados con la distribución de temperatura superficial, observándose su presencia mayoritaria en aguas de menores temperaturas, fluctuantes entre 17 – 19°C, asociadas al borde costero, donde se presentan los mayores gradientes térmicos. Particularmente las larvas denotan una dispersión en sentido longitudinal frente a bahía Moreno, lo que se explica como producto de los procesos que las afectan, dispersión, advección, transporte, etc., sumado al debilitamiento del gradiente térmico en este sector.

Durante este período, las estaciones que presentaron las mayores concentraciones de huevos de anchoveta estuvieron distribuídas en temperaturas cuyos rangos fluctuaron entre 17,8 – 18,8°C, con densidades comprendidas entre 6.273 – 46.621 huevos/10 m^2, localizándose estas a su vez en las estaciones mas someras entre caleta Chipana y hasta las 20 mn de la transecta de punta Lobos. Por otro lado, las restantes estaciones positivas a huevos exhibieron sus concentraciones en rangos de temperatura variable, desde los 15,86°C y 20,76°C, sin embargo, el mayor número de focos positivos se localizó sobre los 17,5°C (**Figura 89**).

Las larvas contrariamente a lo señalado para los huevos, presentaron sus máximas agregaciones en temperaturas mas bajas, fluctuantes entre los 17,5° y 18,8°C, las que se concentraron en densidades entre 1142 – 2350 larvas/10 m^2, no obstante, se advirtió un foco que fue quien conglomeró la máxima densidad de larvas y que se ubicó en aguas de temperaturas mas altas, 20,6°C. Esta fase de desarrollo presenta un rango distribucional de temperatura más amplio que el de los huevos, encontrándose focos positivos hasta los 21,7°C, pero las estaciones se presentaron sin embargo, en forma mas contagiosa en temperaturas inferiores a 18,8°C.

Al relacionar la distribución del ictioplancton de anchoveta con la salinidad, se aprecia que los huevos se presentan en un margen de valores de salinidad inferior al exhibido por las larvas, constatándose focos en aguas con salinidades entre 34,7 – 34,9, psu, aunque las mayores concentraciones se observaron entre los 34,83 y 34,9 psu, correspondiendo este rango a aquel de mayor agregación de estaciones positivas de huevos de anchoveta. Las densidades más altas de larvas se detectaron en aguas con valores de 34,83 – 34,85 psu y aunque su rango de distribución es mayor al de los huevos, al igual que ellos la gran mayoría de las estaciones se centró entre los 34,7 – 34,9 psu.

En cuanto a la variable densidad ambos estadios de desarrollo denotan una distribución similar, la que fluctúa entre 24,3 a 25,7 los huevos y 24,3 y 25,4 las larvas, con las mayores concentraciones para ambos fases sobre los 24,9 Kg/m^3.

En relación al oxígeno disuelto superficial, la distribución adoptada por los huevos de anchoveta se observó en un rango mas amplio, observándose estos de forma mas dispersa en los diferentes valores de oxígeno disuelto, mientras que las larvas se mostraron mas agregadas entre concentraciones de 5,93 – 7,04 mL/l.

Respecto a las estimaciones de la densidad media, varianza y coeficientes de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta en otoño, invierno, primavera de 2003 y verano de 2004, éstas se presentan en la **Tabla 31**. En ella se aprecia en general, que los menores coeficientes de variación para ambas fases de desarrollo y para las estaciones de invierno, primavera y verano, se obtuvieron para la estimación mediante la distribución Log-normal, a excepción del otoño de 2003.

4.1.2 Sardina, *Sardinops sagax*

Para sardina se determine la presencia de 4 registros positivos para huevos y 2 para larvas, en los cuales se colectaron 652 huevos y 333 larvas/10m^2. Estos niveles de abundancia indican que durante el período de estudio esta especie prácticamente no presentó actividad reproductiva (**Tablas 28** y **29**).

4.1.2.1 Otoño 2003

Durante el crucero de otoño de 2003, no se registraron estaciones positivas a huevos de esta especie, reconociéndose solo dos estaciones positivas a larvas, cuyas abundancias fluctuaron entre 30 y 303 especímenes/10m^2, las que se localizaron a 1mn frente a punta Junín y a 40 mn al oeste de punta Lobos (**Figuras 90a** y **91a**).

4.1.2.2 Invierno 2003

Para sardina se determinó la presencia de 4 registros positivos para huevos y ausencia de larvas, en los cuales se colectaron 652 huevos/10m^2 (**Tabla 32**). Estos niveles de abundancia indican que la especie presentó una muy baja actividad reproductiva, siendo ésta, 68,5% menor respecto a lo observado en invierno de 2002.

Los registros positivos a huevos se localizaron a 1mn frente a las localidades de punta Chacaya (23°00´S), punta Copaca (22°20´S), punta Chipana (21°20´S) y punta Madrid (19°00´S) (**Figura 90b**).

4.1.2.3 Primavera 2003

Durante la primavera de 2003 no se detectaron registros positivos para huevos y para larvas de esta especie **(Figuras 90c** y **91c**).

4.1.2.4 Verano 2004

Durante la estación de verano de 2004, no se detectaron áreas con registros positivos para huevos y larvas de sardina **(Figuras 90d** y **91d**).

4.1.3 Jurel, *Trachurus murphyi*

El procesamiento y análisis de las 208 muestras de zooplancton colectadas durante el transcurso de los cruceros estacionales 2003 - 2004, permitió verificar la presencia de 1.247 huevos y 46 larvas, lo que representó una frecuencia de 2,4% y 0,5% para cada una de las respectivas fases de desarrollo **(Tablas 28** y **29**).

4.1.3.1 Otoño 2003

En otoño 2003 no hubo registros positivos para huevos y larvas de jurel (**Tabla 33**, **Figuras 92a** y **93a**).

4.1.3.2 Invierno 2003

Durante el invierno del año 2003 se reconocieron 3 registros positivos para el estadio de huevos y ausencia de las fases larvarias de esta especie, en las cuales se colectaron 1.110 huevos/10m^2 (**Tabla 33**).

La distribución geográfica de huevos de jurel señala que estos se presentaron en el rango latitudinal comprendido entre punta Lobos y bahía Moreno, no sobrepasando la línea de estaciones de las 40 mn (**Figura 92b**).

4.1.3.3 Primavera 2003

Al igual que lo registrado en otoño, el ictioplancton de jurel estuvo ausente de la zona de estudio **(Figuras 92c** y **93c**).

4.1.3.4 Verano 2004

Su presencia en la zona se constató en dos estaciones positivas, a 20 mn de punta Gruesa (20°23'S) y 1 mn de punta Aña (22°00'S), con densidades de 92 y 44 huevos/10 m^2 (**Figura 92d**). Estos valores difieren notoriamente de lo detectado durante el verano del año 2003, disminuyendo la frecuencia de estaciones positivas y la dominancia de estos en la zona. Las larvas por su parte, solo fueron detectads en una sola estación, la que concentró un total de 46 larvas/10 m^2, situada a 1 mn frente a punta Copaca **(Figura 93d**).

4.1.4 Caballa, *Scomber japonicus*

4.1.4.1 Otoño 2003

En otoño de 2003 no hubo registros positivos para huevos y larvas de caballa (**Tabla 34**).

4.1.4.2 Invierno 2003

En invierno de 2003 no hubo registros positivos para huevos y larvas de caballa (**Tabla 34**).

4.1.4.3 Primavera 2003

En primavera de 2003, los huevos y larvas de caballa representaron el 9,9% y 3,2% de la dominancia total del área de estudio, porcentajes que corresponden a un total de 27.054 huevos y 1.825 larvas/10m^2, exhibiendo frecuencias iguales a 16,98 y 24,53 %, respectivamente (**Tabla 34**).

Geográficamente los huevos no se presentan asociados a las estaciones más costeras, registrándose éstos entre las 10 y 100 mn, con una cobertura latutudinal máxima. Las densidades de huevos fluctuaron entre 33 y 24.269 huevos/10 m^2, con un promedio por estación positiva de 3.006 ejemplares y una desviación estándar de 7.981,77 (**Figura 94c**). La estación con la mayor abundancia (>24.000 huevos/10 m^2) fue observada a 40 mn frente a Arica.

Un importante incremento en los niveles de abundancia de huevos de caballa se produjo respecto a la primavera del año 2002, incrementándose en un 524%, insertándose así este período como el más importante de los últimos ocho años, serie 1996-2003.

Las larvas se verificaron en 13 estaciones positivas, fluctuando sus abundancias entre 28 y 486 larvas/10 m^2, observándose estos valores extremos a 5 y 40 mn de Punta Copaca y en las inmediaciones de Iquique, respectivamente (**Figura 95c**). Su distribución espacial fue acorde a la descrita para el estadío de huevos, pero más agregada especialmente en el sector comprendido entre Arica y Punta Lobos.

4.1.4.4 Verano 2004

El ictioplancton de esta especie estuvo presente en la zona de estudio con 4 y 3 registros positivos para huevos y larvas, respectivamente. El total de huevos de caballa para este período fue de 356, con una media por estaciones totales igual a 7 huevos/10 m^2 (**Tabla 34**).

Espacialmente se distribuyeron en el 7,7% de las estaciones, verificándose su presencia a 100 mn frente a Arica y punta Junín, 20 mn de punta Gruesa y 20 mn de punta Copaca, encontrándose frente a punta Gruesa la densidad máxima para esta especie, con un registro igual a 230 huevos/10 m^2, mientras que en las restantes estaciones las densidades de estas fueron similares, fluctuando entre 40 y 43 ejemplares/10 m^2 (**Figura 94d**).

La comparación de estos valores con respecto al período estival 2003 demuestra un aumento en el número de estaciones positivas y en el número total de huevos, los que experimentaron un incremento de un 10,9%.

Las larvas se reconocieron en tres estaciones positivas, con una concentración total equivalente a 325 larvas, lo que corresponde a una dominancia numérica de 0,74% (**Tabla 34**). El promedio de larvas por estaciones totales y positivas fue de 6 y 108 ejemplares/10 m^2. Su presencia se registró al igual que los huevos a 20 mn de punta Gruesa y a 1 mn de punta Lobos y bahía Moreno, albergándose en este último sector su máxima densidad, 236 larvas/10 m^2 (**Figura 95 d**).

4.2 Distribución vertical de huevos y larvas de anchoveta

4.2.1 Otoño 2003

Durante el crucero de otoño de 2003, se obtuvieron muestras estratificadas diurno-nocturnas de zooplancton en los niveles de 0-10, 10-25, 25-50 y 50-75 m de profundidad, entregándose en la **Tabla 35** el detalle del número de estaciones positivas, la media, desviación estándar y el porcentaje de huevos y larvas de anchoveta referido a cada uno de los diferentes estratos de profundidad.

En términos generales y como se aprecia en la **Figura 96**, los huevos de anchoveta fueron encontrados en los intervalos de profundidad 25-50, 10-25 y 0-10, no registrándose su presencia en el nivel 50-75 m, asociados principalmente a pescas diurnas. Con respecto a los niveles de abundancia estos fueron significativamente mayores en los estratos 10-25 y 25-50 m, exhibiendo respecto al intervalo 0 -10m, porcentajes de cambio iguales a 116,1% y 90,6%, respectivamente. Por su parte las larvas se distribuyeron mayoritariamente en el estrato 10 - 25m, asociadas al igual que el estadio de huevos a pescas diurnas (**Figura 97**).

Respecto al total de pescas estratificadas (n = 24), los huevos y larvas de anchoveta se reconocieron en 5 y 6 estaciones, respectivamente; con abundancias iguales a 69.854 huevos y 8.919 larvas. La distribución espacial de ambos estadios fue similar y se restringió a las estaciones de 5 y 10 mn frente a Arica y a las estaciones de 1, 5 y 10 mn realizadas al oeste de Punta Lobos, siendo de gran relevancia cuantitativa para ambas fases la estación de 1millas náuticas.

En las **Figuras 98** y **99**, se muestra el efecto de la concentración de oxígeno sobre la distribución vertivcal de los huevos y larvas de anchoveta para la estación de otoño de 2003. En ellas es posible apreciar, que el límite superior de la capa de mínimo de oxígeno (ca. 1,0mL/L) en aquellas estaciones estratificadas y positivas a la presencia de huevos y larvas de anchoveta se localizó a baja profundidad (< 50 m). La comparación de las densidades promedios (huevos y larvas/10m^2), entre las diferentes profundidades muestreadas, sugiere en general la ocurrencia de una barrera a la distribución vertical de ambos estadios de desarrollo localizada en las proximidades de concentraciones de oxígeno de 1mL/L.

4.2.2 Invierno 2003

En invierno de 2003, los huevos de anchoveta se presentaron en todos los intervalos de profundidad, siendo su presencia escasa en el nivel 50-75 m. Con respecto a los niveles de abundancia estos fueron significativamente mayores en el estrato 50-25 m y prácticamente iguales en los estratos más superficiales, es decir, 10-0 y 25-10 metros. Por su parte las larvas se distribuyeron mayoritariamente en el estrato 10-0 m, asociadas preferentemente a pescas diurnas, exhibiendo este intervalo de profundidad respecto a los otros, es decir, 10-25, 25-50 y 50-75 m, tasas de cambio iguales a 261%, 998% y 4339%, respectivamente (**Figuras 100** y **101**).

Respecto al total de pescas estratificadas (n = 24), los huevos y larvas de anchoveta se reconocieron en 11 y 18 estaciones, respectivamente; con abundancias iguales a 59.446 huevos y 35.918 larvas. La distribución espacial de huevos señala que estos se presentaron preferentemente en las estaciones de 1, 5 y 10 mn, siendo de gran relevancia cuantitativa la estación de 1 mn realizada frente a bahía Moreno y la de 5 mn frente a punta Lobos. En relación a las fases larvarias, estas se presentaron prácticamente en toda la zona, adquiriendo

importancia por sus niveles de abundancia las estaciones realizadas a 5 mn al oeste de Arica y punta Lobos, respectivamente.

La isolínea de oxígeno, correspondiente a la concentración de 1 mL/L, como indicadora del límite superior de la capa del mínimo de oxígeno, en aquellas estaciones estratificadas y positivas a la presencia de huevos y larvas de anchoveta se localizó a profundidades mayores con respecto a lo observado en otoño de 2003, es decir, entre 50 y 80 m aproximadamente. Las densidades promedio (huevos y larvas/10m^2), para las diferentes profundidades muestreadas, corrobora la ocurrencia de una barrera a la distribución vertical de ambos estadios de desarrollo localizada en las proximidades de concentraciones de oxígeno de 1mL/L (**Figuras 102** y **103**).

4.2.3 Primavera 2003

En primavera de 2003 se verificó la presencia de huevos de anchoveta en 27 estaciones positivas con un total de 64.227 huevos/10m^2.

Como se aprecia en la **Figura 104 a** y **b,** los huevos de esta especie fueron encontrados en los cuatro estratos de profundidad, no obstante, su mayor incidencia se verificó en los niveles mas superficiales (0-10, 10-25 m), con abundancias promedio iguales a 3.593 y 3.050 huevos, respectivamente. Esta fase denota una disminución en sus niveles de densidad entre los 20-50 metros, estrato en el que exhiben sus menores valores, mientras que hacia el nivel más profundo, 75-50 metros, estos revelan un incremento de un 59%.

Espacialmente los huevos se congregaron en tres sectores bien definidos, a 1, 5 y 10 mn de la transecta situada frente a Bahía Moreno, en todas las estaciones localizadas en el sector de Punta Lobos y a 20 y 40 mn de la localidad de Arica.

Por su parte las larvas de anchoveta fueron reconocidas en los cuatro estratos de profundidad muestreados, con una abundancia total de 4.161 larvas (**Figura 105**). La distribución geográfica de las larvas coincide con la descrita para la fase de huevos en ciertos sectores definidos, como lo son los ubicados a 1, 5 y 10 mn de Bahía Moreno y a 20 y 40 mn de Arica. A diferencia de ellos, estas adoptan una distribución latitudinal más amplia, manifestándose en las 5 transectas analizadas.

El detalle del número de estaciones positivas, la densidad total, la media, desviación estándar, porcentaje de huevos y larvas de anchoveta, y los valores mínimos y máximos de cada uno de los distintos estratos de profundidad se muestran en la **Tabla 35**.

La distribución vertical adoptada por los huevos y larvas de anchoveta (**Figuras 106** y **107**), muestra durante el período de primavera una correspondencia entre el nivel del límite superior de la capa de mínimo de oxígeno y la presencia de registros positivos para ambas fases de desarrollo y sus máximas abundancias, apreciándose en casi todas las transectas, que las mayores concentraciones del ictioplancton de esta especie, y las mayores ocurrencias, se producen sobre o en las proximidades de la isolínea de oxígeno de 1 mL/l, la que se localizó entre los 55 y 80 metros de profundidad en las estaciones más oceánicas (40 mn) y entre los 15 y 35 metros en las estaciones más costeras.

4.2.4 Verano 2004

Los muestreos realizados dentro de las primeras 40 mn de la costa en cada una de las cinco transectas, permitió analizar un total de 25 estaciones planctónicas, que distribuidas entre los 0 y 75 m de profundidad reunieron un total de 94 muestras.

La única especie presente en las diferentes estaciones y niveles de profundidad muestreados correspondio a anchoveta.

La presencia de huevos de anchoveta se verificó en 14 estaciones positivas (**Figura 108 a**), encontrándose estos distribuidos en los cuatro intervalos de profundidad, albergando a un total de 41.478 huevos/10m^2.

Esta fase se mostró mayormente agregada dentro las primeras 20 mn de la zona comprendida entre punta Copaca y punta Lobos (est. 17 – 25), con una mayor frecuencia de ocurrencia en el estrato mas superficial y haciéndose menos frecuentes hacia las capas mas profundas.

Los huevos de anchoveta exhibieron su máxima dominancia numerica en el estrato entre 25-10 (**Figura 108 b)**, donde se albergó una densidad promedio de 3.397 ejemplares/10m^2, secundariamente se concentraron entre los 0 y 10 metros, estrato que reunió a un total de 13.259 huevos, con un promedio de 1.326 huevos/10 m^2. Las densidades de ellos comenzaron paulatinamente a decrecer hacia los niveles de mayor profundidad, registrándose un valor mínimo entre los 75 y 50 metros, con un promedio de 57 huevos/10 m^2 lo que equivale al 0,3% de la abundancia total.

Por otro lado, la fase larval de esta especie al igual que los huevos, fue detectada tambien en los cuatro estratos de profundidad, pero con una presencia casi exclusiva entre los primeros 25 metros.

El número total de ejemplares reunidos en los cuatro intervalos fue de 4.751, colonizando un mayor número de estaciones en el nivel de 0 – 10 metros y luego entre los 10 – 25 metros. A diferencia de los huevos, las larvas mostraron una distribución mas dispersa en la zona de estudio (**Figura 109a**).

La distribución vertical presentada por el ictioplancton de anchoveta durante este período estival, está asociada a los primeros metros de la columna de agua, encontrándose el mayor porcentaje de focos y las mayores densidades por sobre el límite superior de la capa de mínimo oxígeno, el que estuvo asociado a los primeros 25 metros en las transectas de bahia Moreno y punta Lobos, mientras que en punta Copaca, punta Junin y Arica esta se profundizó, sin embargo, las máximas agregaciones y concentraciones de huevos y larvas fueron registradas en los primeros 20 metros, o en las proximidades de la isolinea de 1 mL/l (**Figuras 110** y **111**).

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

4.3.1 Otoño 2003

De las 155 muestras colectadas con la bomba de huevos en otoño de 2003, la presencia de huevos de anchoveta se verificó en 31 registros positivos, con un total de 1221 huevos. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 39, fluctuando sus densidades entre 1 y 376. Con respecto a su distribución espacial, éstos se presentaron frente a Arica y en el área costera lindante a esta localidad, al oeste de punta Lobos y desde la latitud 21°00´S hasta Tocopilla y finalmente fueron detectados en las inmediaciones de la península de Mejillones (**Figura 112**). La bomba de huevos en esta oportunidad, permitió observar la presencia de esta fase de desarrollo en zonas donde la grilla de muestreo bio-oceanográfica no los detecto, ampliando de esta manera su cobertura latitudinal.

4.3.2 Invierno 2003

La presencia de huevos de anchoveta se observó en 67 registros positivos de 210 muestras colectadas, con un total de 40.595 huevos, cifra 3225% mayor respecto a la obtenida en otoño de 2003. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 606, fluctuando sus densidades entre 1 y 8.356. Con respecto a su distribución espacial, éstos se presentaron desde Arica hasta punta Baquedano (18°40´S) y desde punta Yapes (20°40´S) hasta punta Arenas (22°40´S), zona donde los huevos de esta especie se distribuyen muy próximos a la costa y muy agregados (**Figura 113**). La bomba de huevos, como ha sido lo habitual, permite observar la presencia de esta fase de desarrollo en zonas donde la grilla de muestreo bio-oceanográfica no los detecta, ampliando de esta manera su cobertura latitudinal. Con respecto a las fases larvarias y en contraste al patrón de distribución y abundancia determinado a través de lances con red WP-2, la bomba de huevos nos permitió reconocer un mayor número de registros positivos para la zona de estudio, confirmando la modalidad costera del desove de anchoveta en invierno de 2003, ampliando además latitudinalmente su rango distribucional. En esta oportunidad se reconocieron 90 registros positivos a esta fase de desarrollo, con un total de 1.994 larvas, cuyas abundancias fluctuaron entre 1 y 957larvas.

4.3.3 Primavera 2003

En primavera de 2003 se colectaron 166 muestras, constatándose la presencia de huevos de anchoveta en 78 estaciones, los que en forma conjunta representaron una abundancia igual a 3.475 huevos, con un promedio por estación igual a 45, fluctuando éstas entre entre 1 y 400.

Su distribución espacial se registró en casi todo el borde costero, principalmente desde Iquique hasta Bahía Moreno y desde Punta Madrid (19°2.5´S) a Caleta

Camarones (19°10´S). Su dispersión longitudinal no fue muy extensa, ya que estos se distribuyen muy próximos a la costa y los focos se presentan bastante agregados, no sobrepasando las 12,5 millas de la costa en las transectas correspondientes a punta Lobos, bahía Moreno y en el tramo diagonal frente a Iquique. Al oeste de Pisagua su presencia solo se confirmó en un foco aislado situado a 12,5 mn, mientras que frente a Punta Grande, ellos no fueron detectados más allá de las 2,5 mn. La transecta de Arica fue la única que mostró total ausencia de huevos de anchoveta dentro de las primeras 7,5 mn, estos comenzaron a aparecer en todas las estaciones localizadas entre las 10 y 40 mn (**Figura 114**).

La presencia de huevos de anchoveta detectados a través de la bomba CUFES, es coincidente con todas las estaciones muestrreadas con la red WP-2, las cuales fueron netamente costeras y se localizaron frente a las localidades de Arica, punta Lobos, punta Chipana, punta Hornos, caleta Barranca y bahía Moreno, respectivamente.

4.3.4 Verano 2004

Un total de 152 muestras fueron colectadas con la bomba de huevos CUFES, registrándose la presencia positiva de huevos de anchoveta en 50 estaciones, en las que se congregaron en total 1085 huevos, con un promedio por estación de 22 ejemplares, evidenciándose concentraciones extremas comprendidas entre 1 y 185. Los focos positivos que pudieron ser identificados de forma muy escasa y mayoritariamente en las primeras dos millas de la costa, detectándose agregaciones en sectores aislados, mencionando entre ellos las inmediaciones de punta Camarones (19°22'S), desde en norte de Iquique y el norte de caleta Chipana, frente a punta Copaca y bahía Moreno. En esta última zona los huevos

fueron encontrados entre las 30 y 40 mn, correspondiendo al único sector donde mantuvieron una distribución netamente oceánica.

Esta distribución adoptada por los huevos de anchoveta es acorde a lo evidenciado a través del muestreo continuo con red WP-2, donde estos se mantuvieron asociados exclusivamente al borde costero de la zona de estudio, patrón característico para este período del año (**Figura 115**).

4.4 Variación temporal de la intensidad de desove de anchoveta

La variacion temporal de la intensidad del desove de anchoveta, estimada a través de la densidad promedio por estaciones positivas, muestra entre los períodos de invierno de 1995 y verano de 2004 una tendencia de ambas fases de desarrollo a incrementarse a través del tiempo, exhibiendo estas con respecto al invierno de 2003 una disminución en la intensidad del desove para los huevos, mientras que para las larvas se aprecia un leve incremento, aunque la tendencia en ambos casos a partir del otoño de 2003 es a la declinacion (**Figura 116**).

Para el período precitado, es decir, invierno de 1995 – verano de 2004, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general ascendente, con siete picks de abundancias significativamente importantes (> 18.000huevos/10m^2) los que se han registrado en la estación de primavera de los años 1996 y 1997, invierno de 1998, primavera de 2000, invierno de 2001 y 2002 y verano de 2003. De la misma manera se han registrado drásticas disminuciones en la intensidad del desove durante los períodos de verano-otoño de 1997, 1999, 2000 y verano de 2001. Con relación a las fases larvarias, estas muestras una tendencia similar a la exhibida por el estadío de huevos, con abundancias superiores a 4700 larvas/10m^2, las que han sido reportadas en verano de 1999, 2000 y 2001, otoño de 2002 y verano de 2003.

4.5 Análisis estacional de huevos y larvas de peces

4.5.1 Desove de otoño

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los años 1993-2003, para la estación de otoño, indica que aún persiste el predominio de anchoveta respecto de las otras especies objetivo, situación que se ha mantenido sin alteraciones a partir del otoño de 1994 (**Figuras 117** y **118**) (Braun ***et al***., 2003).

Al contrastar los resultados obtenidos en otoño de 2003 con los informados en años precedentes, se verifica que los niveles de abundancia de huevos y larvas de anchoveta analizados en base a la densidad promedio por estaciones totales, presentan una disminución en su cobertura geográfica lo cual se refleja en tasas de cambio negativas respecto al otoño de 2002 iguales a 22,7% y 76,1%, respectivamente, constituyéndose el otoño de 2003 en el segundo registro más importante en cuanto a extensión del desove, de la serie 1993-2003 para el estadio de huevos y en el quinto de mayor relevancia para las fases larvarias. En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas muestran respecto al año 2002, situaciones distintas para los respectivos estadios de desarrollo. Es así, como los huevos de esta especie exhiben un incremento en su intensidad igual a 23,4%, verificándose para las fases larvarias una significativa disminución superior a 70%.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie 1993-2003, nos señala que el desove es eminentemente costero a excepción de lo observado en otoño de 1996, donde se constató un desove más oceánico, con presencia de huevos a 100 mn al oeste de Arica y a 70 mn de punta Lobos y punta Copaca, respectivamente. Durante los otoños de 1994 y 2002, se obtuvieron las

mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos y Antofagasta (**Figura 119**).

Las larvas muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las afectan (dispersión, transporte, advección, etc). Durante los otoños de 1994 y 1999, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, siendo también importantes los registros de los años 2000 y 2001 (> 20 estaciones positivas). Con respecto a las áreas de desove, las larvas exhiben en general, una tendencia similar respecto a la fase de huevos, concentrándose éstas frente a las localidades de Arica, punta Lobos y Antofagasta, incorporándose durante los últimos 5 años, punta Junín (**Figura 120**).

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

Con respecto a sardina, tanto los valores de la densidad promedio como los de frecuencia de estaciones positivas, indican que sus niveles de abundancia se encuentran en un nivel muy bajo, situación que dada la época del año, puede considerarse normal dado el proceso de recuperación y preparación de las gónadas para el desove primario, el que en normales condiciones se produciría durante los meses de julio a septiembre. Cabe señalar que en otoño de 2003, no hubo presencia de registros positivos a huevos de esta especie, reconociéndose tan sólo dos estaciones positivas a larvas.

Los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel, analizados a través de los diferentes índices utilizados, revelan ausencia de huevos y larvas durante el otoño de 2003, situación que se ha venido presentando desde el otoño de 1993 a la fecha, y con la única excepción del año 1997, donde se reconocieron registros positivos a huevos de jurel.

Con respecto a caballa, destaca el otoño de 1998 como el más importante de la serie 1993-2003 tanto para huevos como para larvas de esta especie. Durante los últimos 4 años no ha existido reconocimiento positivo a fases de desarrollo de caballa.

La estimación del índice de abundancia larval para anchoveta durante otoño de 2003, mantiene la misma tendencia descendente que se observa a partir de 2001, exhibiendo con respecto a otoño de 2002 una disminución igual a -61,6%. Con respecto a sardina, el índice larval presenta para la serie 1993-2003, valores muy bajos, situación que se corresponde con las bajas abundancias observadas para la serie analizada y que han fluctuado entre 0 y 1.431 larvas/10m^2 (**Figura 121**; **Tablas 36** y **37**).

4.5.2 Desove de invierno

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 que se observa con posterioridad a 1985, señala que nuevamente estamos frente a un proceso de cambio con una categórica predominancia de anchoveta respecto de sardina y jurel en términos de su abundancia, con densidades sin precedentes las que han sido registradas en invierno de 1985, 1994 y en menor magnitud en 1989. De la misma manera las disminuciones más drásticas han estado asociadas a perturbaciones ambientales como lo ha sido la presencia del fenómeno de El Niño en la zona de estudio durante los años 1982/83, 1986/87, 1991/92 y 1997/98 (**Figura 122**).

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los años 1993-2003, para la estación de invierno, indica que aún persiste el predominio de anchoveta respecto de las otras especies objetivo, situación que se ha mantenido sin alteraciones a partir del invierno de 1993 (**Figuras 123** y **124**) (Braun ***et al***., 2003).

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en invierno de 2003, respecto a las reportadas en inviernos precedentes para la serie 1993/2003, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta una situación diferente para ambas fases de desarrollo. Es así, como el estadio de huevos exhibe con respecto al invierno de 2002, una disminución que se traduce en un porcentaje de cambio igual a -19,6%. Por su parte las fases larvarias experimentan un importante incremento, con una tasa de cambio igual a 77,3%.

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas utilizadas como un índice de la concentración del desove, muestran con respecto al invierno de 2002, un decremento para la fase de huevos igual a 12%, observándose para las fases larvarias un incremento igual 81,9%.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie 1993-2003, nos señala que el desove de invierno respecto a la estación precedente, otoño, 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 1993, 1994, 1996 y 2000, respectivamente. Durante los inviernos de 1993, 1994 y 1995 y debido fundamentalmente a la grilla de muestreo utilizada durante esos años, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos y bahía Moreno (**Figura 125**).

Las larvas muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las afectan (dispersión, transporte, advección, etc). Durante los inviernos de los años 1993-1997, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, siendo también importantes los registros de los años 2000, 2002 y 2003. Con respecto a las áreas de desove, las larvas exhiben en general, una tendencia similar respecto a la fase de huevos y no obstante su amplia cobertura longitudinal, éstas se concentran mayoritariamente frente a las localidades de Arica, punta Junín, punta Lobos y bahía Moreno (**Figura 126**).

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

Con respecto al índice de abundancia larval para anchoveta, las más altas estimaciones se han obtenido en los inviernos de 1994 y 2003 y los más bajos han estado asociados a la presencia del fenómeno de El Niño registrados durante el

año 1998. Durante los inviernos de 1995, 1996 y 1997 el índice se mantuvo prácticamente constante, fluctuando entre 5 y 7 para disminuir drásticamente en 1998. A partir de 1998 se observa una tendencia general ascendente en sus valores para experimentar una nueva disminución en el invierno de 2001 e incrementarse significativamente en invierno de 2002 y 2003, situación que se traduce en un porcentaje de cambio igual a 62,2% con respecto al 2002 (**Figura 127**, **Tablas 38** y **39**).

En invierno de 2003, no hubo presencia de larvas de sardina y los niveles de abundancia promedio exhibidos por el estadio de huevos respecto al invierno precedente presenta una disminución en su intensidad y en su cobertura geográfica, lo que se reflejó en porcentajes de cambio iguales a 65,7% y 68,5%, respectivamente.

Los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel analizados a través de los diferentes índices utilizados, revelan ausencia de huevos y larvas durante los inviernos de 2000 y 2001 y presencia de estos estadios de desarrollo para el invierno del año 2002 y ausencia de las fases larvarias para el 2003. El estadio de huevos, exhibe con respecto al invierno de 2002 un incremento en la cobertura geográfica y en la intensidad del desove con tasas de cambio positivas iguales a 75% y 436%.

En relación a caballa, en invierno de 2003 no hubo registros positivos a huevos y larvas de esta especie.

4.5.3 Desove de primavera

En primavera de 2003, se aprecia nuevamente la predominancia del desove de anchoveta sobre sardina, jurel y caballa, situación que se ve corroborada al

examinar el parámetro comunitario dominancia numérica, el cual fue igual a 40,96% para la fase de huevos y 18,9% para las fases larvarias.

La estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta por estaciones totales, analizada como un índice de la extensión del desove, señala que en la primavera de 2003 se verificó la misma tendencia decreciente para ambas fases de desarrollo, exhibiendo con respecto a la primavera de 2002, disminuciones en sus niveles de abundancia iguales a -19,6% y 21,4% para huevos y larvas, respectivamente, constituyéndose la primavera de 2003 en el séptimo registro más importante de la serie 1983-2003, en términos de abundancia total de huevos (**Figuras 128** y **129**).

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas utilizadas como un índice de la concentración del desove, muestran con respecto a la primavera de 2003, un incremento para la fase de huevos igual a 54,9%, observándose para las fases larvarias un leve decremento igual 4,6%.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie 1993-2003, nos señala que el desove de primavera respecto a la estación precedente, invierno, presenta un carácter más moderado y nerítico, con presencia de huevos a 100 mn al oeste de Bahía Morena y zonas lindantes durante las primaveras de los años 1999 y 2002, respectivamente. Las mayores frecuencias (> 17) de registros positivos a esta fase de desarrollo se registraron durante las primaveras de los años 1993, 1998, y 2002, destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos y bahía Moreno (**Figura 130**).

Las larvas muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las

afectan (dispersión, transporte, advección, etc). Durante las primaveras de los años 1993, 1999 y 2002, se obtuvieron las mayores frecuencias (> 23) de registros positivos a esta fase de desarrollo, siendo también importantes los registros de los años 1996, 1998, 2000, 2001, 2002 y 2003. Con respecto a las áreas de desove, las larvas exhiben en general, una tendencia similar respecto a la fase de huevos y no obstante su amplia cobertura longitudinal, éstas se concentran mayoritariamente frente a las localidades de Arica, punta Junín, punta Lobos y bahía Moreno (**Figura 131**).

Para ambos estadios de desarrollo, las más bajas frecuencias de estaciones positivas se registraron en primavera de 1997, asociadas a la presencia de El Niño 1997/98 en la zona de estudio, la cual se caracterizó por una modalidad eminentemente costera en la postura y ausencia de huevos de anchoveta frente a las localidades de Punta Lobos y Punta Copaca.

Las estimaciones más altas del índice de abundancia larval de anchoveta para la estación de primavera se han obtenido durante los años 1988, 1996 y 1999 y las más bajas se han registrado en las primaveras de los años 1987, 1991 y 1993. En la primavera de 1996, se aprecio una tendencia general ascendente, pero ante la presencia de El Niño 97-98 que afectó a la zona de estudio, los valores del índice de abundancia larval se mantuvieron bajos fluctuando entre 0 y 2, para experimentar en 1999 un importante incremento y disminuir nuevamente en la primavera de 2000 en un 79%, manteniendo hasta diciembre de 2003 una tendencia no alcista. Con respecto al año 2002, el índice de abundancia larval disminuyó en un 22,2% (**Tabla 40**; **Figura132**).

En primavera de 2003, no hubo registros positivos a huevos y larvas de sardina, situación que también se ha verificado en primavera de los años 1996, 2001, 2002 y 2003.

Con respecto a la estimación del índice de abundancia larval de sardina para la estación de primavera, durante los años 1997 y 2000 se registran los más altos valores del índice de la serie analizada (**Tabla 41**). Durante los años 1998 y 1999, el índice larval se ha mantenido en un nivel muy bajo con valores comprendidos entre 0 y 1 (**Figura 132**).

En relación a jurel, en primavera de 2003, no hubo registros positivos a huevos y larvas de esta especie, situación que también ha sido consignada en primavera de los años 1998, 2002 y 2003.

No obstante, que para el recurso caballa se dispone de una serie menor, 1996-2003, ambas fases de desarrollo muestran niveles de abundancia muy bajos respecto a anchoveta y sardina, exhibiendo en esta oportunidad un significativo incremento en la intensidad del desove igual a 455% y 338% para huevos y larvas, respectivamente.

4.5.4 Desove de verano

En las **Figuras 133** y **134** se aprecia y confirma nuevamente la persistencia y predominio en el tiempo del ictioplancton de anchoveta por sobre caballa, sardina y jurel, especies que han demostrado ser muy vulnerables a los cambios ambientales. La dominancia de los huevos y larvas de anchoveta se ha mantenido inalterable desde el año 1993.

El analisis de la abundancia del ictioplancton de anchoveta en relación a la densidad promedio por estaciones totales, señala que durante este último período de verano se produjo tanto en los huevos y larvas de anchoveta una disminución en la extensión de las áreas de desove, con una tasa de cambio negativa igual a 82% y

83% para cada estadio de desarrollo, respectivamente, insertándose este período como el de menor abundancia promedio por estaciones totales de los últimos años.

La estimacion de la intensidad del desove para el presente período estacional, muestra con respecto al verano de 2003 la misma situación antes descrita, vale decir, una disminucion tanto de huevos como de larvas de anchoveta, con tasas de cambio iguales a 91% en el caso de los huevos y de 86% en el caso de las larvas.

El análisis histórico de la distribución espacial y temporal de huevos de anchoveta confirma el carácter costero que adopta esta especie en el desove, registrándose durante todos los períodos estivales analizados entre 1993 y 2004, una notoria colonización del borde costero, lo que se viene repitiendo desde el año 1997, aunque las áreas de desove manifiestan cambios espaciales de un período a otro, sin embargo, existen áreas características que han prevalecido con el paso del tiempo, como lo son la localidad de Arica, punta Lobos y bahía Moreno. Apreciándose en forma particular una dispersión longitudinal en mayor o menor grado en el desove frente a punta Lobos y sus alrededores, como se verifica durante los años 1994 y 2003. El registro más importante en el número de huevos de anchoveta se detectó en los años 2003, 2000 y 2002, mientras que las mayores frecuencias de estaciones positivas a huevos se observó en 1994, 2000 y 2004, correspondiendo este último período al de mayor colonización de áreas después del máximo registrado durante el año 1994 (**Figura 135**).

El patrón distribucional de las larvas de anchoveta es acorde al expuesto para los huevos en sentido latitudinal, ya que estas exhiben una distribución mas amplia, extendiéndose también hacia aguas más oceánicas, registrándose la mayor cobertura geográfica durante los años 1994, 1999 y 2000, no obstante, estas al igual que el estadio huevos, se congrega mayoritariamente en las primeras millas de la costa, con una tendencia de mantenerse espacio temporalmente en Arica, punta

Lobos y bahía Moreno. En relación al mayor número de larvas registradas, esto se verificó durante el año 2003, correspondiendo al período mas importante de toda la serie analizada desde el año 1993, mientras que en los años 1993, 1997, 1998 y 2004 se detectaron las mas bajas concentraciones de larvas para esta especie (**Figura 136**).

En la **Figura 137** se aprecian los valores registrados en el indice de abundancia larval de anchoveta, correspondiendo las cifras mas altas a aquellas observadas durante los períodos estivales de los años 2003, 2000 y 2001, mientras que los indices mas bajos han sido obtenidos en 1994, 1997, 1998 y 2004.

En general, los valores del índice de abundancia se distribuyeron entre 0 y 4, y el período de verano de 2004 experimentó respecto del verano precedente una importante reducción del orden del 87%, correspondiendo al mas bajo de los últimos seis años (**Tabla 42**; **Figura 137**).

Durante el verano de 2004 no se registraron larvas de sardina, observándose el último valor en el indice de abundancia larval para esta especie durante el año 2003, período en el que se estimó uno de los índices más bajos para esta especie, manteniéndose de igual forma desde el año 2000 (**Tabla 43**).

4.6 Biomasa zooplanctónica

4.6.1 Otoño 2003

En otoño de 2003, la biomasa zooplanctónica total como medida estimativa de la productividad secundaria de la zona de estudio, presentó valores extremos comprendidos entre 48 y 3875 ml de zooplancton/1000m^3 de agua filtrada, con un

promedio general para la zona igual a 459 (DS= 701,6) predominando los valores comprendidos en los rangos de densidad categorizados entre 101-300 y 301-900 ml/1000m^3 los cuales representaron el 48% y 36%, respectivamente. El 16% restante se categorizó dentro de los rangos 34-100 (10%) y 901-10000 (6%) ml de zooplancton.

El patrón de distribución espacial de la biomasa señala que el rango 101-300 se presentó prácticamente en todo el rango latitudinal de la zona explorada, distribución que fue interrumpida por altas biomasas frente a bahía Moreno, Punta Grande y en el sector costero y oceánico comprendido entre punta Lobos y Arica (**Figura 138**), exhibiendo sus valores promedio una tendencia creciente en sentido norte-sur, disminuyendo en general desde la costa hacia el sector más oceánico.

Las áreas donde se registraron las mayores biomasas promedio (> 550 ml de zooplancton) correspondieron a las observadas a 100 mn de punta Madrid (19°2,5´S), punta Tames (22°40´S) y frente a punta Lagarto (23°20´S) y bahía Moreno, respectivamente.

Con respecto a la constitución de las muestras, cabe señalar que el elemento predominante de ellas correspondió al mesozooplancton y particularmente al grupo de los copépodos, quetognatos y eufáusidos, observándose también la presencia de apendicularias, salpas y medusas.

En términos generales, la biomasa promedio presenta con respecto al otoño de 2002, un incremento en sus niveles de abundancia lo que se traduce en una tasa de cambio igual a 26,4%, constituyéndose este otoño en el registro más alto de la serie 1993-2003 (**Tabla 44**).

El análisis de la biomasa zooplanctónica total a diferentes estratos de profundidad exhibió valores extremos de 25 y 2512 ml de zooplancton/1000m^3, con un promedio general por nivel de profundidad igual a 451. Los estratos analizados correspondieron a los mencionados anteriormente, obteniéndose registros en todas las estaciones efectuadas para los intervalos de profundidad iguales a 10-0, 25-10 y 50-25, y 22 en el estrato más profundo, es decir, 75-50 metros.

No obstante el amplio rango de variación en los valores de biomasa, cabe señalar que el estrato 10-0m, presento rangos que fluctuaron entre 44 y 2512 ml, con un promedio igual a 821 (DS= 638,8) localizándose ambos valores extremos frente a bahía Moreno y punta Copaca, respectivamente (**Figura 139 a**). En este estrato de profundidad predominaron los valores categorizados dentro de los rangos de densidades comprendidos entre 301-900 y 901-10000 ml los cuales representaron el 45,8% y 41,7%, respectivamente.

El estrato 25-10 m, estuvo presente en la totalidad de las estaciones muestreadas, con biomasas comprendidas entre 25 y 1215 ml de zooplancton/1000m^3, con un promedio general para este nivel igual a 360 (DS=264,9), localizándose éstos frente a Arica y Pisagua, observándose una clara predominancia de las categorías de densidad comprendida entre 101-300 y 301-900, las cuales representaron el 37,5% y 50%, respectivamente (**Figura 139 b**).

El estrato 50-25 m, exhibió biomasas que fluctuaron entre 53 y 1010 ml con un promedio igual a 373 (DS= 266,7), observándose estos valores extremos en las mismas localidades que en el intervalo de profundidad anterior.

Finalmente el estrato de mayor profundidad, 75-50 m, fue el de menor representación con un total de 22 registros, fluctuando éstos entre 33 y 657 ml, con un promedio de 234 ml (DS=165,9) predominando la categoría 101-300, la cual se

presentó en el 63,6% de las muestras. Los valores extremos para este estrato se localizaron al oeste de Pisagua y Punta Copaca.

En términos generales, se aprecia que que el estrato más importante en términos de productividad secundaria para la zona de estudio correspondió al intervalo 10-0 m y en segundo lugar a los estratos 50-25 y 25-10 m, respectivamente.

4.6.2 Invierno 2003

Durante el invierno de 2003, los valores estimados para la biomasa zooplanctónica se presentaron dentro del rango comprendido entre 80 y 921 ml de zooplancton/1.000 m^3, con un promedio general para la zona igual a 304 y con una dominancia de valores categorizados entre 101 – 300 y 301 - 900, los que representan un 62,3% y 34% de la biomasa total, estos últimos se presentaron principalmente en las estaciones costeras de la zona comprendida entre punta Arenas y el sur de Mejillones y a lo largo de toda la extensión longitudinal del extremo norte entre Arica y el norte de Iquique, las cuales fueron interrumpidos entre las 40 y 70 mn al oeste de las localidades de Caleta Camarones y Caleta Buena por el rango de categorías de densidad 101 – 300, la cual domina prácticamente en toda la zona centro y sur del área de estudio, es decir, prácticamente desde Iquique hasta Antofagasta **(Tabla 45; Figura 140)**.

El único valor que concentró el máximo de biomasa se localizó a 70 mn, al sur de Arica, congregándose en esta estación un total de 921 ml de zooplancton /1.000 m^3. Los grupos zooplanctónicos que predominaron en la mayor parte de la zona forman parte del mesozooplancton, mencionando particularmente a los copépodos, quetognatos y eufáusidos.

La biomasa zooplanctónica estimada durante el invierno de 2003, manifiesta una disminución porcentual igual a 18,9% con respecto al valor promedio observado durante el período invernal precedente, sin embargo, este valor se ubica dentro de los tres más altos registrados desde el año 1993 a la fecha **(Tabla 45**).

El análisis de la biomasa zooplanctónica total a diferentes estratos de profundidad exhibió valores extremos de 22 y 1172 ml de zooplancton/1000m^3, con un promedio general por nivel de profundidad igual a 352. Los estratos analizados correspondieron a los mencionados anteriormente, obteniéndose registros en todas las estaciones efectuadas para los intervalos de profundidad iguales a 10-0, 25-10 y 50-25 y 20 en el estrato más profundo, es decir, 75-50 m. No obstante el amplio rango de variación en los valores de biomasa, cabe señalar que el estrato 10-0m, presento rangos que fluctuaron entre 142 y 1172 ml, con un promedio igual a 506 (DS= 266,3) localizándose ambos valores extremos a 40 mn frente a bahía Moreno y 10 mn al oeste de punta Lobos, respectivamente (**Figura 141 a**). En este estrato de profundidad predominaron los valores categorizados dentro del rango de densidades comprendido entre 301-900 el cual representó el 62,5% de la biomasa estimada para este intervalo.

El estrato 25-10 m, estuvo presente en la totalidad de las estaciones muestreadas, con biomasas comprendidas entre 110 y 2030 ml de zooplancton/1000m^3, con un promedio general para este nivel igual a 426 (DS=407,7), localizándose éstos a 20 mn de bahía Moreno y a 1mn de punta Lobos, observándose una clara predominancia de las categorías de densidad comprendida entre 101-300 y 301-900, las cuales representaron el 45,8%, respectivamente (**Figura 141b**).

El estrato 50-25 m, exhibió biomasas que fluctuaron entre 52 y 1030 ml con un promedio igual a 293 (DS= 207,9), observándose estos valores extremos al oeste de bahía moreno y frente a punta Copaca.

Finalmente el estrato de mayor profundidad, 75-50 m, fue el de menor representación con un total de 20 registros, fluctuando éstos entre 22 y 911 ml, con un promedio de 228 ml (DS=207,7) predominando la categoría 101-300, la cual se presentó en el 45% de las muestras. Los valores extremos para este estrato se localizaron al oeste de bahía Moreno.

Históricamente durante los cruceros invernales realizados desde el año 1993 a la fecha, y en comparación con los períodos otoñales, los valores más altos en la biomasa zooplanctónica promedio se han registrado durante los inviernos, destacando principalmente los años 1994, 2002 y 2003, con valores iguales a 471, 375 y 304 ml de zooplancton/1.000 m^3. Los rangos con las máximas concentraciones han sido detectados en los inviernos en los años 1993, 1994 y 1995, en ellos se aprecia una gran concentración de zooplancteres asociados principalmente a la costa, pero con una intrusión importante hacia la zona oceánica durante el invierno de 1994. Durante estos períodos se congregaron densidades superiores a los 1.020 ml zooplancton/1.000 m^3, siendo los años 1993 y 1994 quienes albergaron una mayor extensión de áreas con tales densidades, las que se identificaron principalmente a lo largo del borde costero entre Punta Junín (19°40) y Punta Aña (22°00), todas ellas en las primeras millas de la costa (**Figura 142**). En los años 1998 y 2002 también destacan concentraciones importantes asociadas a las primeras millas, y a lo largo de la costa. Cabe señalar que los años con la menor representatividad zooplanctónica fueron 1996, 1997, 2000 y 2001.

4.6.3 Primavera 2003

En primavera de 2003, la estimación de la biomasa zooplanctónica comprendió valores extremos entre 13 y 1.344 ml de zooplancton/1.000 m^3, con un promedio general para la zona igual a 240 y con una dominancia de un 37,7% del rango de

valores incluidos entre 101 – 300, pudiendo apreciarse estos a lo largo y ancho de la zona de estudio, pero siendo mas constantes entre Pisagua y Punta Grande (**Figura 143**). Estas concentraciones zooplanctónicas fueron interrumpidas mayoritariamente por focos de abundancia categorizados entre 34-100 ml/1.000 m^3 las que representaron el 28,3% de la biomasa, la que particularmente se detectó a lo largo del borde costero, principalmente entre Arica y Punta Arenas, la que se extendió y desplazó hacia el sector oceánico en el extremo sur de la zona de estudio.

En general las biomasas zooplanctónicas detectadas en la zona, mostraron valores promedio que tendieron a aumentar desde el área costera hacia el sector oceánico, produciéndose un paulatino incremento desde las 40 mn, observándose los picos máximos de toda el área prospectada entre las 70 y 100 mn, sector contiguo entre Punta Madrid y Arica, dichos valores fluctuaron desde 676-1.344, situación que no había sido observada con anterioridad, tampoco habían sido registradas biomasas tan bajas en la zona costera frente a Arica, principalmente entre las primeras 20 mn, es más, en esta transecta fue donde se reconocieron las densidades más bajas de toda la zona, con valores de 22, 13 y 16 ml de zooplancton/1.000 m^3 a 1, 5 y 10 millas náuticas.

Otro foco importante de alta biomasa fue detectado a 1 mn de Punta Lobería, cuya abundancia, 1.058 ml de zooplancton/1.000 m^3, corresponde al valor más alto de todas las estaciones situadas a 1 mn de la costa.

Los grupos zooplanctónicos predominantes en la mayor parte de la zona y los más frecuentes en las estaciones, corresponden al mesozooplancton, destacando principalmente a los copépodos, quetognatos, eufáusidos y organismos gelatinosos tales como sifonóforos, salpas y medusas. Cabe señalar que entre las 2 y 5 mn frente a Arica se detectó una gran cantidad de langostinos, no siendo

incluidos en las estimaciones de la biomasa zooplanctónica, coincidiendo la estación localizada a 5 mn con la biomasa más baja de toda la zona e incluso de todas la s prospecciones realizadas desde el año 1993 a la fecha (**Tabla 46**).

La biomasa zooplanctónica evaluada durante la primavera de 2003, denotó una tasa de cambio negativa igual a 30,8% respecto al valor promedio observado durante el período primaveral precedente, ubicándose esta dentro de los registros más bajos desde el año 1993, superando solo lo estimado durante el año 1998.

El análisis de la biomasa zooplanctónica total de los cuatro estratos de profundidad, obtenida en las estaciones situadas dentro de las primeras 40 mn de la costa, reveló concentraciones zooplanctónicas en un rango comprendido entre 20 y 730 ml/1.000 m^3, con un promedio general por nivel de profundidad igual a 239.

En total se analizaron 94 muestras provenientes de los cuatro estratos de profundidad y correspondientes a 25 estaciones planctónicas, el estrato con menor número de mediciones fue el de 50 – 75 metros (**Figura 144 a**), debido a que las profundidades sobre las cuales se realizaron los muestreos fueron menores a las profundidades de muestreo preestablecidas.

La **Figura 144 b**, exhibe la distribución por estrato de la biomasa zooplanctónica total, apreciándose que el estrato más importante en términos de productividad secundaria para la zona de estudio en primavera de 2003, correspondió al intervalo de 10 - 25 m y en segundo lugar a los estratos de 0 - 10 y 25 - 50 metros.

En términos generales, el estrato que albergó las biomasas más altas fue aquel situado entre los 10 y 25 metros y en segundo lugar y en forma equivalente entre los 0 - 10 y 25 - 50 metros, evidenciándose las densidades zooplanctónicas más bajas en el nivel más profundo.

En general las biomasas cuantitativamente más importantes registradas en los distintos estratos estuvieron localizadas entre 1 y 10 mn de la costa, destacándose la transecta situada frente a Punta Lobos.

La categoría de densidad 0 – 33, solo fue detectada en los niveles de profundidad mínima y máxima (0 - 10 y 50 - 75), mientras que las concentraciones entre 101-300 dominaron en todos los niveles, a excepción del intervalo comprendido entre los 10 - 25 metros, prevaleciendo en este último estrato biomasas categorizadas entre 301-900 ml de zooplancton/1.000 m^3.

4.6.4 Verano 2004

La estimación de la biomasa zooplanctónica correspondiente al período de verano de 2004, comprendió valores extremos entre 50 y 1.033 ml de zooplancton/1.000 m^3, con un promedio general para la zona igual a 351 (**Tabla 47**), dominando en primer lugar la categoría de densidad comprendida entre 101-300, extendiéndose esta en el 46,2% del área prospectada, detectándose estos valores en diferentes sectores de la zona de estudio, pero principalmente entre Arica y punta Patache y desde la zona costera de punta Copaca a la zona oceánica de bahía Moreno.

El segundo rango dominante fue el que concentró biomasas zooplanctónicas entre 301-900, rango que domina el 42,3% del área y que se distribuyó en forma homogénea entre punta Lobos y punta Copaca. A lo largo de toda la zona se detectaron los únicos dos focos con las biomasas mas altas, encontrándose estos a 20 y 70 mn de punta Junin y bahía Moreno, respectivamente, congregándose concentraciones de 1036 y 1033 ml de zooplancton/1.000 m^3 en cada caso (**Figura 145**). Contrariamente las agregaciones zooplanctonicas mas pobres se registraron entre 1 y 10 mn de Arica, con valores fluctuantes entre 50 y 69 ml de zooplancton/1.000 m^3, volviéndose a repetir la misma situación observada durante

la estacion de primavera de 2003, donde se registraron entre las primeras 20 mn de esta localidad las biomasas mas bajas del período.

Con referencia a la distancia de la costa, las concentraciones zooplanctónicas detectadas en la zona, se mostraron con valores promedio que tendieron a aumentar desde el área costera hacia el sector oceánico, apreciándose en las 40 y 70 mn las biomasas promedio más importantes, a su vez, las más bajas se consignaron en la primera milla.

Los grupos zooplanctónicos predominantes en la mayor parte de la zona y los más frecuentes en las estaciones, corresponden al mesozooplancton, destacando principalmente a los copépodos y quetognatos.

La biomasa zooplanctónica estimada en la estación de verano de 2004, experimentó una disminución de un 10,5% respecto al valor promedio observado en el verano del año anterior, sin embargo, se ubica dentro de los tres mayores valores de toda la serie analizada entre los años 1993 y 2004 (**Tabla 47**).

En general, las concentraciones zooplanctónicas mas altas han sido mas frecuentes en los últimos cinco años, verificándose categorías de densidad entre 300 a 900 ml/1.000 m^3 en gran parte de la zona explorada, mientras que en los años 1997, 1998, 1999 y 2000 se registraron los promedios mas bajos de toda la serie analizada.

La estimacion de la biomasa zooplanctónica en los distintos estratos de profundidad demostró valores comprendidos dentro del rango de 41 – 2080 ml de zooplancton/1.000 m^3. La gran mayoría de las estaciones con sus correspondientes estratos de profundidad presentaron algun grado de concentración zooplanctonica, aunque los mayores valores fueron observados entre punta Junin y Arica y

principalmente en aquellos estratos muestreadas entre los 0 y 10 metros, por el contrario, un alto porcentaje de estaciones e intervalos de profundidad mostró biomasas bastante bajas entre bahia Moreno y punta Copaca, sin dejar de mencionar las estaciones de 1 y 5 mn de Arica, donde se reconocieron las concentraciones mas bajas e incluso con ausencia de zooplancteres en los estratos mas profundos (**Figura 146 a**).

En total se analizaron 94 muestras provenientes de los cuatro estratos de profundidad y correspondientes a 25 estaciones planctónicas, observándose una disminución en sus abundancias hacia los niveles de mayor profundidad.

La biomasa promedio por estrato se mostró máxima entre los 0 – 10 metros, con 509 ml de zooplancton/1.000 m^3, disminuyendo los valores paulatinamente a medida que aumenta la profundidad, encontrándose un mínimo de 119 entre los 75 y 50 metros (**Figura 146 b**).

4.7 Relación entre la densidad del ictioplancton y el gradiente térmico

La relación entre la densidad de los huevos y larvas y el gradiente térmico se muestra en las **Figuras 147** y **148**.

Durante mayo de 2003, los huevos de anchoveta presentan una baja cobertura espacial y se concentran en dos sectores: frente al puerto de Arica y a la cuadra de Pta. Lobos, siendo este último foco el más importante, en este mes las densidades promedio de los huevos, en general, son bajas sin embargo existe un importante foco en Pta Lobos que alcanza registros superiores a los 50.000 huevos/10m^2, la cual se asocia a un gradiente de 1,0 ºC/mn, en este período se ajustó una relación polinomial que describe el 56% de la varianza (**Figura 147**). En

el caso de las larvas, éstas también poseen una escasa cobertura geográfica y se concentran entre Iquique y caleta Chipana en regiones muy ribereñas, en este no se ajustó ninguna curva lo que es reflejo de que existe una muy baja asociación entre las variables.

En septiembre se aprecia un gran aumento en la densidad promedio de los huevos de anchoveta y también en la cobertura geográfica ya que los huevos se distribuyen de manera mas oceánica que el crucero anterior, con grandes concentraciones frente a Arica, punta Lobos y Mejillones, que superan los 100.000 huevos/10m^2. Este mes presenta una fuerte relación polinomica (R^2 = 0,61) que indica que las mayores densidades se logran en gradientes menores a 1,0ºC/mn. A su vez las larvas también presentan una gran extensión espacial con una distribución más oceánica que alcanza las 100 mn de la costa, con dos áreas principales: frente de Arica con una distribución muy costera y que presenta registros superiores a las 30.000 larvas/10m^2 y frente a punta Lobos, con valores >20.000 larvas/10m^2, y una distribución preferentemente sobre las 10 mn. Este mes, las larvas dan cuenta de una significativa asociación con el gradiente térmico (R^2 = 0,46) y que muestra que las mayores concentraciones se alcanzan en gradientes menores a 1,2ºC/mn (**Figura 148**).

Diciembre exhibe una distribución más costera con agregaciones menores con respecto a septiembre, este mes presenta un foco principal localizado a la cuadra de punta Lobos, que alcanza las 20 mn de la costa, y que registra densidades superiores a los 20.000 huevos/10m^2 y un foco menor frente a Mejillones que alcanza concentraciones de 15.000 huevos/10m^2. En este período se aprecia una débil relación entre las variables (R^2 = 0,31) que señala que a gradientes superiores a 1,0 ºC/mn las densidades de huevos disminuyen notablemente. En el caso de las larvas, éstas ocupan una superficie espacial más amplia, no obstante

lo anterior, registran abundancias muy bajas que solamente superan las 2.000 larvas/10m^2 frente a Antofagasta.

El crucero de marzo de 2004 (11-19) muestra una repartición de huevos muy costera que no supera las 20 mn de la costa, en este período se aprecia un foco relevante que se ubica frente a punta Lobos y que registra agregaciones promedio mayores a los 20.000 huevos/10m^2. En marzo, al igual que en diciembre, se ajustó una regresión polinomial que da cuenta de una escasa asociación y que explica solamente el 18% de la varianza. Por su parte las larvas también manifiestan una distribución muy costera con un núcleo principal frente a punta Lobos que logra concentraciones superiores a las 2.000 larvas/10m^2. En este período se ajustó un modelo polinómico y que indica una regular asociación entre ambas variables.

4.8 Análisis de la señal latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la temperatura

Durante mayo se aprecia que los huevos y las larvas tienen una baja repartición geográfica. De esta manera, en este mes el ictioplancton presentó una distribución costera con un foco principal localizado frente a Pta. Lobos, observándose que los huevos y las larvas de la especie se sitúan en las cercanías de una masa de aguas frías (**Figura 149** y **150**). La señal latitudinal indica que las mayores concentraciones se emplazan en las primeras 10 mn en las proximidades de focos de surgencias. Asimismo, se observa que las mayores concentraciones de huevos y larvas están relacionados con variaciones latitudinales negativas de la TSM, es decir se encuentran en sectores donde la temperatura va descendiendo en el sentido norte-sur, los cuales a su vez se asocian con gradientes térmicos moderados y a bordes de focos de surgencia (**Figura 151 a** y **b**).

En el crucero de septiembre se observan importantes concentraciones de huevos y larvas de la especie. En efecto, en el caso de los huevos de anchoveta, éstos exhiben tres núcleos principales localizados frente a Arica, punta Lobos y Mejillones, donde las mayores concentraciones se sitúan preferentemente en las 20 primeras millas y están con sectores aledaños a focos surgentes y a variaciones latitudinales negativas de la TSM. Con respecto a las fases larvarias, éstas también exhiben grandes densidades pero presentan una cobertura espacial más oceánica que se extiende hasta las 100 mn. Así, en la franja de 0-10 mn, las larvas presentan un foco frente de Arica con una distribución muy costera, que se localiza en un sector cercano a un área de surgencias y en donde la temperatura presenta un gradiente térmico moderado, en la señal latitudinal oceánica (banda de 11-20 mn) se observa un núcleo que frente a Pta. Lobos que registra gradientes térmicos moderados y temperaturas de 17°C (**Figura 152b**).

En diciembre, tanto los huevos como las larvas de anchovetas disminuyen considerablemente sus concentraciones y su cobertura geográfica, sin embargo las larvas se distribuyen en gran parte de la zona de estudio en los sectores ribereños, no obstante que en agregaciones muy bajas. En cuanto a los huevos, éstos presentan un foco mayoritario que se ubica frente a Pta Lobos y que alcanza las 20 mn de la costa con densidades superiores a los 20.000 huevos/10m^2, dicho foco está vinculado a gradientes laterales moderados y al borde térmico compuesto por aguas de 20-21°C (**Figura 153a**). Por su parte, las larvas tienen una mayor cobertura geográfica pero con densidades muy bajas, en la franja costera se puede observar que la mayor concentración se ubica frente a Antofagasta vinculado al borde interno que forman las aguas frías que están asociadas a eventos de surgencias (**Figura 153b**); en el sector oceánico se advierte la débil presencia de las larvas no obstante que se aprecia un foco ubicado en Pisagua que se asocia al borde externo de las aguas de 20°C en un sector de diferenciales térmicos relevantes.

Durante el crucero de marzo de 2004, la repartición geográfica de huevos y larvas señala bajas concentraciones agrupadas mayoritariamente en las primeras 20 mn de la costa, con un núcleo principal situado en las cercanías de Pta Lobos en el borde interno de la franja costera de aguas frías y en las inmediaciones de aguas surgentes. Respecto de los huevos, en la franja costera (0-10 mn) se aprecia un foco pequeño localizado en punta Lobos con muy bajas concentraciones, en la banda oceánica dicho foco presenta mayores densidades y se asocia a diferenciales térmicos relevantes (**Figura 154a**). Por su parte las larvas de la especie también exhiben un núcleo en punta Lobos asociado al margen oceánico de las aguas de 19-20°C (**Figura 154b**).

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.

5. Calibración electroacústica

Los resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 de los B/I Carlos Porter y Abate Molina presentan variaciones inferiores a ± 0,2 dB confirmando la estabilidad histórica de ambos equipos (**Tabla 48**).

5.1 Distribución espacial de los recursos

5.1.1 Total de especies

Las especies detectadas en los tres cruceros realizados en el 2003 (MOBIO 0305, MOBIO 0309; MOBIO 0312) y en el verano de 2004 (MOBIO 0402) fueron

anchoveta (***Engraulis ringens***), jurel (***Trachurus murphyi***) y caballa (***Scomber japonicus***). En los cruceros de otoño (MOBIO 0305) e invierno (MOBIO 0309) también se registró la presencia de pez linterna (***Vicinguerria lucetia***) y langostino (***Pleuroncodes sp***.). En primavera (MOBIO 0312) y verano (MOBIO 0403) también se detectó la presencia de sardina española (***Sardinops sagax***) (**Figura 155**). La anchoveta fue la especie mas frecuente y abundante, representando entre el 52,6 y 82,0% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en la primavera (MOBIO 0312) (82,0%) y similar a la registrada en otoño (MOBIO 0305) (81,6%) e invierno (MOBIO 0308) (79,4%). En el verano (MOBIO 0403) la anchoveta presentó la importancia relativa menor con un 54,6%.

Durante el periodo el jurel fue aumentando su importancia relativa, variando entre el 8,3% en el otoño (MOBIO 0305) hasta un 21,4% en el verano (MOBIO 0403).

La caballa varió entre 0,8% y 2,5% de las lecturas acústicas totales de cada crucero siendo el menor en el otoño (MOBIO 0305) y el mayor en la primavera (MOBIO 0312).

Las otras especies detectadas en los cruceros del periodo analizado fueron el pez linterna, que en el otoño (MOBIO 0305) e invierno (MOBIO 0308) representó el 8,6% y el 10,4% de los registros acústicos totales, respectivamente. El langostino varió entre 0,6% en el otoño (MOBIO 0305) y 1,6% en el invierno (MOBIO 0308). Estas dos especies representan una reducción en el aporte relativo al total de cada crucero respecto a lo observado en el 2002, puesto que en aquel periodo el langostino varió entre 0,7% (otoño) y 23,4% (invierno), mientras que el pez linterna tuvo un importante aporte con el 35% de los registros acústicos en la primavera (MOBIO 0212), el 9,5% en el invierno (MOBIO 0209) y el 1,5% en el verano (MOBIO 0302).

La sardina española estuvo presente en primavera (MOBIO 0312) con un 4,9% y verano (MOBIO 0403) con un 2,9% de las lecturas acústicas totales del crucero, aumentando su frecuencia pero reduciéndose la importancia relativa respecto al 2002, periodo en que esta especie sólo se detectó en el verano (MOBIO 0302) representando el 9,1%.

5.1.2. Anchoveta

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

En los cuatro cruceros analizados en el presente caso, se presenta una tendencia similar al patrón típico (**Figura 156**), que fue más notorio en otoño que en ocasiones anteriores, alcanzando hasta las 50 mn de costa y en el invierno su límite occidental llegó hasta las 65 mn de la costa.

Específicamente, durante el otoño (MOBIO 0305) las mayores concentraciones de anchoveta se localizaron en una franja costera entre las 10 y 15 mn y un aumento de la distancia de la costa hacia el límite norte de la zona, alcanzando las 50 mn frente a Arica y un registro aislado a 95 mn

En el invierno (MOBIO 0309), la anchoveta presentó una distribución espacial oceánica, común para el invierno, aunque no se aprecia claramente la típica forma de cuña con la base en Arica. En este caso, la anchoveta se detectó preferentemente entre la costa y las 65 mn desde Arica hasta punta Amarilla (24º00´S), apreciándose en bajas densidades y en forma aislada entre Arica y

Pisagua y un notable incremento de la presencia y densidades de las agregaciones de la especie al sur de Pisagua.

En la primavera (MOBIO 0312) la anchoveta se distribuyó entre la costa y las 20 mn, destacándose dos grandes sectores, entre Arica y caleta Paquica (21º55´S), que presentó las mayores concentraciones y desde punta Cobija (22º35´S) a punta Coloso (23º50´S), que se caracterizó por sus menores densidades.

En el verano (MOBIO 0403) en general esta especie presentó una distribución típica de verano, caracterizada por focos de densidad relativamente altas asociados a la costa restringido a las primeras 15 mn, con la excepción del sector ubicado a la cuadra de Antofagasta que presentó una tendencia levemente mas oceánica, llegando hasta las 32 millas náuticas. Los sectores que se destacan por las mayores agregaciones de anchoveta se localizaron en las cercanías de Arica; desde el paralelo 20º55´S (norte de punta Lobos 21º00´S) hasta el paralelo 21º35´S (sur de punta Chipana, 21º30´S) y; a la cuadra de Antofagasta, donde se registran dos sectores: a 1 y 23 mn de la costa.

En el sentido vertical, en todos los cruceros considerados, la anchoveta se localizó preferentemente en los primeros 20 m de profundidad, con valores medios que fluctuaron entre 11,2 m (± 4,27 m) en primavera y 18,9 m (± 10,46 m) en invierno apreciándose una mayor variabilidad en otoño e invierno (**Figura 157**; **Tabla 49**).

Las temperaturas promedio de anchoveta por crucero variaron entre 15,43ºC (± 2,25^{o}C) en otoño y 16,37ºC (± 2,49^{o}C) en primavera, periodos que también registraron la mayor variabilidad (**Figura 158**; **Tabla 49**). En otoño el 87% de los cardúmenes estuvieron entre 14 y 17ºC; en invierno el 73,5% se detectaron entre 15 y 17ºC y el 15,5% entre los 13 y 14ºC; mientras que en primavera el 55% de los cardúmenes estuvieron entre 15 y 16ºC y el 26% en 16 y 17ºC y; en verano el

67% de los cardúmenes se localizaron entre 15 y 17ºC y el 24% entre los 14,3 y 15ºC

Las salinidades promedio en que se distribuyó la anchoveta en el periodo considerado, variaron entre 34,72 psu (± 0,17 psu) en otoño y 34,82 psu (± 0,18 psu) en invierno, apreciándose la mayor variabilidad en la primavera, en que los límites de confianza fueron 0,21 psu (**Figura 159**, **Tabla 49**).

5.1.3. Jurel

En términos generales, desde 1996 al 2002 el jurel en la zona Arica-Antofagasta se ha presentado en bajas densidades, tendiendo a aumentar su concentración en las cercanías de la costa en otoño y ocasionalmente en primavera y ocupando una mayor cobertura espacial en el invierno. En el periodo analizado en el presente caso (otoño, invierno y primavera del 2003 y verano del 2004), el jurel responde a este patrón general de distribución, aunque en otoño hubo ausencia de concentraciones de alta densidad. Las coberturas espaciales relativamente mayores se registraron en invierno y primavera, situación similar a lo observado en el año 2002, pero presentándose las mayores agregaciones en el verano. (**Figura 160**).

Específicamente en el otoño esta especie se distribuyó en focos de baja densidad preferentemente en las primeras 55 mn, con registros aislados a 90 mn al oeste de punta Madrid (19º00´S). El mapa de distribución de esta especie sugiere una proyección hacia el sur del límite de la zona de estudio, situación similar a la registrada en cruceros anteriores (MOBIO 0212-diciembre 2002). En invierno esta especie se registró con mayor frecuencia y continuidad al sur de caleta Camarones (19º10'S) llegando hasta punta Grande (25º10'S), aumentando su límite occidental hasta las 70 mn de la costa, manteniendo su característica de distribuirse en bajas densidades y algunas agregaciones aisladas de

concentración mayor. En primavera esta especie mantiene los límites latitudinales que en invierno pero tiende a restringirse hacia la costa llegando hasta las 43,6 mn presentándose algunas agregaciones aisladas de densidad mayor (**Figura 160**). Durante el verano nuevamente aumenta el límite occidental hasta las 70 mn, apreciándose una tendencia a incrementarse el gregarismo, distribuyéndose en focos aislados de densidad relativamente mayores y que alcanzan las mayores densidades de la serie, ubicados en el sector localizado entre las 15 y 56 mn a la cuadra de Antofagasta

La profundidad promedio de la distribución vertical del jurel varió entre 18,3 m (± 11,21 m) en verano y 35,56 m (± 40,43 m) en primavera, apreciándose en todos los casos variabilidades relativamente altas en los límites de este indicador **(Tabla 49**; **Figura 157**). No obstante los extensos límites de la distribución vertical, especialmente en invierno, los cardúmenes de jurel se localizaron preferentemente en los estratos más superficiales, registrándose más del 70% entre 10 y 40 m en otoño, invierno y primavera, mientras que en verano el 67,5% de las agregaciones se situaron entre 10 y 20 metros.

Las isotermas promedio asociadas a esta distribución vertical, variaron entre 15,3ºC en primavera (±2,77ºC)-invierno (±1,61ºC) y 17,67ºC en verano (±2,69^{o}C) (**Tabla 50**; **Figura 158**). Las salinidades promedio fluctuaron entre 34,738 psu (± 0,09 psu) en verano y 34,819 psu (± 0,22 psu) en invierno, apreciándose la mayor variabilidad en otoño (± 0,27 psu) (**Tabla 49**; **Figura 160**).

5.1.4. Caballa

En los cuatro cruceros, esta especie se registró en focos de bajas densidades localizados entre la costa y las 70 mn, sólo en la primavera se aprecia un incremento relativo en la densidad de uno de los focos ubicado a la cuadra de

Arica. En general, el límite norte de la distribución se situó al sur caleta Camarones (19º10´S), con la excepción del crucero de primavera en que se registró un foco de densidad relativamente mayor a la cuadra de Arica (**Figura 161**) y en la presencia detectada en el verano.

Históricamente las mayores densidades acústicas promedio se han registrado en primavera (685,4±7,4) y verano (685,7±12,17) (**Tabla 50**).

En el sentido batimétrico la caballa se localizó en estratos similares a la anchoveta y más someros que el jurel, con promedios que variaron entre 11,83 m (± 3,2 m) en verano y 17,3 m (±14,03 m) en invierno (**Tabla 49**). La mayor variabilidad en la profundidad se presentó en el invierno, mientras que el más homogéneo se registró en el verano. Históricamente, las menores profundidades promedio de caballa se han registrado en invierno (14,1 m±7,87 m) y verano (14,7 m±3,3 m) siendo levemente menores a la primavera (16,3±5,32 m), mientras que en otoño se aprecia una notoria profundización con un promedio de 25,25 m±4,01 m (**Tabla 50**).

Las isotermas promedio que limitaron la distribución vertical, variaron entre 16,09º C (+1,09ºC) en invierno y 19,28º C (+2,99ºC) en verano. Cabe destacar la similitud de los valores promedio en otoño, invierno y primavera así como la alta dispersión en esta variable en casi todas las estaciones, con la excepción del invierno. El contraste con los valores estacionales históricos (**Tabla 50**) indica que en otoño, invierno y primavera esta especie se localiza en temperaturas promedio de 16,7ºC±2,73ºC; 16,0ºC±1,56ºC y 16,5ºC±9,7ºC, aumentando en casi 1ºC en el verano (17,7º C±2,85º C). Las isohalinas promedio fluctuaron entre 34,737 psu en otoño (±0,17 psu) y 34,869 psu (±0,24 psu) en invierno (**Tabla 49**). Estos valores difieren en menos de 0,02 psu respecto a los valores históricos de invierno y primavera **(Tabla 50)**, mientras que en otoño y verano las diferencias fueron de 0,069 y 0,099 psu, respectivamente.

5.1.5. Pez linterna

El pez linterna se detectó en otoño e invierno, con distribuciones disímiles entre ambos cruceros, manteniendo en común con otros periodos el carácter oceánico de su localización. Es así como en otoño esta especie se presentó en tres focos aislados de baja densidad ubicados a 11 mn al oeste de punta Pichalo (19º35´S); entre las 70 y 80 mn al oeste de punta Lobos (21º00´S) y ; entre las 95 y 100 mn al oeste de punta Tames (22º40´S), mientras que en invierno hubieron focos aislados de alta densidad ubicados entre las 20 y 93 mn desde el límite norte de la prospección hasta el paralelo 19º25´S (**Figura 162**).

Históricamente este pez ha registrado los mayores densidades acústicas promedio en invierno (3.488,8±114,04) y primavera (3.300,2±48,57), reduciéndose de manera importante en otoño (315,0±18,17) y verano (930,3±74,49) (**Tabla 50**).

Verticalmente esta especie presentó una amplia distribución, variando entre 21,5 y 240,5 m, con promedios de 91,3 m (±57,51 m) en otoño y 81,3 m (±84,61 m) en invierno. Esta distribución estuvo asociada a isotermas promedio de 13,67º C (± 2,45ºC) en otoño y 13,7º C (±1,68ºC) en invierno. Las salinidades promedio fueron 34,748 psu (+ 0,12 psu) en otoño y 34,841 psu (± 0,09 psu) en invierno. Estos valores corresponden con los resultados históricos por estación (**Tabla 50**).

5.1.6. Langostino *(Pleuroncodes sp)*

Esta especie se detectó sólo en invierno, en un foco aislado y de alta densidad localizado entre las 18 y 28 mn al oeste de punta Argolla 18º48´S (**Figura 163**). Históricamente las mayores densidades acústicas promedio de esta especie se han registrado en invierno (4.647,73) y primavera (2.795,5), mientras que el menor ha sido en otoño (450,3), siendo el verano un periodo intermedio con un promedio

de 930,3 (**Tabla 50**). La profundidad promedio fue de 25,4 m (±10,81 m), temperaturas de 13,9ºC (±0,32ºC) y salinidades de 34,810 psu (±0,01 psu) (**Tabla 49**). En el invierno el langostino se ubicó más somero (34,3 m) y en temperaturas menores en 1,8ºC que el valor histórico (15,7ºC), existiendo pocas diferencias entre la salinidad del periodo con el referente.

5.1.7. Sardina española

La sardina estuvo presente en la primavera (MOBIO 0312) y el verano (MOBIO 0403), distribuyéndose en sectores asociados a la costa al sur de Pisagua (**Figura 164**). Desde 1994 al 2003 esta especie ha registrado los promedios más altos en primavera (4.335,0) con valores similares entre si en los otoños (2.726,4) e invierno (2.877,0) y los menores en verano (1.773,5) (**Tabla 50**). Las profundidades promedio en que se distribuyó la sardina fueron de 12,94 m (±5,6 m) en primavera y 12,55 m (±4,80 m) en verano, asociado a isotermas de 15,3º C (±1,28ºC) en primavera y 15,46ºC (±1,34ºC) en verano y salinidades de 34,756 psu (±0,15 psu) y 34,843 psu (±0,10 psu) (**Tabla 49**). La localización vertical fue más somera, en menores isotermas e isohalinas que los promedios históricos por estación (**Tabla 50**).

5.1.8. Distribución vertical estacional de anchoveta y jurel respecto a las variables hidrográficas, período 1996-2003

5.1.8.1 Distribución vertical

Las profundidades medias en las que se ha distribuido la anchoveta en el periodo 1994-2003, exceptuando el año 1997 en otoño, invierno y primavera y y 1998 en verano, han sido de 19,5 m (±7,5 m) en otoño; 17,0 m (±3,27 m) en invierno; 14,5 m (±5,45 m) en primavera y 12,83 m (± 2,19 m) en verano (**Tabla 50**; **Figura 165**).

El Niño 1997-98 afectó a la profundización de la anchoveta, detectándose en el invierno y primavera de 1997 con valores promedio de 31,36 m (±7,96 m) y 50,82 m (±7,91 m), respectivamente, alcanzando el máximo valor promedio en el verano de 1998 con 58,25 m (±5,94 m) y otoño con 51,54 m ±6,33 m **(Tabla 51**, **Figura 165**). En el invierno y primavera de 1998 las profundidades medias empezaron a disminuir siendo de 15 y 8,5 m, respectivamente. La mayor profundización de esta especie fue más notable en los límites máximos de los rangos, puesto que en 1997 aumentó desde 73,0 m en el otoño a 109,0 m en invierno y 117 m en primavera. Durante el verano de 1998 se registraron las mayores profundidades de esta especie, siendo de 130 m, volviendo paulatinamente a niveles normales en las estaciones posteriores, con 93,0 m en otoño, 52,0 m en invierno y 59,0 m en primavera.

Las profundidades medias de la anchoveta registradas en el otoño y primavera del 2003 y verano del 2004 son entre 1,1 y 5,0 m inferiores a las obtenidas en el periodo que excluye el efecto de El Niño 1997-98. Para el invierno las diferencias se reducen, apreciándose que en el 2003, el promedio fue 1,9 m mayor que el valor histórico.

En el caso del jurel, las profundidades en periodos “normales” han fluctuado entre 52,7 m (±8,1 m) en otoño; 24,9 m (±4,06 m) en invierno; 30,2 m (±9,54 m) en primavera y 21,3 m (±7,85 m) en verano (**Figura 165**, **Tabla 50**).Sin embargo los límites superiores del rango son mayores en primavera, variando entre 6,5 y 59,5 m en verano, 5 y 48,5 en otoño, 5 y 40,5 en invierno y 7 a 144 en primavera. El Niño 1997-98, también afectó la distribución batimétrica de esta especie, notándose, al igual que en anchoveta, a partir del invierno y primavera de 1997, con un aumento en las profundidades medias, las que variaron entre 69,2 m (±10,05 m) y 81,9 m (±7,8 m) en dichas estaciones llegando a un máximo de 135,7 m (±3,98 m) en el otoño de 1998. Este cambio fue más notorio en los límites

máximos de los rangos de profundidad, puesto que durante 1997 se registró en niveles cercanos a los 143 m (otoño e invierno) y 184,5 m en la primavera alcanzando un máximo histórico de 233 m en el otoño de 1998.

Las profundidades de jurel registradas en el otoño de 2003 fueron notoriamente menores que el valor histórico (27,1 m), excluyendo el evento El Niño y fueron similares a las registradas en el invierno. En la primavera de 2003 y verano del 2004, el jurel estuvo alrededor de 5,2 m más profundo que el promedio histórico.

5.1.8.2. Temperatura

Las temperaturas promedio de anchoveta, en periodos normales, presentan una leve estacionalidad, siendo menores en invierno, con un promedio de 15,2ºC (+1,42ºC) (**Figura 166**; **Tabla 50**) con rangos entre 13,0 y 18,2ºC mientras que en verano, otoño y primavera los promedios fueron 16,8 (++3,02ºC), 16,2 (+2,49ºC) y 16,1ºC (+0,27ºC), respectivamente con rangos entre 12,9 y 25,5º C. El Niño 1997-98 incrementó las temperaturas promedio de distribución de la anchoveta, en invierno y primavera de 1997 en alrededor de 2,7ºC (17,9ºC en invierno y 18,7ºC en primavera); 0,82ºC en verano (17,7ºC) y 0,46ºC en el otoño (15,7ºC) (**Tabla 51**). Llama la atención el brusco cambio que se aprecia en las temperaturas registradas en los veranos del periodo previo al 2001, en que el promedio fue de 18,2ºC (±2,71º C) y a partir del 2002 en que el promedio fue de 15,1º C (±1,57ºC) (**Figura 166**).

Las temperaturas en que se registró la anchoveta en el otoño e invierno de 2003 y verano de 2004 fueron 0,77; 1,55 y 1,15ºC menores que el valor histórico, siendo similar en la primavera.

En el caso del jurel, las temperaturas promedio son levemente mayores en el verano, con un promedio de 17,2ºC (± 3,29ºC), variando entre 15,6ºC y 21ºC, mientras que en las otras estaciones, exceptuando la primavera de 1997 y el otoño de 1998, el promedio fluctúa entre 15,05ºC en otoño y 15,9ºC en primavera. Las excepciones se producen debido a que en la primavera de 1997 los valores medios fueron mayores que la tendencia, registrando 18ºC (±3,0°C), incrementándose a 21ºC (±2,93ºC) en el verano de 1998, disminuyendo a 13ºC en el otoño (±2,04ºC), situación similar a la observada en la misma estación del año 2002, en que se presenta una reducción relativa a 14,7ºC.

Los límites extremos de las temperaturas en que se distribuyó el jurel son más amplios en los veranos, otoños y primaveras, variando desde 12,8 a 25,2ºC; de 12,5 a 20,7ºC y entre 12,1 y 21ºC, respectivamente, en comparación a los inviernos en que son notablemente más estrechos con valores comprendidos entre 12,1 y 18,3ºC. En este caso, El Niño 1997-98 se manifestó en los promedios con un aumento en la primavera de 1997 (23,3ºC), una disminución en el otoño de 1998 (13ºC) y una ampliación del rango en esas dos estaciones.

En este caso, al igual que en anchoveta se aprecia un brusco cambio de las condiciones térmicas de distribución del jurel en el verano en el periodo previo al 2001, con un promedio de 18,9ºC (±3,54ºC) y posterior al 2002 con una media de 16,1ºC (±2,77ºC). Las temperaturas medias de otoño de 2003 fueron 1,04ºC mayor que el promedio histórico para la misma estación, siendo comparable en las otras estaciones, con diferencias dentro de un rango ±0,5ºC.

5.1.8.3 Salinidad

Las salinidades promedio típicas en que se distribuye la anchoveta presenta las mayores diferencias entre el invierno (34,808±0,17 psu) y el verano (34,700±0,23

psu) (0,108 psu), existiendo leves diferencias (<0,06 psu) entre otoño (34,748 ±0,33 psu), primavera (34,762 ±0,27 psu) y el verano (**Tabla 50**). Los datos atípicos, se presentaron durante todo 1997 hasta el invierno de 1998, con aumentos en los promedios, los que se ubicaron entre 34,9 en los otoños de 1997 y 1998, llegando a un máximo de 35,2 psu en la primavera de 1997 (**Figura 167**). Los rangos son levemente más estrechos en el invierno, que con las excepciones ya indicadas, se ubican entre 34,3 y 35,2 psu, mientras que en los periodos excepcionales los rangos estuvieron entre 34,6 y 35,6 psu, siendo mayores en el otoño e invierno de 1998. Es interesante destacar que en los veranos posteriores a 1999 las salinidades presentan la tendencia a aumentar discreta y sostenidamente variando entre 34,618 psu en 1999 y 34,814 psu en 2004.

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

En el presente caso, el verano de 2004 presenta las mayores diferencias en las salinidades respecto al promedio histórico, siendo 0,114 psu mayor. En las otras estaciones se registran diferencias dentro de un rango de variación de ±0,04psu.

5.1.9 Indices de Cobertura y Densidad

La evolución histórica interestacional de los índices de cobertura (IC) de anchoveta en el periodo 1996-2004, presenta tres etapas (**Figura 168**):

- entre los inviernos de 1996 y 1997 caracterizado por su relativa estabilidad en sus valores variando entre 11 y 18,1%;

- entre el verano y primavera de 1998 en que se presenta un periodo de crecimiento alcanzando hasta un máximo de 47,3% en el otoño de 1998 y,
- una caída a valores de 1,8% en 1999 y una recuperación lenta y sostenida a partir del invierno del 2000 hasta alcanzar un máximo relativo en la primavera de aquel año (MOBIO 0212) con 16.67%.

En los cuatro cruceros analizados en el presente caso (MOBIO 0305, 0309, 0312 y 0403) el índice de cobertura (IC) de anchoveta, presentó un sostenido crecimiento, variando entre 7,5% en el otoño a 10,3% en la primavera y 10% en el verano del 2004. Estacionalmente (**Figura 169**) en verano y otoño se aprecia una relativa estabilidad en los IC respecto a los últimos tres años. En cambio en invierno y primavera se aprecia un leve descenso respecto a al 2002, siendo de todos modos mayor a los registrados en esas estaciones desde 1999.

Los índices de densidad (ID) de anchoveta también presentan tres periodos (**Figura 168)**:

- Entre el invierno de 1996 hasta la primavera de 1998, con valores que fluctuaron entre 105,7 y 191,2 t/mn² con mínimos de 46,8 t/mn² (MOBIO 9803), 82,6 t/mn² (MOBIO 9708) y 54,2 t/mn² (MOBIO 9808).
- A partir del otoño de 1999 (MOBIO 9905) y hasta el otoño del 2001 (MOBIO 0105) se registraron los valores más altos en los ID variando entre 415,5 t/mn² y 662,6 t/mn², con un mínimo en la primavera del 2000 (MOBIO 0009) en que se registró un ID de 66,7 t/mn^2.
- Entre el invierno del 2001 (MOBIO 0109) y el invierno del 2002 (MOBIO 0209) se aprecia un periodo de estabilidad en este indicador, fluctuando entre 179,3 t/mn^2 y 230 t/mn^2. En el verano del 2003 (MOBIO 0302), se vuelve a registrar un incremento en el ID, alcanzando un valor de 375,1 t/mn^2

que con la excepción de la situación registrada en el otoño del 2003 (Mobio 0305) se puede distinguir un periodo de crecimiento en el ID.

Estacionalmente los ID de verano y otoño fueron inferiores a los registrados el año anterior (2003 y 2002) (**Figura 169**), mientras que en invierno y primavera se aprecia una tendencia de crecimiento, alcanzándose en el invierno el mayor ID de la serie.

Los IC de jurel en el periodo 1996-2003 presentan dos etapas (**Figura 168**), la primera registrada antes del invierno de 1998 (1996-98), en que los IC se caracterizaron por una fuerte inestabilidad entre los distintos cruceros, con valores máximos que alcanzaron el 25,3% (MOBIO 9805 FII) ó 19,7% (MOBIO 9708) y mínimos del 2,5% (MOBIO 9705); 1,6% (MOBIO 9895 I) y 1,2% (MOBIO 9808) y una segunda que se registró a partir del invierno de 1999 (MOBIO 9909) en que los IC se han caracterizado por la desaparición de los valores mas altos presentes en la etapa anterior, variando entre 0,8 y 12,3%

En el presente caso, los IC del jurel de los cuatro cruceros analizados variaron entre 2,8% en el otoño (MOBIO 0305) y 4,1% en la primavera e invierno del 2003 (MOBIO 0312 y 0308).

El ID de jurel registrado desde 1996, presenta cuatro etapas, la primera entre 1996 y el invierno de 1998 (MOBIO 9808) en que sus valores variaron entre 8,9 y 52,1 t/m^2, con un máximo de 110,7 t/m^2; la segunda se presentó entre el invierno de 1999 (MOBIO 9909) y el otoño del 2000 (MOBIO 0005) con ID entre 213,4 y 683,4 t/mn^2 , la tercera etapa se presentó entre los inviernos del 2000 y 2001 con ID que fluctuaron entre 80,2 y 195,4 t/mn^2 una cuarta etapa que se presenta a partir de la primavera del 2001 (MOBIO 0112), que se caracteriza por una tendencia decreciente en los ID, variando entre 124,6 t/mn^2 en la primavera del 2001 y 50,0

t/mn^2 en la primavera del 2002 (MOBIO 0212). En el periodo analizado en el presente caso se aprecia durante todo el año una tendencia creciente en los ID, alcanzando el máximo en el verano de 2003 (MOBIO 0403) desde el año 2000 (**Figura 168**).

Estacionalmente, los ID fueron en todos los casos, excepto en el otoño, mayores a los valores alcanzados el año anterior, diferencia que se acentuó en el verano, registrándose el ID más alto de la serie.

Estacionalmente los espectros de las señales de los IC e ID (**Figuras 168** y **169)** se presentan desfasados entre sí, por cuanto cuando el IC es mayor el ID es menor o viceversa. Este hecho es especialmente notorio para anchoveta y aunque en el jurel también se observa, en esta especie es claramente notable en el invierno. Lo anterior indica que las altas concentraciones de estas especies se registran en un número reducido de observaciones, deduciéndose su comportamiento altamente gregario.

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

6. Estaciones costeras de vigilancia

6.1 Temperatura, salinidad y concentración de oxígeno disuelto en estaciones costeras de monitoreo.

6.1.1 Temperatura

Arica

La temperatura de Arica registró en la capa superficial de los primeros 10 m una marcada variación estacional durante el período mayo 2003 a mayo 2004. Las mayores temperaturas se presentaron en los meses de enero y febrero, donde los máximos de TSM fueron cercanos a los 20°C, originando una termoclina también más marcada que en los otros períodos. Los valores mínimos de TSM en esta misma serie se encontraron en el mes de junio a agosto de 2003 y en mayo de 2004, con valores cercanos a los 16°C. La isoterma de 15°C se ubicó en general entre los 10 y 20 m de profundidad, sin producirse en este período profundizaciones marcadas como las observadas en enero y febrero de 2003. A nivel subsuperficial, bajo los 20 m, se produjeron también variaciones estacionales de temperatura, pero en una condición inversa a la registrada en superficie, esto es, valores levemente menores de temperatura en verano y mayores en invierno, situación que fue mostrada por el levantamiento de la isoterma de 14°C en los meses de verano (**Figura 170 a**).

En Iquique, la condición fue similar a la de Arica en cuanto a los meses de ocurrencia de máximos y mínimos de temperatura en la vertical. Sin embargo, hubo una mayor variabilidad térmica en la capa superficial, al menos en los muestreos realizados, lo que fue señalado por la fuerte variación de profundidad de la isoterma de 15°C entre los niveles de 5 y 15 m de profundidad a lo largo el periodo 2003-2004. El máximo de temperatura en esta estación fija se registró en noviembre de 2003, con valores que superaron los 18°C, sin embargo, como un período cálido completo se puede indicar los meses de diciembre a enero. La isoterma de 14°C mostró también una tendencia a ubicarse en menores

profundidades durante los meses de verano, como se observó también en Arica (**Figura 170b**).

Mejillones registró una condición similar a la de Arica, esto es con una relativa estacionalidad y variación térmica vertical. Sin embargo, esta estación se caracterizó por mostrar un brusco enfriamiento superficial en el mes de Agosto, que llegó a registrar temperaturas de 14°C, rompiendo el esquema de ubicación de temperaturas mayores en superficie, mostrando en este caso una capa de agua más homogénea. Las TSM mayores, que alcanzaron los 21°C, se registraron también en el mes de febrero, pero a nivel subsuperficial no se observó algún cambio estacional importante bajo los 20 m (**Figura 170c**).

6.1.2 Salinidad

La variable salinidad mostró en el período de estudio mayo 2003- mayo 2004, para las tres estaciones, una ausencia de estacionalidad registrándose, sin embargo, en cada una de las estaciones, un particular rango de variación y también una disminución de valores en un sentido norte sur (**Figura 171**).

Arica presentó un rango de variación de salinidad entre 34,7 y 35,0 psu, observándose en superficie en el período de verano (marzo) los menores valores de esta variable. El máximo valor observado para esta estación fija, el cual fue subsuperficial, se registró también en el período de verano de 2004, con un valor mayor a 34,9 psu, y desde una profundidad mayor a 20 metros. Fueron los meses de febrero a abril los que registraron los mayores gradientes verticales de salinidad, aumentando desde superficie hacia el fondo, y a partir de mayo se observó ya la disminución de la salinidad a nivel subsuperficial. El período de invierno de 2003 registró la menor variación vertical de salinidad, con valores extremos máximos de 34,7 a 34,9 psu.

La estación de Iquique, registró por su parte un más estrecho rango total de valores, el que fue de 34,7 a 34,9 psu. A diferencia de la estación de Arica, Iquique no registró un gradiente vertical de salinidad en el período de verano, por el contrario, este es el período que registró la menor variación vertical, con valores de salinidad entre 34,8 a 34,9 psu.

La estación fija de Mejillones tuvo, en el período mayo 2003 a mayo 2004, un rango con valores que fueron los más bajos de las tres estaciones, él que fue de 34,5 a 34,9 psu. La estación de mejillones se caracterizó también por mostrar valores de salinidad, relativos a la estación, más altos en los niveles de mayor profundidad. Los meses de menor salinidad relativa en toda la vertical correspondieron a diciembre 2003 – marzo 2004, siendo estos meses también los que presentaron en la vertical el rango completo de valores indicado anteriormente. Los meses de menor variación vertical de salinidad fueron aquellos que comprendieron el período estacional de invierno, con valores de 34,7 a 34,8 psu.

6.1.3 Distribución del oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto (OD) en la columna de agua de las estaciones fijas, medidos en el período mayo 2003 – mayo 2004, se presentan en la **Tabla 52**.

En Arica (**Figura 172a**), durante el período de estudio mayo de 2003 a mayo 2004, se observó la presencia de capa óxica (> 5 mL/L) en gran parte de los muestreos realizados. A pesar de lo anterior, en mayo de 2003 los valores subóxicos llegaron hasta la superficie (4,3 mL/L), entre junio y noviembre la presencia de la capa óxica fue notoria, dentro de este grupo de mediciones, los mayores valores (8,1 mL/L) y el mayor espesor de la capa (> 10 m) se observaron en el mes de septiembre. En diciembre, la capa óxica vuelve a desaparecer, mostrando una distribución similar a la reportada para mayo de 2003. Desde enero a abril la capa

óxica, se observó menos profunda que la observada en la primera parte del año, sin embargo se registraron las mayores concentraciones del año, > 10 mL/L en el mes de abril. La distribución de OD de mayo de 2004, fue muy similar a las de mayo y diciembre de 2003, midiéndose en este caso el menor valor superficial (3,9 mL/L) del período de estudio. La capa de mínimo OD se mantuvo en general sobre los 25 m, salvo entre julio y septiembre, y en diciembre cuando se desplazó bajo los 50 m de profundidad, las menores profundidades de la capa de mínimo coincidieron con la ausencia de capa óxica.

En Iquique (**Figura 172b**), la distribución de OD para el período de muestreo mayo 2003 – mayo 2004, presentó una capa óxica con menos de 5 m de espesor entre los meses de mayo y julio, aumentando considerablemente su espesor (> 10 m) y sus concentraciones (> 6 mL/L) en agosto. En septiembre los valores subóxicos llegaron hasta la superficie, con una capa de 5 m con valores de 3,8 mL/L, en octubre y noviembre la capa óxica reaparece, con un espesor cercano a los 5 m y altas concentraciones (> 6 mL/L) en este último mes. En diciembre las concentraciones vuelven a bajar, pero se recuperan en enero cuando se midieron los mayores valores del período (> 7 mL/L), en febrero éstos descienden para llegar en marzo a concentraciones mínimas de 2,8 mL/L en superficie. En abril el OD aumenta, reapareciendo la capa óxica en mayo de 2004. La capa de mínimo OD se mantuvo entre mayo y julio cerca de los 30 m, no detectándose en la columna de 50 m en el mes de agosto, posteriormente desde septiembre hasta mayo de 2004 se mantuvo por sobre los 24 m, observándose en marzo su menor ubicación, 8 m, coincidente con el menor valor superficial medido en este período.

En Mejillones (**Figura 172c**), durante el período de estudio mayo de 2003 a mayo 2004, en general se observaron altos valores superficiales de OD (> 6 mL/L). Al igual que en Iquique, en mayo de 2003 las concentraciones subóxicas llegaron hasta la superficie con un valor mínimo de 2,1 mL/L, repuntando levemente en

junio para desarrollarse en julio una capa óxica con un espesor inferior a 5 m, pero con un elevado valor superficial (6,8 mL/L). En agosto los valores subóxicos ocuparon toda la columna muestreada, con un valor superficial de 3,7 mL/L. Desde septiembre a febrero la capa óxica se mantiene con un espesor variable, alcanzando los 14 m entre septiembre y octubre con concentraciones que superaron los 7 mL/L. En abril las concentraciones bajan notoriamente, desapareciendo la capa óxica (4,4 mL/L en superficie), pero ya en mayo de 2004 aumentaron a más de 7 mL/L, aunque sólo a nivel superficial. La capa de mínimo OD, como es habitual en esta estación, tuvo posiciones variables en la columna a través del período muestreado, tanto en agosto como en marzo no se detectó la capa de mínimo dentro de la columna muestreada, mientras que en mayo de 2003 y abril de 2004 ésta se encontró alrededor de los 10 m de profundidad, coincidiendo con dos de los niveles más bajos del OD superficial.

6.2 Distribución de la biomasa fitoplanctónica

Los valores de clorofila a en la columna de agua de las estaciones fijas, medidos en el período mayo 2003 – mayo 2004, se presentan en la **Tabla 52**.

En Arica (**Figura 173a**), durante el período de estudio mayo 2003 – mayo 2004, la biomasa pigmentaria expresada como clorofila a (cloa), presentó capa eutrófica en gran parte del período aumentando las concentraciones hacia los últimos meses de éste. Entre mayo y junio la capa eutrófica tuvo un espesor aproximado de 10 m, con concentraciones que superaron los 2 µg/L, lo que correspondería al término del período productivo comenzado en abril de 2002. En julio y agosto de 2003, las concentraciones bajaron a un nivel mesotrófico (< 0,8 µg/L) en toda la columna muestreada, sin embargo, éstas se recuperaron durante el trimestre septiembre-noviembre, cuando las concentraciones eutróficas presentaron un pequeño núcleo con concentraciones que superaron los 3 µg/L, el que se mantuvo centrado a 10

m durante los dos primeros meses. En diciembre desaparece completamente el núcleo eutrófico, observándose valores mesotróficos en los primeros metros de la columna. Desde enero aparece con mucha fuerza el bloom de verano, el que presentó las máximas concentraciones en febrero (26 µg/L), en marzo la cloa desciende bruscamente aunque siempre dentro del rango eutrófico y en abril, vuelven a presentarse altas concentraciones, superando esta vez los 30 µg/L, valor que corresponde al más alto medido en la serie. En mayo de 2004, la cloa presentó valores < 4 µg/L. En general el núcleo eutrófico superó los 18 m de profundidad.

En Iquique (**Figura 173b**), durante el período de estudio mayo 2003 – mayo 2004, la cloa presentó las mayores concentraciones en los últimos meses del período, similar a lo observado en Arica. En mayo de 2003, la cloa se mantuvo en el rango mesotrófico (< 1 µg/L), aumentando en junio al rango eutrófico aunque sin concentraciones altas (< 2 µg/L), para descender nuevamente en el mes de julio al rango mesotrófico, mientras en agosto descendieron aun más, quedando en el rango eutróficos (< 0,5 µg/L), siendo éstas las menores concentraciones del período de muestreo. Desde septiembre la cloa comenzó a recuperarse (> 0,5 µg/L), observándose la capa eutrófica desde octubre hasta mayo de 2004. Dentro de esta capa se observaron tres núcleos importantes: entre octubre y noviembre cuando la cloa tuvo máximos > 4 µg/L; entre enero y febrero con valores > 6 µg/L; observándose las mayores concentraciones en abril y mayo (> 10 µg/L). En el período de estudio los núcleos eutróficos se desarrollaron dentro de los primeros 20 m de la columna de agua.

En Mejillones (**Figura 173c**), durante el período de estudio mayo 2003 – mayo 2004, se observó la capa eutrófica más constante de las tres estaciones de muestreo. Entre mayo y junio la cloa presentó bajas concentraciones, manteniéndose entre meso y oligotróficas, en julio éstas aumentaron a más de 2

µg/L, sin embargo vuelven a bajar en agosto. Desde septiembre el núcleo eutrófico se mantiene constante hasta mayo de 2004, conteniendo tres núcleos de alta cloa: octubre y noviembre con un máximo de 9 µg/L en este último mes; enero a marzo, con un máximo de 20 µg/L en marzo; y mayo con un máximo de 7 µg/L.

6.3 Huevos y larvas de peces en estaciones costeras de vigilancia

6.3.1 Arrastre vertical integrado con red WP-2

En términos generales y considerando las tres estaciones fijas, la especie que prevalece con mayor frecuencia espacio-temporal correspondió a la anchoveta, registrándose el mayor número de huevos en la estación de Arica y el mayor número de larvas en Mejillones.

6.3.1.1 Anchoveta

Las densidades exhibidas por esta especie en la localidad de Arica estuvieron comprendidas entre 30 y 233.924 huevos/10 m^2, correspondiendo ambos valores a los registrados durante los meses de enero de 2004 y septiembre de 2003, respectivamente. La presencia de huevos se observó constante entre mayo y noviembre de 2003, a partir de esta última fecha estos fueron apareciendo intermitentemente mes por medio, detectándose sólo en enero, marzo y mayo de 2004, encontrándose también durante este lapso de tiempo las densidades mas bajas de toda la serie analizada, en cambio, entre mayo y septiembre de 2003 las densidades fueron incrementándose paulatinamente hasta alcanzar el máximo en septiembre (**Figura 174**).

Por otra parte, las larvas exhibieron niveles de abundancia que fluctuaron entre 31 y 40.765 larvas/10 m^2, cifras registradas durante julio y septiembre de 2003, así

también durante el mes de agosto se detectó la segunda densidad más alta, siendo igual a 1.773 larvas/10 m^2, situación que es coherente con el pico principal de desove de esta especie. Al igual que los huevos, esta fase demostró una presencia ininterrumpida desde mayo a noviembre de 2003 y a partir del mes de diciembre de 2003, estas desaparecieron completamente de la estación fija de Arica.

Cabe señalar que para el mes de diciembre de 2003, esta ausencia debe haber estado estrechamente relacionada con una fuerte presencia de salpas y langostinos, los cuales estarían predando sobre los productos del desove de la anchoveta.

En la localidad de Iquique y para el período mayo 2003 – mayo 2004, fue donde se registraron los valores más bajos tanto de huevos como de larvas. Los valores extremos observados para la fase de huevos fueron iguales a 22 y 14.576 huevos/10 m^2. La presencia de ellos fue constante a través del tiempo desde octubre de 2003 a mayo de 2004, con excepción de enero, manifestándose las dos mayores densidades durante los meses de abril y mayo de 2004. Por otra parte, se observó casi una total ausencia de éstos entre los meses de mayo a septiembre de 2003, a excepción del mes de junio de 2003, donde se observan con densidades muy bajas (**Figura 174**).

Las larvas exhiben un número de registros positivos similar al de los huevos, encontrándose en un total de 8 meses, aunque su presencia coincide con los períodos de ausencia de la fase de huevos, observándose específicamente durante junio a septiembre de 2003 y en marzo y mayo de 2004. Los dos registros más importantes en términos de abundancia fueron observados en los meses de julio y septiembre con valores iguales a 2.845 y 2.807 larvas/10 m^2, respectivamente.

En Mejillones las abundancias de huevos durante la serie analizada, mayo 2003 – mayo 2004, fluctuaron entre 38 – 24.070 huevos/10 m^2, correspondiendo ambos

registros a los observados en mayo de 2004 y julio de 2003. Fue en esta única localidad donde se verificó el 100% de los registros positivos a huevos, los que en forma conjunta totalizaron 64.040 ejemplares, no obstante, las mayores densidades fueron detectadas entre los meses de mayo y octubre de 2003, produciéndose una baja en los niveles de concentración desde noviembre a mayo de 2004, período en el cual los huevos fluctuaron entre 38 y 834 huevos/10 m^2.

Respecto a las larvas, estas reúnen un total general de 18.150 larvas, valor que corresponde a 8 registros mensuales positivos. Estas exhibieron una presencia sistemática desde mayo a noviembre de 2003, detectándose durante este período los valores más importantes, que particularmente corresponden a densidades iguales a 4.547, 5.031 y 6.998 larvas/10 m^2, densidades que fueron observadas durante los meses de octubre, septiembre y julio de 2003, respectivamente, mientras que la densidad más baja se registró en noviembre, con un total de 37 larvas/10 m^2. Entre diciembre y mayo de 2004 las larvas estuvieron completamente ausentes, siendo sólo verificadas en el mes de marzo con un total de 114 larvas/10 m^2 (**Figura 174**).

6.3.1.2 Sardina

Durante el período mayo 2003 – mayo 2004, sólo se reconoció un registro positivo a huevos de esta especie, el que se verificó en el mes de octubre de 2003 en la localidad de Arica, con una densidad que alcanzó a 308 huevos/10 m^2. Para esta misma localidad se detectaron dos registros a larvas, durante los meses de septiembre y octubre de 2003, alcanzando en ambas oportunidades una densidad igual a 44 larvas/10 m^2.

6.3.1.3 Jurel

Durante la serie mensual analizada se verificó la presencia de huevos de jurel solo durante el mes de octubre de 2003 y de larvas en mayo de 2004, congregando densidades de 37 huevos/10 m^2 y 68 larvas/10 m^2.

6.3.1.4 Caballa

Esta especie fue la única que no fue observada en ninguno de los meses analizados tanto en su fase de huevos como de larvas.

6.3.2 Biomasa zooplanctónica

En general la biomasa zooplanctónica registrada en las tres estaciones costeras fue predominantemente mayor en el mes de septiembre de 2003. Particularmente en Iquique, se presentaron en la mayoría de los muestreos mensuales, las mayores biomasas, mientras que en Arica fue donde se reconoció el mayor número de registros mensuales con las biomasas más bajas.

6.3.2.1 Arica

Se presentan en esta estación la mayor frecuencia de biomasas con las menores concentraciones zooplanctónicas, las congregaciones más altas fueron observadas entre los meses de mayo a diciembre de 2003, destacando los dos valores mas importantes de toda la serie analizada y de las tres estaciones costeras, aquellos registrados durante los meses de septiembre y octubre de 2003, con biomasa iguales a 774 y 491 ml de zooplancton/1.000 m^3 (**Tabla 53**), contrariamente las concentraciones zooplanctónicas mas bajas comenzaron a detectarse desde enero a mayo de 2004, donde estas estuvieron comprendidas entre 16 – 78 ml de zooplancton/1.000 m^3 (**Figura 175**).

6.3.2.2 Iquique

En esta estación fue donde se registró un mayor número de meses con las biomasas más altas, las cuales fueron observadas principalmente entre mayo y noviembre de 2003, verificándose los valores más altos en septiembre, mayo, octubre y junio, con biomasas iguales a 477, 447, 366 y 309 ml de zooplancton/1.000 m^3, respectivamente, por el contrario y de forma similar a lo ocurrido en la estación de Arica, a partir del mes de diciembre de 2003, se produce en descenso importante en los niveles de concentración zooplanctónica, fluctuando estos entre 54 – 116 ml de zooplancton/1.000 m^3 (**Tabla 53**), (**Figura 175**), situación que no había sido observada con anterioridad al año 2003.

6.3.2.3 Mejillones

Durante los períodos mensuales analizados en la estación de mejillones, se observaron los valores de biomasa mas inestables en el tiempo, no existiendo un patrón que mostrara cierta tendencia como en las otras dos estaciones fijas, aquí los valores se presentaron variables con máximos y mínimos a través de toda la serie analizada, sin embargo, y al igual que en Arica e Iquique la biomasa más alta se registró en septiembre con una presencia de 351 ml de zooplancton/1.000 m^3 (**Tabla 53**) y la mas baja en el mes de abril y fue igual a 38 ml/1.000 m^3 (**Figura 175**).

E. Objetivo específico N° 2.5

Realizar un análisis integrado de la información recopilada por el monitoreo bio-oceanográfico financiado por el FIP desde el año 1993 en la zona norte de Chile, que permita sintetizar el conocimiento alcanzado a la fecha, incluyendo la generación de un modelo conceptual del sistema, las hipótesis contrastadas a la fecha y las propuestas de hipótesis para ser contrastadas en futuros estudios de monitoreo bio-oceanográfico en la zona de estudio.

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

7.1 Análisis exploratorio de datos

En los cuatro cruceros analizados se monitorearon 207 estaciones, en la cuales se registraron las variables predictoras, latitud, longitud, salinidad y temperatura superficial del mar, de igual manera se contabilizó el número de huevos y/o larvas y por consiguiente, la presencia o ausencia de éstos. Del total de estaciones analizadas, sólo en un 30% de éstas se registró la presencia de huevos; en tanto, que el porcentaje de estaciones con presencia de larvas alcanzó al 48%, registrándose una densidad media por estación positiva del orden de 13 mil huevos y 2200 larvas/10 m^2.

En la **Tabla 54** se detalla por crucero el número de estaciones totales, el número de éstas con presencia y ausencia de huevos/larvas y la densidad promedio de las estaciones positivas. En cuanto a la presencia de huevos, los cruceros de septiembre de 2003 y marzo de 2004 presentaron la mayor proporción de estaciones positivas con un 43% y un 39%, respectivamente; mientras que el menor número de estaciones con presencia de huevos correspondió al crucero de

mayo de 2003, con un 16% (**Figura 176a**). Respecto a la densidad de huevos, el mayor índice se registró en el crucero de septiembre de 2003 con 25 mil huevos/10 m^2, coincidiendo con la mayor proporción de estaciones positivas registrada en dicho mes. En mayo y diciembre de 2003, la densidad media fue del orden de 10 mil huevos/10 m^2 y en marzo de 2004 se obtuvo el registro más bajo con 4 mil huevos/10 m^2, no obstante que en este mes se registró un 40% de estaciones positivas.Para las estaciones con presencia de larvas nuevamente los cruceros de septiembre de 2003 y marzo de 2004 presentaron la mayor proporción de estaciones positivas con un 79% y un 49% respectivamente; de igual forma que lo observado en huevos en el crucero de mayo de 2003 se registro el menor número de estaciones con presencia de larvas (24%) (**Figura 176b**). Respecto a la densidad de larvas, el mayor índice se registró en el crucero de septiembre de 2003 con 4 mil huevos/10 m^2, coincidiendo con la mayor proporción de estaciones positivas registrada en dicho mes. En mayo de 2003, la densidad media fue del orden de 1400 larvas/10 m^2, no obstante que en este mes se registró el menor número de estaciones con presencia de larvas 24%. En diciembre de 2003 y marzo de 2004 se obtuvo densidades medias de 520 y 680 larvas/10 m^2, respectivamente.

Las estadísticas descriptivas de las variables predictoras latitud, longitud, temperatura superficial y salinidad superficial, junto a las variables de interés densidad de huevos/larvas se presentan en la **Tabla 55**. En los cuatro cruceros se cubrió un área muy similar, que abarca latitudinalmente de los 18°24’ y 23°42’ S y longitudinalmente de los 70°6’ y 72°12’ W. En los cruceros de mayo y septiembre de 2003, se registró una temperatura superficial del mar promedio de 18 y 16°C, con un rango de variación de 7 y 4°C, respectivamente. Los cruceros de diciembre de 2003 y marzo de 2004 presentaron temperaturas más altas que en promedio fluctuaron en torno a los 20°C, con un rango de variación de 8 y 9°C. Para la

salinidad superficial, en los cuatro cruceros, se observaron promedios en torno a los 35 psu con un rango de variación entre los 0,45 y 0,8 psu.

7.2 Modelamiento estadístico

Los resultados del ajuste de los modelos aditivos generalizados para cada set de datos se resumen en la **Tablas 56** y **57**. Los modelos de efectos principales de cuatro covariables (latitud, longitud, temperatura y salinidad) y un factor correspondiente al crucero (estación del año), fueron significativos, con pseudo-R^2 de 0,47 y 0,49 para los modelos de presencia de huevos y larvas y de 0,57 y 0,42 para la densidad de huevos y larvas de las estaciones positivas, respectivamente.

7.2.1 Análisis de presencia/ausencia de huevos y larvas

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

Los predictores incorporados en el modelo tanto de huevos como de larvas, en su mayoría presentaron un comportamiento no-lineal, confirmado a través de la prueba F (**Tabla 56**). Se exceptúa la temperatura superficial del mar para el caso de huevos y la latitud para larvas, los cuales no siguen este comportamiento. La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en las **Figuras 177** y **178**.

En el caso de la presencia de huevos, se puede observar que latitudes (Lat) inferiores a los 18°42'S tienen un efecto positivo, mientras que entre los 18°42' y 21°S la influencia es negativa, y a latitudes superiores no se observa un efecto

sobre la probabilidad de éxito de estaciones con huevos. Por su parte, la longitud (Lon) tiene un efecto claramente positivo para valores inferiores a 70°42'W y negativo a longitudes mayores, es decir el proceso de desove aparece más vinculado a la zona costera que oceánica. En relación con la variable temperatura superficial (TSM), se observa un efecto positivo de ésta para valores menores a los 18°C, mientras que para temperaturas superiores a los 21°C no es posible determinar si éstas afectan de forma negativa, dada la alta incertidumbre presentada por el suavizador spline y reflejada en amplias bandas de confianza. La variable salinidad (Sal) muestra una alta incertidumbre en el suavizador a salinidades superiores a las 35 psu, observándose un efecto positivo en la presencia de huevos por estación entorno a las 34,7 psu (**Figura 177**).

En relación al modelamiento de la variable presencia de estaciones positivas de larvas, se puede apreciar que el predictor latitud refleja un efecto positivo a partir de los 22°S., mientras que a latitudes inferiores a los 22°S, el efecto es negativo. Por su parte la variable longitud, de la misma forma en que afecta a la presencia de huevos por estación, muestra un efecto positivo para longitudes cercanas a la costa (< 70°48'W) y un efecto negativo gradual a medida que aumenta la longitud. La función suave ajustada para la variable temperatura superficial presenta una alta incertidumbre a temperaturas inferiores a los 16°C y superiores a los 22°C, y se observa que en contraposición a los huevos, la mayor probabilidad de éxito de estaciones con larvas se registra a temperaturas superiores a los 19°C. Por su parte el predictor salinidad, muestra un efecto positivo en niveles en torno a las 34,8 psu, mientras que para salinidades superiores a las 35,1 psu no es posible caracterizar su influencia, dada la alta incertidumbre de la estimación del suavizador reflejada en amplias bandas de confianza (**Figura 178**).

Finalmente, a partir de los modelos ajustados se puede observar una señal intraanual de la respuesta (**Figura 179**). En el caso de los huevos, la señal

asociada a los cruceros analizados indica que existió una mayor probabilidad de éxito de encontrar estaciones positivas en septiembre y marzo; en tanto en larvas, la mayor probabilidad de encontrar la característica de interés se registró en e crucero de septiembre, esto último es consistente con el período de máxima actividad reproductiva de la anchoveta en estas latitudes (Martinez ***et al***., 2004).

7.2.2 Análisis de la densidad de la de huevos y larvas

Para caracterizar la relación entre la densidad de huevos y larvas con variables de localización y oceanográficas, se modeló la variable respuesta (logaritmo de la densidad) considerando una distribución de probabilidades normal, con función de enlace identidad y un ajuste a través de un método robusto.

Los predictores incorporados en el modelamiento de la densidad de huevos y que presentaron un comportamiento no-lineal fueron la latitud, longitud y salinidad, mientras que para larvas correspondieron a la latitud y longitud, que se refleja en estadísticos F significativos (**Tabla 57**). La temperatura y la salinidad superficial del mar en el caso de las larvas, y la primera variable en el caso de los huevos, no siguieron este comportamiento. La influencia de cada predictor en la respuesta es presentada gráficamente a través de los suavizadores splines cúbicos en las **Figuras 180** y **181**.

Las estaciones con presencia de huevos se observan en todo el rango de latitud cubierto, pero con una mayor concentración de éstas al sur de los 20°50'S., de igual manera la función suavizada para la latitud muestra que al sur de los 22°40'S existe un efecto positivo sobre la densidad de huevos. Por su parte, el efecto de la función suavizada para la longitud muestra que el proceso de desove aparece vinculado a una zona más costera que oceánica, teniendo un impacto positivo gradual en la densidad de huevos el área localizada al este de los 70°25'W. En

relación a la temperatura, se puede observa que las estaciones con huevos se localizaron principalmente entre los 14° y 19°C y que temperaturas superiores a los 16,8°C tienen un efecto positivo sobre la densidad de los huevos.

La figura relacionada con la variable salinidad, muestra que los huevos estuvieron presentes en un rango que va entre las 34,65 y 34,91 psu, favoreciendo la densidad de huevos las aguas con salinidades superiores a las 34,77 psu (**Figura 180**).

En cuanto a la variable densidad de larvas, en la **Figura 181** se presentan los suavizadores splines cúbicos para cada predictor incorporado en el modelo. Se puede apreciar, que al igual que lo observado en los huevos, las larvas estuvieron presentes en todo el rango latitudinal monitoreado, registrándose un efecto positivo gradual sobre la densidad de larvas en latitudes inferiores a los 20°S y superiores a los 23°10'S. Nuevamente, el efecto de la función suavizadora para la longitud confirma que el desove de anchoveta es un proceso más costero y que longitudes localizadas al este de los 70°30'W ejercen un efecto gradual positivo sobre la densidad de las larvas. En relación a la temperatura, las larvas se distribuyeron entre los 14 y 23,5°C y la función suavizada presentó una alta variabilidad para temperaturas inferiores a los 16,3°C y superiores a los 18,8°C, reflejada en la amplitud de las bandas de confianza; no obstante, dentro de este intervalo se observa que la temperatura no tuvo una influencia sobre la densidad de las larvas. El predictor salinidad, muestra que las larvas dentro del intervalo en que estuvieron presentes (34,77 – 35,5 psu), ven favorecida su densidad en aguas con salinidades entre las 34,8 y las 34,96 psu.

La contribución parcial del factor crucero indica que existe un efecto estacional sobre la densidad tanto de huevos como de larvas, registrándose las mayores densidades en el crucero de septiembre, que como se indicó anteriormente

corresponde al período de máxima actividad reproductiva, que para esta especie está descrito en la estación de invierno-primavera (Martínez ***et al***., 2003).

7.3 Series de tiempo y modelamiento numérico

7.3.1 Ciclo anual

Los promedios climatológicos mensuales del ciclo anual de TSM y la velocidad del viento en las tres estaciones costeras (Arica, Iquique y Antofagasta) y el nivel del mar en las estaciones costeras de Callao y Antofagasta se muestran en la **Figura 182**. La velocidad del viento a lo largo de la costa en las tres localidades (**Figura 182d**) es máxima (4,2 – 6,2 m s^{-1}) durante el verano y mínima (2,6 – 3,8 m s^{-1}) en invierno. El viento perpendicular a la costa tiene un ciclo similar pero más débil y una amplitud estacional muy pequeña (**Figura 182c**). La componente a lo largo de la costa presenta dirección al norte (favorable para la surgencia) a través de todo el año. Los datos diarios (no mostrados) indican la existencia de algunos eventos donde el viento sopla con dirección al polo (favorables para el hundimiento) y ocurren en período de invierno, con una dependencia latitudinal, ocurriendo más a menudo en Antofagasta que en Iquique y casi nunca en Arica.

La fuerza del viento a lo largo de la costa es más débil en la estación de Arica, lo que estaría reflejando la disminución de la fuerza del viento debido al cambio de dirección de la costa, la que presenta una curvatura con un radio aproximado de 600 km.

La temperatura superficial del mar (**Figura 182b**) en las estaciones costeras esta en fase con el ciclo anual del calentamiento solar (máximo en verano). Es similar al ciclo anual del viento pero con un retraso del viento a lo largo de la costa de un mes. La mínima TSM (15,2°- 16,0°C) es en julio-septiembre y la máxima TSM

(18,0° - 20,5°C) en enero-febrero. El retraso entre el viento y la temperatura puede ser causado por el inicio de la surgencia, que mantiene la TSM baja mientras que los vientos aumentan en primavera, antes de que el calentamiento estacional domine la surgencia. En latitudes más templadas, la mínima TSM producto de la surgencia puede producirse hacia fines de primavera y comienzo del verano (Strub ***et al****.,* 1987).

El ciclo anual del nivel del mar en el Callao y Antofagasta (**Figura 182a**), muestra el máximo estacional causado por el calentamiento y la expansión de la columna de agua en verano. El mínimo nivel del mar sigue al mínimo de temperatura con 1 a 2 meses de diferencia, con los valores más bajos al final del invierno e inicios de primavera (agosto-octubre). Este retraso puede ser el resultado de la intensificación en primavera de la corriente a lo largo de la costa hacia el norte, generando una pendiente hacia fuera de la costa que mantiene bajo el nivel del mar costero. Los valores máximos del verano ocurren en febrero y siguen siendo altos hasta agosto.

7.3.2 Variabilidad

La **Figura 183** muestra los datos sin procesar de algunas variables y lugares seleccionados (se eligieron las series de mayor longitud y que representaran la variabilidad del área, independiente de que para el estudio se revisaron todas las serie mencionadas en la metodología), el promedio de todo el período (línea segmentada), y la tendencia cuadrática (línea gruesa) de los promedios mensuales.

En cada una de las series, gran parte de la variabilidad corresponde al ciclo estacional, especialmente en las series de temperatura, viento y presión atmosférica. En estas series la variabilidad estacional representa entre el 50 y

80% de la varianza total. Por otra parte, la tendencia, que en este caso fue determinada por una función cuadrática, explica solamente entre el 0,5 y el 2% de la varianza total de las series donde la estacionalidad es muy marcada. En series como el nivel del mar, donde el ciclo estacional es muy pequeño, la varianza de la tendencia puede alcanzar hasta un 8% de la varianza total.

Resalta la curvatura de la tendencia cuadrática en varias de las series, dejando en claro que el ambiente durante los últimos 30 años ha estado cambiando.

El residual obtenido por STL (**Figura 184**) representan entre un 10 y 40% de la varianza total, siendo muy similar que la anomalía obtenida al eliminar la tendencia cuadrática y la estacionalidad. Entre ambos métodos existe entre 2 y 5% de diferencia, obteniéndose mediante el residual de STL una menor varianza.

Esta información muestra claramente una secuencia de cambios positivos y negativos, debidos a ENSO y a otros procesos de mayor periodicidad que aun no están claramente identificados. Resaltan en estos cambios las anomalías (más de dos desviaciones estándar) debido a los eventos de El Niño 1982-83 y 1997-98 y por supuesto que también son evidentes los eventos cálidos de 1972-73, 1976-77, 1986-87, 1991-92, 1994 y 2001-02 pero donde las anomalías no sobrepasan las dos desviaciones estándar. Otra situación destacable en estas series, es que después de concluído el evento de 1972-73, se observa un significativo descenso del nivel del mar (mayor de 2 desviaciones estándar) en Callao y Antofagasta (**Figuras 184f** y **184g**), que está asociado con un aumento de la presión atmosférica en Antofagasta (**Figura 184i**) y con un SOI positivo, y que podría estar originado por una intensificación del flujo costero hacia el norte. Este cambio observado en el nivel del mar es poco notorio en las anomalías del viento o en la TSM de las estaciones costeras.

La estacionalidad es la componente de mayor variabilidad en las series de tiempo (50 y 80% de la varianza total) que normalmente se elimina de las series de tiempo para determinar la anomalía, asumiendo que es constante en el tiempo. Por ese motivo el método STL tiene un potencial enorme como herramienta de análisis de datos, debido a que separa cada una de las componentes de la serie. En la **Figura 185** se muestra la estacionalidad de algunas de las series. Se aprecia claramente que esta cambia con el tiempo, en algunos casos se reduce (**Figura 185a**) o aumenta (**Figura 185b**) la amplitud del ciclo anual y en otros casos puede darse que la tendencia para el invierno sea diferente a la de verano. Como es el caso de la presión atmosférica a nivel del mar en Isla de Pascua (serie no mostrada) que se utiliza para calcular el ICH (**Figura 185j)**.

Para ejemplificar el efecto del cambio de estacionalidad, en las **Figuras 186** y **187** se muestra la tendencia cuadrática de la serie de TSM para Antofagasta y el Niño 1+2 para cada mes. En el caso de la TSM en Antofagasta (**Figura 186**), se observa que en los meses de primavera y verano tiende a disminuir la temperatura, en cambio en los de invierno tiende a aumentar. En el caso de la serie del Niño 1+2 (**Figura 187**) esta tendencia es menos evidente que en el caso anterior pero también existe.

La tendencia de largo plazo obtenida mediante STL se grafica en la **Figura 188** y en la **Tabla 58** se sintetizan los períodos observados para cada variable. Esta anomalía de largo plazo, en la mayoría de los casos alcanza dos desviaciones estándar, con ciclos del orden de 40 a 50 años. Muestra la variabilidad interdecadal y representa los cambios de régimen (Regimen shif). Se identifican claramente 3 regimenes, uno frío, previo a 1976, otro cálido entre 1976 y 1998 y posterior a 1998 el inicio de un régimen frío, coincidente con lo definido para el océano Pacífico norte (**Tabla 58**). Además, estos cambios son coherentes con la alternancia entre anchoveta y sardina. En las variables que representan el océano

(**Figuras 188d** a **188h)**, se aprecia también un cambio o alteración durante el año 1989, pero que no es observado en las variables meteorológicas (**Figuras 188a** - **c**, **i**, **j**). La tendencia mostrada por las diferentes variables en los últimos años indica una disminución del upwelling, un aumento de los eventos Lasker, un enfriamiento en la TSM, una disminución del nivel del mar y una disminución de la presión atmosférica a lo largo de la costa.

El análisis espectral de las series de tiempo sin la tendencia (**Figura 189**) muestra que el sistema se presenta básicamente 4 bandas de variabilidad: bianual o casi bianual (1,5 - 3 años), ENSO (3 a 8 años), decadal (9 -12 años). El eliminar la tendencia de las series (tanto por el método STL como por el método tradicional) se elimina el máximo de alta energía en la escala interdecadal (12 a 25 años o mayor), lo que permite observar y determinar con un buen grado de significancia las variaciones de mayor frecuencia.

En todas las series se ve claramente el efecto de ENSO separado de las variaciones del orden de dos años que están presentes con mayor energía en el viento, la TSM y el nivel del mar.

El análisis de wavelet (**Figura 190**) muestra las mismas bandas de frecuencias que el espectro, sólo que adicionalmente indica en que períodos se observaron estas frecuencias. Es así como se observa que las variaciones del orden bianual ocurren principalmente durante los eventos de El Niño, donde la banda de frecuencia de ENSO esta presente en casi todo el periodo, al igual que las decadales y las interdecadales. Utilizando la misma técnica de wavelet se separó la señal por frecuencia y se integró para la banda de 2 a 8 años (ENSO) (**Figura 191**) y para la banda de 10 a 17 años (decadal) (**Figura 192**). Adicionalmente, en cada banda se determinó la variación por separado de los inviernos y veranos. En la banda de frecuencia de ENSO (**Figura 191**) la señal total muestra máximos de

varianza durante los eventos de El Niño 1972-73, 1982-83 y 1997-98. La varianza de los períodos de verano e invierno no siguen la señal total y tampoco presentan diferencias significativas entre ellas, con excepción de la serie ICH (**Figura 191j**), en la que se observa que los inviernos en el período de 1980 presentan más energía, en esta banda, con respecto a los veranos. Al contrario, a mediados de los noventa, los veranos tendrían mayor varianza. En la banda de las variaciones decadales (**Figura 192**), la diferencia de varianza entre la señal total e invierno y verano es similar en algunos casos (**Figuras 192d**, **c**), sin embargo en la mayoría de las series esta varianza tienden a ser diferente (**Figuras 192a**, **b**, **c**, **h** e **i**). Lo que sugiere que el efecto de la estacionalidad esta gobernado por variaciones decadales.

En general existe una buena correlación entre todas las series analizadas. En la **Figura 193** se muestra la correlación desplazada, espectro cruzado, coherencia y fase entre el Indicie de oscilación del sur (-SOI) y la TSM, el nivel del mar y el índice de surgencia de Antofagasta y en la **Figura 194** entre el OLR y las mismas variables. En ambos casos la correlación es negativa y muestra importantes máximos o míninos en el espectro cruzado, con una alta coherencia en las bandas del casi bianual, ENSO y decadal con diferencias de fase entre 0,5 y 3 años. Otras correlaciones (no mostradas) indican que entre el nivel del mar y la TSM en Antofagasta, presentan correlación positiva con un desfase de un mes. En el largo plazo la correlación con alta coherencia es negativa en fluctuaciones de 2,1 y 4,5 años y positiva en variaciones de 7,6 y 2,8 años. Estas correlaciones confirman la complejidad del sistema y que en la zona las variables son forzadas local y remotamente.

El análisis de EOF de todas las series de tiempo de las estaciones costeras (TSM, nivel del mar, viento y presión atmosférica) del período 1971 a 2003 (**Figuras 195** y **196**) muestra que el primer modo explica un 65% de la varianza y corresponde a

las variaciones interdecadales (20 a 40 años) con una importante influencia de las variaciones en escala casi bianual. El segundo modo explica un 35% y representa las variaciones en escala de ENSO. Aun cuando el modo tres también muestra cambios en la banda de ENSO, este modo no es significativo y no aportaría a la varianza total. En este caso con sólo dos modos, se explica el 100% de la varianza.

Con objeto de conocer el efecto que tienen las variables estudias sobre la abundancia de los recursos pesqueros se realizaron correlaciones cruzadas entre todas las variables y los desembarques anuales de anchoveta y sardina (**Tabla 59**). Se puede apreciar en varios casos en que la correlación cuando las dos variables están en fase es diferente de cuando se produce la máxima correlación. También se aprecia en el caso del índice de surgencia, que tienen distinto comportamiento entre lo observado en Arica que en Iquique y Antofagasta.

7.3.3 Viento de Satélite - Climatología estacional

A lo largo de la costa el campo del viento presenta dos máximos en la intensidad, separados por un mínimo (**Figura 197**). El primer máximo se centra en 15°S y el segundo en 30°S, donde los valores alcanzan sobre los 10 ms^{-1}, en estas regiones la intensidad del viento en la costa es menor que en el área cercana a la costa. El área entre 17 y 24°S presenta el mínimo con velocidades menores de 5 ms^{-1}. En esta área en particular, la intensidad del viento en la costa es mayor que en el área cercana a la costa (**Figuras 182d** y **197)**, debido a que el viento de la costa es acelerado térmicamente. Los promedios climatológicos muestran que los valores máximos se presentan en invierno y primavera y el mínimo en verano, aumentando de costa hacia océano en la zona del mínimo. La dirección del viento es predominante hacia el norte y el noroeste, siguiendo el contorno de la costa (**Figura 197**). El transporte de Ekman a lo largo de la costa es negativo **(Figura**

198), por consiguiente, el transporte es hacia fuera de la costa (favorable para la surgencia). El máximo transporte fuera de la costa se produce al norte de los 18°S, alcanzando más de -2 $m^3 s^{-1}$ en invierno. Los valores mínimos se observan a lo largo de la costa entre 18 y 26°S.

La divergencia del viento en la zona es principalmente positiva (convergencia - hundimiento) y presenta el máximo en invierno en el área oceánica al sur de los 24°S (**Figura 199**). Disminuye su intensidad en primavera para aumentar nuevamente en verano, período en el que el máximo se presenta también en el área oceánica, pero hacia la zona norte. La divergencia negativa (divergencia - surgencia) se observa a lo largo de la costa, especialmente en verano, en que se localiza al norte de los 23°S y al sur de los 27°S. Disminuye notablemente en otoño, período en el cual se observan sólo algunas áreas más costeras, reduciéndose aun más en invierno y primavera. Las áreas entre 20 y 22°S y 26 y 28°S se mantienen durante todo el año.

El bombeo de Ekman (**Figura 200**) tiene el máximo positivo (hundimiento) en invierno en el área oceánica hacia el sur, decreciendo en verano. Los valores negativos (surgencia) se observan durante todo el año en una franja de unos 600 km de ancho a lo largo de la costa. Los valores negativos en el bombeo de Ekman están asociados con un rotor positivo del esfuerzo del viento.

La profundidad de la capa de Ekman (**Figura 201)** que representa a la capa de mezcla muestra que la profundidad aumenta del área costera (< 30 m) hacia el oeste (> 40 m). La profundidad máxima (> 60 m) se observa en 28°S, con mayores valores en invierno.

El patrón general determinado por la climatología se ve alterado durante los eventos ENSO, es así como durante el inicio de El Niño (mayo de 1997) se

aprecia una notable disminución de la intensidad del viento (**Figura 202**), manteniéndose el transporte hacia fuera de la costa, pero con valores muy pequeños. Lo mismo ocurre con la divergencia y el bombeo de Ekman, quienes presentan valores algunos órdenes de magnitud menores. El caso contrario, intensificación del viento, puede ser observado durante los eventos de La Niña (eg. febrero 2000), en el caso mostrado en la **Figura 203**, el viento se intensifica a lo largo de la costa, generando mayor transporte Ekman y divergencia.

La variación temporal del campo de viento visto desde 1992 a 2003, en una transecta perpendicular a la costa en 20°25´S, es mostrado en las **Figuras 204 a 207**. La componente este-oeste del esfuerzo del viento es negativo (hacia el oeste) con algunos pocos eventos positivos a lo largo de la costa (**Figura 204**). Los máximos valores están en la zona oceánica. La componente norte-sur es positiva (hacia el norte) y los mínimos valores se encuentran en el área costera. Los máximos valores están centrados entre los 75 y 83°W. En la componente norte se nota una diferencia pequeña de los valores antes y después de agosto de 1998, esta se debe al cambio de satélite. Lamentablemente esta diferencia entre los equipos no es posible corregir fácilmente. Independientemente de esa diferencia, es posible identificar el ciclo estacional y algunos eventos de mayor o menor magnitud. La anomalía de esta variable (**Figura 205**) resalta estas diferencias y permite ver que cercano a la costa, la anomalía de la componente x es cercana a cero y aumenta hacia el área oceánica. La componente a lo largo de la costa (y) muestra una alta variabilidad en toda la zona, alternando entre valores positivos y negativos. Resaltan algunos eventos de anomalías negativas en extensos períodos. En particular, es notable la disminución del viento a lo largo de la costa desde fines de 1996 hasta mediados de 1997, fecha en que el viento se intensifica nuevamente.

En lo que respecta a la variabilidad de la divergencia del viento y al bombeo de Ekman (**Figura 206**), se aprecian el máximo en el área oceánica, los cambios estacionales y el cambio de signo en el sector costero. En la anomalía de estas variables (**Figura 207**) destaca la mínima divergencia durante 1995 y parte del 96 y un extenso período de divergencia positiva (convergencia) desde mediados de 1997 a mediados del 2000 y que continúa casi inmediatamente hasta mediados del 2002. Esta convergencia coincide con un bombeo de Ekman positivo durante el mismo período. Una larga secuencia de valores negativos en el bombeo de Ekman es notoria desde mediados de 2002 en adelante.

Para una mejor comprensión de la variabilidad, se extrajeron dos series de tiempo, una en latitud 20°25S (**Figura 208**) y la otra en 23°75´S (**Figura 209**), ambas a la longitud 73°75W, que corresponde a un área cercana a la costa, donde el bombeo de Ekman y la divergencia es negativa. A cada serie se le calculó la variabilidad mediante wavelet. Aun cuando la velocidad del viento y el bombeo de Ekman son similares en ambos casos, la anomalía de la divergencia presenta diferentes ciclos, especialmente en el período 1998 a 2001, en que en la serie de un poco más al norte (**Figura 208**) permanece con valores positivos. La velocidad muestra en ambos casos, cambios significativos durante 1997-98 con periodicidad de dos años, y durante todo el periodo una frecuencia mayor de 6 años. En cambio el wavelet de la divergencia y del bombeo de Ekman, difieren ligeramente en algunos períodos. En todo caso la variabilidad observada es en la bande del casi bianual y de ENSO. Estos gráficos muestran que la diferencia pequeños cambios de dirección del viento que ocurren entre dos puntos pueden alterar significativamente la dinámica del sistema forzado por el viento y especialmente por la divergencia del viento y el bombeo de Ekman.

7.3.4 Modelo Numérico

Se implementó un modelo numérico para el área de estudio utilizando ROMS, en basa a coordenadas curvilíneas. Se utiliza el viento como forzante del modelo, inicialmente se utilizó un viento homogéneo sobre el área obteniéndose resultados no muy satisfactorios, posteriormente se utiliza el viento medido por satélite QuikScat como forzante (**Figura 210**). Bajo estas condiciones se logró simular condiciones de surgencia con un frente costero de relativa importancia y una serie de filamentos que se introducen hacia la zona oceánica, reproduciendo casi completamente las condiciones observadas en la zona. El modelo alcanzó el equilibrio a los 30 días.

Como complemento a lo obtenido se realizaron dos experimentos adicionales para comparar las condiciones cálidas y frías, usando el viento predominante en esas condiciones. Para simular condiciones frías se utilizó el viento de QuikScat registrado en febrero 2000 y como característico de condiciones calida o Niño el viento observado en diciembre 1997 (**Figura 210**). La diferencia en la intensidad del viento es evidente entre ambos períodos, especialmente por la gran intensificación del stress del viento en el área oceánica durante febrero 2000.

Las **Figuras 211 a** y **b** muestran la temperatura superficial después de 30 días para ambos períodos. Durante el período frió se observan menores valores en la zona costera así como un mayor gradiente costero que en el período calido. Así como una mayor extensión de los filamentos. También se observa la disminución del frente costero en el sector de Arica. En la columna de agua (**Figura 211 c** y **d**) se confirma lo observado en superficie con un intenso ascenso de aguas en el sector costero desde una profundidad máxima de 70 metros. En profundidades mayores de 200 metros las isotermas muestran una profundización sobre el talud, indicando el flujo al polo.

La circulación horizontal a 20 m de profundidad (**Figura 212 a** y **b**) muestra el Jet costero paralelo a la costa, inducido por la surgencia. Se observa además una serie de flujos hacia y desde la costa, por fuera del frente costero y también algunos remolinos o giros frente a áreas donde se observan cambios en la línea de costa, siendo esta más evidente frente de Antofagasta. Las mayores corrientes superficiales se determinaron durante el período frío.

En la columna de agua (**Figura 212 c** y **d**) se aprecia en general un flujo débil hacia el norte, destacándose un intenso flujo al norte con su máxima intensidad en los primeros 50 m de profundidad y un flujo subsuperficial al polo entre los 50 y los 400 metros. Durante períodos de vientos muy intensos este flujo al polo podría llegar expresarse superficialmente, lo que corresponde a lo que se conoce como corriente subsuperficial Perú Chile o de Gunter y que transporta AESS hacia el sur. La intensificación del flujo al polo es coincidente con lo expuesto sobre la mayor participación de la masa de agua AESS durante los períodos fríos y análogamente durante los períodos cálidos el flujo al polo seria menor con una menor participación del AESS.

Los resultados utilizando viento constante como forzante muestran la intensificación de la corriente costera en la capa superior (**Figuras 212** y **213**) y el ascenso de aguas sobre la plataforma (**Figura 214**). Además, de la transecta vertical se aprecia que las isolineas bajo los 200 se curvan hacia abajo, lo que es indicativo del flujo al polo. Esta simulación presenta una buena correspondencia con los valores medios observados en la zona mediante los cruceros oceanográficos. Se simularon las condiciones durante el inicio de un Niño, período con viento de baja intensidad, y la respuesta del modelo fue adecuada, respecto a que la surgencia fue menor que en el caso anterior (**Figuras 215** y **216**).

Los resultados encontrados en estos experimentos presentan una gran semejanza con lo observado, y muestran que durante los períodos cálidos los cambios del sistema de presión y de viento en la zona tienen la capacidad de producir un gran número de los cambios observados en la zona, sin duda que para que este modelo fuera más realista necesitaría que se le incluyera la advección y ondas atrapadas. En conclusión podemos decir que gran parte de la dinámica de la zona de estudio está dominada por el viento por lo que es de vital importancia un mejor conocimiento de este campo.

7.3.5 Cruceros oceanográficos

Utilizando la secuencia de cruceros oceanográficos estacionales desde 1996 a 2003 se muestra la variabilidad temporal de la temperatura, salinidad, oxígeno y densidad en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20°2´ S. La distribución temporal de superficie (**Figura 217**) esta dominada por la estacionalidad, donde se destaca el período 1997-98 en que la temperatura y salinidad alcanzan los más altos valores, y el oxígeno presenta los mínimos valores, En el caso de la densidad, si bien no presenta los mínimos valores en el área oceánica, no se observa el gradiente costero característico. Con profundidad 50 a 300 m (**Figuras 218** a **220**) los valores comienzan a ser más homogéneos y el ciclo estacional tiende a desaparecer bajo los 100 m de profundidad, en todas la variables y en todos los niveles es posible detectar la perturbación debido a El Niño 1997-98. En la **Figura 221** se presenta la anomalía de temperatura y salinidad, en las cuales se destacan el gran evento cálido de 1997-98 con una anomalía de salinidad muy significativa, el pequeño evento cálido de 2001 y los eventos fríos de 1999 y 2000. En la profundidad de la isoterma de 15°C es destacable la profundización durante 1997-98, sin embargo, no se observan cambios durante el evento de 2001. La altura dinámica de superficie relativa a 500 metros (**Figura 221**) muestra el cambio de la superficie del mar producto de los

cambios de temperatura y salinidad, acá también resalta el periodo 1997-98 y el ciclo estacional producto del calentamiento de verano.

Las variables biológicas fueron integradas a lo largo de la costa y representadas en una transecta longitudinal (**Figura 222**). Todas las variables tienen en común de que los máximos valores se presentan cerca de la costa y disminuyen hacia el área oceánica. La clorofila presentó valores muy bajos en el periodo 1996 – 97, con un importante máximo hacia finales de 1999, posteriormente mantiene un ciclo estacional con valores relativamente elevados. El número de huevos de anchoveta mantiene un nivel bajo en ciclos estacionales hasta el año 2001, período en que se observa un significativo aumento que se repite en los años posteriores. El número de larvas de anchoveta sigue muy de cerca lo observado en los huevos, sólo que la distribución se extiende hacia fuera de la costa por varias millas, producto del transporte, que fue más notable en primavera de 2000 y de 2002. La abundancia de anchovetas, medida mediante hidroacústica, muestra también cierta estacionalidad en la abundancia, con importantes cambios en la distancia de la costa y período en que los cardúmenes se encuentran presentes.

Otra forma de representar la misma información anterior, es mediante la agrupación de los datos por áreas costeras y oceánicas (**Figuras 223** y **224**). En esta secuencia de información, donde los ciclos estacionales configuran la distribución, sin duda que se destaca, la alteración producida en todas la variables por el evento de El Niño 1997-98, tanto en la parte costera como oceánica. Este evento produjo las más altas temperaturas y salinidades registradas en verano, el invierno más cálido, profundización de las isotermas de más de 150 metros, profundización del mínimo de oxígeno, ausencia casi total de clorofila ***a***, disminución en el ictioplancton, disminución en la abundancia de la anchoveta y profundización significativa de los cardúmenes.

7.4 Prueba de Normalidad de los valores de PAO

Los resultados de la prueba estadística de normalidad Kolmogorov-Smirnof, a un 95% de significancia, de los datos de PAO (de períodos considerados normales), agrupados por masa de agua (MA), porcentaje de participación mínima (PPM), sector y Transecta (T), indicaron que los datos, en la mayoría de los casos, no tienen una distribución normal.

Para tener un valor de PAO estacional que sea representativo (promedio o mediana) de cada MA en cada PPM, y con ello cuantificar las variaciones temporales que se encuentren, se calcularon los promedios y medianas de los PAO estacionales (sólo años normales) de los tres sectores incluyendo el sector Total, los que fueron agrupados por PPM y transecta. Los gráficos de promedios y medianas correspondientes a cada sector y período estacional, de los cuales se presenta sólo el del sector total como representativo de los otros tres (**Figuras 225**, **226** y **227**), indicaron que estos valores son similares en todos los casos, lo que significa que ambos estadísticos tienen una distribución simétrica, permitiendo en adelante cuantificar y describir los PAO por cada MA, PPM, sector y transecta, a través del estadístico del valor promedio.

7.4.1 Variación Estacional de los porcentajes de área ocupada (PAO)

Los valores promedio estacionales de PAO de AST a PPM mayores o igual al 80% fueron, en todos los períodos, en general, menores al 2% de área (**Tabla 60**). Casos particulares se encontraron en la T3 y T1 del período de invierno, donde se presentó la situación indicada desde el PPM60 y en la T1 de otoño y primavera desde el PPM70.

La tabla de promedios estacionales de PAO para el ASAA (**Tabla 61**) indicó que no existen áreas ocupadas por esta MA a PPM mayores a 50% en ninguno de los cuatro períodos estacionales; por esta razón, en los análisis posteriores se consideraron sólo los PPM10 a PPM30 en la T5, PPM10 a PPM40 en la T3 y PPM10 a PPM50 en la T1.

Los promedio estacionales de PAO de AESS (**Tabla 62**) a PPM10 estuvieron, en todos los casos, por sobre el valor de 95%. Se presentaron sólo dos situaciones en que los valores PAO son menores al 2%, correspondiendo ambos al nivel de PPM90 de la T1 de los períodos estacionales de invierno y primavera.

A continuación, se presentan los resultados que contemplan el comportamiento de las curvas de promedios estacionales de PAO para cada MA. En adelante se usará la siguiente nomenclatura, a modo de ejemplo, V-I se anotará para indicar que la estación de verano (V) es diferente significativamente a la invierno (I). En caso de ser distintas más de un período respecto a otro se usará, como ejemplo, lo siguiente: (V,O)-P para indicar que el verano y otoño (O) son diferentes a la estación de primavera (P).

a) Agua Subtropical:

Las curvas de promedios estacionales de PAO por el AST se presentan en la **Figura 228**, indicándose con barritas rojas los niveles de PPM donde hubo diferencia estacional significativa. El resumen de los resultados de la prueba estadística anterior y las diferencias cuantitativas encontradas se entregan en la **Tabla 63**.

El AST presentó, en general, curvas estacionales con valores de PAO que disminuyeron en forma gradual hacia valores mayores de PPM. Los promedios

estacionales de PAO para el PPM10 no superaron en las tres transectas el 20% en el sector Este, 25% en el Centro y 30% en el Oeste. En general, las curvas estacionales de AST no presentaron en la T5 valores de PAO en el PPM90 y en la T1 en los PPM70 a PPM90.

En los tres sectores de la T5 se aprecia el- agrupamiento de las curvas estacionales, diferenciándose solamente el período de invierno, el que tiene valores levemente mayores hasta el PPM50, pero que bajo ese nivel presentaron PAO menores a las otras. Las pruebas estadísticas KW por sector señalaron que los valores estacionales de PAO tuvieron en la T5 valores estadísticamente iguales, excepto en los PPM70 y PPM80, ya que la curva de invierno del sector Oeste tuvo PAO menores en aproximadamente 2 a 4% en comparación a las otras curvas. En este sector, en el caso de PPM70, la diferencia fue en (V,O,P)-I, mientras que en el PPM80 las diferencias se dieron en (V,P)-I. La situación del sector Oeste se repitió también en el sector Total pero con valores de diferencia menores.

Las curvas estacionales de la T3 se comportaron de manera similar que en la T5, excepto en la curva de invierno que se ubicó más desplazada hacia arriba y la de otoño lo hizo hacia abajo, quedando más próximas la de verano y primavera. En esta transecta, los valores promedio estacionales de verano, otoño y primavera por sector también fueron estadísticamente iguales, lo que no ocurre con los de invierno. Respecto a lo anterior los valores de PAO de invierno se diferenciaron de las otras por tener valores estadísticamente mayores en un 2 a 5%, esto entre los PPM10 a PPM40 de los sectores Este y Total. Por otro lado, en el sector Centro y Oeste se dieron diferencias de la misma magnitud que la anterior sólo en el PPM30. En los PPM60 y PPM70, las diferencias estadísticas se encontraron sólo en los sectores Centro, Oeste y Total con diferencias en general entre el período

de invierno con las otras estaciones que tuvieron un mínimo de 1% a un máximo de 6%, disminuyendo los valores hacia los PPM más altos.

La T1 mostró a la curva promedio de invierno con valores de PAO más bajos en el sector Este en todos los PPM, pero tuvo en los otros sectores un comportamiento similar al encontrado en la T2, es decir valores promedio de PAO mayores hasta el PPM50 y menores a PPM más altos. En la prueba estadística, la T1 presentó diferencias estacionales en los tres sectores parciales y como sector Total. El sector Este sólo tuvo el PPM50 con (V,O,P)-I, el sector Centro tuvo los PPM20, PPM50 y PPM60 con diferencias de (V,O)-I, (V,O,P)-I y V-P, respectivamente. En el caso del sector Oeste, los PPM con diferencias fueron los de PPM10 a PPM30 y PPM50%. En el caso del PPM10 las diferencia estacionales fueron (V, O)-I y V-P; en los PPM20 y PPM30 ésta fue (V,O,P)-I, mientras que para el PPM50 ésta fue sólo entre (V,O,P)-I. Cabe señalar que el período de invierno registró un PAO de cero en los PPM60 a PPM90.

b) Agua Subantártica

Las curvas de promedios estacionales de PAO por el ASAA se presentan en la **Figura 229**, las barras rojas señalan los niveles de PPM donde hubo alguna diferencia estacional significativa. El resumen de los resultados de la prueba estadística KW y las diferencias cuantitativas encontradas se entregan en la **Tabla 64**.

Las curvas estacionales PAO por el ASAA mostraron, en general, un comportamiento similar y una rápida disminución del PAO con el aumento del PPM. A un PPM10 los PAO tuvieron un valor de 30, 40 y 50% en la T5, T3 y T1, respectivamente, mientras que para las mismas transectas los valores de PAO cero se presentaron desde los PPM40, PPM50 y PPM60.

En particular, se observa como la diferencia más notable, que la curva de otoño en la T5, tuvo valores mayores al 5% en los sectores Centro y Oeste en comparación a las otras curvas, mientras que en la T3 las curvas estacionales se aprecian distintas en los PPM10 y PPM20 en cada sector. Por su parte, en la T1 se destaca un aumento del PAO desde la costa hacia el océano en alrededor de 10 a 13 unidades en los PPM10 a PPM30. El máximo promedio estacional de PAO se presentó también en la T1, con un valor de 70% en el PPM10 del sector Oeste. En la T1 se presentó además que las curvas estacionales fueron distintas en los sectores Centro y Oeste, pues se formaron dos grupos de curvas: invierno-primavera y verano-otoño, con una diferencia de hasta un 15% en el PAO del sector Oeste.

En las pruebas estadísticas KW únicamente algunos niveles presentaron diferencias significativas (**Tabla 64**), pero estos se ubicaron en forma aislada y en muy bajo número. En este caso, sólo el sector Oeste presentó el PPM10 de la T3, con una diferencia en O-I de -21,2%. En el sector Centro, esta diferencia se dio exclusivamente en la T5 en el PPM30 con O-I y O-P registrando un 7,2 y 6%, respectivamente. El sector Oeste solamente presentó diferencias en el PPM30 entre O-I, V-O y O-P, con un 5% en el primer caso y con diferencias cercanas a 3% en los otras dos. El sector Total reflejó lo encontrado en los tres sectores parciales, presentando diferencias en el PPM30 de la T5 y en el PPM10 de la T3, con un 6% de diferencia entre O-P en el primer caso y con un –16% de diferencia entre O-I en el segundo.

c) Agua Ecuatorial Subsuperficial

Las curvas de promedios estacionales de PAO por el AESS se entregan en la **Figura 230**. Las barras rojas indican aquellos niveles de PPM donde hubo alguna diferencia estacional significativa. El resumen de los resultados de la prueba

estadística anterior y las diferencias cuantitativas encontradas se entregan en la **Tabla 65**.

La AESS presentó curvas estacionales distintas a las dos masas de agua anteriores. En primer lugar se encontró que los valores de PAO diminuyeron con menor pendiente entre el PPM10 a PPM70, aumentando fuertemente la pendiente entre el PPM70 y PM90. En segundo lugar, los valores de PAO son notoriamente mayores a los registrados por las tres masas de agua consideradas en este estudio. En este sentido, y a modo de ejemplo, los valores de PAO a un PPM10 superaron el nivel de 90% en las tres transectas y a un PPM50 supera el 70%, mientras que todas las otras masas de agua tuvieron en este último nivel un PAO menor al 10%.

Los PPM10 a PPM60 presentaron una mayor similitud en los valores de PAO estacional que a niveles de composición mayores y las curvas estacionales fueron más similares entre si en la T5 que en la T1.

En el resumen de las pruebas estadísticas de KW por sector (**Tabla 65**), se observó lo siguiente:

En el sector Este, los PPM con diferencias estacionales significativas se presentaron principalmente en los niveles de participación bajos, PPM10 y PPM20 en las tres transectas, pero en los PPM sobre 60% esto ocurrió preferentemente en la T3. En la mayoría de estos casos las diferencias se produjeron entre el período de invierno con las otras estaciones, siendo la más recurrente la de V-I, sin embargo, las diferencias de los niveles de PPM10 y PPM20 son pequeñas (menores a un 5%), aunque significativas. Por otro lado, las diferencias a un PPM70 y mayores superaron el valor de 5%, alcanzando diferencias mayores a un

10%; particularmente la de V-I en el PPM80 llegó a un 31,6% de diferencia y la de O-I fue de 34,6%, ambas en la T3.

En el sector Centro las diferencias significativas se encontraron principalmente en los PPM10 y PPM20, similar al sector anterior, pero los PPM más altos con diferencias significativa se presentaron en los niveles PPM80 y PPM90 en la T3, donde estas fueron de 29,6 en V-I y de 26 en O-I, como máximos; en la T1 sólo se presentó en el PPM80 con 31,9 en V-I.

En el sector Oeste las diferencias en los PPM inferiores fueron cercanas o menores al 5%, sin embargo en los pocos niveles de PPM mayores a 60%, que tuvieron diferencias, estas fueron cercanas a un 30% y se dieron entre V-I en el PPM80 de la T3 y T1. Estos valores disminuyeron a un valor próximo al 10% entre V-I, O-I y O-P en el PPM90 solamente en la T3.

El sector Total se presentó con características de diferencia estacional significativa muy similares a las descritas para el sector Centro, tanto en los niveles de PPM que tienen diferencias, como en los valores de éstas.

7.4.2 Variación Interanual de los porcentajes de área ocupada (PAO)

El análisis interanual se realizó con toda la serie de observaciones, sin embargo, el promedio de la serie y la desviación estándar respectiva, los cuales fueron incluidos en forma numérica y como líneas en los gráficos de serie de tiempo, corresponden al obtenido de las observaciones realizadas en períodos considerados normales en este trabajo. Para representar la variabilidad de las masas de agua se escogieron los PPM20, PPM50 y PPM80 para el AST y AESS y el PPM20 para la ASAA. Las observaciones que estuvieron dentro de 1 desviación estándar (DS) fueron consideradas como períodos normales, entre 1 y 2 DS como

períodos cálidos o fríos si la desviación estuvo sobre o bajo el promedio de la serie, respectivamente, y como períodos anormales cálidas o anormales fríos aquellas de más de 2 DS.

a) Agua Subtropical

Las series de tiempo de PAO para los tres sectores de la T5 (**Figuras 231**, **232** y **233**) mostraron para los PPM20, PPM50 y PPM80 que la mayoría de los datos estuvieron dentro del rango de ±1 DS y que algunas pocas observaciones se escaparon del margen de +2 DS y estuvieron agrupadas en los años 1982-1983, 1991-1992 y 1997-1998. Los datos de PAO de aquellos casos que están fuera de rango ±2 DS se presentaron generalmente con valores notablemente mayores a los del resto de la serie, considerando que la DS fue cercana a 3,5% en los tres PPM analizados.

Se destacaron los valores de PAO de las observaciones de 1998 a PPM20, que llegaron a ser mayores al 80% en el sector Este, de 65% en el sector Centro y 55% en el Oeste. La disminución de los valores de PAO de Este a Oeste observada en el PPM20 no fue importante en los PPM50 y PPM80. En el caso del PPM80, gran parte de las observaciones de PAO en los tres sectores fueron equivalentes a cero, aun cuando los PPM20 y PPM50 mostraron importantes valores. A lo situación anterior se suman algunos otros períodos como los de mediados y finales de 1984 y fines de 1993. Si bien en el PPM80 disminuyeron los valores de PAO en toda la serie, los años con anomalías positivas en los PAO registraron valores por sobre el nivel de 30% en los tres sectores.

Los períodos que tienen ascensos de la termoclina ecuatorial no se encuentran asociados necesariamente a descensos notables de los valores de PAO. Se señala también, que durante el segundo semestre de 1998 y el año 1999, los

PPM50 y PPM80, registraron PAO bajo el promedio en el sector Este, pero que los otros sectores presentaron valores sobre el promedio.

Gráficamente, las variaciones interanuales más importantes, es decir aumentos sobresalientes del PAO de ésta masa de agua en los tres niveles de PPM y sectores, se observaron asociados a profundizaciones de la termoclina ecuatorial (TE). Las correlaciones de la TE con el AST desfasadas tres meses (**Tabla 66**), entregaron valores negativos y significativos ($p<0,001$) en todos los casos, los cuales fueron de $r < -0,6$, al menos hasta el PPM70 en el sector Este. En el sector Centro los valores de "r" fueron menores a -0,5, mostrando algunos valores inferiores a -0,6 en los PPM10 y PPM20 en la T5. Las correlaciones con el sector Oeste no mostraron valores inferiores a -0,6 en todos los casos, siendo las más bajas asociaciones las correspondientes a la T1 en los PPM10 a PPM40, con valores de "r" entre 0 y -0,5. Se destaca que en el sector Centro de la T3, en los PPM superiores a 40% se presentaron correlaciones significativas de -0,61 a -0,67.

En la **Tablas 67** y **68** se presentan los valores de PAO, anomalía y anomalía estandarizada (AE) del PAO en los niveles de PPM20, PPM50 y PPM80 del AST, para los cruceros excluidos bajo los criterios indicados en la metodología, básicamente por considerar que estos fueron ejecutados bajo condiciones ambientales anormales en la zona. Dado el alto volumen de información que se entrega en las tablas, únicamente se destacan en ella los resultados de aquellas situaciones más relevantes que atienden los objetivos de éste trabajo, revisando principalmente los valores de AE que son los que permiten una comparación intra e intertransecta.

Para el AST se destaca que la mayoría de las AE fueron positivas, coincidiendo estos eventos de AE positiva con un aumento del PAO y un hundimiento de la TE,

tal como se observó en los gráficos de serie en el período de estudio **(Figuras 231**, **232** y **233**). Los valores más altos de esta variable se encontraron en el sector Este de la T5, los que disminuyeron en general hacia los otros sectores y también en un sentido norte-sur. No todas las observaciones de períodos considerados anormales indicaron AE mayores a 1. Se hace presente que algunas AE se agruparon en períodos definidos, correspondientes a los años 1982, 1983, 1987, 1992 y principalmente 1997 y 1998. Estos dos últimos años son los que tuvieron los mayores valores de AE, alcanzando en el sector Este de la T5 los 22, 13 y 28 en los PPM20, PPM50 y PPM80, respectivamente. Como ya se indicó, estos fueron los máximos de toda la zona, disminuyendo hacia el Oeste y hacia el Sur, pero en general conservando AE mayores a 2.

En los niveles de PPM 20, 50 y 80%, si bien se observaron valores de AE importantes en todos ellos, en el nivel de PPM80 las AE disminuyeron, sin observarse necesariamente los mismos períodos con valores mayores a 2 que se registran en los niveles de composición inferiores. Es así como en el PPM80 no se presentaron valores de AE importantes (> a 2) en 1987 en ninguna de las transectas.

En el caso de las AE negativas se puede indicar que éstas, en general, estuvieron entre 0 y -1 y correspondieron principalmente a observaciones efectuadas en un evento frío o de baja salinidad superficial (según el criterio señalado en este trabajo). No obstante lo anterior, en el PPM80 de aquellos cruceros asociados a condiciones cálidas de 1987, se presentaron también valores de AE negativas.

b) Agua Subantártica

En esta masa de agua se consideró sólo la T1 para la observación de variabilidad interanual por tener ésta los más altos valores de PAO por PPM de las tres transectas.

La serie de tiempo (**Figura 234**) indicó una fuerte variabilidad interanual, con una DS en los tres sectores del orden del 10%, con valores promedio de PAO entre 30 y 40%. Los valores escapados más allá de 2 DS se presentaron en este caso como eventos aislados, distinto a lo encontrado en la masa de agua AST. La variabilidad encontrada en esta masa de agua fue más notoria en la serie antes del año 1990, período que presentó también algunos eventos de más alto valor de PAO, como los de 1984 y 1988, ambos casos en el sector Este; en el sector Centro se repitió el período de observación de 1984 y, el de 1987 que se presentó con un máximo de PAO; finalmente, en el sector Oeste sólo se observó el mismo período de 1984, pero es el único máximo de PAO antes de 1990. En el caso de valores de bajo PAO, ubicados a más de 2 DS del promedio se presentaron algunos cruceros en el año 1983, 1993, 1997 y 1998 en el sector Este; mientras que en los sectores Centro estuvieron en 1983, 1984 y 1997; en el sector Oeste sólo se presentaron dos cruceros en el primer semestre de 1983.

En esta masa de agua los valores de correlación “r” no fueron significativos (**Tabla 66**), los que en su mayoría son inferiores a 0,2, presentando incluso en algunos niveles de PPM valores negativos de correlación, como los observados en la T3 y T1 a un PPM10.

En la Tabla de AE para el PPM20 de esta masa de agua (**Tabla 68**) se observó que la mayoría de estos valores fueron de tipo negativo, en el rango –1 a –2 y que se encuentran en todos los sectores de la T5. Por otro lado, sólo el crucero 309

tuvo anomalías positivas y correspondió a un período definido como frío. Los casos de AE mayores a 2 son pocos en esta masas de agua, predominando las situaciones en que la AE estuvo entre un valor de ±1.

c) Agua Ecuatorial Subsuperficial

Para el análisis de la variación interanual de esta MA se utilizó únicamente la serie de observaciones correspondientes a la T5 por tener los mayores valores de PAO de las tres transectas. Las series de los PAO a PPM20, PPM50 y PPM80 del AST y la profundidad de la termoclina ecuatorial (PTE) se presentan en las **Figuras 235**, **236** y **237**.

En los gráficos indicados se observó que el AESS a un PPM20 tuvo en los sectores parciales de la T5 una DS en el rango de 2 a 4% para promedios de PAO que superaron el 95%. En el PPM50 las DS aumentó levemente a un rango de 3 a 4%, con promedios que descendieron de un 91% a 85% en sentido Este–Oeste. En el caso del PPM80, los promedios de PAO de la serie disminuyeron a valores entre 60 y 70%, aumentando en este caso la DS a un rango de 12 a 15%.

Así como en el caso del AST, en los tres niveles de PPM se observaron, en algunos períodos, eventos notables de disminución del PAO que estuvieron por sobre el nivel de 2 DS y se presentaron, en los tres niveles de PPM, en los años 1983, 1992 y 1997. Las disminuciones de PAO alcanzaron un rango de 10 a 40%, siendo más importante la registrada en 1997. Las disminuciones de PAO de 1997 y 1998 fueron mayores en el sector Este, respecto de aquellas observadas en los otros dos sectores.

Los PAO, luego de la drástica disminución de 1997-1998, registraron desde el segundo semestre de 1998 una rápida tendencia a la normalización de los valores,

sin embargo, se constata también una fuerte tendencia a que éstos sean menores al valor de PAO promedio, con una diferencia de 1 a 2 DS respecto a él, condición que se mantiene al menos hasta el año 2000. Lo anterior se observó más claramente en los PPM50 y 80.

Esta MA mostró eventos de PAO extremos dentro de la serie, los que estuvieron asociados positivamente con la profundidad de la termoclina ecuatorial, coincidiendo claramente, al menos los eventos más importantes de profundización de ésta, con las disminuciones del PAO en todos los niveles de participación de la AESS. Los resultados de la correlación con la TE (**Tabla 66**), no obstante son significativos, fueron inferiores a los encontrados en la AST, registrándose en la T5 hasta el PPM70 valores en el rango 0,52 a 0,67 en el sector Este y de 0,48 a 0,59 en los sectores Centro y Oeste. En las transectas T3 y T1 las correlaciones fueron menores aún, presentándose en la mayoría de los casos valores de "r" inferiores a 0,5 y significativos (p = 0,01 – 0,001). En los sectores Centro y Oeste de la T1 se registraron valores de correlación no significativos.

Respecto de las AE **(Tablas 69 y 70**), se repite la situación encontrada para el AST, en el sentido de que los mayores valores de anomalía estuvieron asociados a los años 1983, 1987, 1992, 1993, 1997 y 1998, sin embargo, los valores en este caso fueron de tipo negativo, predominando los valores de AE en el rango de –1 a –2. Los valores de AE que estuvieron a más de 2 DS bajo el promedio se encuentran en los tres sectores, empero, es el sector Este el que registró algunos de las mayores AE, en el rango de 10 a 16 en el año 1997 y 1998. Asimismo, en un sentido longitudinal, las más altas AE estuvieron en los PPM inferiores de la T5, registrando el nivel de 80% sólo un máximo de 5. En este último nivel de PPM, en el sector Oeste se dieron los más bajos valores de AE, registrando la mayoría de los casos un valor en el rango ±1.

7.4.3 Observaciones del AESS y distribución de la mínima de oxígeno en el sector Total Extendido hasta los 500 m de profundidad y en el sector Externo

La variación interanual de las AESS en los niveles de PPM20, PPM50 y PPM80, que abarcan hasta 500 m de profundidad en el sector Total Extendido de la T5, se muestran en la **Figura 238**. En esta serie, los niveles de PPM20 y PPM50 presentaron una clara disminución de los valores de PAO en los años 1982, 1992, 1997 y 1998, los mismos que registraron una disminución en la serie donde se trabajó sólo hasta los 290 m de profundidad (**ver Figuras 235**, **236**, **237**). Los años indicados anteriormente mostraron también una profundización importante de la termoclina ecuatorial. En el caso del PPM80 no se observó en forma evidente tal situación, presentándose solamente en este nivel de composición de MA una tendencia de menores valores en las observaciones correspondientes a los años 1983, 1997 y 1998.

En el Sector Externo de la T5, que consideró observaciones desde las 90 hasta las 125 mn de la costa y hasta los 500 m de profundidad (**Figura 239**), sólo se puede señalar, dado el bajo número de datos, una tendencia a que en los años 1983, 1987 y 1992 se den menores valores de PAO, principalmente en los PPM20 y PPM50. Como ya se indicó, los años señalados muestran también una profundización de la termoclina ecuatorial. Se destaca en el PPM80, sin embargo, un aumento de los PAO en dos puntos, correspondientes al segundo semestre de 1992 y primer semestre de 1993; no existen datos en el período 1997 y 1998 que complementen las observaciones anteriores.

En el caso del PAO por la capa con concentración de oxígeno disuelto (OD) menor a 0,5 y 1 $mL*L^{-1}$ en la T5, sector Total extendido a 500 m de profundidad (**Figura 240**), se observó, aun cuando la serie analizada no incluye una gran cantidad de

datos, una disminución de PAO en los años El Niño, encontrándose en los años 1983, 1997 y 1998 una reducción de hasta un 50% en el caso de la concentración mínima de OD de 0,5 $mL*L^{-1}$ y de hasta 20% en la de 1 $mL*L^{-1}$, respecto de la tendencia general de los otros valores de la serie. Los años 1987 y 1992 también mostraron una disminución de los valores, pero de menor magnitud.

7.5 Distribución de clorofila en el período Niño 1997-98

En el otoño de 1997, los núcleos de cloa (**Figuras 68**, **69**, **70** y **71**) de concentraciones dentro del rango meso-eutrófico, presentaron una distribución notablemente más extensa hacia el oeste, a la vez que los valores más elevados fluctuaron al rededor de los 2 µg/L, lo que se considera como concentración moderada para el área estudiada en comparación con los períodos no El Niño.

Desde el invierno de 1997, la disminución en los valores de cloa en el sector costero fue evidente, midiéndose concentraciones levemente > 1 µg/L sólo en las estaciones costeras de Arica (T5), punta Copaca (T2) y bahía Moreno (T1). En el sector oceánico el rango de concentraciones varió entre ultraoligotróficas (< 0,2 µg/L) y mesotróficas (< 0,5 µg/L).

Hacia la primavera de 1997, sólo se detectó un pequeño núcleo mesotrófico en la estación costera de punta Junín (T4), siendo las concentraciones ultraoligotróficas las que ocuparon gran parte del área de estudio, este es el único crucero del periodo 1997-98 que no presentó ningún foco eutrófico.

En el verano de 1998, se detectó un pequeño núcleo con valor > 1 µg/L frente a bahía Moreno (T1), en tanto que la gran mayoría de las estaciones de muestreo tuvieron concentraciones < 0,2 µg/L.

En el otoño de 1998, la distribución pigmentaria fue muy similar a la observada en el verano anterior, con la diferencia, que en esta ocasión fue en la estación costera de Arica (T5) y la estación fija de vigilancia correspondiente al mismo sector, donde se registró un núcleo de altas concentraciones pigmentarias, midiéndose en este último punto un valor > 8 µg/L.

En el invierno de 1998, se observó una franja productiva con concentraciones que superaron los 2 µg/L a lo largo de todo el sector costero, registrándose además la presencia de núcleos con valores > 5 µg/L.

7.5.1 Histogramas de clorofila integrada

En los histogramas de la clorofila integrada (cloint) promediada de las estaciones de las primeras 20 mn en las transectas de bahía Moreno (T1), punta Lobos (T3) y Arica (T5) (**Figura 241**), se aprecia en forma general las variaciones que ha experimentado el pigmento en la zona costera desde mayo de 1997 a la fecha. Si bien en las tres transectas las menores concentraciones se dieron en el periodo 1997-98, no todas las observaciones del mencionado período presentaron el mismo comportamiento, ya que se registraron en algunas fechas concentraciones promedio, aunque bajas, que estuvieron dentro de los rangos típicos para cada estación en particular.

De las gráficas se puede observar que las máximas concentraciones se han dado en distintas épocas para las tres transectas. Es así como en bahía Moreno (T1) los promedios más altos se dieron, por lo general, en el período de invierno, mientras que en punta Lobos (T3) ocurren en verano. En Arica (T5) los promedios tuvieron una variabilidad menor en comparación con las otras dos transectas y no se observó una tendencia a la ocurrencia de valores más altos en algún período en particular. El promedio más alto para bahía Moreno (T1) correspondió al invierno

de 1999 (> 140 mg/m^2), en tanto que en punta Lobos (T3) éste se registró en el verano del mismo año (> 140 mg/m^2). En el caso de Arica (T5) el promedio más elevado se registró en el verano de 2004, siendo éste además el más alto de las series de las tres transectas (200 mg/m^2).

Conjuntamente con los histogramas de cloint promedio, se entregan las anomalías estandarizadas (AE) de porcentaje de área ocupada (PAO) en ambos porcentajes de participación mínima (PPM20 y PPM80) de AESS (**Figura 241a**) y AST (**Figura 241b**) en la zona costera, durante el mismo período. Las AE tuvieron un claro aumento de valor positivo entre mayo de 1997 y mayo de 1998. En Arica y punta Lobos éstas superaron los +20, en ambos PPM, en tanto que en bahía Moreno se observó una disminución en el PPM20, que tuvo una AE de +8,9.

En el período de estudio las mayores AE negativas del AESS, se observaron en diciembre de 1997 en la transecta de Arica con -16 y -5,3 para los PPM20 y PPM80, respectivamente. En punta Lobos la mayor AE negativas fue de –2,5 registrada en febrero de 1999 para los PPM20, mientras que el mayor valor para el PPM80 se dio en diciembre de 1997 y fue de -2,9, correspondiendo este último a la mayor AE (absoluto) de esta serie. En bahía Moreno la mayor AE negativa para el PPM20 fue -2,1 registrada en el mes de diciembre de 1997, mientras que para el PPM80 la mayor AE fue ±1,6, registrándose los valores negativos en febrero de 1998 y diciembre de 1999, mientras que el valor positivo se registró en marzo de 2004.

Las mayores AE positivas fueron +1,02 y +1,6 para los PPM20 y PPM80 en bahía Moreno; +1,03 para ambos PPM en punta Lobos; y +1 y +1,2 para los PPM20 y PPM80 en Arica.

Con respecto a las concentraciones de cloint en el período 1997-98, los valores más bajos del pigmento de la serie se registraron en Arica entre diciembre de 1997 y febrero de 1998 con 2,8 mg/m² y 1 mg/m² respectivamente, coincidiendo la primera de estas concentraciones con la mayor AE negativa para esta transecta. En punta Lobos las menores concentraciones de cloint correspondieron a los períodos de febrero (2 mg/m²) y mayo de 1998 (< 5 mg/m²) y coincidieron con anomalías que no superaron -1,2 en ambos porcentajes. En bahía Moreno, la menor concentración de cloint (3,2 mg/m²) se registró en mayo de 1998 con anomalías de tan sólo -0,78 para el PPM80 y de +0,4 para el PPM20.

7.5.2 Concentración máxima de clorofila

Las concentraciones máximas de cloa de las estaciones en las primeras 20 mn de las transectas de Arica y bahía Moreno, así como su ubicación en la columna de agua, presentaron una notable variabilidad a lo largo de la serie 1997-2004. En bahía Moreno, la profundidad del máximo de cloa (**Figura 242a**) en la franja costera hasta las 10 mn, en el período no Niño, se registró en la capa de los primeros 10 m de profundidad, alcanzando en pocas ocasiones el nivel de 25 m. En este período, la ubicación de los máximos de cloa no mostró una respuesta en sincronía con la variación de las AE de PPM20 las que variaron entre +1,0 y –1,2. En el período Niño, y específicamente en el crucero de diciembre de 1997, la posición del máximo de cloa se ubicó bajo los 50 m en las tres posiciones, mientras que la AE de PPM20 de AESS fue de -2. En las estaciones localizadas a 20 mn, las concentraciones máximas de cloa se presentaron entre superficie y los 40 m, sin mostrar un aumento durante el período Niño.

En el período 1999-2004, el valor de las concentraciones máximas (**Figura 242b**), en el tramo comprendido entre la costa y las 10 mn, fluctuaron entre 0,1 y 20 µg/L. Los valores ≥ 5 µg/L estuvieron asociadas a AE de PPM20 de –0,5 a +1, con una

mayor frecuencia de valores positivos, mientras que los valores de cloa entre 1 y < 5 µg/L se asociaron a AE de –1,2 a +1. En la serie correspondiente a las estaciones ubicadas a 20 mn, la gran mayoría de los valores máximos de cloa fueron inferiores a 1 µg/L, con sólo cinco ocasiones en el que este valor fue superado, estando estos últimos asociados a AE de PPM20 que fluctuaron entre –0,5 y +1, con profundidades de los máximos de cloa que fluctuaron entre superficie y los 25 metros.

En las estaciones de 1 y 5 mn de la transecta de Arica, la totalidad de los niveles de profundidad del máximo de cloa (**Figura 243a**) se ubicó entre la superficie y los 10 m dentro período 1999-2004, en tanto que en las estaciones de 10 y 20 mn este rango de profundidad aumentó desde superficie hasta niveles que alcanzaron los 25 y 50 m, respectivamente. En este período los PPM20 del AESS fluctuaron entre –1,75 y +1. Durante el evento El Niño 1997-98 se observaron las mayores profundidades de los máximos de cloa de la serie, registrándose en febrero de 1998 una ubicación bajo los 40 y 70 m en las estaciones de 5 y 20 mn respectivamente. En la estación de 10 mn los niveles de profundidad del máximo de cloa se mantuvo entre superficie y los 25 m, en todo el período estudiado. En febrero de 1998 el valor de AE del PPM20 fue de –1,75.

En la transecta de Arica los máximos de cloa (**Figura 243b**) del período 1999-2004 fluctuaron entre 0,2 µg/L y 46 µg/L, en tanto que en el período 1997-1998 el rango fue de 0,03 µg/L a 14 µg/L. Las concentraciones de cloa ≥ 5 µg/L se asociaron con AE que fluctuaron entre –1,75 y +1 con una mayor frecuencia de valores positivos, mientras que para valores de cloa < 2 µg/L la proporción de valores positivos y negativos fue más pareja. En diciembre de 1997 y febrero de 1998 se registraron las menores concentraciones en las cuatro estaciones de la transecta, coincidiendo en el primer mes con las mayores anomalías del PPM20 de AESS.

En marzo de 2004, en las transectas de Bahía Moreno y Arica se midieron las mayores concentraciones del máximo de cloa de las respectivas series, en tanto que los valores de las AE no registraron un valor atípico. En las transecta de bahía Moreno, de los siete datos disponibles para el período de verano seis son AE positivas, siendo la de marzo de 2004 la de mayor valor (+1), mientras que en Arica sólo dos fueron positivos correspondiendo uno de ellos también a marzo de 2004 (+0,5), y otro a marzo de 2003.

Por otra parte, dentro del período Niño, en ambas localidades se midieron concentraciones del máximo de cloa correspondientes al rango eutrófico (> 1 µg/L) en mayo de 1997.

7.6 Modelo Conceptual

La surgencia costera es producida por el viento y es modificada por la acción de la topografía como son las puntas y bahías. Por otro lado sabemos que una surgencia débil reduce la entrada de nutrientes con la consecuente reducción de producción biológica y reduce la retención larval debido a que no se generan las estructuras de recirculación sobre la plataforma. En el caso contrario, una surgencia extremadamente fuerte produce mucha turbulencia y el transporte hacia fuera de la costa se incrementa produciendo una dispersión de las larvas fuera del dominio costero. En esta escala de tiempo de espacio muchos autores han propuesto modelos conceptuales esquemáticos de la circulación, los que en algunos casos incluyen los factores de retención y transporte larval (Bakun 1993; Bart ***et al***., 2000; Barton ***et al***., 1998; Escribano et al., 2002; Marin y Moreno 2002; Menge ***et al***., 2003; Oke ***et al***., 2003; Send et al., 1987; Shanks ***et al***., 2000; Wing ***et al***., 1998; entre muchos otros) por lo que no tiene sentido repetirlos en este documento.

Como se vio en el análisis del viento satelital, la zona de estudio presenta características excepcionales, donde el viento tiene condiciones moderadas, permitiendo una alta productividad y una importante retención de larvas. En los extremos del área de estudio (15 y 30°S), el viento incrementa considerablemente su intensidad, lo que produce una gran surgencia, con una importante entrada de nutrientes, sin embargo, el transporte hacia fuera de la costa no permite la retención larval.

De acuerdo a Bakun (1985), las condiciones favorables para un reclutamiento están dadas por una combinación de 3 procesos: fertilización – concentración – retención. En el área de estudio estos procesos estarían dados por la entrada de nutrientes – los frentes de surgencia – y las plumas de surgencia y estructuras de recirculación sobre la plataforma. Por lo tanto un modelo conceptual del sistema de la zona norte debe contemplar principalmente la variabilidad de largo plazo de la principal forzante de los procesos costeros y que sin lugar a dudas es el viento.

Por otra parte, como se vio en el análisis de las series de tiempo, tanto los factores ambientales como la abundancia de los pequeños peces pelágicos presentan juntos un cambio significativo en escalas de tiempo decadales e interdecadales, se podría utilizar el Índice de la Corriente de Humbold (ICH) definido en este documento como un indicador de esta variabilidad.

En el esquema que se muestra a continuación se indica como los cambios de la presión atmosférica en escala de tiempo decadal producen cambios en el viento a lo largo de la costa y pueden llegar a incidir sobre la especie de pequeños pelágicos dominante en cada período. Cada uno de los niveles del esquema se obtuvo mediante análisis de correlación y de componentes principales entre las distintas variables observadas y complementadas por la literatura en los aspectos en que se no contaba con información.

Cambios decadales de presión atmosférica a nivel del mar

⇩

Cambios del Viento a lo largo de la costa

Aumenta ⇩		⇩ **Disminuye**	
+	Transporte Ekman	-	Transporte Ekman
+	Mezcal Vertical	+	Estratificación
-	Temperatura costera	+	Temperatura costera
+	Frente de surgencia	-	Frente de surgencia
+	Flujo de calor superficial	-	Flujo de calor superficial
-	Nivel del mar	+	Nivel del mar
+	Flujo al polo	-	Flujo al polo
+	Jet costero	-	Jet Costero
+	Productividad	-	Productividad
+	Transporte larval	-	Transporte larval
+	Retención Larval	-	Retención larval
-	Tamaño del Plankton	+	Tamaño del Plankton
+	**Anchoveta**	**+**	**Sardina**

Teniendo en consideración los resultados obtenidos en el análisis integrado de información y basados en el esquema anterior, se formuló un modelo conceptual general para la zona de estudio (**Figura 244**). En este modelo la principal forzante es el viento, el cual genera los procesos que inciden sobre la variabilidad de los pequeños peces pelágicos a través de una serie de relaciones de causa efecto. También se incluye el posible efecto de retro-alimentación de algunos parámetros

biológicos a la variabilidad climática. En este nuevo esquema encontramos que la nubosidad juega un papel relevante como factor limitante de la radiación incidente en la zona, pero que sin embargo poco ha sido estudiada.

7.6.1 Estado del conocimiento

Se sabe que la zona norte de Chile es dominado por un sistema de surgencia durante todo el año con un aumento de la intensidad durante primavera y verano debido a que los vientos son forzados por temperatura. La extensión de la surgencia es dentro de los primeros 20 a 30 km de la costa, generando un intenso frente de surgencia. Esta surgencia presenta una alta producción primaria (PP). La variabilidad se observa en escalas anuales, casi-bianual, ENSO, decadal e interdecadal. Sin duda, ENSO es uno de los factores más importantes debido a su impacto inmediato y en los ecosistemas, sin embargo, los desembarques de pequeños peces pelágicos presentan una alternancia de la abundancia de las especies en escala interdecadal. Situación que ha sido evidente durante los últimos 100 años. Los cambios en la especie dominante también se encuentran en los estudios del sedimento de miles de años. Una de las preguntas más frecuentes respecto de los cambios observados en la abundancia es si esta variabilidad está asociada totalmente a los cambios ambientales o fueron afectados por la actividad humana. No solamente la sobrepesca, sino también otras actividades productivas a lo largo de la costa generan la degradación y la contaminación del hábitat. Los derramamientos del petróleo, la emisión de residuos orgánicos e inorgánicos de procesos domésticos e industriales, la degradación del hábitat con actividades de la acuacultura y la alteración física del borde costero son cada vez más frecuentes. Amenazando los frágiles sistemas costeros que normalmente son áreas de desove y crianza de especies marinas bentónicas y pelágicas.

El conocimiento del área norte de Chile como malla alimenticia (food web) se limita al conocimiento de la distribución e identificación de las principales especies componentes del plancton e ictioplancton. Es por lo tanto necesario incluir más estudios de las relaciones tróficas, de la penetración de la luz, de la relación entre la profundidad de la capa crítica y la de mezcla, del ciclo microbiano, de la alimentación y de la producción primaria y secundaria así como otros factores dominantes.

Se conoce que los procesos físicos están ocurriendo y se pueden describir, sin embargo no existe información suficiente para cuantificarlos y determinar su importancia relativa. Se requiere conocer el sistema de circulación costero, los frentes, remolinos y filamentos. Todos estos elementos podrían explicar el transporte y retención de larvas.

En síntesis, para mejorar nuestra comprensión del ecosistema y de los procesos que ocurren allí, es esencial que la investigación y el monitoreo sean intensificados.

Para los propósitos del conocimiento científico y de administración de los recursos son muchos los tópicos que pueden ser relevantes en un estudio del ecosistema. A continuación se listan (sin orden de prioridad) los principales vacíos en el conocimiento del ecosistema de la zona norte o acciones necesarias que conlleven a un mejor conocimiento.

- Interacción océano atmósfera – campo de viento y su forzamiento (estructura a lo largo y hacia fuera de la costa, períodos de relajamiento, bajas costeras, nubosidad, etc).
- Los procesos y los factores físicos principales que fuerzan y que afectan la dinámica de la población.

- El intercambio de los flujos y la importancia relativa de cada proceso (presupuesto de energía).
- Ciclo del carbón, disponibilidad de nutriente y procesos químicos.
- Producción primaria y secundaria y su variabilidad a lo largo del área.
- Cambios en la distribución y abundancia de recursos marinos y la estructura trófica.
- Supervivencia durante los primeros estadíos y modelos de migración de los adultos.
- La corriente subsuperficial hacia el polo, su efecto y variabilidad de la capa mínima de oxígeno.
- Modelos integrados para mejorar nuestra comprensión del ecosistema y como herramienta para mejorar la administración.
- Predicción de la variabilidad ambiental y de la respuesta del ecosistema.
- Estudiar y modelar los procesos biogeoquímicos en la interfase océano-atmósfera.
- Instalación de sistemas automáticos de vigilancia.
- Mejoramiento de las bases de datos e incluir toda la información histórica existente, incluyendo información física, biológica, química y meteorológica.
- Reanálisis de las muestras históricas de zooplancton.
- Configurar y optimizar largas series de tiempo con variables y localidades seleccionadas.

Muchos de los tópicos mencionados requieren de un esfuerzo multidisciplinario de muchos investigadores e instituciones. Considerando que además todos estos temas son de vital importancia para el conocimiento de los grandes ecosistemas, es posible buscar la colaboración internacional, de modo de optimizar la investigación. Sin duda que una mejor comprensión del ecosistema ayudará en la toma de decisiones para el manejo de los recursos.

VIII. DISCUSIÓN

La condición oceanográfica a escala regional en el mes de mayo 2003, indicaba que la zona ecuatorial central mostraba signos evidentes de normalización después del período calido débil El Niño 2002-2003. A partir de fines de ese mes se observó un rápido transito hacia una condición fría (NOAA, 2003), donde las anomalías de TSM en la zona ecuatorial, entre la línea de cambio de fecha y la costa sudamericana, fueron negativas en hasta 3ºC. Sumado a lo anterior, durante mayo en esta misma área, los vientos ecuatoriales del Este se presentaron con mayor intensidad y se observó un notorio ascenso de la termoclina oceánica a lo largo de la línea ecuatorial, dejando a nivel subsuperficial un notorio predominio de anomalías negativas de temperatura. El Indice de Oscilación del Sur (IOS) promedio del mes, sin embargo, continuó negativo y fue de –0,6 (BAC, 152).

En la zona norte de Chile, durante el crucero de otoño realizado en mayo, los porcentajes de vientos débiles indicados en los resultados (58% en estaciones y 53% en viento horario) fueron notoriamente menores a los observados en el mismo período de los años 2000 (86%), 2001 (100%) y 2002 (85%) (Braun ***et al***., 2001, 2002, 2004). La dirección de los vientos que provinieron mayoritariamente del segundo y tercer cuadrante son una condición habitual, la que se observa durante todo el año en la zona, por lo tanto, lo registrado en cuanto a dirección del viento no difiere de las mediciones realizadas los años 2000 a 2002 para el mismo período. (Braun ***et al***., op cit).

Los valores de anomalías de temperatura y salinidad superficial (TSM y SSM) indicaron en general que la mitad norte de la zona de estudio registró condiciones dentro de los rangos normales, es decir dentro del rango ±1°C en temperatura y ±0,1 psu en salinidad en el sector oceánico y el doble de este rango para el sector costero. Los valores relativamente bajos en temperatura y salinidad encontrados

en el límite oceánico norte de la zona y que provocó anomalías levemente significativas, serían efecto de procesos locales que se desarrollan en el área, tales como el transporte de agua fría hacia el sur-oeste producto de la surgencia en la costa peruana, o bien, producto de un giro ciclónico, el cual se ubicaría en aquel sector y que no se alcanzaría a observarse completamente. La profundidad de la isoterma de 15°C (ZI15) presentó, en general, el patrón característico de condiciones normales que se reflejó en los bajos valores de anomalía de esta variable, en general dentro del rango ±10 m. Por lo tanto, la anomalía de la ZI15 estuvo dentro del rango normal para toda la franja costera, en el sector oceánico central entre Arica y punta Lobos, y en el sector oceánico hasta las 100 mn frente a Iquique. Las anomalías que registró la ZI15 en la mitad sur de la zona, que llegaron incluso a -40 m, estuvieron relacionadas con el giro ciclónico ubicado frente a Tocopilla.

La concentración de OD superficial, se mantuvo también dentro del rango esperado en la zona oceánica, aunque levemente menor a la observada en el mismo periodo de los años 2001 y 2002, ocasión en que se midieron incluso valores superiores a 7 mL/L (Braun ***et al***., 2002, 2004). La mayor diferencia con los años recién indicados se observó en la zona costera, la que presentó en el año 2003 dos franjas con bajos valores de OD que abarcaron gran parte del área de estudio, evidenciando activa surgencia en la zona, situación que no se observó con tanta fuerza en los dos años precedentes. No obstante los gradientes térmicos superficiales en la franja costera entre Arica (T5) y Punta Lobos (T3) fueron menores a los del resto del área costera de la zona sur, se puede indicar que los procesos de surgencia se encontraron desarrollados a lo largo de toda la franja litoral, como es habitual, afectando al menos hasta las 20 mn de la costa con aguas de baja temperatura.

La circulación geostrófica superficial obtenida en el crucero de otoño 2003 no fue similar al patrón promedio histórico, el cual tiene una predominancia de flujos paralelos a la costa en dirección norte (Blanco ***et al***., 2001). Lo indicado anteriormente se debe a la presencia del giro ciclónico centrado a 70 mn de la costa en la transecta de punta Copaca (T2). No obstante el flujo geostrófico superficial de este período indicó un patrón de circulación distinto al histórico, en todos los períodos de otoño desde 1999 hasta el 2002 se presentaron condiciones que se alejan del patrón normal (Braun ***et al***., 2001, Braun ***et al***., 2002, Braun ***et al***., 2004), observándose flujos en dirección sur y sólo en algunas ocasiones con presencia de giros ciclónicos o anticiclónicos. Por la tanto, la situación para el período 2003 no indicó una condición anormal en la circulación geostrófica, sino que fue representativa de los procesos locales que ocurren en la zona. Cabe señalar, sin embargo, que en períodos bajo condiciones cálidas El Niño, el flujo geostrófico superficial tiene un patrón hacia el sur (Blanco ***et al***., 2002), lo que es contrario al patrón histórico promedio.

Los espesores de capa de mezcla (CM) encontrados tanto en la costa como en el área oceánica fueron mayores a los registrados en mayo de 2001 y 2002 (Braun ***et al***., 2001, 2002, 2004). En este sentido, en los dos años indicados la franja costera tuvo una CM menor en alrededor de 5 m, mientras que el sector oceánico de la mitad norte de la zona fue de 5 y hasta 15 m menor. La mitad sur por su parte, en ambos períodos anteriores, tuvo los máximos espesores de CM a lo largo de la transecta de punta Copaca (T2), contrario a lo encontrado el 2003 (Braun ***et al***., 2002, 2004). La situación de mayor espesor en toda la franja costera y área oceánica sur, durante el muestreo de otoño del 2003, se debería a las condiciones de viento de mayor intensidad registradas durante el actual período, sin embargo, en el área de punta Copaca (T2) los espesores de CM fueron menores a los medidos en los dos períodos pasados (30 a 35 m).

Respecto al espesor de la termoclina, en muestreos realizados en otoño de los años 2001 y 2002 (Braun ***et al***., 2002, 2004), el espesor de esta capa tuvo un espesor variable. En este sentido, en la mitad sur de la zona el espesor fue similar en los tres períodos indicados, pero en la mitad norte el espesor fue menor en el 2001, con un rango de 10 a 15 m, el 2002 fue el mayor de los tres con un rango de 20 a 25 m y abarcó prácticamente toda el área norte, mientras que en el 2003 ésta fue de 20 a 25 m, pero sólo comprendió el área del foco frente a Iquique. La diferencia de espesor de la termoclina en estos tres períodos pudo estar originada en la mayor mezcla producida por el viento en este último período, ya que a una mayor CM se esperaría una termoclina más delgada pero de mayor gradiente térmico. En este sentido, la distribución del gradiente máximo y el gradiente promedio fueron similares, y se puede indicar que la mayor intensidad de ambos gradientes estuvieron asociados a mayores profundidades de la CM. La profundidad de ubicación del máximo gradiente térmico presentó también similitud, en cuanto a la distribución, con el espesor de la capa de mezcla, ubicándose gradientes térmicos > 1°C/m a menos de 10 m bajo la CM, situación que fue característica en el área de estudio, mientras que valores de gradiente menores a 1°C/m se ubicaron de 10 a más de 30 m bajo la CM.

En cuanto a la distribución superficial de clorofila a (cloa) en otoño de 2003, ésta presentó en general bajas concentraciones, en comparación con la distribución de cloa del otoño de 2002. Las mayores diferencias en la distribución se apreciaron desde la transecta de Arica (T5) hasta la de punta Copaca (T2), donde hubo una clara disminución en la concentración del pigmento en el sector costero. En este sentido, sólo frente a Arica (T5) se detectó un núcleo importante con valores > 6 µg/L, sin embargo la extensión de este núcleo se restringió a la estación de las 5 mn. Otra excepción fue bahía Moreno (T1), ya en que este año se detectó un núcleo productivo que no estuvo presente en el 2002 (Braun ***et al***., 2004).

El parche de clorofila a (cloa) localizado en el sector oceánico de la transecta de punta Copaca (T2), corresponde a concentraciones de un rango y distancia de la costa que son muy inusuales en esta zona. El origen del parche oceánico como el observado, puede tener dos orígenes. El primero corresponde al transporte de un parche fitoplanctónico costero hacia el sector oceánico y la posterior mantención de este por el afloramiento provocado por el mismo giro. El segundo, podría corresponder a la reacción de poblaciones oceánicas que, aprovechando las condiciones nutritivas aportadas por el afloramiento debido al giro, aumentan la concentración normal de clorofila.

Las condiciones de temperatura superficial del mar observadas en el Océano Pacífico de la franja ecuatorial durante el mes de septiembre mostraron un leve calentamiento en su parte occidental, mientras que en la costa sudamericana se mantuvieron condiciones bajo el promedio (NOAA, 2003). Esta condición de mayores TSM en el sector ecuatorial central estuvo explicada por una relajación temporal de los vientos alisios en la penúltima semana de septiembre, siendo estos menores que el promedio para esa época del año (NOAA, 2003). El IOS del mes tuvo un valor negativo de -2,2, aunque la tendencia de esta variables en ese momento era hacia valores positivos (NOAA, 2003).

En el período de invierno, en la zona norte de Chile, la ausencia de gradientes térmicos y salinos superficiales intensos en la franja costera es una condición habitual (Braun ***et al.***, 2000, 2001, 2002, 2004). No obstante lo anterior, los procesos de surgencia se manifestaron en las 5 secciones perpendiculares a la costa, aunque estos afloramientos fueron más intensos desde caleta Camarones hasta punta Pinto y en el área de Iquique a Tocopilla. Lo anterior se indica dadas las menores temperaturas y contenido de oxigeno en el nivel de superficie en aquellos sectores, como también por el ascenso de las isolíneas de temperatura y OD en la franja costera. Los valores bajos de OD, < 4 mL/L, tanto a nivel

superficial como en la vertical en la franja costera de las áreas de mayor surgencia, indicaron la participación importante de AESS en el proceso. Los valores encontrados en las variables de TSM, SSM y OD frente a Arica indicaron una condición de surgencia débil, ya que en superficie se registraron altos valores relativos en las tres variables indicadas. El sector de Mejillones y el de bahía Moreno, hacia el sur de la zona, registraron condiciones de surgencia débil, sin embargo en este caso hubo participación importante de agua de origen subantártico, lo que entregó valores de salinidad relativamente bajos y concentraciones de OD más altas que en las otros sectores costeros.

Siempre en el sector costero, las mayores temperaturas y salinidades superficiales se registraron frente a la localidad de Pisagua. En esta área, los procesos de surgencia fueron menos intensos que los anteriormente indicados, lo que junto a un transporte geostrófico hacia la costa fueron los posibles procesos responsables de un acercamiento de agua superficial más cálida y salina de origen subtropical hacia el borde costero. Lo anterior es también indicado por las anomalías negativas de TSM de un menor valor (0 a –1°C) que se encuentran en el mismo sector, sumado a una profundización de la isoterma de 15°C que registró anomalías positivas entre 0 y +10 m. Otras variables son también indicadoras de este proceso, como lo es el OD, con valores más altos que en los sectores vecinos, una mayor profundidad de la base de la termoclina y del límite superior de la capa de mínimo OD.

Tanto los valores de anomalía de TSM, SSM y profundidad de la isoterma de 15°C, basados en los promedios mensuales históricos (Blanco, 1996), indicaron para la franja costera condiciones habituales, no obstante se presentó la entrada de agua de origen subtropical frente a Pisagua, la que puede identificarse como un proceso habitual en la zona.

En el sector oceánico, las anomalías de TSM indicaron condiciones dentro de los rangos normales para la época, sin embargo, la anomalía de salinidad significativas de –0,2 psu en superficie en el sector norte evidenciaron algunos procesos relacionados con un giro ciclónico presente en el lugar, ya que la capa de mezcla sólo tuvo de 5 a 10 m de espesor, por lo tanto esta condición no justificaría las anomalías negativas encontradas. El giro ciclónico indicado se presentó frente a Caleta camarones y su borde Este se ubicaría alrededor de las 20 mn de la costa. El giro mencionado sería además la causa de una menor profundidad de la isoterma de 15°C, variable que tiene en el sector hasta 40 m menos que el promedio histórico para la época invernal, y también del ascenso de la isolínea de 1 mL/L de OD, la que se encuentra más superficial que en los sectores vecinos.

Por otro lado, las anomalías positivas de salinidad superficial del mar no significativas, encontradas en el sector oceánico entre punta Lobos y Mejillones, estarían asociadas a un giro anticiclónico presente en esa área. A este respecto, la circulación geostrófica superficial señaló lo que sería la mitad del giro ubicado en el área indicada, condición que causaría la profundización de la isoterma de 15°C, de la base de la termoclina y de la isolínea del mínimo de OD en 20 m. También se puede señalar que el espesor de la capa de mezcla registró un máximo en esta área, proceso que pudo provocar que las anomalías de TSM no fueran positivas y las anomalías de salinidad superficial fueran mayores a las encontradas. En relación a las anomalías negativas de la profundidad de la isoterma de 15°C, observadas en el extremo sur-oeste de la zona, se puede indicar que éstas no estuvieron asociadas a un proceso de circulación definido. En este sentido, las líneas de flujo mostradas por el gráfico de circulación geostrófica superficial no indicaron la presencia de algún giro ciclónico, y sólo se observó, en la misma área, un levantamiento de la isolínea del mínimo de OD y de la base de la termoclina, mientras que las anomalías de TSM y SSM fueron de tipo negativas,

pero no significativas, mientras que la capa de mezcla se presentó delgada con un rango de sólo 5 a 15 m de espesor.

En el borde sur de la zona, sobre la transecta de bahía Moreno (T1), se presentaron anomalías positivas de TSM y SSM. La figura de circulación geostrófica superficial señaló la presencia de un posible giro anticiclónico de unas 50 mn de diámetro, lo que es consistente con la ubicación de un descenso de la isoterma de 15°C, de la isolínea de mínimo OD y de la base de la termoclina.

La mayor presencia de giros tanto ciclónicos como anticiclónicos en la zona de estudio durante el período de invierno, en comparación a los otros períodos estacionales, se ha observado en los años 2001 a 2003 (Braun ***et al***., 2002, 2004), sin embargo los años 1999 y 2000 no se presentó tal situación (Braun ***et al***., 2000, 2001). El patrón de circulación geostrófico histórico (Blanco ***et al***., 2001) indicó para el período de invierno un predominio de flujos hacia el norte, asimismo la separación de las líneas de flujo sugiere, además, una baja velocidad. Por lo tanto, el patrón de circulación encontrado en el actual crucero no se ajusta al patrón de circulación histórico. No obstante los dos últimos períodos de invierno tampoco se han ajustado a este patrón de circulación, las condiciones oceanográficas locales se definieron como dentro de los rangos normales para la zona (Braun ***et al***., 2002, 2004).

La distribución de cloa en este período presentó focos aislados de altas concentraciones principalmente en bahía Moreno (T1) y punta Madrid (> 5 µg/L), y aunque no fue una distribución típica, en general las concentraciones estuvieron dentro de lo esperado para el período de invierno, aunque sin llegar a las concentraciones observadas en los años 1994, 1996 ó 1998, cuando fue habitual encontrar núcleos de más de 9 µg/L. Por otra parte, los feop se mantuvieron en niveles muy bajos, por lo que las células fitoplanctónicas se encontrarían, durante el crucero de invierno, en un óptimo estado fisiológico.

Como ha sido habitual en la serie de cruceros desde 1994, se observó una franja de bajas concentraciones de cloa en el sector costero. En este último crucero esta franja se desarrolló entre caleta Chipana y Tocopilla. Una causa probable para la baja concentración pigmentaria en el sector costero podría ser la intensa surgencia observada en el momento del muestreo, la que no daría condiciones de estabilidad de la columna de agua, necesaria para el desarrollo fitoplanctónico, por lo que se esperaría un repunte en las concentraciones pigmentarias una vez terminado el evento.

Las bajas concentraciones de cloa encontradas más al norte, entre Iquique y punta Junín (T4), pueden deberse a una entrada de aguas oceánicas de origen AST (pobres en nutrientes), o a la presencia de un giro que no queda del todo explícito en la gráfica de geostrofía. En el sector oceánico se detectó un núcleo eutrófico (> 1.2 µg/L) a 60 mn de caleta Patillos, el que puede ser resultado de un posible desplazamiento de un parche costero o bien producto de un posible giro ciclónico, detectado un poco más al norte, que estaría aportando los nutrientes necesarios para el desarrollo del fitoplancton local. En esta oportunidad, la imagen de cloa satelital tuvo sólo una regular correspondencia con la distribución de cloa in situ, pues la sobreestima en los pocos puntos donde se logró la comparación debido a la presencia de nubes.

Durante el mes de diciembre de 2003, las condiciones oceanográficas y meteorológicas observadas en el Pacífico ecuatorial mostraron una situación levemente más cálida que una condición neutral. En este sentido, y al igual que en el mes anterior, en la zona del Pacífico ecuatorial central se observaron anomalías de TSM superiores a + 0,5ºC, mientras que en la costa sudamericana ecuatorial se registraron también anomalías levemente superiores al promedio (< 0,5°C) durante las primeras tres semanas. Sin embargo, estas estuvieron bajo el promedio durante la última semana del mes (NOAA, 2003), lo que estaría siendo

modulado por pulsos de vientos en una escala menor a la intraestacional (PROFC, 2004). Los sectores Niño 3, 3.4 y 4, se mantuvieron en el mes de diciembre con anomalías positivas las cuales se observaron también al menos en los últimos tres meses en el caso de los sectores 3 y 3.4 y desde el año 2002 en el caso del sector 4. Por otro lado, en la zona 1 + 2, que corresponde a la zona de la costa sudamericana, se mantuvieron valores levemente mayores al promedio desde octubre pasado, presentándose sólo en la tercera semana de diciembre algunas anomalías negativas que no fueron superiores a 0,3°C (NOAA, 2003).

En la zona norte de Chile durante el crucero de primavera, los vientos observados en las estaciones oceanográficas y en forma horaria indicaron un predominio de registros de intensidad débil, es decir menor a los 5 m/s, similar a lo observado en el crucero de otoño. Si bien prácticamente no se registraron períodos de calma, los porcentajes de 60% a 70% de viento débil y de 20 a 40% en las mediciones con valores de intensidad moderada, caracterizaron a este período como de menor intensidad de viento que la registrada en otoño de 2003. La dirección observada en los vientos en primavera 2003 fue la habitual para el período y fue similar a la encontrada en el crucero de otoño.

En general, la información oceanográfica obtenida del crucero de primavera permitió indicar para la zona una condición ambiental dentro de rangos normales para el período. Las anomalías de temperatura y salinidad observadas en superficie y también en la columna de agua, así como otras variables, estuvieron asociadas principalmente a la presencia de giros en el sector oceánico. La condición más característica del período fue la intrusión de agua AST hasta una distancia de 10 mn de la costa frente a Punta Copaca, ayudado por un giro anticiclónico centrado en las 70 mn, originando las anomalías de temperatura y salinidad significativas en el lugar indicado, así también por el hundimiento de la termoclina y del limite superior de la capa de mínimo OD, como por la disminución

de las concentraciones de cloa en el sector costero de la transecta de punta Copaca.

En particular, la distribución de temperatura superficial (TSM) mostró el calentamiento estacional de primavera en la zona, pues se alcanzaron en el área oceánica valores superiores a 20°C en temperatura y en el caso de la salinidad éstas fueron mayores a 35,0 psu. En esta misma área, los valores de concentración de oxígeno disuelto (OD) se distribuyeron en forma homogénea y en el rango habitual para la época.

La presencia de temperaturas y salinidades mayores en el sector oceánico respecto a las del costero dio lugar a la formación de frentes térmicos y salinos de relativa intensidad que cubrieron las primeras 20 mn desde la costa. Los procesos de afloramiento, que caracterizaron la zona disminuyendo la temperatura y salinidad en la franja costera, presentaron durante el crucero una intensidad moderada a lo largo de toda la costa, siendo éstas de una mayor intensidad relativa en el sector sur que va de Mejillones a Antofagasta, lo que sería causa también de la presencia de aguas más frías en el sector oceánico frente a estas localidades.

Los bajos valores de temperatura y especialmente de salinidad encontrados en la franja costera entre Mejillones y Antofagasta, junto a valores relativamente altos de OD, señalaron la importante participación de ASAA en los procesos de surgencia. A pesar de lo anterior, cuatro de las cinco transectas (la excepción fue Punta Copaca (T2)) presentaron en las estaciones de 1 mn de la costa valores de OD menores a 5 mL/L, lo que implicó en este caso una mayor participación de AESS, junto con ASSA, en la surgencia ubicada muy próxima a la costa. Tal situación fue ratificada por la distribución vertical de oxígeno en las transectas perpendiculares a la costa, que mostraron el ascenso de aguas con baja

concentración de OD hacia la superficie de las estaciones más costeras. Los índices de surgencia de los vientos medidos en forma horaria en el track de navegación en la franja costera indicaron, por su parte, una condición favorable a la surgencia durante todo el período del crucero. En este mismo sentido, cabe señalar que el transporte de Ekman calculado para la zona norte de Chile correspondiente al mes de diciembre de 2003 mostró un leve aumento respecto a los dos meses anteriores, el que no obstante fue menor al registrado hacia el sur de los 25°S y el de la costa del Perú en el mismo período (PROFC, 2004).

La distribución de OD superficial de este crucero fue muy similar a la vista en la primavera del año 2002, ya que en esa oportunidad hubo altos valores de OD (> 6 mL/L) tanto en la zona Norte, como en la parte central del área de estudio, donde se formó una lengua que se extendió desde la costa hacia el sector oceánico. Sin embargo, este año se vio una mayor frecuencia de focos subóxicos que en el año 2002.

Las anomalías positivas y significativas de temperatura y salinidad superficial, > 1°C y > 0,2 psu, encontradas en el sector oceánico al sur de punta Lobos (T2) están posiblemente asociadas a una mayor entrada de AST a la zona, ubicándose aquella hasta el sector costero frente a Tocopilla. En tal sentido, la circulación geostrófica superficial indicó un predominio de flujos hacia la costa en el sector indicado. La presencia de AST, caracterizada por aguas calidas y salinas, se manifestó también en la profundización de la isoterma de 15°C en alrededor de 10 m respecto del valor histórico. En el período de primavera de 2002 se encontró una condición muy similar a la indicada anteriormente, pero no así en el año 2001, ocasión en que los valores de temperatura, salinidad y también de oxígeno fueron en general menores, con anomalías negativas no significativas en el caso de las dos primeras variables.

Las mayores temperaturas y salinidades asociadas a la AST en el extremo oeste desde caleta Camarones a Iquique se reflejó en los valores de anomalía positiva y significativa presentes en este sector. La focalización de la AST en el sector indicado parece estar provocado por una entrada de agua de este tipo desde el noroeste descartándose, al parecer, la presencia de un giro de tipo ciclónico observado en forma parcial en la carta de circulación geostrófica superficial. Respecto a esto último, no se observó en la vertical un ascenso de las isolíneas más superficiales de temperatura, salinidad y oxígeno, lo que sería consecuencia de un giro ciclónico, a la vez que los valores en superficie de las dos primeras variables no disminuyeron en relación al área adyacente y, por el contrario, correspondieron a un máximo en el área.

Respecto a la termoclina, el sector oceánico que registró una mayor profundidad de la base y también del espesor de esta capa estuvo asociada el área de mayor temperatura superficial. Así también el de mayor gradiente térmico promedio y máximo. La temperatura base de la termoclina no siempre tuvo un valor cercano a los 15°C, y así se observó, en general, valores de temperatura mayores y en algunos casos superiores a 18°C. Lo anterior fue causa del gradiente térmico vertical de 0,1°C/m definido como termoclina para este trabajo. Sin embargo, se puede indicar que las isotermas de 14° y 15°C señalaron en la vertical el fin de la zona de mayor gradiente térmico relativo (ver **Figura 9**).

El bajo espesor de la capa de mezcla, que fue menor a 5m, observado en toda la zona estuvo asociado a una intensidad del viento débil. Los sectores con mayor capa de mezcla y que alcanzó hasta los 15 m en algunos puntos muy focalizados, estuvieron en correspondencia también con sectores de mayor intensidad relativa del viento en la mitad sur de la zona. No fue el caso de un pequeño foco de máximo espesor de la mezcla que se ubicó en el sector oceánico frente a Pisagua, el que presentó una baja intensidad del viento y, por lo tanto, un bajo índice de turbulencia relativo.

En cuanto a la distribución de cloa de este período, la principal característica del crucero fue la clara disminución de las concentraciones pigmentarias, principalmente en la zona centro-norte (Arica T5 - punta Lobos T3) con respecto al los cruceros de otoño e invierno pasado. Por otra parte, la mayor diferencia con cruceros anteriores fue la elevada concentración de feo pigmentos, situación que se observó en forma generalizada en el área de muestreo. La distribución de cloa y feo pigmentos indicada anteriormente podría ser respuesta a distintos procesos: por una parte la baja pigmentaria de la zona norte, que también se observó en la zona sur de Perú (IMARPE, 2004), podría ser atribuido a la gran abundancia de organismos gelatinosos detectados en esta oportunidad, los que estarían ejerciendo una fuerte predación sobre el fitoplancton; por otro lado, en la mitad sur de la zona, los altos valores de feo pigmentos podrían ser el resultado del envejecimiento de la población fitoplanctónica, lo que provocaría el aumento de los niveles de clorofila b y c, haciendo que los pigmentos degradados (que no se estudian en este trabajo) aumenten con respecto a la cloa. Lo anterior enmascararía la concentración real de feopigmentos debido a un efecto combinado de predación y de condiciones oceanográficas poco adecuadas para la mantención de la población fitoplanctónica, esto último producto de la intrusión de agua superficial pobre en nutrientes tipo AST, hacia la zona costera desde punta Lobos hasta prácticamente punta Copaca (T2), condición que está en concordancia con las condiciones encontradas en geostrofía superficial y anomalías de TSM y SSM en el sector señalado.

En el período de primavera, las imágenes de color no concordaron completamente con la distribución de las muestras ***in situ***, aunque se mantuvo una semejanza en la parte sur de la zona de muestreo, la carta de color tendió a sobre estimar las concentraciones. En la parte norte la presencia de nubes en el momento de la toma de muestras no permitió hacer la comparación entre ambas cartas, sin embargo según la carta de color se registrarían altas concentraciones en el sector costero de Arica, lo que un día después no fue observado en el muestreo ***in situ***.

Al hacer una comparación de los actuales resultados con los cruceros de primavera realizados desde 1998, se puede observar en general que el período de primavera no se ha caracterizado por presentar núcleos de altas concentraciones, como las observadas en el invierno pasado (> 5 µg/L). Tomando en cuenta lo anterior, este año no se ve tan diferente a la distribución de 1998, 1999 o a la del año 2000, aunque en esa oportunidad las concentraciones productivas se centraron en la zona norte. Se observó, en este período del 2003, en cambio, una clara disminución tanto en la distribución como en las concentraciones de cloa respecto a los años 2001 y principalmente el 2002, ya que fue el que en promedio presentó en la serie los mayores valores para el período de primavera. Se observó también una gran diferencia con el muestreo de primavera de 1993, donde Morales ***et al***. (1996) reportó altas concentraciones de cloa (> 2 µg/L) a lo largo de toda la zona de muestreo y principalmente en el sector de Iquique, donde midieron > 10 µg/L. Cabe destacar que en esa oportunidad las diferencias no sólo se dieron a nivel productivo, sino que en general la temperatura y la salinidad fueron más bajas que las reportadas en el presente informe.

Durante marzo 2004, en las diferentes áreas del Océano Pacífico Ecuatorial se apreció que la zona occidental (Niño 4), y también central (Niño 3.4), las anomalías de TSM se mantuvieron relativamente constantes durante el mes, sólo con +0,2 a +0,3°C, siendo éstas las menores registradas desde julio del 2003, mostrando así la tendencia hacia condiciones neutrales. El sector Niño 1 + 2 registró anomalías negativas durante las primeras tres semanas, sin embargo, hacia fines de mes, estas fueron positivas pero sin superar los 0,3°C (NOAA, 2004).

En la zona norte de Chile, durante el crucero de verano de 2004, la dirección de los vientos, medidos en las estaciones oceanográficas y en el track de navegación, fue predominante del tercer y cuarto cuadrante, condición favorable a los procesos de surgencia. La intensidad, en general, fue menor a los 5 m/s. Las

intensidades de este crucero, son similares a los observados en otros períodos de verano en esta zona (Braun ***et al***., 2002; Braun ***et al***., 2004) y se enmarcan dentro del patrón habitual, así también los índices de surgencia y turbulencia, asociados a estos. En esta ocasión no se registraron diferencias espaciales importantes en la intensidad de los vientos observados en el sector oceánico, destacándose sólo como un sector de menor intensidad relativa el extremo sur-oeste de la zona. Las intensidades del viento débiles a moderadas originaron una capa de mezcla de pequeño espesor, en general menor a los 10 m, siendo incluso menor a los 5 m en el sector costero.

La distribución de temperatura superficial obtenida en el crucero de marzo de 2004 señaló para la zona el calentamiento máximo anual correspondiente a la estación de verano, alcanzándose máximas temperaturas que superaron los 23°C, mientras que también en salinidad se registraron los máximos anuales con valores de 35,1 psu en el sector oceánico de la mitad norte de la zona. Las condiciones de temperatura y salinidad indicada son características de la normal participación de agua subtropical (AST) en el sector oceánico, como así lo muestran las gráficas de distribución vertical del porcentaje de participación de masa de agua (PPMA), que señalan sobre un 80% de participación en los primeros metros de la columna de agua de las transectas de punta Lobos (T3) y punta Junín (T4).

Los intensos gradientes costeros de temperatura superficial encontrados en la zona son típicos del período de verano, originados por importantes diferencias de temperatura entre el sector costero y oceánico. Los bajos valores de TSM y oxígeno disuelto (OD) superficial encontrados en la costa son producto de los procesos de surgencia que se desarrollaron a lo largo de toda la zona de estudio, destacándose en este período de muestreo los sectores de punta Pinto a punta Camarones y frente a Mejillones como los de mayor intensidad de surgencia. Lo anterior se indica de acuerdo a las menores temperaturas registradas en esos

sectores, como también al desplazamiento hacia el oeste de las bajas temperaturas relativas y las anomalías negativas de temperatura que alcanzaron valores de hasta -4° y -3°C, respectivamente, en esas localidades. Sin embargo, la concentración más baja de OD no se localizó en los sectores de surgencia más activa, según la temperatura, si no en el sector de Iquique. Entre este sector y punta Lobos (T3), se registró una surgencia de intensidad moderada, originando las anomalías de temperatura encontradas de hasta -2°C.

En este muestreo, en comparación con el crucero de verano del año 2003, se detectaron concentraciones más altas de OD en la zona centro-sur del área de estudio, mientras que la frecuencia de focos subóxicos costeros fue similar.

En el sector costero de Arica, la intensidad de la surgencia sería también moderada, lo que originó una TSM inferior a 17 ºC, encontrándose a escasa profundidad valores subóxicos. En este caso los altos valores de OD encontrados en la transecta de Arica podrían estar ocasionados por la fuerte actividad fitoplanctónica en el lugar.

Por otro lado, la anomalía de TSM positiva encontrada en el sector costero de la bahía Moreno (T1), sería el producto de condiciones locales de circulación que provoca una TSM y OD mayor a lo encontrado más al oeste, situación que es, al menos en TSM, comúnmente observada en las primeras 5 millas de esa localidad (Escribano ***et al***., 2002). El aumento del OD indicado estaría originado en una intensa actividad fitoplanctónica en ese sector que a pesar de no ser tan alta como en Arica (T5) sigue siendo muy importante.

Los valores de anomalías de temperatura y salinidad superficial en el sector oceánico de la zona permitió caracterizar la zona en dos áreas: la mitad norte con anomalías que no fueron significativas en ambas variables, es decir menores a

1°C y 0,1 psu de desviación respecto del promedio, y a la mitad sur con anomalías negativas de mayor magnitud, las que superaron levemente el valor de -1°C en temperatura pero que en salinidad llegaron hasta los -0,3 psu.

Esta condición de TSM y SSM bajo el promedio histórico hacia el extremo sur de la zona estuvo asociada a la presencia de un núcleo de agua subantártica más desarrollado, lo que se observa claramente en la transecta de Bahía Moreno (T1) respecto de las transectas ubicadas más al norte, situación que se registró también en el gráfico vertical de participación de masa de agua de la transecta de T1 y en la transecta de 100 mn en donde se observó que la AESS no presentó su núcleo de PPMA de 80% en esta parte de la zona. La presencia de un desarrollado núcleo de ASAA en el extremo sur oeste de la zona se asocia también a las bajas salinidades subsuperficiales y a la clara profundización de la isolínea de 1 mL/L, la que llegó en ese sector a los 160 m, lo que es prácticamente el doble de lo que se observó en el resto del sector oceánico. La condición de una mayor participación de ASAA como se indicó anteriormente no quedó claramente explicada por la circulación geostrófica superficial, ya que las isolíneas de flujo, si bien mostraron en aquel sector un patrón de circulación hacia el norte, no muestran una fuerte intensidad, dada la mayor separación de las líneas. La carta de circulación geostrófica superficial mostró también en el extremo sur-oeste lo que sería parte de un giro ciclónico que puede caracterizarse como débil. Este proceso no justificó la profundización del límite superior de la capa de mínimo OD en ese sector, pero si lo hace respecto a las bajas temperaturas y salinidades superficiales encontradas y el levantamiento de la isoterma de 15°C en hasta 20 m respecto del promedio. En este sentido, el patrón de circulación observado en aquel sector correspondió al giro en el sentido indicado y la participación de un intenso núcleo de ASAA sería el que originó los altos niveles de OD hasta profundidades que superan los 100 metros.

El patrón de circulación geostrófico superficial, encontrado en este período de muestreo, en general, coincidió con el patrón de circulación promedio de verano (Blanco ***et al.***, 2001), mostrando un claro predominio de flujos hacia el norte y de intensidad mayor a las correspondientes de invierno y primavera encontrados en los cruceros pasados del año 2003.

Respecto a la cloa, en este crucero se pudo observar un fuerte aumento en las concentraciones con respecto a los tres cruceros anteriores, midiéndose valores pocas veces vistos con anterioridad y más aun en forma tan generalizada en la zona. Por otro lado, los valores de feop también fueron más altos que en los cruceros precedentes, incluso a los de primavera, manteniéndose en general por debajo de las concentraciones de cloa en los primeros 20 m de la columna de agua. La disminución en la proporción cloa/feop de norte a sur, podría estar indicando una mayor madurez de las poblaciones fitoplanctónicas en las estaciones de la zona sur del área de muestreo, y/o que en este sector la presión de pastoreo está siendo más importante.

De las imágenes de clorofila satelital, se pudo observar la presencia de una continua franja costera, en toda la zona muestreada con altos valores del pigmento, distribución que fue ratificada por el muestreo ***in situ***.

Entre los años 1999 y 2002 fue habitual observar en el período de verano altas concentraciones de cloa, con distribuciones latitudinales que rara vez superaron las 10 mn desde la costa y con una cobertura longitudinal no continua, ya que en al menos en una transecta los valores fueron bajos. Esto último se observó también en el verano 2003, sin embargo, desde esa oportunidad se observó un fuerte aumento en las concentraciones de la cloa y una mayor extensión de los núcleos hacia el oeste, situación que se acentuó en el presente muestreo.

Morales ***et al***. (2001) en un trabajo realizado en la zona norte de Chile informaron, para los período de febrero y marzo de 1994, que las concentraciones de cloa observadas fueron en general altas, llegando incluso hasta los 20 µg/L, nivel de concentración que no se había vuelto a detectar hasta el crucero de verano de 2004. En esa oportunidad, la franja productiva se vio más próxima a la costa a nivel superficial, pero a 25 m de profundidad la extensión aumentó hacia el oeste, situación similar a las observadas en el presente crucero.

En la vertical, los cuatro cruceros en estudio mostraron claramente los procesos de surgencia desarrollados en el sector costero, la que se vio en la distribución vertical de las variables temperatura, salinidad y OD en las transectas perpendiculares a la costa. En estas transectas las isolíneas respectivas ascendieron a un nivel de profundidad menor en este sector, aunque con distinta intensidad para cada periodo.

En otoño, las isolíneas de concentraciones de OD en la vertical mostraron concentraciones subóxicas llegando a interceptar la superficie en la estación costera en la mayoría de las secciones. La transecta de punta Lobos (T3) fue la más afectada por la surgencia en cuanto a las bajas concentraciones de OD, ya que su efecto se tradujo en valores subóxicos hasta las 10 mn, indicando con ello una importante participación de AESS en la mezcla de aguas costeras. Similar situación se observó en el otoño de 2002, aunque con menor intensidad. El ascenso de las isotermas e isohalinas con una menor pendiente y sin el afloramiento de aguas de 15°C en la transecta de Arica (T5), sugiere el desarrollo de una surgencia de menor intensidad en aquella sección respecto de las otras. En esta misma sección, la presencia de bajas concentraciones de OD en la superficie, las que llegaron a ser inferiores a 3 mL/L en la estación de 1mn, significó que agua AESS está participando en forma importante en el proceso de afloramiento de la sección, la que es mayor en relación a las otras, principalmente

en la zona costera. Lo indicado anteriormente fue mostrado también por las isolíneas de porcentaje de participación de masa de agua de AESS.

Las isotermas con pendiente negativa ubicadas en las primeras 5 mn de la transecta de bahía Moreno (T1), indicaron que agua más cálida se presentó en el sector costero respecto de aquélla ubicada más al oeste. Las isohalinas, isopicnas e isolíneas de OD mostraron también una pendiente negativa en el sector costero. La situación anterior correspondería a una condición local en la bahía Moreno originada por un efecto topográfico de la costa (Marín y Moreno, 2002).

Los valores de anomalías negativas significativas en superficie en el sector oceánico frente a Tocopilla que fueron de hasta –2°C en temperatura, –0,3 psu en salinidad y de –30 y –40 m en la profundidad de la isoterma de 15°C y así también la elevación de la isolínea de 1 mL/L de OD, se deben al giro ciclónico ubicado en el área. El giro provocó el ascenso hacia las capas superficiales de aguas de tipo ecuatorial subsuperficial**.** Estos valores de anomalía no son habituales en el sector oceánico de la zona de estudio, lo que podría indicar una condición atípica de la capa superficial y en la columna de agua de aquel sector, sin embargo, la presencia de este giro en la zona y sus efectos, si bien son poco habituales, no corresponde a una situación anormal.

La distribución de salinidad en la vertical que se registró en todas las transectas estuvo determinada por los procesos que afectaron la participación de las diferentes masas de agua y la intensidad de sus núcleos en la vertical. La alta salinidad relativa (35,0 a 35,3 psu) de la capa superficial encontrada en el sector oceánico de las secciones perpendiculares a la costa estuvo asociada al núcleo de agua tipo AST, la que en términos comparativos tuvo mayor participación en el sector oceánico de las transectas T3 a T5.

En la transecta de bahía Moreno (T1), el AST de la capa de los primeros 50 m del el sector oceánico se mantuvo alejado del sector costero debido a la presencia de un núcleo de mínima salinidad correspondiente a agua subantártica (ASAA). Los núcleos de baja salinidad subsuperficial mostraron la presencia de agua de origen ASAA, siendo más importante su participación en la transecta T1, donde estuvo presente a lo largo de toda la sección. El máximo salino subsuperficial estuvo asociado a agua de tipo AESS, el cual se presentó en todas las secciones con una intensidad variable. En general la AESS, por ser agua que viaja hacia el polo transportada por la Corriente Subsuperficial Chile-Perú, disminuye gradualmente su participación hacia el sur (Silva y Konow, 1975). En la vertical, la AESS se ubicó bajo la ASAA en el sector oceánico, pero en el sector costero, que fue afectado por surgencia, la AESS desplazó el mínimo salino hacia el oeste. En la transecta de bahía Moreno (T1), el núcleo de AESS cruzó toda la sección, con el núcleo principal de un menor tamaño que en el norte.

En la transecta de punta Copaca (T2), el núcleo salino de AESS no alcanzó el nivel superficial en la costa, mientras que el núcleo oceánico abarcó toda la sección hasta los 300 m de profundidad. En la transecta de punta Lobos (T3), éste se contrajo y se pegó a la costa participando activamente de la surgencia, según se desprende también de los bajos valores de oxígeno disuelto (alrededor de 3 mL/L). En esta transecta, el segundo núcleo de mínima salinidad subsuperficial correspondió a agua de origen intermedio antártico (AIAA) que participa habitualmente bajo los 300 m pero fuertemente mezclada con la AESS a este nivel. En la estación de 100 mn el máximo espesor de la capa óxica estuvo asociado al núcleo de AST que profundizó la oxiclina a niveles entre 50 y 100 m.

Las anomalías de temperatura y salinidad vertical de las transectas 1, 3 y 5 en esta oportunidad mostraron tanto valores negativos como positivos que fueron levemente significativos en la capa de los primeros 50 m. Sin embargo, bajo los

100 m las anomalías fueron en su mayoría no significativas. En términos generales los valores de desviación estándar de los promedios históricos de temperatura y salinidad estuvieron en el orden de 1° a 2°C y de 0,1 a 0,25 psu en los primeros 50 m de profundidad en la transecta 1 y desde los 100 m en las transectas 3 y 5. Bajo estos niveles las desviaciones estándar fueron menores a 1°C y 0,1 psu, respectivamente. El sector superficial costero de las primeras 30 mn en las transectas 1 y 3 tuvo valores de desviación estándar que llegaron a 2,5°C y 0,3 psu, lo que se debe a la mayor variabilidad del sector.

En la transecta bahía Moreno (T1), en particular, el núcleo de anomalía +3°C y +0,3 psu correspondió a valores que estuvieron por sobre la desviación estándar, y aunque fueron núcleos relativamente pequeños indicaron una mayor participación de AST a un nivel más profundo. En el caso de las anomalías negativas de temperatura, éstas no fueron significativas, pero en la variable salinidad éstas si lo fueron, por lo tanto las anomalías que se ubicaron entre los niveles de 50 y 100 m indicaron una fuerte participación de ASAA, dado que su valor de -0,3 psu estuvo a 2 desviaciones estándar respecto del promedio. Bajo los 100 m de profundidad las anomalías de ambas variables no fueron significativas, sin embargo, se destaca que ésta transecta tuvo las mayores desviaciones estándar de las 3 secciones en análisis.

La salinidad vertical del sector oceánico de la transecta de punta Lobos (T3) presentó entre el nivel de 50 y 100 m valores levemente significativos, con anomalías que estuvieron sólo en 0,05 psu sobre la desviación estándar calculada. Si bien los valores fueron en general levemente superiores a la desviación estándar, las anomalías positivas encontradas en el sector oceánico de la sección 3 son claras en señalar una participación de AST, mientras que hacia la costa y en los primeros 100 m de profundidad a lo largo de toda la transecta se ubicó el mínimo correspondiente a ASAA. Bajo el nivel de 100 m se encontraron

en esta misma transecta valores de anomalía negativos que fueron en general significativos en temperatura y principalmente en salinidad. A este respecto se puede indicar que la anomalía de salinidad del núcleo que estuvo centrado a 200 m de profundidad y ubicado entre las 60 y 100 mn, alcanzó un valor de 2 veces la desviación estándar calculada para ese nivel. Esto indicó que el núcleo de AESS estuvo debilitado a esta latitud, profundidad y distancia de la costa.

Las anomalías de la transecta de Arica (T5) fueron en general no significativas en gran parte de la columna de agua. Sin embargo, el núcleo de anomalías negativas de –0,3 psu ubicado a 70 mn y a 25 m de profundidad, estuvieron a 0,1 psu sobre el valor de desviación estándar para el lugar. De igual forma, el núcleo de valores de anomalía negativa mayores a 0,05 psu (absoluto) y que se localizó entre 250 y 500 m en el sector oceánico, fueron levemente significativos, indicando con ello que la condición de disminución de la AESS encontrada en la transecta de punta Lobos (T3) se presentó también en la transecta de Arica (T5).

Las variables temperatura, salinidad y oxígeno disuelto de la sección paralela a la costa (100 mn) mostraron las mayores variaciones en la capa de los primeros 50 m, condición que estuvo originada, entre otros, a los procesos de mezcla, el giro ciclónico frente a Tocopilla y la disminución de la participación de AST en sentido norte-sur. El núcleo de baja salinidad, que proviene del sur y que se adelgaza hacia el norte, corresponde a agua ASAA que se desplaza en ese sentido bajo el núcleo de máximo superficial de AST y sobre el núcleo de máximo subsuperficial de AESS. El núcleo AESS llegó hasta el límite sur con valores menores que en el sector norte y con un menor espesor, lo que se desprende de las isolíneas de 70 % de PPMA centradas en los 200 m. De acuerdo al método empleado y a los valores de los pares TS utilizados la AESS mostró una participación cercana al 20% a 1000 m de profundidad. De los datos de salinidad y oxígeno disuelto se desprende que el agua intermedia antártica (AIAA) tuvo su núcleo centrado en los

750 m aproximadamente. El segundo mínimo salino subsuperficial tuvo un aumento relativo de la salinidad en el nivel de 900 a 1000 m hacia el límite norte de la sección, sugiriendo entonces una participación mayor de agua de tipo Profunda del Pacífico.

En cuanto a la distribución de cloa en la vertical de las secciones perpendiculares a la costa, las altas concentraciones del sector costero de Arica ocuparon también un área muy restringida respecto al muestreo de verano de 2003. En comparación con el otoño de 2002, se apreció en general en el otoño de 2003 una disminución de las concentraciones en casi todas las transectas, ya que desaparecieron los grandes núcleos pigmentarios, destacándose en particular el caso de la transecta de punta Lobos (T3) donde se detectó un núcleo con valor superior a 20 µg/L. Por otra parte, la localidad de Arica, que tradicionalmente registra altas concentraciones de cloa, presentó ésta vez una menor extensión que en el período anterior. La excepción de la tendencia a la baja general de las concentraciones de cloa en la zona de estudio correspondió a lo encontrado en bahía Moreno, que con valores de más de 3 µg/L, superaron ampliamente a lo registrado en el año 2002 (Braun, ***et al***., 2004).

Los perfiles de fluorescencia in vivo permitieron confirmar la distribución de cloa, aunque se encontraron diferencias en la extensión de las agregaciones pigmentarias. Un claro ejemplo de lo anterior es el núcleo pigmentario detectado a 100 mn en la transecta de punta Copaca (T2) que es corroborado por el perfil de fluorescencia in vivo. No obstante lo anterior, en la localidad de Arica (T5) no coincidió la ubicación del núcleo de cloa a con el de fluorescencia in vivo.

Por otra parte, los núcleos superficiales de cloa eutrófica no se vieron representados en la distribución de clorofila integrada (cloaint), ya que en general ésta última presentó bajos valores (alrededor de 20 mg/m^2), lo que significa que,

aunque los núcleos pigmentarios se distribuyeron en general hasta los 10 m de profundidad, la cloa se concentró principalmente en la capa superficial. Una excepción a lo anterior es el núcleo oceánico de punta Copaca (T2), donde valores eutróficos de cloa se ubicaron hasta los 25 m de profundidad. Los feopigmentos integrados (feopint) aunque se mantuvieron bajos en la zona de estudio, en algunos sectores superaron el valor de cloint, lo que significó un aumento en la degradación de cloa para el sector en particular.

La distribución de la cloint observada en otoño 2003 contrasta con la de los dos años anteriores: en el 2001, aunque las concentraciones fueron levemente mayores, éstas abarcaron una mayor área; en tanto que en el 2002 el máximo valor superó los 100 mg/m^2 (Braun ***et al.,*** 2002, 2004). De acuerdo con lo anterior se puede decir que en el actual período hubo un notable descenso de las concentraciones de cloint.

Al comparar los resultados de la pendiente de la asociación de la cloa versus la transparencia del agua (-0,19) con aquellas de otoño de 2001 y 2002, -0,146 y -0,129, respectivamente, se apreció un leve aumento en el actual muestreo. Por otra parte los valores de los interceptos mostraron también algunas diferencias, ya que en el año 2001 fue 3,14 y en el 2002 de 2,09 (Braun, ***et al***., 2002, 2004), mientras que en el 2003 fue 4,08, lo anterior indicó que la cloa superficial estimada de este crucero sería mayor que la estimación de los dos períodos previos, situación que no se observó en las distribuciones superficiales del pigmento. El valor del coeficiente de determinación de la asociación de las biomasa fitoplanctónica con la TSM (r^2 =0,417) es bajo y similar al obtenido en el otoño 2002 (r^2=0,442) (Braun, ***et al***., 2004). Este valor, sin embargo, es esperable para la temporada de otoño debido al menor rango de temperatura superficial en esta época respecto del período de verano. En la relación de clot v/s salinidad, el coeficiente de determinación r^2 fue de 0,41, lo que es alto para esta variable si se

compara con el coeficiente de determinación 0,2 y 0,39 de los otoños de 2002 y 2001, respectivamente (Braun, ***et al***., 2002, 2004).

En general, las bajas concentraciones pigmentarias medidas en esta oportunidad, podrían estar asociadas, entre otras, a la mayor intensidad de los vientos durante el crucero (en comparación con las registradas en cruceros anteriores) debido a lo cual la turbulencia sería mayor y podría este proceso estar constituyendo a una condición adversa para el crecimiento del fitoplancton.

En invierno, la distribución vertical de temperatura y salinidad no señalaron en general condiciones anormales. Los valores más altos de anomalía se encontraron entre el nivel de 25 a 75 m de profundidad, sin embargo, esta capa de agua en la vertical fue la que tuvo las mayores desviaciones estándar en los promedios históricos (IFOP, 2003), señalándola entonces como un sector de fuerte variación térmica y salina. Por lo tanto, no se puede indicar una condición anormal en la columna de agua para la zona de estudio.

No obstante lo indicado en el párrafo anterior, se destacaron cuatro condiciones particulares asociadas a la AESS, las que mostraron tanto una variabilidad espacial como temporal para esta masas de agua en la zona y que se ajusta a lo indicado por Shaffer ***et al***. (1995) y Hormazábal (1994). La primera corresponde a la presencia de un delgado núcleo de PPMA del 80% de AESS, de 20 m de espesor en el área oceánica, el cual fue observado claramente en la distribución de masas de agua de la sección de 100 mn y en la correspondiente a la sección perpendicular a la costa de Bahía Moreno (T1). Esto también se observó en la anomalía negativa de temperatura y salinidad que se registró entre los 150 y 350 m de profundidad en la estación de 100 mn de la sección señalada, aun cuando éstas no fueron significativas, y así como en el levantamiento de las isotermas e isohalinas en el área mencionada. Respecto al crucero anterior realizado en otoño

del 2003 y con el de invierno 2001 (Braun ***et al***., 2002) se puede indicar que en esos muestreos no se detectó un núcleo como el señalado en la Transecta de bahía Moreno (T1), sin embargo en el invierno 2002 este si se presentó y tuvo un espesor cercano a los 100 m. En segundo lugar, y como una situación contraria a la señalada anteriormente, en la transecta de Arica (T5) se observó el núcleo de 80% de PPMA de AESS con casi 250 m de espesor en el borde oeste de la sección. La mayor presencia de AESS en profundidad se reflejó también en la anomalía de temperatura de > +1°C, valor significativo, que se ubicó entre los 250 y 350 m de profundidad. Cabe señalar que en el invierno 2002 la condición indicada para la transecta de Arica (T5) fue similar a la observada en este crucero, sin embargo, y como una tercera situación, se señala que durante el invierno anterior se registró un núcleo de PPMA mayor al 90% en las 5 transectas, el cual no fue observada en el actual período de estudio. Como cuarta situación se destaca la profundidad del núcleo de PPMA de 80% de la AESS que llega hasta los 400 m de profundidad en el borde costero de la sección de Arica, condición que se refleja también en la anomalía térmica de +2°C y de salinidad de > +0,1 psu en los 400 m de profundidad.

En el invierno de 2003 el rango de valores de OD estuvo dentro de lo habitual para la época, con una importante participación de altos valores (> 6 mL/L) principalmente en las capas superficiales, similar a lo observado en el invierno de 2002 (Braun ***et al***., 2004). Sin embargo, a diferencia del crucero del año anterior, en este invierno (2003) se observó una mayor frecuencia de focos subóxicos en la zona costera producto de una mayor actividad en la surgencia. En este sentido, en punta Copaca (T2) y bahía Moreno (T1), el agua de surgencia sería principalmente de tipo ASAA, siendo la responsable de los altos valores superficiales de OD en las estaciones costeras. En esta última transecta, la elevación de las isolíneas de OD observada en la estación de 5 mn se debería a un efecto topográfico.

Por otra parte, entre Tocopilla y la estación 42 en los 19º20'S la surgencia tendría una mayor participación de agua tipo AESS lo que permitiría los bajos valores de OD detectados en superficie. En punta Junín (T4) y en Arica (T5) la surgencia se observó débil, especialmente en este último lugar, permitiendo el acercamiento aguas oceánicas de tipo AST hacia la costa.

Tanto en las transectas verticales como en la profundidad del límite superior de la capa de mínimo OD se observó una disminución en el espesor de la capa oxigenada desde sur a norte, encontrándose la capa de mínimo OD alrededor de los 100 m desde punta Lobos (T3) hacia el sur.

La distribución de cloa se vio bien representada por la cloint, lo que significa que los núcleos de alta cloa se distribuyeron de forma regular desde superficie hasta los 10 m aproximadamente.

Por otra parte, como los núcleos pigmentarios se encontraron muy focalizados, el nivel de asociación de la clot con la transparencia del agua entregado por el ajuste fue bajo al igual que el valor de clot cuando la profundidad se iguala a 0 (1,9 µg/L), comparado con el valor observado para igual período del año 2001 y 2002 cuando se estimó un valor de 3,02 y 3,6 µg/L, respectivamente (Braun ***et al***., 2002; Braun ***et al***., 2004). Como era de esperarse, en este invierno al igual que el de 2002, tanto la asociación con la temperatura como con la salinidad superficial, arrojó bajos valores en los coeficientes de determinación debido principalmente al menor rango que presentaron estas variables, lo que obedece a una característica estacional de las variables físicas.

En primavera, las anomalías de temperatura y salinidad bajo los 100 m de profundidad en la vertical de las transectas 1 a 3 no fueron significativas. En este caso, los valores de anomalía, que estuvieron entre 0,5 y 1°C y de 0,05 a 0,1 psu,

no sobrepasaron el valor de una desviación estándar de cada variable. En cambio, en los primeros 100 m se observaron algunos núcleos de anomalías tanto positivas como negativas que alcanzaron magnitudes mayores, las cuales, sin embargo, no necesariamente fueron siempre significativas; este es el caso del núcleo de anomalías negativas de salinidad de -0,15 psu que se ubicó a 100 m de profundidad y a 70 mn en la transecta de bahía Moreno (T1). Algunos núcleos de anomalías que fueron levemente significativas se encontraron exclusivamente en las transectas de bahía Moreno (T1) y punta Lobos (T3). En la primera transecta indicada las anomalías de temperatura subsuperficial formaron un núcleo en los 50 m con valores de hasta -2°C, y en este caso la desviación estándar fue de sólo 1°C, las que no estuvieron asociadas directamente a anomalías de salinidad, ya que las anomalías de esta variable se encontraron más profundas y centradas en los 100 metros. Respecto al sector señalado, se indica que parte de un pequeño giro ciclónico se puede observar en el extremo sur oeste de la zona de estudio, mientras que el acercamiento de las líneas de flujo indicó una velocidad de giro mayor a la presentada en los otros procesos similares que se observaron en la zona. El efecto de este giro sobre la distribución de las variables es notable, ya que la isoterma de 15°C se ubicó 20 m sobre el nivel promedio, y el límite superior de la capa de mínimo OD lo hizo rápidamente a sólo 70 m de profundidad, la que es notoriamente menor que las profundidades encontradas en las estaciones cercanas y que superaron los 120 metros.

En la transecta de punta Lobos (T3), se presentaron anomalías tanto térmicas como salinas más importantes. En este sentido, el núcleo de anomalías positivas significativas de +2 a +3°C que estuvo centrado en los 25 m en el sector oceánico, marcó la presencia de un núcleo de AST importante en el sector. No obstante, las anomalías térmicas estuvieron asociadas a anomalías positivas en salinidad en el mismo lugar, estas últimas no fueron significativas. En la misma transecta señalada, el núcleo de anomalías negativas de salinidad estuvo centrado en los 75

m y ascendió hacia la superficie en el sector costero, formando el núcleo de anomalías negativas significativas más importante del período. La transecta de Arica (T5) no registró anomalías significativas en ambas variables.

El núcleo de anomalías positivas ubicadas desde superficie hasta una profundidad de 50 m en el sector oceánico en la sección de punta Lobos (T3) se encontraron asociadas a la presencia de un núcleo de AST, el cual tuvo porcentajes de participación mayores al 90% y debería su presencia más marcada en el sector, al giro anticiclónico que se observó en la carta de circulación geostrófica. Lo anterior es consecuente con el hundimiento de las isotermas, las isohalinas, la profundidad de la base de la termoclina y la isolínea de 1 mL/L de OD en el mismo sector. Una condición similar ocurrió en la transecta de punta Copaca (T2), pero al parecer en menor grado ya que las isolíneas no mostraron una profundización marcada al menos en las isotermas e isohalinas, pero si se observó en el lugar una profundización del límite superior de la capa de mínimo OD bajo los 110 metros.

Por otro lado, el núcleo de anomalías negativas subsuperficiales de la transecta de punta Lobos (T3) estuvo asociado a la presencia de un desarrollado núcleo de ASAA presente en el lugar. No se presentaron anomalías de temperatura en dicho lugar, sin embargo los valores de anomalía significativos en salinidad superaron en algunos lugares los 0,2 y hasta los 0,3 psu. En la transecta de bahía Moreno (T1) también se presentó este núcleo de baja salinidad, originando valores de desviación negativos pero no significativos.

En la transecta de Arica (T5) las anomalías negativas sólo se registraron en el sector oceánico al oeste de las 70 mn, centrado en los 25 m de profundidad y sin alcanzar la superficie, pero con valores de hasta -2°C y -0,1 psu, los cuales no fueron significativos para la capa de agua superficial de los primeros 100 m en esta transecta.

Otra característica de este crucero fue la amplia capa de altos valores de OD (> 6 mL/L) que se observó en todas las transectas, abarcando prácticamente las 100 mn de muestreo desde punta Lobos (T3) hasta Arica (T5). Por otra parte, tanto en punta Copaca (T2), punta Lobos (T3) como en punta Junín (T4) esta capa se profundizó en el sector oceánico formando una cuña dentro de la capa óxica, lo que corresponde a una distribución inusual. Estas distribuciones podrían ser el resultado del avance hacia la costa del AST que se observó hasta punta Copaca (T2). Por otra parte, en este crucero a diferencia del de invierno pasado, prácticamente no se midieron concentraciones inferiores a 0,25 mL/L en la vertical, lo que significó un leve aumento en las concentraciones de OD bajo los 100 m de profundidad.

En general, la distribución vertical de OD de primavera de 2003 presentó niveles levemente más oxigenados que los observados en igual período de los años 2000, 2001 y 2002, mientras que, la profundidad del límite superior de la capa de mínimo OD, tuvo una distribución semejante a las descritas por Morales ***et al***. (1999), tanto en una comparación con la primavera de 1996, considerado año pre-Niño, como con el promedio general para los cruceros realizados ente 1980 y 1997. En el caso de la comparación con la primavera de 1996, la mayor diferencia se observó en el sector oceánico de Arica, donde la capa de mínimo OD se presentó hasta 40 m más profunda en relación al 2003, en tanto que la mayor diferencia con el promedio general fue una mayor profundidad relativa en la zona costera.

Por otra parte, en la transecta de 100 mn paralela a la costa del crucero de invierno 2003, el límite superior de la capa de mínimo OD permaneció por sobre los 100 m de profundidad a lo largo de toda la transecta, en cambio en el crucero de primavera siguiente se observó una ligera profundización, principalmente en la estación 15 (punta Copaca, T2) y 13 (23º00'S), además se observó en términos generales un aumento de espesor, tanto en la capa óxica como en la de mínimo OD, con respecto al invierno pasado.

La distribución vertical de los núcleos de cloa en primavera, dan cuenta de las bajas concentraciones que se apreciaron en superficie, sin embargo, la profundidad que alcanzan se encontró dentro de lo esperado, superando en algunos casos los 20 m de profundidad. Por otra parte, la distribución de feop a diferencia de los períodos anteriores de otoño e invierno, son notoriamente más elevados equiparando y superando los valores de cloa en la mayoría de las transectas, similar a lo observado en la carta superficial. La distribución vertical y la diferencia de concentración entre la cloa y los feop, fue bien reflejada en la distribución de los pigmentos integrados. En cuanto a la asociación de clot con las variables físicas, como era de esperarse, mejoró con respecto a lo observado en invierno, el nivel de asociación de la clot con la TSM (0,74) y la salinidad (0,52), ha mejorado en forma sostenida y sustancial desde el año 2001, cuando el coeficiente de determinación de la TSM fue 0,53 y 0,68 en el 2002, mientras que para la salinidad fue de 0,21 y 0,47 para los años 2001 y 2002, respectivamente. Sin embargo, la asociación de la clot con la profundidad del disco Secchi presentó un comportamiento contrario al de las variables antes mencionadas, ya que, respecto a las primaveras pasadas presentó una disminución en el nivel de asociación, respecto a lo anterior, hasta el año 2002 se presentaron coeficientes de determinación igual o superior a 0,7, mientras que este año sólo fue de 0,65, por otra parte, la pendiente (-0,19) se mantuvo similar a lo observado con anterioridad, ya que en el año 2002 fue –0,22 y –0,2 en el 2001. En cuanto al intercepto (1,8), se observa una clara disminución con los dos años previos ya que fue 4,7 en 2002 y 3,8 en 2001(Braun ***et al***., 2002), lo que coincide con la disminución de clot superficial observada con respecto a esos años. Por otro lado, tanto la penetración de la luz como la CM se distribuyeron en primavera levemente menos profundas que en el invierno pasado, mientras que, la distribución de cloa, en la zona norte principalmente, abarcó una mayor profundidad que la del 1% de luz incidente, lo que podría significar el hundimiento de las células producto de el envejecimiento de la población.

En verano, la información entregada por las cartas de distribución vertical de masas de agua en las cinco transectas señaló una participación importante de agua de tipo ecuatorial subsuperficial (AESS) en la costa producto de procesos de afloramiento, lo que es ratificado por la presencia de focos con baja concentración de OD superficial.

En todas las transectas se observó claramente la tendencia de las isolíneas de OD a elevarse en el sector costero, sin embargo sólo en la transecta de punta Lobos (T3) las isolíneas subóxicas interceptaron la superficie. Por otra parte, la distribución de la capa óxica siguió el mismo patrón de distribución del ASAA, pues al profundizarse en la estación de 100 mn desplazó la capa de mínimo OD hasta los 105 m de profundidad.

En la vertical de las transectas de punta Lobos (T3) y Arica (T5), las anomalías de temperatura y salinidad encontradas fueron en general no significativas ya que los valores de desviación estándar estuvieron en el orden de 1°C y 0,2 psu, respectivamente, en la capa superficial de los primeros 100 m, y menores a 1° y 0,1 psu bajo el nivel de profundidad indicado. Sin embargo, la transecta de bahía Moreno (T1), tuvo una menor temperatura y salinidad respecto al promedio tanto en la capa superficial central de la transecta como también entre los niveles de profundidad de 50 a 150 m en el borde oeste de la sección. En el caso de núcleo de anomalías negativas localizadas en el centro de la transecta de bahía Moreno (T1), las cuales llegaron hasta -0,2 psu entre los 50 y 100 m, señalaron también la mayor participación de un núcleo de ASAA en ese sector. A nivel subsuperficial, las anomalías positivas de temperatura, que fueron mayores a 1°C en la T1, y en menor forma en la transecta de punta Lobos (T3), señalaron la presencia de un núcleo de AESS de relativamente mayor temperatura que el promedio histórico, pues la anomalía correspondiente a salinidad se mantuvo bajo el valor de desviación estándar 0,1 psu considerado significativo. A este respecto, en los dos

últimos años sólo se habían encontrado valores de anomalía de temperatura de esa magnitud, pero acompañadas de anomalías de salinidad también significativas, en la transecta de Arica (T5) en el período de primavera de 2002 y en el invierno de 2003 (Braun ***et al***., 2004).

Por otro lado, en todas las transectas se observaron núcleos de cloa que normalmente superaron las 20 mn de extensión y que presentaron concentraciones sobre los 10 µg/L en su centro, lo que se tradujo en elevadas concentraciones de cloint pocas veces observadas anteriormente. A pesar de lo anterior, en general el espesor de estos núcleos no superó los 20 m de profundidad, lo que se ajusta a lo habitualmente observado con cruceros anteriores.

De los resultados de la asociación entre la clot y el disco Secchi se desprende que el valor del intercepto, que corresponde al valor de la clot superficial entregado por el ajuste (18,9) fue mucho mayor que lo calculado para años previos como en el 2002 y 2003, cuando fueron 2,143 y 3,147, respectivamente (Braun ***et al***., 2002, 2004), lo que se reflejó además en un mayor nivel de asociación que en los años previos. Por otro lado, también mejoró el nivel de asociación de la clot con la TSM con respecto al 2003, cuando el coeficiente de determinación fue de 0,62, además se puedo observar que las concentraciones de clot > 1µg/L se distribuyeron a temperaturas tan altas como 21ºC y tan bajas como 15,7ºC. La asociación con la salinidad, aunque al igual que en los casos anteriores mejoró con respecto a los resultados obtenidos en el 2003, sigue manteniéndose muy bajo en comparación con las otras variables. Con respecto a la penetración de la luz, se pudo constatar que los núcleos de cloa se distribuyeron también bajo la profundidad del 1% de luz, situación que fue observada en punta Copaca (T2).

El período de otoño, abril a junio de 2003, mostró el enfriamiento habitual en la capa superficial de los primeros 20 m, respecto a las temperaturas observadas en el verano. La localidad de Arica tuvo la disminución de temperatura más gradual entre estos dos períodos, sin embargo, Mejillones registró en forma mucho más intensa la disminución de esta variable, condición que no obstante pudo ser una situación particular dada la frecuencia mensual de muestreo. En términos generales, la disminución de TSM estacional en este período se dio simultáneamente en las tres estaciones fijas, condición que se presentó además en igual período de otros años dentro de la serie analizada. Tanto Arica como Iquique registraron un leve aumento de la temperatura subsuperficial en este período estacional, condición que no registró la localidad de Mejillones, la que tuvo más bien una tendencia en la vertical a una disminución de valores en esta variable. El aumento de temperatura a nivel subsuperficial puede estar provocado por la habitual menor intensidad de la surgencia en este período en comparación con el período anterior de verano, lo que permite que agua de mayor temperatura relativa se ubique en niveles de profundidad intermedios.

En la salinidad, si bien no se observó una marcada estacionalidad, se puede indicar que las localidades de Arica e Iquique tuvieron en el período de otoño una tendencia a presentar mayores valores en la vertical respecto a lo observado durante el período de verano anterior. A lo largo de la serie se aprecia que la salinidad en la vertical durante el período de otoño 2003 se presentó con valores mayores que lo observado en igual período de años anteriores, excepto el año 1998.

En general, este período no mostró alguna condición, tanto en temperatura como en salinidad, que pueda ser considerada claramente como anormal, no obstante se haya comentado que las estaciones de Arica e Iquique registraron una tendencia a tener valores de salinidad levemente más altos en este período

estacional que en el mismo período de los años anteriores desde 1999 hasta el 2002.

En otoño, la surgencia con distinta intensidad detectada en las estaciones fijas de monitoreo, influyó directamente en la distribución del OD. Particularmente en mayo, Arica y Mejillones mostró evidencia de que la mezcla con AESS fue evidente, pues hubo en superficie valores inferiores a 5 mL/L y el efecto más importante se vio en Mejillones donde el valor superficial apenas llegó a 2,1 mL/L, condición que influyó también en la profundidad de la capa de mínimo OD que se detectó a partir de los 8 m de profundidad. En Iquique, la situación fue diferente ya que la capa superficial mantuvo condiciones típicas debido a surgencia de intensidad débil.

La distribución de clorofila a en general se vio disminuida en este período. La única estación con concentraciones productivas o eutróficas fue Arica, aunque con valores levemente mayores a 2 µg/L que no es un valor alto para el sector, sin embargo, está dentro de lo esperado para la época del año. En cambio, en Iquique se registraron muy bajos niveles de clorofila al igual que en Mejillones, los que en este último caso podrían ser efecto de un evento de surgencia en desarrollo, por lo que la condición oceanográfica no sería en ese momento la más óptima para el crecimiento fitoplanctónico.

En invierno, la temperatura y salinidad en la vertical de las estaciones fijas se mantuvo dentro de los rangos habituales para la época, (13 a 16°C, 34.7 a 34.9 psu) con algunas variaciones intra estacionales menores que estarían determinadas, entre otras posibles causas, por la diferencia de intensidad de la surgencia. La temperatura vertical mostró los menores valores de esta variable a lo largo de mayo 2003 a mayo 2004, en las tres estaciones fijas, tanto a nivel superficial como subsuperficial, especialmente la estación de Mejillones que

presentó una condición bastante homogénea y de baja temperatura en la columna de agua durante el mes de Julio.

En particular, el crucero de septiembre confirmó para la localidad de Arica una condición de surgencia débil, lo que se reflejó en un aumentó relativo de temperatura en la columna durante ese mes. La estación de Iquique, en cambio, tuvo en septiembre los más bajos valores de temperatura del período invernal de esa localidad, condición aparentemente definida por una mayor intensidad relativa de la surgencia, como se vio en la información de crucero de ese mes. Finalmente Mejillones, que registró una surgencia más bien débil durante el período, presentó valores de temperatura intermedios y baja salinidad, los que estuvieron asociados, por lo tanto, a la participación de agua de tipo subantártica (ASAA).

La distribución de OD durante el período de invierno en Arica y Mejillones, se caracterizó por presentar altos valores de OD hacia fines del período, lo que coincidió con el repunte de las concentraciones de cloa. En cambio en Iquique, el desarrollo de la surgencia permitió que valores subóxicos llegaran hasta la superficie lo que coincidió además con bajas concentraciones del pigmento, producto probablemente de la turbulencia imperante.

En general, durante el período invierno de 2003 las concentraciones pigmentarias se mantuvieron bajas y con una tendencia al aumento tanto en Arica como en Mejillones, observándose una recuperación de los niveles de cloa en septiembre, en cambio, en Iquique las bajas concentraciones se mantuvieron durante todo el período de invierno. Las bajas concentraciones encontradas en el periodo de invierno no son atípicas y responden a las variaciones propias del sistema como son los eventos de surgencia y el consumo de nutrientes por parte del fitoplancton.

En primavera la columna de agua de las estaciones fijas se observó, durante los meses de octubre a diciembre, una condición relativamente estable en temperatura y salinidad, siendo en términos generales condiciones similares también a la observada en el mismo período de años anteriores. Las anomalías de TSM para las últimas semanas de diciembre se presentaron con valores negativos en gran parte de la costa de Chile, sin embargo, en la zona norte en estudio éstas fueron neutras o se mantuvieron positivas (PROFC, 2004). Sin embargo, cabe señalar que en una revisión anual de todo el período 2003 se detectó que, en ambas variables, los valores registrados en la vertical durante el último año presentaron algunas diferencias importantes. En tal sentido, la serie de temperatura de las tres estaciones, desde el segundo semestre de 1998 hasta el año 2002, registró en general un valor que es menor en aproximadamente 1°C respecto del año 2003, particularmente en el período de invierno, tanto en superficie como en los niveles inferiores, donde se nota la ausencia de la isoterma de 13°C. En salinidad, el rango de valores observado en el año 2003 es menor pues fue sólo de 34,7 a 34,9 psu, mientras que en el otro período 1998 a 2002 se observaron valores bajo y sobre el rango mencionado. La condición encontrada en el año 2003 respecto del período 1998 a 2002, en ambas variables, puede ser una consecuencia del evento El Niño 2002-03, sin embargo esta afirmación no es concluyente ya que el comportamiento general del sistema es muy distinto a lo ocurrido durante el evento cálido 1997-98 registrado en la serie.

En cuanto a la distribución de OD durante el período de primavera, el límite superior de la capa de mínimo OD se mantuvo dentro de los rangos esperados para la época, mientras que en la capa superficial se observó una tendencia general a disminuir las concentraciones de OD respecto a, siendo en la estación de Arica donde se manifestó más claramente. En Mejillones, aunque al igual que en las otras estaciones fijas se observó un descenso en los niveles de OD, fue la única estación que presentó una capa óxica durante todo el período trimestral.

Con respecto a la cloa, en primavera de 2003, esta variable manifestó una disminución general de las concentraciones hacia el mes de diciembre, lo que fue más notorio en Arica. En Mejillones, al igual que en las otras estaciones, el descenso en las concentraciones de cloa con respecto al muestreo de noviembre se enmarcaron dentro del rango eutrófico normal para la fecha.

Durante los meses de enero a mayo de 2004, en la serie de temperatura se caracterizaron por presentar las máximas temperaturas superficiales y registrar una variabilidad interanual notoria. Es así como algunos de los períodos de la serie tuvieron TSM y valores de temperatura en la vertical distintos, tal es el caso de la estación de Mejillones que registró durante el período de meses indicado en el año 2004 valores de temperatura mayores a los períodos anteriores, pero en el caso del período del año 2001, se registran menores temperaturas en los primeros 25 m de profundidad en comparación a igual periodo en el resto de la serie.

En el período de enero a mayo de 2004 se observa una similitud en la distribución de salinidad con el correspondiente período del año 2003, sin embargo ambos registran salinidades mayores a los períodos de los años anteriores entre el año 1999 y el 2002.

Durante el período enero a mayo de 2004, las concentraciones de OD se mantuvieron dentro de rangos habituales. La distribución de OD evidenció procesos de surgencia de distinta intensidad entre marzo y abril en las estaciones de Mejillones e Iquique, principalmente, lo que coincidió además, con una baja en las concentraciones de cloa, producto probablemente de la inestabilidad de la columna de agua, aunque manteniéndose siempre en el rango eutrófico. Por otra parte, en Arica, los altos valores de OD reportados para la capa superficial y las elevadas concentraciones del pigmento serían producto de procesos de surgencia de intensidad muy débil o ausente. En general, la distribución de cloa en el

período de verano y principios de otoño, mantuvo siempre valores en el rango eutrófico, observándose el bloom de verano en las tres estaciones de vigilancia. Cabe destacar que en la estación de Arica se midieron las mayores concentraciones de cloa de la serie completa.

El análisis integrado de la información de los huevos y larvas de anchoveta y la temperatura indica que el ictioplancton se presentó principalmente en zonas aledañas a los focos surgentes y asociada a diferenciales térmicos moderados. En este sentido diversos autores que han estudiado la distribución y abundancia del ictioplancton y de ejemplares adultos de anchoveta en la zona norte (Braun ***et al***., (2004); Silva ***et al***. (2003); Oliva ***et al***. (2002); Mimica, (2000); Yáñez ***et al***. (1995), entre otros) han llegado a conclusiones similares. También debe destacarse que tanto huevos como larvas muestran una clara preferencia por la temperatura de 15-16°C (en los meses otoño e invierno), dichos resultados son semejantes a los descritos por Braun ***et al***. (2004 y 2003), Oliva ***et al***. (2002) y Castillo ***et al***. (2000). A su vez en los meses de verano y primavera el rango predilecto es de 18-20°C, en este sentido Silva ***et al***. (2003), señalan la TSM promedio de pesca para ejemplares adultos es de 20°C en los meses de verano.

De manera general, se puede indicar que los mayores focos del ictioplancton se concentran en tres áreas: la primera esta localizada frente al puerto de Arica; el segundo núcleo se ubica en los alrededores 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 un tercer sector se emplaza frente al puerto de Antofagasta y que se caracteriza por su extensión bastante costera, lo que es similar a lo descrito por Braun ***et al***., 2004).

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los años 1993-2003, para la

estación de otoño, indica que aún persiste el predominio de anchoveta respecto de las otras especies objetivo, situación que se ha mantenido sin alteraciones a partir del otoño de 1994.

Al contrastar los resultados obtenidos en otoño de 2003 con los informados en años precedentes, se verifica que los niveles de abundancia de huevos y larvas de anchoveta analizados en base a la densidad promedio por estaciones totales, presentan una disminución en su cobertura geográfica lo cual se refleja en tasas de cambio negativas respecto al otoño de 2002 iguales a 22,7% y 76,1%, respectivamente, constituyéndose el otoño de 2003 en el segundo registro más importante en cuanto a extensión del desove, de la serie 1993-2003 para el estadio de huevos y en el quinto de mayor relevancia para las fases larvarias. En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas muestran respecto al año 2002, situaciones distintas para los respectivos estadios de desarrollo. Es así, como los huevos de esta especie exhiben un incremento en su intensidad igual a 23,4%, verificándose para las fases larvarias una significativa disminución superior a 70%.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie 1993-2003, nos señala que el desove es eminentemente costero a excepción de lo observado en otoño de 1996, donde se constató un desove más oceánico, con presencia de huevos a 100 mn al oeste de Arica y a 70 mn de punta Lobos y punta Copaca, respectivamente. Durante los otoños de 1994 y 2002, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos y Antofagasta.

Las larvas muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las

afectan (dispersión, transporte, advección, etc). Durante los otoños de 1994 y 1999, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, siendo también importantes los registros de los años 2000 y 2001 (> 20 estaciones positivas). Con respecto a las áreas de desove, las larvas exhiben en general, una tendencia similar respecto a la fase de huevos, concentrándose éstas frente a las localidades de Arica, punta Lobos y Antofagasta, incorporándose durante los últimos 5 años, punta Junín.

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

Con respecto a sardina, tanto los valores de la densidad promedio como los de frecuencia de estaciones positivas, indican que sus niveles de abundancia se encuentran en un nivel muy bajo, situación que dada la época del año, puede considerarse normal dado el proceso de recuperación y preparación de las gónadas para el desove primario, el que en normales condiciones se produciría durante los meses de julio a septiembre. Cabe señalar que en otoño de 2003, no hubo presencia de registros positivos a huevos de esta especie, reconociéndose tan sólo dos estaciones positivas a larvas.

Los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel, analizados a través de los diferentes índices utilizados, revelan ausencia de huevos y larvas durante el otoño de 2003, situación que se ha venido presentando desde el otoño de 1993 a la fecha, y con la única excepción del año 1997, donde se reconocieron registros positivos a huevos de jurel.

Con respecto a caballa, destaca el otoño de 1998 como el más importante de la serie 1993-2003 tanto para huevos como para larvas de esta especie. Durante los últimos 4 años no ha existido reconocimiento positivo a fases de desarrollo de caballa.

La estimación del índice de abundancia larval para anchoveta durante otoño de 2003, mantiene la misma tendencia descendente que se observa a partir de 2001, exhibiendo con respecto a otoño de 2002 una disminución igual a -61,6%. Con respecto a sardina, el índice larval presenta para la serie 1993-2003, valores muy bajos, situación que se corresponde con las bajas abundancias observadas para la serie analizada y que han fluctuado entre 0 y 1.431 larvas/10m^2.

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 que se observa con posterioridad a 1985, señala que nuevamente estamos frente a un proceso de cambio con una categórica predominancia de anchoveta respecto de sardina y jurel en términos de su abundancia, con densidades sin precedentes las que han sido registradas en invierno de 1985, 1994 y en menor magnitud en 1989. De la misma manera las disminuciones más drásticas han estado asociadas a perturbaciones ambientales como lo ha sido la presencia del fenómeno de El Niño en la zona de estudio durante los años 1982/83, 1986/87, 1991/92 y 1997/98.

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en invierno de 2003, respecto a las reportadas en inviernos precedentes para la serie 1993/2003, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta una situación diferente para ambas fases de desarrollo. Es así, como el estadio de huevos exhibe con respecto al invierno de 2002, una disminución que se traduce en un porcentaje de cambio igual a -19,6%. Por su parte las fases larvarias experimentan un importante incremento, con una tasa de cambio igual a 77,3%.

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas utilizadas como un índice de la concentración del desove, muestran con respecto al invierno de 2002, un decremento para la fase de huevos igual a 12%, observándose para las fases larvarias un incremento igual 81,9%.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie 1993-2003, nos señala que el desove de invierno respecto a la estación precedente, otoño, 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 1993, 1994, 1996 y 2000, respectivamente. Durante los inviernos de 1993, 1994 y 1995 y debido fundamentalmente a la grilla de muestreo utilizada durante esos años, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos y bahía Moreno.

Las larvas muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las afectan (dispersión, transporte, advección, etc). Durante los inviernos de los años 1993-1997, se obtuvieron las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo, siendo también importantes los registros de los años 2000,

2002 y 2003. Con respecto a las áreas de desove, las larvas exhiben en general, una tendencia similar respecto a la fase de huevos y no obstante su amplia cobertura longitudinal, éstas se concentran mayoritariamente frente a las localidades de Arica, punta Junín, punta Lobos y bahía Moreno.

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

Con respecto al índice de abundancia larval para anchoveta, las más altas estimaciones se han obtenido en los inviernos de 1994 y 2003 y los más bajos han estado asociados a la presencia del fenómeno de El Niño registrados durante el año 1998. Durante los inviernos de 1995, 1996 y 1997 el índice se mantuvo prácticamente constante, fluctuando entre 5 y 7 para disminuir drásticamente en 1998. A partir de 1998 se observa una tendencia general ascendente en sus valores para experimentar una nueva disminución en el invierno de 2001 e incrementarse significativamente en invierno de 2002 y 2003, situación que se traduce en un porcentaje de cambio igual a 62,2% con respecto al 2002.

En invierno de 2003, no hubo presencia de larvas de sardina y los niveles de abundancia promedio exhibidos por el estadio de huevos respecto al invierno precedente presenta una disminución en su intensidad y en su cobertura geográfica, lo que se reflejó en porcentajes de cambio iguales a 65,7% y 68,5%, respectivamente.

Los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel analizados a través de los diferentes índices utilizados, revelan ausencia de huevos y larvas durante los

inviernos de 2000 y 2001 y presencia de estos estadios de desarrollo para el invierno del año 2002 y ausencia de las fases larvarias para el 2003. El estadio de huevos, exhibe con respecto al invierno de 2002 un incremento en la cobertura geográfica y en la intensidad del desove con tasas de cambio positivas iguales a 75% y 436%.En relación a caballa, en invierno de 2003 no hubo registros positivos a huevos y larvas de esta especie.

En la primavera de 2003 se verificó la misma tendencia decreciente para ambas fases de desarrollo, exhibiendo con respecto a la primavera de 2002, disminuciones en sus niveles de abundancia iguales a -19,6% y 21,4% para huevos y larvas, respectivamente, constituyéndose la primavera de 2003 en el séptimo registro más importante de la serie 1983-2003, en términos de abundancia total de huevos.

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas utilizadas como un índice de la concentración del desove, muestran con respecto a la primavera de 2003, un incremento para la fase de huevos igual a 54,9%, observándose para las fases larvarias un leve decremento igual 4,6%.

Las estimaciones más altas del índice de abundancia larval de anchoveta para la estación de primavera se han obtenido durante los años 1988, 1996 y 1999 y las más bajas se han registrado en las primaveras de los años 1987, 1991 y 1993. En la primavera de 1996, se aprecio una tendencia general ascendente, pero ante la presencia de El Niño 97-98 que afectó a la zona de estudio, los valores del índice de abundancia larval se mantuvieron bajos fluctuando entre 0 y 2, para experimentar en 1999 un importante incremento y disminuir nuevamente en la primavera de 2000 en un 79%, manteniendo hasta diciembre de 2003 una tendencia no alcista. Con respecto al año 2002, el índice de abundancia larval disminuyó en un 22,2%.

En primavera de 2003, no hubo registros positivos a huevos y larvas de sardina, situación que también se ha verificado en primavera de los años 1996, 2001, 2002 y 2003.

Con respecto a la estimación del índice de abundancia larval de sardina para la estación de primavera, durante los años 1997 y 2000 se registran los más altos valores del índice de la serie analizada. Durante los años 1998 y 1999, el índice larval se ha mantenido en un nivel muy bajo con valores comprendidos entre 0 y 1.

En relación a jurel, en primavera de 2003, no hubo registros positivos a huevos y larvas de esta especie, situación que también ha sido consignada en primavera de los años 1998, 2002 y 2003.

No obstante, que para el recurso caballa se dispone de una serie menor, 1996-2003, ambas fases de desarrollo muestran niveles de abundancia muy bajos respecto a anchoveta y sardina, exhibiendo en esta oportunidad un significativo incremento en la intensidad del desove igual a 455% y 338% para huevos y larvas, respectivamente.

El analisis de la abundancia del ictioplancton de anchoveta en relación a la densidad promedio por estaciones totales, señala que durante este último período de verano se produjo tanto en los huevos y larvas de anchoveta una disminución en la extensión de las áreas de desove, con una tasa de cambio negativa igual a 82 % y 83 % para cada estadio de desarrollo, respectivamente, insertándose este período como el de menor abundancia promedio por estaciones totales de los últimos años.

La estimacion de la intensidad del desove para el presente período estacional, muestra con respecto al verano de 2003 la misma situación antes descrita, vale

decir, una disminucion tanto de huevos como de larvas de anchoveta, con tasas de cambio iguales a 91% en el caso de los huevos y de 86 % en el caso de las larvas.

El análisis histórico de la distribución espacial y temporal de huevos de anchoveta confirma el carácter costero que adopta esta especie en el desove, registrándose durante todos los períodos estivales analizados entre 1993 y 2004, una notoria colonización del borde costero, lo que se viene repitiendo desde el año 1997, aunque las áreas de desove manifiestan cambios espaciales de un período a otro, sin embargo, existen áreas características que han prevalecido con el paso del tiempo, como lo son la localidad de Arica, punta Lobos y bahía Moreno. Apreciándose en forma particular una dispersión longitudinal en mayor o menor grado en el desove frente a punta Lobos y sus alrededores, como se verifica durante los años 1994 y 2003. El registro más importante en el número de huevos de anchoveta se detectó en los años 2003, 2000 y 2002, mientras que las mayores frecuencias de estaciones positivas a huevos se observó en 1994, 2000 y 2004, correspondiendo este último período al de mayor colonización de áreas después del máximo registrado durante el año 1994.

El patrón distribucional de las larvas de anchoveta es acorde al expuesto para los huevos en sentido latitudinal, ya que estas exhiben una distribución mas amplia, extendiéndose también hacia aguas más oceánicas, registrándose la mayor cobertura geográfica durante los años 1994, 1999 y 2000, no obstante, estas al igual que el estadio huevos, se congrega mayoritariamente en las primeras millas de la costa, con una tendencia de mantenerse espacio temporalmente en Arica, punta Lobos y bahía Moreno. En relación al mayor número de larvas registradas, esto se verificó durante el año 2003, correspondiendo al período mas importante de toda la serie analizada desde el año 1993, mientras que en los años 1993, 1997, 1998 y 2004 se detectaron las mas bajas concentraciones de larvas para esta especie).

En general, los valores del índice de abundancia se distribuyeron entre 0 y 4, y el período de verano de 2004 experimentó respecto del verano precedente una importante reducción del orden del 87%, correspondiendo al mas bajo de los últimos seis años.

Durante el verano de 2004 no se registraron larvas de sardina, observándose el último valor en el indice de abundancia larval para esta especie durante el año 2003, período en el que se estimó uno de los índices más bajos para esta especie, manteniéndose de igual forma desde el año 2000.

La anchoveta fue la especie mas frecuente y abundante, representando entre el 52,6 y 82,0% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en la primavera (82,0%) y similar a la registrada en otoño (81,6%) e invierno (79,4%). En el verano la anchoveta presentó la importancia relativa menor con un 54,6%. En los cuatro cruceros analizados en el presente caso, la anchoveta se distribuyó similar al patrón general, aunque en invierno no se apreció la típica forma de cuña las concentraciones tendieron a ser más densas en sectores costeros en los periodos primaverales y estivales.

En los cuatro cruceros analizados en el presente caso, el índice de cobertura (IC) de anchoveta, presentó un sostenido crecimiento, variando entre 7,5% en el otoño a 10,3% en la primavera y 10% en el verano del 2004. Los ID mayores se presentaron en invierno (324,4 t/mn^2) y primavera (391,4 t/mn^2) mientras que el menor se presentó en verano con 102,9 t/mn^2. Estacionalmente los ID de verano y otoño fueron inferiores a los registrados el año anterior (2003 y 2002), mientras que en invierno y primavera se aprecia una tendencia de crecimiento, alcanzándose en el invierno el mayor ID de la serie. En el sentido vertical, en todos los cruceros considerados, la anchoveta se localizó preferentemente en los primeros 20 m de profundidad, con valores medios que fluctuaron entre 11,2 m (±

4,27 m) en primavera y 18,9 m (± 10,46 m) en invierno. Las temperaturas promedio en que se distribuyó la anchoveta variaron entre 15,43ºC (± 2,25°C) en otoño y 16,37º C (± 2,49°C) en primavera. Las salinidades promedio, variaron entre 34,72 psu (± 0,17 psu) en otoño y 34,82 psu (± 0,18 psu) en invierno.

Durante el periodo el jurel fue aumentando su importancia relativa, variando entre el 8,3% en el otoño hasta un 21,4% en el verano. Como ha sido característico en los últimos años el jurel se presentó en bajas densidades con algunos focos de densidad relativamente mayores en invierno y primavera. El indice de cobertura de esta especie (IC) fluctuó entre 2,8 y 4,1% siendo los menores en otoño y verano y el mayor en primavera e invierno. Los índices de densidad presentaron una tendencia de crecimiento sostenida, fluctuando entre 28 t/mn² en el otoño y 291,9 t/mn² en verano. La profundidad promedio de la distribución vertical del jurel varió entre 18,3 m (± 11,21 m) en verano y 35,56 m (± 40,43 m) en primavera. Las isotermas promedio asociadas a esta distribución vertical, variaron entre 15,3ºC en primavera (±2,77º C)-invierno (±1,61ºC) y 17,67ºC en verano (±2,69°C). Las salinidades promedio fluctuaron entre 34,738 psu (±0,09 psu) en verano y 34,819 psu (± 0,22 psu) en invierno.

La caballa varió entre el 0,8% y 2,5% de las lecturas acústicas totales de cada crucero siendo el menor en el otoño y el mayor en la primavera. En los cuatro cruceros esta especie se registró en focos de bajas densidades localizados entre la costa y las 70 millas náuticas. En el sentido batimétrico la caballa se localizó en estratos similares a la anchoveta y más someros que el jurel, con promedios que variaron entre 11,83 m (± 3,2 m) en verano y 17,3 m (±14,03 m) en invierno. Las isotermas promedio que limitaron la distribución vertical, variaron entre 16,09ºC (±1,09ºC) en invierno y 19,28ºC (±2,99ºC) en verano. Las isohalinas promedio fluctuaron entre 34,737 psu en otoño (±0,17 psu) y 34,869 psu (±0,24 psu).

Al emplear modelos aditivos generalizados quedó en evidencia la relación no lineal entre algunos de los factores de localización y oceanográficos y la presencia y densidad de huevos y larvas de anchoveta en la zona norte del país. Los modelos propuestos son capaces de explicar una fracción importante de la variabilidad en los datos, vale decir existe una ganancia substancial de los modelos que incorporan las covariables latitud, longitud, salinidad y temperatura superficial del mar frente a uno sin incorporar dichas variables explicatorias.

El efecto de la funciones suavizadas indican que si bien el desove se produce en todo el rango latitudinal analizado, el área norte y sur presentarían condiciones más favorable para la presencia en mayores densidades de huevos y larvas. Lo que si se confirma claramente es que éste es un proceso costero, en efecto longitudes localizadas al este de los 70°25'W tienen un impacto positivo gradual sobre la presencia y la densidad de huevos y larvas. En cuanto a las condiciones oceanográficas, temperaturas inferiores a 19°C favorecieron la presencia de huevos de anchoveta, verificándose un efecto positivo sobre las densidades en el rango de los 17° a 19°C; en tanto en larvas, los resultados no fueron consistentes, lo que puede estar influencio por algún efecto de interacción no considerado en el modelo; en tanto, salinidades entre los 34,77 y 34,9 psu ejercen un efecto positivo sobre la densidad de huevos y larvas. Asimismo, el análisis integrado de los cruceros estacionales, indica que las mayores probabilidades de éxito de encontrar huevos y larvas de anchoveta junto con las mayores densidades correspondieron al mes de septiembre, período asociado al desove de la especie.

El área de estudio está situada en el margen este del anticiclón del Pacífico sur, que se caracteriza por el predominio de vientos con una componente hacia el norte durante todo el año y con una variación estacional moderada. En el área oceánica la intensidad del viento es máxima en invierno y mínima hacia final del

verano (Bjerknes, 1966; Fuenzalida, 1971; Hellerman y Rosenstein, 1983; Bakun, 1985; Bakun and Parrish, 1982; Bakun and Nelson, 1991).

En oposición al patrón oceánico, los vientos en las estaciones costeras presentan los máximos en el verano y los mínimos en el invierno (**Figura 3d**) (Fuenzalida 1989, Montecinos 1991, Blanco ***et al***., 2001).

Esta diferencia es debida el efecto combinado entre el forzamiento térmico regional y local, y el campo de presión atmosférica de gran escala (Montecinos, 1991, Pizarro ***et al***., 1994). La surgencia en esta región tiene una extensión muy estrecha (< 50 kilómetros) (Blanco ***et al***., 2001), con una radio de deformación de Rossby de aproximadamente 20 kilómetros en el océano y de 180 kilómetros en la atmósfera. Por lo que el viento medido en las estaciones costeras debería representar los procesos costeros de mejor forma que el viento oceánico.

De acuerdo a Shaffer ***et al***. (1999), como una consecuencia de la diferencia de temperatura entre la tierra y el océano, el rotor del esfuerzo del viento en sentido ciclónico y su bombeo de Ekman, puede ser significativo durante el invierno, a pesar de que los vientos son débiles. Este efecto se puede observar en 30°S, en primavera, cuando el viento ERS es máximo y tiende a producir máximos del viento en Lengua de Vaca. Similar situación fue descrita por Bakun y Nelson (1991) para la zona norte del Perú durante el invierno.

Garreaud ***et al***. (2002) y Rutlland et al. (2004) encontraron que los vientos costeros en la parte del norte y central de Chile son modulados por las perturbaciones atmosféricas atrapadas a la costa (CDT's; e.g. bajas costeras). Estos CDT's, se desplazan hacia el sur con velocidad de fase de 10 a 20 ms^{-1}, con una periodicidad casi-semanal, y producen fuertes gradientes a lo largo de la costa

del esfuerzo del viento, presión atmosférica a nivel del mar, altura de la inversión térmica y nubosidad baja.

CDTs son característicos a lo largo de las líneas de la costa montañosas, costas típicamente del oeste de los continentes, donde la surgencia de aguas frías da lugar a una capa límite marina encerrada por una fuerte y de poca altura inversión térmica. Estas perturbaciones ageostroficas se propagan hacia latitudes altas más rápidamente que el viento, lo que sugiere que no es simplemente un proceso advectivo, sino mas bien una onda atrapada contra la costa (es decir, una onda Kelvin). La perturbación ocurre dentro de la inversión térmica que encierra la capa límite marina.

Una simplificación de la teoría de la surgencia generada por viento, dice que la surgencia es producida por un viento "uniforme" que sopla con la costa a la derecha. Sin embargo las observaciones de viento en áreas de surgencia demuestran una importante variabilidad en diversa escalas de tiempo, que incluyen períodos de calmas o vientos muy fuertes. En la literatura se mencionan cuatro mecanismos como responsables de la variabilidad y de la relajación del viento en la costa, estos son: calentamiento de la superficie, bajas costeras y cambios de dirección, inestabilidades frontales, y advección a lo largo de la costa.

Reciente investigación que integra ecología y oceanografía en la zona costera, sugieren que la frecuencia de cambios entre surgencia y hundimiento domina la estructura de la comunidad. Las comunidades más productivas y con mayor abundancia se encuentran bajo condiciones de alta frecuencia de cambios entre surgencia y hundimiento, y las comunidades menos productivas y menos abundantes ocurren bajo condiciones de baja frecuencia en el cambio (surgencia o hundimientos persistentes) (Mengue ***et al***., 2003).

Shanks ***et al***. (2000) dice que “en cuanto el viento se relajó después de un evento de surgencia costera, nosotros observamos que el frente costero se movió hacia la costa. Estos datos demuestran que un frente de surgencia durante un período de relajamiento, puede transportar altas concentraciones de larvas hacia la costa sobre la plataforma”.

Los resultados de modelos sugieren que la mezcla producida por el viento de parte superior de la columna el agua, puede ser beneficioso o perjudicial a la supervivencia larval dependiendo de la intensidad de la turbulencia (Davis ***et al***., 1991). Acontecimientos de viento muy fuertes durante los primeros períodos de alimentación presentan una baja supervivencia. Períodos de alta supervivencia larval están asociados a períodos tranquilos del viento entre períodos de gran intensidad (Bailey ***et al***., 1995). Esta situación es característica de la zona de Arica donde se presentan un alto número de eventos Lasker, por lo que la supervivencia larval es mayor que en otras áreas, lo que coincide con los altos volúmenes de ictioplancton que se encuentran en esta área.

Sin duda que los procesos mencionados son importantes para la productividad de sistemas de surgencia, sin embargo corresponden a procesos de alta frecuencia que se escapan al objetivo, pero que necesitar ser mencionados debido a su importancia y que permiten explicar la alta productividad del área de estudio y el transporte larval, así como la necesidad de realizar estudios dirigidos a estos tópicos.

Los datos de viento obtenido por satélites son particularmente útiles en muchas áreas costeras de los océanos del mundo, que son actualmente deficientes en mediciones in situ. Sin embargo, debe tenerse cuidado al utilizar este tipo de datos en área de vientos débiles, debido a que el satélite disminuye su capacidad para determinar la dirección del viento (Pickett ***et al***., 2003).

Pickett ***et al***. (2003) encuentra que la diferencias en las mediciones del viento de satélite respecto de datos obtenidos por boyas cerca y lejos de la costa, son cerca de la costa hasta un 30% mayores en la velocidad y hasta un 70% mayores en la dirección que las obtenidas lejos de la costa. Las diferencias son principalmente debido a la complejidad de los vientos costeros. Además, deben tenerse en consideración las especificaciones de diseño de los censores del satélite y de las boyas (satélite: velocidad del viento +/- 2 ms^{-1}, y dirección +/- 20 grados, boya: 1 ms^{-1} y 10 grados) así como errores en el posicionamiento en tiempo y espacio, y que el esfuerzo del viento es afectado por la dirección de las ondas de la gravedad. Teniendo presente todas estas limitaciones y considerando los resultados obtenidos en la validación de los datos realizada, el ajuste entre los sistemas de observación del viento como son los satélites y las boyas es notable (Rieder ***et al***., 1994; Pickett ***et al***., 2003).

Por otra parte, el viento geostrófico obtenido a partir de datos de presión atmosférica, como otra fuente de datos del viento, es razonablemente exacto a lo largo de costa oeste de Norteamérica donde se ha utilizado (Pickett ***et al***., 2003). En Sudamérica, sin embargo, los vientos geostroficos calculados presentan grandes errores, especialmente en bajas latitudes. La posible explicación para esta disminución en la calidad de la información es la curvatura de la costa (~600 kilómetros) y la altura de la cordillera costera (> 2.000 m) que pueden producir fuertes vientos a lo largo de la costa, con un significativo efecto del rotor del esfuerzo del viento (Dorman ***et al***., 1995; Dorman ***et al***., 2000) y también grandes cambios de la presión atmosférica superficial (Winant ***et al***., 1988). También, las CDTs podían desempeñar un papel importante en este complejo sistema tierra-oceano-atmosfera.

De acuerdo Pickett ***et al***. (2003), los índices de surgencia calculados de los vientos geostroficos son similares a los obtenidos por satélite en un 85% en el

área de California y en solo un 65% en la costa de Perú y Chile y que aun cuando los índices de surgencia basados en el viento derivado de modelos se ajustan de mejor modo a los datos de viento en la costa de California, pero mantienen un error significativo la zona de Arica, donde el cambio de curvatura y las montanas generan un sistema muy particular.

La variación espacial del esfuerzo del viento sobre el océano, causa divergencia en el flujo horizontal superficial que alternadamente da lugar a un flujo vertical debido al bombeo de Ekman (W_E). Puesto que el bombeo de Ekman es directamente proporcional al esfuerzo del viento, su variabilidad temporal y espacial sobre la costa oeste de Sudamérica es tremendamente significativa. Aunque la magnitud de este flujo vertical es absolutamente pequeña (del orden de centímetros a metros por día) comparada con el flujo horizontal, parece tener un efecto significativo en la capa mezcla y la temperatura superficial del mar, debido a su pequeña escala de longitud (comparable a la de la profundidad de la capa de mezcla). En el hemisferio sur valores negativos del W_E producen surgencia.

La región considerada en el actual estudio muestra una distribución negativa de W_E (**Figura 21**) que indica ascenso de agua hacia la superficie en respuesta al bombeo de Ekman. Esta surgencia de agua en el sector oceánico presenta una gran variabilidad estacional e interanual, siendo afectada por los eventos ENSO (**Figuras 27** y **28**).

La profundidad de la capa de mezcla (MLD) está influenciada principalmente por el esfuerzo del viento, la advección y procesos convectivos. En general, existe una buena correlación entre W_E negativo y MLD pequeño. Además, la profundidad de la capa Ekman es totalmente coherente con MLD, como puede apreciarse en la **Figuras 22** y **44i**-**44j**.

Allan (2000), White and Cayan (2000), y Tourre ***et al.,*** (2001) determinaron los espectros para las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) y de la presión a nivel del mar (SLP) sobre el océano Indo-Pacifico por los últimos 100 años, encontrando máximos significativos para las señales bianuales (2,2 y 2,8 años), interannual (3,5, 5,4, y 7 años) y decadal (11 años). Estas señales casi periódicas son similares a ésas observadas por Mann y Park (1996) y Lau y Weng (1995) en la temperatura superficial y las anomalías de SLP que ocurrieron en el hemisferio norte durante el pasado siglo y por supuesto son coincidentes con las observadas en este estudio (**Figura 10**).

Clarke and Shu (2000) muestran que el viento en el sector oeste del océano Pacífico ecuatorial, presenta una variabilidad casi bianual y que esta asociada a El Niño. Posteriormente White ***et al***. (2003) encuentran que tanto el esfuerzo del viento, la temperatura superficial y el rotor del viento, presentan variación en las frecuencias bianual, decadal e interanual. Estos autores usan un modelo de oscilador retrasado (DAO) para explicar el origen de estas variaciones. En el modelo DAO, la incidencia de las ondas Rossby fuera del ecuador se reflejan en el borde oeste del océano Pacífico como ondas Kelvin ecuatorial, lo que produciría el levantamiento de la profundidad de la picnoclina en el Pacífico ecuatorial (Battisti 1988). Esta secuencia de causa y efecto produce una retroalimentación negativa retrasada que enfría las anomalías calientes de TSM en el Pacífico ecuatorial del este (White ***et al***., 1985, 1986, 1987 y Pazan ***et al***., 1986). Este modelo de oscilación produce variabilidad de las señales de la TSM y el viento en el Pacífico ecuatorial en escalas bianual, interannual, y decadal (McCreary, 1983; Zebiak y Cane, 1987; Schopf y Suarez, 1988 y Graham y White 1988). De acuerdo a Philander (1990) el modelo de DAO es el candidato principal a explicar el comportamiento casi periódico de El Niño.

Alheit and Niquen (2004) mencionan que el ecosistema de la corriente de Humboldt (HC) pasa por períodos dominados por anchoveta a períodos dominados por la sardina alternándose en escala decadal. Mencionan también que los períodos críticos de la transición, fueron 1968 a 1970 cuando la famosa pesquería de anchoveta del Perú comenzó a derrumbarse, y 1985 a 88, cuando el sistema de HC cambió después de haber sido dominado por la sardina a un sistema dominado por la anchoveta.

Evidencia de los cambios biológicos que ocurrieron en el HC antes de 1976 es presentada por Loeb y Rojas (1988). Ellos estudiaron la variación interannual de las relaciones de la composición y de la abundancia del ictioplancton del norte de Chile a partir de 1964 a 1983 y observaron un marcado cambio en la abundancia relativa de larvas de peces de especies mesopelágicas entre 1969 y 1970. La abundancia de especies mesopelágicas no es influenciada directamente por las actividades de pesquería, por lo tanto, podría ser un buen indicador de cambios ambientales.

Uno de los factores que Alheit and Niquen (2004) resaltan como fuente de cambio entre las especies es la alimentación. Las dos especies son omnivoras (Alamo y Bouchon, 1987; Espinoza and Blaskovic, 2000; Van der Lingen, 2002), sin embargo, la forma en que se alimentan del fito o del zoo es una cuestión de controversia (Van der Lingen, 2002). Las sardinas se alimentan de partículas más pequeñas, incluyendo phytoplankton, principalmente por filtración. En contraste, los componentes dietéticos principales de la anchoveta de Benguela son partículas más grandes tales como copepodos y euphausidos (James, 1987; Van der Lingen, 2002). Es probable que el phytoplankton sea una fuente más importante del alimento para las sardinas que para las anchoas (Van der Lingen, 2002).

Los eventos de ENSO pueden afectar dramáticamente a estas poblaciones y comúnmente se asocia con efectos perjudiciales duraderos en la anchoveta. Sin embargo El Niño causa perturbaciones a corto plazo en la dinámica de la anchoveta, la cual parece recuperarse rápidamente en el plazo de un o dos años durante las fases siguientes de La Niña. Alheit and Niquen (2004) mencionan las migraciones como factor primario de la posterior recuperación del recurso, sin embargo la evidencia presentada acá sobre la profundización de los cardúmenes a profundidades sin precedentes, hacen pensar que este mecanismo podría ser tanto o más importante que la migración. Siendo necesario un estudio más detallado sobre este tópico para poder determinar cual de los mecanismos es el más relevante.

Del análisis de información realizado acá sobre los cambios de régimen se puede concluir que el método de STL es una herramienta eficaz para identificarlos. Sin embargo quedan muchas preguntas que deben ser resueltas con un mayor número de series de tiempo y en lo posible de mayor longitud. Una de ellas es sobre la alteración en 1989 que es coincidente con un cambio de régimen mencionado por Hare y Mantua (2000) para el Pacífico norte. Y que de acuerdo con lo observado acá ¿Por qué este cambio se observa solamente en las series de origen marítimo? ¿fue 1989 una cambio del régimen? ¿Esta cambio fue responsable de la cambio entre la sardina y la anchoa mediados de los años 80?.

Se discute a continuación la variabilidad temporal de las masas de agua (MA) de acuerdo a los resultados presentados en la sección anterior. Se ha considerado pertinente incluir y discutir PPM bajos (PPM10 a PPM40), especialmente en las masas AST y AESS, aun cuando éstas presentaron porcentajes de composición que llegaron al 70% y 90%, respectivamente. El carácter de este análisis es exploratorio, por lo tanto no puede descartarse que los resultados de PPM bajos

(10 a 40%) no puedan ser útiles para compararlos con variables biológicas o de circulación obtenidos en otros estudios.

Para la zona norte que va de Arica a Antofagasta, Robles ***et al.*** (1974) encontró, en un análisis estacional, que el AST estuvo ausente de la mitad sur de la zona durante el invierno, limitándose su presencia prácticamente al extremo norte, detectándose sólo desde primavera a otoño con un máximo en verano. La ASAA, por su parte, presentó un máximo de presencia en verano y mínimo en invierno, y el AESS se presentó con más intensidad y con su núcleo más somero en la columna de agua en el período de verano en comparación con el de invierno. El análisis indicado se basó solamente en la comparación de diagramas T-S estacionales promedio, sin incluir un análisis de participación de mezcla, por lo tanto las indicaciones de estacionalidad se basan en valores de temperatura, salinidad y sigma-t, variables que tienen una clara diferencia estacional en la zona, y no representan cambios de participación de las masas de agua, especialmente en el AST.

El análisis de la variación estacional de las masas de agua en los 30°S realizado por Hormazábal (1994) sugirió una variabilidad estacional en los porcentajes de las masas de agua durante el período noviembre 1991 a enero 1993. Los resultados de este trabajo indicaron que el AESS presentó una tendencia estacional con una mayor participación durante el invierno en comparación con el verano, registrándose en esta última estación un núcleo de porcentaje mayor al 70% siempre más pegado a la costa. Sin embargo, la utilización de un solo triangulo de mezcla para invierno y verano llevó a notables diferencias en la estimación del tamaño de los núcleos para cada masa de agua, respecto a lo calculado por Ortiz (1998), quien utilizó triángulos de mezcla distintos en cada período estacional.

Para el cálculo de los porcentajes de composición de MA, utilizados en este trabajo, se utilizaron puntos T-S tipo para cada período estacional. Los puntos T-S tipo son valores de referencia de la temperatura y salinidad que tendrían las aguas originales, por lo tanto los valores de mezcla que se obtienen están referidos a ellos.

El utilizar en el triangulo de mezcla puntos T-S tipo estacionales que son diferentes para cada período, elimina la variación de temperatura y salinidad que experimentan en su origen las masas de agua a lo largo del año. Es decir, un punto T-S tipo estacional permite cuantificar la participación de las masas de agua en un lugar determinado, excluyendo así la variación de temperatura y salinidad estacional que se produce si se utiliza un solo punto T-S anual. Por ejemplo, una fuente de confusión en la observación de estacionalidad de participación de una MA podría originarse en el hecho que el AST tiene en el sector oceánico frente a Arica durante el período de verano y bajo condiciones normales (sin efectos de El Niño) un valor típico de temperatura cercana a 24°C y una salinidad de 35,3 psu, mientras que en invierno éstos disminuyen a 20°C y 35,1 psu, respectivamente (Blanco ***et al***., 2001). Tal situación podría llevar a pensar que una disminución de la temperatura y salinidad son reflejo de la disminución de la masa AST. Sin embargo, lo anterior no señala necesariamente aquello, pues sólo manifiesta una disminución estacional de los valores de las variables indicadas.

Ortiz (1998), efectuó un análisis de la variación estacional de las masas de agua utilizando datos de crucero de invierno y de verano correspondientes al período 1994 a 1997 en los 30°S, no observando un patrón de estacionalidad en la participación de las masas de agua. Sin embargo, de existir una estacionalidad en ese período, pudo ésta haber quedado oculta por posibles efectos de La Niña (1996) y El Niño 1997-98. Efectos de la fase cálida y fría del ENOS dentro de ese período de estudio fueron observados en la zona norte de Chile entre los 18° y

23°S (Braun ***et al.***, 1994, 1998, 1999). El relativamente corto período de análisis en el trabajo de Ortiz (1998) no habría permitido identificar un patrón estacional de participación de masa de agua en los 30°S, y estaría sugiriendo además un efecto dominante de eventos de frecuencia interanual de origen ecuatorial en la zona.

Lo anterior se plantea sobre el hecho que las áreas ocupadas por los núcleos de porcentaje de participación de 20% de composición de AESS, presentados en el trabajo de Ortiz (1998), fueron importantes en ambos extremos de su serie, lo que puede deberse a efectos del evento cálido El Niño 1992-93 y al comienzo del El Niño 1997-98, respectivamente. En este mismo trabajo, el ASAA presentó durante 1996, momento de la presencia de La Niña 1996 en la zona norte de Chile, una importante participación en área de su núcleo de porcentaje de 20%. Sin embargo, los niveles de composición mayores de 50% en el AESS fueron bajos en los extremos de la serie (períodos cálidos), situación que se repite para la ASAA, al mismo porcentaje de composición, durante la fase fría del evento. Lo anterior sugiere que los núcleos de alta composición de AESS y ASAA disminuirían su participación durante los períodos cálidos.

Por lo indicado en el párrafo anterior, se considero sólo los datos de años “normales”, según el criterio aplicado en este trabajo, para el estudio de la variabilidad estacional, evitando así incorporar información con perturbaciones interanuales que pueden ser importantes. De igual forma, la utilización de más de 12 cruceros por período estacional permite concluir con mayor seguridad, en comparación con trabajos previos, si la variabilidad estacional puede determinarse estadísticamente y en lo posible cuantificarla.

El análisis de la variación interanual, por su lado, busca cuantificar la diferencia de participación en los distintos períodos anormales, lo que se realizó a través del valor de anomalías estandarizadas (AE) obtenidas de los promedios y

desviaciones estándar de la serie de años normales. El calcular los promedios y las desviación estándar sólo de la serie de años normales, se observa y compara en mejor forma como variaron los PAO durante los períodos considerados anormales dentro de la serie 1980-2001 analizada. También se desea determinar como están asociados los cambios interanuales de la participación de las MA a las perturbaciones de origen ecuatorial.

Para el AST se puede indicar, que las curvas de PAO para las estaciones de otoño, primavera y verano tuvieron un comportamiento similar en las tres transectas. La curva de invierno presentó un comportamiento distinto a las otras tres, principalmente con valores de PAO mayores hasta el PPM de 40% y menores PAO a PPM más altos.

El AST, si bien en las tres transectas no presentó núcleos mayores de 90% de composición durante los períodos considerados normales, ésta MA si registró porcentajes de composición al menos de hasta un PPM70, los que tienen un PAO relativamente alto, principalmente en el sector Oeste, aunque ocupando sólo menos del 10% del área total del sector.

Del análisis estadístico (KW) se desprende que la MA AST registró algunos niveles de PPM que tuvieron diferencia estacional significativa en los PAO, pero que estas diferencias fueron distintas según el sector**,** lo que se discute a continuación.

En el sector Este la variación estacional de los PAO de AST estuvo prácticamente limitada a la T3 en los PPM10 a PPM40, y ésta se presentó principalmente entre los períodos de invierno y otoño e invierno y primavera, con una diferencia significativa (p= 0,05) máxima de un 6%. Dado el bajo valor de las diferencias estacionales de PAO, junto a los niveles de PPM no preponderantes, y a lo

limitado en la ubicación espacial donde se ellas presentan, se sugiere para el sector Este que no hay evidencia muestreal para determinar variación estacional o bien la obtenida no es cuantitativamente importante dentro de la zona de estudio.

En el sector Centro, sólo las transectas T3 y T1 presentaron algunos PPM con diferencia estacional significativa, condiciones más bien aisladas que mostraron una tendencia general a no mostrar diferencia estacional, con valores de diferencia de PAO menores al 5%. Por lo tanto, este sector tampoco presentó una tendencia estacional importante y definida en los PAO.

El sector Oeste registró en la T5 y T3 una condición similar a lo indicado para los dos sectores anteriores, es decir, con un bajo número de casos de PPM que tuvieron diferencias, y si las hubo éstas fueron en general menores al 5%. En la T1, en cambio, se encontraron niveles de PPM con diferencia significativa del orden del 5 a 8%, hasta el PPM de 50% (excepto en el PPM40), destacándose en estos casos las diferencias entre invierno con las otras estaciones, particularmente con la de verano, las que fueron de un 8% hasta el nivel de PPM30. De acuerdo a lo anterior, se puede indicar para este sector una estacionalidad de AST limitada a la transecta T1, sólo en los niveles de participación no preponderantes y con una diferencia en los PAO de un 5 a 8%.

En el ASAA, los valores estacionales promedio de PAO a PPM40 y mayores fueron bajos o similares y no se encontraron en estos PPM diferencias estacionales significativas en ellos en los test estadísticos realizados (KW) o bien éstas diferencias no fueron importantes cuantitativamente. Aun cuando los niveles de PPM10 a PPM20 presentaron algunas diferencias de PAO cuantitativas mayores, en la mayoría de los casos éstas no fueron significativas. Diferencias estacionales relativamente importantes se encontraron, sin embargo, sólo en el PPM30 en los sectores Centro y Oeste de la T5. El análisis estadístico aplicado al

ASAA indicó, por lo tanto, que no hay evidencia muestreal de variación estacional en los PAO en los distintos núcleos de esta MA.

En el caso del AESS, los promedios estacionales de PAO indicaron que esta MA se caracterizó por presentar en las transectas T5 y T3 un núcleo de hasta PPM90, mientras que en la T1 este fue de hasta PPM80. El AESS fue la MA que ocupó una mayor área en la capa de los 290 m, pues alcanzó en el PPM90 de la T5 un PAO máximo cercano al 30%.

De los test de KW realizados, se encontró que los valores promedio de PAO del AESS tuvieron diferencia estacional principalmente desde un PPM10 a PPM20 y desde PPM60 a PPM90, en las tres transectas.

Dado que, en la mayoría de las pruebas de PPM10 y PPM20 en las tres transectas, los valores de diferencia estacional fueron menores a un 5%, se puede indicar que no hubo en el AESS una tendencia estacional cuantitativamente importante. Una excepción a lo anterior fueron sólo los PPM10 y PPM20 del sector Oeste de la T1, ya que entre las estaciones de verano e invierno se superó el valor de 5% y llegó hasta un 8%.

Desde el PPM60 a PPM90 de los núcleos de AESS se puede indicar que la T5 y T1 no presentaron estacionalidad, salvo algunas excepciones que no señalan una tendencia a presentar diferencia. Mientras que la T3, a estos mismos niveles (porcentajes de composición preponderantes), sería la única sección que tuvo una variación estacional importante al registrar en los tres sectores parciales diferencias cuantitativas en PAO que estuvieron entre un 20 y 30%, destacándose en los sectores Este y Central las diferencias estacionales entre verano e invierno de un 25 a 30% en el PPM80 y de 8% en el PPM90, seguidos por el otoño-invierno con un valor entre 20 a 35% en el PPM80 y de un 14 a 22% en el PPM90.

De acuerdo a los dos párrafos anteriores, el AESS sólo presentó casos de variación estacional de PAO que fue significativa y cuantitativamente importante en PPM10 y PPM20 en la T1 y en los PPM preponderantes en los sectores oceánicos de la T3.

Las isoterma de 20°C en la zona ecuatorial (0°S, 110°W), representativa de la termoclina ecuatorial (Morales ***et al***., 1999), muestra en los períodos cálidos El Niño importantes aumentos de profundidad, del orden de 50 m por sobre el promedio de la serie 1980-2001, así como también ascensos durante los períodos fríos La Niña, considerando el promedio de la serie. Por esta razón, diversos autores han utilizado ésta variable como representativa de perturbaciones remotas de origen ecuatorial, encontrando conexiones con los cambios de las condiciones oceanográficas y de circulación en la columna de agua de la costa de Chile (Morales ***et al***., 1999, Castillo, 2001). Morales ***et al***. (1999) analizó, en la misma zona de estudio, la variación interanual de la profundidad del límite superior de la capa de mínimo de oxígeno disuelto, representada por la isolínea de 1 mL^*/L^{-1}, como también de otras variables, encontrando en él asociaciones significativas mayores a 0,6 con las variaciones de la profundidad de la termoclina ecuatorial (PTE) realizadas con un desfase de 2 a 3 meses en Arica e Iquique y de 4 a 6 meses en Antofagasta. Dicho estudio indicó que profundizaciones de más de 100 m en la oxiclina de la zona norte se produjeron en los períodos 1997-1998, momento en que se registró el evento El Niño más intenso que ha sido observado (McPhaden, 1999).

Ya que la capa de mínima concentración de oxígeno disuelto caracteriza el AESS (Silva & Sievers, 1981), las variaciones de ésta capa, como las indicadas anteriormente, son evidencia de los cambios que experimenta la distribución y composición de las masas de agua en la zona. Del estudio de Morales ***et al***. (1999), se desprende que el AST aumentó su participación en forma importante

durante los eventos El Niño y que por ende, al ocupar ésta parte importante de la columna de agua, el AESS debe disminuir su participación al menos en la columna de agua entre los 50 y 100 m de profundidad, capa en que se encuentra el núcleo de la AESS, lo que es ratificado por el aumento de la concentración de oxígeno disuelto en dicha capa. No obstante lo anterior, la profundización de la capa de mínimo de oxígeno, no indica necesariamente una disminución total de la participación de AESS en la zona, ya que el núcleo de esta MA podría profundizarse o desplazarse hacia el Oeste. Trabajos previos en la zona de estudio indicaron un aumento de las características tanto del AST como del AESS en los núcleos de estas durante los eventos El Niño de 1969 y 1971-1973 (Robles, ***et al***., 1974) y el de 1982-1983 (Silva & Rojas, 1984).

En el caso de la AST, la información de los tres PPM analizados en este trabajo indicó que las desviaciones estándar (DS) de la serie de tiempo que incluye sólo observaciones en años considerados normales, fueron, en general, bajas y del orden del 7%, lo que reflejó una escasa variación estacional e interanual bajo este tipo de condiciones. Lo anterior significó que el AST no presentó, por tanto, estacionalidad definida o cuantitativamente importante en los PAO por AST como se vio en la sección anterior de este trabajo.

Sin embargo, a través de la serie de tiempo que incluyó tanto las observaciones de períodos normales como las de condiciones cálidas El Niño que se presentaron en la zona (1982-83, 1987, 1992, 1997-1998; Blanco & Diaz, 1985; Silva & Rojas, 1984; Alcocer ***et al***., 1988; Fuenzalida, 1992; Blanco ***et al***., 2002), se asociaron claramente con importantes aumentos de los valores de PAO de AST en todos los niveles de composición. Lo anterior significa que los distintos núcleos de esta masa de agua, aumentaron su espesor considerablemente en estos períodos anormales. Es así como el núcleo de más de 80% de composición en los años 1982, 1992 y 1997 paso de ocupar un valor promedio de PAO menor al 5% a un

20%, 15% y 40%, en esos años respectivamente. En los períodos considerados anormales cálidos, las observaciones correspondientes entregaron valores de anomalía estandarizada (AE) mayores a 3, alcanzando incluso valores de 10 en el núcleo de PPM20.

Las correlaciones encontradas entre la PTE y los valores de PAO del AST, estos últimos desfasados 3 meses, indicaron una asociación significativa > 0,6 entre las perturbaciones que se producen en el Pacífico Ecuatorial y los espesores de los núcleos de esta masa de agua. Estas asociaciones fueron, sin embargo, mayores en el sector Este de cada transecta y menores en el sector Oeste, lo que se debería al paso de las ondas tipo Kelvin que caracterizan los eventos El Niño, y que afectan en mayor grado a la zona costera entre la plataforma y el talud continental (Pizarro, 1991; Pizarro, 1999). Es así como la brusca disminución del PAO del sector Este que se registró durante agosto de 1997, y en menor grado en el sector Centro y que no se observó en el sector Oeste, coincide con una pausa en el paso de ondas Kelvin por la zona (Blanco ***et al***., 2002). En este caso se utilizó un desfase de tres meses en los datos de PAO de las masas de agua ya que en estudios previos (Morales ***et al.***, 1999) se encontraron mejores asociaciones realizando este desplazamiento temporal. No obstante lo anterior, previo a realizar el desplazamiento positivo de los datos, se efectuó un test de correlación entre el AST y la PTE, sin desfase del PAO, obteniéndose un valor de "r" de 0,38 ($0,01 > p > 0,001$), contra un "r" = 0,67 ($p< 0,001$) utilizando el desfase de tres meses.

La información gráfica de las series de tiempo analizadas, como las magnitudes de las AE presentadas para la AST, indicaron que las variaciones interanuales más importantes, en orden al aumento del PAO, en todos los núcleos, asociados a los períodos cálidos El Niño, son: 1997-1998, 1982-1983, 1992 y 1987. Lo anterior concuerda en magnitud y período con las profundizaciones del límite superior de la

capa de mínimo de oxígeno disuelto en la zona (Morales ***et al.***, 1999). A modo de ejemplo, la AE de AST presentó a un PPM50 en la T1 del sector Este, un máximo de 9,3 en 1997-1998, mientras que en 1982-83 esta fue de 6,6, seguida de 3,5 en 1992 y finalmente de 2,4 en 1987. A un PPM20 en el mismo sector las diferencias entre las AE fueron mayores, principalmente entre 1997-98 y los otros períodos cálidos. El AST en este PPM y período alcanzó una AE de 22,5 en la T3, mientras que en 1982-83 fue de 6,5, en 1992 de 5,4 y finalmente de 5,1 en 1987.

En la serie de tiempo de los PPM20, PPM50 y PPM80 para el AST no se observaron valores de PAO a más de dos desviaciones estándar bajo el promedio. En este sentido, el único caso que registró ésta situación corresponde a la observación de Agosto de 1990 (crucero 334) a un PPM50, la que no se encuentra asociada a un levantamiento de la PTE. La observación de los períodos fríos La Niña mostrados por una disminución de la PTE indicó que los PAO tendieron a mantenerse en torno al promedio, en esos períodos, más cerca o bajo el promedio de la serie, sin embargo esto no fue claro en el período La Niña 1998-1999, ya que sólo el sector Este registró tal situación, pero los otros sectores mostraron una tendencia a mantener valores de AE positivas**.** Lo anterior señala que las variaciones de la participación de AST en la zona de estudio son de menor magnitud, en general menores a 2 AE, durante los períodos fríos en comparación a las que son provocadas por condiciones cálidas El Niño, donde las AE suelen ser mayores a 2.

El AESS tendría una escasa variación interanual en los períodos considerados normales, lo que se refleja, en comparación al promedio, en las bajas DS que tuvieron valores menores al 5%, principalmente en los PPM20 y PPM50. Esta MA presentó una disminución de los PAO durante las fases cálidas de El Niño, siendo ésta observable en los tres niveles de PPM20, PPM50 y PPM80 presentados. En general las AE calculadas disminuyen de norte a sur y de este a oeste, lo que

significa que las perturbaciones son más importantes en el sector costero que en el resto de la transecta.

La disminución de los PAO fue más evidente en el período 1997-1998, donde el valor a PPM20 disminuyó de un promedio de 97% a un valor de 60% en los sectores Este y Centro, con importantes y similares disminuciones de área ocupada también en los núcleos de 50 y 80% de composición. Lo anterior originó AE del orden de -15 en la T5 en los PPM20 y 50. La condición de disminución indicada se observó también en los períodos 1982-83, 1987 y 1992-1993 pero con una menor magnitud, no obstante, las AE de estos períodos fueron mayores a 2. Un caso particular se presentó en el período cálido 1997-98, donde a un PPM80 en el sector Oeste de la T5 las AE fueron positivas, pero de 1 y 0,4 en los meses de enero y febrero de 1992, respectivamente.

El AESS registró un nivel medio de asociación entre los PAO de sus núcleos con las perturbaciones de origen ecuatorial, representadas por la PTE. En este caso, se observó una correlación significativa cercana a 0,5 entre las variaciones del PAO con las perturbaciones ecuatoriales, sin embargo, esta asociación disminuyó hacia la T1 (Antofagasta). Un análisis de correlación simple entre el AST y el AESS a un PPM50, en ambas masas de agua, correspondientes al sector Este de la T5, entregó un valor de r = -0,97 que fue significativo. Si el PAO por el AST está determinado en gran medida por las perturbaciones ecuatoriales y el AESS lo está en menor grado, y si entre ellas existe una alta asociación inversa, esto sugiere entonces que las variaciones de espesores de los núcleos de la AESS, en la capa de los primeros 300 m, serían modulados por las variaciones de AST.

Los resultados obtenidos en este trabajo son, en primera instancia, contrarios a la situación indicada por Robles ***et al.*** (1974), que señaló un aumento de las características de la AESS en las fases cálidas de El Niño. Al existir la posibilidad

de que el núcleo se haya profundizado bajo el nivel de trabajo de 290 m, o bien se haya alejado de la costa desplazada por la AST, se realizaron observaciones de los PAO por AESS a PPM20, PPM50 y PPM80 en el sector Total Extendido, él que cubre desde las 10 a 90 mn y hasta los 500 m de profundidad, y también en un sector Externo que abarcó entre las 90 y 125 mn de la costa, en ambos casos hasta el nivel de 500 m, obteniéndose resultados similares a lo encontrado primeramente**.** Dado que al nivel de PPM80 los valores de PAO del sector externo son menores a los que se registraron en los sectores Este, Centro y Oeste, señala que el núcleo de mayores PPM mantiene su característica de presentarse más cercano a la costa en los períodos anormales cálidos. De la serie de PPM80 del sector Total Extendido, aun cuando la cantidad de cruceros es baja y hay alta variabilidad en los PAO de este núcleo, se puede concluir que no hay un aumento del área ocupada por éste.

El análisis del comportamiento de la capa de mínima de oxígeno disuelto de 0,5 y 1,0 $mL*L^{-1}$, realizado a través del PAO de estos niveles como concentración máxima, confirmaron que esta capa disminuye su espesor durante los períodos cálidos. Si se considera que valores de concentración de OD igual o menores de 1 $mL*L^{-1}$ son característicos del núcleo del AESS en la zona (Silva & Konow, 1975; Blanco ***et al***., 2001), los resultados indican una disminución total del espesor del núcleos de AESS durante las fases cálidas de El Niño y no sugieren que exista un desplazamiento de ellos, alejándose o acercándose a la costa, o bien que haya una profundización en la columna de agua.

Las razones que provocan una disminución del espesor de los núcleos de AESS durante los períodos cálidos no pueden ser señaladas por los resultados obtenidos en este trabajo, como tampoco sus efectos en la columna de agua hacia el sur de Chile, ya que un adelgazamiento del espesor del núcleo de AESS podría estar asociado a un cambio en el transporte hacia el polo de esta MA, no obstante

también el transporte puede mantenerse si aumenta la velocidad en el núcleo o incluso aumentar si la velocidad final en el núcleo aumenta considerablemente. Una respuesta a los efectos de este adelgazamiento sobre el campo de corrientes puede hacerse con cálculos geostróficos. Otros antecedentes indican que registros de corrientes en los 30°S durante los períodos cálidos 1992 y 1997-1998 señalaron que la velocidad a 2002 m de profundidad experimentó aumentos significativos (Castillo, 2003). En dicho trabajo se indica que la Corriente subsuperficial Perú- Chile manifestó un aumento de la velocidad, de un promedio de 12 $cm*s^{-1}$, a intensidades máximas de 72 $cm*s^{-1}$ a fines de 1991 y de 63 $cm*s^{-1}$ a fines de 1997. Tales cambios en las velocidades podrían estar asociados a la disminución del espesor de la AESS. Un aumento de la velocidad en el núcleo de mayores PPM durante los períodos El Niño puede aumentar las características de la AESS y corresponder a lo reportado por Robles ***et al***. (1974) y Silva & Rojas (1984).

La masa de agua ASAA no presentó en los gráficos una clara asociación de las variaciones de PAO con quellas de la profundidad de la termoclina ecuatorial, lo que es confirmado por valores de correlación “r” bajos y no significativos en su mayoría. A un PPM20 en la T1 se vio, sin embargo, una tendencia a mantener valores bajo el promedio en el período 1989 y 1997.

La ASAA mostró en el PPM20 valores negativos de la AE en el rango –1 a –2 en todos los sectores de la T5 que estuvieron frecuentemente asociado a las observaciones correspondientes a períodos El Niño. Lo anterior significaría que el ASAA se presentó durante los años cálidos con sus núcleos disminuidos en tamaño respecto a los años normales. Las AE fueron mayores en la T5 respecto a las ubicadas más al sur, lo que señala que el efecto de la entrada anómala de AST fue mayor sobre el ASAA en el sector norte, lo que se ajusta a una menor presencia de esta MA hacia la T5. Lo anteriormente señalado es válido para los

sectores Centro y Oeste. Sin embargo, en el sector Este se encontraron AE que fueron mayores en la T1 respecto al de las otras transectas. Las AE en el período 1997-98 alcanzaron hasta -2,6 en el sector Este de la T1, mientras que el período 1982-83 esta alcanzó hasta -2,5, en 1992 fue de -2,1 y en 1987 una AE de 1,5. De lo anterior se desprende que en el sector Este, las AE tuvieron en muchos casos un valor similar, incluso de forma independiente de si se trata de un período frío o cálido o de la magnitud del período cálido. Una situación similar se registró en el mismo sector de las otras dos transectas.

En este sentido también, los años considerados fríos o de baja salinidad mostraron AE positivas para el ASAA, pero que están por lo general entre 0 y 1, sin embargo en mayo de 1987 los valores de AE estandarizadas estuvieron entre 1,5 y 2,2 en los tres sectores de las T5 y T3, señalando con ello un aumento del núcleo de 20% de composición para ese momento de baja salinidad superficial.

Como se pudo observar en las series históricas de clorofila a (cloa), la concentración del pigmento disminuyó considerablemente durante el período Niño 1997-98. En este sentido, las concentraciones del pigmento comenzaron a presentar una distribución atípica en el otoño de 1997, cuando los núcleos de concentraciones dentro del rango meso-eutrófico, tuvieron una distribución notablemente más extensa hacia el oeste, a la vez que los valores más elevados fluctuaron alrededor de los 2 µg/L, considerado como concentración moderada para el área estudiada en comparación con los períodos no El Niño (1999-2004). La disminución en las concentraciones de cloa en el período El Niño también fue indicado por Calienes ***et al.*** (1985) en la costa peruana para los eventos acontecidos entre los años 1957 y 1976, además por Thomas ***et al.*** (2001) y por Pizarro ***et al.*** (2002) en la zona norte de Chile. En esta última investigación citada se discute una disminución de 3,1 veces la concentración del pigmento entre enero y julio de 1997.

De la información disponible obtenida para el período El Niño 1997-98 se puede decir que, a pesar de las adversas condiciones oceanográficas, se observaron núcleos de pigmento de concentraciones eutróficas pero en forma localizada, lo que se aprecia en las gráficas históricas de cloa y en los histogramas de cloa integrada promedio en la zona costera de las transectas de bahía Moreno (T1), punta Lobos (T3) y Arica (T5). Adicionalmente a lo anterior, los valores mínimos de cloaint no se dieron en los mismos meses para las tres transectas estudiadas.

Por otra parte, se observaron concentraciones de cloaint similares tanto en el periodo El Niño 1997-98 como en el resto de la serie. En comparación con lo anterior, en un estudio realizado frente a las costas de Antofagasta, Pizarro ***et al.*** (2002) no encontraron diferencias en las concentraciones integradas del pigmento entre enero (no Niño) y julio (Niño) de 1997, observando en ambos casos concentraciones más elevadas en la costa. Ellos reportan un valor de 44 mg/m^2 como promedio del sector costero, valor que es comparable a lo reportado para bahía Moreno en este informe.

Una situación inusual dentro del período El Niño se observó en la primavera de 1997, siendo este el único crucero del periodo 1997-98 que no presentó ningún foco eutrófico a nivel superficial.

Según la información oceanográfica local, los efectos del evento el Niño en la zona terminaron a fines del verano de 1998, sin embargo, anomalías positivas no significativas de temperatura se presentaron durante el otoño siguiente, que corresponde al último período donde las bajas concentraciones fueron la tónica de la mayor parte del área de estudio.

Sin embargo, esta fecha muestra la primera evidencia de recuperación del sistema luego del período Niño, ya que presentó un núcleo de altas concentraciones del

pigmento frente a Arica. Al llegar el invierno de 1998, la distribución pigmentaria y las concentraciones se recuperaron completamente.

En el período Niño 1997-98, el claro aumento de la AE positiva de PAO de AST coincidió, como era de esperarse, con un aumento en las AE negativas de PAO de AESS aunque no en la misma proporción. Por otra parte, en el período 1999-2004 no parece haber alguna relación entre las AE de AST a PPM20 y la concentración de cloint promedio, como tampoco se observó en los gráficos una clara relación entre las variaciones de la cloint con respecto a las AE de AESS a PPM20.

Se puede ver que, para ambas masas de agua, gran parte de las AE en los períodos no Niño, fluctuaron entre ± 1 mientras que la correspondiente concentración de cloint en las tres estaciones presentó un amplio rango de valores, sin que a priori se pueda identificar un patrón. De a cuerdo a lo anterior, sólo se puede decir que, en general, las altas concentraciones de cloint tendieron a coincidir con anomalías positivas de AESS y negativas de AST, mientras que las más bajas lo hicieron en forma contraria. En general, en las series de AE del AESS en los PPM20 y PPM80 los mayores valores de ésta tendieron a ser negativos en las tres transectas.

Durante el período El Niño, la notable disminución en las AE negativas de AESS en sentido norte a sur en ambos PPM, también se reflejó en el aumento de las concentraciones de la cloint en el mismo sentido, siendo la estación de Arica la que presentó los mayores valores negativos de AE y las menores concentraciones de cloint promedio de toda la serie.

La disminución de los valores negativos de AE de AESS se reflejó primero en la serie de punta Lobos. En esta sección, la AE del PPM20 de AESS y la concentración de cloaint de diciembre de 1997 fueron similares a los obtenidos en

el crucero de septiembre de 2001. En bahía Moreno, en tanto, los valores de AE registradas durante el período El Niño difirieron poco de los valores del resto de la serie. En general, las menores concentraciones pigmentarias no coincidieron con las mayores AE negativas en un mismo período, observándose un desfase hacia el periodo siguiente en la disminución de las concentraciones de cloaint.

La profundidad del máximo de cloa en la franja costera de 1 a 20 mn, en particular en las estaciones de bahía Moreno y Arica, se aprecia un efecto del evento El Niño 97-98, aumentando ésta notoriamente en comparación con los períodos no El Niño. En bahía Moreno, los mayores niveles de profundidad registradas en la serie coincidieron con el mayor valor de AE negativa del PPM20 de AESS. En Arica, en cambio, la ubicación del máximo de cloa en la columna de agua no coincidió, en general, con la mayor AE, si no que se vio desfasada. En esta transecta, los valores de los máximos de cloa se asociaron con la distribución de las AE sólo en algunos periodos de tiempo.

En la estación de 1 mn en particular, debido a la menor profundidad de la columna muestreada no es posible visualizar un efecto más evidente sobre el nivel de profundidad, sin embargo, dado que los máximos se dieron principalmente en superficie, se pude pensar que el evento El Niño no habría influenciado la ubicación del máximo en la columna de agua, en esta estación.

En particular en Arica, los dos valores de AE positivas de AESS a PPM20 correspondieron a los meses de marzo de 2003 y 2004, cruceros donde se midieron altas concentraciones de cloa. Este último crucero (marzo 2004) ambas transectas presentaron las concentraciones más altas de la serie, sin embargo, la AE positiva no alcanzó un valor anómalo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la exploración de las series presentadas se puede indicar una baja asociación entre la ubicación vertical de los máximos de cloa y las AE del AESS a PPM20, dentro del período considerado como normal, 1999 – 2004. Por otra parte, importantes AE de AESS durante el evento el Niño presentaron una clara asociación con la concentración del máximo de cloa. Con respecto a la profundización de la ubicación de este máximo en la columna de agua en este período, se observó una asociación en bahía Moreno, sin embargo, el desfase en la profundización del máximo observado con respecto a las AE en la transecta de Arica no permite generalizar la asociación para esta localidad.

IX. CONCLUSIONES

Los procesos de surgencia se registraron en forma habitual y con diferentes intensidades, a lo largo de toda la franja costera en los cuatro períodos estacionales.

Desde el otoño 2003 al verano 2004, a nivel superficial tanto en el sector oceánico como costero, las distintas variables oceanográficas estudiadas estuvieron dentro de rangos de normalidad.

En el otoño de 2003, la intensidad de los vientos medidos durante el crucero fueron mayores que en igual período de años anteriores, mientras que en primavera estos fueron de intensidad débil y comparativamente de menor intensidad a lo registrado en el período de otoño anterior. En el verano 2004, la intensidad del viento débil a moderada y los índices de surgencia y turbulencia asociados estuvieron dentro del patrón habitual. En todos los períodos estacionales la dirección del viento fue predominantemente del segundo y tercer cuadrante, situación que corresponde a condiciones habituales.

La distribución de la profundidad del 1 mL/L de OD en el sector oceánico estuvo influenciada, principalmente por la presencia de giros ciclónicos y anticiclónicos.

Las concentraciones de OD más altas se registraron en primavera de 2003, sin presentar esta variable una clara estacionalidad durante el período de estudio.

La presencia de algunas anomalías significativas de TSM, SSM y profundidad de la isoterma de 15°C, como también efectos en otras variables, que se registró en áreas localizados del sector oceánico durante los cuatro períodos, se asociaron

principalmente a procesos locales, como mayor o menor intensidad del viento, y a giros de mesoescala, tanto ciclónicos como anticiclónicos.

En el sector oceánico de la mitad sur de la zona, durante el período de verano 2004, los valores de anomalías negativas significativas de TSM y SSM y de profundidad de la isoterma de 15°, como también la profundización del límite superior del mínimo de OD, no se asociaron con algún tipo de giro, sino que lo hicieron con un desarrollado núcleo de ASAA presente debido a otro proceso que no pudo se definido.

A nivel superficial, la distribución de clorofila a (cloa) en el período mayo 2003 marzo 2004 presentó focos eutróficos de restringida extensión latitudinal entre otoño y primavera, observándose en este último período elevadas concentraciones de feopigmentos, situación inusual. Las estaciones de otoño y primavera 2003 mostraron una disminución de las concentraciones de cloa con respecto al mismo período de 2002, lo que se reflejó en las distribuciones de clorofila integrada (cloint).

Las mayores concentraciones pigmentarias del presente período de estudio se observaron en verano 2004, correspondiendo además a las concentraciones más altas observadas en la serie completa.

La temperatura, salinidad, OD y cloa en la vertical de las estaciones fijas en el período otoño 2003 y verano 2004 no mostraron signos de anormalidad. Sin embargo, la temperatura de las tres estaciones desde el verano 2003 fue aproximadamente 1°C mayor en comparación al resto de la serie, mientras que en salinidad, el rango de valores fue menor. Lo anterior podría ser consecuencia del evento El Niño 2002-03, pero esto no es concluyente pues el sector oceánico tuvo condiciones oceanográficas normales. Por otra parte, los meses de verano de

2004 presentaron los valores de cloa más altos de la serie completa, condición que fue observada también en el crucero del período respectivo.

El análisis integrado de la información de los huevos y larvas de anchoveta y la temperatura indica que el ictioplancton se presentó principalmente en zonas aledañas a los focos surgentes y asociada a diferenciales térmicos moderados. En este sentido diversos autores que han estudiado la distribución y abundancia del ictioplancton y de ejemplares adultos de anchoveta en la zona norte (Braun ***et al.*** (2004); Silva ***et al.*** (2003); Oliva ***et al.*** (2002); Mimica, (2000); Yáñez ***et al.*** (1995), entre otros) han llegado a conclusiones similares. También debe destacarse que tanto huevos como larvas muestran una clara preferencia por la temperatura de 15-16°C (en los meses otoño e invierno), dichos resultados son semejantes a los descritos por Braun ***et al.*** (2004 y 2003), Oliva ***et al.*** (2002) y Castillo ***et al.*** (2000). A su vez en los meses de verano y primavera el rango predilecto es de 18-20°C, en este sentido Silva ***et al***. (2003), señalan la TSM promedio de pesca para ejemplares adultos es de 20°C en los meses de verano.

De manera general, se puede indicar que los mayores focos del ictioplancton se concentran en tres áreas: la primera esta localizada frente al puerto de Arica; el segundo núcleo se ubica en los alrededores de Pta. Lobos y es el foco principal en términos espaciales y temporales y que además presenta las mayores densidades de huevos y larvas y un tercer sector se emplaza frente al puerto de Antofagasta y que se caracteriza por su extensión bastante costera, lo que es similar a lo descrito por Braun ***et al***., 2004).

En otoño y para ambos estadios de desarrollo, las más bajas frecuencias de estaciones positivas se registraron en otoño de 1998, asociadas a la presencia de El Niño 1997/98 en la zona de estudio, la cual se caracterizó por una modalidad

eminentemente costera en la postura y un rango latitudinal que no excedió los 21´00´S en el caso de los huevos y los 22°20´S, para las fases larvarias.

Los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel, analizados a través de los diferentes índices utilizados, revelan ausencia de huevos y larvas durante el otoño de 2003, situación que se ha venido presentando desde el otoño de 1993 a la fecha, y con la única excepción del año 1997, donde se reconocieron registros positivos a huevos de jurel.

Con respecto a caballa, destaca el otoño de 1998 como el más importante de la serie 1993-2003 tanto para huevos como para larvas de esta especie. Durante los últimos 4 años no ha existido reconocimiento positivo a fases de desarrollo de caballa.

En invierno de 2003, los huevos de anchoveta exhiben con respecto al invierno de 2002, una disminución que se traduce en un porcentaje de cambio igual a -19,6%. Por su parte las fases larvarias experimentan un importante incremento, con una tasa de cambio igual a 77,3%.

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas utilizadas como un índice de la concentración del desove, muestran con respecto al invierno de 2002, un decremento para la fase de huevos igual a 12%, observándose para las fases larvarias un incremento igual 81,9%.

En invierno de 2003, no hubo presencia de larvas de sardina y los niveles de abundancia promedio exhibidos por el estadio de huevos respecto al invierno precedente presenta una disminución en su intensidad y en su cobertura geográfica, lo que se reflejó en porcentajes de cambio iguales a 65,7% y 68,5%, respectivamente.

En la primavera de 2003 se verificó la misma tendencia decreciente para ambas fases de desarrollo, exhibiendo con respecto a la primavera de 2002, disminuciones en sus niveles de abundancia iguales a -19,6% y 21,4% para huevos y larvas, respectivamente, constituyéndose la primavera de 2003 en el séptimo registro más importante de la serie 1983-2003, en términos de abundancia total de huevos.

Las densidades promedio por estaciones positivas utilizadas como un índice de la concentración del desove, muestran con respecto a la primavera de 2003, un incremento para la fase de huevos igual a 54,9%, observándose para las fases larvarias un leve decremento igual 4,6%.

La estimacion de la intensidad del desove para el presente período estacional, muestra con respecto al verano de 2003 la misma situación antes descrita, vale decir, una disminucion tanto de huevos como de larvas de anchoveta, con tasas de cambio iguales a 91% en el caso de los huevos y de 86 % en el caso de las larvas.

Durante el verano de 2004 no se registraron larvas de sardina, observándose el último valor en el indice de abundancia larval para esta especie durante el año 2003, período en el que se estimó uno de los índices más bajos para esta especie, manteniéndose de igual forma desde el año 2000.

La anchoveta fue la especie mas frecuente y abundante, representando entre el 52,6 y 82,0% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en la primavera (MOBIO 0312) (82,0%) y similar a la registrada en otoño (MOBIO 0305) (81,6%) e invierno (MOBIO 0308) (79,4%). En el verano (MOBIO 0403) la anchoveta presentó la importancia relativa menor con un 54,6%. En los cuatro cruceros analizados en el presente caso, la anchoveta se distribuyó similar al patrón general, aunque en invierno no se apreció la típica forma de cuña las

concentraciones tendieron a ser más densas en sectores costeros en los periodos primaverales y estivales.

En los cuatro cruceros analizados en el presente caso, el índice de cobertura (IC) de anchoveta, presentó un sostenido crecimiento, variando entre 7,5% en el otoño a 10,3% en la primavera y 10% en el verano del 2004.

Los ID mayores se presentaron en invierno (324,4 t/mn^2) y primavera (391,4 t/mn^2) mientras que el menor se presentó en verano con 102,9 t/mn^2. Estacionalmente los ID de verano y otoño fueron inferiores a los registrados el año anterior (2003 y 2002), mientras que en invierno y primavera se aprecia una tendencia de crecimiento, alcanzándose en el invierno el mayor ID de la serie.

Al emplear modelos aditivos generalizados quedó en evidencia la relación no lineal entre algunos de los factores de localización y oceanográficos y la presencia y densidad de huevos y larvas de anchoveta en la zona norte del país.

Asimismo, el análisis integrado de los cruceros estacionales, indica que las mayores probabilidades de éxito de encontrar huevos y larvas de anchoveta junto con las mayores densidades correspondieron al mes de septiembre, período asociado al desove de la especie.

En oposición al patrón oceánico, los vientos en las estaciones costeras presentan los máximos en el verano y los mínimos en el invierno.

Los eventos de ENSO pueden afectar dramáticamente a estas poblaciones y comúnmente se asocia con efectos perjudiciales duraderos en la anchoveta. Sin embargo El Niño causa perturbaciones a corto plazo en la dinámica de la

anchoveta de la cual se parece recuperarse algo rápidamente en el plazo de un o dos años durante las fases siguientes de La Niña.

En la frecuencia estacional, los promedios estacionales de la participación de AST, ASAA y AESS, por sector de cada transecta, no registraron diferencia significativa (p=0,05).

En la frecuencia interanual, el AST y AESS registraron importantes variaciones de participación durante los eventos El Niño, presentando aumentos la primera y disminuciones la segunda, siendo las más importantes aquellas observadas durante El Niño 1997-98. Los períodos La Niña no provocaron necesariamente disminuciones de participación del AST y aumentos en la AESS.

La serie de porcentajes de participación de AST, con un desfase de tres meses, tuvo una correlación significativa mayor a 0,6 (p=0,05) con la variación de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W).

La serie de porcentajes de participación de ASAA, con un desfase de tres meses, no tuvo correlación significativa con la variación de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W).

La serie de porcentajes de participación de AESS, con un desfase de tres meses, tuvo una correlación significativa mayor a 0,4 (p=0,05) con la variación de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W), principalmente en las transectas T5 y T3 y en el sector Este.

En el análisis interanual, las concentraciones pigmentarias superficiales disminuyeron considerablemente durante el evento El Niño 1997-98 con respecto

a los períodos considerados normales, no obstante lo anterior se observaron núcleos de pigmento de concentraciones eutróficas en forma localizada.

La primera evidencia de normalización de los niveles de cloa, luego del período Niño 1997-98, se presentó en el otoño de 1998, recuperándose completamente en el invierno siguiente, tanto en las concentraciones pigmentarias como en su distribución.

Dentro del período 1999 – 2004, considerado como No Niño, se observó una baja asociación entre las AE de PAO del AESS a PPM de 20% con la concentración de los máximos de cloa y con la ubicaron de éstos.

Las AE negativas de los PAO de AESS durante el evento El Niño presentaron una clara asociación positiva con la concentración del máximo de cloa.

Durante el evento El Niño, se observó una asociación positiva entre la profundidad de ubicación del máximo de cloa en la columna de agua y la AE de PAO de AESS en bahía Moreno. El desfase en la profundización del máximo de cloa con respecto a las AE en la transecta de Arica no permite generalizar la asociación para esta localidad.

Las series de cloaint promedio de las estaciones de las primeras 20 mn, correspondientes a las estaciones de bahía Moreno, punta Lobos y Arica, no presentaron una variación estacional característica.

Las concentraciones más bajas de cloaint no coincidieron con las mayores AE negativas de PAO de AESS en el período El Niño, sin embargo, la cloaint presentó un aparente desfase de las mínimas concentraciones hacia el período siguiente.

X. BASE DE DATOS

La estructura de las bases de datos, con toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del proyecto FIP 2003 - 01 “Monitoreo de las condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2003”, se encuentra almacenada en registros magnéticos. Los archivos y el formato de grabación de cada una de las componentes del proyecto se detallan a continuación.

1. Datos oceanográficos y meteorológicos

La información oceanográfica y meteorológica de cada una de las estaciones bio - oceanográficas realizadas durante los cruceros de monitoreo, se encuentran en los siguientes archivos: **CRUCE460**, **CRUCE464**, **CRUCE465** y **CRUCE467**, cuyo formato de grabación (Formulario de codificación), corresponde a una modificación del formato **NODC**. El formato **IFOP** está compuesto por un registro de identificación y varios registros de información:

a) Registro de identificación

Campo	Columna de inicio	Formato
país	1	E 2
buque	3	A 2
latitud grados	5	E 2
minutos	7	R 3.1
longitud grados	10	E 2
minutos	13	R 3.1
marsden	16	E 3
año	19	E 2
mes	21	E 2
día	23	E 2
hora local	25	R 3.1
institución	28	E 2
crucero	30	E 3
estación	33	A 3
prof.ecosonda	36	E 4
máxima profundidad	40	E 2
n° observaciones	42	E 2
trans. Secchi	44	E 2
dirección olas	46	E 2
altura olas	48	E 1
período olas	49	E 1
dirección viento	50	E 2
velocidad viento	52	E 2
presión barométrica	54	R 3.1
bulbo seco	57	R 3.1
bulbo húmedo	60	R 3.1
tiempo	63	E 2

Campo	Columna de inicio	Formato
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
identificación	1	35 (Repetición)
profundidad (m)	36	E 4
temperatura (°C)	40	R 4.2
salinidad	44	R 5.3
oxígeno (ml/l)	49	R 4.4
control	80	E 1

Observaciones:

Formato tipo: A n: Alfanumérico

E n: Entero

R n: Real sin el punto (ej. 34.356 en formato R 5.3 es 34356

n: Número de columnas

Columna 28 y 29 - códigos institución : 01=SHOA, 02=IFOP, 03=UCV, 04=SSP y 05=otros

Columna 76 - códigos del tipo de datos: B = botellas, C = CTD

Columna 80 - código control : 1 identificación de la estación y 2 último dato observado

Los datos meteorológicos se encuentran codificados de acuerdo las normas y códigos del NODC.

2. Pigmentos vegetales

La información de pigmentos vegetales de cada una de las estaciones bio-oceanográficas que se realizaron durante los cruceros estacionales de monitoreo 2003/2004, se almacenaron en los siguientes archivos:

Cru-461-clo.xls, Cru-464-clo.xls, Cru-465-clo.xls, Cru-467-clo.xls, para los cruceros de otoño, invierno y primavera 2003 y verano de 2004, respectivamente, y cuyo formato de grabación se detalla a continuación.

Descriptor

Crucero de otoño	cru-461- clo
Crucero de invierno	cru-464- clo
Crucero de primavera	cru-465- clo
Crucero de verano	cru-467- clo

Nombre del archivo

cru-461- 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
Columna F	clot	clorofila total en µg/L

3. Datos de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila a en las estaciones fijas

La información de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila a en las estaciones fijas de vigilancia mensual, de las localidades de Arica, Iquique y Mejillones para el período mayo 2003 a mayo 2004, se entrega en los siguientes archivos:

Datos de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila a en las estaciones fijas.

La información de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila a en las estaciones fijas de vigilancia mensual, de las localidades de Arica, Iquique y Mejillones para el período mayo 2003 a mayo 2004, se entrega en los siguientes archivos:

FIJAS FIP2003-01-FISICA.XLS : Temperatura y salinidad

FIJAS FIP2003-01-QUIMICA.XLS : Oxígeno disuelto y clorofila

Descriptor: FIJAS FIP2003-01-FISICA.XLS

Columna A : estación fija
Columna B: profundidad
Columna C: temperatura
Columna D: salinidad
Columna E: día
Columna F: mes
Columna G: año

Descriptor: FIJAS FIP2003-01-QUIMICA.XLS

Columna A : estación fija
Columna B: profundidad
Columna C: oxígeno
Columna D: clorofila
Columna E: día
Columna F: mes
Columna G: año

Estación fija: 100 = Arica 200 = Iquique 300 = Mejillones

4. Registros de Huevos y Larvas de Peces

La información ictioplanctónica de cada una de las estaciones realizadas durante los cruceros estacionales de monitoreo 2003/2004, se almacenaron en los siguientes archivos:

Otoño: Cru461, Invierno: Cru464, Primavera: Cru465 y Verano: Cru467, y cuyo formato de grabación se detalla a continuación:

Columna	Tipo de información
1	Código estación
2,3,4	Año, Mes y día
5 y 6	Hora estación: hora, minutos
7	Latitud grados
8	Latitud minutos
9	Longitud grados
10	Longitud minutos
11	Código Red
12	Abertura de mallas de la red, en micras
13	Profundidad (m)
14	Código flujómetro
15	N° Final Revoluciones
16 y 17	Tiempo Calado minuto, segundo
18 y 19	Tiempo Virado minuto, segundo
20	Metros Cable arriado
21	Angulo cable
22	Temperatura 0m (°C)
23	Salinidad 0m (ups)
24	Huevos de Sardina
25	Huevos de Anchoveta
26	Huevos de Jurel
27	Huevos de Caballa
28	Huevos de otras especies
29	Larvas de sardina
30	Larvas de Anchoveta
31	Larvas de Jurel
32	Larvas de Caballa
33	Larvas de otras especies
34	Biomasa zooplanctónica

5. Registros Acústicos

La base de datos acústicos está organizada por una carpeta por cada crucero. En cada carpeta hay dos grupos de archivos cuyos nombres son del tipo:

Biomaxxx.dat	Contiene los datos de las lecturas acústicas
Posicxxx.dat	Contiene los datos de posición de as UBMs

donde : xxx representa el número de la transecta.

La descripción de los datos en los archivos tipo Biomaxxx.dat es la siguiente:

Columna	Tipo	Longitud	Decimales	Descripcion
1	Numérico	3	0	Número de la UBM
2	Numérico	1	0	Especie (Nota 1)
3	Numérico	1	0	Agregacion (Nota 2)
4	Numérico	1	0	Ecosonda (Nota 3)
5	Numérico	3	0	Prof. Superior (m) de la agregacion
6	Numérico	3	0	Prof. Inferior (m) de la agregacion
7	Numérico	7	0	Lectura acústica - Sa (m^2/mn^2)

Nota 1: Especie: 0 = Otros
1 = Sardina
2 = Jurel
3 = Anchoveta
4 = Caballa

Nota 2: Agregación: 1 = Cardumen
2 = Estratos
3 = Disperso
4 = individual

Nota 3: Ecosonda: 1 = 38 KHz
2 = 120 KHz
3 = 200 KHz

Del mismo modo, la descripción de los datos en los archivos tipo Posicxxx.dat es la siguiente:

Columna	Tipo	Longitud	Decimales	Descripcion
1	Numérico	3	0	Número de la UBM
2	Numérico	8	0	Fecha (AAAAMMDD)
3	Numérico	8	0	Hora (HHMMSSss)
4	Numérico	7	2	Latitud (GGMM.mm)
5	Caracter	1		N = Norte S = sur
6	Numérico	8	2	Longitud (GGGMM.mm)
7	Caracter	3		E = Este W = West

A : Año
M : Mes /Minuto
D : Día
G : Grados de Latitud / Longitud
S : Segundo
m : décimas de minuto
s : décimas de segundo

La información concerniente al monitoreo acústico de los cruceros estacionales de monitoreo están contenidos en dos tipos de archivos: Bioma y Posic.

6. Ictioplancton mensual

La información ictioplanctónica obtenida en forma mensual desde Mayo de 1997 a Mayo de 2004 en las estaciones fijas de vigilancia mensual de Arica, Iquique y Mejillones, se encuentra almacenada en el archivo baseictiocostera.xls, cuyo formato de grabación es el siguiente

Columna	Tipo de información
A	Mes
B	Fecha
C	Huevos de sardina
D	Huevos de anchoveta
E	Huevos de jurel
F	Huevos de caballa
G	Larvas de sardina
H	Larvas de anchoveta
I	Larvas de jurel
J	Larvas de caballa

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcocer, C, R. Kelly, M. Méndez, J. Carreño & J. Blanco. 1988. Algunas Alteraciones climáticas y oceanográficas asociadas al evento El Niño. 1987. Cienc. Tecnol. Mar, 12: 89-107.

Alamo, A. V. & Bouchon, M. (1987). Changes in the food and feeding of the sardine (Sardinops sagax sagax) during the years 1980–1984 off the Peruvian coast. Journal of Geophysical Research, 92, 14411-14415.

Alheit, J. & Bernal, P. (1993). Effects of physical and biological changes on the biomass yield of the Humboldt Current Ecosystem. In K. Sherman, L. Alexander et al. (Eds.) Large Marine Ecosystems : Stress, Mitigation and Sustainability. (pp. 53-68). Washington, DC: AAA Press.

Alheit, J. & Niquen, M. (2004). Regime shifts in the Humboldt Current ecosystem. Progress In Oceanography, 60, 201-222.

Allan, R. J. (2000). ENSO and climatic variability in the last 150 years. In H. F. Diaz & V. Markgraf (Eds.) El Nino and the Southern Oscillation: Multiscale Variability, Global and Regional Impacts (pp. 3-55). New York: Cambridge Univ. Press.

Aitchison, J., & J. A.C. Brown. 1957. The lognormal distribution. Cambridge University Press, Cambridge, MA. 387 p.

Arakawa, A. & Lamb, .R. (1977). Methods of Computational Physics. Academic Press.

Augustin, H.N. D.L. Borchers, E.D. Clarke, S.T. Buckland & M. Walsh. 1998. Spatiotemporal medelling for the annual egg production method of stock assessment using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat .Sci.* 55: 2608-2621.

BAC 152. Boletín de Alerta Climático. Mayo 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur.

Bakun, A. & Nelson, C. S. (1991). The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. Journal of Physical Oceanography, 21, 1815-1834.

Bakun. A. and R. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Perú current systems. CalCOFI rep., Vol XXIII, 99-112.

Bakun, A. (1985). Comparative estudies and the recruitment problem: Searching for generalizations. CalCOFI Rep., XXVI.

Barber, R. (1988). The ocean basin ecosystem. In J. J. Alberts & L. R. Pomeroy (Eds.) Concepts of Ecosystem Ecology (pp. 166-188). New York: Springer-Verlag.

Barría, P.; A. Aranis; S. Mora; G. Böhm., V. Catasti; G. Muñoz, H. Peña; C. González, F. Vejar y S. Núñez. 2001. Monitoreo de las capturas de jurel, 2000. Informe Final Proyecto FIP Nº 2000-02 123 pp + figura.

Barbieri, M. A., E. Yáñez, M. Farías y R. Aguilera. 1989. Determination of probable fishing areas for albacore in Chile's central zone. *In*: IGARSS'89, Quantitative Remote Sensing: An Economic Tool for the Nineties, IEEE Publ., Vol. 4: 2447-2450.

Barbieri, M., M. Bravo, M. Farías, A. González, O. Pizarro y E. Yáñez. 1995. Fenómenos asociados a la estructura térmica superficial del mar observados a través de imágenes satelitales en la zona norte de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 23:99-122.

Battisti, D. S. (1988). Interannual variability in the tropical atmosphere-ocean models. In M. E. Schlesinger (Ed.), Climate Ocean Dynamics Mass.: Kluwer Acad., Norwell.

Behrenfeld, M. J., Randerson, J. T., McClain, C. R., Feldman, G. C., Los, S. O., Tucker, C. J., Falkowski, P. G., Field, C. B., Wayne, R. F., Esaias, E., Kolber, D. D. & Pollack, N. H. (2001). Biospheric Primary Production During an ENSO Transition. Science, 291, 2594-2597.

Bjerknes, J. (1966). Possible Response of the Atmospheric Hadley Circulation to Ecuatorial Anomalies of Ocean Temperature. Tellus, 18, 820-829.

Bjornsson, H. & Venegas, S.A. (1997). A Manual for EOF and SVD Analysis of Climatic Data. Montréal, Québec: McGill University.

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

Blanco, J. L. & M. Díaz. 1985. Características oceanográficas y desarrollo de El Niño 1982-83 en la zona norte de Chile. Invest. Pesq. (Chile) 32: 53-60.

Blanco, J. L., H. Reyes & A. Vega. (1992)a. Condiciones oceanográficas en la zona centro sur de Chile, durante noviembre-diciembre de 1991. En: Estimación de la biomasa del recurso Jurel en la VIII región y cuantificación de las condiciones bio-oceanográficas, Noviembre-Diciembre 1991. Programa de investigaciones pesqueras de recursos pelágicos-zona centro sur. IFOP. Informe a Asociación gremial de industriales pesqueros región del Bio-Bio. 33 pp.

Blanco, J. L., H. Reyes & A. Vega. (1992)b. Condiciones oceanográ¬ficas en la zona norte de Chile durante Febrero-Marzo de 1992. En: Monitoreo mensual de la distribución y abundancia de recursos pelágicos y de las condiciones bio-oceanográfica, zona norte. Febrero-Marzo 1992. Programa de Evaluación Directa de recursos pelágicos zona norte. IFOP. Informe a Empresas Pesqueras Zona Norte. 47 pp.

Blanco, J. L., H. Reyes & A. Vega.. (1992)c. Condiciones oceanográ¬ficas en la zona norte de Chile durante Junio 1992. En: Monitoreo mensual de la distribución y abundancia de recursos pelágicos y de las condiciones bio-oceanográfica, zona norte. Programa de Evaluación Directa de recursos pelágicos zona norte. IFOP. Informe a Empresas Pesqueras Zona Norte. 41 pp.

Blanco, J. L. A. C. Thomas, M. E. Carr & P. T Strub. 2001. Seasonal climatology of hidrographics conditions in the upweling region off nortern Chile. J. Geophis, Res., 106, C6, 11451-11467.

Blanco J. L., M. Carr, A. Thomas & P. Strub, 2002. Hidrographic conditions off northen Chile during the 1996-1998 La Niña and El Niño events. J. Geophis, Res., 107, C3.

Bograd, S., Chereskin, T. K. & Roemmich, D. (2001). Transport of mass, heat, salt, and nutrients in the southern California Current System: Annual cycle and interannual varaibility. Journal of Geophysical Research, 106, 9255-9275.

Braun, M., J. Castillo, J. L. Blanco, S. Lillo, y H. Reyes. 1994. Monitoreo hidroacústico y oceanográfico mensual de los recursos pelágicos de la I y II regiones. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 172 pp + Tablas, figuras y anexos.

Braun, M., J. L. Blanco, J. Osses y J. Castillo. 1998. Monitoreo mensual de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final FIP N°96-07 Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 128 pp + Tablas y Figuras.

Braun, M., J. Blanco, J. Osses, J. Castillo, H. Miles. 1999. Monitoreo acústico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. Informe final FIP 97-02. Instituto de Fomento Pesquero.(Valparaíso, Chile). 145 pp + Tablas y Figuras.

Braun, M.; H. Reyes; J. Osses; J. Castillo; V. Valenzuela; V. Catasti y M. Espejo. 2000. Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final FIP N°99-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). (monitoreo mayo 99 a marzo 2000).

Braun, M.; H. Reyes; J. Osses; J. Castillo y V. Catasti. 2001. Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2000. Informe Final FIP N°2000-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). (mayo 2000 a feb 2001)

Braun, M.; H. Reyes; J. Osses, J. Castillo y V. Catasti. 2002. Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP N°2001-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). (mayo 2001 a feb 2002).

Braun, M.; H. Reyes; V. Valenzuela, E. Pizarro, J. Castillo y V. Catasti. 2004. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2002. Informe Final FIP N°2002-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 183 p + Anexos.

Butler, M., C. LeBlanc, J. Belbin y J. MacNeil. 1990. Cartografía de recursos marinos: un manual de introducción. FAO, documento técnico de pesca Nº 274. 281 p.

Calienes, R., O. Guillén y N. Lostaunau. 1985. Variabilidad Espacio-temporal de clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú-Callao. Vol 10, N°1.

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.

Carr, M.-E., Strub, P. T., Thomas, A. C. & Blanco, J. L. (2002). Evolution of 1996–1999 La Nina and El Nino conditions off the western coast of South America: A remote sensing perspective. Journal of Geophysical Research, 107, 3236.

Carpenter, J.H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. Limnol. And Oceanogr., 10:141-143.

Carrasco, S. & Lozano, O. (1989). Seasonal and long-term variations of zooplankton volumes in the Peruvian Sea, 1964-1987. Callao, Peru.

Castillo, M. 2003. Influencia de oscilaciones oceánicas de origen ecuatorial en las fluctuaciones de baja frecuencia de las corrientes y nivel del mar a lo largo de la costa de Chile central. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 103 pp.

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.. 1995. Relationships between sea surface temperatura, salinity and the pelagic fish distribution off northen Chile. ICES, Inter.. Symp. On Fisheries and Plankton Acoustic, Paper N°157, 13 pp.

Castillo, J., J. Córdoba., M. Espejo, M. Barbieri, V. Catasti, J. Osses, H. Reyes y P. Barría. 2000. Evaluación del reclutamiento de anchoveta en la I y II Regiones. 1999. Proyecto FIP 1999-11. 136 pp.

Chavez, F. P., Ryan, J., Lluch-Cota, S. E. & Ñiquen, M. (2003). From Anchovies to Sardines and Back: Multidecadal Change in the Pacific Ocean. Science, 299, 217-221.

Checkley, D.M., Jr., P.B. Ortner, L.R. Settle, and S.R. Cummings. 1997. A continuous, underway fish egg sampler. Fish. Oceanogr. 6:58-73.

Clarke, A. J. y L. Shu. 2000. Quasi-biennial winds in the far western equatorial Pacific phase-locking El Nino to the seasonal cycle. Geophysical Research Letters, 27(6), 771-774.

Cleveland, R., Cleveland, W., McRae, J. & Terpenning, I. (1990). Seasonal-trend decomposition procedures based on Loess. Journal of official Statistics, 6, 3-73.

Cook, E. R., Meko, D. & Stockton, .. W. (1997). A new assessment of possible solar and lunar forcing of the bidecadal drought rhythm in the western United States. Journal of Climate, 10, 1343-1356.

Davis, C. S., Flierl, G. R., Wiebe, P. H. & Franks, P. J. S. (1991). Micro-patchiness, turbulence and recruitment in plankton. Journal of Marine Research, 49, 109-151.

Denman, K., Hofmann, E. E. & Marchant, H. (1996). Marine biotic responses to environmental change and feedbacks to climate. In J. Houghton & e. al. (Eds.) Climate Change 1995. Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 487-516). Cambridge: Cambridge University Press.

Dorman, C. E., Rogers, D. P., Nuss, W. & Thompson, W. T. (1999). Adjustment of the summer marine boundary layer around Point Sur, California. Monthly Weather Review, 127, 2143-2159.

Dorman, C. E. & Winant, C. D. (1995). Buoy observations of the atmosphere along the west coast of the United States. Journal of Geophysical Research, 100, 16029-16044.

Eastman, J.R. 1995. IDRISI for windows: User's Guide. Clark University, MA-USA, 372 pp.

Ebuchi, N., Graber, H. C. & Caruso, J. (2002). Evaluation of wind vectors observed by QuikSCAT/SeaWinds using ocean buoy data. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 19, 2049-2062.

Einarsson, H. y B.Rojas de Mendiola.1963. Descripción de Huevos y larvas de anchoveta peruana (***Engraulis ringens*** J.) Bol.Inst.Rec.Mar., Callao, 1(1):1-23.

Escribano, R., V. Marín, P. Hidalgo y G. Olivares. 2002. Physical-Biological interactions in the pelagic ecosystem of the nershore zone of the northern Humbold Current System. The Oceanography and Ecology of the Nearshore and Bays in Chile. J. Castilla and J. Largier (Eds). Ediciones Universdad Católica de Chile. Santiago, Chile. p 145 – 175.

Espinoza, P. & Blaskovic, V. (2000). Cambios en la dieta de la anchoveta Engraulis ringens y su influencia en la dinámica de alimentacion. Boletin Instituto del Mar del Peru, 19, 21-27.

Fischer, W.1958. Huevos, crías y primeras prelarvas de la "anchoveta"(***Engraulis ringens***) Jenyns.Rev.Biol.8(1,2 y 3):111-124.

Freilich, M. & Dunbar, R. S. (1999). The accuracy of the NSCAT vector winds: Comparisons with National Data Buoy Center buoys. Journal of Geophysical Research, 104, 11231-11246.

Fuenzalida, R. (1989). Variabilidad temporal de un índice de surgencia para la zona de Iquique (Lat. 20°S). Invest. Cient. y Tec., Serie: Ciencias del Mar, 1, 37-47.

Fuenzalida, R. 1992. Anomalías oceanográficas y meteorológicas durante el desarrollo de El Niño 1991-1992 en la zona de Iquique (20°18'S). Invest. Pesq. (Chile) 37: 67-72, 1992.

Fuenzalida, H. (1971). Climatologia de Chile. Santiago: Departamento de Física y Geodesia, Universidad de Chile.

García, M. 1993. Fluctuaciones ambientales y su relación con pesquerías pelágicas del Pacífico suroriental. Tesis para optar al título de Ingeniero Pesquero. Esc. Cs. del Mar, UCV. Valparaíso. 104 pp.

Garreaud, R. D., Rutllant, J. & Fuenzalida, H. (2002). Coastal Lows along the Subtropical West Coast of South America: Mean Structure and Evolution. Monthly Weather Review, 130, 75-88.

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.

Graham, N. E. & White, W. G. (1988). The El Nino Cycle: A Natural Oscillator of the Pacific Ocean-Atmosphere System. Science, 240, 1293-1302.

Hare, S. & Mantua, N. J. (2000). Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. Progress in Oceanography, 47, 103-145.

Hastie, T. J. & R. Tibshirani, 1990. Generalized Aditive Models. London. Chapman and Hall.

Hayward, L., Baumgartner, T. R., Checkley, D. M., Durazo, R., Castro, G. G., Hyrenbach, K. D., Mantyla, A. W., Mullin, M. M., Murphree, T., Schwing, F. B., Smith, E. P. & Tegner, M. J. (1999). The state of the California Current in 1998-1999: Transition to cool-water conditions. CalCOFI Reports, 40, 29-62.

Hellerman, S. & Rosenstein, M. (1983). Normal Monthly Wind Stress Over the World Ocean with Error Estimates. Journal of Physical Oceanography, 13, 1093-1104.

Holton, J. & Lindzen, R. S. (1972). An updated theory for the quasi-biennial oscillation of the tropical stratosphere. Journal of Atmospheric Science, 29.

Hormazabal, S., Shaffer, G., Letelier, J. & Ulloa, O. (2001). Local and remote forcing of sea surface temperature in the coastal upwelling system off Chile. Journal of Geophysical Research, 106, 16657-16671.

Hormazábal, S. 1994. Características de la circulación oceánica y costera frente a Coquimbo Chile (30°S). Tesis para optar al título de Oceanógrafo, Universidad Católica de Valparaíso, 131 pp.

IFOP. 2002. Promedios históricos mensuales de temperatura y salinidad vertical a lo largo de una transecta hasta 100 mn frente a Arica (18°25'S) y Antofagasta (23°40S). Reporte interno para IFOP, Proyecto FIP 2002-01.

IFOP. 2003. Promedios históricos mensuales de temperatura y salinidad vertical a lo largo de una transecta hasta 100 mn frente a Arica (18°25'S) y Antofagasta (23°40S). Reporte interno para IFOP, Proyecto FIP 2002-01.

IMARPE, 2004. http://200.60.133.147/uprsig/sst_prov.html

James, A. G. (1987). Feeding ecology, diet and field-based studies on feeding selectivity of the Cape anchovy Engraulis capensis Gilchrist. South African Journal of marine Science, 5, 673-692.

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.

Jollife, I.T. 2002. Principal Component Analysis. 2nd New York: Springer-Verlag.

Large, W. G., McWilliams, J. C. & Doney, S. C. 1994. Oceanic vertical mixing: A review and a model with a nonlocal boundary layer parameterization. Reviews of Geophysics, 32, 363-403.

Lasker, R. 1978. The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California current: Identification of factors contributing to recruitment fortune. Rapp. P.-V. Reun. Cons. Int. Mer, 173, 212-230.

Lau, K.-M. & Weng, H. 1995. Climate signal detection using wavelet transform: How to make a time series sing. Bulletin of the American Meteorological Society, 76, 2391-2402.

Letelier, J. 1998. Estudio de la variabilidad de los eventos de surgencia, entre Arica (18°19'S;70°19'W) y Tocopilla (22°05'S;70°11'W), observado en imágenes satelite durante febrero y marzo de 1991 Y 1992. Tesis para optar al título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Católica de Valparaíso.

Loeb, V. J. & Rojas, O. (1988). Interannual variation of ichthyoplankton composition and abundance relations off northern Chile, 1964-83. Fisheries Bulletin Us, 86, 1-24.

Lohrenz, S. E., D. Wiesenburg, I. P. DEPalma, K. S. Jhonson y D. E. Gustafson, Jr. 1988. Interrelationships among primary production, cholophyll, and environmental conditions in frontal regions of the western Mediterranean Sea. Deep-Sea. Res. 35(5):793-810.

Mann, M. E. & Park, J. (1996). Joint spatio-temporal modes of surface temperature and sea level pressure variability in the Northern Hemisphere during the last century. Journal of Climate, 9, 2137-2162.

Mantua, N., Hare, S. R., Zhang, Y., Wallace, J. & Francis, R. C. (1997). A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. Bulletin of the American Meteorological Society, 78, 1069-1079.

Mantua, N. (2004). Methods for detecting regime shifts in large marine ecosystems: a review with approaches applied to north Pacific data. Progress In Oceanography, 60, 165-182.

Maruyama, T. (1997). The quasi-biennial oscillation(QBO) and equatorial waves - a historical review. Meteorology and Geophysics, 48, 1-17.

Maravelias, C. y D. Reid. 1995. Relationship between herring (***Clupea harengus***) distribution and sea surface salinity and temperature in the northern North Sea. Sci. Mar., 59: 427-438.

Mamayev, O. I.. 1975. Water masses of the south East Pacific Ocean. En: R. Fraser, (ed.). Oceanography of the South Pacific 1972. Papers presented at the International Symposium on the Oceanography of the South Pacific, Wellington, New Zealand, 9–12 February 1972. Wellington, New Zealand National Commission for UNESCO, pp. 71–99.

McPhaden, M. 1999. Genesis and evolution of the 1997-1998 El Niño, Science, 283: 950- 954.

McCreary, J. P. (1983). A model of tropical ocean-atmosphere interaction. Monthly Weather Review, 111, 330-387.

McCullagh, P. & J. A. Nelder. 1983. Generalized Linear Models. New York:Chapman and Hall. 261.p.

Marín V. y C. Moreno. 2002. Wind driven circulation and larval dispersal: a review of its consequences in coastal benthic recruitment. The Oceanography and ecology of the nearshore and bays in Chile. Juan C. Castilla and Jhon L. Largier (eds). Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile, 2002, p47-63.

Martínez, C., L. Caballero, G. Bohm, J. Oliva, R. Gili, V. Bocio, P. Barría y R. Serra. 1992. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales: Pesquerías pelágicas zona norte. CORFO – IFOP, Chile, SGI-IFOP. 92 / 1, 51 pp.

Martinez, C., L. Caballero, G. Böhm, J. Oliva, V. Fernandez, S. Peña, R. Gili, H. Hidalgo, P. Barria, R. Serra y M. Nilo. 1995. diagnóstico de las principales pesquerías pelágicas zona norte 1994. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP. Chile. 135 p.

Martínez, C., G. Böhm, L. Caballero, A. Aranis, M. Cortéz, E. Díaz, F. Cerna, V. Bocic, L. Muñoz, A. López, C. Canales, Z. Young, M. Nilo, E. Palta. 2003. Programa: Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Proyecto: Investigación de la Situación de la Pesquería Pelágica de la Zona Norte, 2003. Convenio SUBPESCA - IFOP. Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile.

Menge, B. A., Sanford, E., Daley, B. A., Freidenburg, T. L., Hudson, G. & Lubchenco, J. 2002. An interhemispheric comparison of bottom-up effects on community structure insights: revealed using the comparative-experimental approach. Ecological Research, 17, 1-16.

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.

Mimica, V. 2000. Distribución espacio-temporal de recursos pelágicos (*Engraulis ringens* y *Sardinops sagax*) explotados en la zona norte de Chile y su asociación con la estructura térmica superficial del mar en el período 1987-1992. Tesis, Esc. Cs. del Mar, UCV. Valparaíso. 94 pp.

Montecinos, A. 1991. Efecto del Fenómeno El Niño en los vientos favorables a la surgencia costera en la zona norte de Chile. Valparaiso: Departamento de Oceanografia, Universidad Católica de Valparaíso.

Morales, C.; J. L. Blanco; M. Braun; H. Reyes and N. Silva. (1996). Chorophyll-a distribution and associated oceanographic conditions in the upwelling region off Chile during the winter and spring 1993. Deep-Sea Research I; Vol. 43, Nº3, pp. 267-289.

Morales C. E., S. Hormazabal & J. L. Blanco. 1999. Interannual variability in the mesoscale distribution of the upper boundary of the oxigen minimun layer off northern Chile (18°-24°S). implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. J. Mar. Res. 57. 909-932.

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 secuence (1990-1995). Invest. Pesq., Valparaíso: 24, 77-96.

Morales C. E., S. Hormazabal and J. L. Blanco. 1999. Interannual variability in the mesoscale distribution of the upper boundary of the oxigen minimun layer off northern Chile (18°-24°S). implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. J. Mar. Res. 57. 909-932.

Morales C. E., J. L. Blanco, M. Braun and N. Silva. 2001. Chlorophyll-a distribution and mesoscale physical process in upwelling and adjacent oceanic zones off northern Chile (summer-autumn 1994). J. Mar. Biol. Ass. U. K., 81,193-206.

Murtugudde, R., eauchamp, J. & Busalacchi, A.J. 1999. Penetrative Radiation: Observations Requirements. St. Raphael.

Nakamura, H. & Yamagata, T. 1999. Recent decadal SST variability in the Northwestern Pacific and associated atmospheric anomalies. In A. Navarra (Ed.), Beyond El Nino: Decadal and Interdecadal Climate Variability (pp. 49-72). Springer.

Neter J., W. Wasserman & M. Kutner. 1990. Applied Linear Statistical Models. 3rd ed. R. D. IRWIN, INC. 1181 p.

NOAA, 2003. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/.

NOAA, 2004. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/.

NODC. 1991. Key to Oceanographic Record Documentation N°14. National Oceanographic Data Center. NOAA. USA.

Oliva, J., C. Montenegro, M. Braun, O. Rojas, E. Díaz, V. Catasti, H. Reyes y P. Barría. 2002. Evaluación del stock desovante de anchoveta a través del método de producción de huevos. Año 2001. Informe Final Proyecto FIP Nº 2001-10. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso.

Ortiz, P. 1998. Fluctuaciones espacio temporales de las características físicas y químicas del agua de mar frente a Coquimbo. (30°S). Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 86 pp.

Parsons, T.R., y. Maita y C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergoamon Press 173 pp.

Pazan, S. E., White, W. B., Inoue, M. & O'Brien, J. J. (1986). Off-equatorial influence upon Pacific equatorial dynamic height variability during the 1982 – 83 El Nino/Southern Oscillation event. Journal of Geophysical Research, 91, 8437-8449.

Pennington. M. 1983. Efficient estimators of abundance for fish and plankton surveys. Biometrics 39:281-286.

Peterman, R. M. & Bradford, M. J. (1987). Wind speed and mortality rate of a marine fish, the northern anchovy (Engraulis mordax). Science, 235, 354-356.

Pettiagiani, E., H.Karszenbaum y M. Mejail.1992. Análisis de imágenes satelitarias de temperaturas superficiales mediante funciones empíricas ortogonales en la zona común de pesca argentino-uruguaya. Revista SELPER, 8(1):43-48.

Philander, S.G.(1990. El Niño, La Nina and the Southern Oscillation. San Diego: Academic Press.

Pickett, M. H. & Paduan, J. D. 2003. Ekman transport and pumping in the California Current based on the U.S. Navy's high-resolution atmospheric model (COAMPS). Journal of Geophysical Research, 108, 3327-doi:10.1029/2003JC00.

Pickett, M., Schwing, F., Collins, C. A., Rosenfeld, L. K., Paduan, J. D. & Wash, C. H. 2004. Improving Wind-Based Upwelling Estimates off ohe West Coasts of North and South America. NOAA Technical Memorandum NMFS, January 2004, .

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

Pizarro, G., J. Iriarte y V. Montecinos. 2002. Mesoscale primary and bio-optical variability off Antofagasta (23-24ºS) during the transition to El Niño 1997-1998. Revista Chilena de Historia Natural, 75:201-215.

Pizarro, O. 1991. Propagación y forzamiento de perturbaciones de baja frecuencia del nivel del mar en la costa norte de Chile. Tesis para optar al título de Oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 105 pp.

Pizarro, O. 1999. Low frequency fluctuations in the Eastern Boundary Current off South America: Remote and local forcing. Ph. D. Thesis. Earth Sciences Centre, Göteborg, 102 pp.

Power, J. H. y L. N. May. 1991. Satellite observed sea surface temperatures and yellow fin tuna catch and effort in the Gulf of Mexico. Fish. Bull., 89 (3-4): 429-439.

Power, S., Casey, T., Folland, C., Colman, A. & Mehta, V. 1999. Interdecadal modulation of the impact of ENSO on Australia. Climate Dynamics, 15, 319-324.

Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T. & Flannery, B.P. 1992. Numerical recipes in Fortran 77: the art of scientific computing. Cambridge: Cambridge University Press.

PROFC, 2004. Boletín Oceanográfico Diciembre 2003. http://www.profc.udec.cl/boletin

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.

Rieder, K. F., Smith, J. A. & Weller, R. A. 1994. Observed directional characteristics of the wind, wind stress, and surface waves on the open ocean. Journal of Geophysical Research, 99, 22589-22596.

Roberts, J. & Roberts, T. D. 1978. Use of the Buttterworth Low-Pass filter for Oceanographic Data. Journal of Geophysical Research, 83, 5510-5514.

Robles, F., E. Alarcón & A. Ulloa. 1974. Las masas de agua en la región norte de Chile y sus variaciones en un período frío (1967) y en períodos cálidos (1969, 1971-1973). Contribución del Instituto de Fomento Pesquero de Chile en la Reunión de trabajo sobre el fenómeno “El Niño”. Guayaquil, Ecuador, 1974. 145 pp.

Roemmich, D. & McGowan, J. A. 1995. Climatic warming and the decline of zooplankton in the California Current. Science, 267, 1324-1326.

Rojas, R. & N. Silva. 1996. Atlas Oceanográfico de Chile. (18°21’S – 50°00’S). Volumen 1. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. 234 pp.

Rutllant, J., Rosenbluth, B. & Hormazabal, S. (2004). Intraseasonal variability of wind-forced coastal upwelling off central Chile (30°S). Continental Shelf Research, 24, 789-804.

SERNAP. 2001. Anuario Estadístico de Pesca. Serv. Nac. De Pesca, Chile.

Schopf, P. S. & Suarez, M. J. (1988). Vacillations in a coupled ocean-atmosphere model. Journal of Atmospheric Science, 45, 549-566.

Schwartzlose, R. A., Alheit, J., Bakun, A., Baumgartner, T. R., Cloete, R., Crawford, R. J., Fletcher, W. J., Green-Ruiz, Y., Hagen, E., Kawasaki, T., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, S. E., MacCall, A. D., Matsuura, Y., Nevarez-Martinez, M. O. & al, e. (1999). Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. South African Journal of Marine Science, 21, 289-347.

Shaffer G., S. Salinas, O. Pizarro, A. Vega & S. Hormazabal. 1995. Currents in the deep ocean off Chile (30°S). Deep-Sea Res. Vol 42 (4), pp 425-436.

Shaffer G., S. Hormazabal, O. Pizarro & S. Salinas. 1999. Seasonal an interannual variability of currents and temperature off central Chile. J. Geophis, Res., 104, C12. 29951-29961.

Shanks, A. L., Largier, J., Brink, L., Brubaker, J. & Hoff, R. 2000. Evidence for shoreward transport of meroplankton by an upwelling relaxation front. Limnology and Oceanography, 45, 230-236.

Shannon, L.V. & O'Toole, M.J. 1999. Integrated Overview of the Oceanography and Environmental Variability of the Benguela Current Region. Synthesis and Assessment of Information on The Benguela Current Large Marine Ecosystem (BCLME).

Silva, N y D. Konow . 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill. Crucero 3-4. julio agosto 1974. Cienc. y Tec. del Mar, Cona 3: 37 – 42. CONA 3.

Silva, N. & H. Sievers. 1981. Masas de agua y circulación en la región de la rama costera de la Corriente de Humboldt latitudes 18S-33S. Operación oceanográfica MARCHILE X – ERFEN I. Cienc. Tecnol. Mar, CONA 5: 5-50.

Silva N. & R. Rojas. 1984. Presencia del fenómeno El Niño 1982/1983 frente a la costa norte de Chile. Rev. Com. Perm. Pacifico Sur, 15. 121-140.

Silva, N. 1988. Condiciones oceanográficas pre-Niño 1982-1983 (Cruceros MARCHILE XII – ERFEN III y MARCHILE XIII – ERFEN IV). Cienc. Tecnol. Mar, CONA 12: 3-31.

Silva, C. E, Yañez, M.A. Barbieri, K. Nieto, V. Mimica, F. Espíndola y J. Acevedo. 1999. "Exploring the association between small pelagic fisheries and SEAWIFS chlorophyll and AVHRR sea surface temperatue in the north of Chile". In: Proceedings of the Sixth International Conference: Remote sensing for Marine and Coastal Environments, Charleston, South carolina, USA, VOLUMEN II: 81-88.

Silva, C., E. 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.

Simpson,J. J. And T.D. Dickey. 1981. The relationship beetween donward irradiance and upper ocean structure. J. Phys. Oceanogr 11. 309.

Smith P. E., W. Flerx and R. P. Hewitt. 1985. The CalCOFI vertical egg tow (CalVET) net. In: R. Lasker (ed)., An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fisch: application to the northern anchovy, ***Engraulis mordax***. U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 27-32.

Smith, P.E. y S.L.Richardson.1979.Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos.FAO.Doc.Téc.Pesca (175):107 p.

Stéfansson, G. 1996. Analysis of grounfish survey abundance data; combining tha GLM and delta approaches ICES J. Mar. Sci. 53: 577-588

Strub, P., P. Kosro y A. Huyer. 1991. The nature of the filaments in the California Current System. J. Geophys. Res., 96: 14743 – 14768.

Strub, P. T., Mesias, J. M., Montecino, V. & Rutllant, J. 1998. Coastal ocean circulation off western South america. In A. R. Robinson & K. H. Brink (Eds.) The Sea Vol. 11 (pp. 273-313). New York: John Wiley & Sons, Inc..

Thomas, A., J.L. Blanco, M. E. Carr, P. T. Strub y J. Osses. 2001. Satellite-measured chlorophyll and temperature variability off northern Chile during the 1996-1998 La Niña and El Niño. J. Geophys., Res., 106, C1: 899 – 915.

Torrence, C. & Compo, G. (1998). A Practical Guide to Wavelet Analysis. Bulletin of the American Meteorological Society, 79, 61-78.

Torrence, C. & Webster, P. (1999). Interdecadal Changes in the ENSO–Monsoon System. Journal of Climate, 12, 2679-2690.

Tourre, Y. M., Rajagopalan, B., Kushnir, K., Barlow, M. & White, B. W. (2001). Patterns of coherent decadal and interdecadal climate signals in the Pacific Basin during the 20th century. Geophysical Research Letters, 28, 2069-10.1029/2000GL012780.

Ulrych, T. J. & Bishop, T. N. (1975). Maximum Entropy Analysis and Autoregressive Decomposition. Rev. Geophysics and Space Phys., 13, 183-200.

UNESCO, 1981a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°36.

UNESCO, 1981b. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°37.

UNESCO, 1981c. Background papers and supporting data on the International Ecuation of State of Seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.

Van der Lingen, C. D. 2002. Diet of sardine Sardinops sagax in the southern Benguela upwelling ecosystem. South African Journal of Marine Science, 24, 301-316.

White, A. W. & Cayan, D. R. 2000. A global El Niño-Southern Oscillation wave in surface temperature and pressure and its interdecadal modulation from 1900 to 1997. Journal of Geophysical Research, 105, 11223-11242.

White, W. B., Meyers, G. J., Donguy, R. & Pazan, S. E. 1985. Short-term climate variability in the thermal structure of the Pacific Ocean during 1979–1982. Journal of Physical Oceanography, 15, 1917-1935.

White, W. B., Pazan, S. E., Inoue, M. & O'Brien, J. J. 1986. Off-equatorial influence upon Pacific equatorial dynamic height variability during the 1982–83 El Nino/Southern Oscillation event. Journal of Geophysical Research, 191, 8437-8449.

White, W. B., Pazan, S. & Inoue, M. 1987. Hindcast/Forecast of ENSO events based upon the redistribution of observed and model heat content in the western North Pacific, 1984–86. Journal of Physical Oceanography, 17, 264-280.

White, W. B., Tourre, Y. M., Barlow, M. & Dettinger, M. 2003. A delayed action oscillator shared by biennial, interannual, and decadal signals in the Pacific Basin. Journal of Geophysical Research, 108, 3037-doi:10.1029/2002JC00.

Winant, C. D., Dorman, C. E., Friehe, C. A. & Beardsley, R. C.1988. The marine layer off northern California: An example of supercritical channel flow. Journal of Atmospheric Science, 45, 3588-3605.

Yañez, E., A. Gonzalez y M. A. Barbieri. 1995. Estructura térmica superficial del mar asociada a la distribución espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. Invest. Mar., Valparaíso, 23: 123-147.

Yáñez. E., V. Catasti, M. A. Barbieri y G. Böhm. 1996. Relaciones entre la distribución de recursos pelágicos pequeños y la temperatura superficial del mar registrada con satélites NOAA en la zona central de Chile. Invest. Mar, Valparaíso, 24: 107-122.

Yánez, E., C. Silva, M.A. Barbieri y K. Nieto. 1996. Temperatura superficial del mar registrada por satélites NOAA en la pesquería artesanal del pez espada (***Xiphias gladius***) de la zona central de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 24:131-144.

Yañez 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.

Zar, J. 1974. Biostatistical Análisis. Prentice-Hall. 620 p.

Zebiak, S. E. & Cane, M. A. (1987). A model El Nino-Southern Oscillation. Monthly Weather Review, 115, 2262-2278.

FONDO INVESTIGACION PESQUERA 2004

INFORME FINAL

TOMO II

Proyecto FIP
2003-01

Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y II Regiones, año 2003



MAYO
2005

INFORME FINAL

TOMO II

FIP 2003-01

Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2003

• Mayo, 2005 •



REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP
Presidente del Consejo:
Felipe Sandoval Precht

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera:
Mauricio Braun Alegría

Director Ejecutivo:
Guillermo Moreno Paredes

● Mayo, 2005 ●



JEFE DE PROYECTO

MAURICIO BRAUN ALEGRÍA

AUTORES

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

● Mayo, 2005 ●

ÍNDICE TOMO II

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

Anexo 1. Personal participante por actividad.

Anexo 2. Calibración de las imágenes satelitales.

Anexo 3. Archivos Informe Final en PDF y Resúmen Ejecutivo en Word

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros estacionales 2003/2004. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 2. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0305. Otoño 2003.

Figura 3. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0309. Invierno 2003.

Figura 4. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0312. Primavera 2003.

Figura 5. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0403. Verano 2004.

Figura 6. Mapa izquierdo: Área de estudio (línea segmentada en el rectángulo sombreado) y datos de viento obtenidos por satélites (rectángulo sombreado), el símbolo x corresponden a la posición de la boya de Toga-Tao # 32302, área oscura en el continente muestra la elevación sobre 2000 metros de altura. Mapa derecho: es una ampliación sobre el área del estudio, mostrando las estaciones costeras (diamante), las estaciones oceanográficas de los cruceros estacionales (círculo) y la batimetría y elevación de las montañas.

Figura 7. Comparación del viento obtenido por satélites ERS (línea segmentada): costa afuera con la boya TOGA-TAO (línea continúa) (a) velocidad y (b) dirección del viento; cercano a la costa, con la estación meteorológica de Iquique (línea continúa) (c) velocidad y (d) dirección del viento (valores revisados).

Figura 8. Zona de estudio. Los rectángulos indican las bandas latitudinales de donde se obtuvieron las 3 transectas. Los puntos muestran la posición de las estaciones de los cruceros seleccionados.

Figura 9. Ejemplo del área ocupada (achurada) por una masa de agua a un porcentaje de participación mínima (PPM) de a) 80 % y b) 40 % a lo largo de una transecta.

Figura 10. División en sectores y sus correspondientes áreas en que se calcula la superficie ocupada por una masa de agua en una transecta: a) sector Total y b) sectores Este, Centro y Oeste.

Figura 11. División en sectores y sus correspondientes áreas en que se calcula la superficie ocupada por una masa de agua en una transecta: a) sectorTotal Extendido hasta 500 m de profundidad y b) sector Externo.

Figura 12. Areas de comparación de datos superficiales de los cruceros (TSM y SSM) con los promedios históricos (Rojas y Silva, 1996) para seleccionar información a utilizar en el análisis de la variación estacional y espacial. Se indica el número de cuadrícula y el Grado cuadrado (GC) correspondiente a cada transecta.

Figura 13 Dirección e intensidad del viento (m/s) medido en las estaciones bio-oceanográficas en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 14. Dirección e intensidad del viento (m/s) registrado cada una hora sobre el track de navegación en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 15. Indice de surgencia promedio del viento medido cada una hora sobre el track de navegación en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. El promedio se obtiene con los índices de surgencia individuales calculados de las observaciones de viento realizadas dentro de un 1 grado de latitud y hasta 30 mn de la costa. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 16. Indice de turbulencia obtenido del viento medido cada una hora sobre el track de navegación en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 17. Distribución superficial de temperatura (°C) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 18. Anomalías de temperatura superficial del mar (°C) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 19. Espesor de la termoclina (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 20. Temperatura base de la termoclina (°C) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 21. Profundidad base de la termoclina (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 22. Gradiente de temperatura promedio de la termoclina (°C/m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 23. Máximo gradiente de temperatura en la termoclina (°C/m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 24. Profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 25. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 26. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 27. Profundidad de la isoterma de 15°C (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 28. Anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 29. Espesor de la capa de mezcla (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 30. Distribución superficial de salinidad (psu) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 31. Anomalía de salinidad superficial (psu) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 32. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 33. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 34. Anomalía vertical de temperatura (°C) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 35. Anomalía vertical de salinidad (psu) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 36. Densidad superficial del mar (sigma-t) (kg/m^3) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 37. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m^3) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 38. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m^3) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 39. Distribución superficial del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en a) Otoño 2003,b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 40. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 41. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 42. Profundidad de la isolínea de oxígeno correspondiente a la concentración de 1 mL/L, como indicadora del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 43. Distribución vertical de temperatura (°C) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 44. Distribución vertical de salinidad (psu) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 45. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 46. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 47. Diagramas T-S de todas las estaciones agrupadas por transecta en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 48. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 49. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 50. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subantártica (ASAA) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 51. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subantártica (ASAA) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 52. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 53. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 54. Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 55. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Mayo-Agosto 2003.

Figura 56. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Septiembre-Diciembre 2003.

Figura 57. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Enero-marzo 2004.

Figura 58. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Abril-mayo 2004.

Figura 59. Distribución espacial mensual de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Mayo 2003-Mayo 2004.

Figura 60. Distribución de la clorofila a superficial (µg/L) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 61. Distribución de los feopigmentos superficiales (µg/L) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 62. Distribución de la clorofila a integrada (mg/m^2) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 63. Distribución de los feopigmentos integrados (mg/m^2) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 64. Distribución espacial diaria de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente al 16 de mayo. Crucero MOBIO 0305- Otoño 2003.

Figura 65. Distribución espacial de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente al promedio semanal entre el 13 y 18 de septiembre. Crucero MOBIO 0309 - Invierno 2003.

Figura 66. Distribución espacial de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 11 y 18 de diciembre. Crucero MOBIO 0312 - Primavera 2003.

Figura 67. Distribución espacial de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 12 y 17 de marzo. Crucero MOBIO 0403 - Verano 2004.

Figura 68. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) para la estación de Otoño en el período 1993 - 2004. **(cruceros realizados entre 1993 y 1996 sin información de clorofila a)**

Figura 69. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) de Invierno en el período 1993 - 2003. **(cruceros realizados en 1993 y 1996, sin información de clorofila a)**

Figura 70. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) para la estación de Primavera en el período 1993 – 2003. **(cruceros realizados entre 1993 y 1996, sin información de clorofila a).**

Figura 71. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) para la estación de Verano en el período 1993 - 2004. **(cruceros realizados entre 1993 y 1997 sin información de clorofila a)**

Figura 72. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 73. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 74. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 75. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 76. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 77. Distribución batimétrica de la fluorescencia in vivo (volt), en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S), punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 78. Asociación entre la clorofila total (µg/L) versus la profundidad del disco Secchi (m) y el recíproco de ésta (1/m) para los períodos de: Otoño 2003, Invierno 2003, Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 79. Asociación entre la clorofila total (µg/L) versus la temperatura (ºC) y la salinidad (psu) para los períodos de: Otoño 2003, Invierno 2003, Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

Figura 80. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 81. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 82. Distribución de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en otoño de 2003.

Figura 83. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales temperatura, salinidad, densidad (sigma t) y oxígeno disuelto. Crucero MOBIO 0302 - Otoño 2003.

Figura 84. Distribución de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en invierno de 2003.

Figura 85. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto. Invierno 2003.

Figura 86. Distribución de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en primavera de 2003.

Figura 87. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto. Primavera 2003.

Figura 88. Distribución de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en verano de 2004.

Figura 89. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto. Verano 2004.

Figura 90. Distribución y abundancia de Huevos de Sardina, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 91. Distribución y abundancia de Larvas de Sardina, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 92. Distribución y abundancia de Huevos de Jurel, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 93. Distribución y abundancia de Larvas de Jurel, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004

Figura 94. Distribución y abundancia de Huevos de Caballa, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 95. Distribución y abundancia de Larvas de Caballa, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

Figura 96. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Otoño 2003.

Figura 97. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Otoño 2003.

Figura 98. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el otoño de 2003 y las abundancias de huevos de anchoveta en tres de los 4 intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10 y 50-25m).

Figura 99. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el otoño de 2003 y las abundancias de larvas de anchoveta en tres de los 4 intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10 y 50-25m).

Figura 100. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Invierno 2003.

Figura 101. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Invierno 2003.

Figura 102. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el invierno de 2003 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 103. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el invierno de 2003 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 104. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Primavera 2003.

Figura 105. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Primavera 2003.

Figura 106. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante la primavera de 2003 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 107. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante la primavera de 2003 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 108. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Verano 2004.

Figura 109. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Verano 2004

Figura 110. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el verano de 2004 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 111. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el verano de 2004 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

Figura 112. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES y WP-2 Crucero MOBIO 0302. Otoño 2003 – 461(2)03AM.

Figura 113. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES y WP-2 Crucero MOBIO 0303. Invierno 2003 – 464(3)03CP.

Figura 114. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES y WP-2 Crucero MOBIO 0312. Primavera 2003 – 465(4)03CP.

Figura 115. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES y WP-2 Crucero MOBIO 0403. Verano 2004 – 467(1)04CP.

Figura 116. Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta, para el período invierno 1995 – verano de 2004. (línea negra : media móvil, 2 per).

Figura 117. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1993/2003.

Figura 118. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1993/2003.

Figura 119. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Otoño Período 1993-2003.

Figura 120. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Otoño Período 1993-2003.

Figura 121. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en otoño del período 1993/2003.

Figura 122. Estimación de la abundancia promedio de larvas para el período Invierno 1964-2003.

Figura 123. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1993/2003.

Figura 124. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1993/2003.

Figura 125. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Invierno Período 1993-2003.

Figura 126. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Invierno Período 1993-2003.

Figura 127. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los años 1993/2003.

Figura 128. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1993/2003.

Figura 129. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1993/2003.

Figura 130. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Primavera Período 1993-2003.

Figura 131. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Primavera Período 1993-2003.

Figura 132. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta – Arica, en primavera del período 1993/2003.

Figura 133. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1993/2004.

Figura 134. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1993/2004.

Figura 135. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Verano Período 1993-2004.

Figura 136. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, ***Engraulins ringens.*** Cruceros Verano Período 1993-2004.

Figura 137. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta – Arica, en verano de los años 1993/2004.

Figura 138. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000m^3 de agua filtrada). Crucero MOBIO 0302 – Otoño 2003.

Figura 139. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Mobio, otoño 2003.

Figura 140. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000m^3 de agua filtrada). Crucero MOBIO 0303. Invierno 2003.

Figura 141. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO, Invierno 2003.

Figura 142. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica durante los inviernos de los años 1993-2003.

Figura 143. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000m^3 de agua filtrada). Crucero MOBIO 0312 - Primavera 2003 – 465(4)03CP.

Figura 144. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO, Primavera 2003.

Figura 145. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000m^3 de agua filtrada). Crucero MOBIO 0403 - Verano 2004 – 467(1)04CP.

Figura 146. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0403 - Verano 2004.

Figura 147. Relaciones entre la densidad de huevos de anchoveta y el gradiente térmico.

Figura 148. Relaciones entre la densidad de larvas de anchoveta y el gradiente térmico.

Figura 149. Distribución espacial de la TSM satelital y de los huevos de anchoveta en la zona norte de Chile. Período 2003 - 2004.

Figura 150. Distribución espacial de la TSM satelital y de las larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Período 2003 - 2004.

Figura 151. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero mayo 2003.

Figura 152. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero septiembre 2003.

Figura 153. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero diciembre 2003.

Figura 154. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero marzo 2004.

Figura 155. Distribución espacial de total de especies, cruceros MOBIO a) 0305, b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 156. Distribución espacial de anchoveta, cruceros MOBIO a) 0305, b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 157. Distribución vertical (m) de la densidad acústica – Sa (m²/mn²) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0305), invierno (0309), primavera (0312) y verano (0402).

Figura 158. Distribución de temperatura (ºC) de la densidad acústica – Sa (m^2/mn^2) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0305), invierno (0309), primavera (0312) y verano (0402).

Figura 159. Distribución de salinidad (psu) de la densidad acústica – Sa (m^2/mn^2) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0305), invierno (0309), primavera (0312) y verano (0402).

Figura 160. Distribución espacial de jurel, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 161. Distribución espacial de caballa, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 162. Distribución espacial de pez linterna, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 163. Distribución espacial de langostino, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 164. Distribución espacial de sardina española, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

Figura 165. Profundidades máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta

Figura 166. Temperaturas máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta

Figura 167. Salinidad (psu) máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta.

Figura 168. Indices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) secuenciales de anchoveta y jurel, periodo 1996-2004 (verano).

Figura 169. Indices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) estacionales de anchoveta y jurel, periodo 1996-2004 (verano).

Figura 170. Variabilidad temporal de la distribución de temperatura (°C) en las estaciones fijas de Arica (a) Iquique (b) Iquique y Mejillones (c). Mayo 1997 a Mayo 2004.

Figura 171. Variabilidad temporal de la distribución de salinidad (psu) en las estaciones fijas de Arica (a) Iquique (b) Iquique y Mejillones (c). Mayo 1997 a Mayo 2004.

Figura 172. Variabilidad temporal de la distribución de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de Arica (a) Iquique (b) Iquique y Mejillones (c). Mayo 1997 a Mayo 2004.

Figura 173. Variabilidad temporal de la distribución de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila a (µg/L) en las estaciones fijas de Arica (a) Iquique (b) Iquique y Mejillones (c). Mayo 1997 a Mayo 2004.

Figura 174. Variación temporal de la distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Abril 2001 – Junio 2004.

Figura 175. Variación temporal de la distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 2001 – Junio 2004.

Figura 176. Densidad media y proporción de estaciones positivas con su intervalo de confianza para huevos (a) y larvas (b) de anchoveta, por crucero y total. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y verano de 2004.

Figura 177. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Figura 178. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de larvas de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Figura 179. Tendencias de los índices por crucero obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Figura 180. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Figura 181. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de larvas de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Figura 182. Climatología mensual de las estaciones costeras en Arica (línea continua), Iquique (línea punteada) y Antofagasta (cruces y línea continua) (a) del nivel del mar (Callao (línea continua) y Antofagasta solamente)), (b) temperatura superficial del mar, (c) componente u de la velocidad del viento, y (d) componente v de la velocidad del viento.

Figura 183. Series de tiempo mensual (sin procesar) de algunas series seleccionadas. Incluye el promedio (línea segmentada) y la tendencia cuadrática (línea gruesa). a) Índice de surgencia del viento geostrófico (PFEL) 21°S y 71°S, b) Índice de surgencia de la estación costera de Antofagasta, c) eventos Lasker en la estación costera de Antofagasta, d) TSM de la estación costera de Arica, e) TSM de la estación costera de Antofagasta, f) nivel de mar de la estación costera de Callao, g) nivel del mar de la estación costera de Antofagasta, h) TSM en el área Niño 1+2, i) Presión atmosférica a nivel del mar de la estación costera de Antofagasta, j) Índice de la Corriente de Humboldt (HCI), k) radiación de onda larga (OLR) e l) índice de la oscilación del sur (SOI).

Figura 184. Anomalía mensual (Residual de STL) de las series de tiempo. Datos suavizados con un filtro low-pass butterworth bidireccional de cuarto orden de 5 meses. (Igual que en la Figura 183)(STL: Seasonal trend decomposition based in LOESS).

Figura 185. Estacionalidad de STL de las series de tiempo mensuales (Igual que en la Figura 183).

Figura 186. Variabilidad mensual de los datos mensuales de TSM de Antofagasta y tendencia cuadrática para cada mes.

Figura 187. Variabilidad mensual de los datos mensuales de TSM del area Niño 1+2 y tendencia cuadrática para cada mes.

Figura 188. Tendencia de STL (filtro de 10 años) de las series de tiempo mensual. (Igual que en la Figura 183). [STL (Seasonal trend decomposition based in Loess)].

Figura 189. Espectro de máxima entropía de la anomalía las series de tiempo mensual. (Igual que en la Figura 183).

Figura 190. Espectro de wavelet (Morlet) (línea gruesa - cono de influencia y limite confianza (95%)) de las series de tiempo mensual. Colores obscuros máxima energía. (Igual que en la Figura 183).

Figura 191. Varianza para el período **2 a 8 años** (línea continua azul), verano (línea segmentada roja), e invierno (línea continua gruesa) de las series de tiempo mensual (obtenida por wavelet). (Igual que en la Figura 183).

Figura 192. Varianza para el período **10 a 17 años** (línea continua azul), verano (línea segmentada roja), e invierno (línea continua gruesa) de las series de tiempo mensual (obtenida por wavelet). (Igual que en la Figura 183).

Figura 193. (a,e,i) Correlación desplazada de los datos mensuales, (b,f,j) cross espectros de las anomalías, (c, g, k) coherencia y (d, h, l) fase entre las series de tiempo mensual del Índice de oscilación del sur (por -1) (-SOI) y la temperatura superficial (sst), el nivel del mar (SL) y el índice de surgencia de Antofagasta.

Figura 194. (a,e,i) Correlación desplazada de los datos mensuales, (b,f,j) cross espectros de las anomalías, (c, g, k) coherencia y (d, h, l) fase entre las series de tiempo mensual de la Radiación de Onda Larga en la zona ecuatorial (OLR) y la temperatura superficial (sst), el nivel del mar (SL) y el índice de surgencia de Antofagasta.

Figura 195. Tres primeros modos de EOF y su correspondiente espectro para las series mensuales de temperatura, nivel del mar, viento y presión atmosférica entre 1971 y 2003. Zona norte de Chile.

Figura 196. Relación entre los primeros tres modos de EOF para las series mensuales de temperatura, nivel del mar, viento y presión atmosférica entre 1971 y 2003 y la fracción de la varianza explicada. Zona norte de Chile.

Figura 197. Climatología estacional de la velocidad del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento. La franja blanca a lo largo de la costa es un vacío en la cobertura del satélite debido a la contaminación de la señal por el continente.

Figura 198. Climatología estacional del Transporte Ekman calculado del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del transporte Ekman.

Figura 199. Climatología estacional de la divergencia del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento.

Figura 200. Climatología estacional del bombeo de Ekman calculado del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento.

Figura 201. Climatología estacional de la profundidad de la capa de Ekman calculado del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento.

Figura 202. Velocidad del viento, Transporte Ekman, divergencia y bombeo de Ekman del viento obtenido por satélite durante el inicio de las condiciones del EL Niño (mayo de 1997).

Figura 203. Velocidad del viento, Transporte Ekman, divergencia y bombeo de Ekman del viento obtenido por satélite durante condiciones de La Niña (febrero de 2000).

Figura 204. Velocidad del viento (a) componente u (b) componente v. Para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja en la derecha es la localización de la costa.

Figura 205. Anomalía de la velocidad del viento (a) componente u (b) componente v. Para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja a la derecha es la localización de la costa.

Figura 206. Divergencia del viento (a) y Bombeo de Ekman (b) para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja en la derecha es la localización de la costa.

Figura 207. Anomalía de la divergencia del viento (a) y del bombeo de Ekman (b) para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja en la derecha es la localización de la costa.

Figura 208. Serie de tiempo de la velocidad del viento, divergencia y bombeo de Ekman, y sus frecuencias de variación (espectro de wavelet), para el viento obtenido por satélite en un sector oceánico (20.25°S 73.75°W). Datos suavizados. En el espectro de wavelet se muestra la variación anual versus el periodo en años, los colores obscuros representan máximos valores.

Figura 209. Serie de tiempo de la velocidad del viento, divergencia y bombeo de Ekman, y sus frecuencias de variación (espectro de wavelet), para el viento obtenido por satélite en un sector oceánico (23.75°S 73.75°W). Datos suavizados. En el espectro de wavelet se muestra la variación anual versus el periodo en años, los colores obscuros representan máximos valores.

Figura 210. Área de trabajo y stress del viento utilizado como forzante del modelo numérico. a) periodo Niña (febrero 2000) y b) periodo Niño (diciembre 1997). Datos de satélite QuikScat.

Figura 211a. Distribución superficial de temperatura resultante del modelo numérico después de 30 dias. a) periodo Niña (febrero 2000) y b) periodo Niño (diciembre 1997).

Figura 211b. Distribución vertical de temperatura resultante del modelo numérico después de 30 dias en 21.4°S. c) periodo Niña (febrero 2000) y d) periodo Niño (diciembre 1997).

Figura 212a. Distribución horizontal de la corriente (cm/s) a 20 m de profundidad después de 30 días. a) periodo Niña (febrero 2000) y b) periodo Niño (diciembre 1997).

Figura 212b. Distribución vertical de la corriente (cm/s) de profundidad después de 30 días en 21.4°S. c) periodo Niña (febrero 2000) y d) periodo Niño (diciembre 1997).

Figura 213. Corrientes horizontales a 20 m de profundidad después de 25 días en una parte del dominio. Viento homogéneo.

Figura 214. Distribución vertical de temperatura después de 25 días en una transecta en 21°S. Viento homogéneo.

Figura 215. Corrientes horizontales a 20 m de profundidad después de 25 días en una parte del dominio. Campo de viento real utilizado para forzar el modelo. Caso El Niño.

Figura 216. Distribución vertical de temperatura después de 25 días en una transecta en 21°S. Campo de viento real utilizado para forzar el modelo. Caso El Niño.

Figura 217. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) superficial, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20.2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

Figura 218. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) a 50 metros de profundidad, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20.2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

Figura 219. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) a 100 metros de profundidad, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20.2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

Figura 220. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) a 300 metros de profundidad, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20.2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

Figura 221. Distribución temporal de la anomalía de temperatura y salinidad superficial, profundidad de la isoterma de 15°C y altura dinámica de superficie referida a 500 m, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20.2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

Figura 222. Distribución temporal perpendicular ala costa, integrada en latitud, de clorofila a, huevos de anchoveta, larvas de anchoveta y abundancia de anchoveta (acústica).

Figura 223. Serie de tiempo en el área costera (costa - 30 km) y área oceánica (30 - 200 kilómetros) para las áreas de Arica (negro), de Iquique (verde) y de Antofagasta (rojo), de: a) y b) TSM de los cruceros, c) y d) Salinidad superficial, e) y f) profundidad de la isoterma de 15°C, g) y h) profundidad de la isolínea de oxígeno de 1 ml/L, i) y j) profundidad de la capa de la mezcla.

Figura 224. Serie de tiempo en el área costera (costa - 30 km) y el área oceánica (30 - 200 km) para las áreas de Arica(negro), de Iquique (verde) y de Antofagasta (rojo), de: a) y b) clorofila superficial, c) y d) Numero de huevos de anchoveta, e) y f) número de larvas de anchoveta, g) y h) abundancia de la anchoveta (acústica), e i) y j) profundidad de los cardúmenes de anchoveta (acústica).

Figura 225. Promedios y medianas del PAO por la AST en el sector Total de la Transectas 5 (Arica), 3 (punta Lobos) y 1 (Antofagasta).

Figura 226. Promedios y medianas del PAO por la ASAA en el sector Total de la Transectas 5 (Arica), 3 (punta Lobos) y 1 (Antofagasta).

Figura 227. Promedios y medianas del PAO por la AST en el sector Total de la Transectas 5 (Arica), 3 (punta Lobos) y 1 (Antofagasta).

Figura 228. Promedios estacionales del PAO por la masa de agua AST en los diferentes sectores y transectas. Las barras rojas indican los PPM donde hubo diferencia estacional significativa.

Figura 229. Promedios estacionales del PAO por la masa de agua ASAA en los diferentes sectores y transectas. Las barras rojas indican los PPM donde hubo diferencia estacional significativa.

Figura 230. Promedios estacionales del PAO por la masa de agua AESS en los diferentes sectores y transectas. Las barras rojas indican los PPM donde hubo diferencia estacional significativa.

Figura 231. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subtropical (AST) a un PPM de 20% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 232. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subtropical (AST) a un PPM de 50% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 233. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subtropical (AST) a un PPM de 80% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 234. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subantártica (ASAA) a un PPM de 20% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 1. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 235. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) a un PPM de 50% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 236. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) a un PPM de 20% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 237. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) a un PPM de 80% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

Figura 238. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad promedio mensual de la termoclina ecuatorial (110°W, isoterma de 20°C) y del PAO por la masa AESS en el sector Total Extendido de la Transecta 5 a un PPM20, PPM50 y PPM80. Los números bajo los puntos indican el crucero.

Figura 239. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad promedio mensual de la termoclina ecuatorial (110°W, isoterma de 20°C) y del PAO por la masa AESS en el sector Externo de la Transecta 5 a PPM 20, 50 y 80. En este caso se considera hasta los 500 m de profundidad. Las cruces indican observaciones realizada en períodos considerados anormales en este trabajo. Los números bajo los puntos indican el crucero.

Figura 240. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad promedio mensual de la termoclina ecuatorial (110°W, isoterma de 20°C) y del PAO por la capa de concentración máxima de oxígeno disuelto de 0.5 y 1 ml/L en el área Total Extendida de la Transecta 5. En este caso se considera hasta los 500 m de profundidad. Los números bajo los puntos indican el crucero.

Figura 241. Histograma de la distribución histórica de clorofila a integrada (mg/m²) promedio de las estaciones de las primeras 20 m, junto a las anomalías estandarizada (AE) de los PPM20 y PPM80 para el AESS a) y el AST b) en bahía Moreno, punta Lobos y Arica. (PPM20: Porcentaje Participación Mínima de la masa de agua, es decir, 20%).

Figura 242. Distribución histórica de la profundidad de los máximos de clorofila a (µg/L) a) y de los valores de los máximos de clorofila a (µg/L) b) de las estaciones de las primeras 20 m, junto a las anomalías estandarizadas de los PPM20 del AESS en la transecta de bahía Moreno. (PPM20: Porcentaje Participación Mínima de la masa de agua, es decir, 20%).

Figura 243. Distribución histórica de la profundidad de los máximos de clorofila a (µg/L) a) y de los valores de los máximos de clorofila a (µg/L) b) de las estaciones de las primeras 20 m, junto a las anomalías estandarizadas de los PPM20 del AESS en la transecta de Arica. (PPM20: Porcentaje Participación Mínima de la masa de agua, es decir, 20%).

Figura 244. Modelo conceptual de la variabilidad de los pequeños peces pelágicos y las variaciones climáticas en el sistema de surgencia del norte de Chile. Flechas sólidas indican la causa efecto entre los parámetros. Línea cortada la posible retroalimentación de algunos parámetros biológicos a la variabilidad climática.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Detalle de la información utilizada para el cálculo de los promedios mensuales históricos de temperatura y salinidad para las transectas 1 (Bahía Moreno, 23°40´S) y 5 (Arica, 18°25´S).

Tabla 2. Caracterización del tipo de agua según su contenido de oxígeno disuelto.

Tabla 3. Clasificación del status trófico de la zona norte de Chile de acuerdo a la concentración de clorofila a.

Tabla 4. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0302 – 461(2)03AM.

Tabla 5. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0309 – 464(3)03CP.

Tabla 6. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0312 - 465(4)03CP.

Tabla 7. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0403 - 467(1)04CP.

Tabla 8. Tasa de flujo bomba de huevos y volúmenes de agua filtrada por la red CalVET y sistema CUFES.

Tabla 9. Categorías por densidad.

Tabla 10. Cruceros estacionales realizados: (o) información hidrográfica, clorofila y de ictioplancton, (+) acústica.

Tabla 11. Tamaños de muestra, valor del estadístico y p-value de prueba de Kolmogorov-Smirnov, para el análisis distribucional de la densidad de huevos o larvas de anchoveta, en los cruceros realizados en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Tabla 12. Comparación entre el viento de satélite y el viento costa afuera y cercano a la costa. Los valores corresponden a la diferencia de la velocidad del viento y enrollan la dirección. r es la regresión lineal. Los valores en negrita y subrayados son significativos en un 95%.

Tabla 13. Bandas latitudinales de las secciones paralelas a la costa.

Tabla 14. Serie completa de cruceros utilizados ordenados por fecha y transecta. Arica (T5), punta Lobos (T3) y Antofagasta (T1).

Tabla 15. Número de cruceros y estaciones y la cobertura espacial y temporal de la información utilizada.

Tabla 16. Longitud y profundidad de los sectores en que se divide una transecta paralela a la costa.

Tabla 17. Par T-S tipo de las masas de agua, para los diferentes períodos estacionales, utilizados en el cálculo de composición.

Tabla 18. Definición de los períodos estacionales.

Tabla 19. Cruceros no considerados en el análisis de la variación estacional y espacial. Se indica el criterio de eliminación por TSM y/o SSM, o por una condición cálida reportada en trabajos de investigación en la zona indicada por (*).

Tabla 20. Lista de los cruceros realizados en períodos considerados normales entre los años 1980 y 2001 y que son utilizados en el análisis espacial y estacional.

Tabla 21. Cruceros con información de temperatura y salinidad en el sector Total Extendido de la transecta 5 (Arica)

Tabla 22. Cruceros con información de temperatura y salinidad en el sector Externo de la Transecta 5 (Arica).

Tabla 23. Cruceros con información de concentración de oxígeno disuelto en el sector Total Extendido de la transecta 5 (Arica).

Tabla 24. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Otoño 2003

Tabla 25. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Invierno 2003

Tabla 26. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Invierno 2003

Tabla 27. Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Verano 2004

Tabla 28. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de peces. Cruceros trimestrales MOBIO 2003/2004.

Tabla 29. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces. Cruceros trimestrales MOBIO 2003/2004.

Tabla 30. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de anchoveta, ***Engraulis ringens***. Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verano 2004.

Tabla 31. Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros estacionales MOBIO.

Tabla 32. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de sardina, ***Sardinops sagax***. Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verano 2004.

Tabla 33. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de jurel, ***Trachurus murphyi***. Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verano 2004.

Tabla 34. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de caballa, ***Scomber japonicus***. Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verano 2004.

Tabla 35. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta colectados en la zona Arica – Antofagasta en 4 intervalos de profundidad. Cruceros estacionales MOBIO 2003– 2004.

Tabla 36. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, zona Antofagasta – Arica en otoño de 1993 - 2003.

Tabla 37. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, zona Antofagasta – Arica en otoño de 1993 - 2003.

Tabla 38. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en Invierno de 1993 - 2003.

Tabla 39. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en Invierno de 1993 - 2003.

Tabla 40. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en primavera de 1993 - 2003.

Tabla 41. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en primavera de 1993 - 2003.

Tabla 42. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en verano de 1993 - 2004.

Tabla 43. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en verano de 1993 - 2004.

Tabla 44. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Otoño 1993/2003.

Tabla 45. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Invierno 1993/2003.

Tabla 46. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Primavera 1993/2003.

Tabla 47. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Verano 1993/2004.

Tabla 48. Resultados históricos de las calibraciones del sistema acústica EK-500 del B/I Carlos Porter, en 38 KHz.

Tabla 49. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en los cruceros MOBIO 0305, 0308, 0312 y 0403, respecto a las variables profundidad, temperatura y salinidad.

Tabla 50. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el período 1994-2003 por estación respecto a las variables densidad acústica (Sa), profundidad, temperatura y salinidad. Se ha descartado el año 1997 por presentarse fuera de rango en la mayoría de las variables.

Tabla 51. Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el invierno y primavera de 1997 y verano y otoño de 1998.

Tabla 52. Valores de temperatura (°C), salinidad (psu), Oxígeno disuelto (mL/L) y clorofila-a (µg/L) en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones obtenidos desde mayo de 2003 a mayo de 2004.

Tabla 53. Valores de la biomasa zooplanctonica en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones entre mayo de 2001 y mayo de 2004.

Tabla 54**.** Síntesis por crucero del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos y larvas de anchoveta y densidad media de las estaciones positivas, Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Tabla 55. Resumen de estadísticas descriptivas por crucero para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Tabla 56. Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Tabla 57. Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM normal para la variable logaritmo de la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

Tabla 58. Tendencia decadal en la zona norte de Chile y algunos índices externos a la región. El año límite de cada período es aproximado y podría ser más o menos un par de años. El símbolo + o – indica el signo de la tendencia durante este período.

Tabla 59. Correlación entre las series de tiempo ambientales y el desembarque de anchoveta y de sardina en la zona norte. (a) En fase, (b) fase de la máxima correlación (en años).

Tabla 60. Promedios estacionales del Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por la AST en años normales. Se entrega la desviación estándar (DS) y el número de datos (N) con que se calculó el valor de PAO.

Tabla 61. Promedios estacionales del Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por la ASAA en años normales. Se entrega la desviación estándar (DS) y el número de datos (N) con que se calculó el valor de PAO.

Tabla 62. Promedios estacionales del Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por la AESS en años normales. Se entrega la desviación estándar (DS) y el número de datos (N) con que se calculó el valor de PAO.

Tabla 63. Resumen de los resultados estadísticos Kruskal-Wallis (95%) de la variación estacional de los PAO por la AST, ordenados por sector y transecta. Se entregan los PAO promedio estacionales y se indican con color los casos con diferencia estacional (dif est) significativa, la diferencia (DIF) encontrada, y los casos sin diferencia (SD) significativa.

Tabla 64. Resumen de los resultados estadísticos Kruskal-Wallis (95%) de la variación estacional de los PAO por la ASAA, ordenados por sector y transecta. Se entregan los PAO promedio estacionales y se indican con color los casos con diferencia estacional (dif est) significativa, la diferencia (DIF) encontrada, y los casos sin diferencia (SD) significativa.

Tabla 65. Resumen de los resultados estadísticos Kruskal-Wallis (95%) de la variación estacional de los PAO por la AESS, ordenados por sector y transecta. Se entregan los PAO promedio estacionales y se indican con color los casos con diferencia estacional (dif est) significativa, la diferencia (DIF) encontrada, y los casos sin diferencia (SD) significativa.

Tabla 66. Análisis de correlación entre la profundidad media mensual (filtrada) de la termoclina en la zona ecuatorial (20°C, 110°W) y los PAO por las masas de agua AST, ASAA y AESS a distintos niveles de PPM. Los PAO fueron desfasados tres meses. (p-value: *=0,05 – 0,01; **=0,01 – 0,001; *** < 0,001). Se indica entre paréntesis el número de datos utilizados en la correlación.

Tabla 67. Valores de Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por el AST a PPM20 y PPM50 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE).

Tabla 68. Valores de Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por el AST a PPM80 y el ASAA a PPM20 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE).

Tabla 69. Valores de Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por el AESS a PPM20 y PPM50 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE).

Tabla 70. Valores de Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por el AESS a PPM80 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE).

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Personal participante por actividad.

Anexo 2. Calibración de las imágenes satelitales.

Anexo 3. Archivos Informe Final en PDF y Resúmen Ejecutivo en Word

F I G U R A S

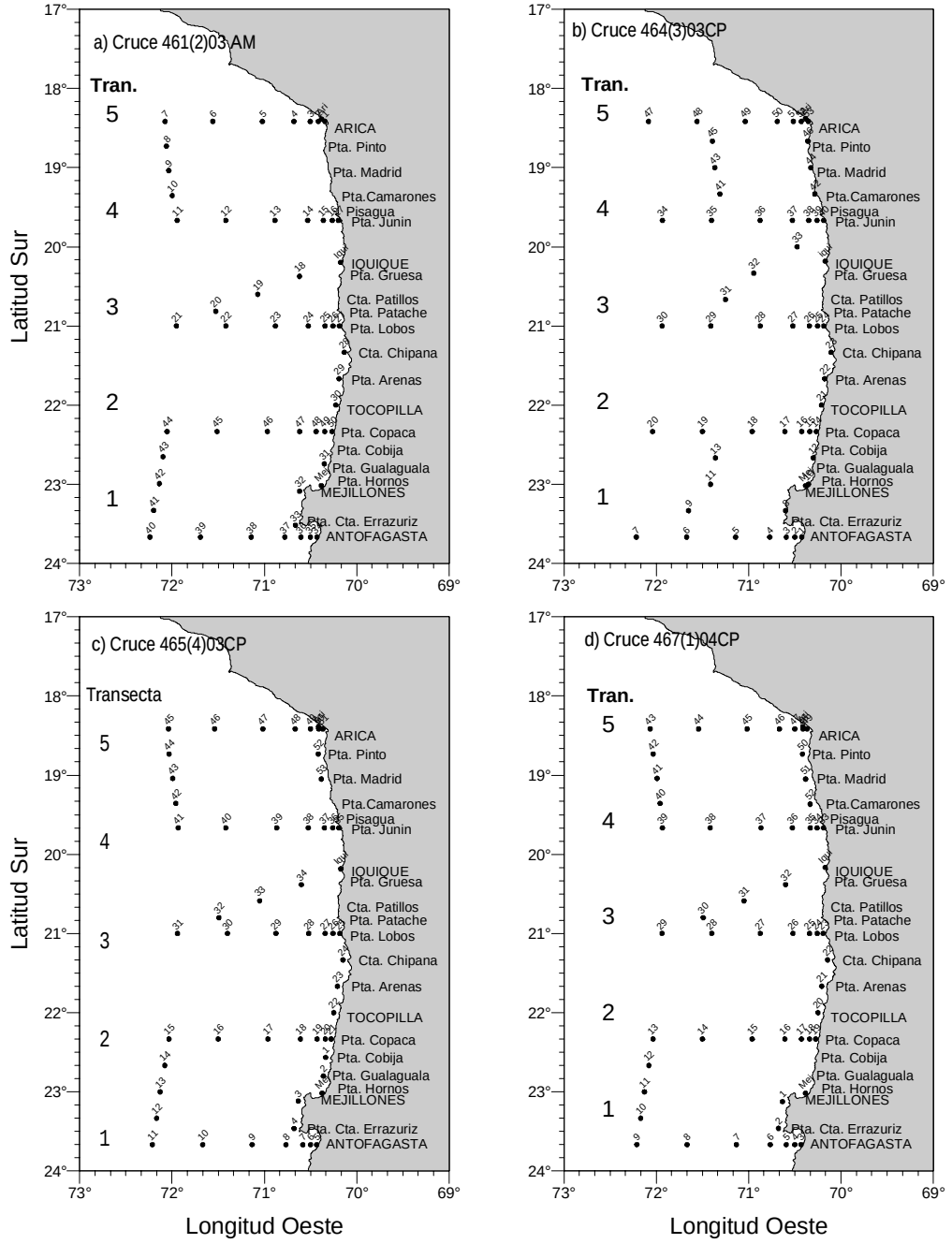


Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros estacionales 2003/2004. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

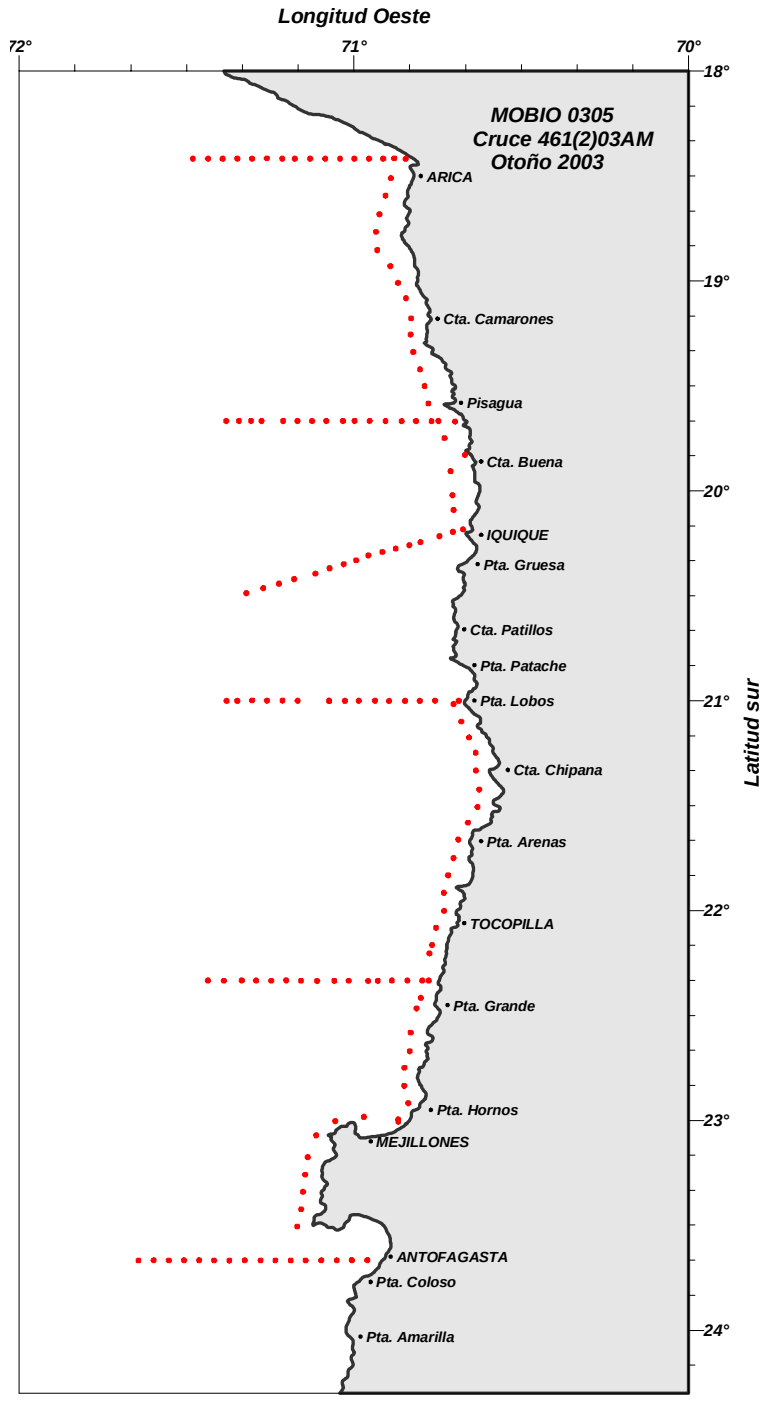


Figura 2. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0305. Otoño 2003.

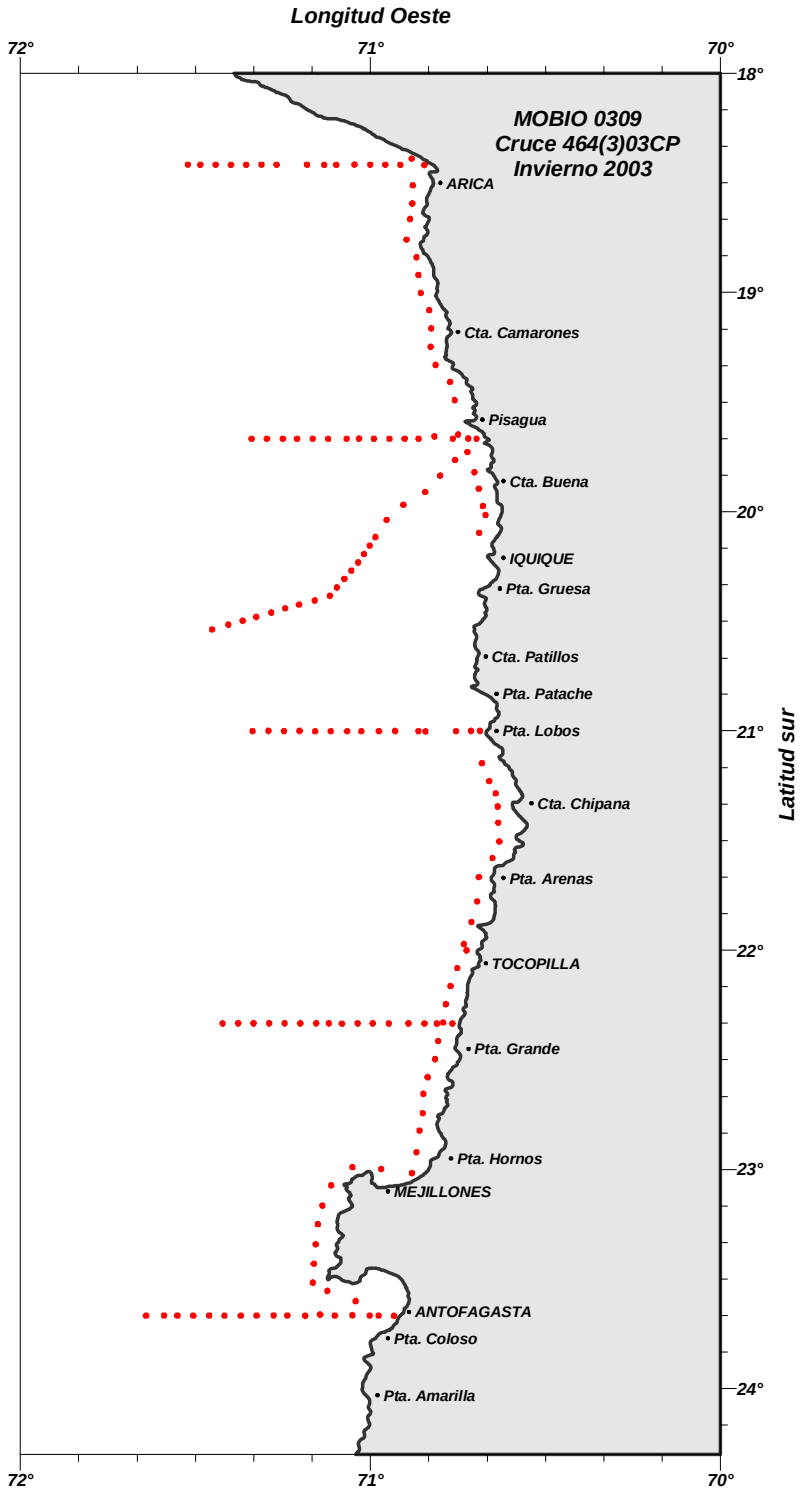


Figura 3. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0309. Invierno 2003.

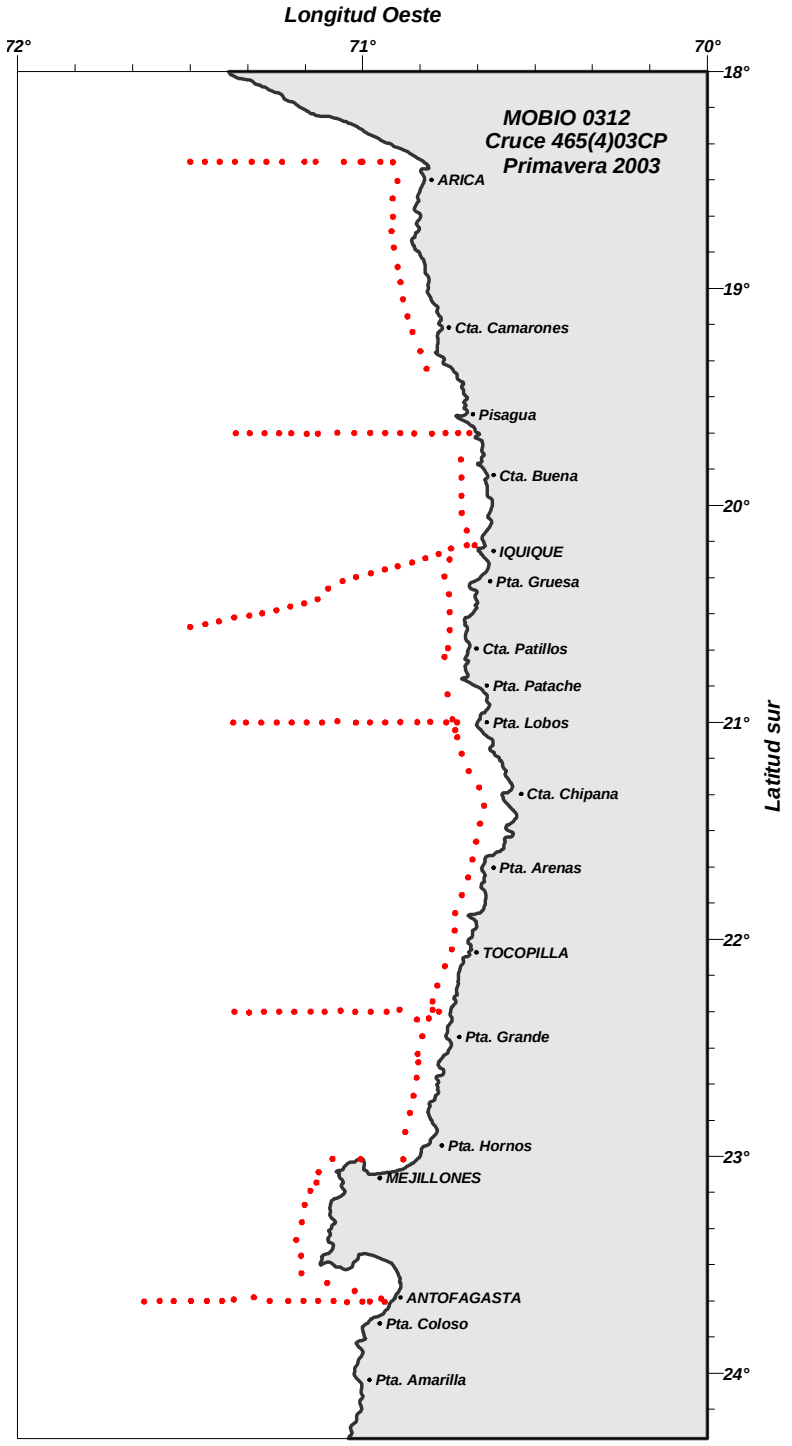


Figura 4. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0312. Primavera 2003.

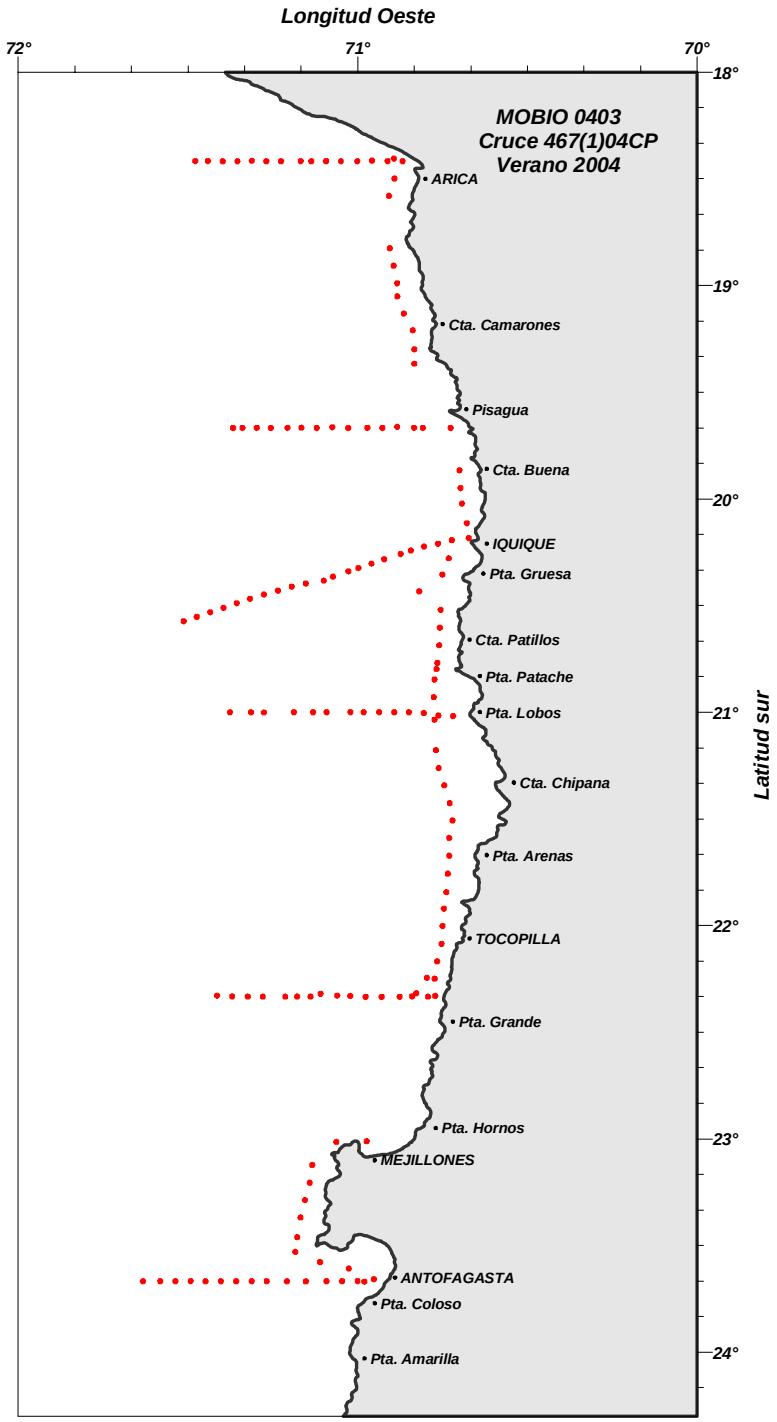


Figura 5. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0403. Verano 2004.

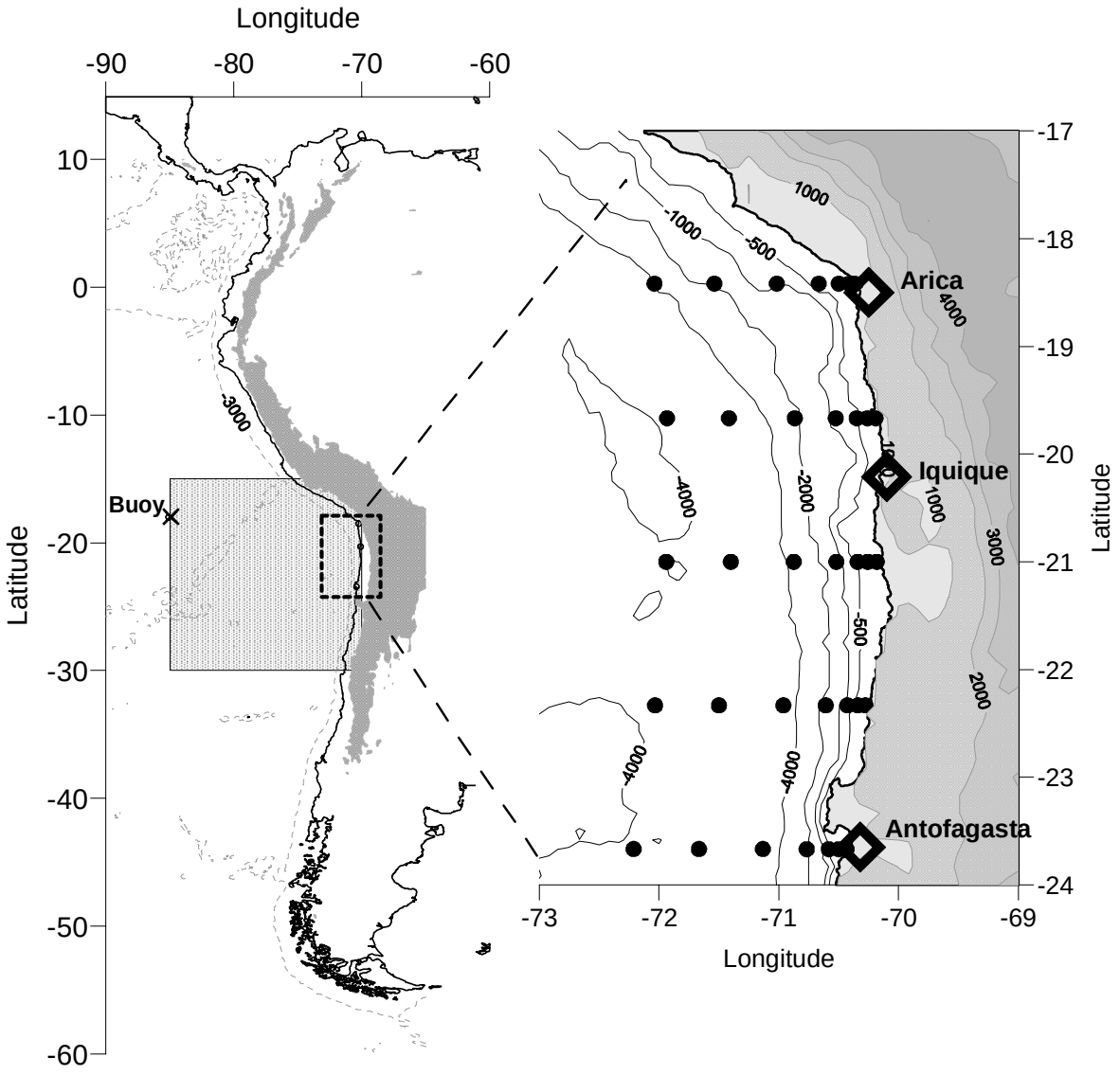


Figura 6. Mapa izquierdo: Área de estudio (línea segmentada en el rectángulo sombreado) y datos de viento obtenidos por satélites (rectángulo sombreado), el símbolo x corresponden a la posición de la boya de Toga-Tao # 32302, área oscura en el continente muestra la elevación sobre 2000 metros de altura. Mapa derecho: es una ampliación sobre el área del estudio, mostrando las estaciones costeras (diamante), las estaciones oceanográficas de los cruceros estacionales (círculo) y la batimetría y elevación de las montañas.

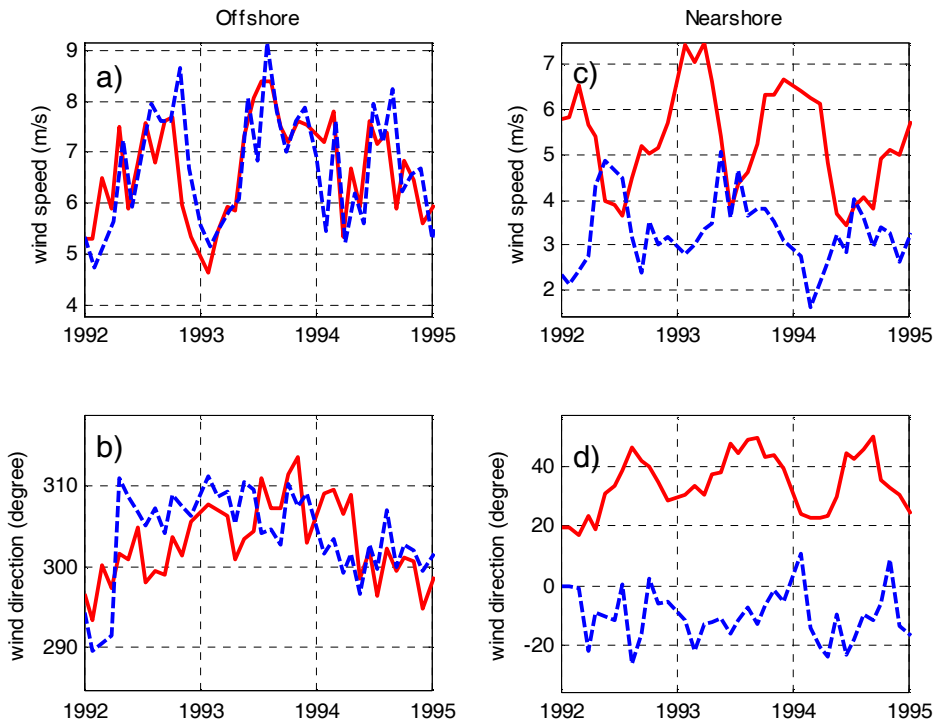


Figura 7. Comparación del viento obtenido por satélites ERS (línea segmentada): costa afuera con la boya TOGA-TAO (línea continúa) (a) velocidad y (b) dirección del viento; cercano a la costa, con la estación meteorológica de Iquique (línea continúa) (c) velocidad y (d) dirección del viento. Valores revisados.

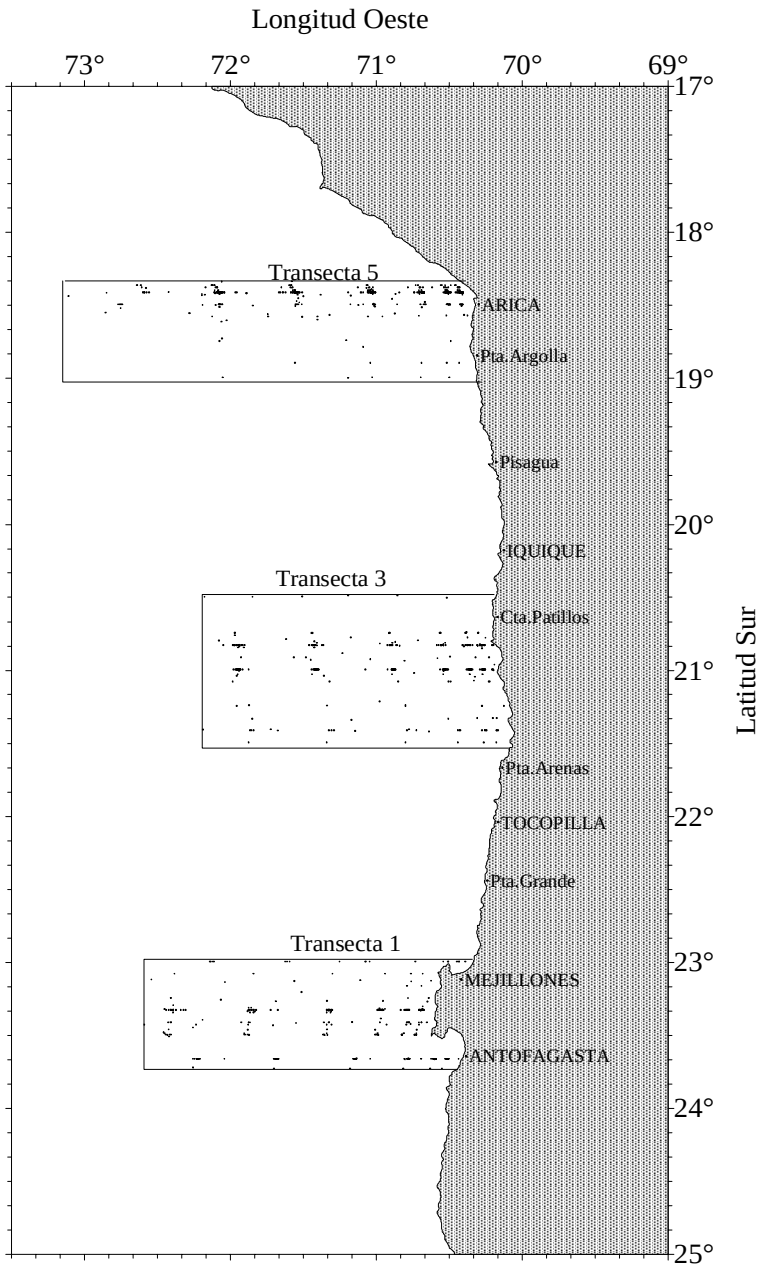


Figura 8. Zona de estudio. Los rectángulos indican las bandas latitudinales de donde se obtuvieron las 3 transectas. Los puntos muestran la posición de las estaciones de los cruceros seleccionados.

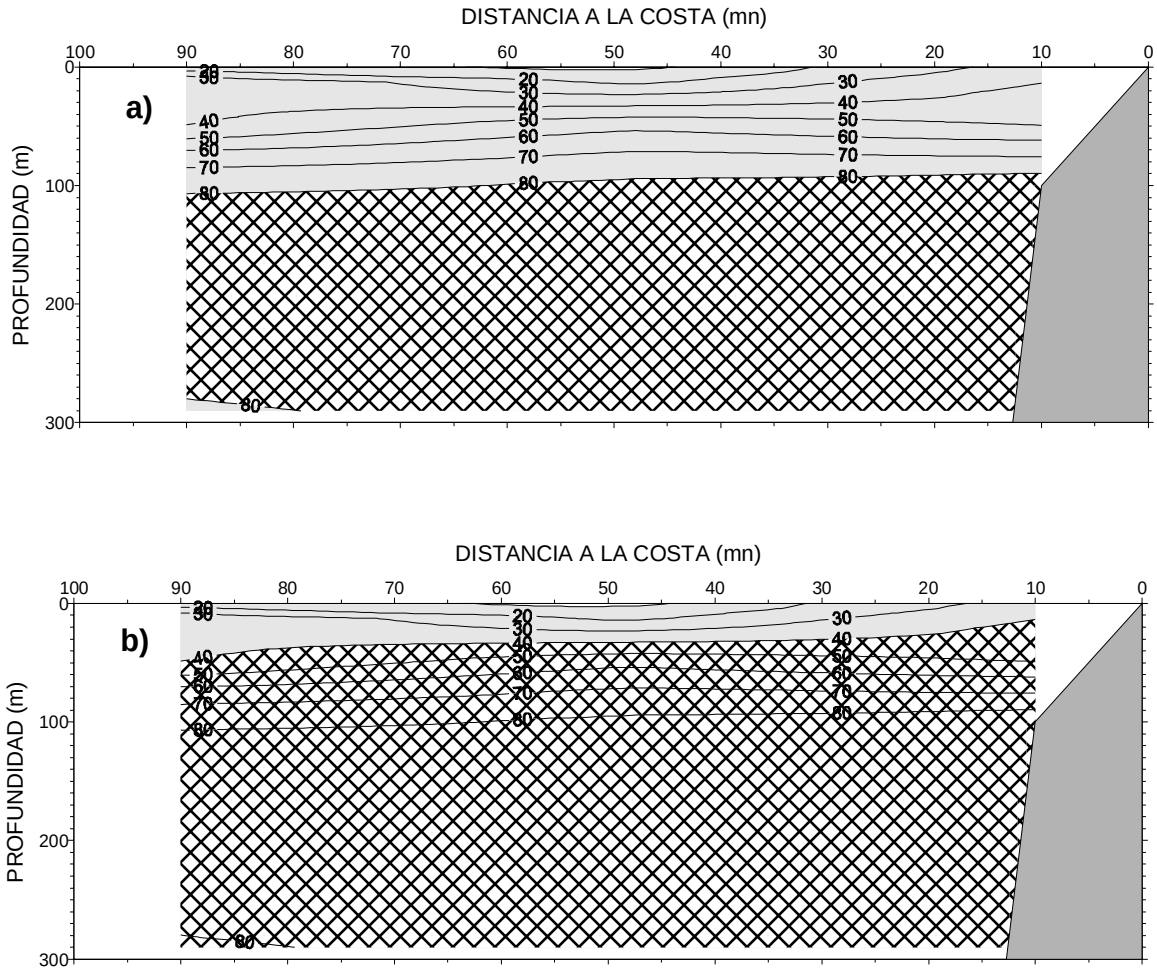


Figura 9. Ejemplo del área ocupada (achurada) por una masa de agua a un porcentaje de participación mínima (PPM) de a) 80% y b) 40% a lo largo de una transecta.

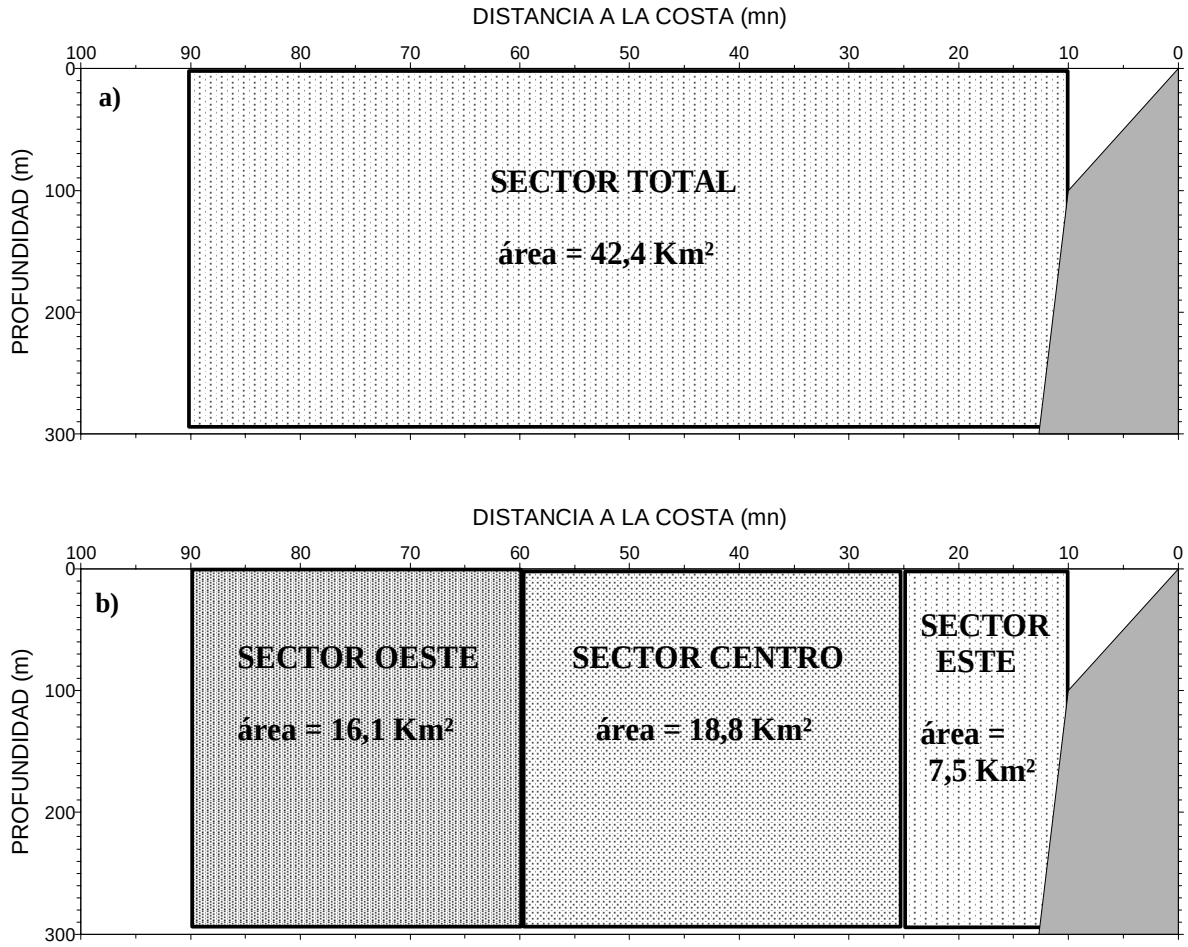


Figura 10. División en sectores y sus correspondientes áreas en que se calcula la superficie ocupada por una masa de agua en una transecta: a) sector Total y b) sectores Este, Centro y Oeste.

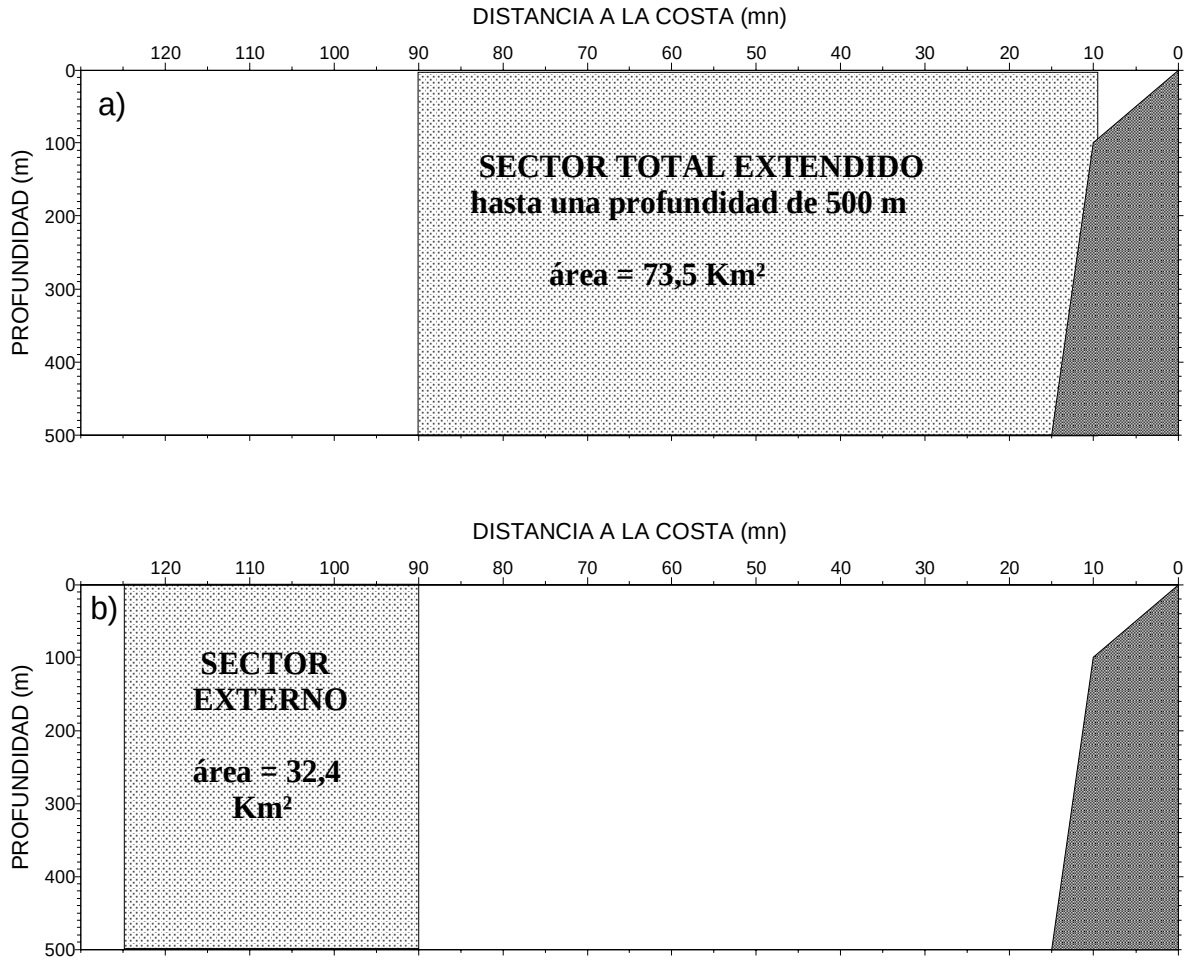


Figura 11. División en sectores y sus correspondientes áreas en que se calcula la superficie ocupada por una masa de agua en una transecta: a) sector Total Extendido hasta 500 m de profundidad y b) sector Externo.

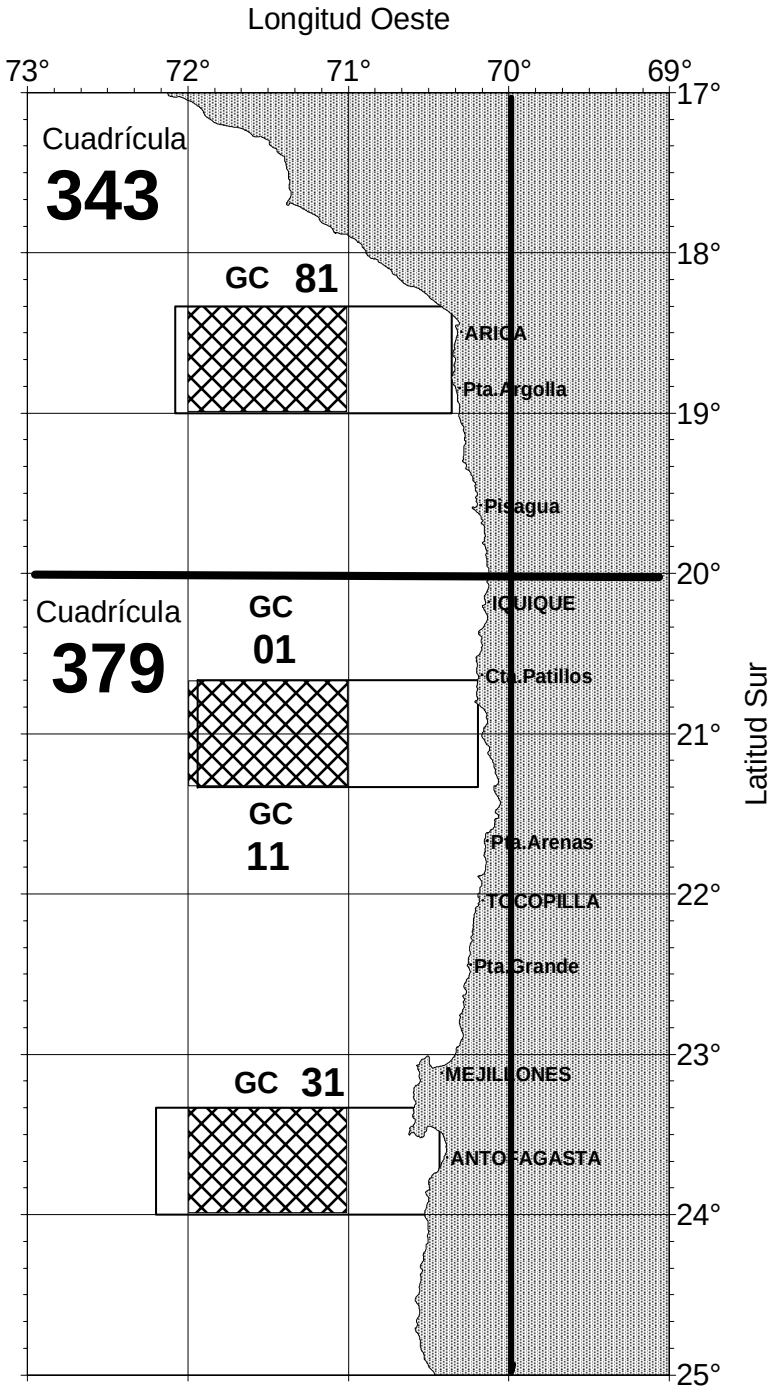


Figura 12. Áreas de comparación de datos superficiales de los cruceros (TSM y SSM) con los promedios históricos (Rojas y Silva, 1996) para seleccionar información a utilizar en el análisis de la variación estacional y espacial. Se indica el número de cuadrícula y el Grado cuadrado (GC) correspondiente a cada transecta.

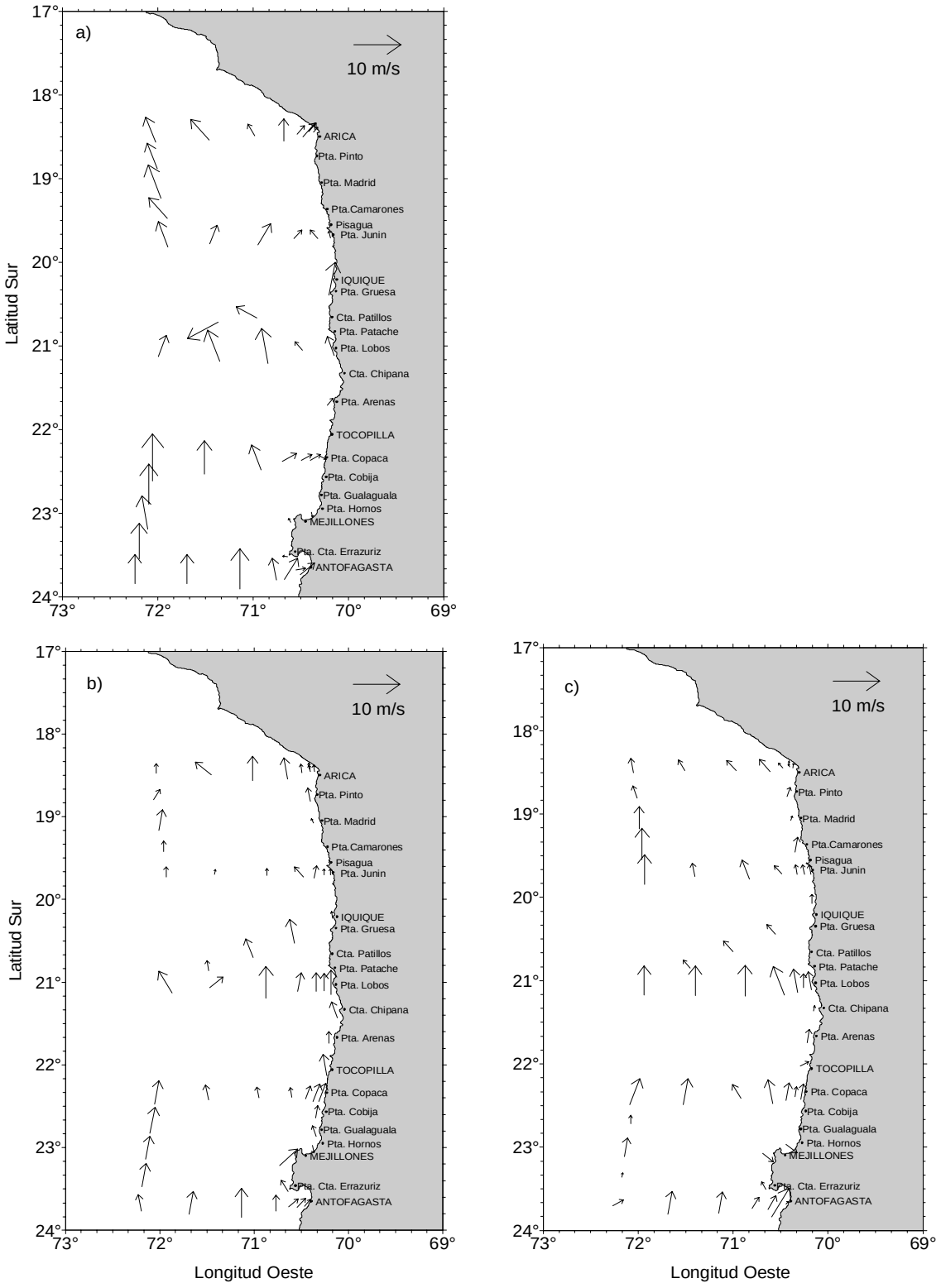


Figura 13. Dirección e intensidad del viento (m/s) medido en las estaciones bio-oceanográficas en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

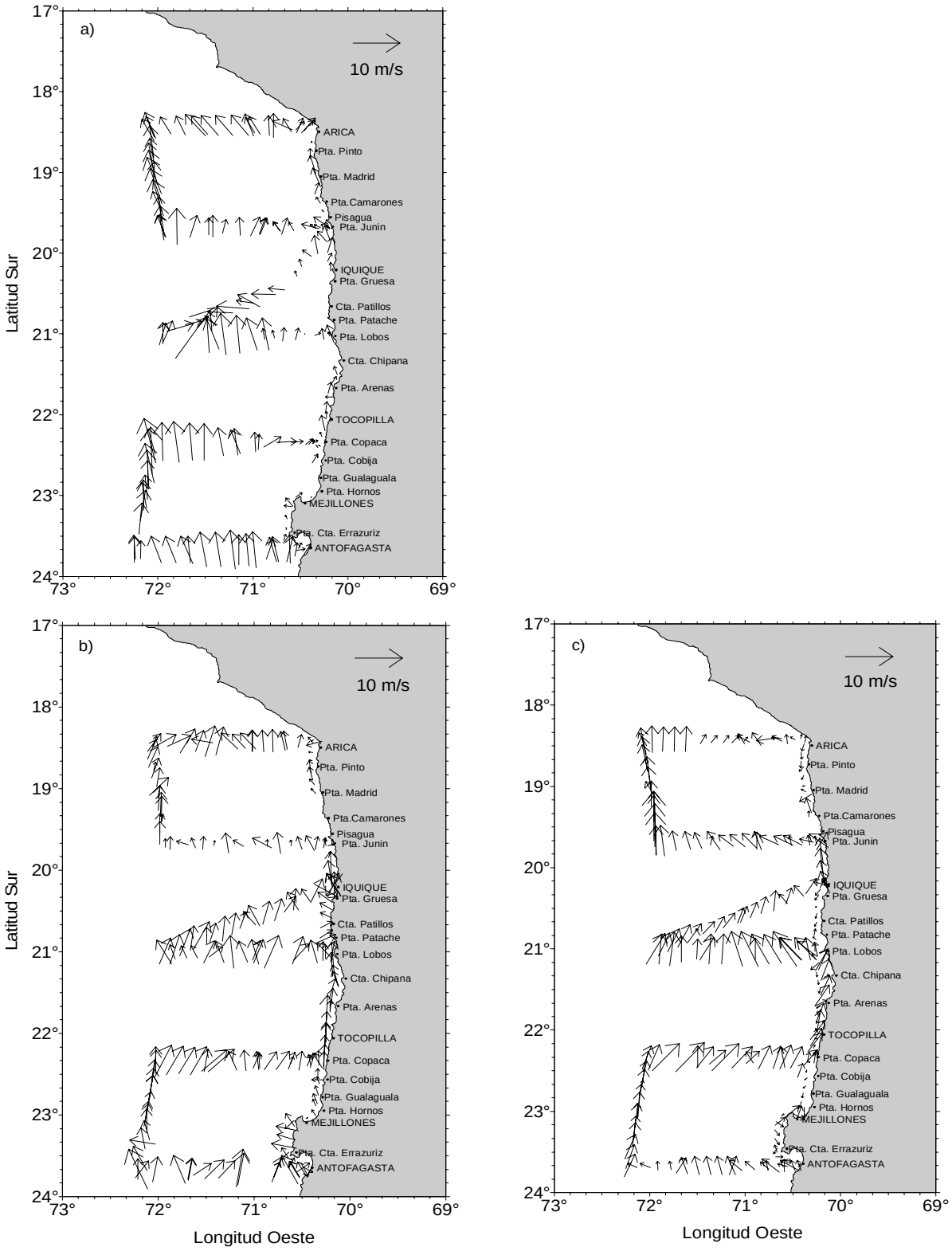


Figura 14. Dirección e intensidad del viento (m/s) registrado cada una hora sobre el track de navegación en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

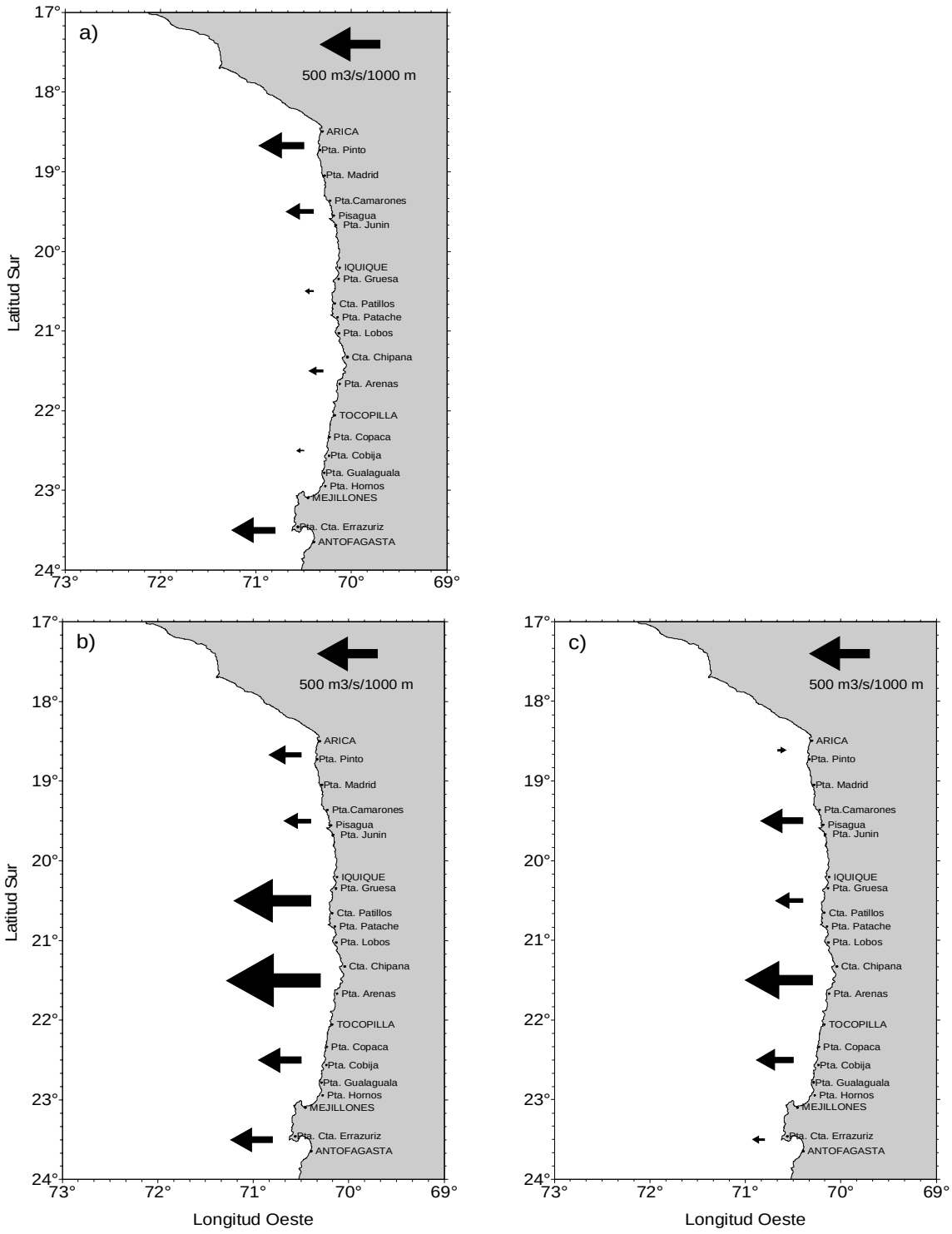


Figura 15. Índice de surgencia promedio del viento medido cada una hora sobre el track de navegación en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. El promedio se obtiene con los índices de surgencia individuales calculados de las observaciones de viento realizadas dentro de un 1 grado de latitud y hasta 30 mn de la costa. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

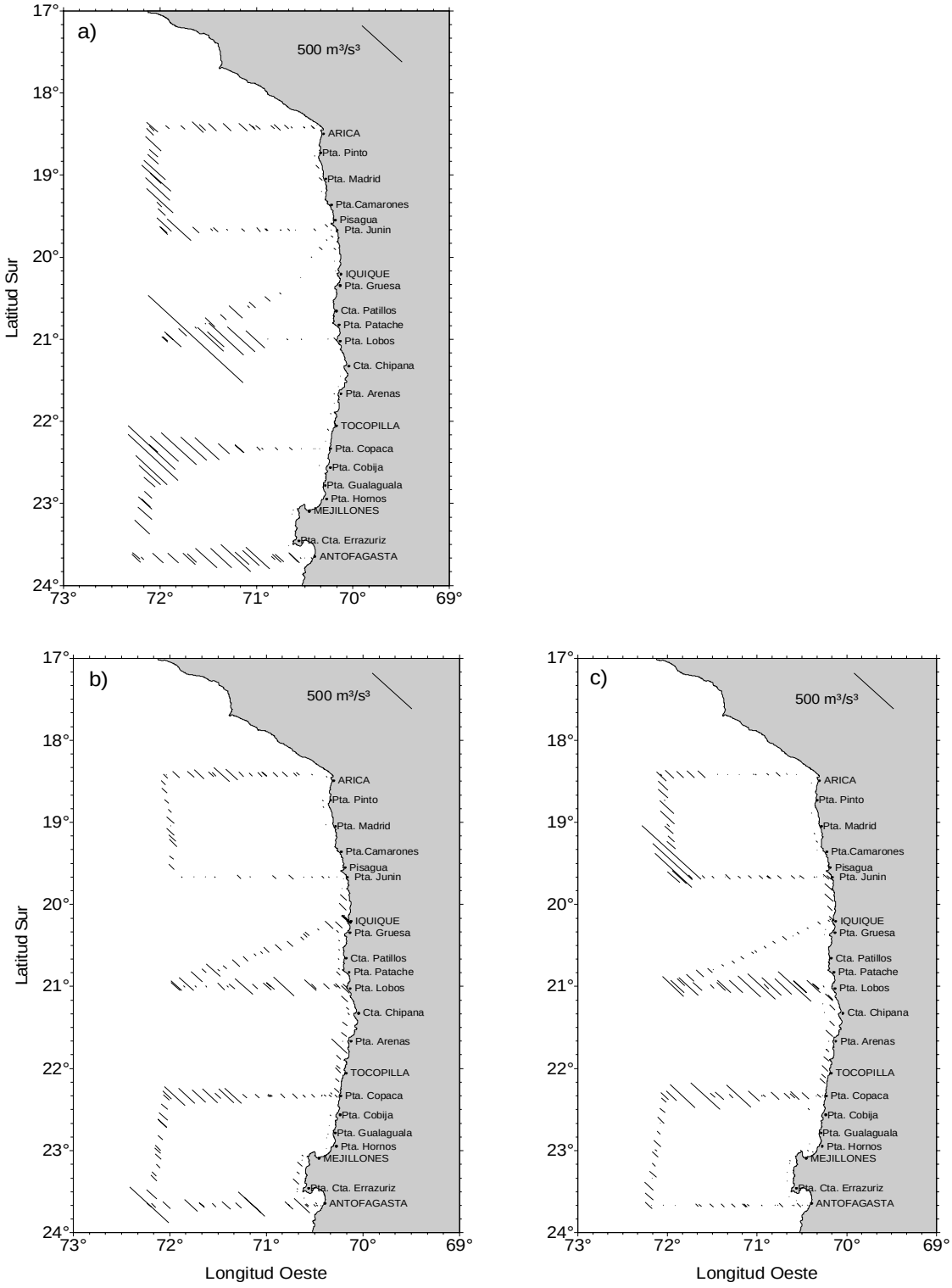


Figura 16. Índice de turbulencia obtenido del viento medido cada una hora sobre el track de navegación en a) Otoño 2003, b) Primavera 2003 y c) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

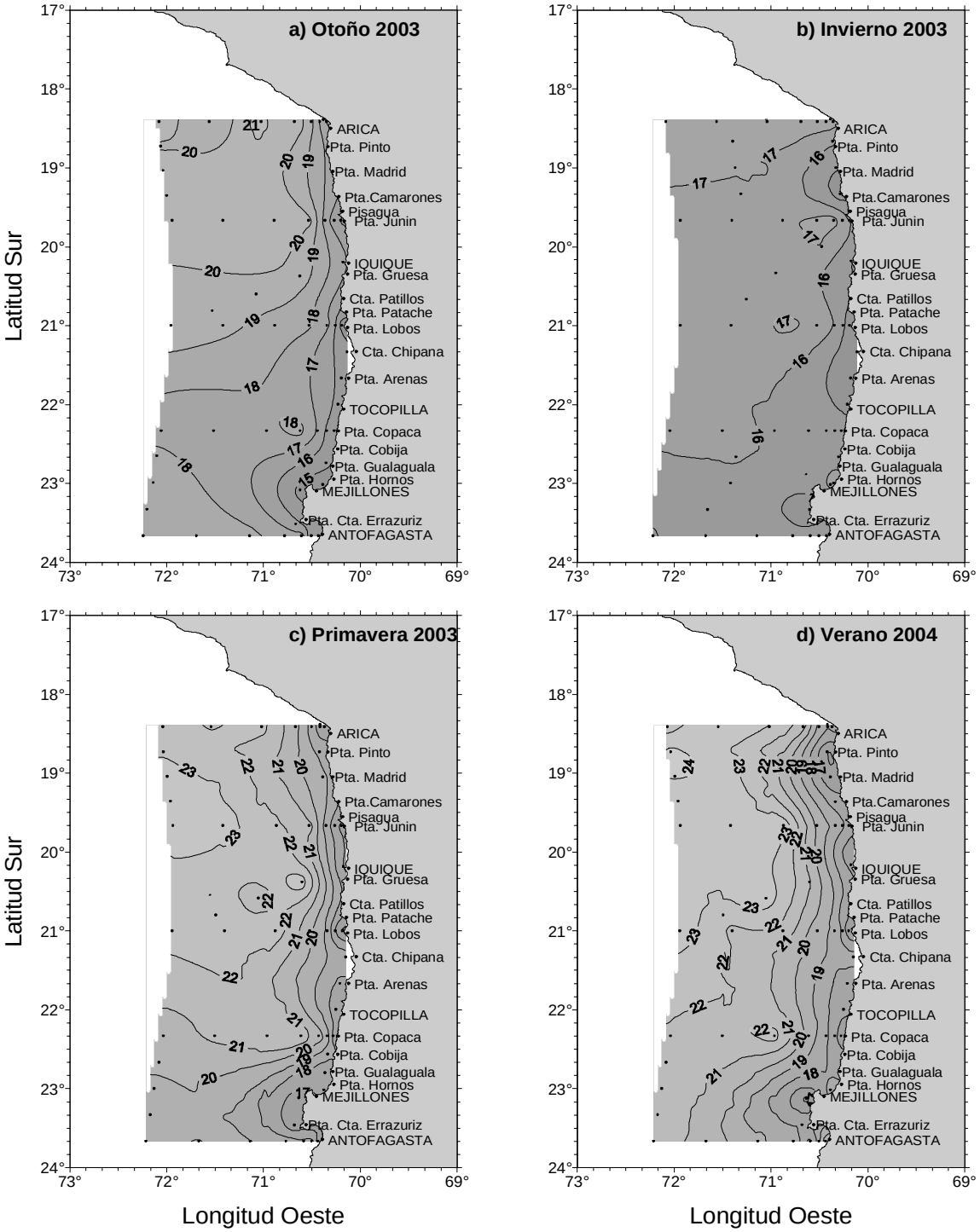


Figura 17. Distribución superficial de temperatura (°C) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

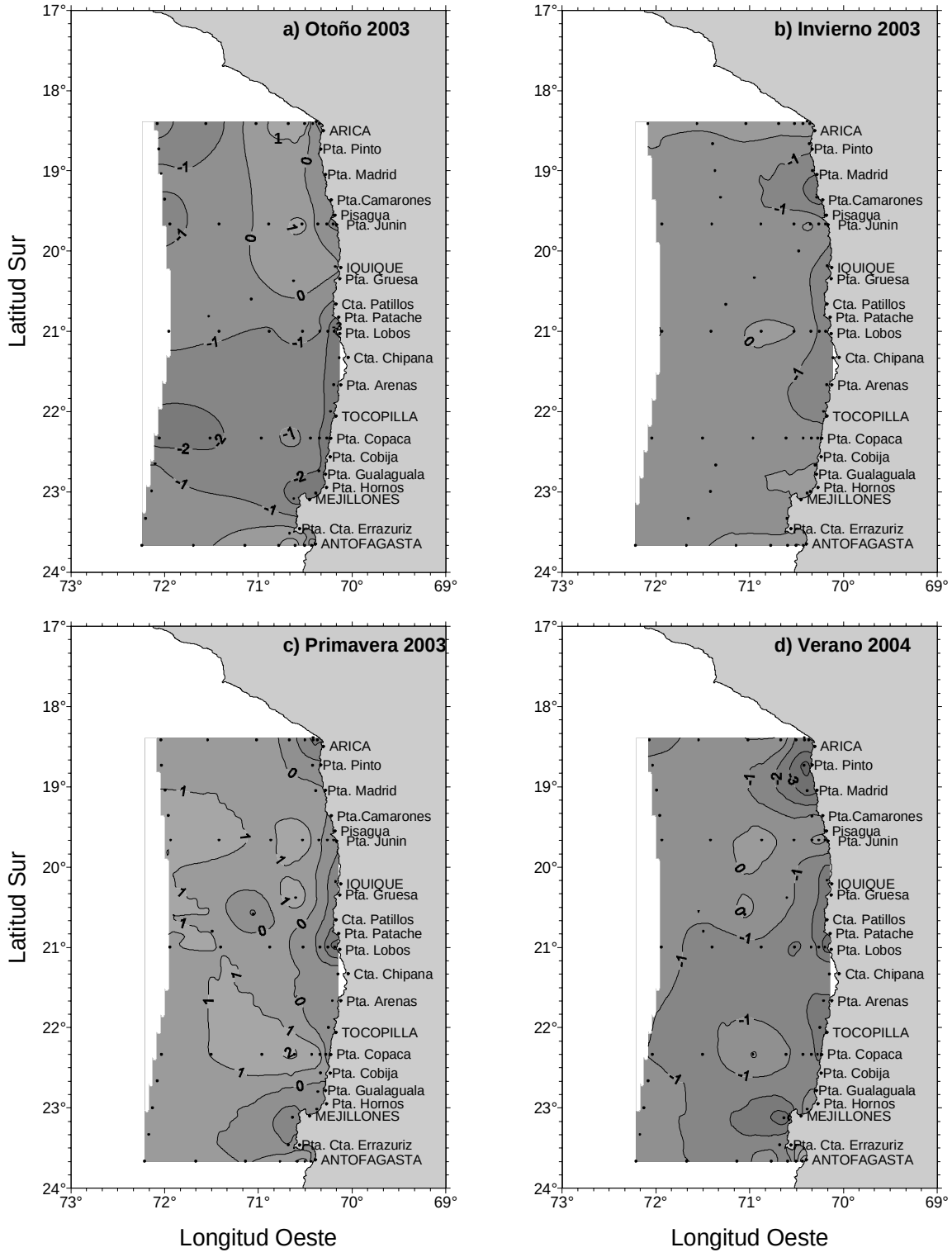


Figura 18. Anomalías de temperatura superficial del mar (°C) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

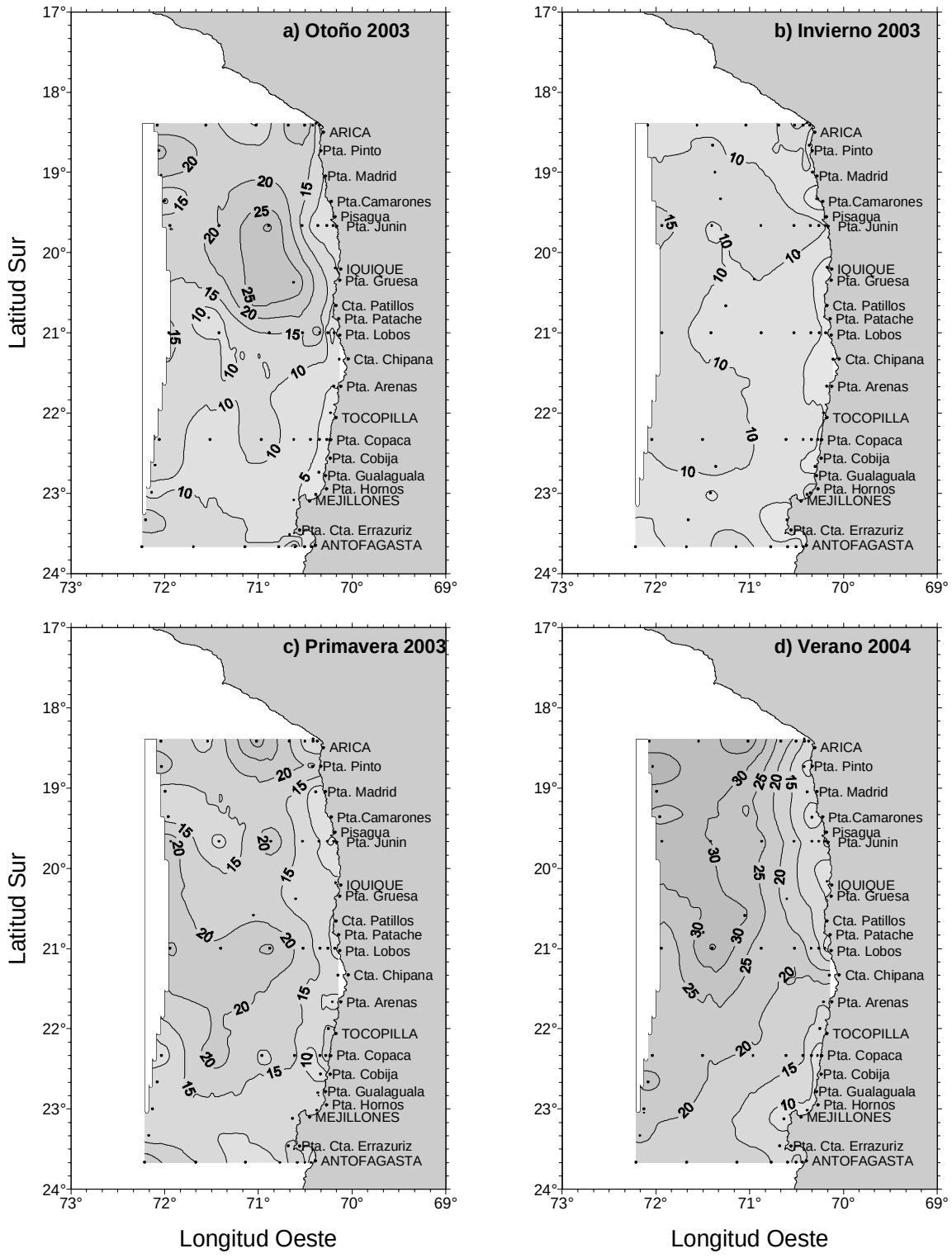


Figura 19. Espesor de la termoclina (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

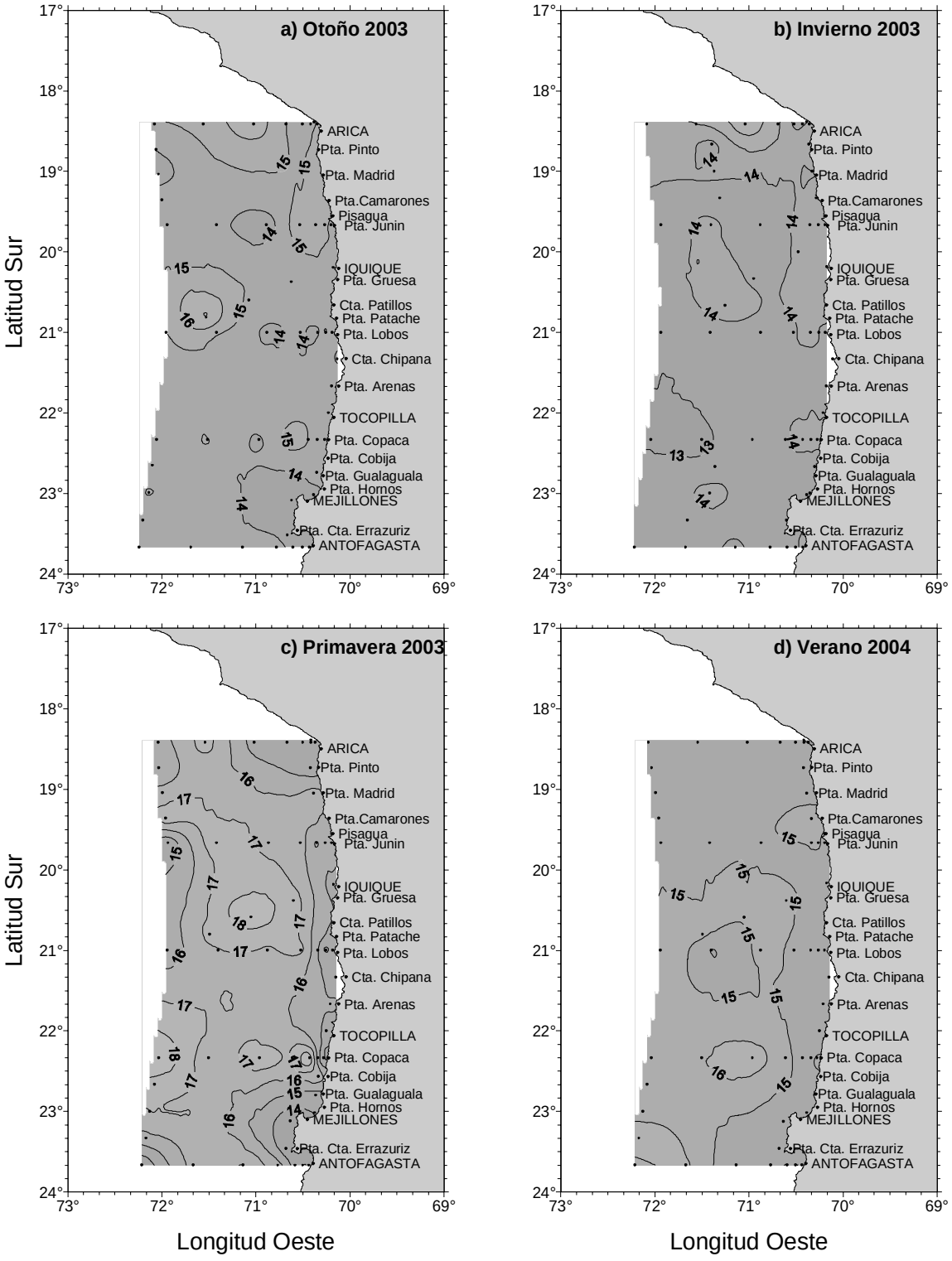


Figura 20. Temperatura base de la termoclina (°C) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

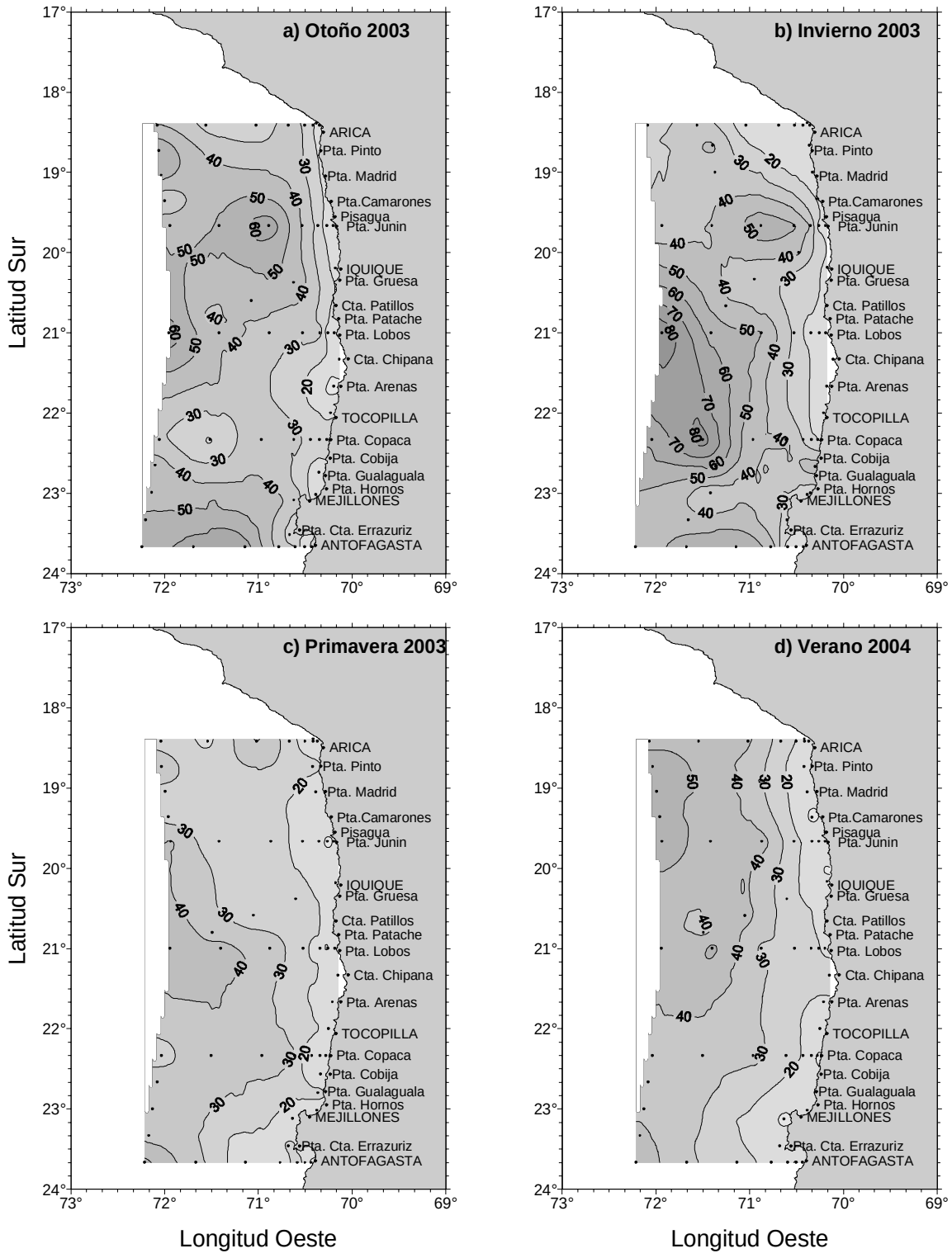


Figura 21. Profundidad base de la termoclina (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

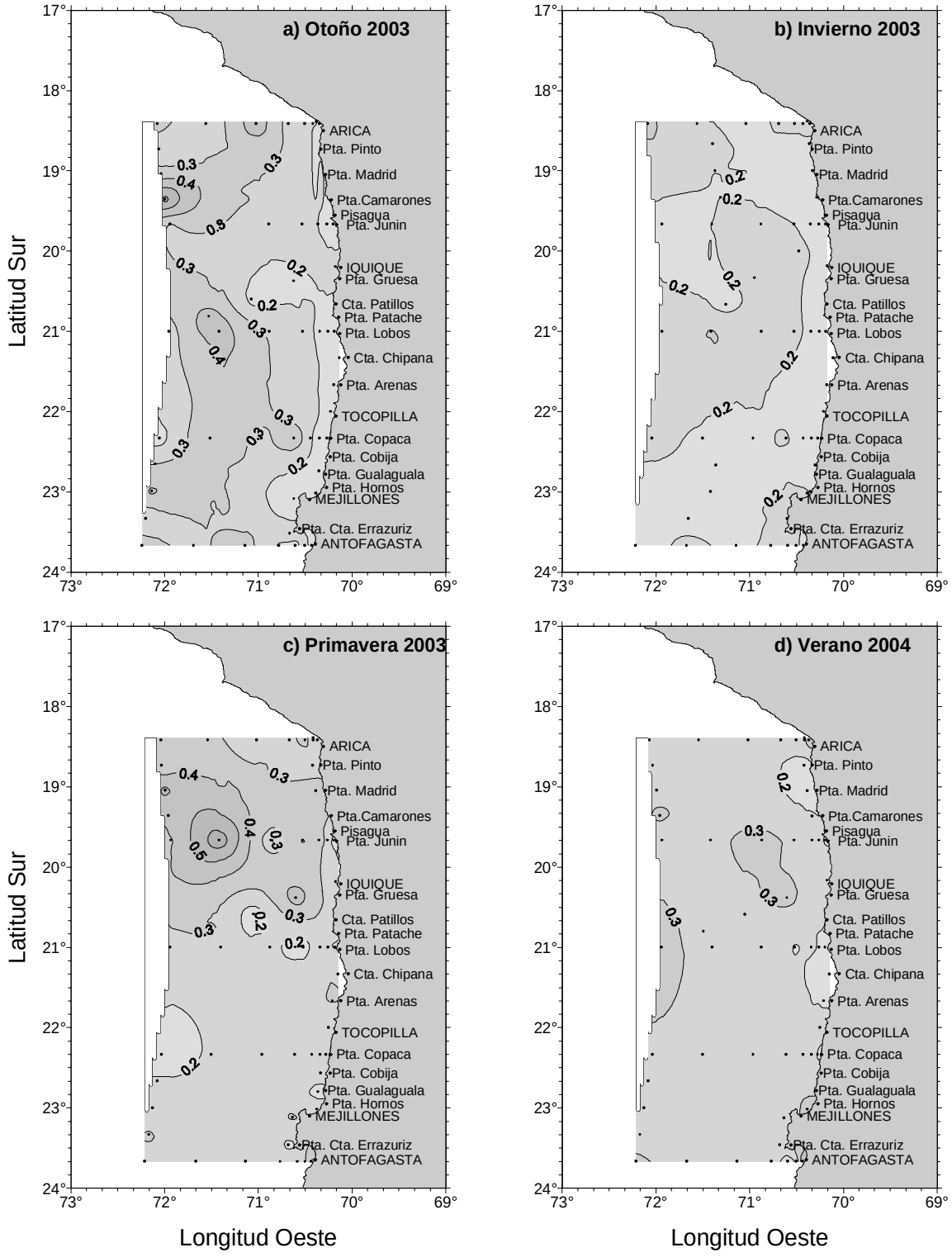


Figura 22. Gradiente de temperatura promedio de la termoclina (°C/m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

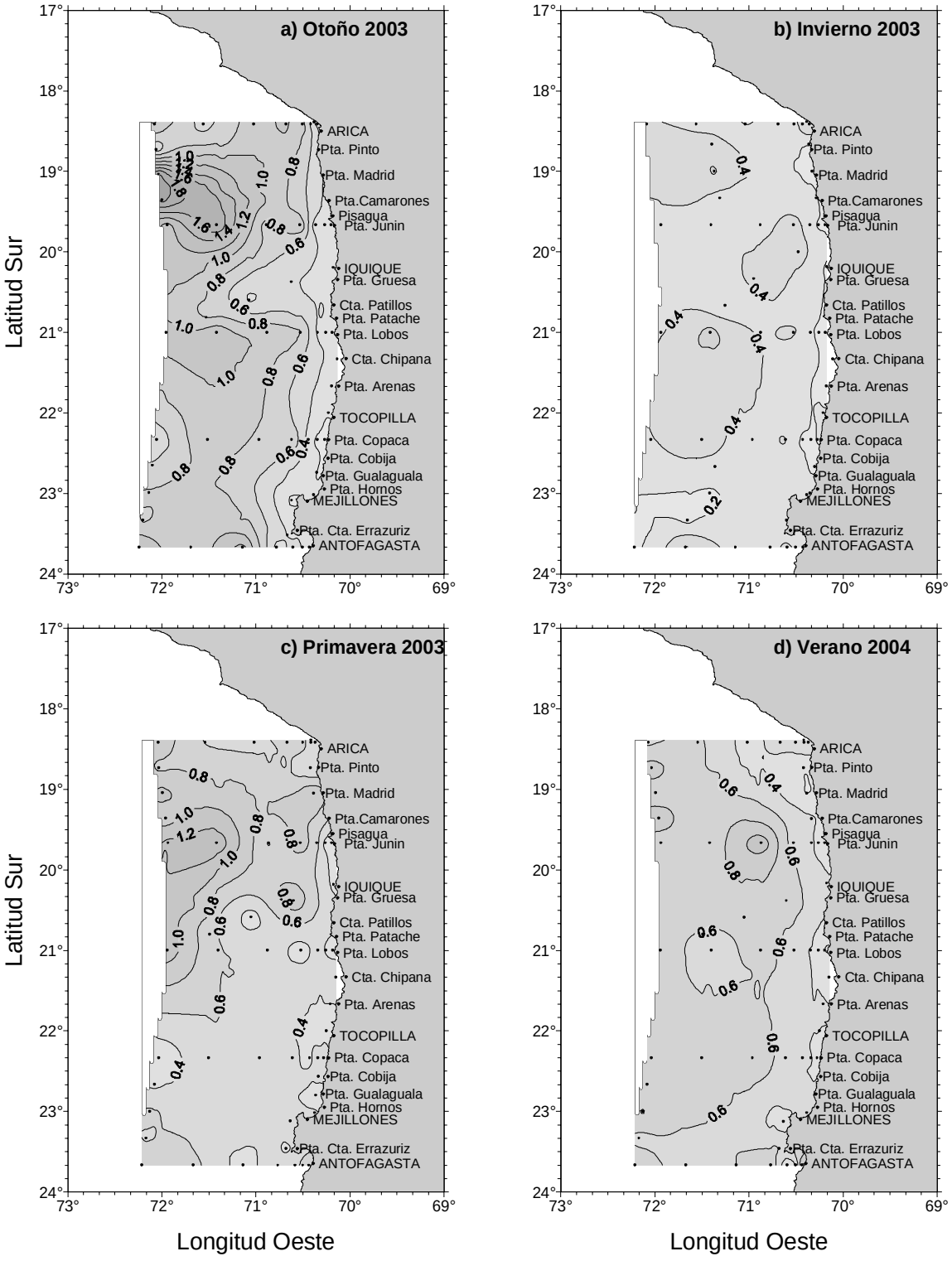


Figura 23. Máximo gradiente de temperatura en la termoclina (°C/m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

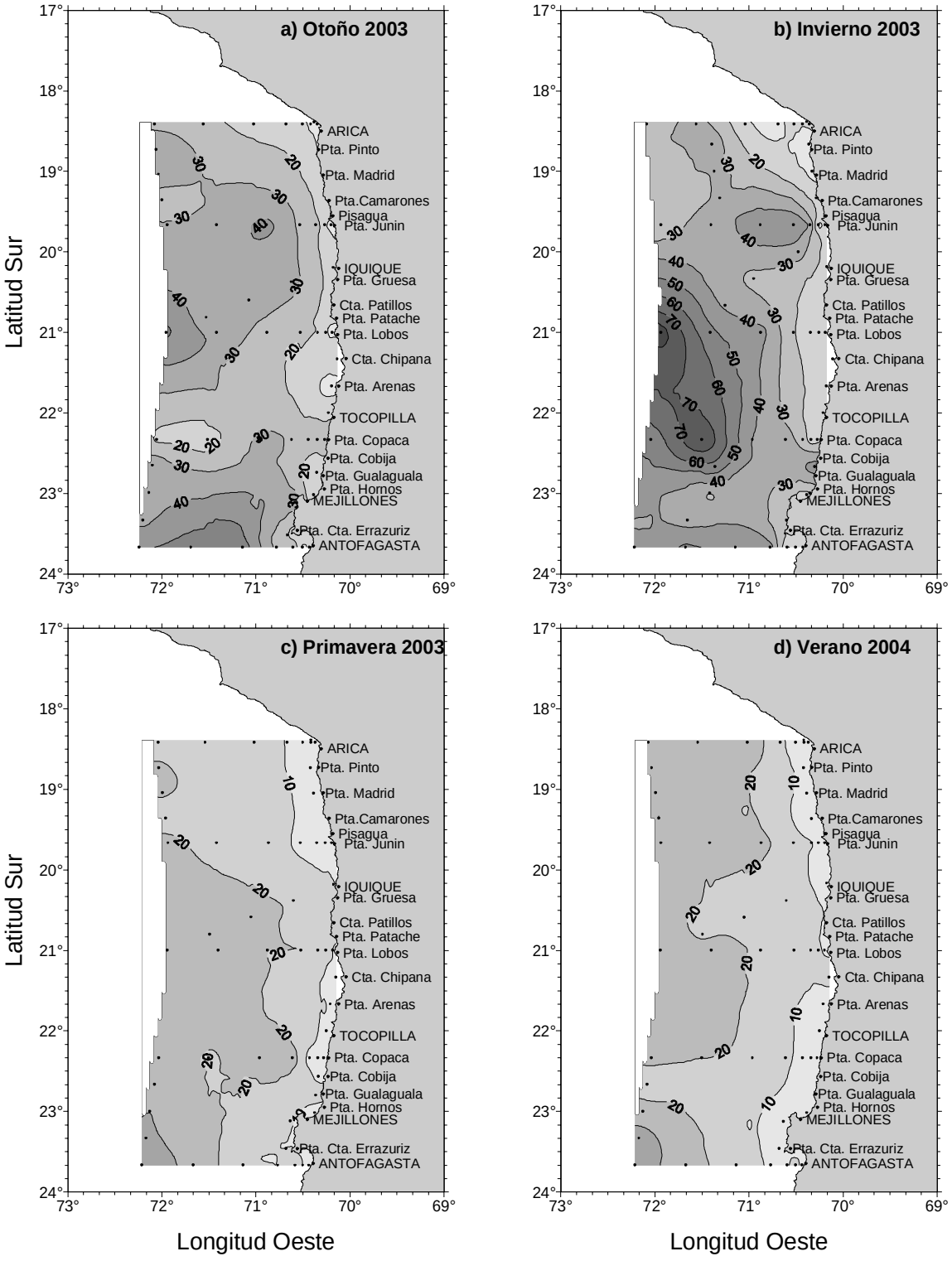


Figura 24. Profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

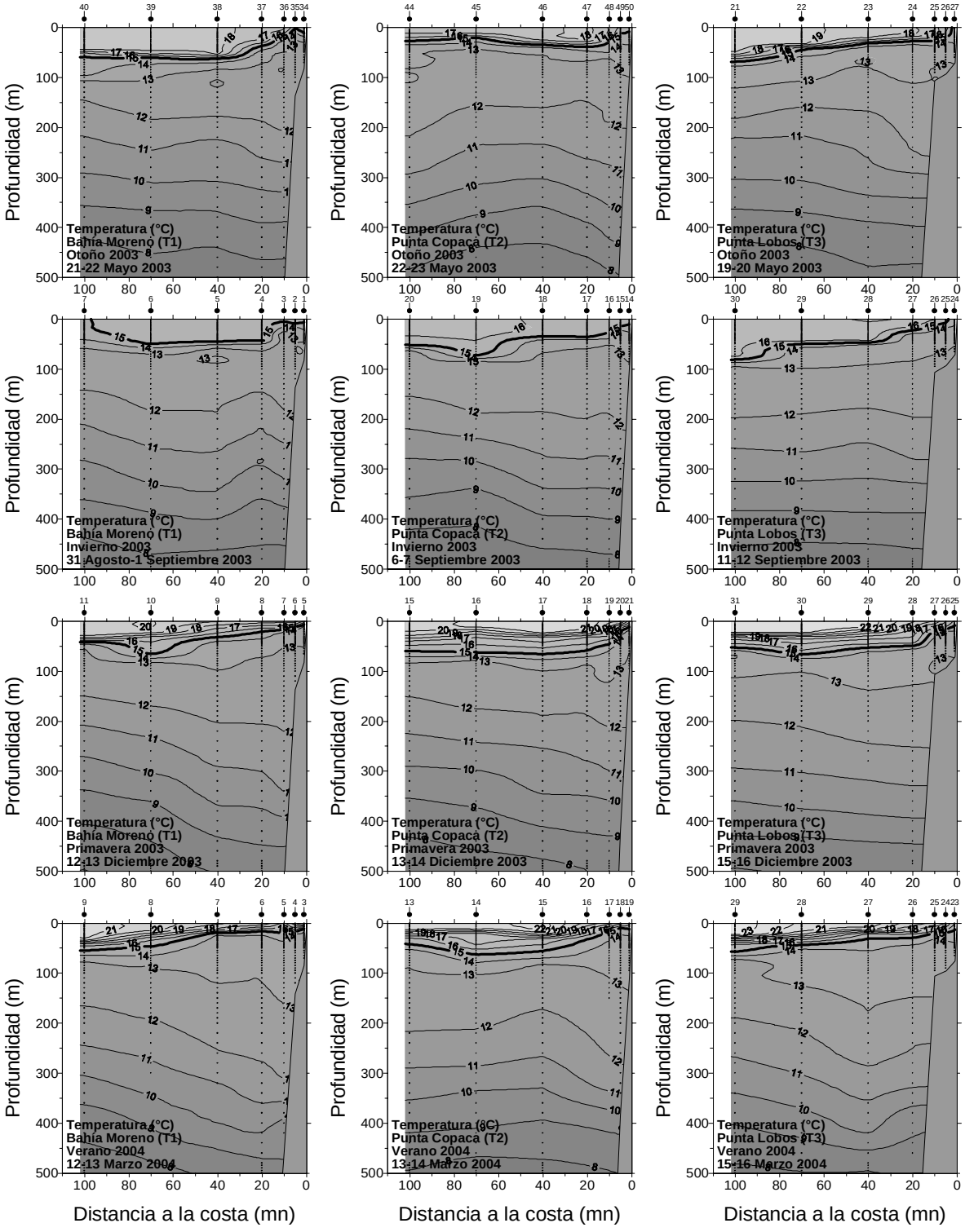


Figura 25. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

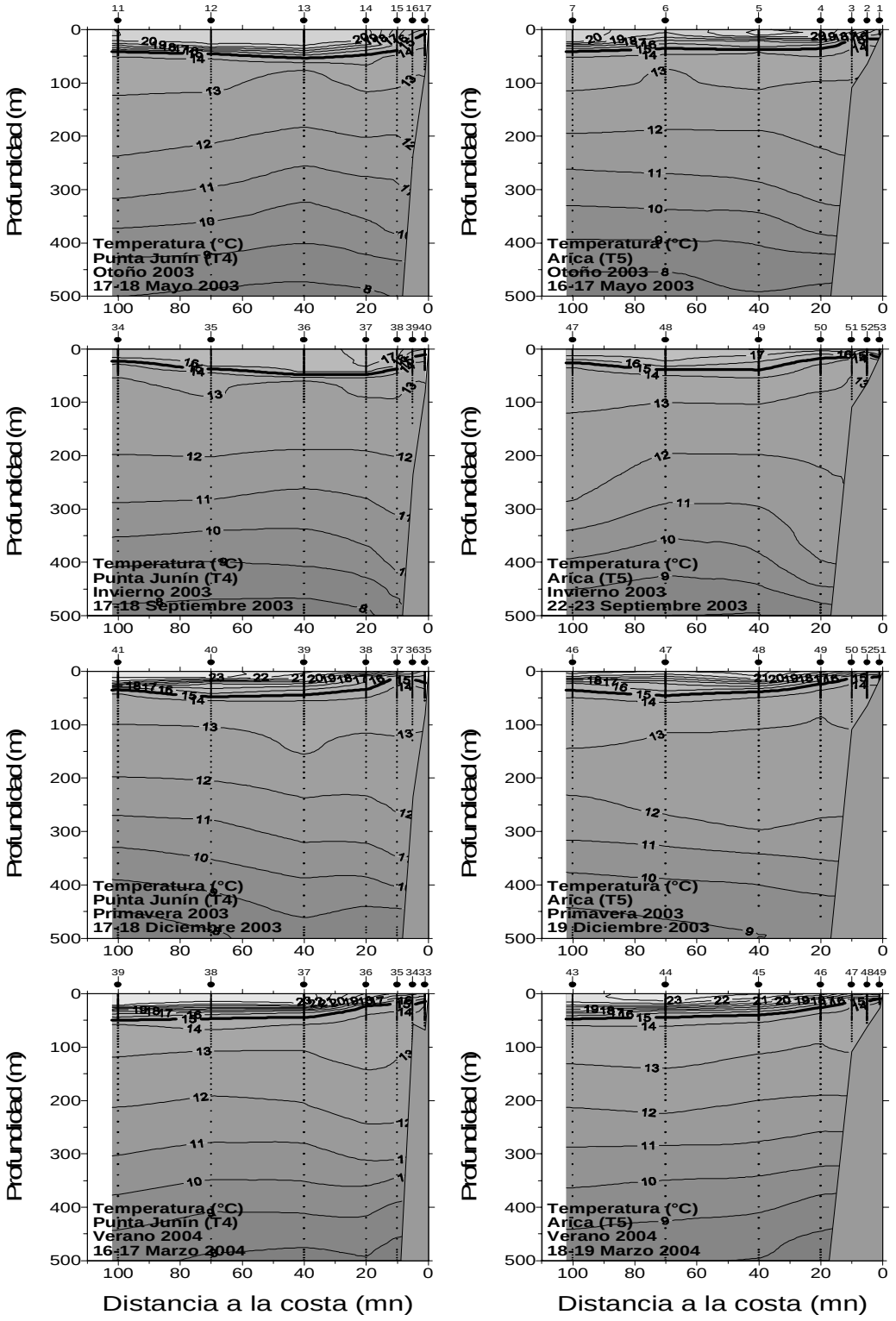


Figura 26. Distribución vertical de temperatura (°C) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

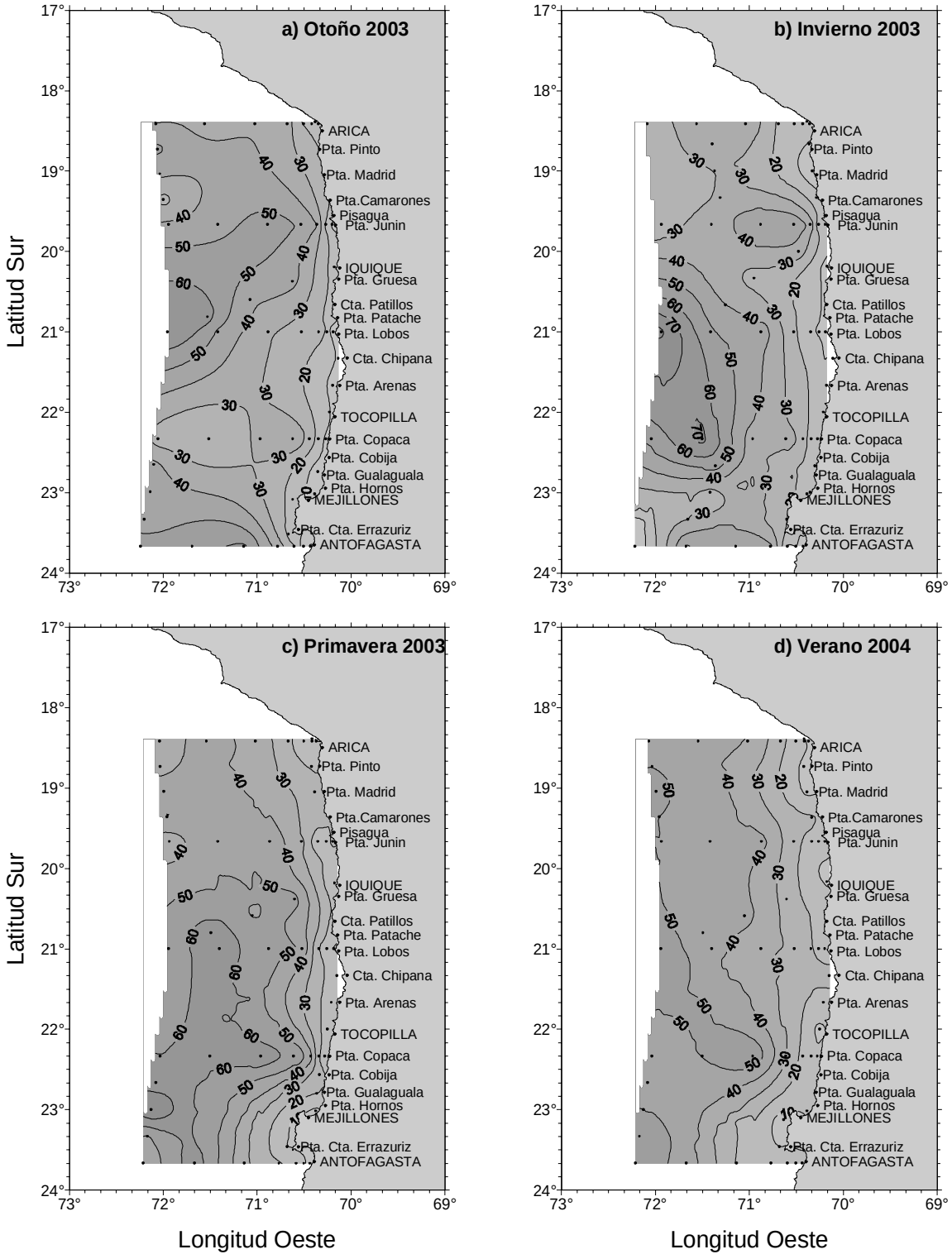


Figura 27. Profundidad de la isoterma de 15°C (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

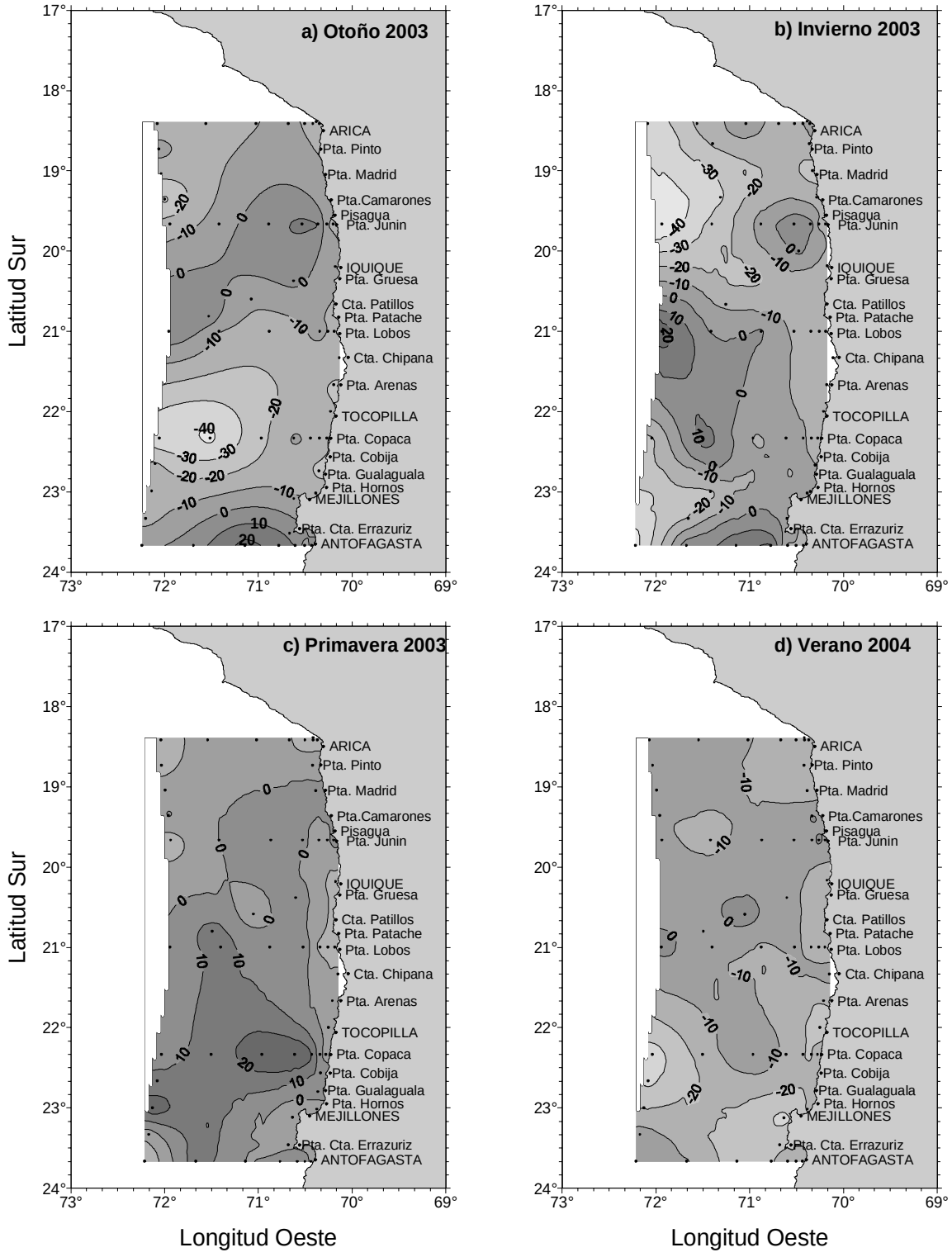


Figura 28. Anomalía de profundidad de la isoterma 15°C (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

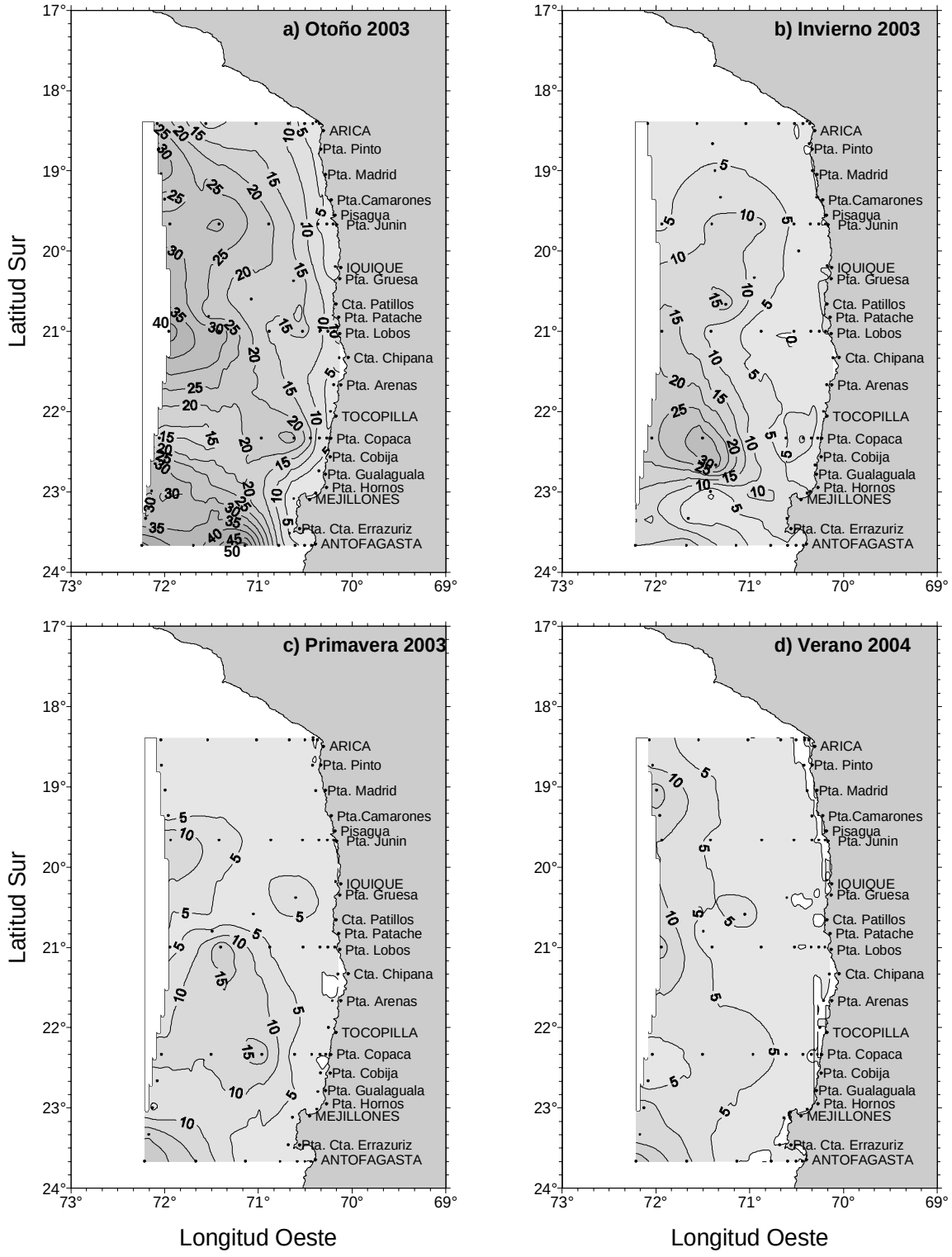


Figura 29. Espesor de la capa de mezcla (m) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

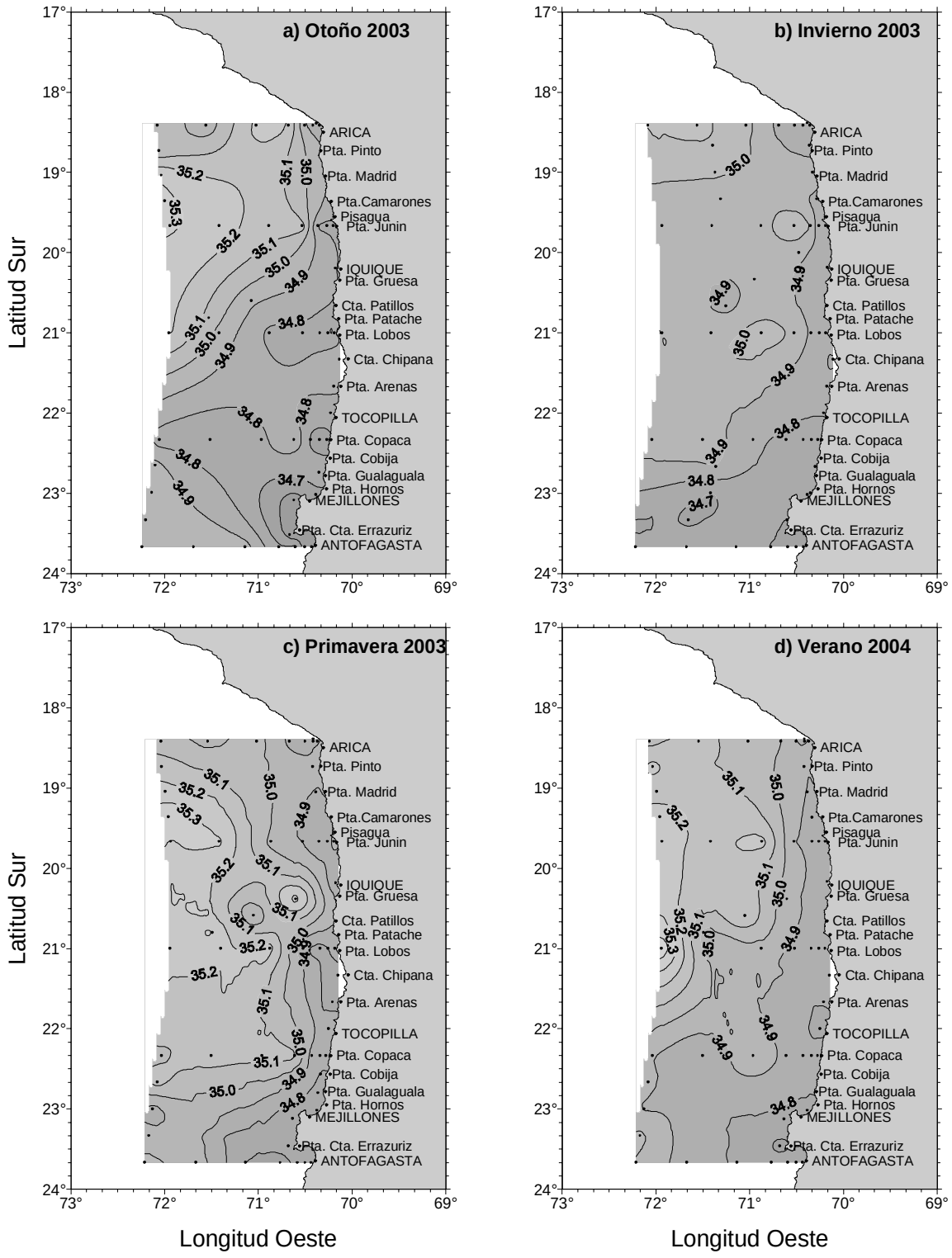


Figura 30. Distribución superficial de salinidad (psu) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

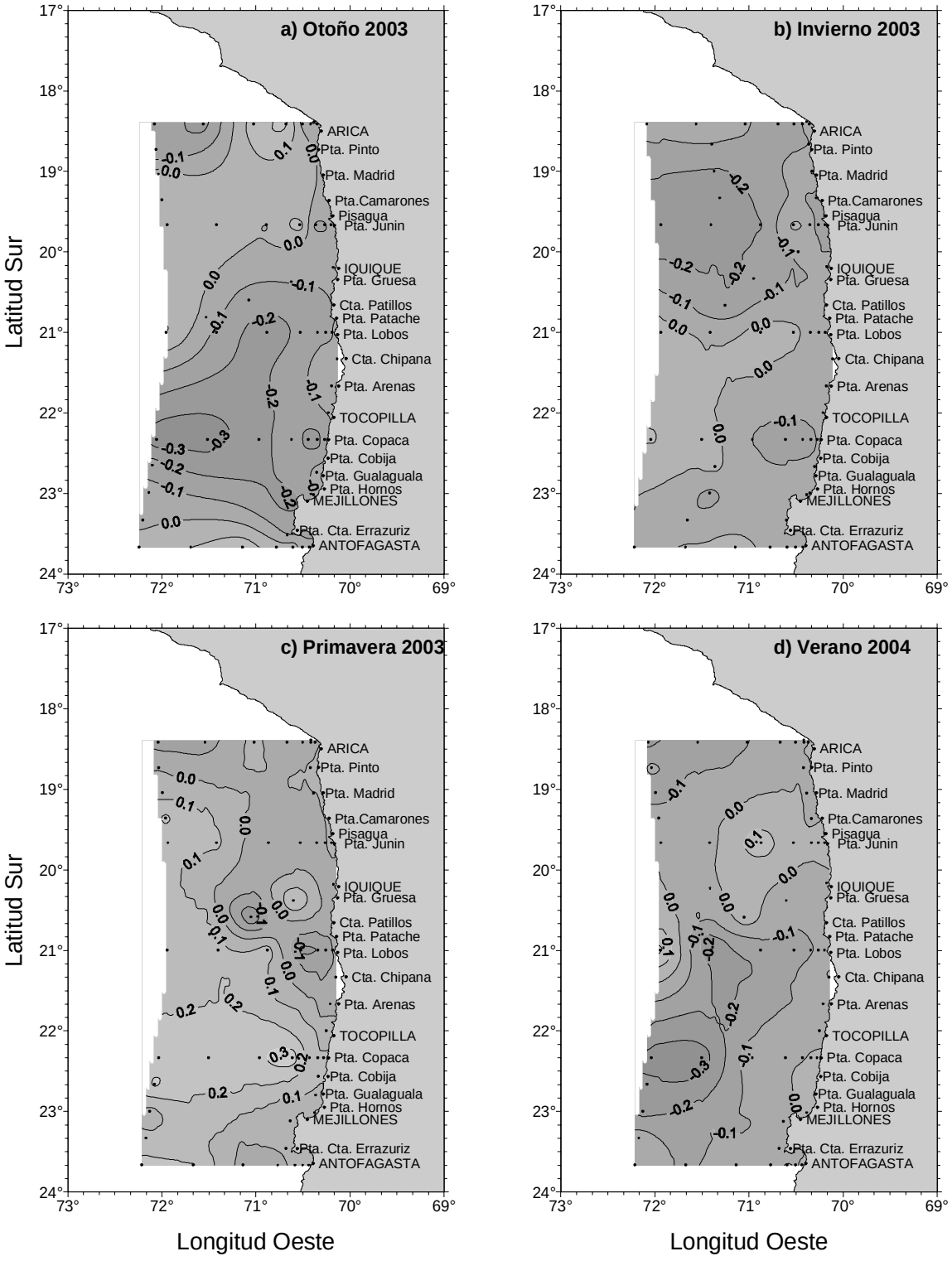


Figura 31. Anomalía de salinidad superficial (psu) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

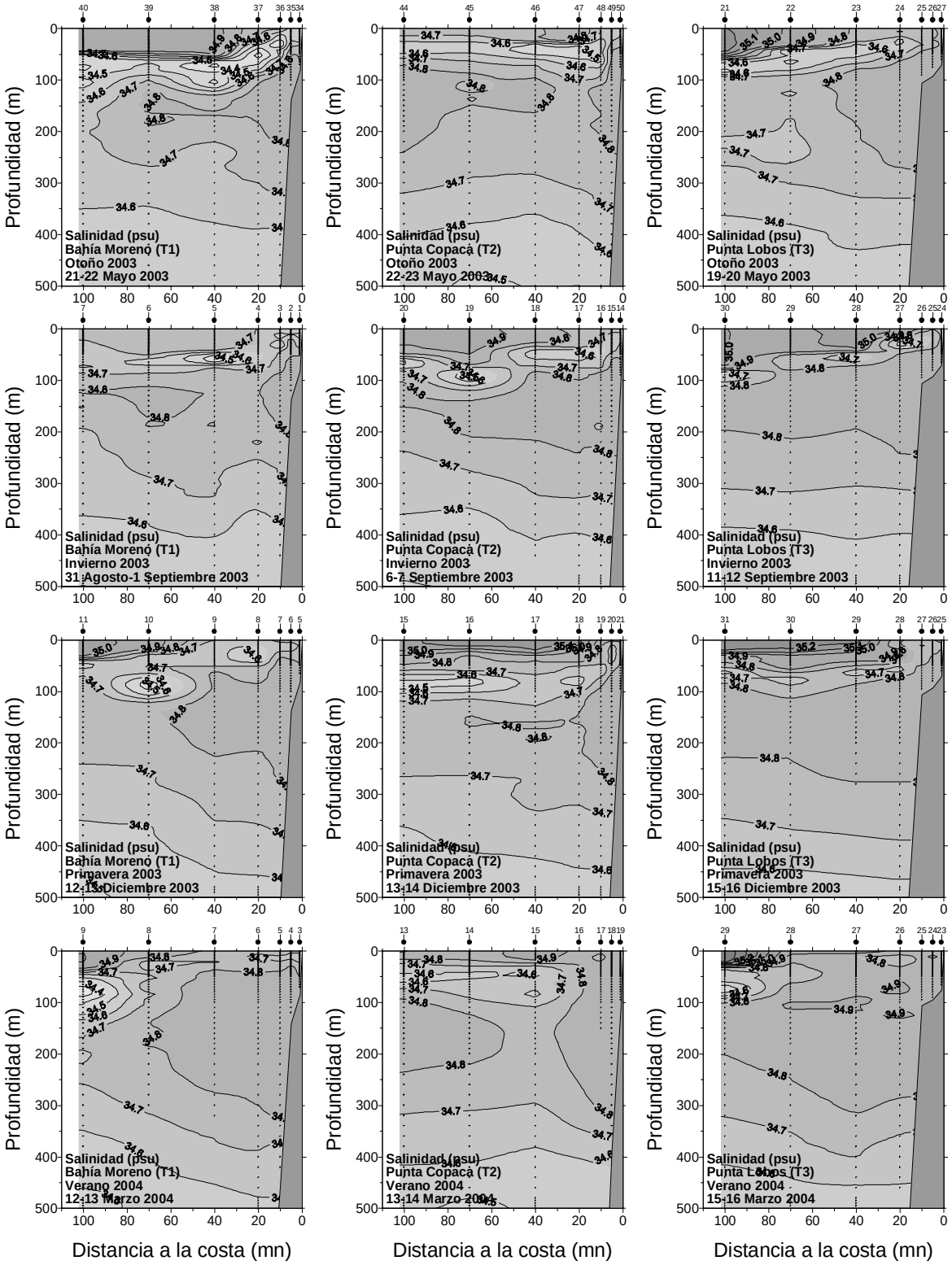


Figura 32. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º 20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

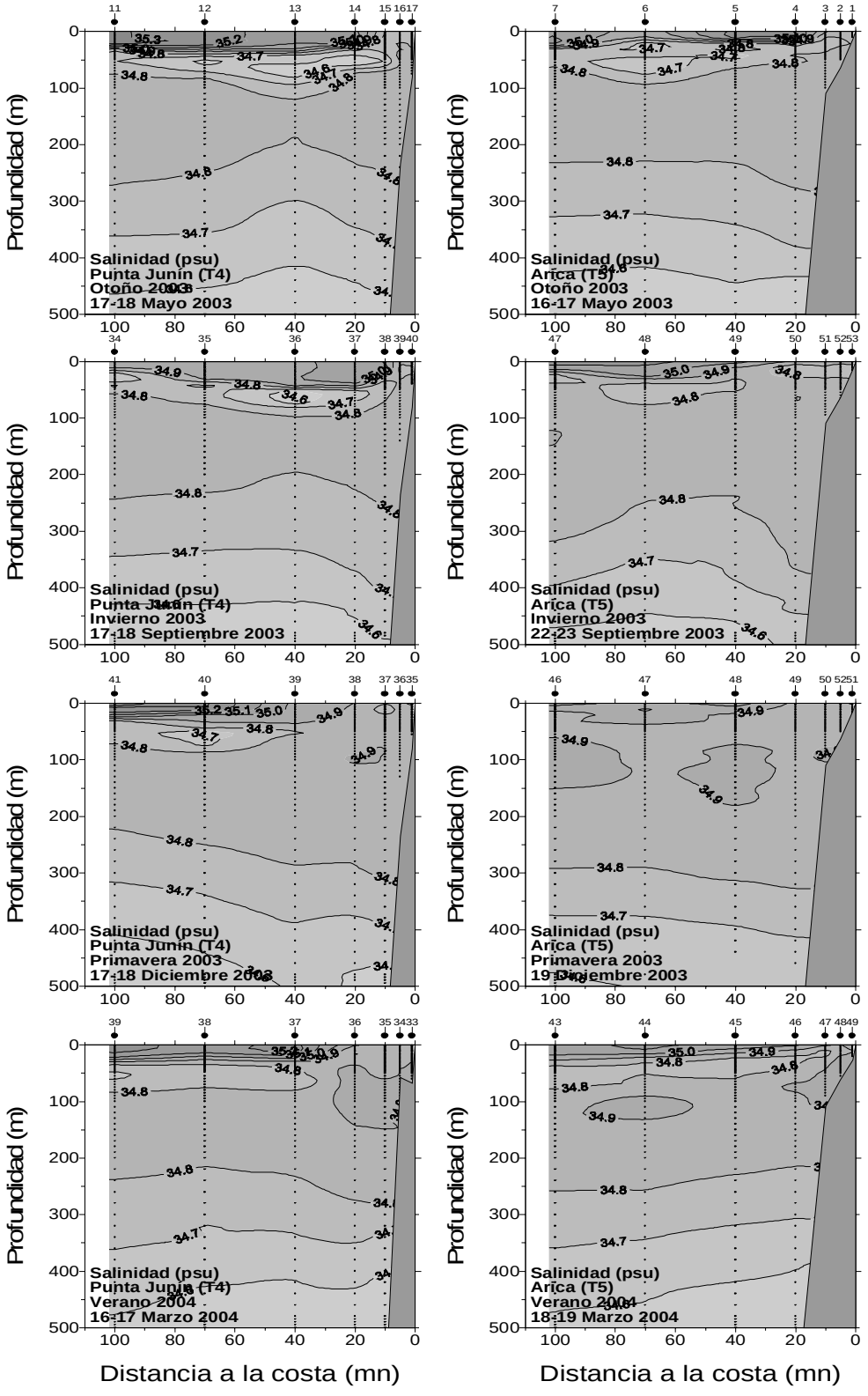


Figura 33. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

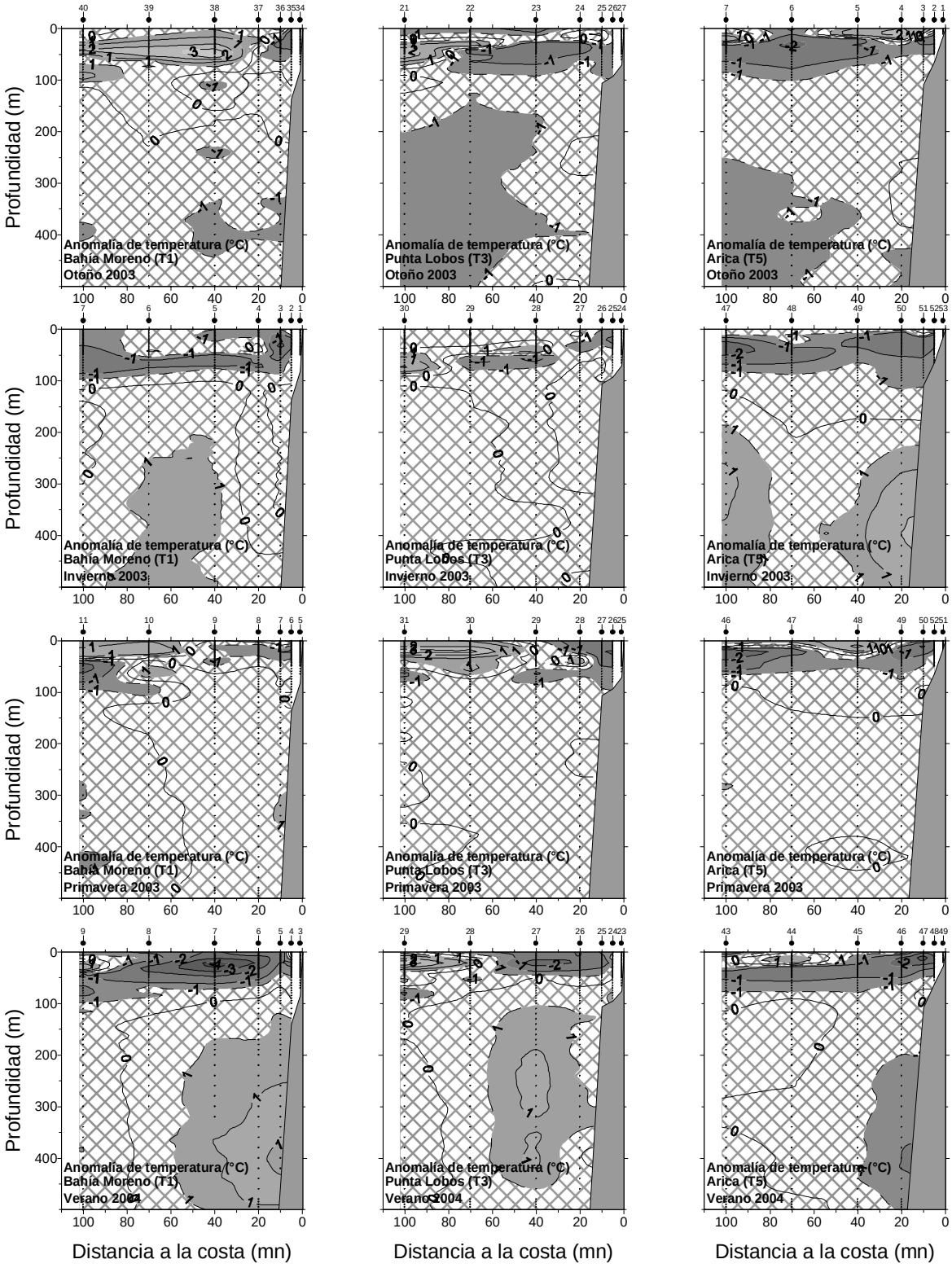


Figura 34. Anomalía vertical de temperatura (°C) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º 00'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

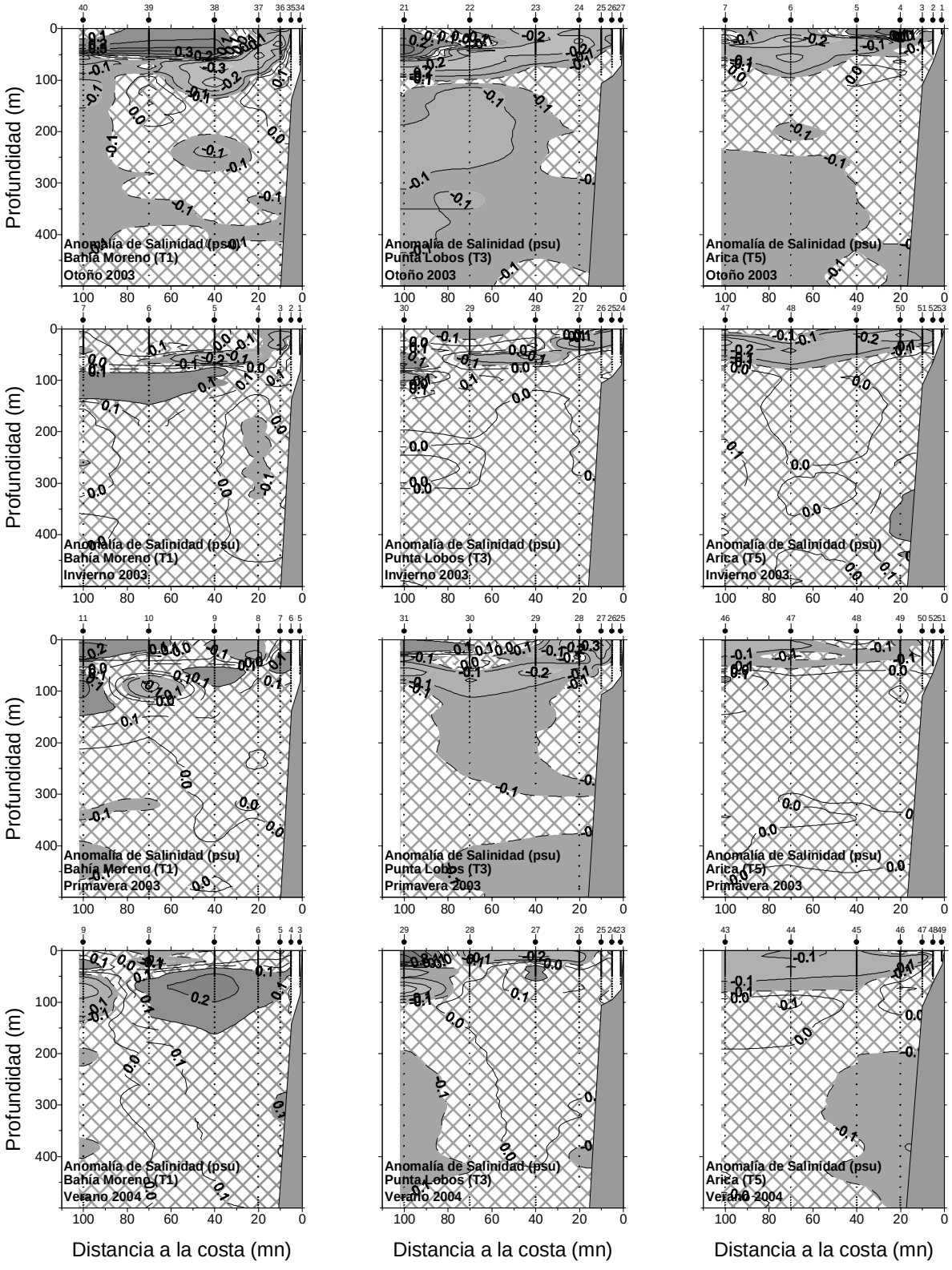


Figura 35. Anomalía vertical de salinidad (psu) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º40'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S) y Arica (T5; Lat. 18º25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

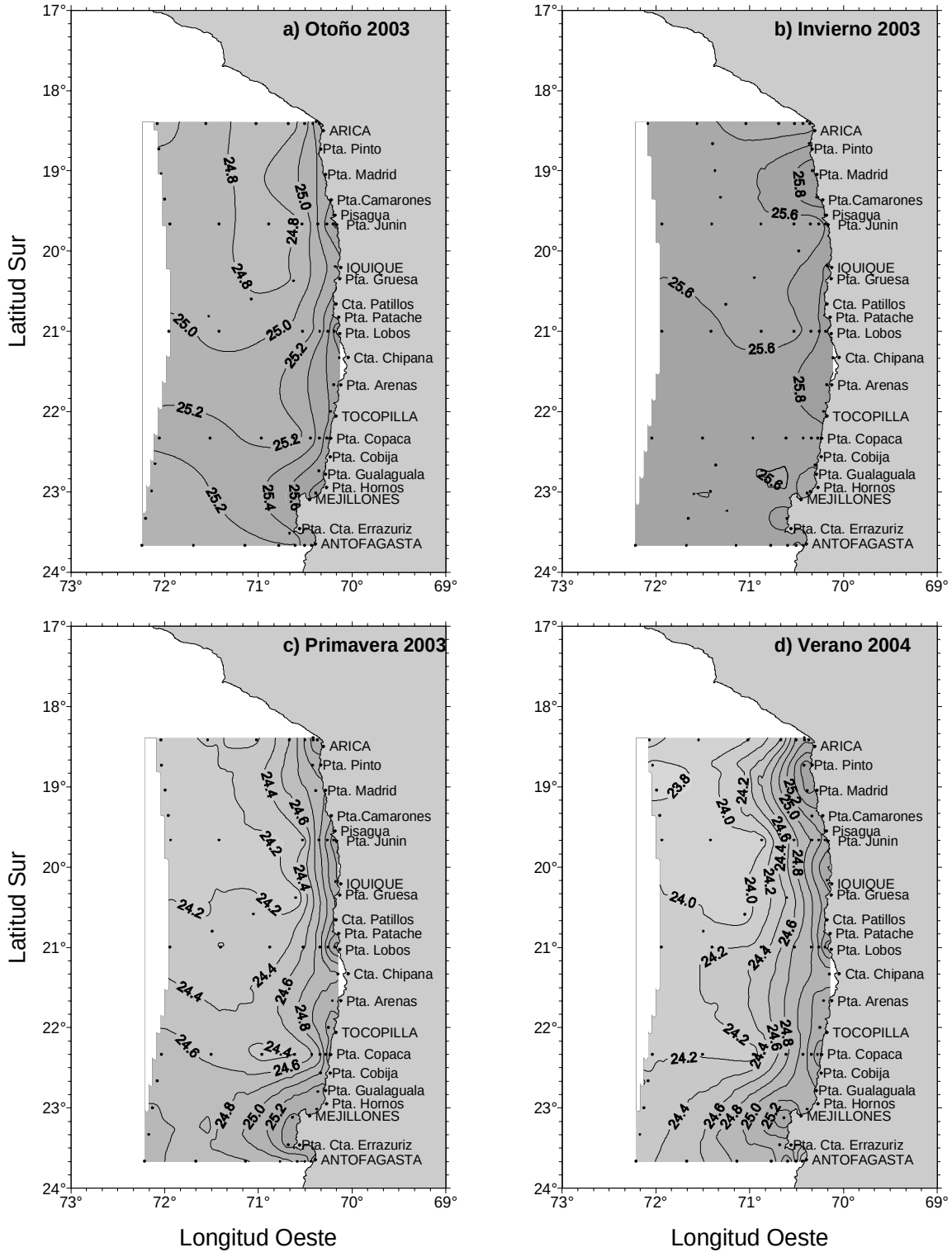


Figura 36. Densidad superficial del mar (sigma-t) (kg/m^3) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

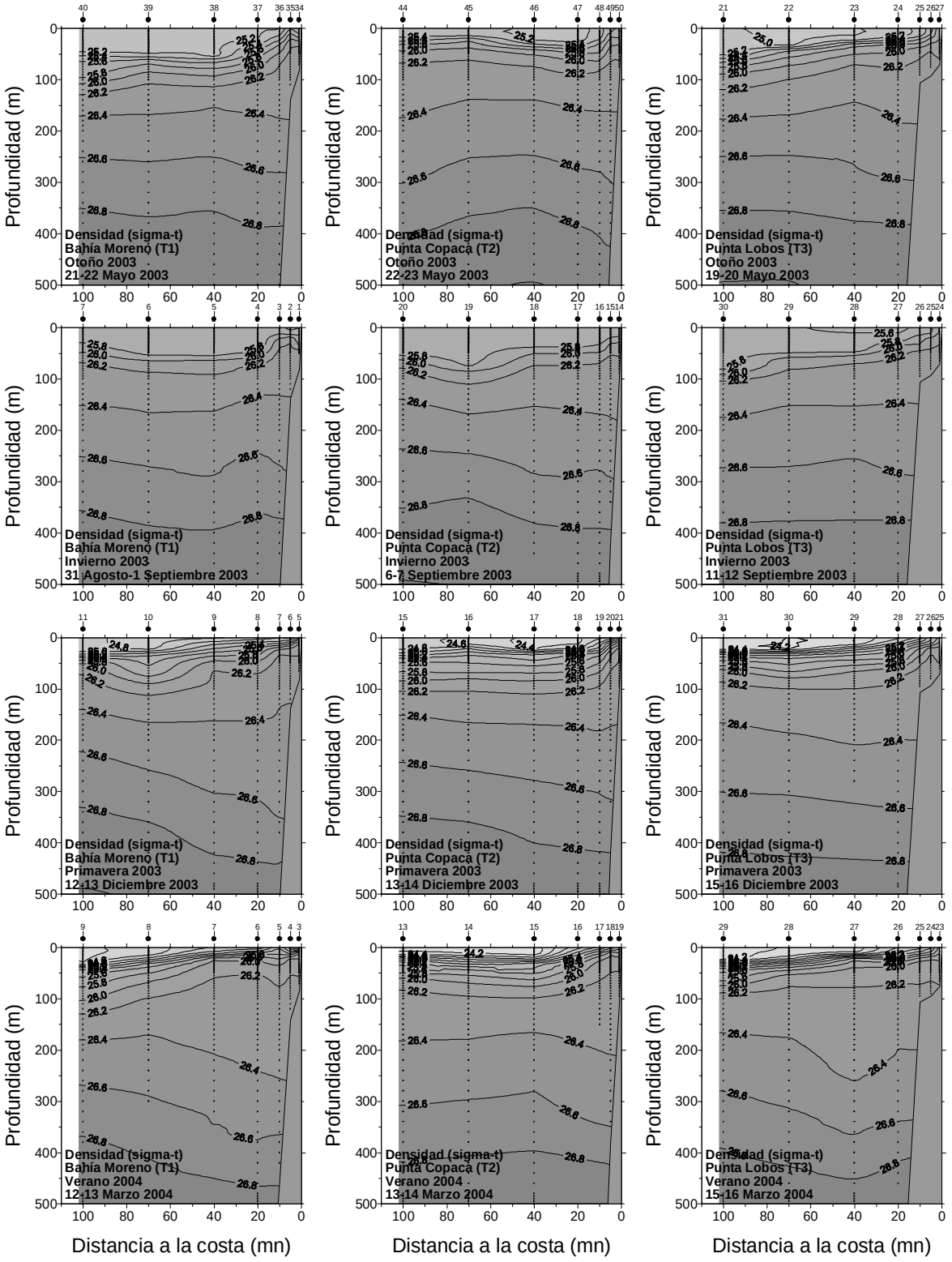


Figura 37. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m^3) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º 40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

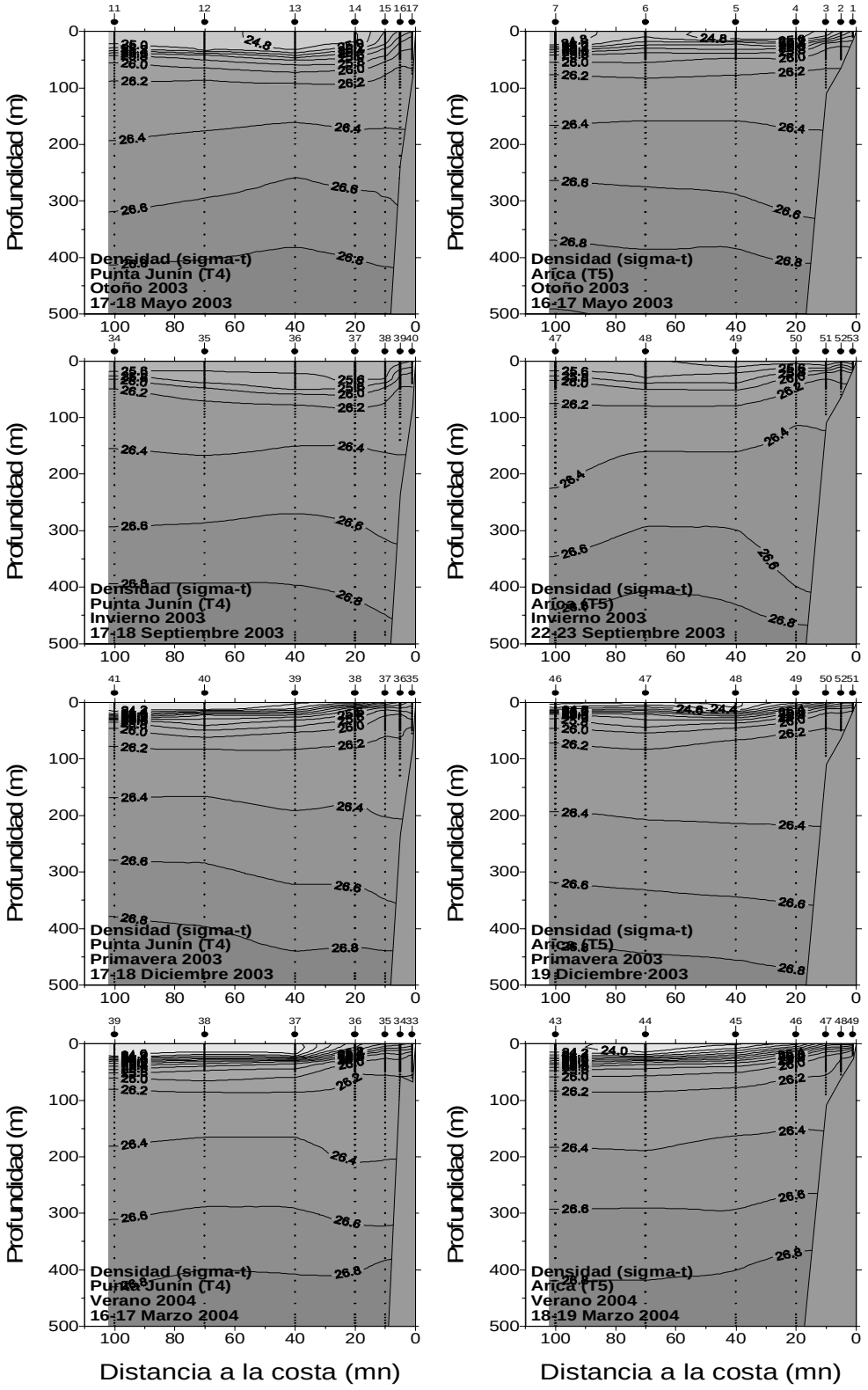


Figura 38. Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m^3) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º40'S) y Arica (T5; Lat. 18º25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

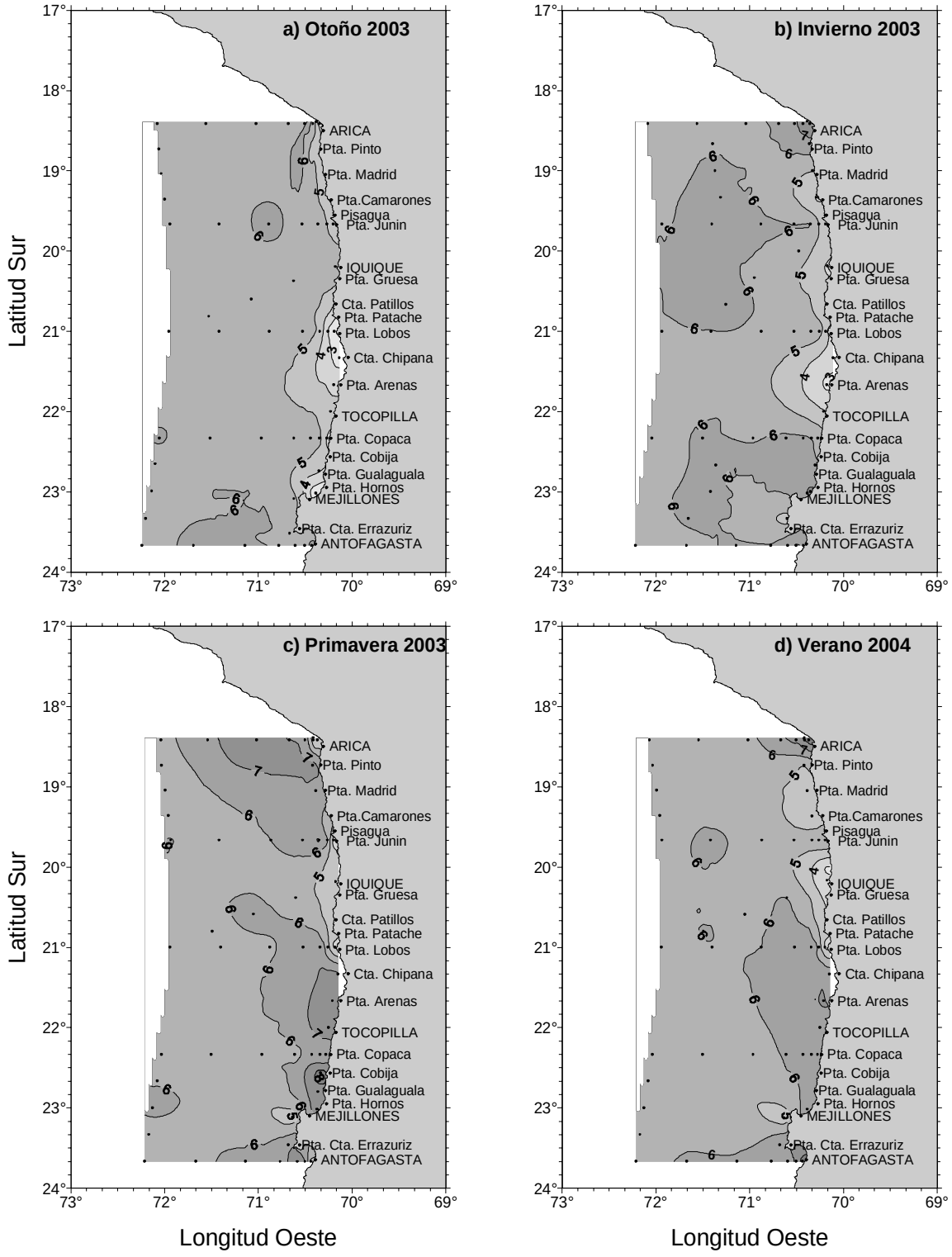


Figura 39. Distribución superficial del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en a) Otoño 2003,b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

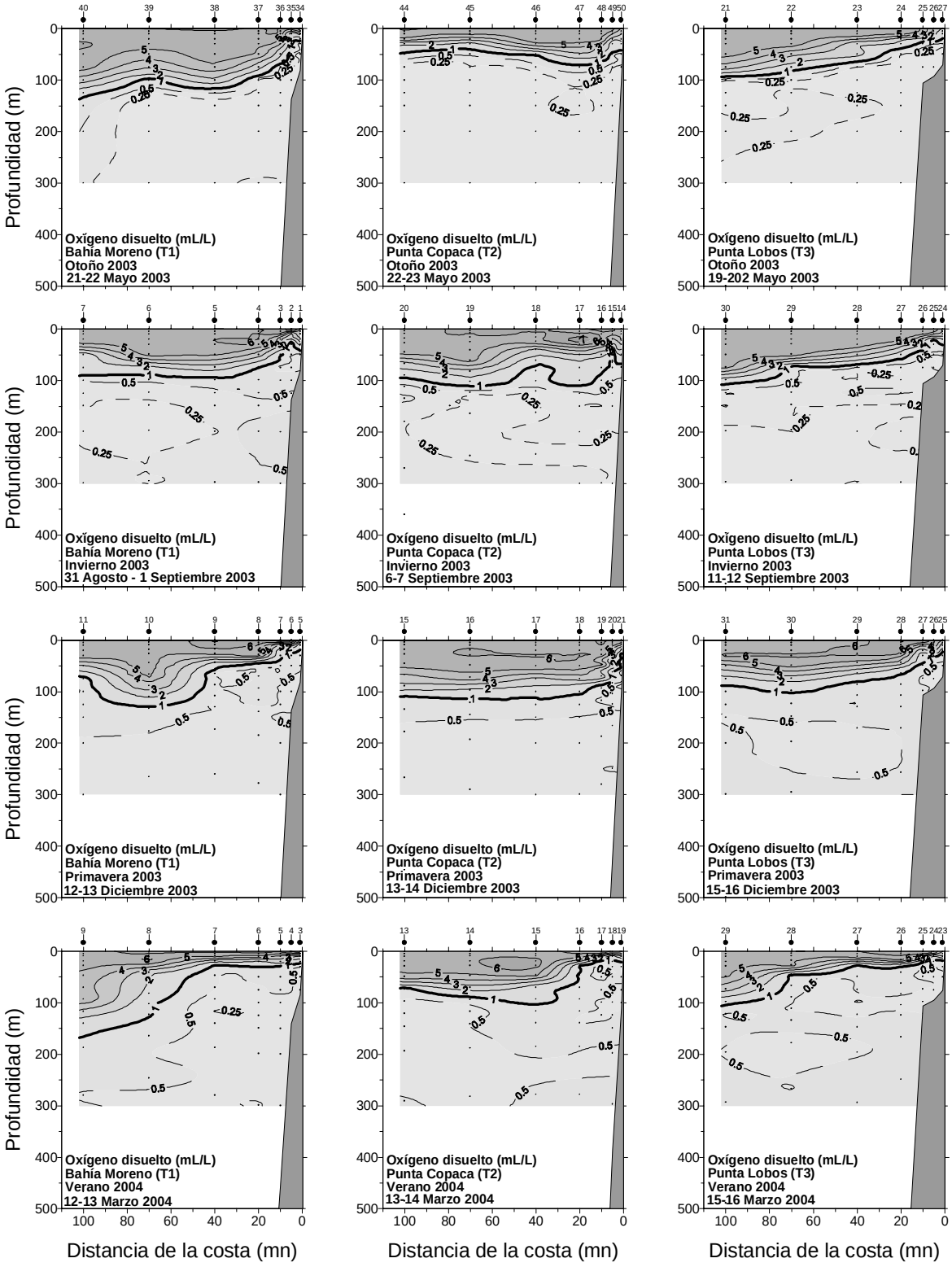


Figura 40. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat.23º40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

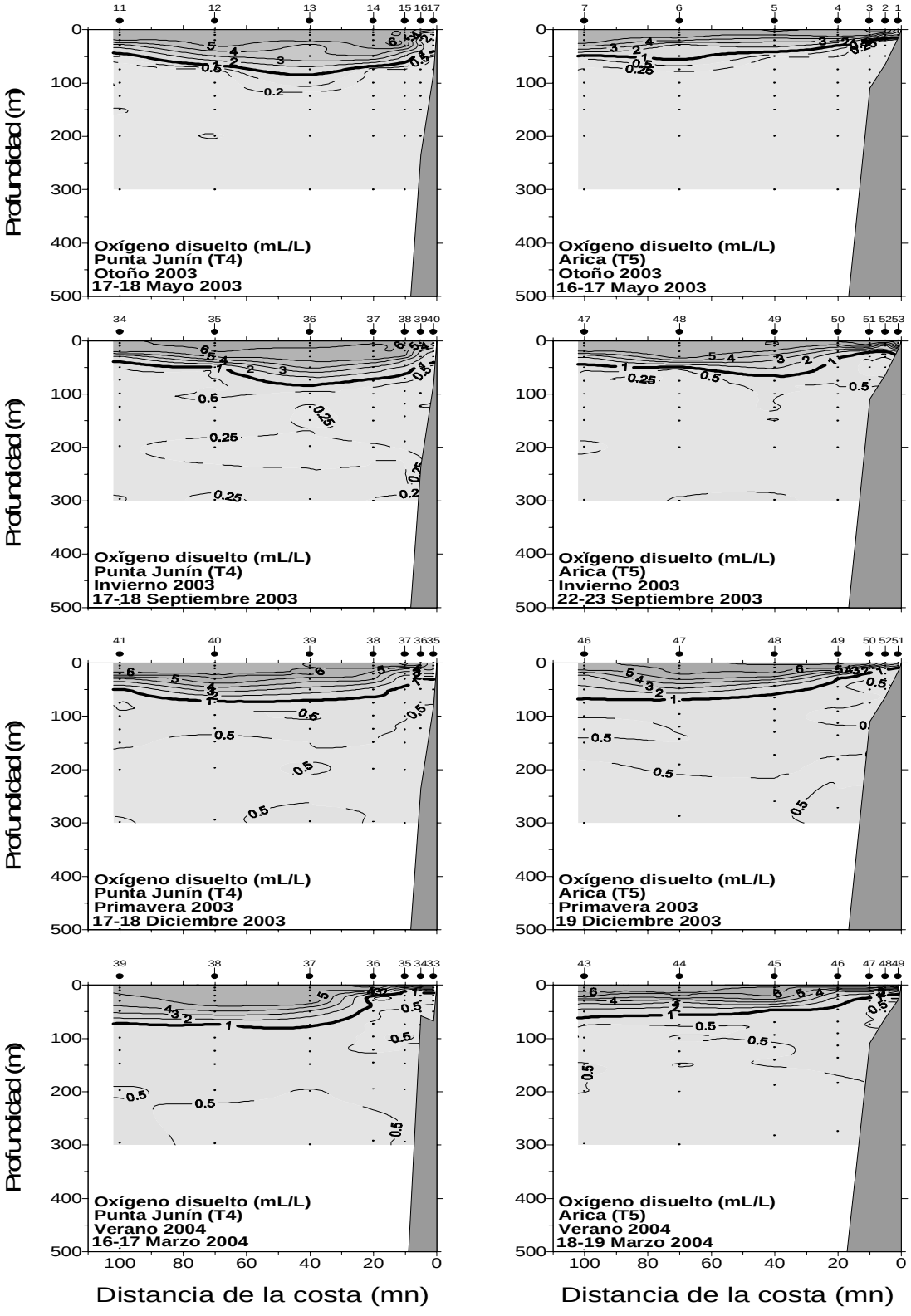


Figura 41. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

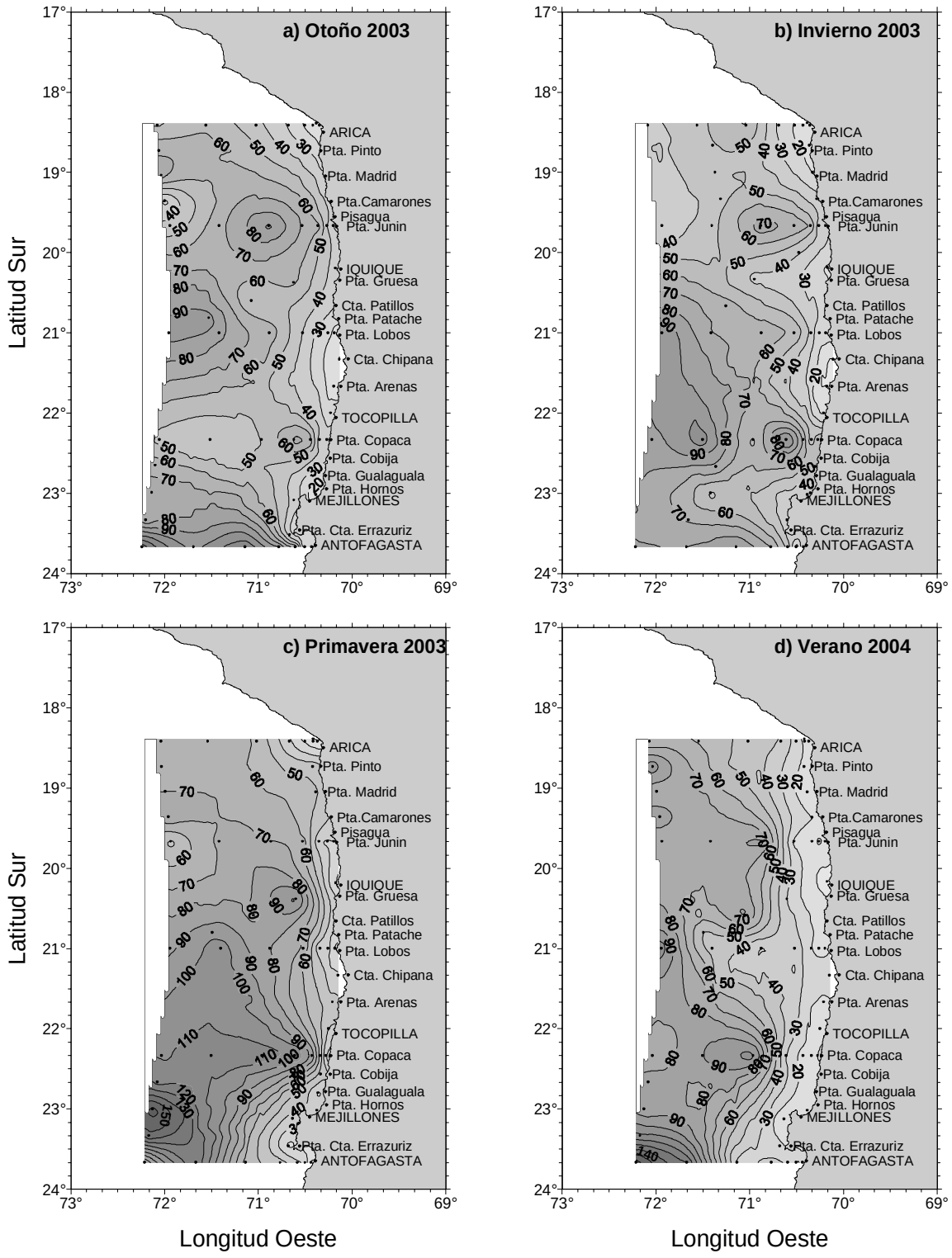


Figura 42. Profundidad de la isolínea de oxígeno correspondiente a la concentración de 1 mL/L, como indicadora del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

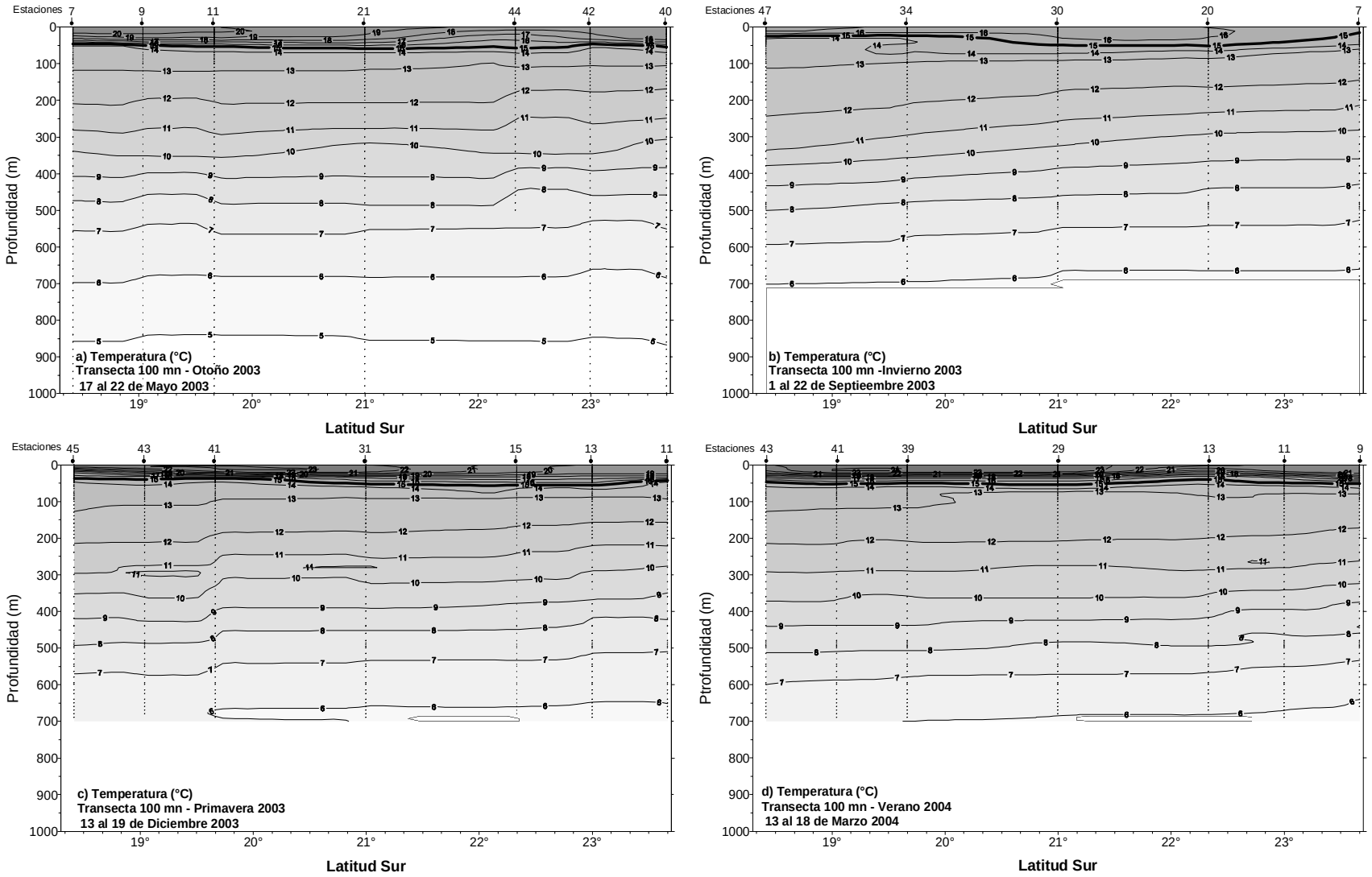


Figura 43. Distribución vertical de temperatura (°C) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

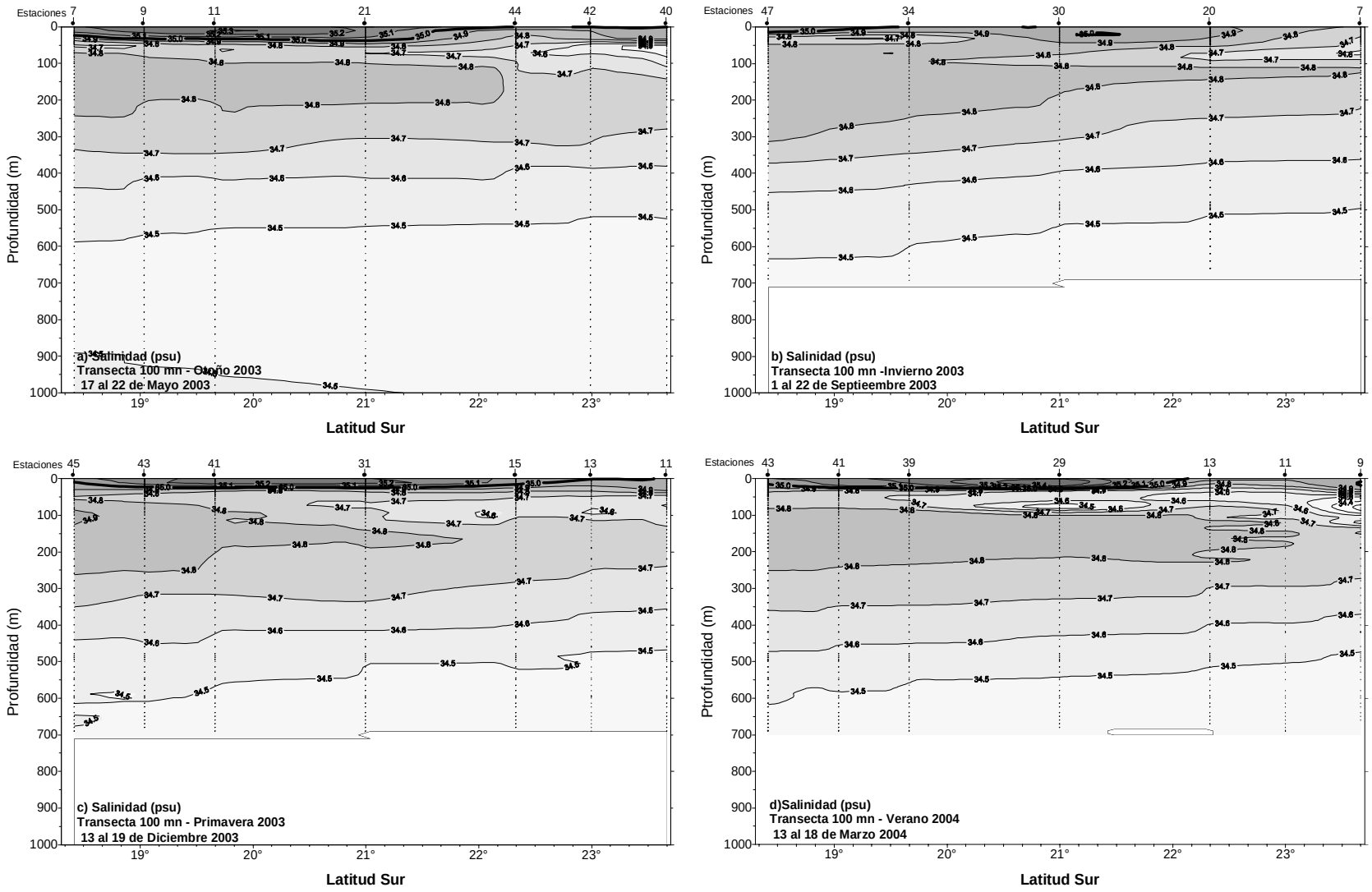


Figura 44. Distribución vertical de salinidad (psu) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

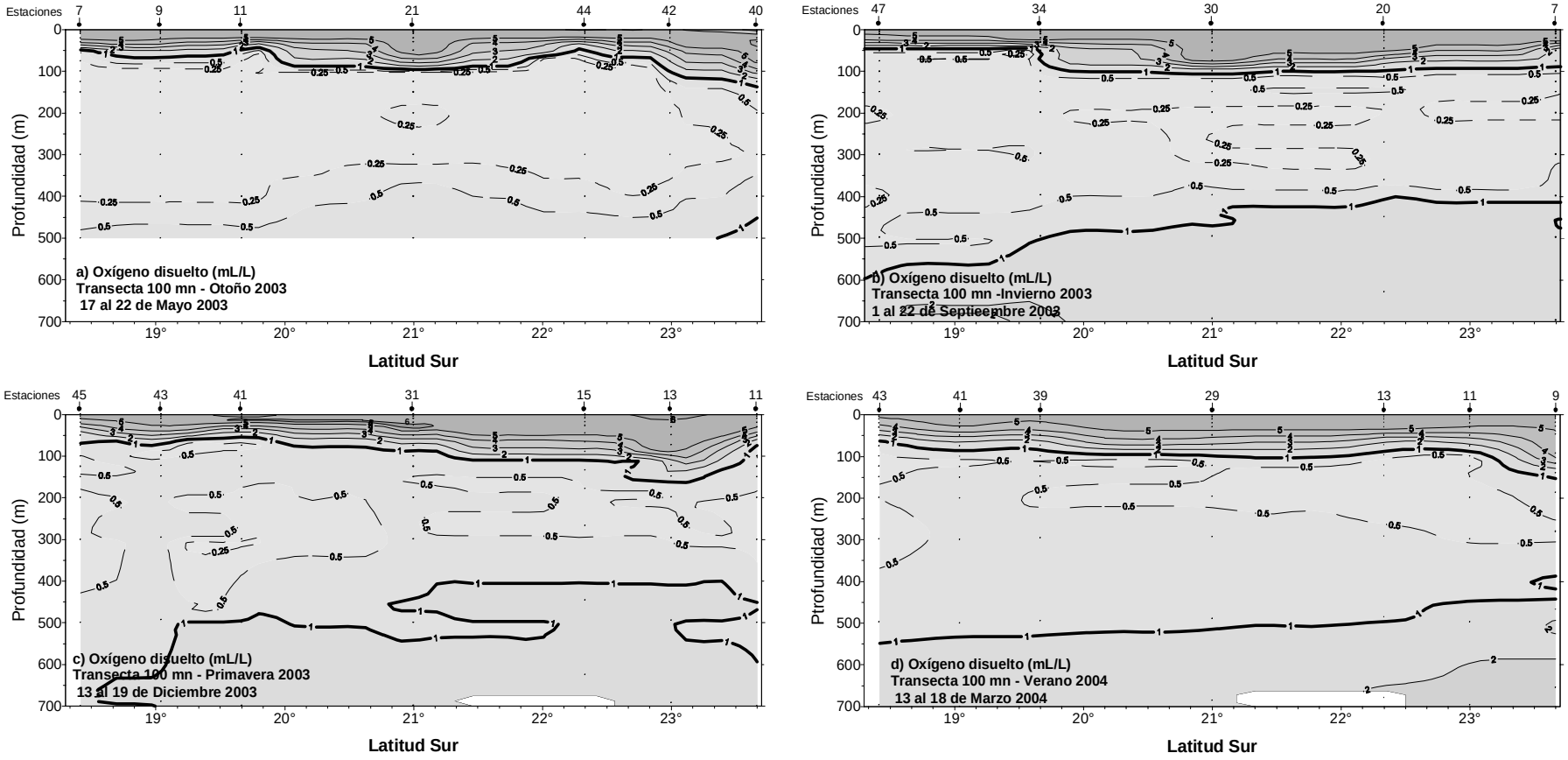


Figura 45. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

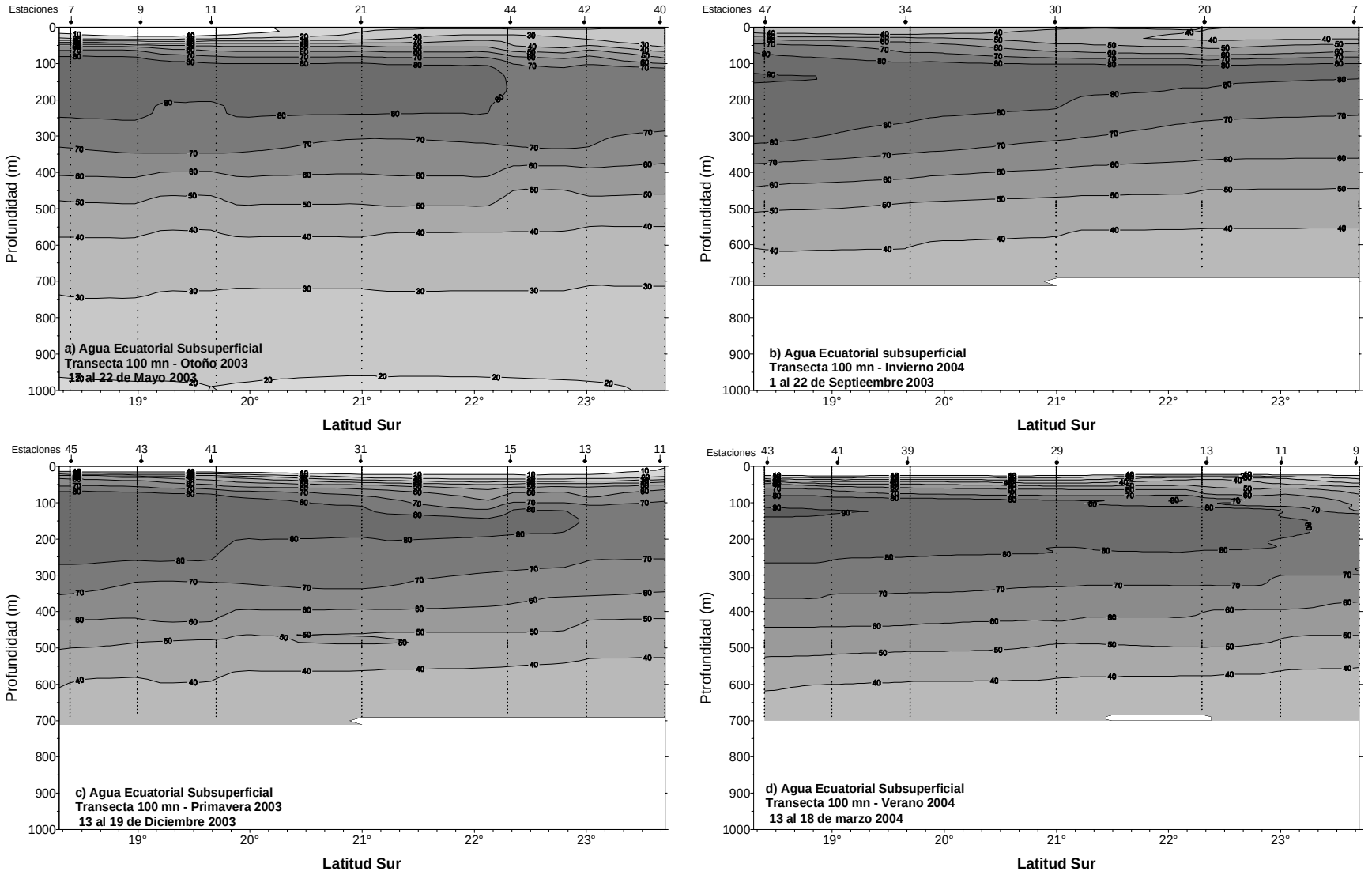


Figura 46. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a lo largo de una transecta norte-sur a 100 mn de la costa en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

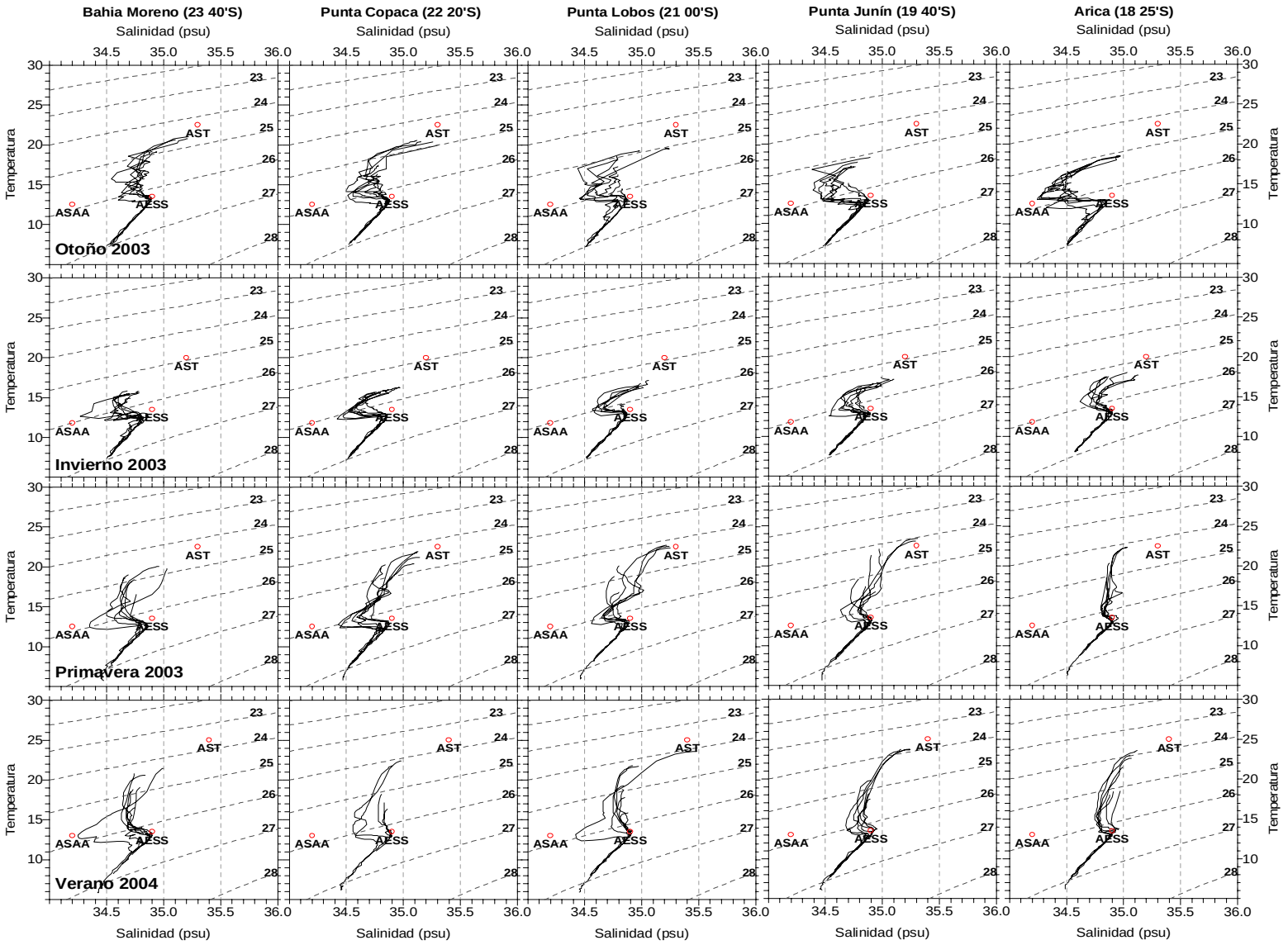


Figura 47. Diagramas T-S de todas las estaciones agrupadas por transecta en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

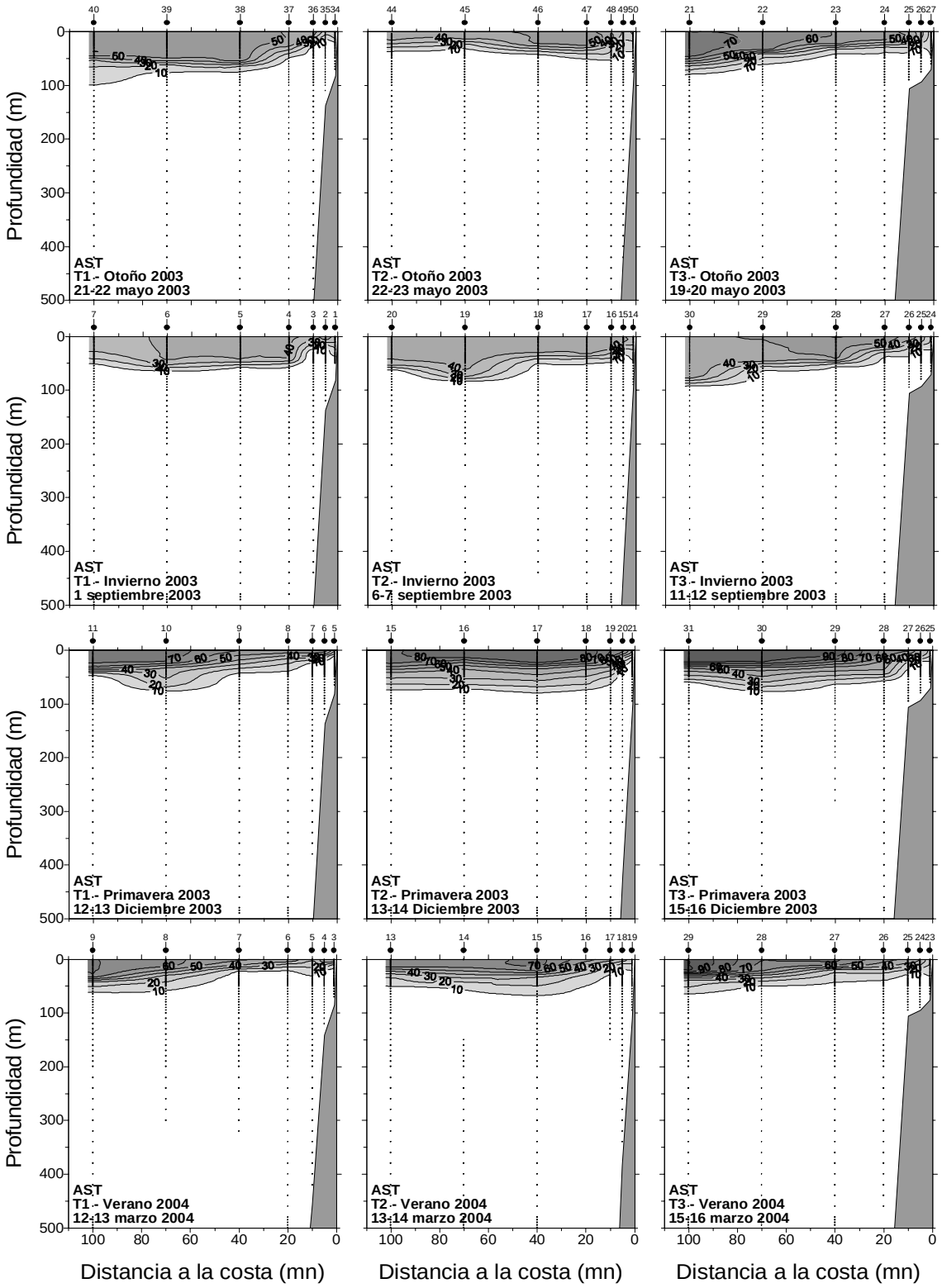


Figura 48. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

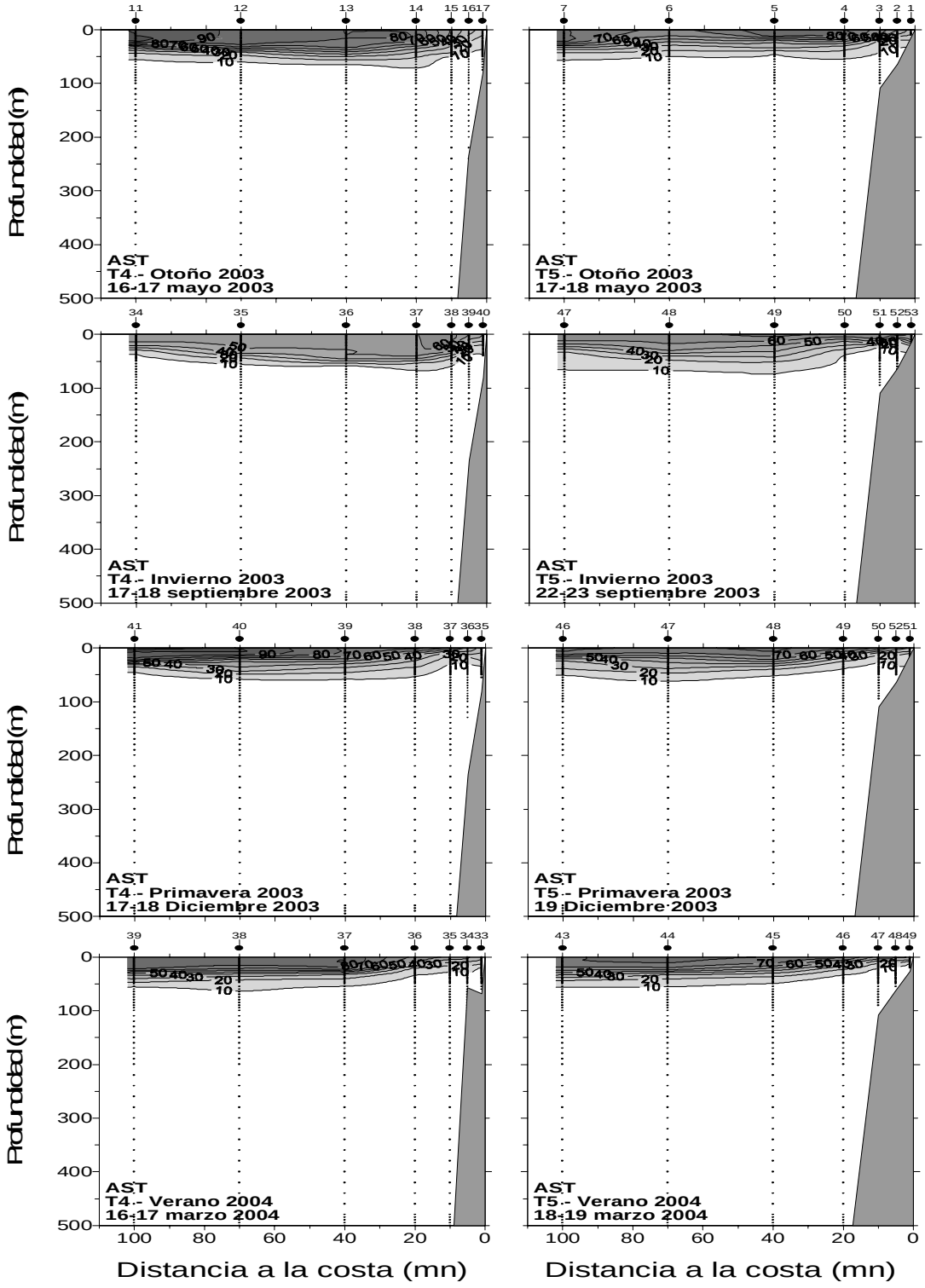


Figura 49. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subtropical (AST) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º 40'S) y Arica (T5; Lat. 18º 25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

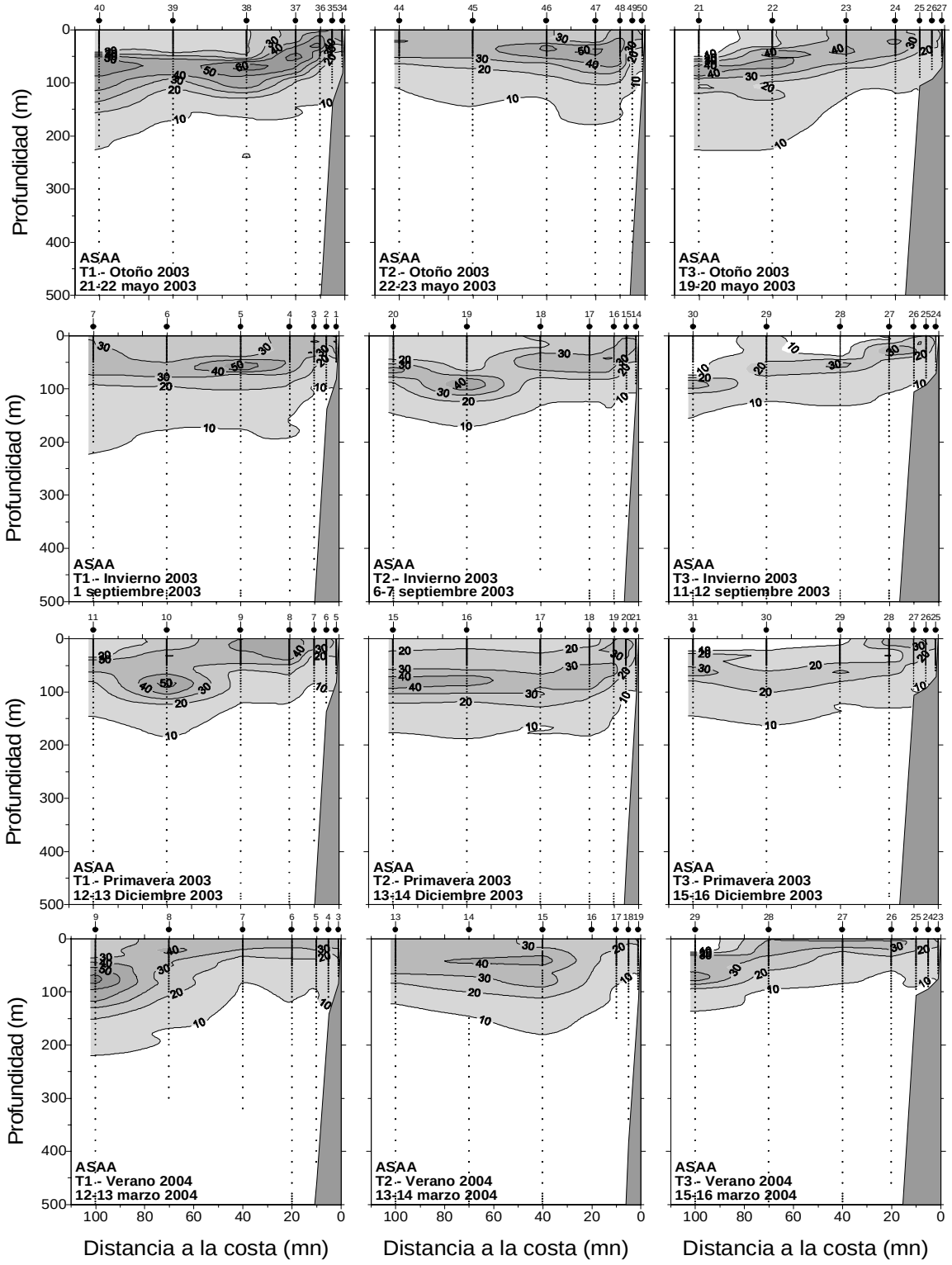


Figura 50. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subantártica (ASAA) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

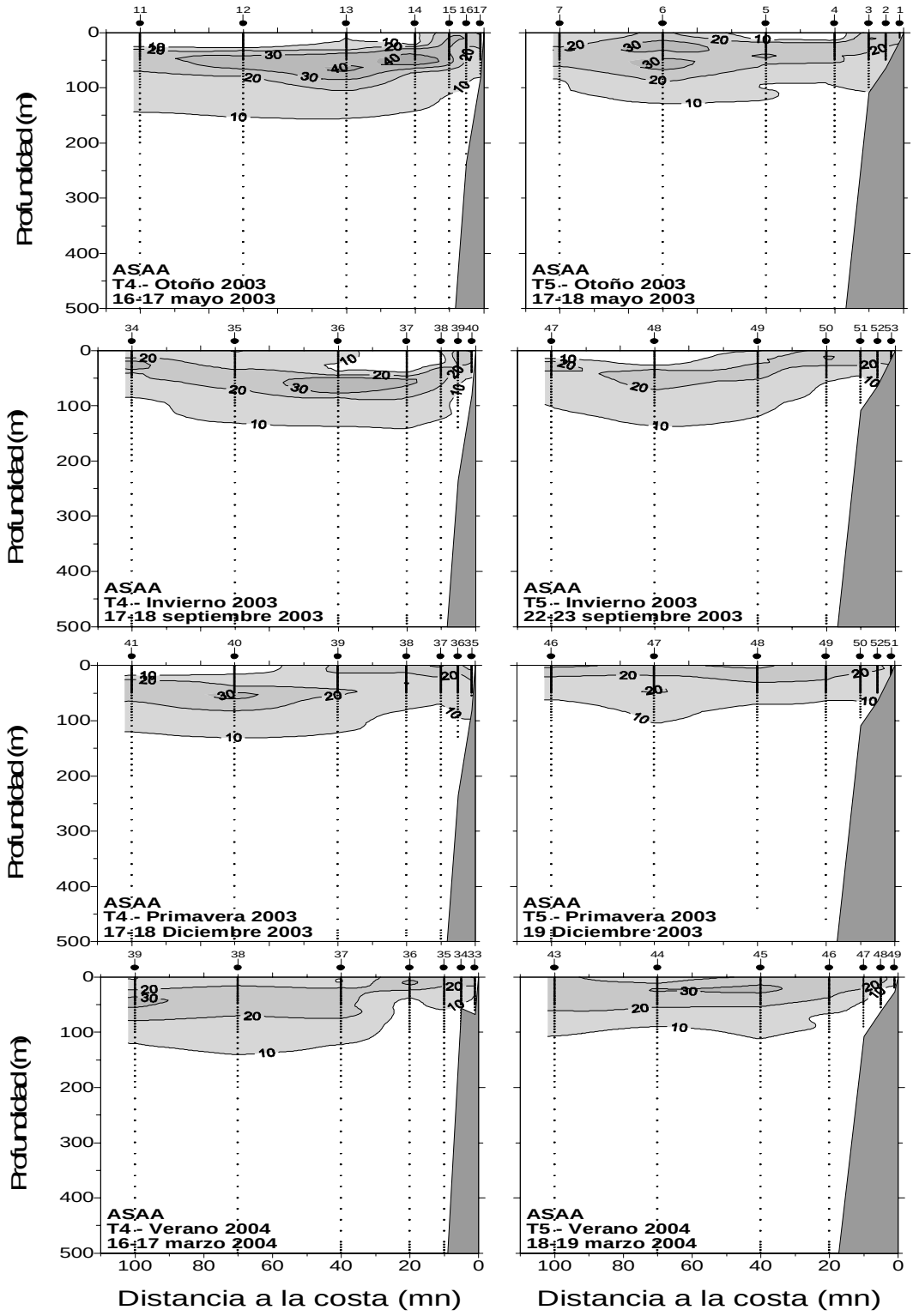


Figura 51. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Subantártica (ASAA) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º40'S) y Arica (T5; Lat. 18º25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

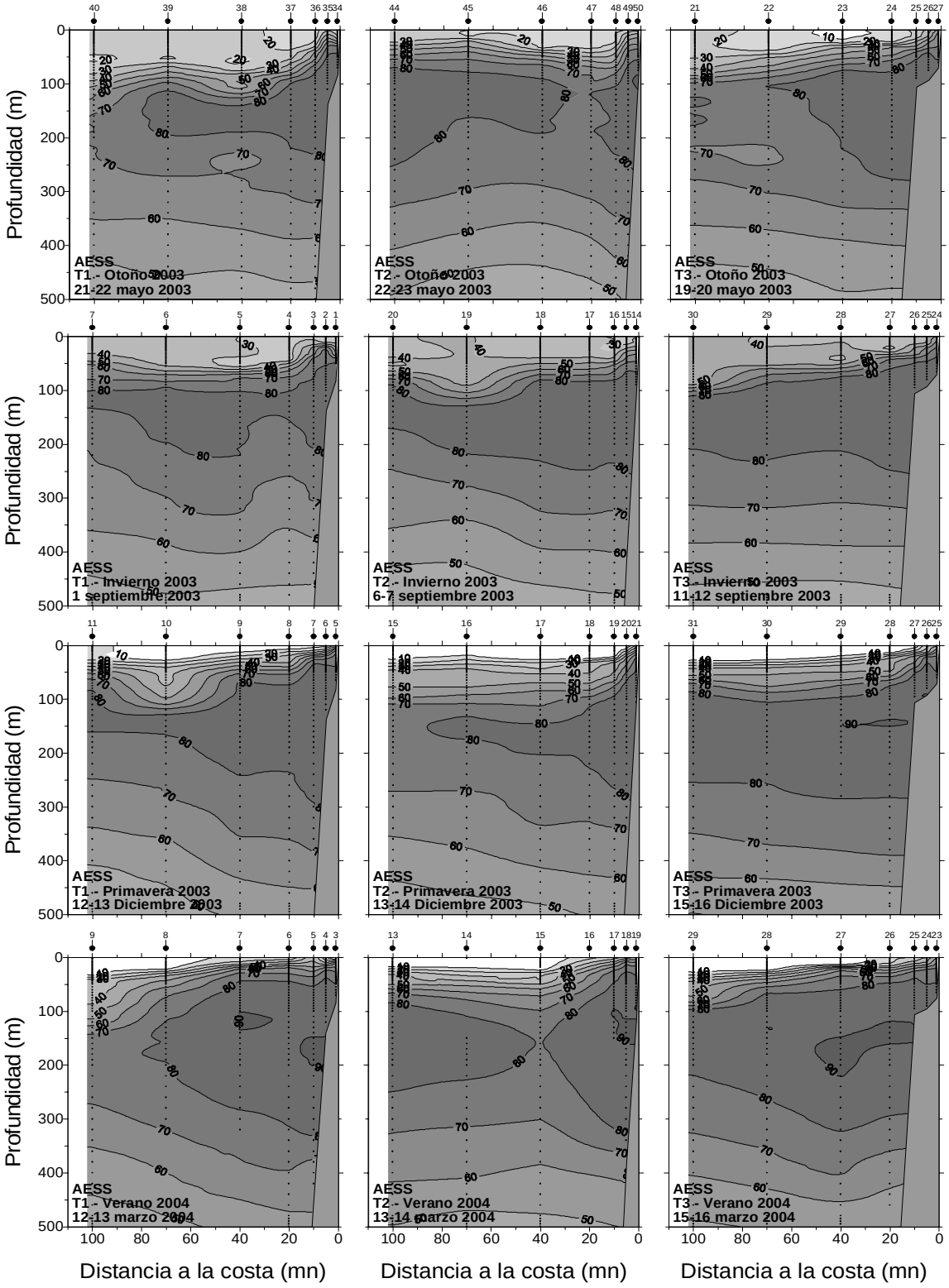


Figura 52. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S) y punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

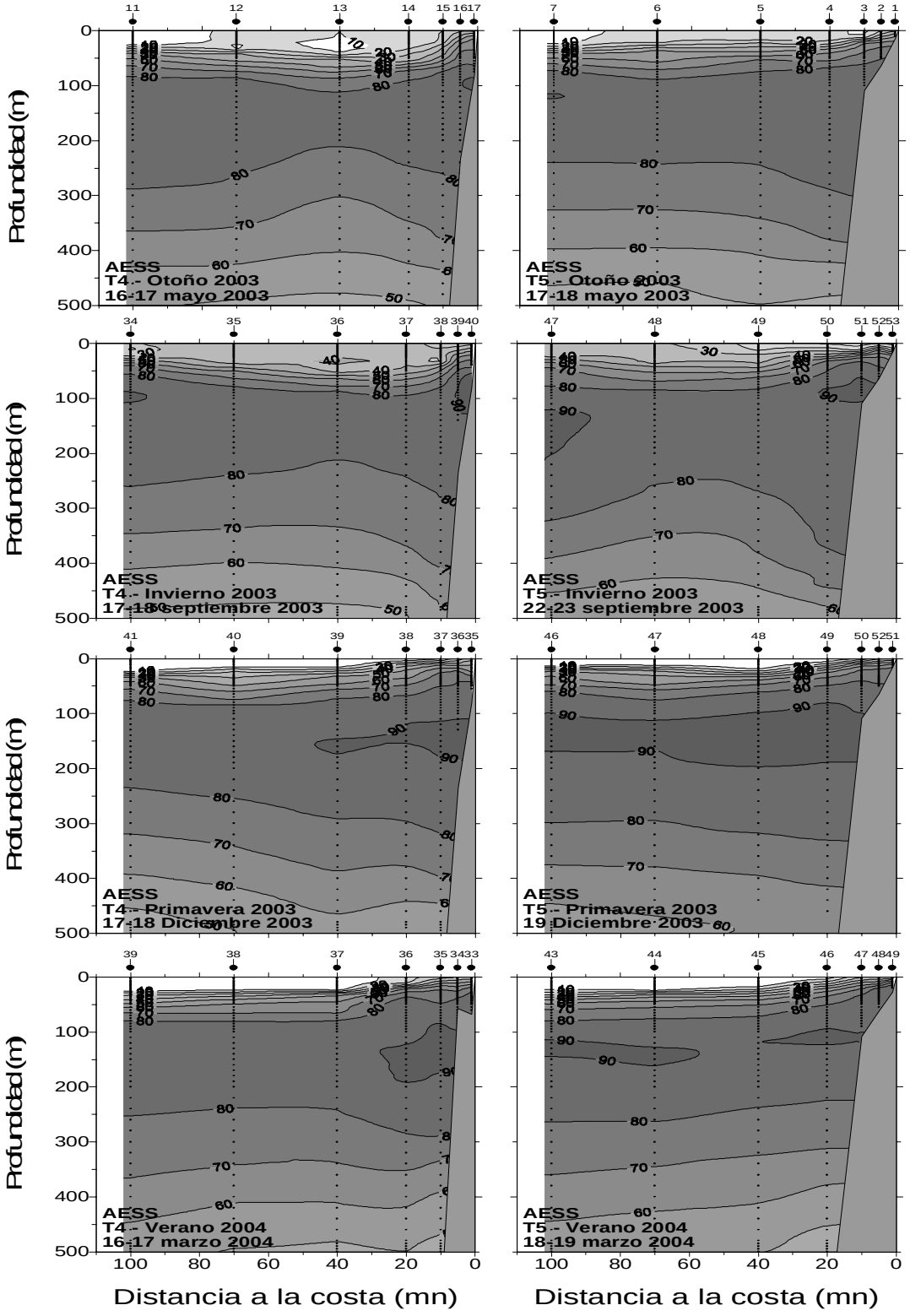


Figura 53. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas de punta Junín (T4; Lat. 19º40'S) y Arica (T5; Lat. 18º25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

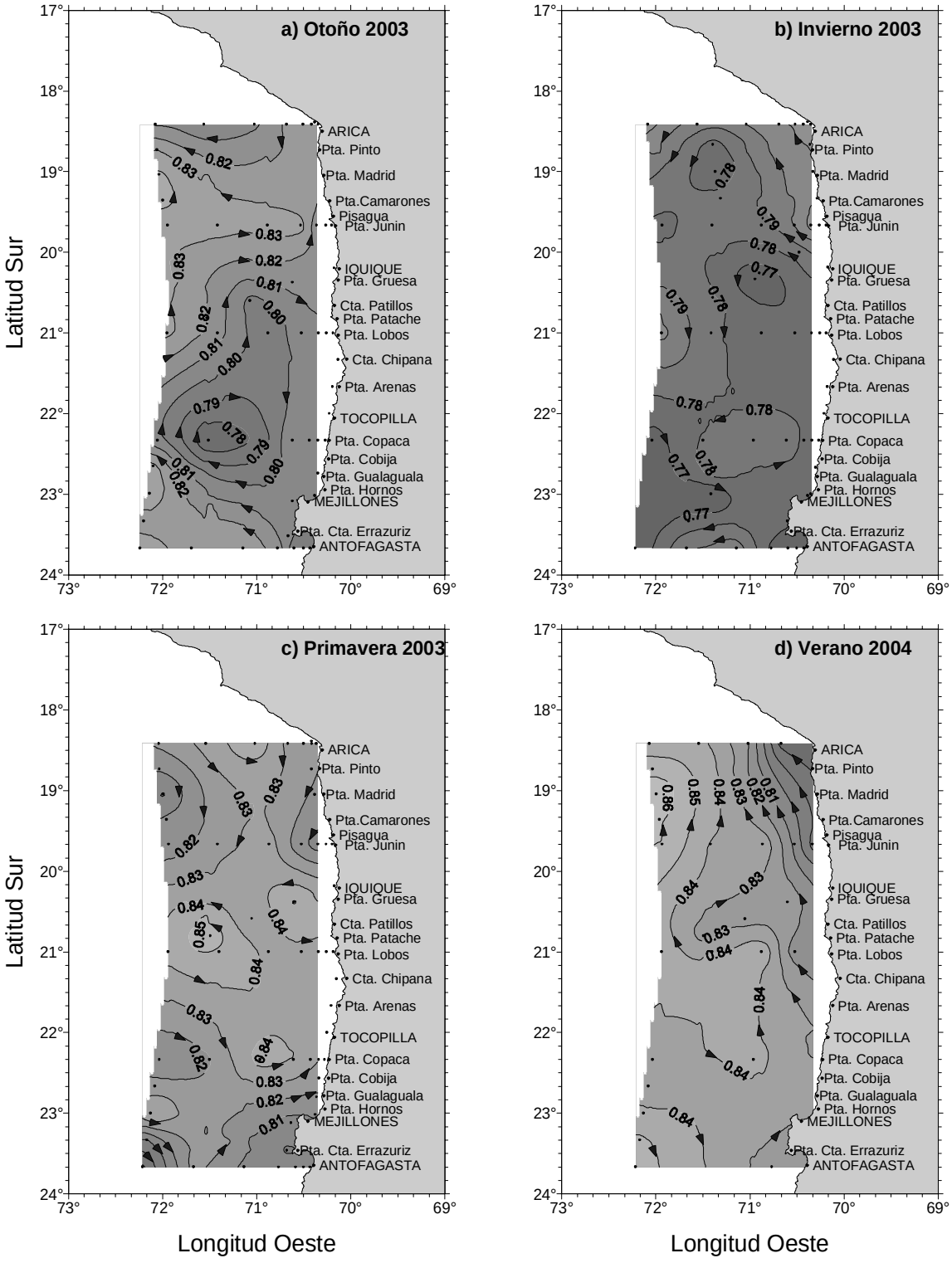


Figura 54. Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

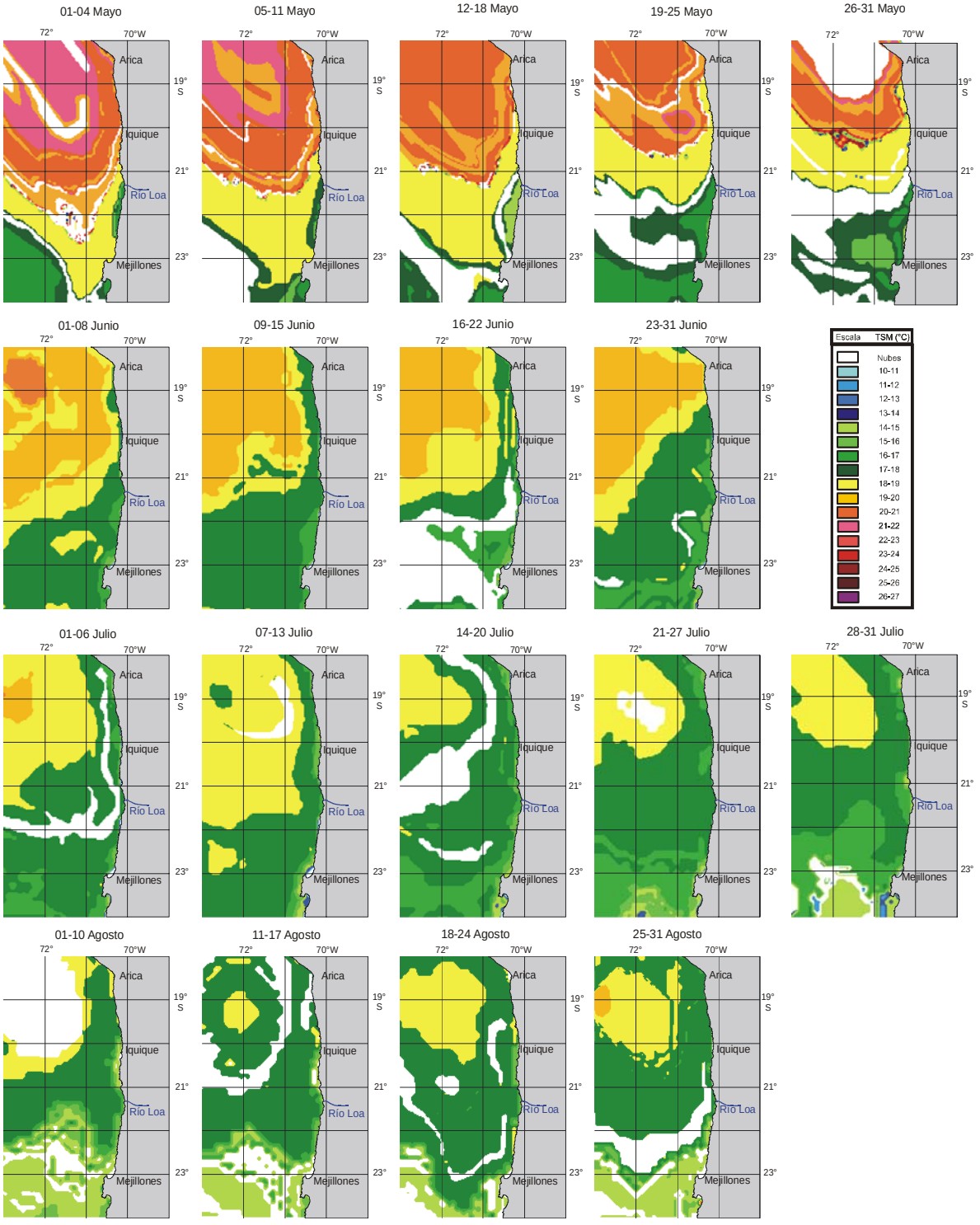


Figura 55. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Mayo-Agosto 2003.

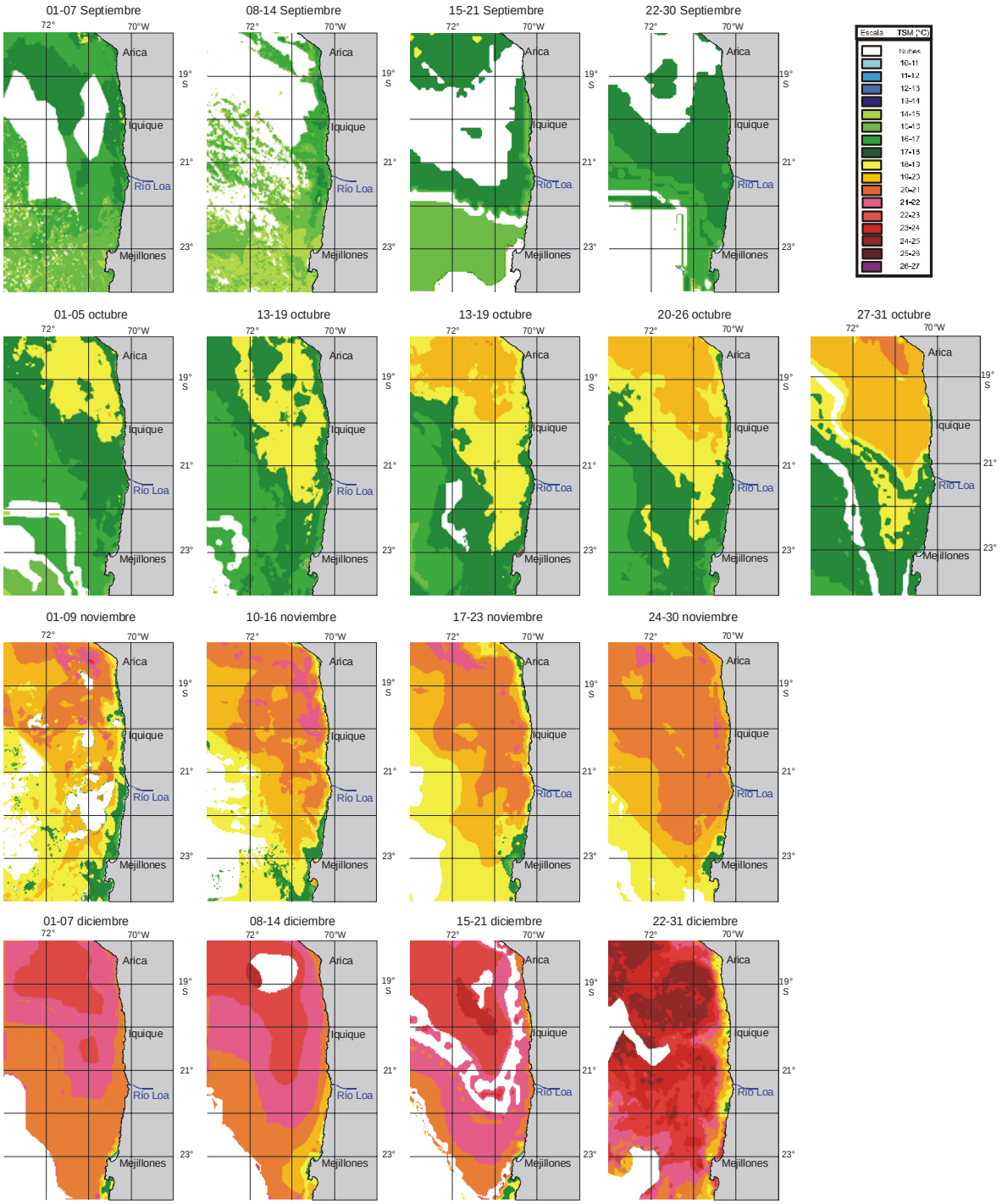


Figura 56. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Septiembre-Diciembre 2003.

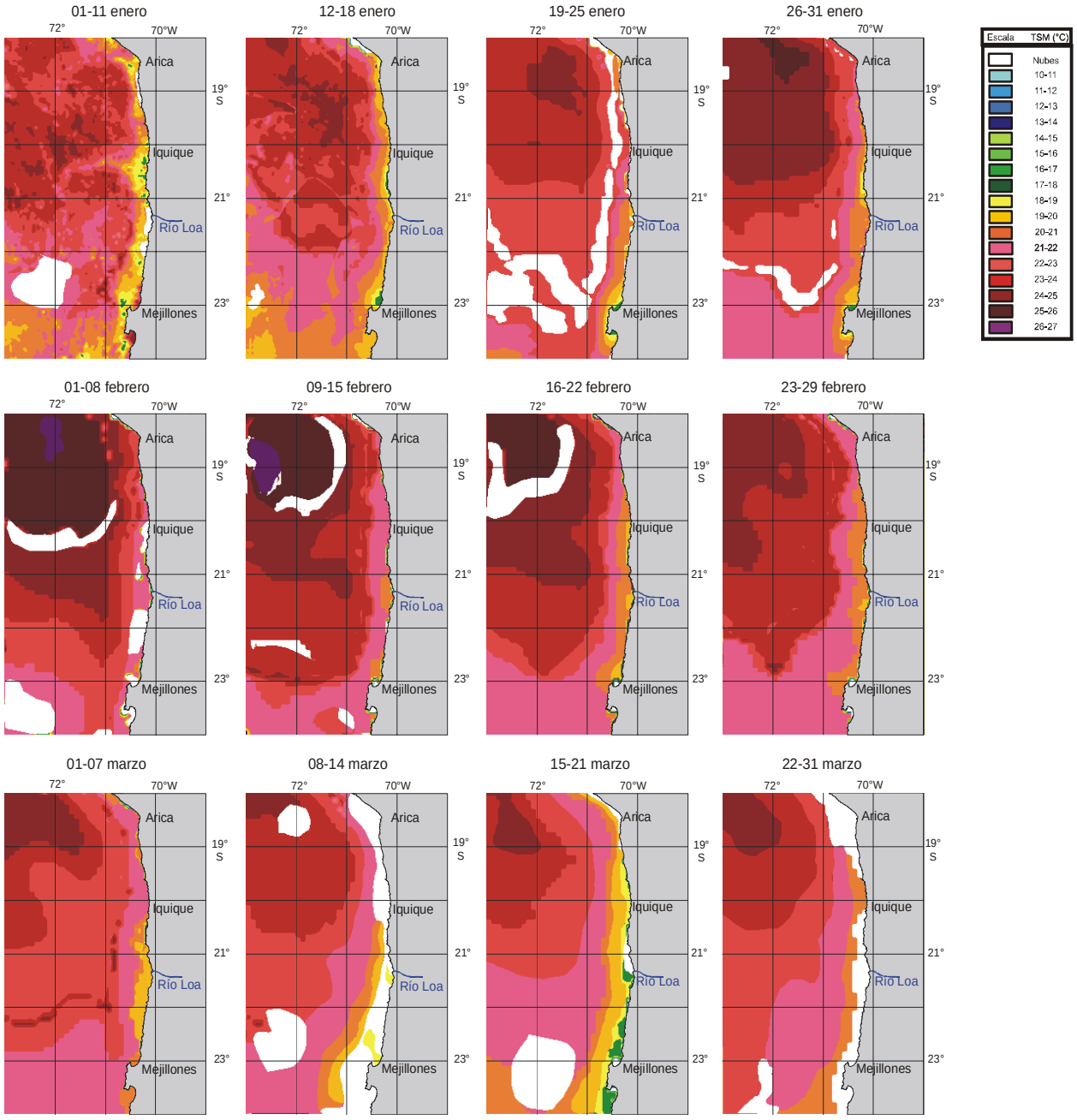


Figura 57. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Enero-marzo 2004.

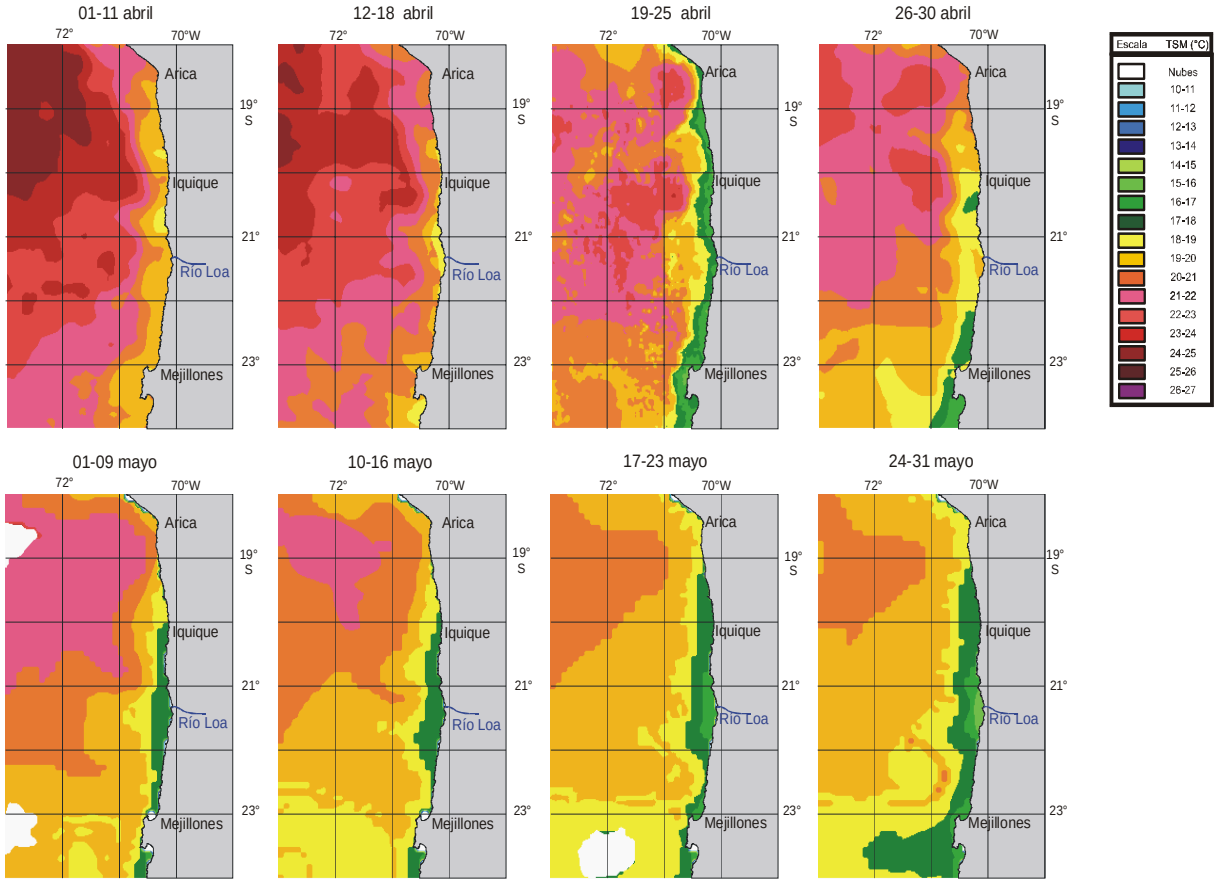


Figura 58. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Abril-mayo 2004.

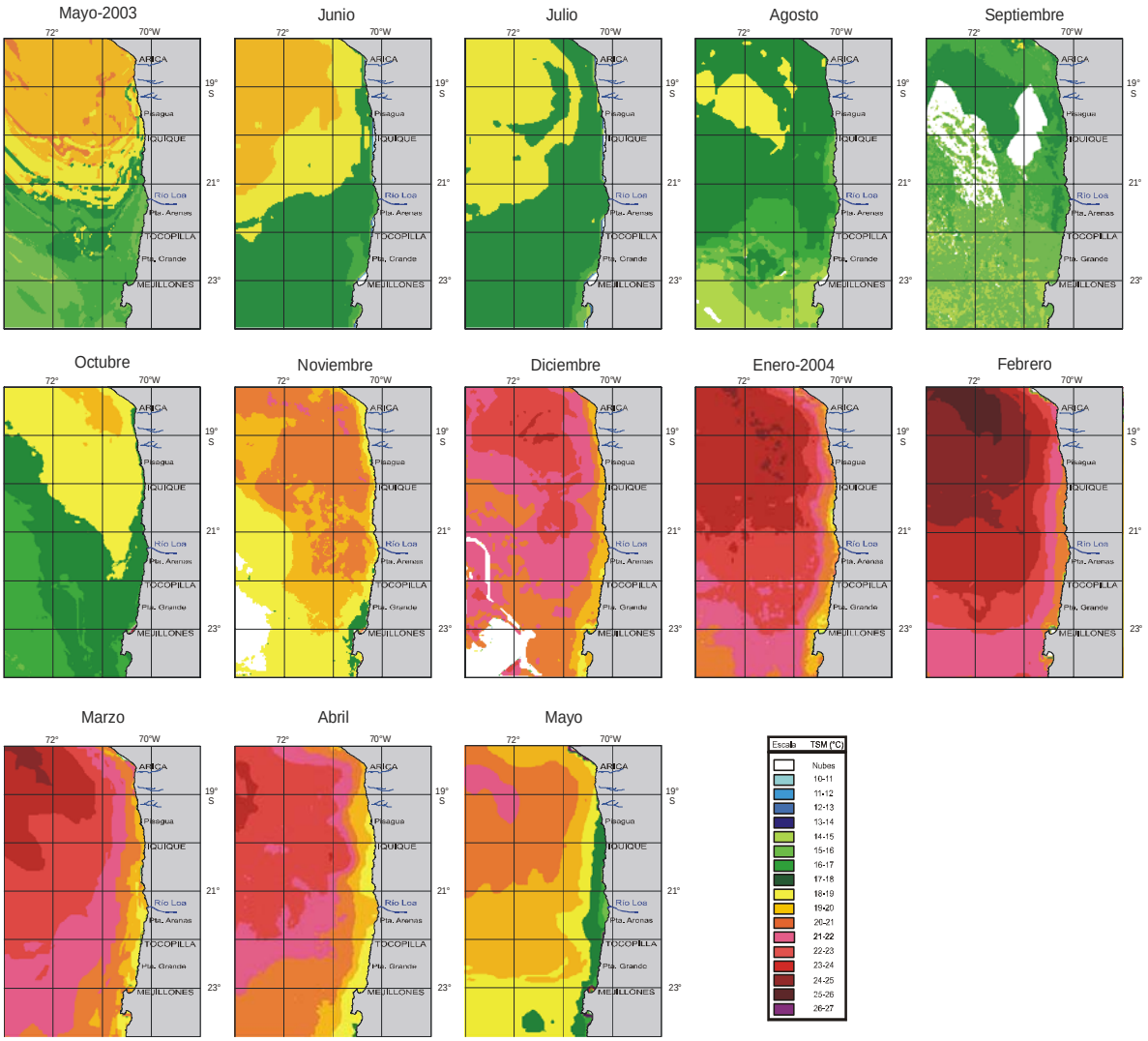


Figura 59. Distribución espacial mensual de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Período Mayo 2003-Mayo 2004.

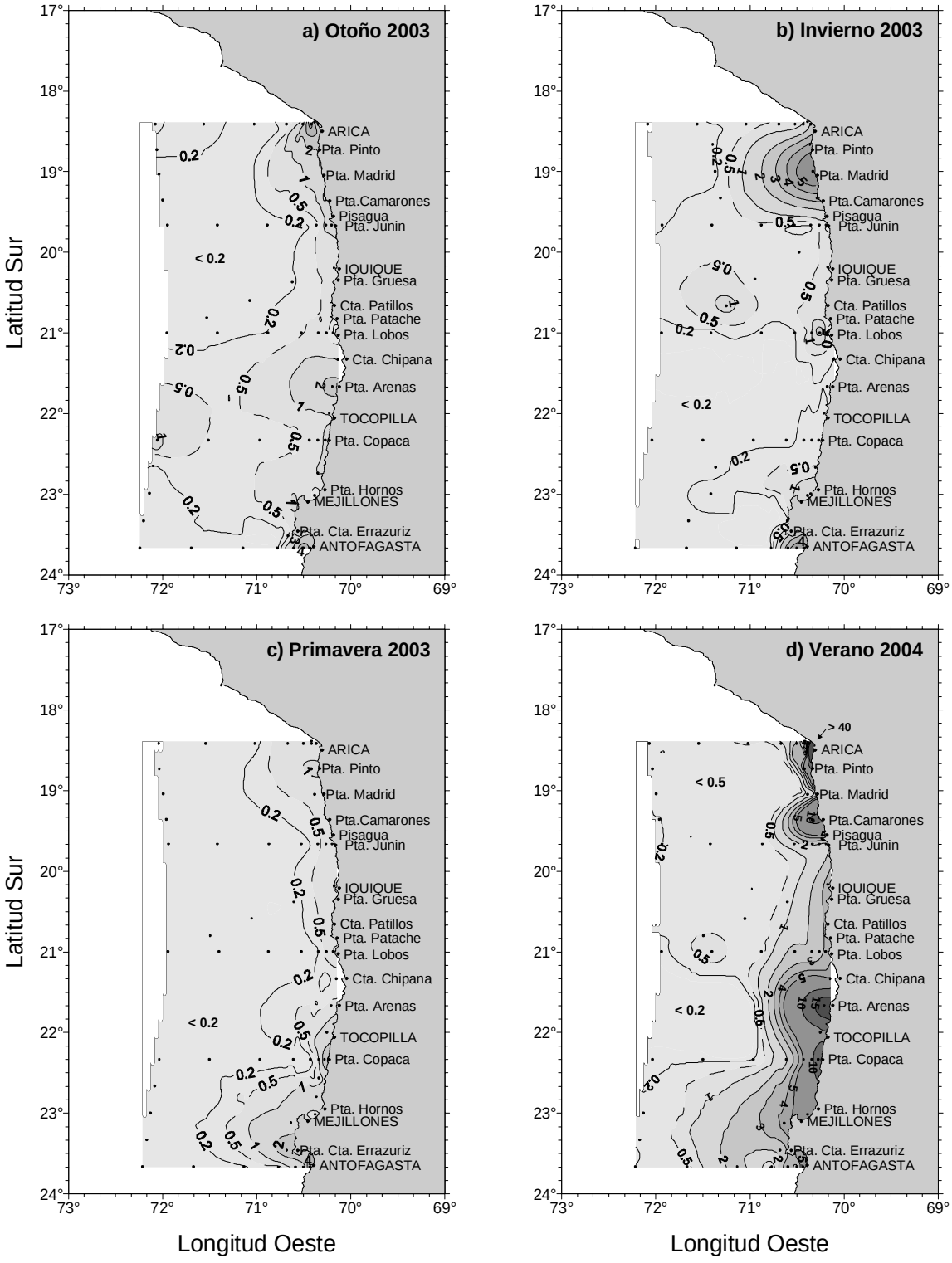


Figura 60. Distribución de la clorofila a superficial (µg/L) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y d) Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

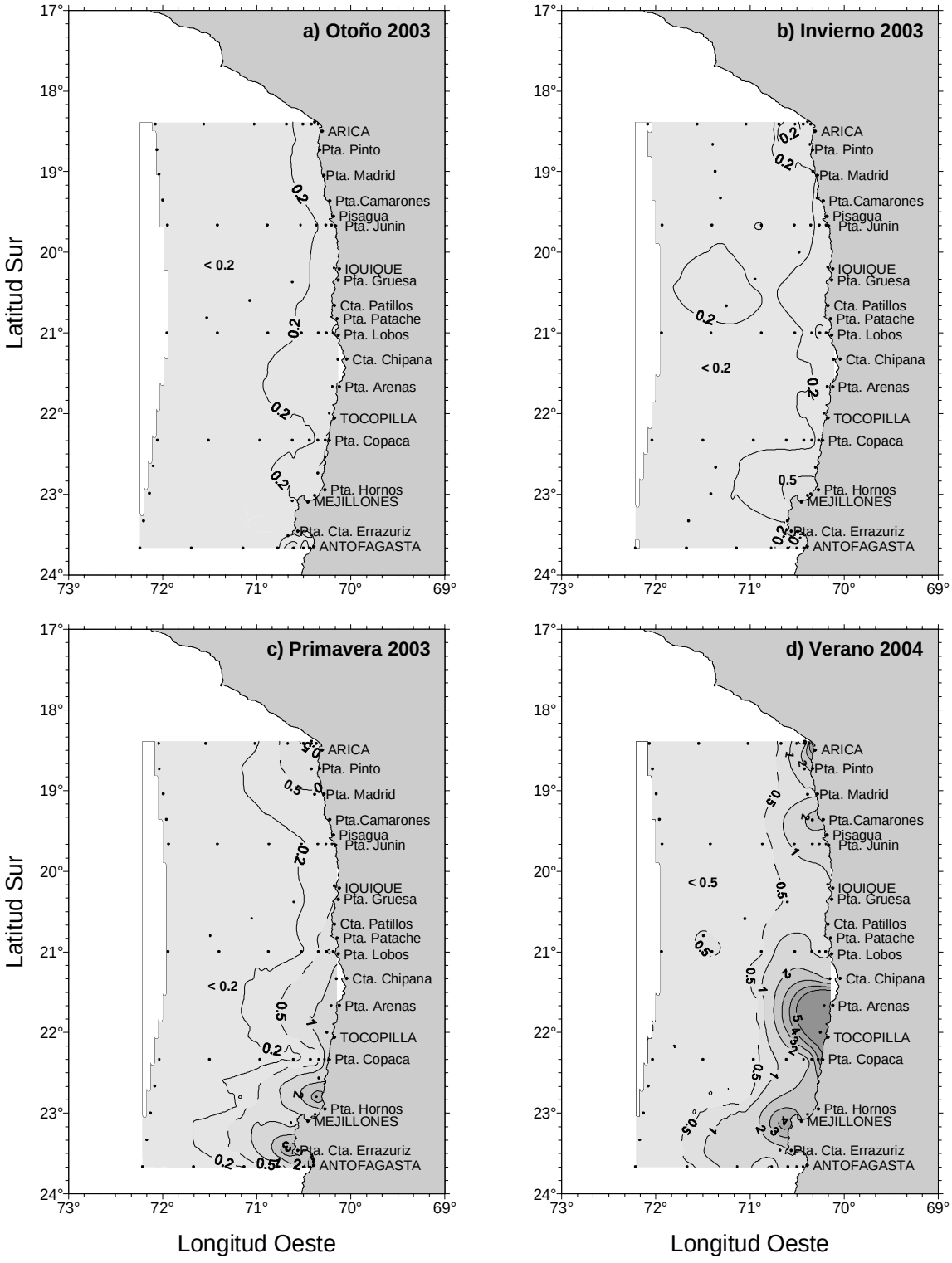


Figura 61. Distribución de los feopigmentos superficiales (µg/L) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

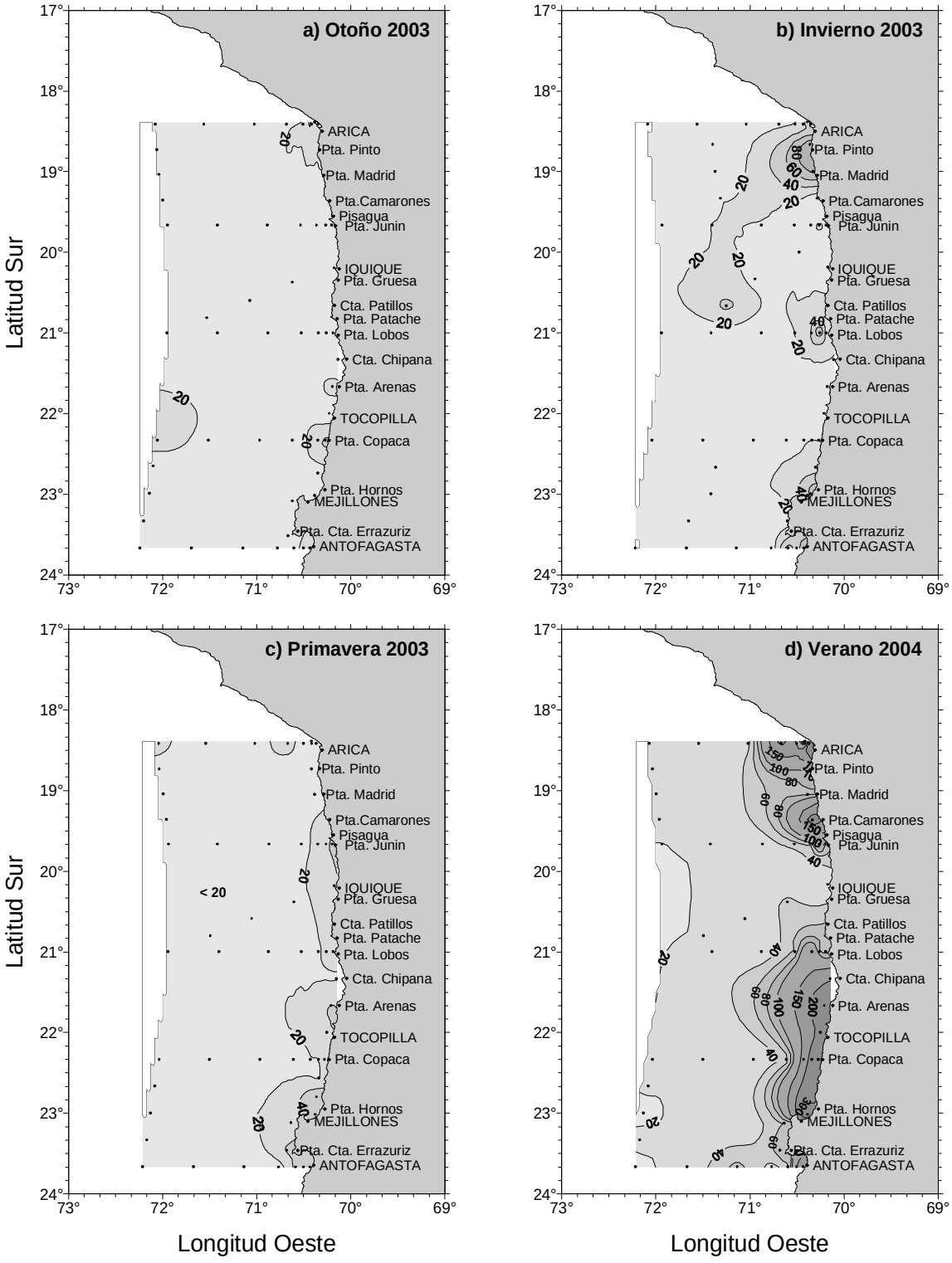


Figura 62. Distribución de la clorofila a integrada (mg/m^2) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

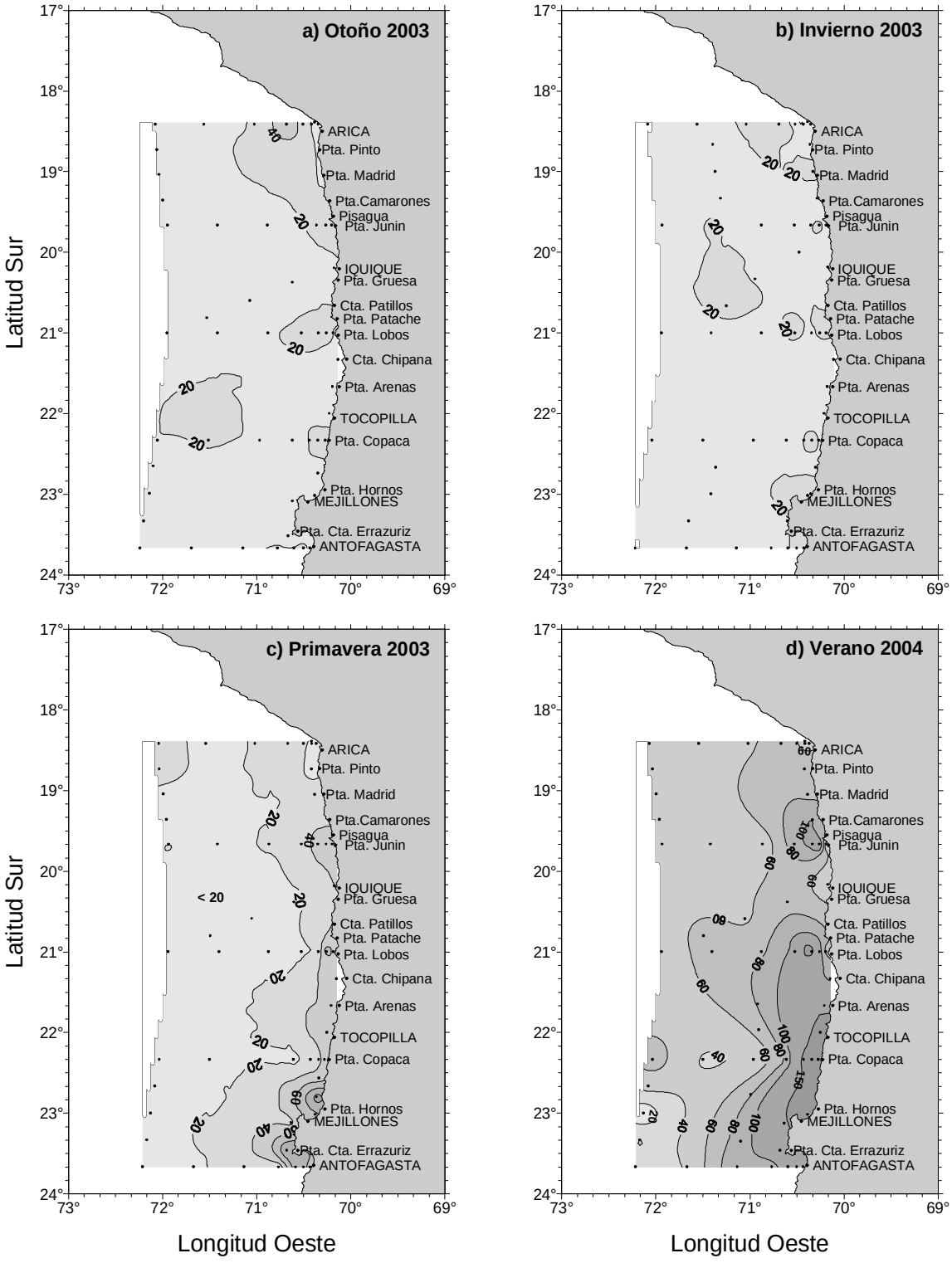


Figura 63. Distribución de los feopigmentos integrados (mg/m^2) en a) Otoño 2003, b) Invierno 2003, c) Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

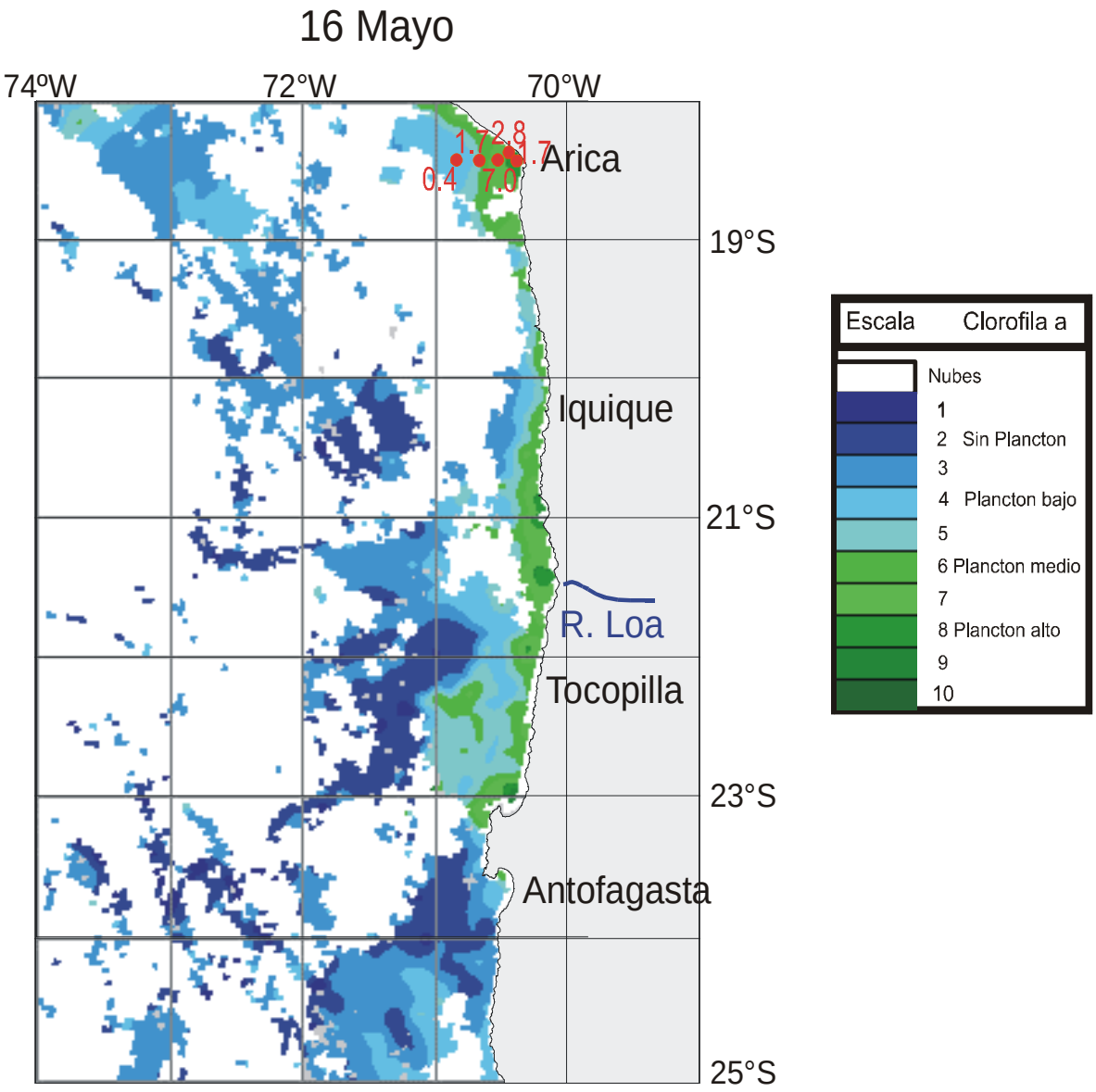


Figura 64. Distribución espacial diaria de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente al 16 de mayo. Crucero MOBIO 0305- Otoño 2003.

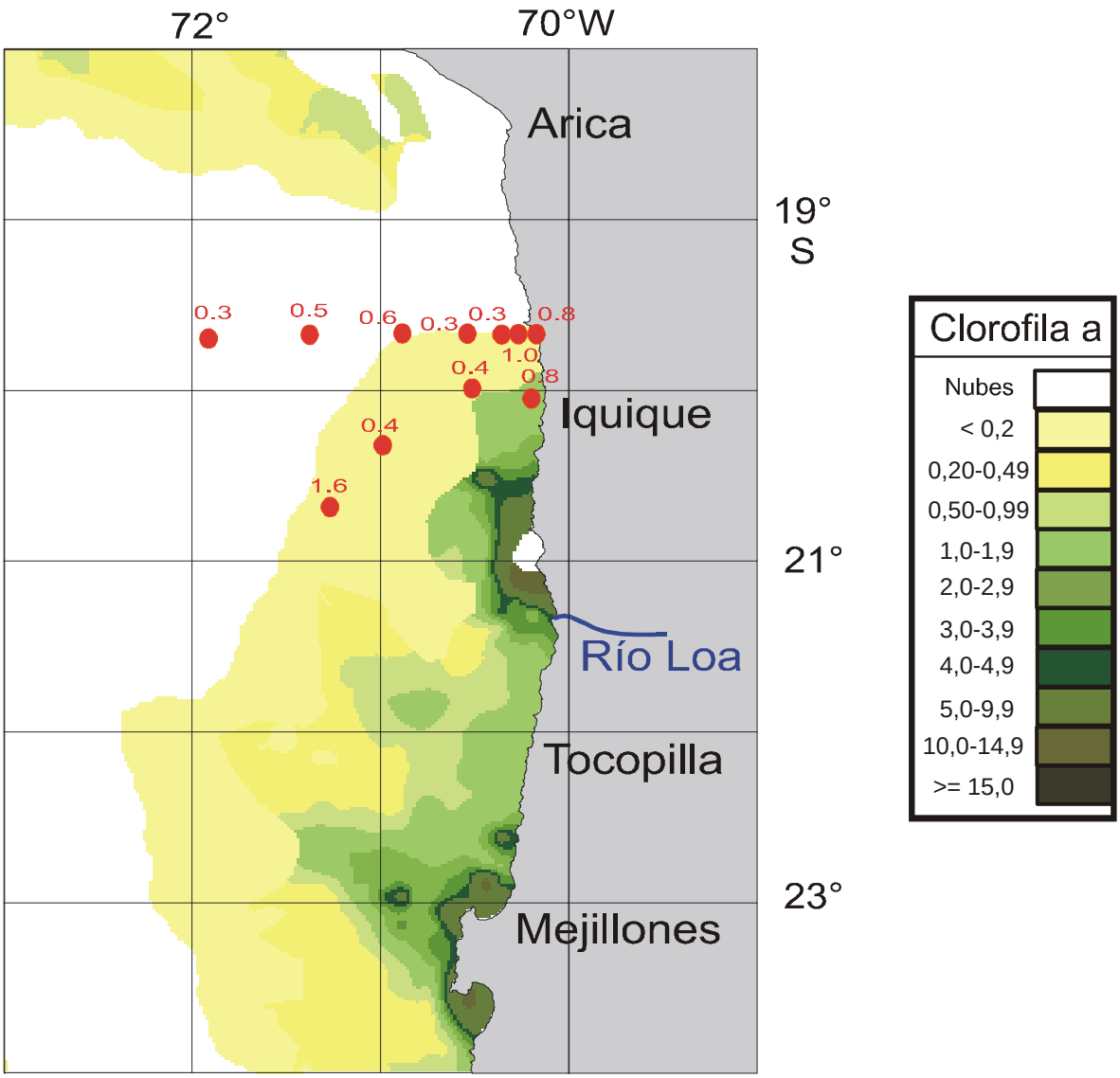


Figura 65. Distribución espacial de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente al promedio semanal entre el 13 y 18 de septiembre. Crucero MOBIO 0309 - Invierno 2003.

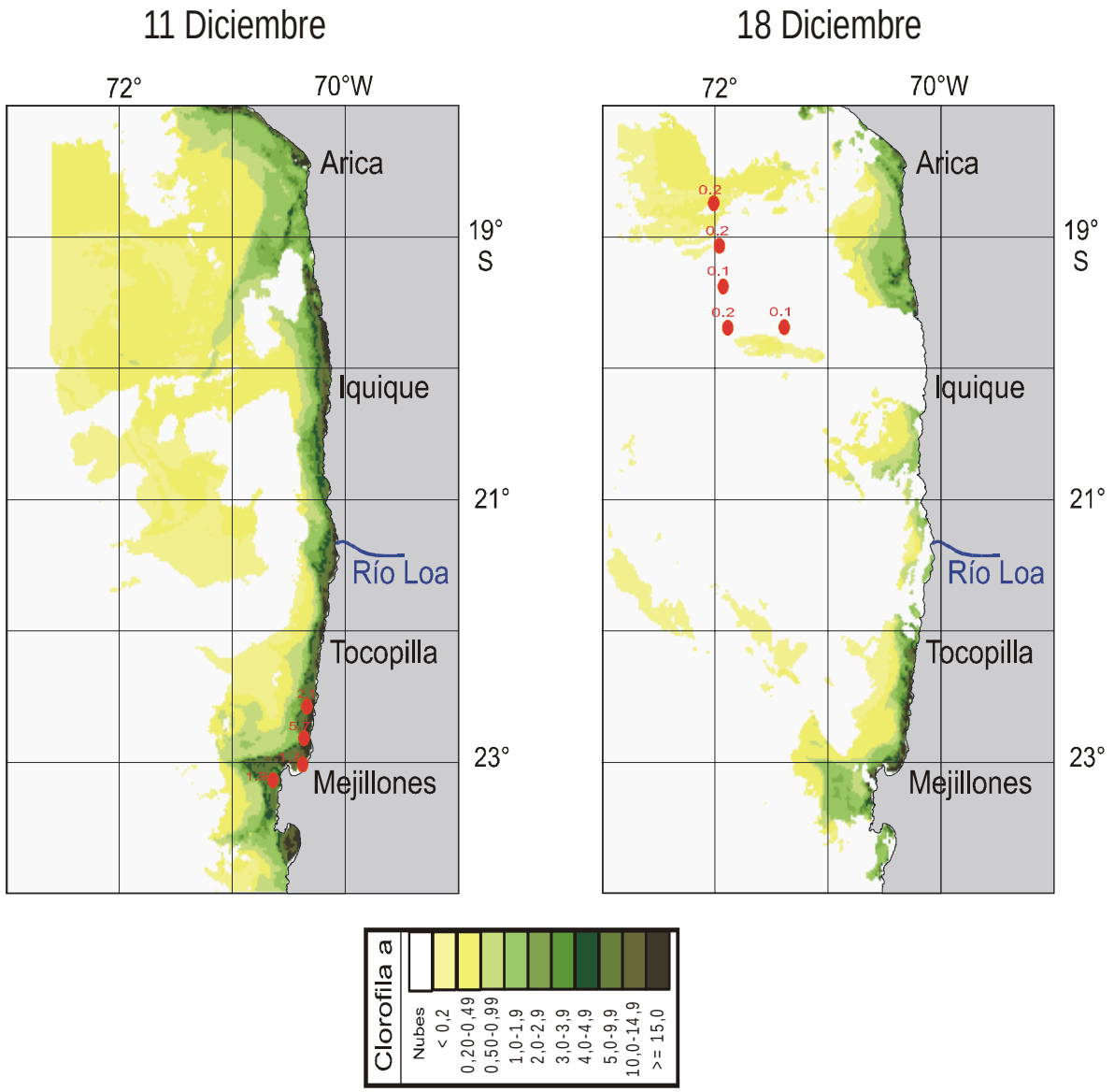


Figura 66. Distribución espacial de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 11 y 18 de diciembre. Crucero MOBIO 0312 - Primavera 2003.

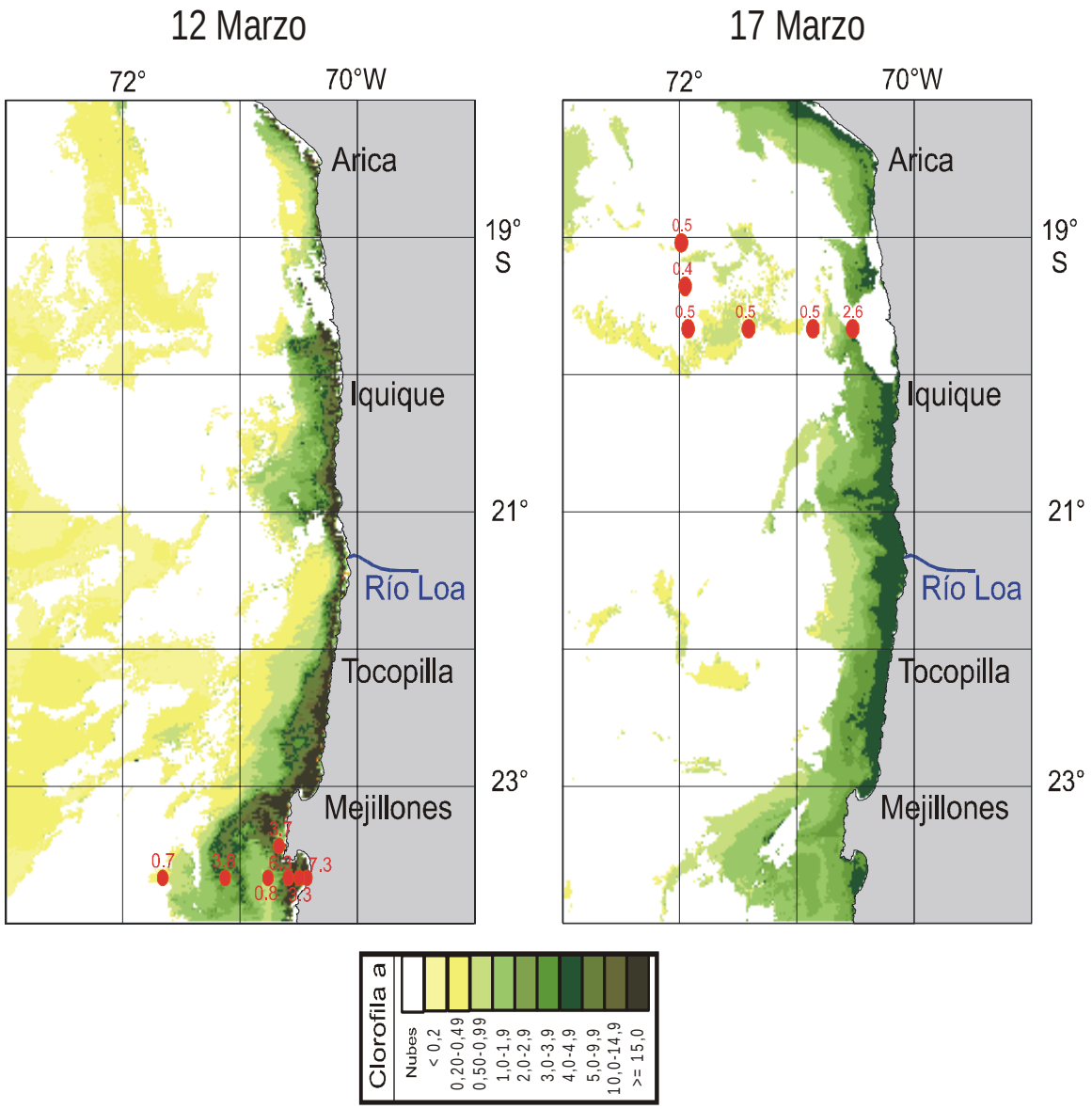


Figura 67. Distribución espacial de la clorofila satelital en la zona norte de Chile, correspondiente a los días 12 y 17 de marzo. Crucero MOBIO 0403 - Verano 2004.

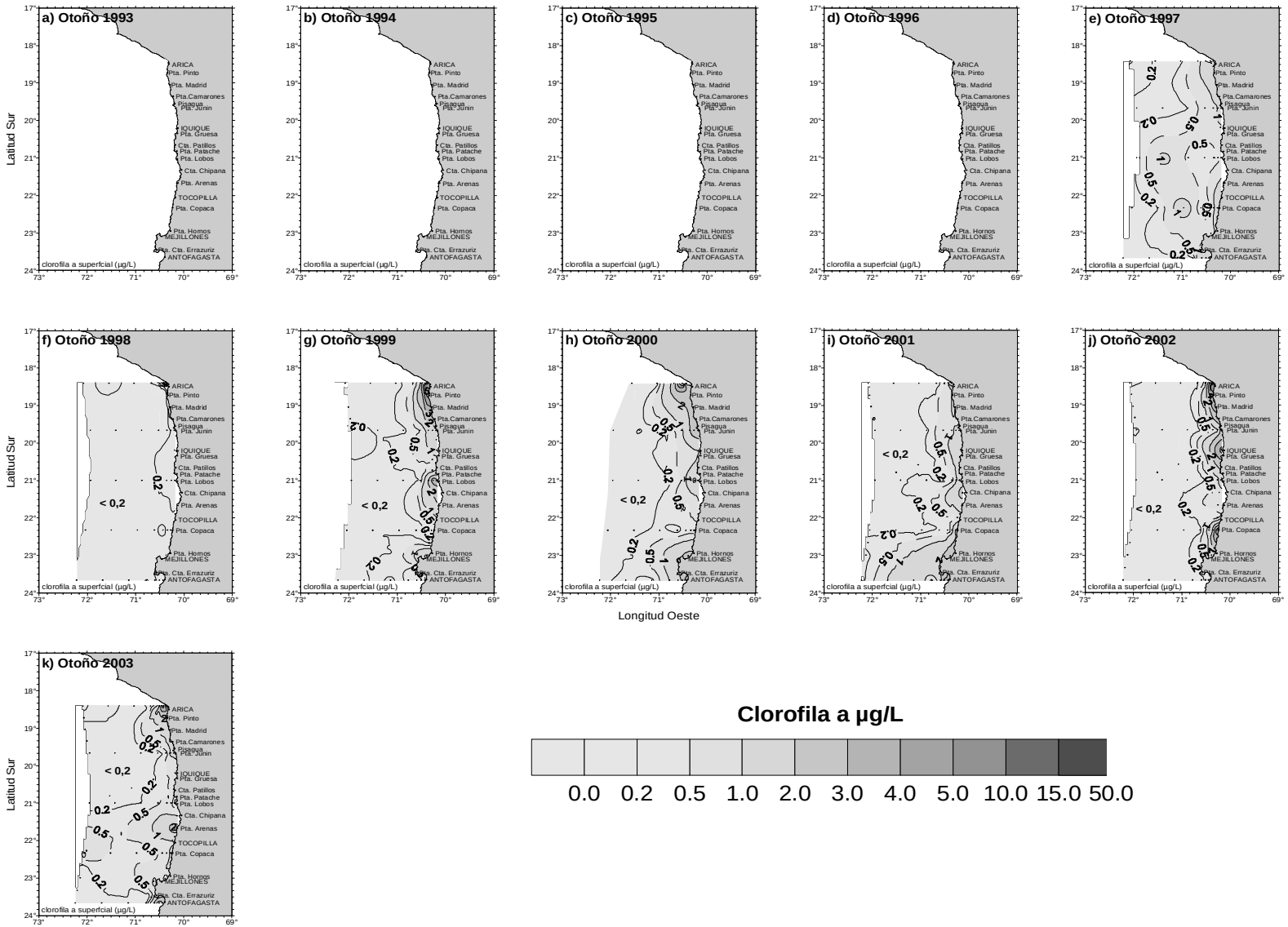


Figura 68. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) para la estación de Otoño en el período 1993 - 2004. **(cruceros realizados entre 1993 y 1996 sin información de clorofila a)**.

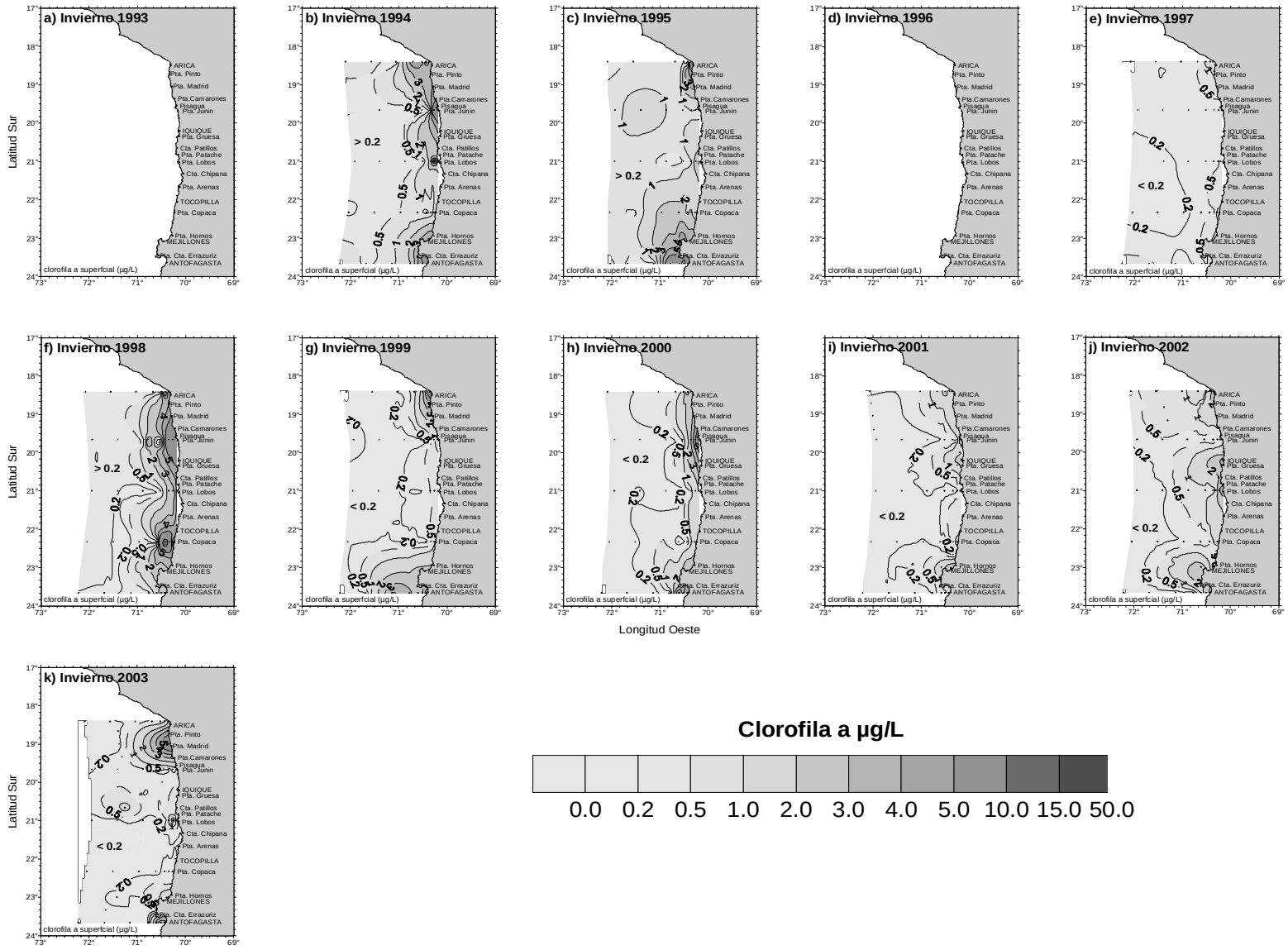


Figura 69. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) de Invierno en el período 1993 - 2003. **(cruceros realizados en 1993 y 1996, sin información de clorofila a).**

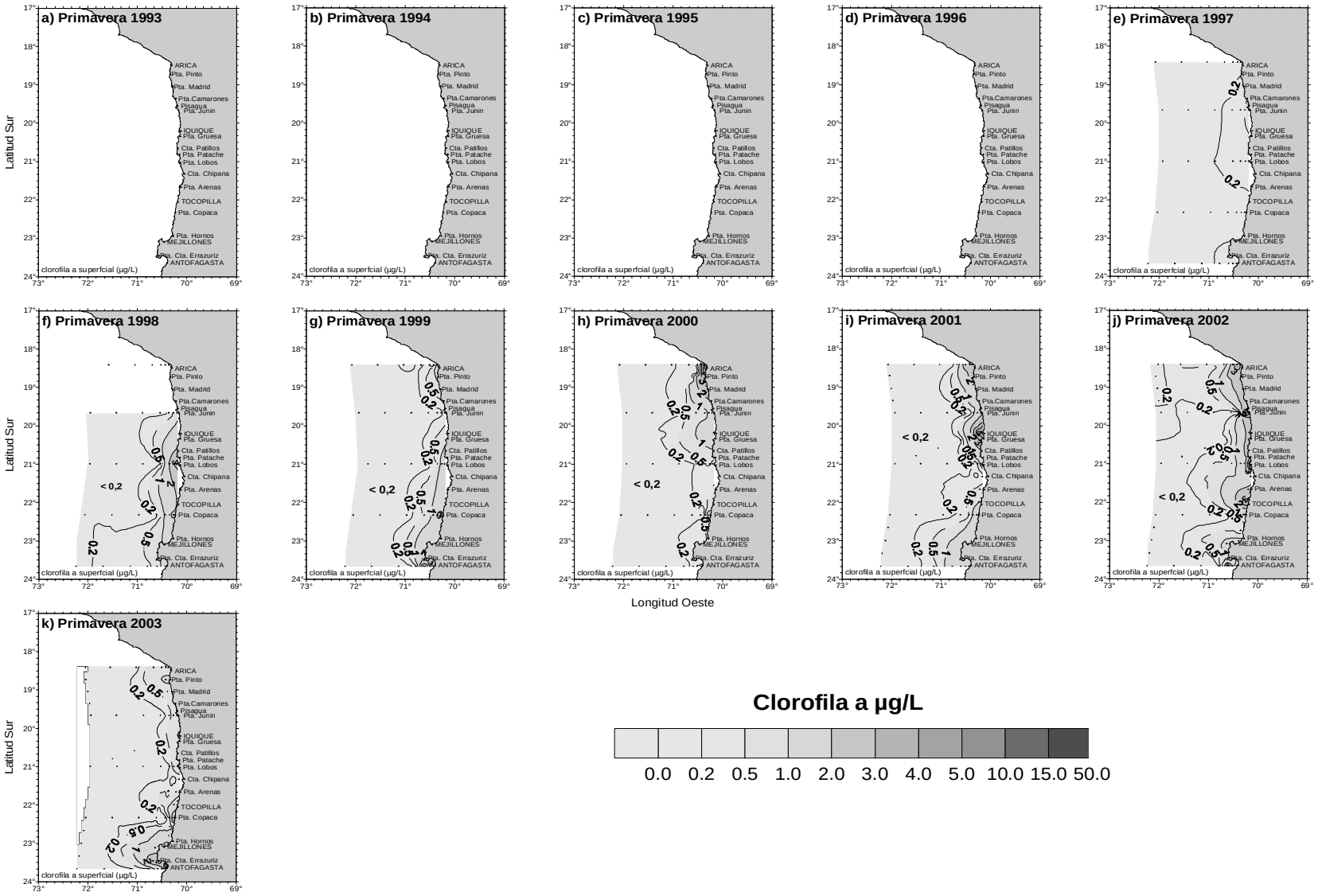


Figura 70. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) para la estación de Primavera en el período 1993 – 2003. **(cruceros realizados entre 1993 y 1996, sin información de clorofila a)**.

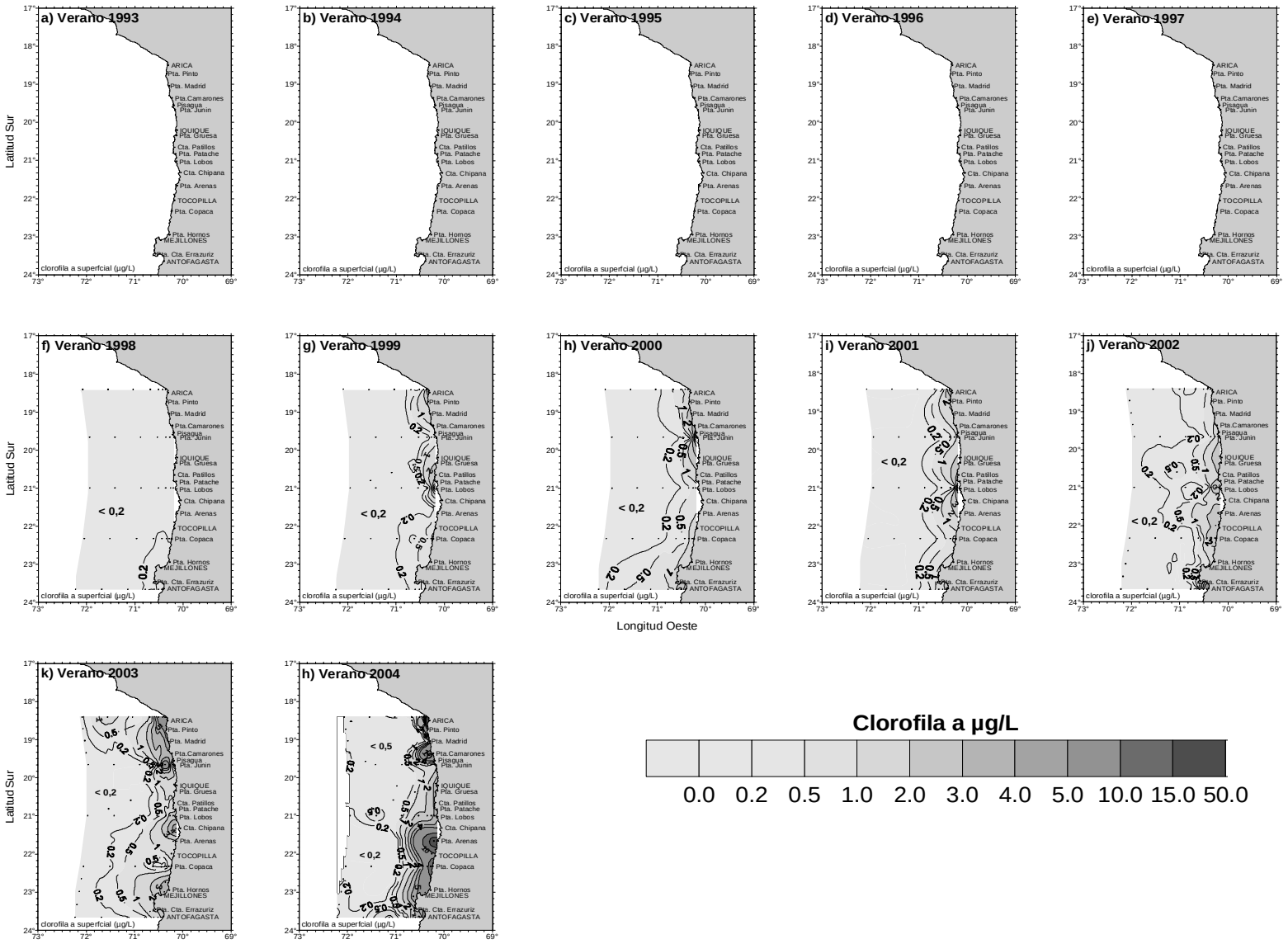


Figura 71. Distribución histórica de clorofila a superficial (µg/L) para la estación de Verano en el período 1993 - 2004. **(cruceros realizados entre 1993 y 1997 sin información de clorofila a).**

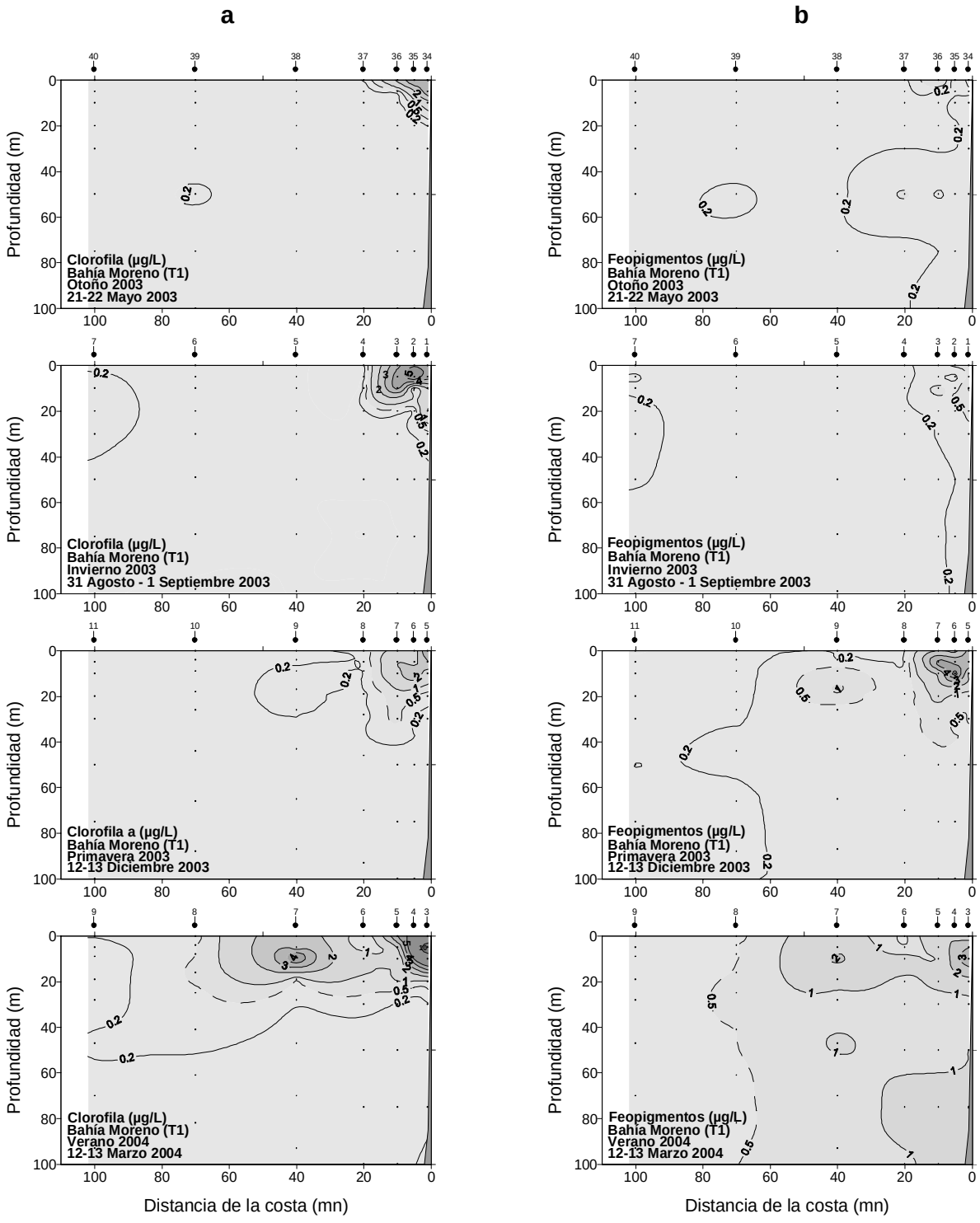


Figura 72. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de bahía Moreno (T1; Lat.23º40'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

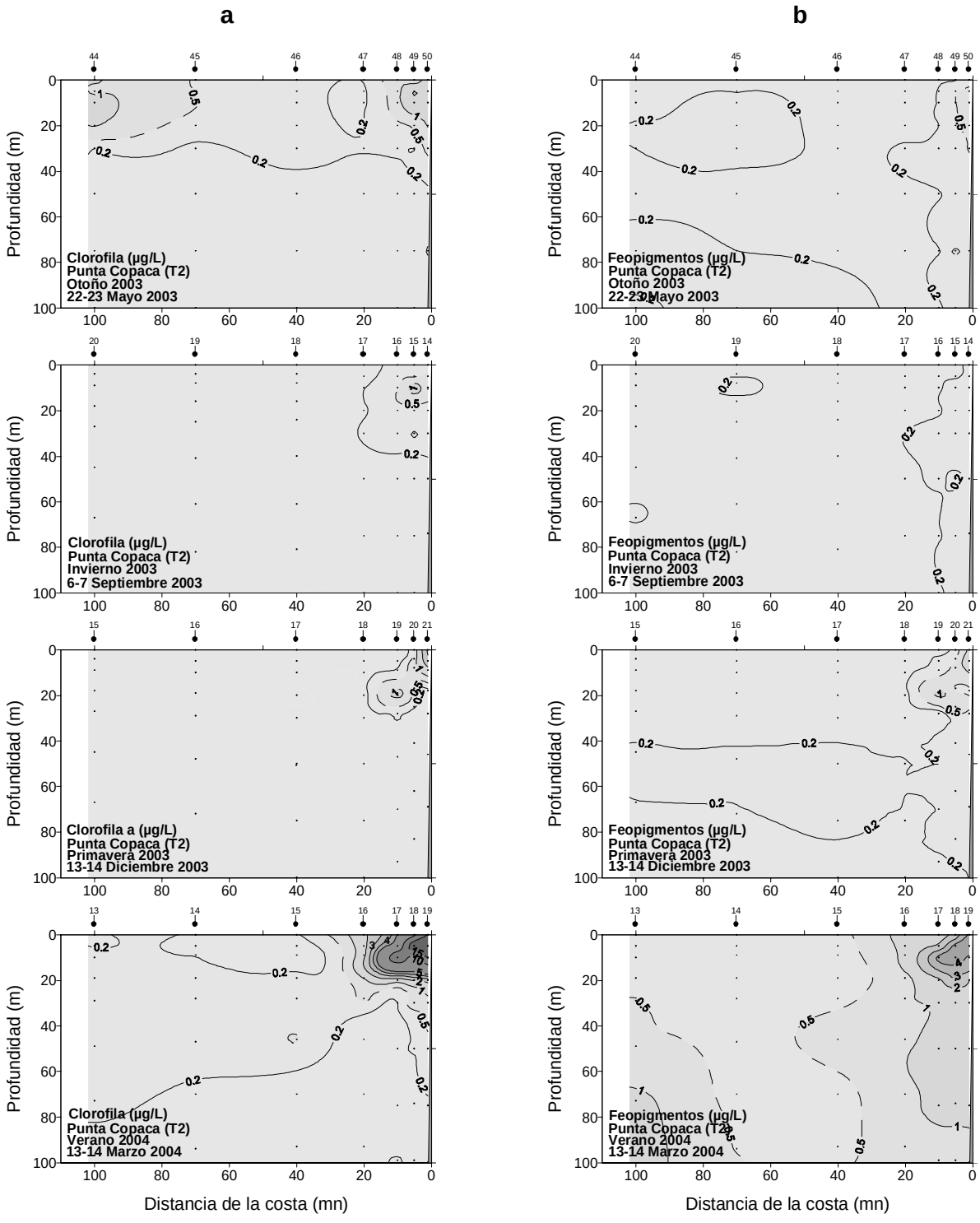


Figura 73. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

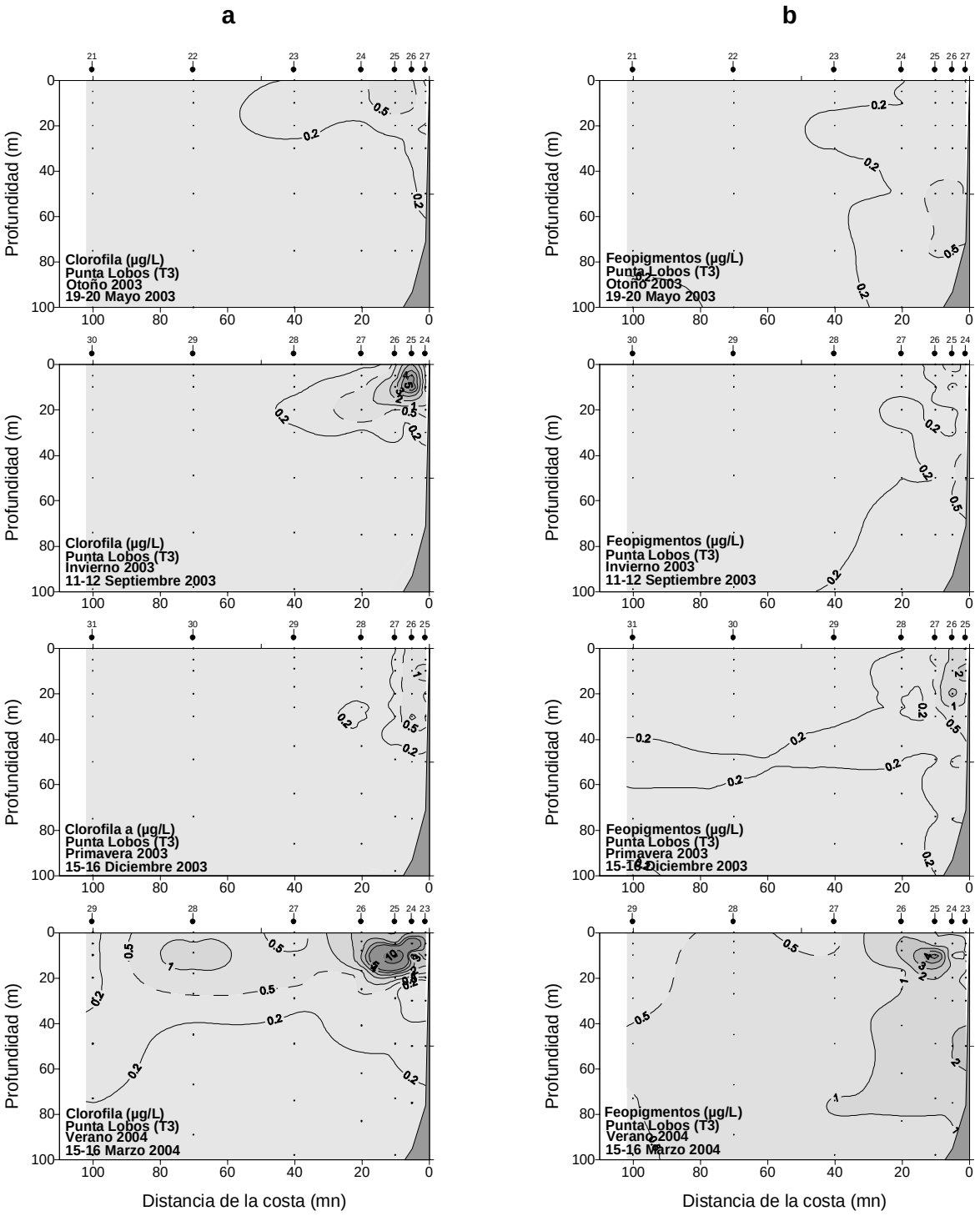


Figura 74. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

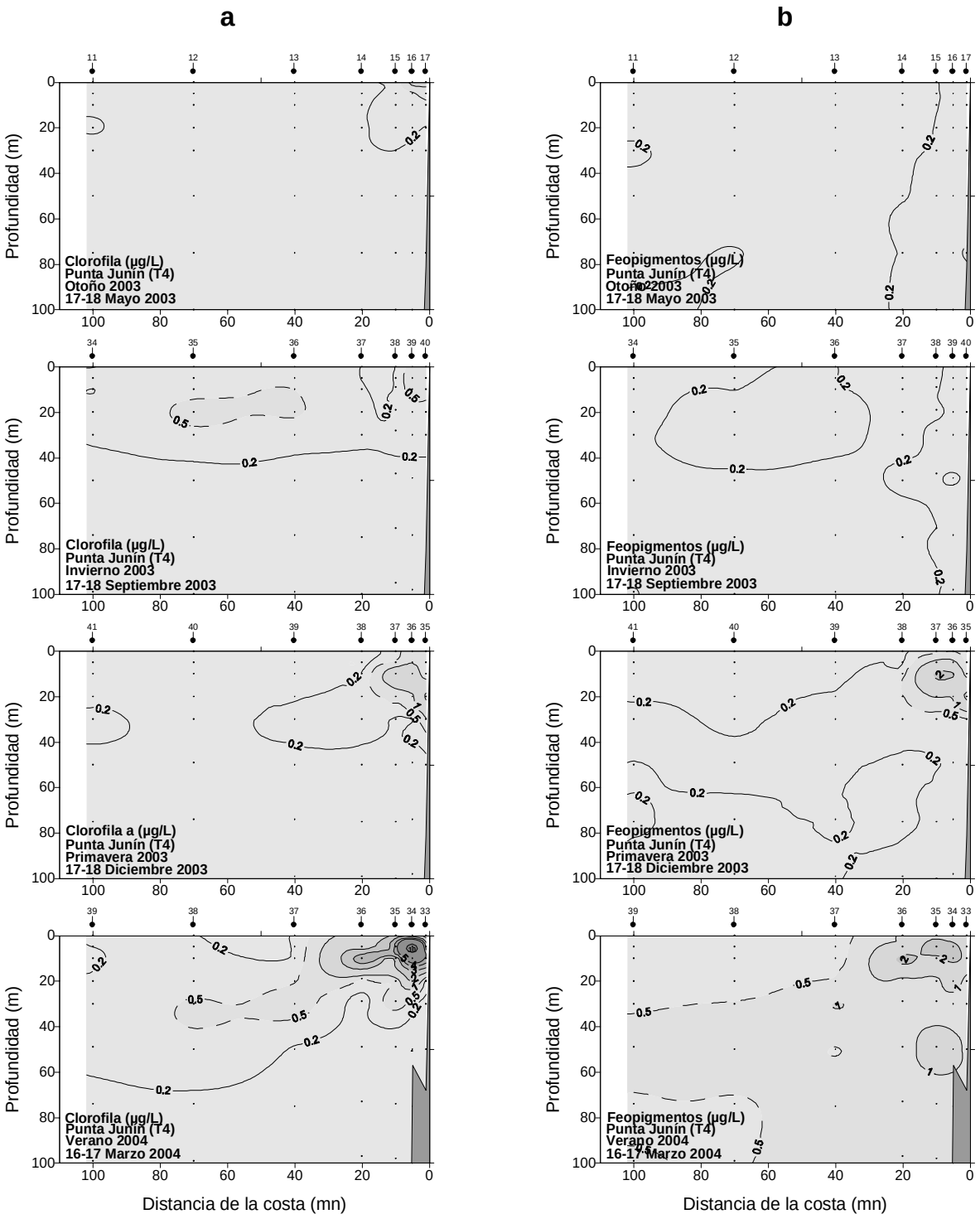


Figura 75. Distribución vertical de a) *clorofila* a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de punta Junín (T4; Lat. 19º40'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

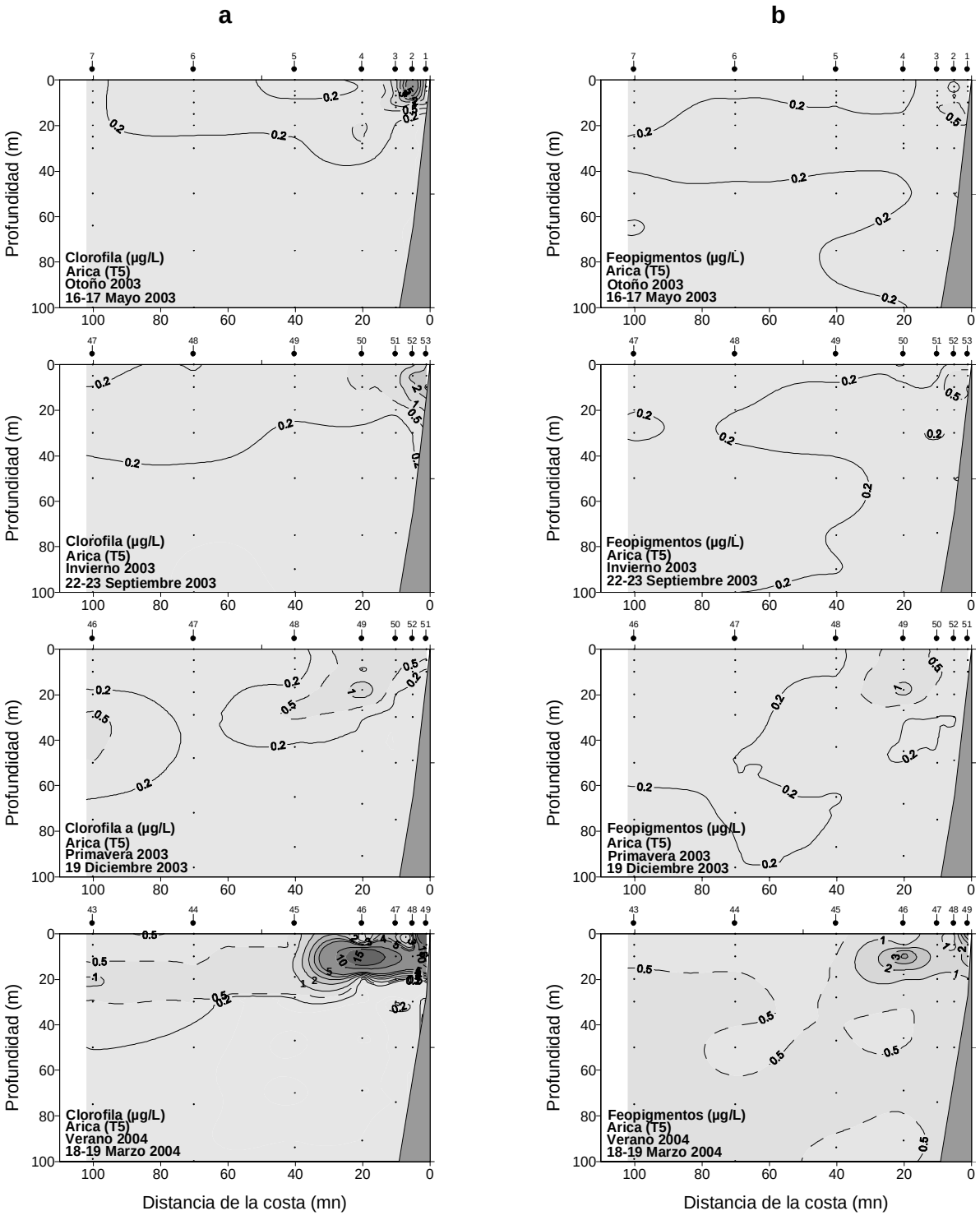


Figura 76. Distribución vertical de a) clorofila a (µg/L) y b) feopigmentos (µg/L) en la transecta de Arica (T5; Lat. 18º25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

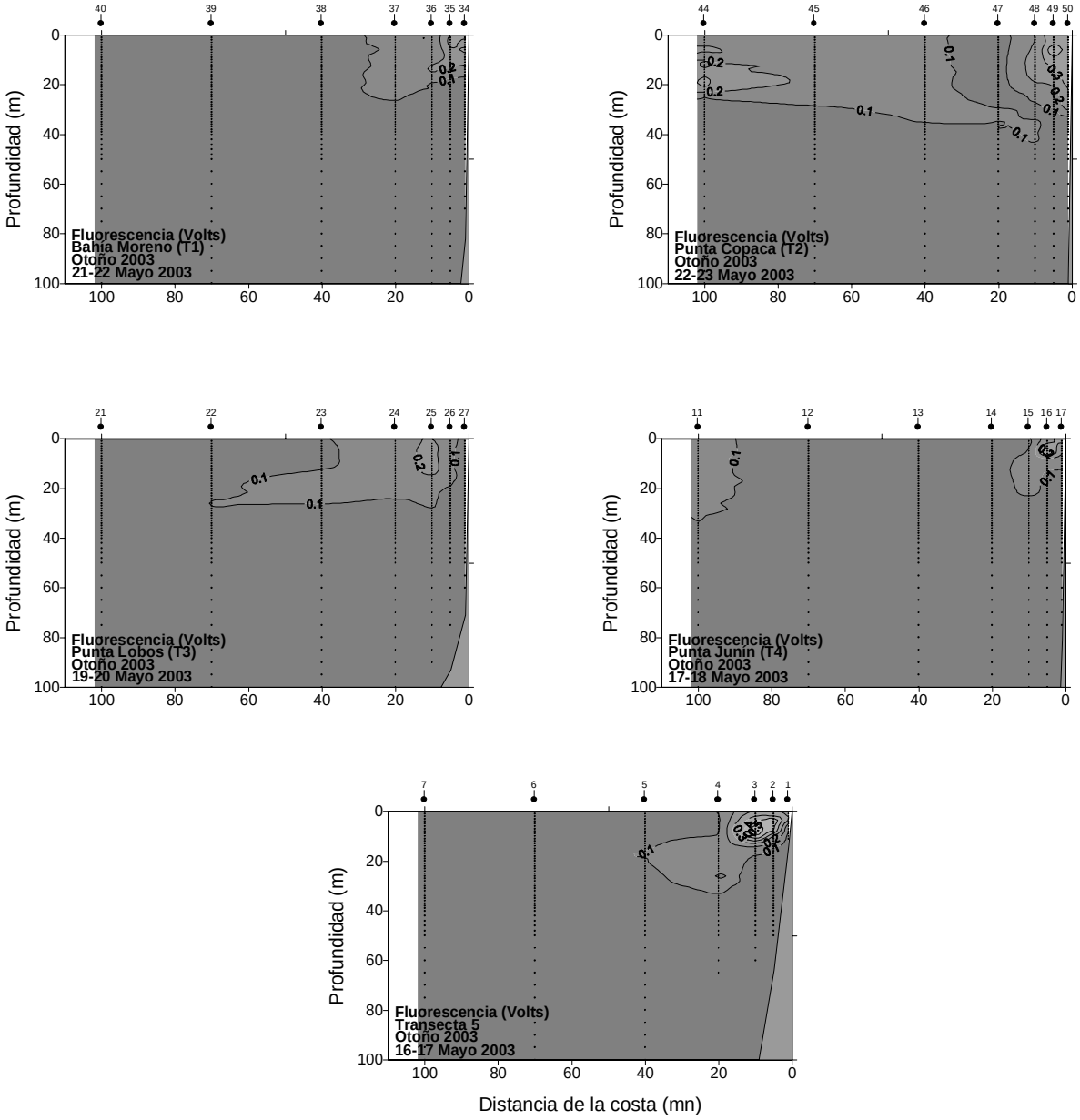


Figura 77. Distribución batimétrica de la fluorescencia in vivo (volt), en las transectas de bahía Moreno (T1; Lat. 23º40'S), punta Copaca (T2; Lat. 22º20'S), punta Lobos (T3; Lat. 21º00'S), punta Junín (T4; Lat. 19º40'S) y Arica (T5; Lat. 18º25'S). Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

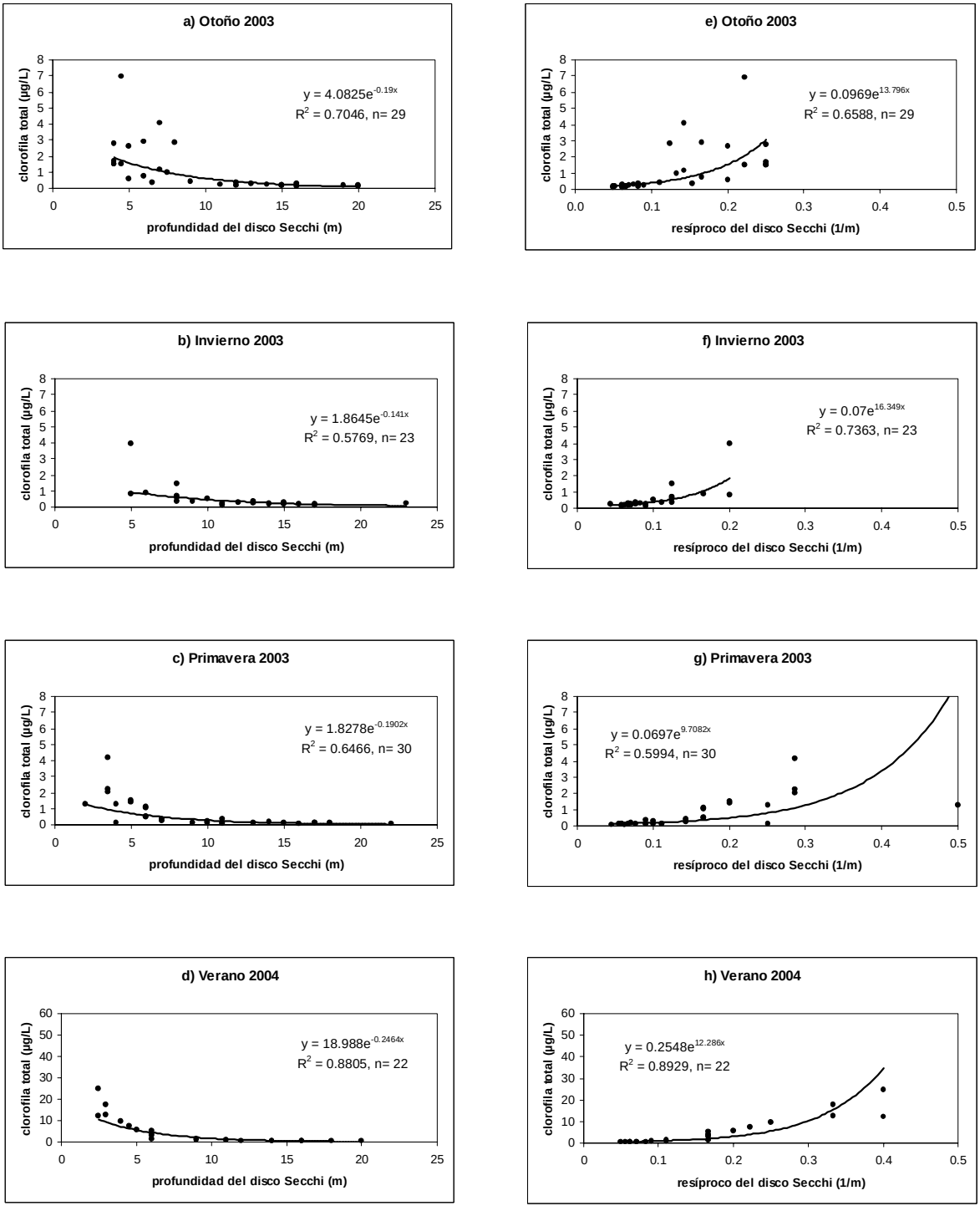


Figura 78. Asociación entre la clorofila total (µg/L) versus la profundidad del disco Secchi (m) y el recíproco de ésta (1/m) para los períodos de: Otoño 2003, Invierno 2003, Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

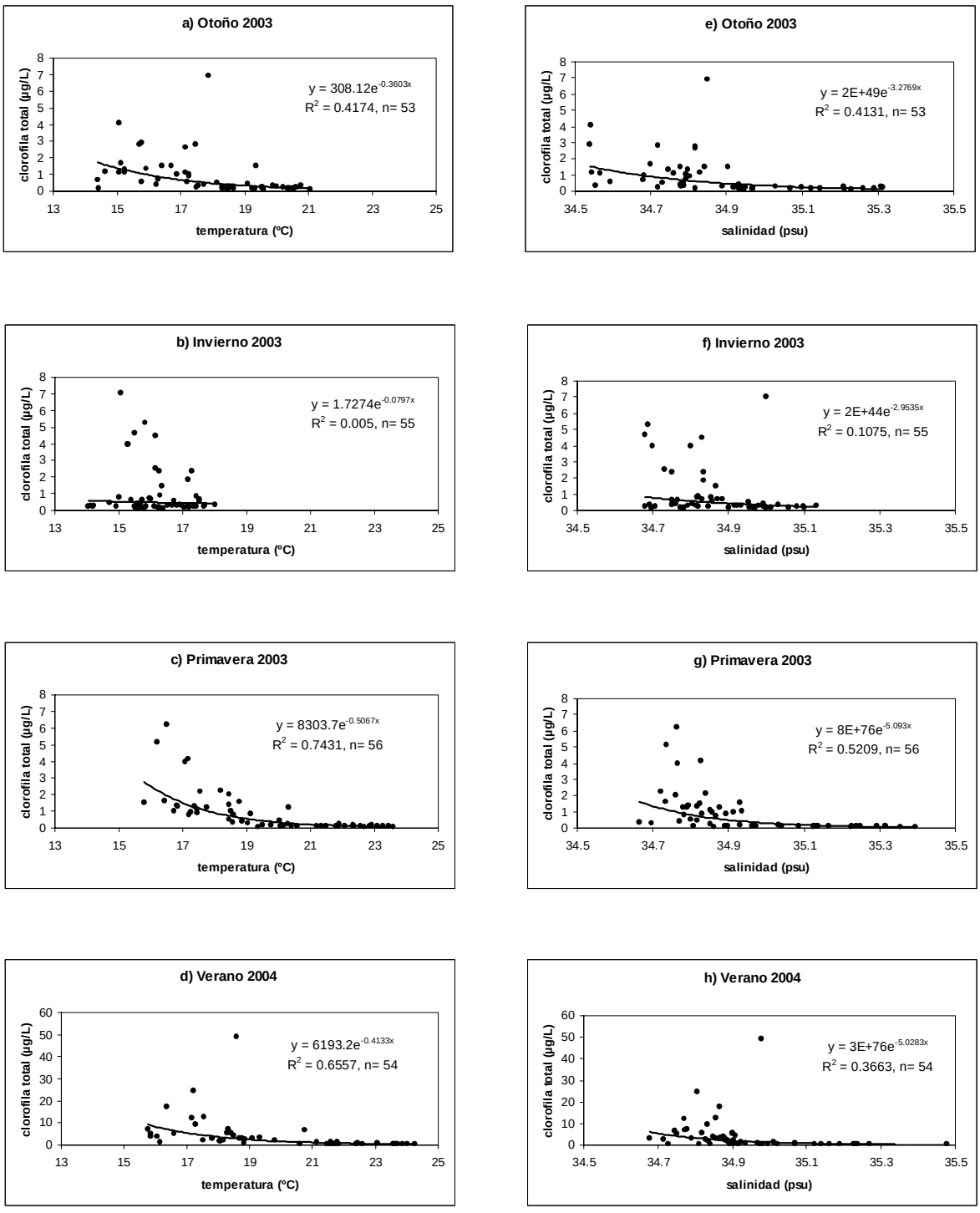


Figura 79. Asociación entre la clorofila total (µg/L) versus la temperatura (ºC) y la salinidad (psu) para los períodos de: Otoño 2003, Invierno 2003, Primavera 2003 y Verano 2004. Cruceros estacionales realizados en el período Mayo 2003 – Marzo 2004.

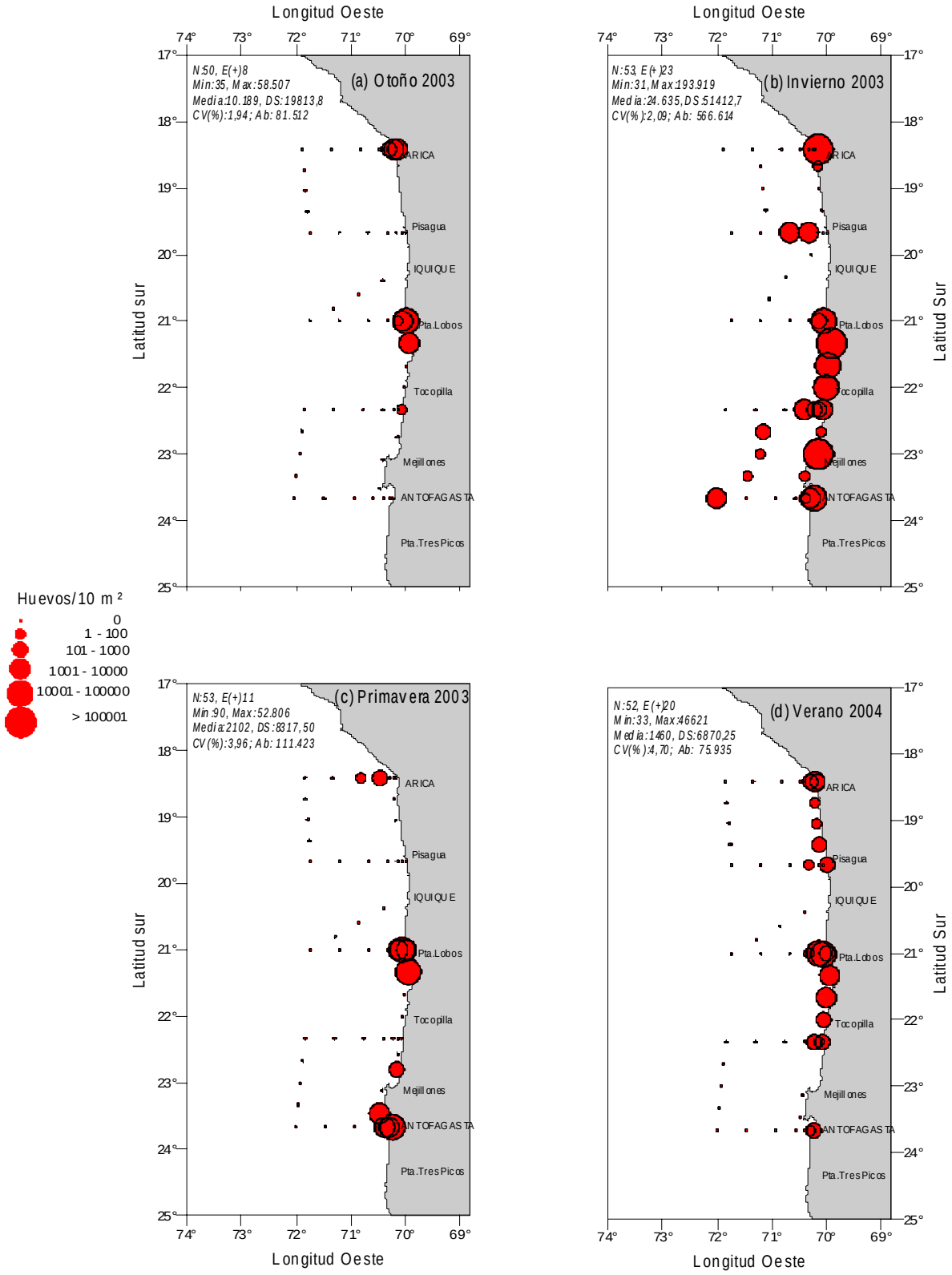


Figura 80. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

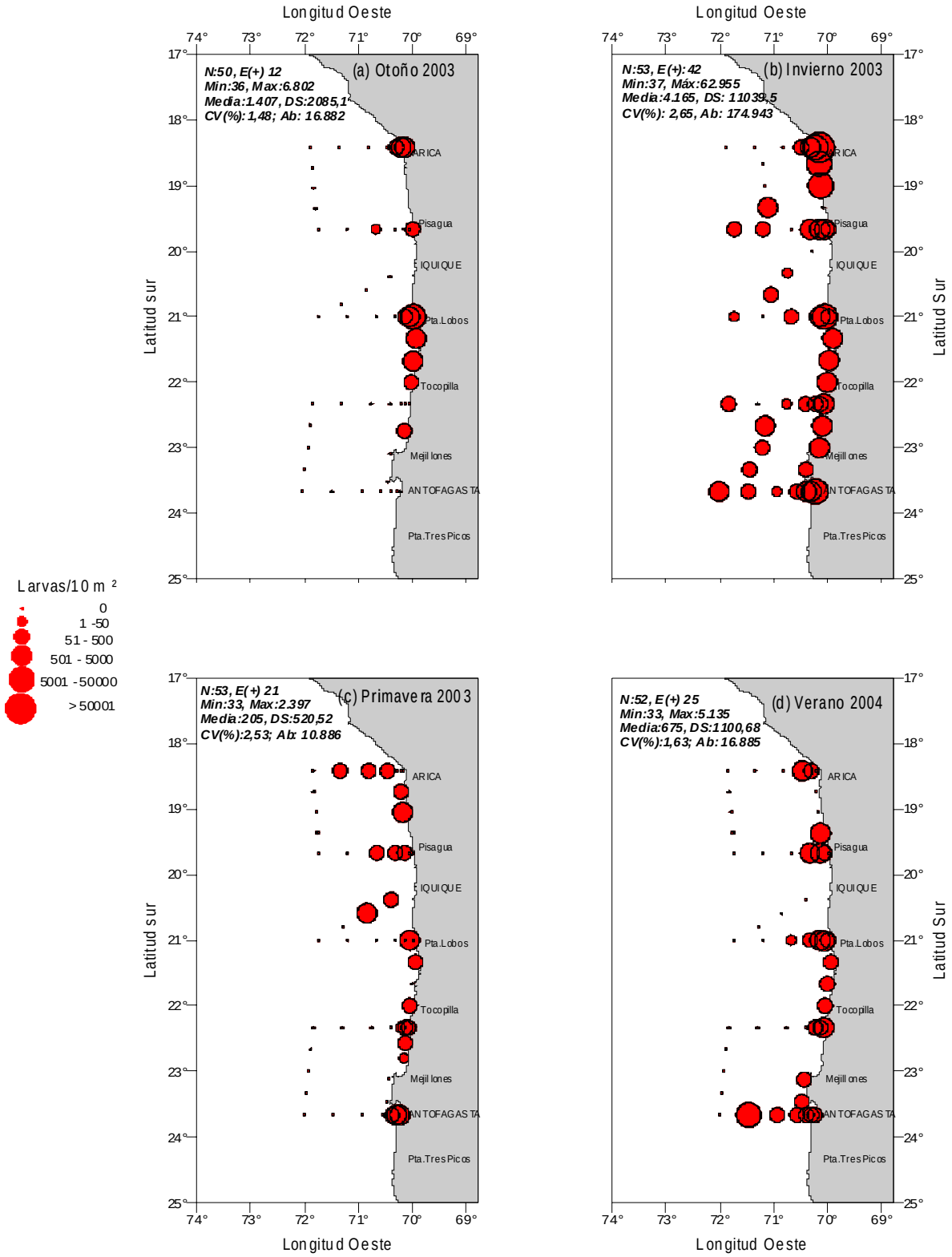


Figura 81. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

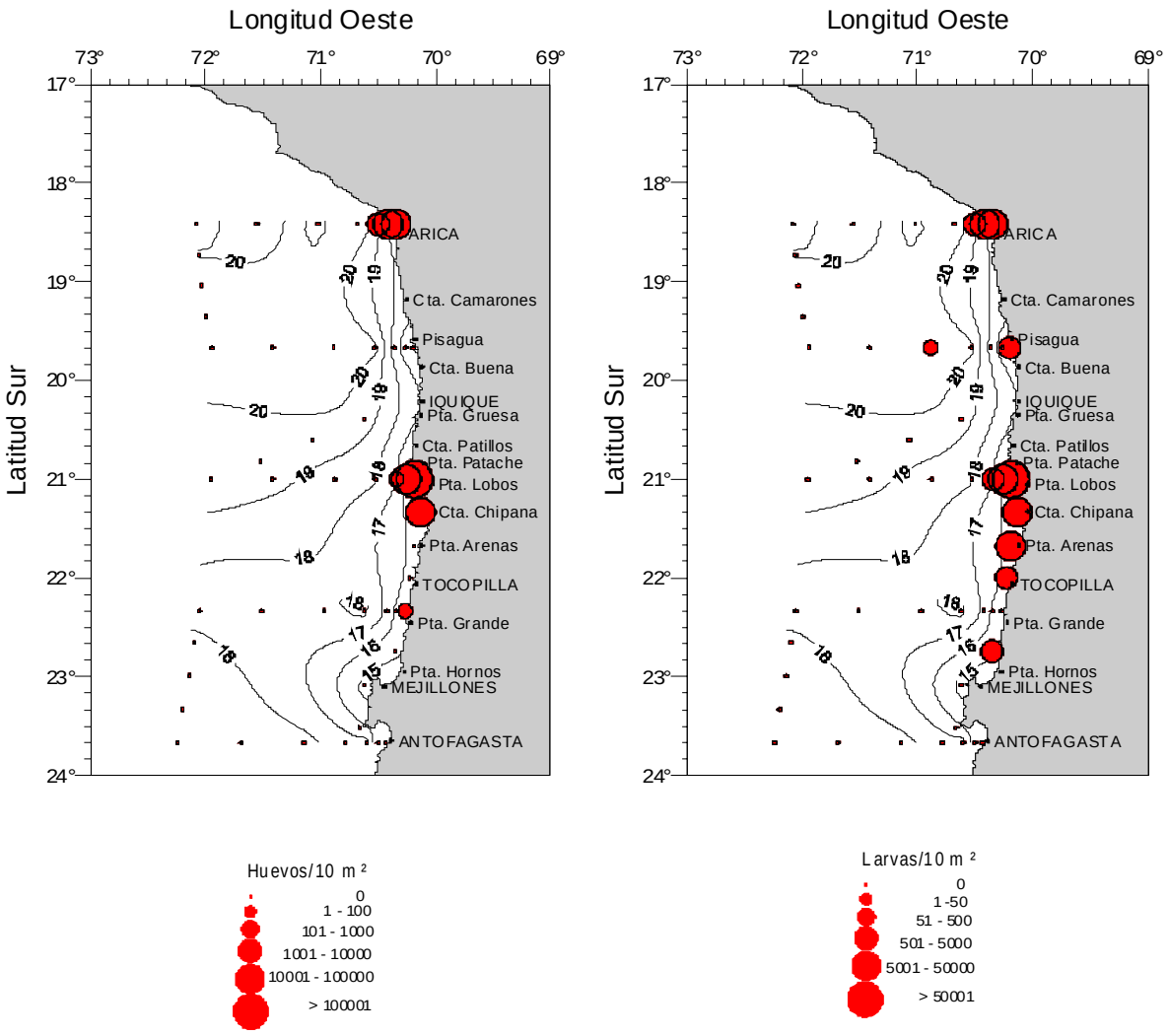


Figura 82. Distribución de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en otoño de 2003.

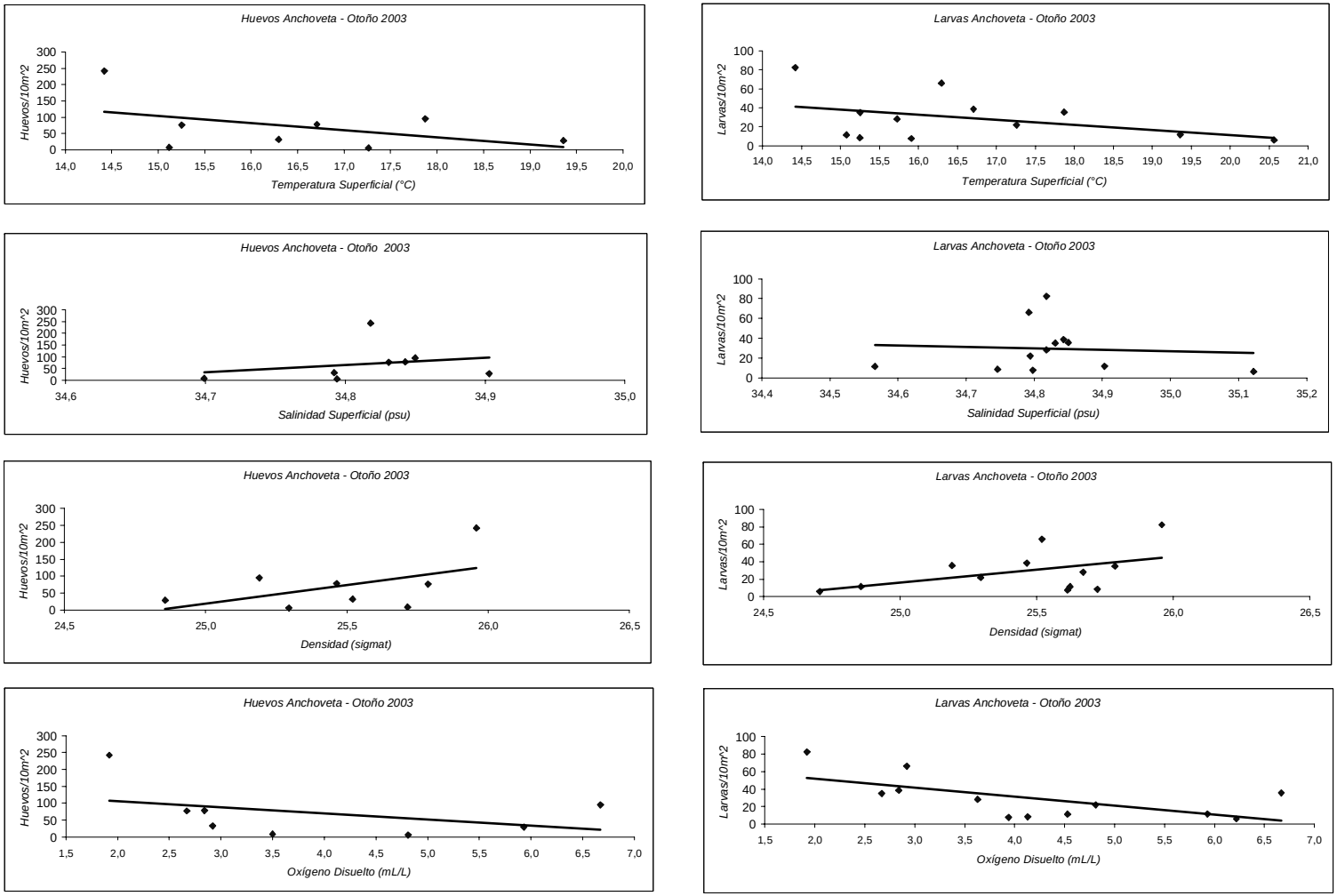


Figura 83. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxigeno disuelto. Crucero MOBIO 0302 – Otoño 2003.

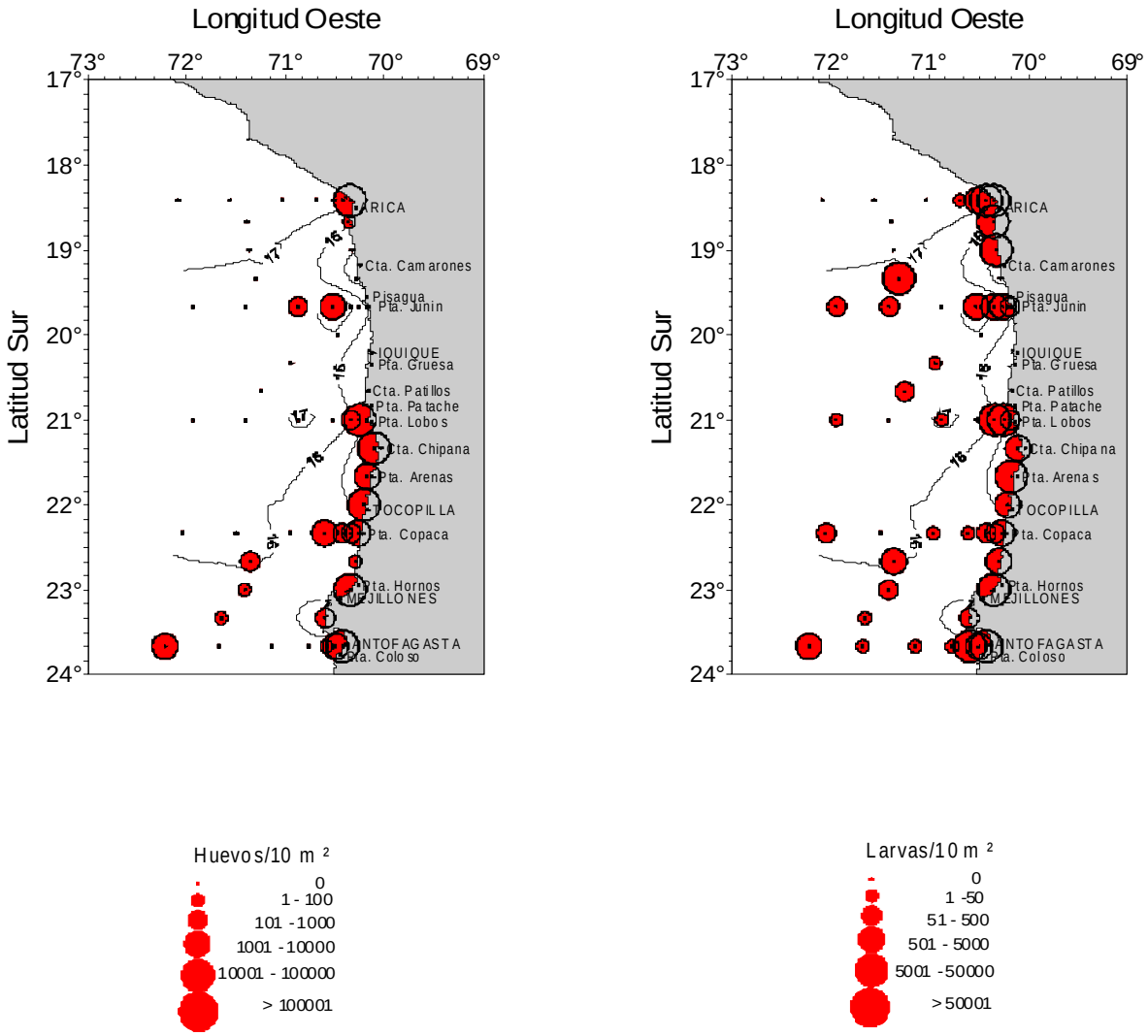


Figura 84. Distribución de huevos y larvas de Anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en invierno de 2003.

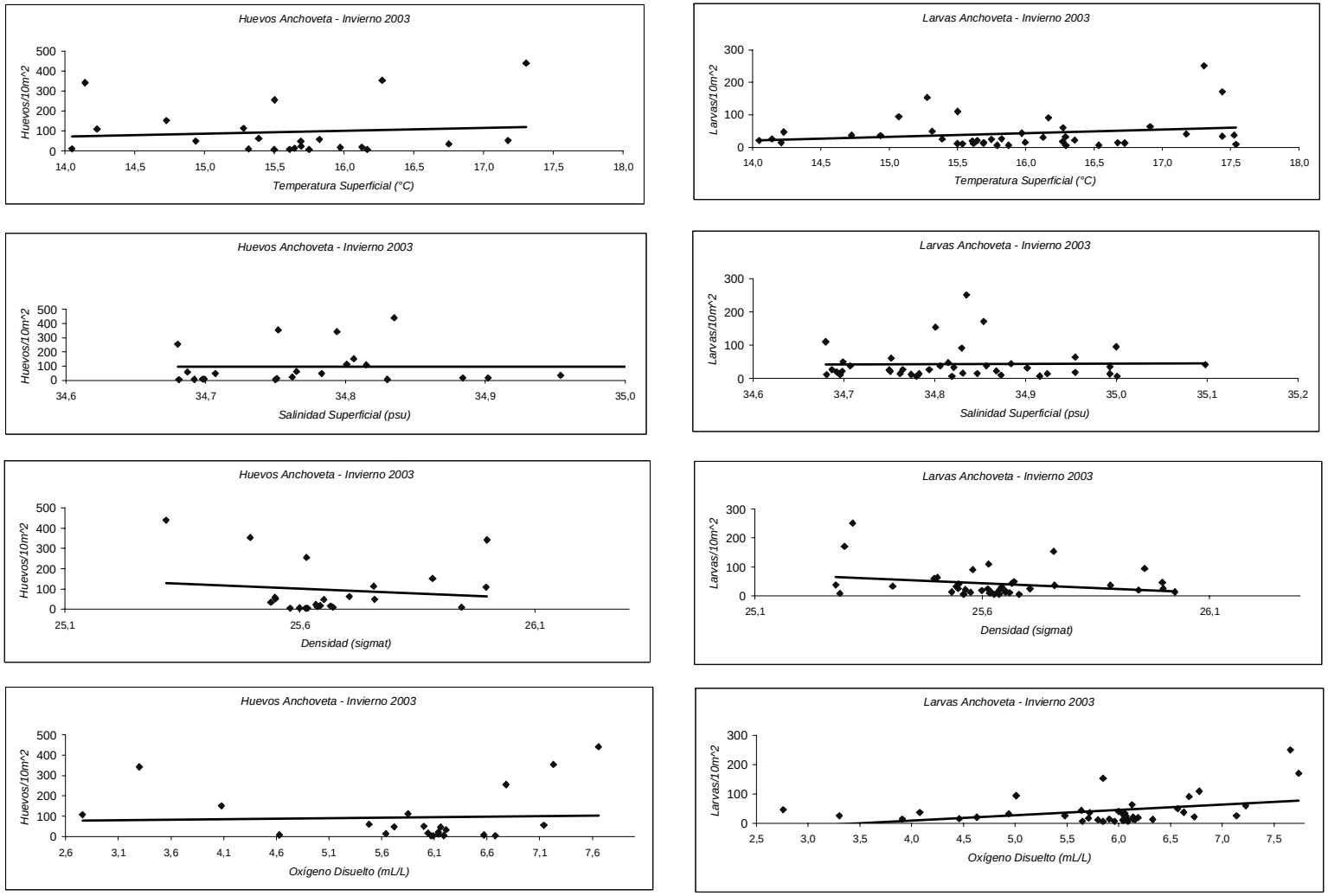


Figura 85. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxigeno disuelto. Crucero MOBIO 0302 – Invierno 2003.

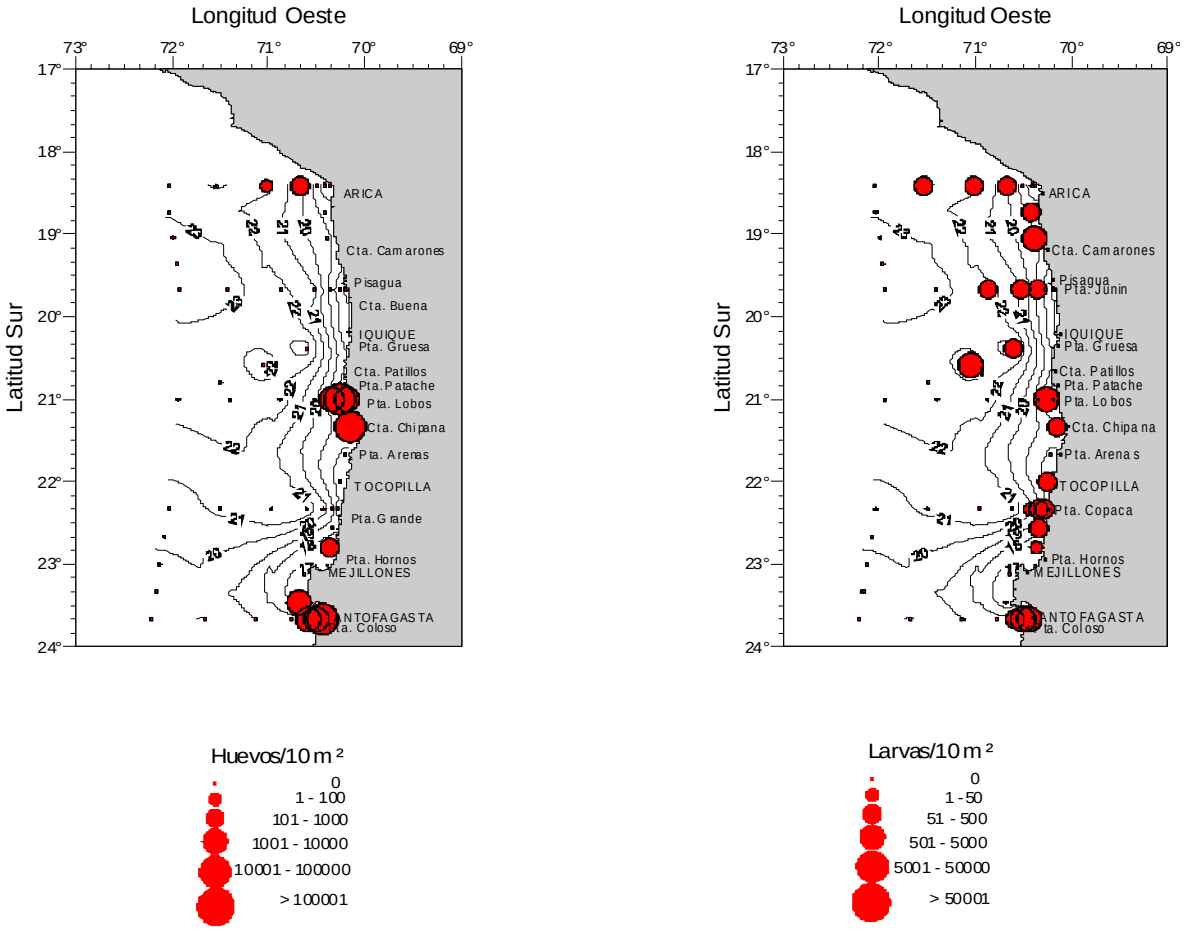


Figura 86. Distribución de huevos y larvas de Anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en primavera de 2003.

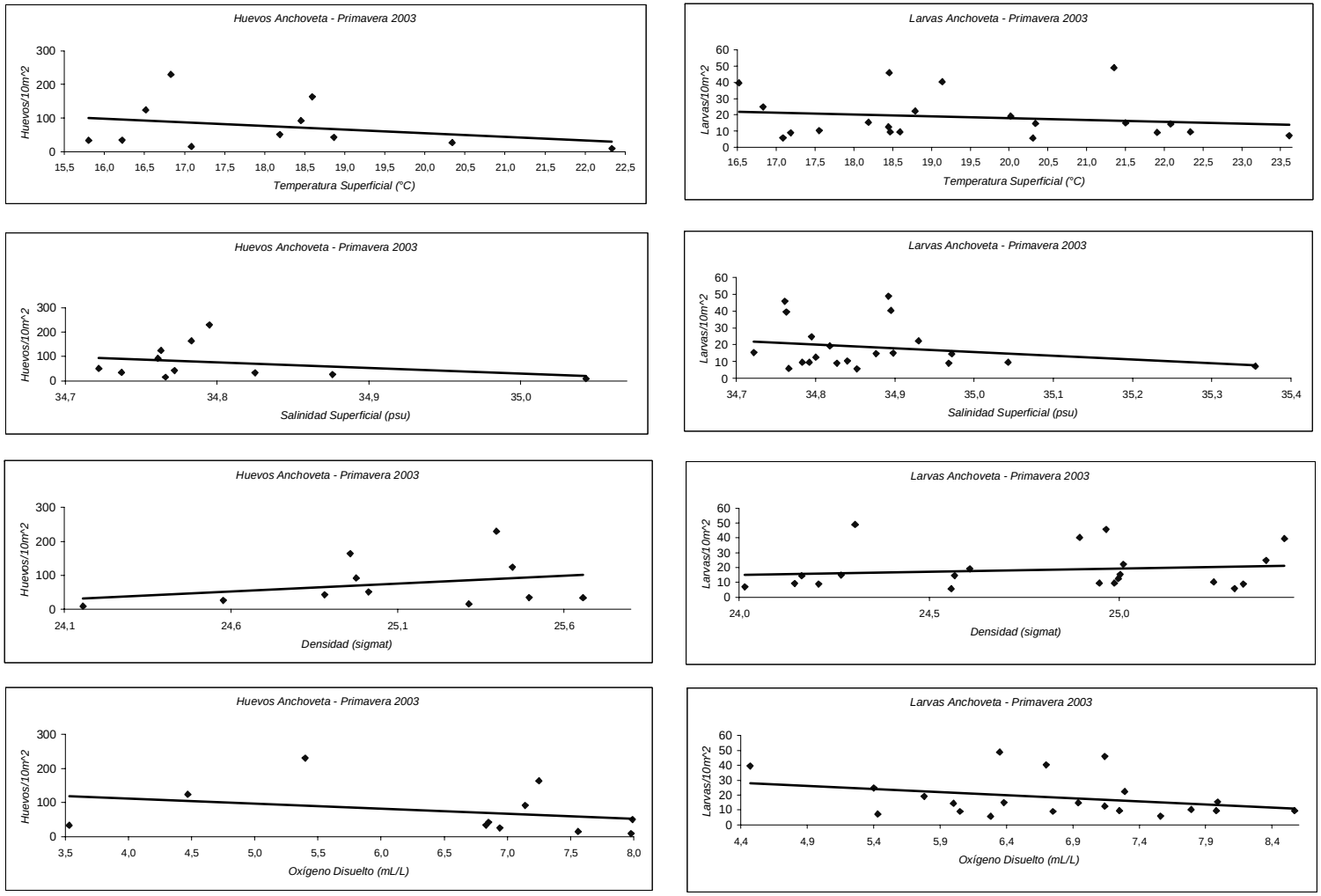


Figura 87. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxigeno disuelto. Crucero MOBIO 0302 – Primavera 2003.

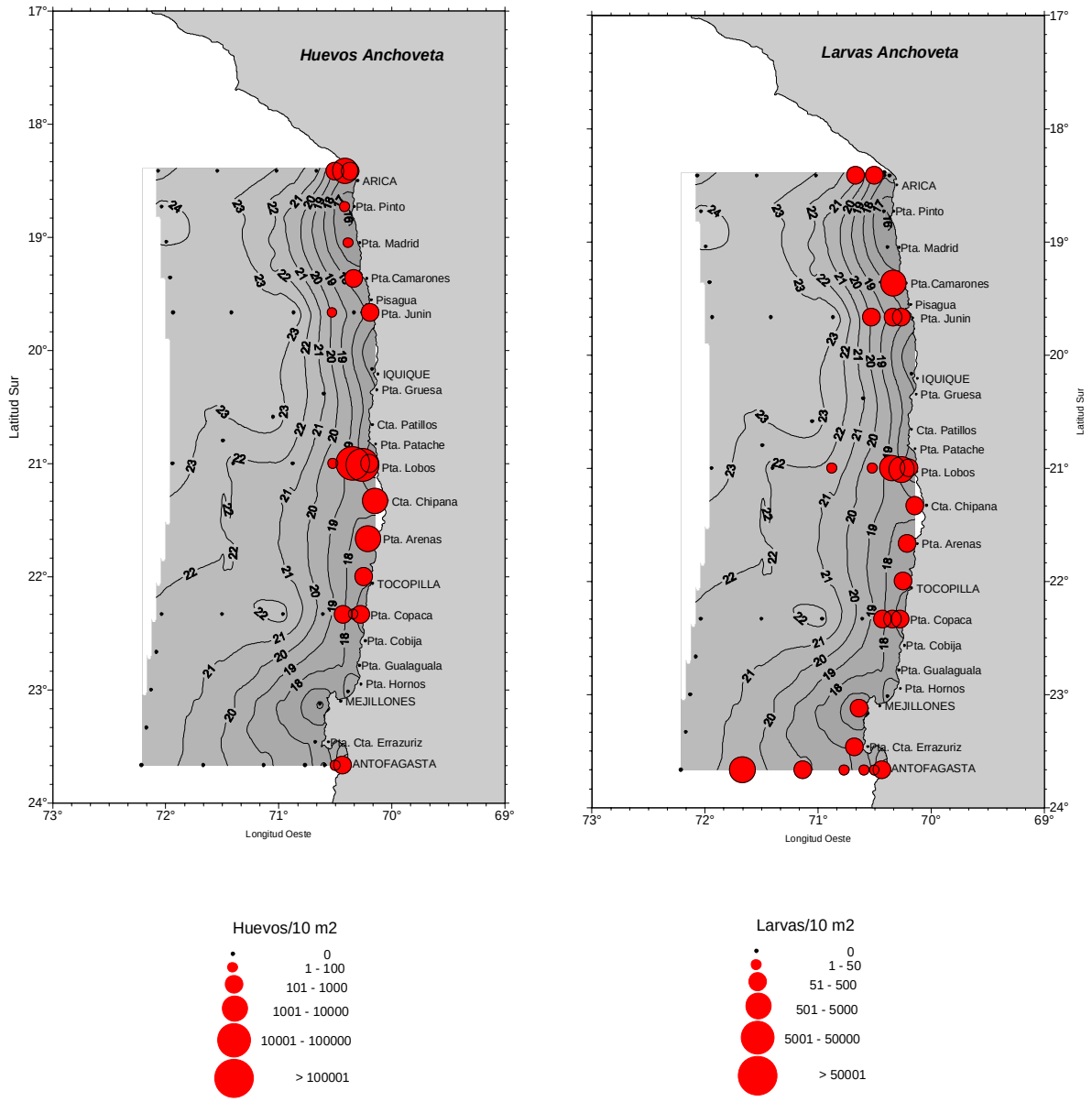


Figura 88. Distribución de huevos y larvas de Anchoveta y su relación con la distribución de la temperatura superficial en verano de 2004.

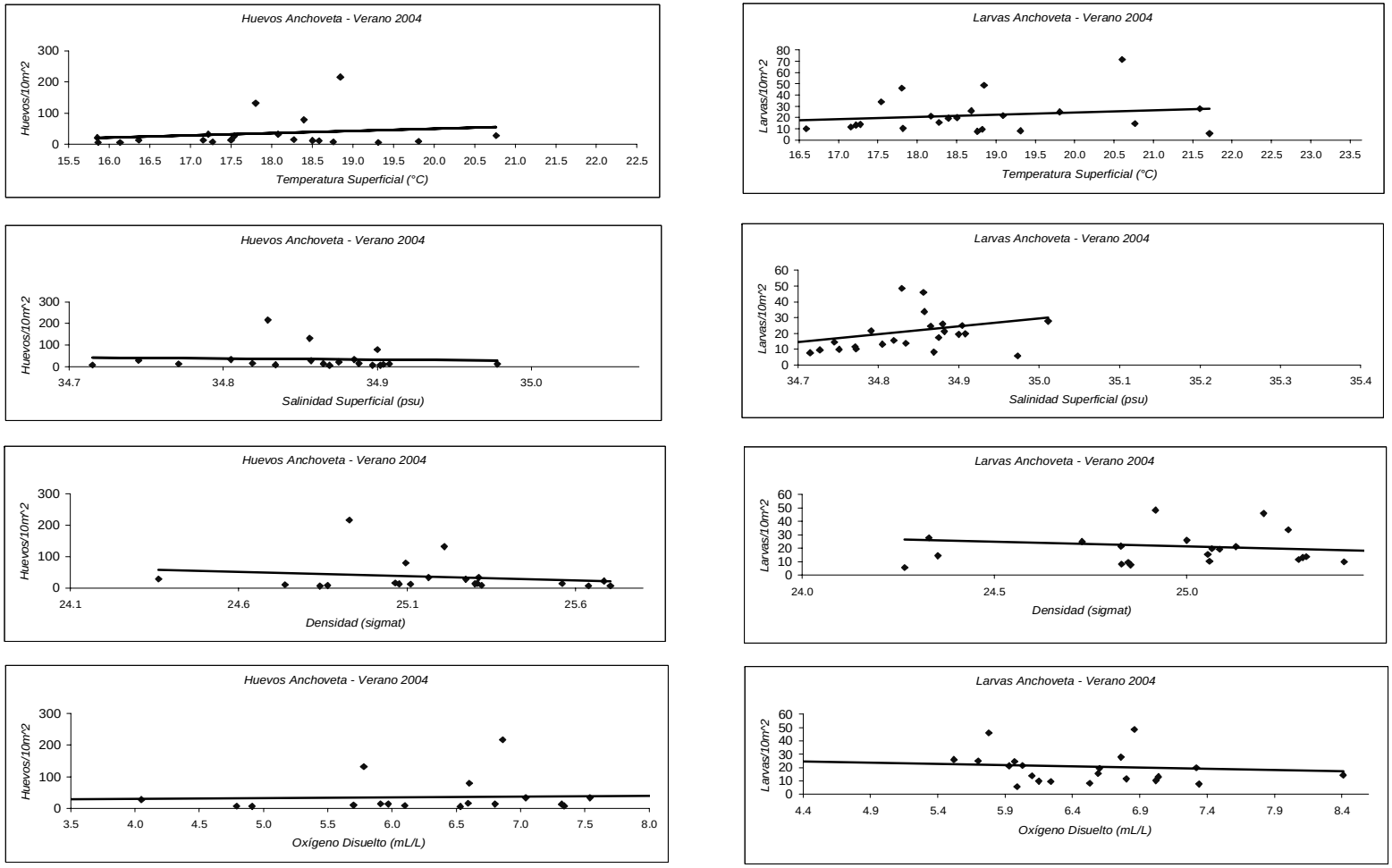


Figura 89. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales, temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto. Verano 2004.

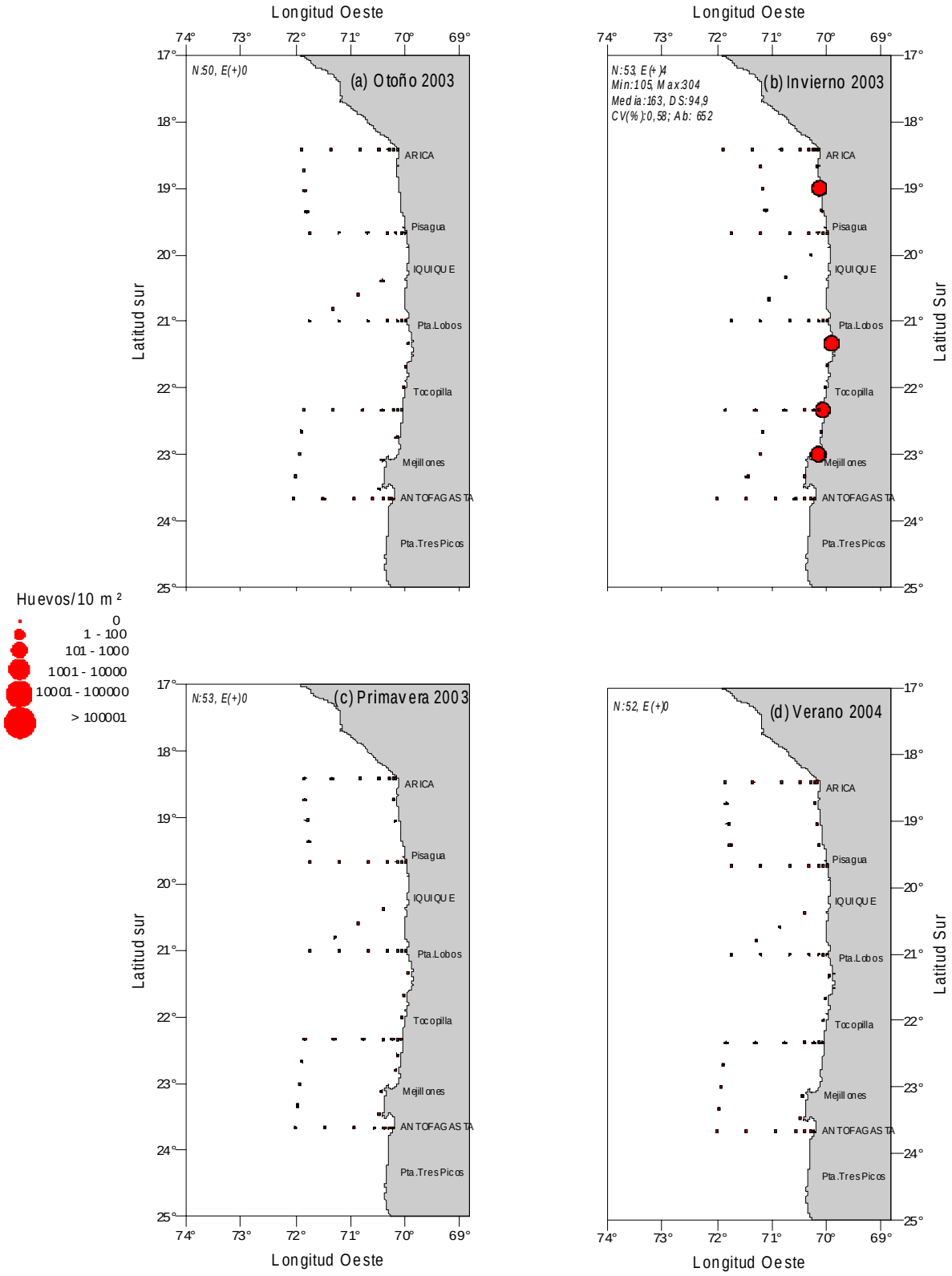


Figura 90. Distribución y abundancia de Huevos de Sardina, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

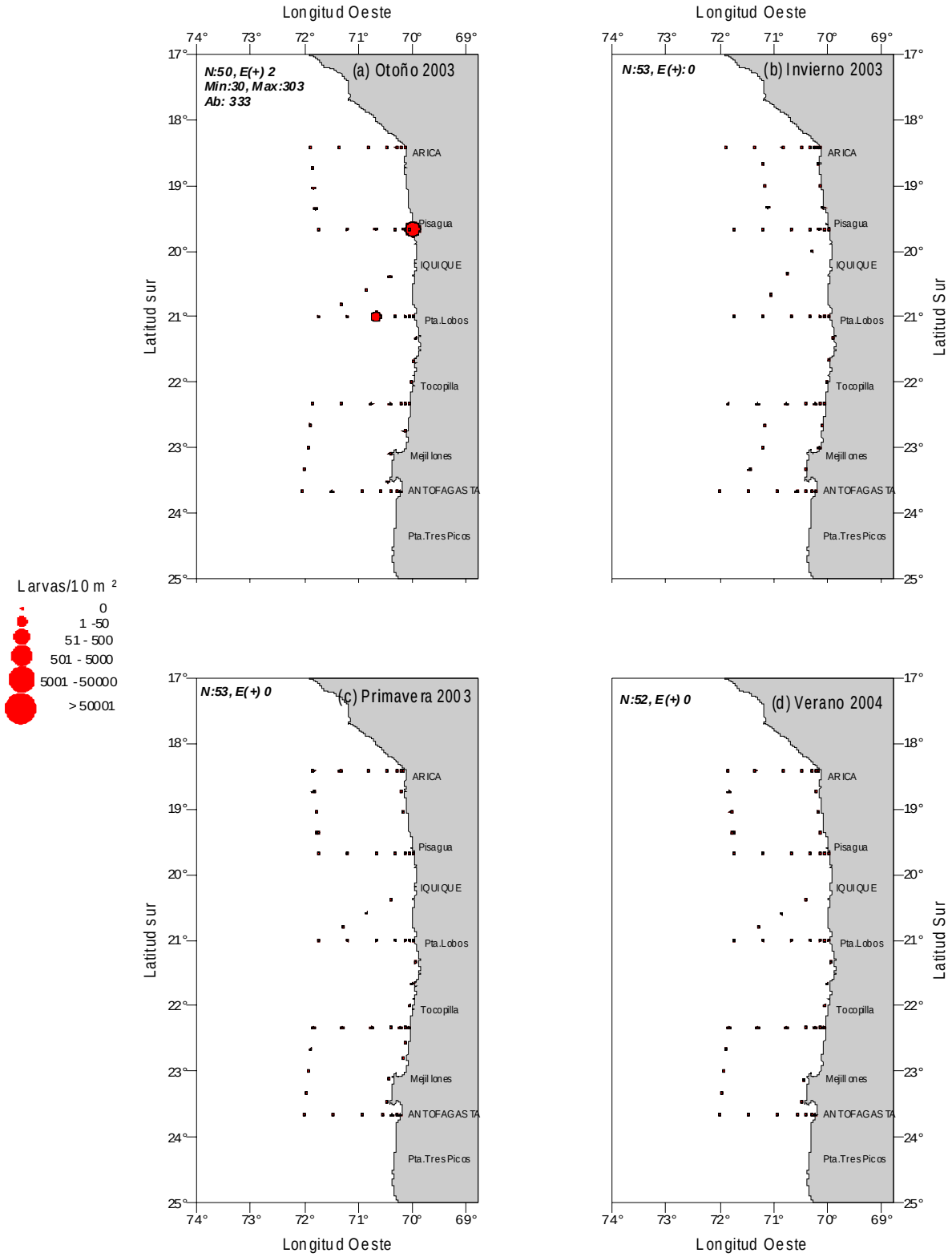


Figura 91. Distribución y abundancia de Larvas de Sardina, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

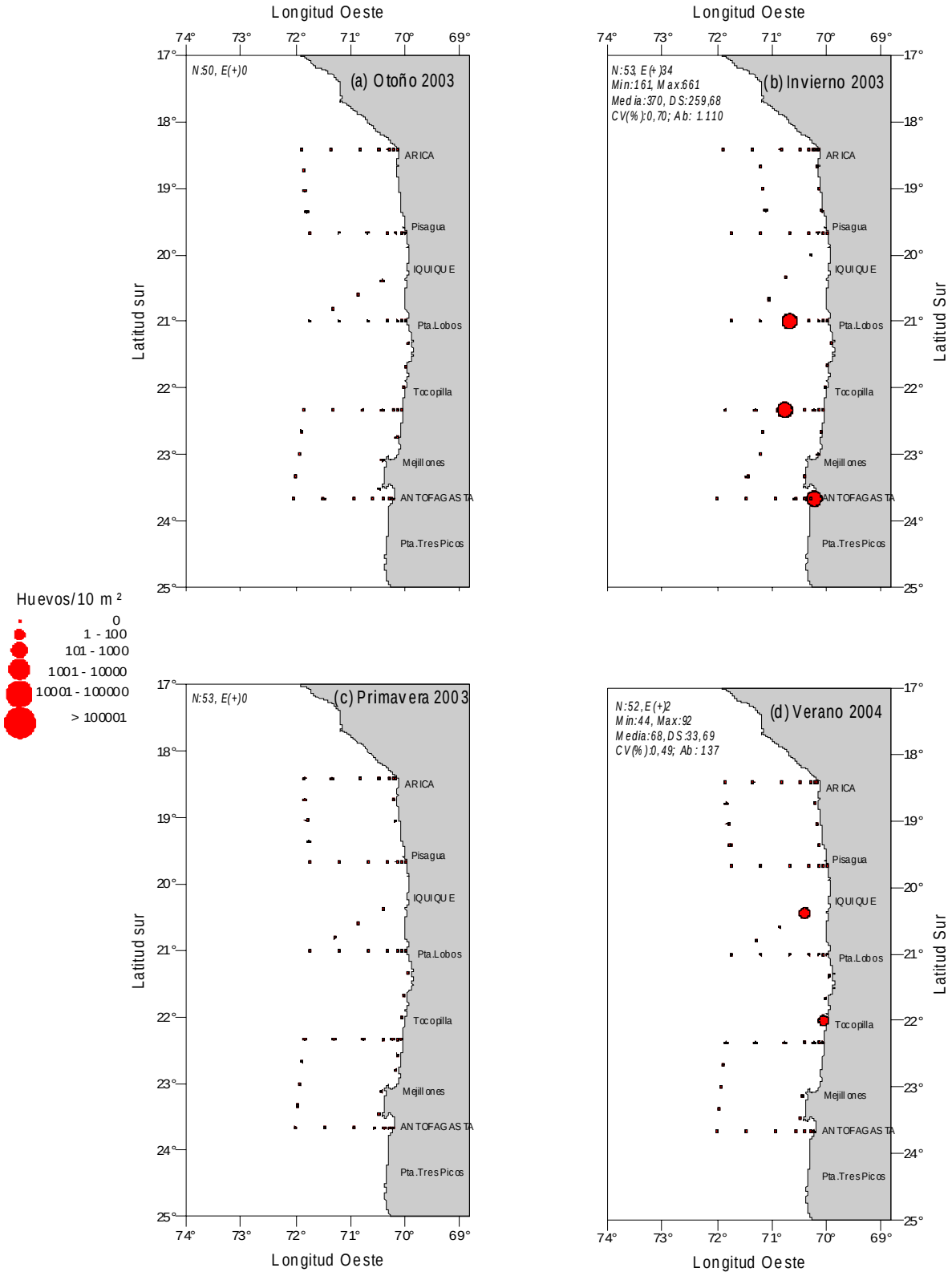


Figura 92. Distribución y abundancia de Huevos de Jurel, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

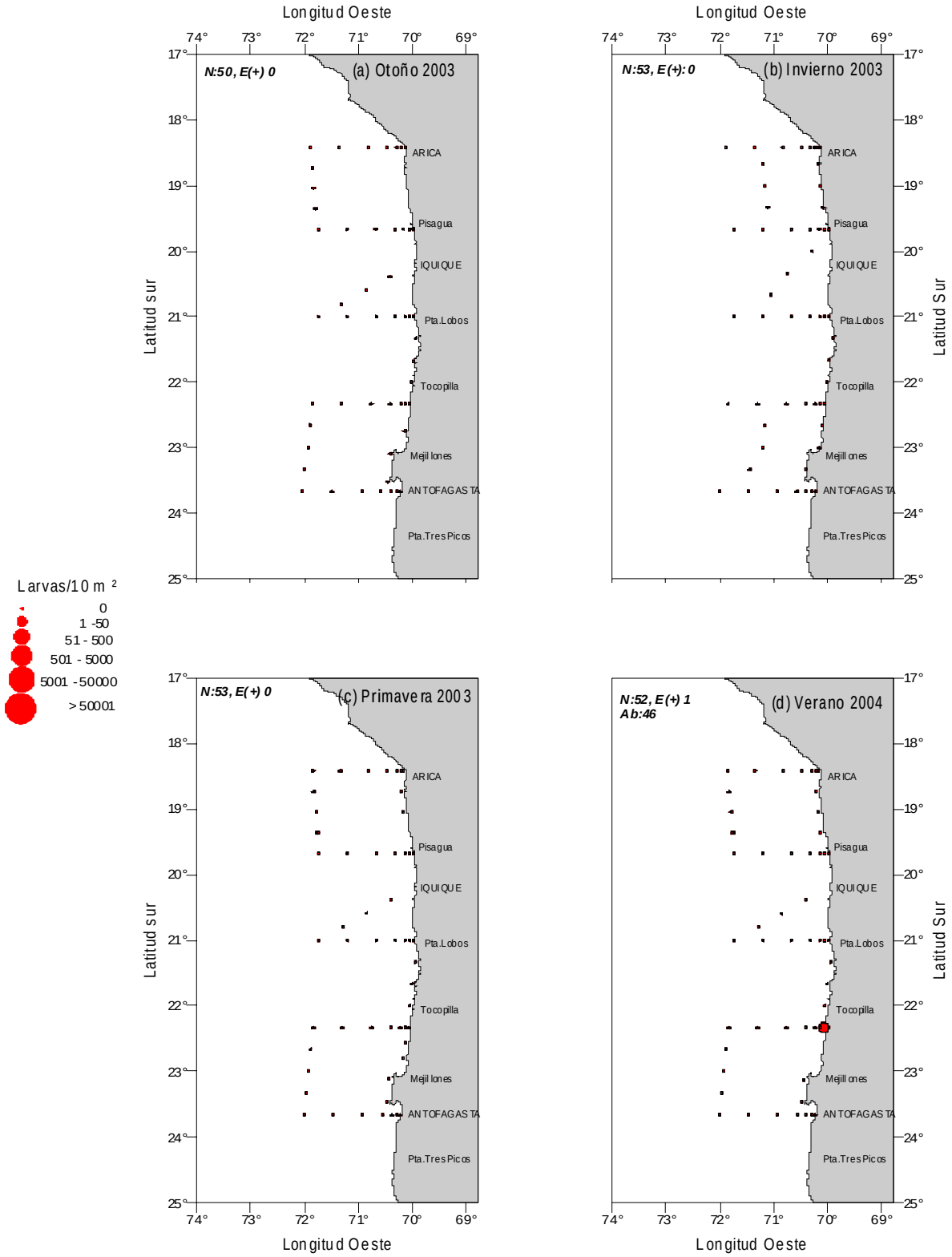


Figura 93. Distribución y abundancia de Larvas de Jurel, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

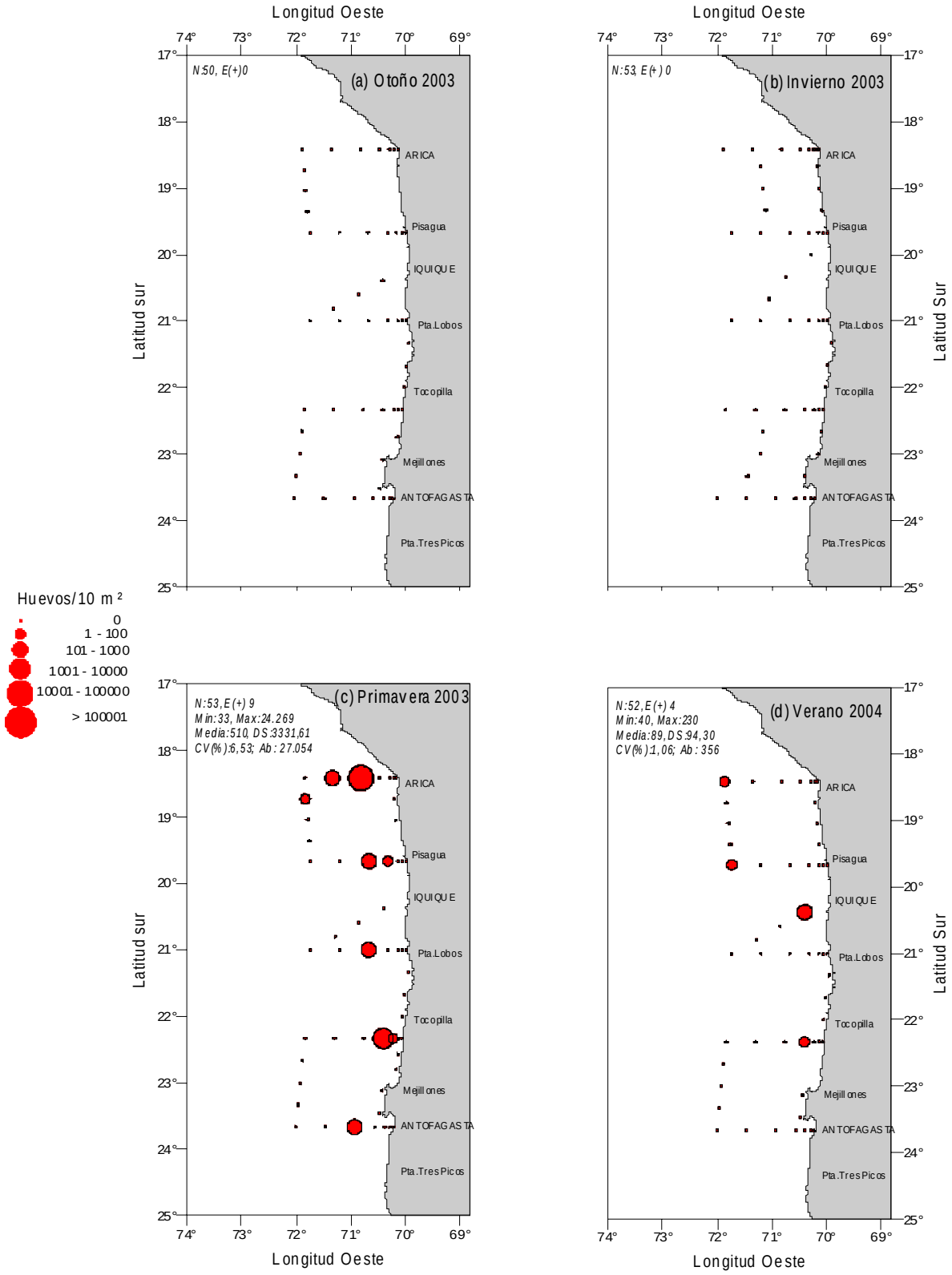


Figura 94. Distribución y abundancia de Huevos de Caballa, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

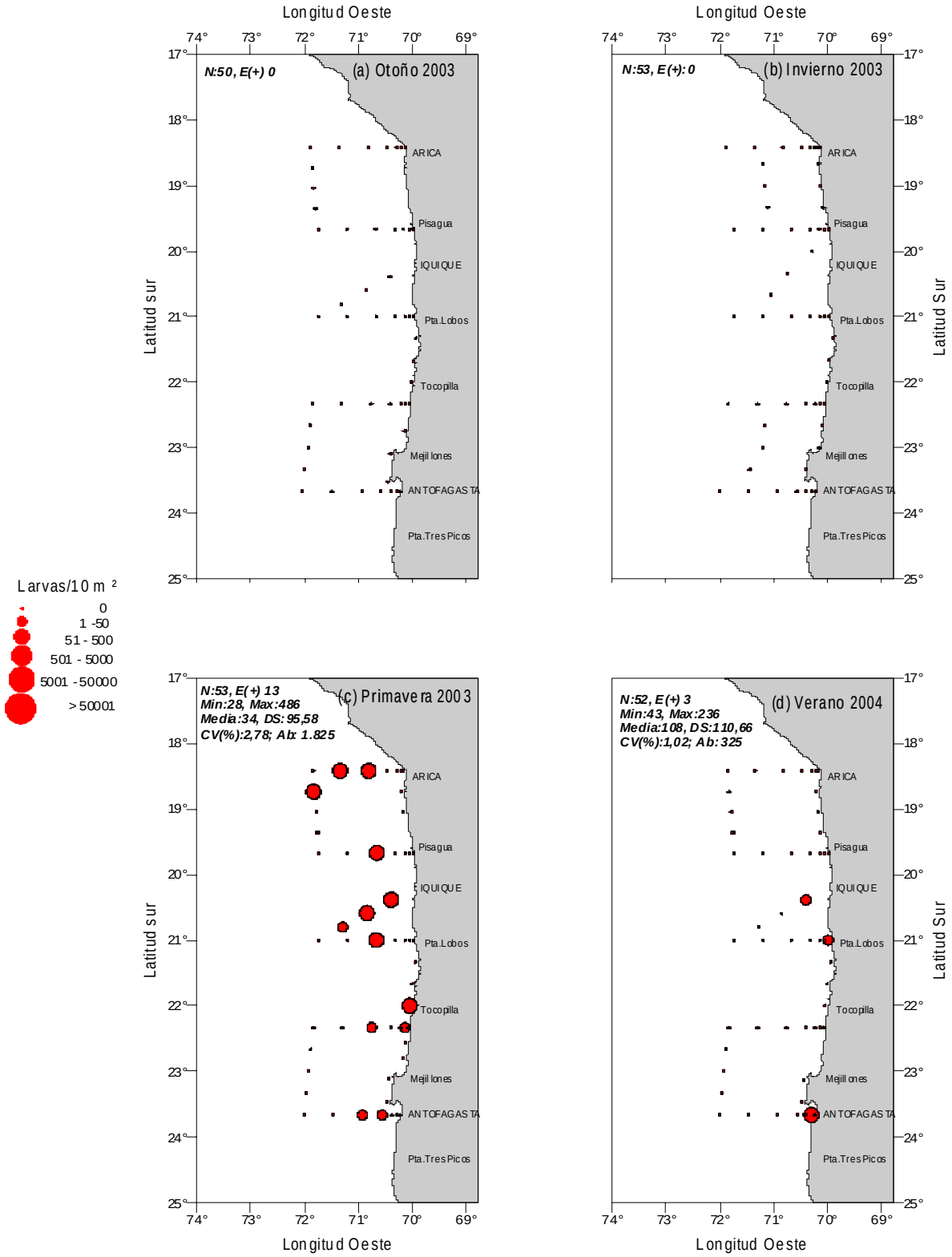


Figura 95. Distribución y abundancia de Larvas de Caballa, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2003, (b) Invierno 2003, (c) Primavera 2003 y (d) Verano 2004.

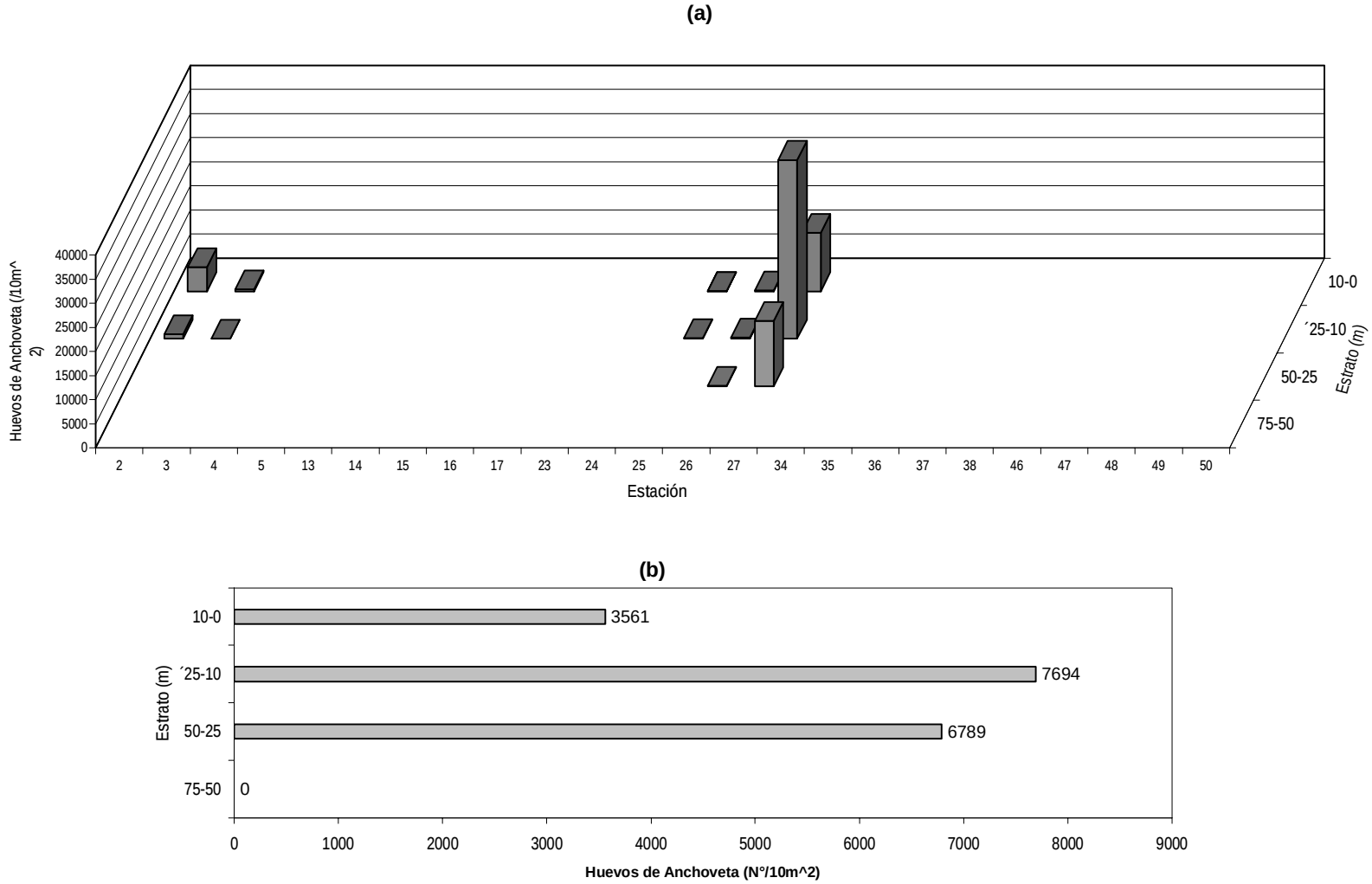


Figura 96. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Otoño 2003.

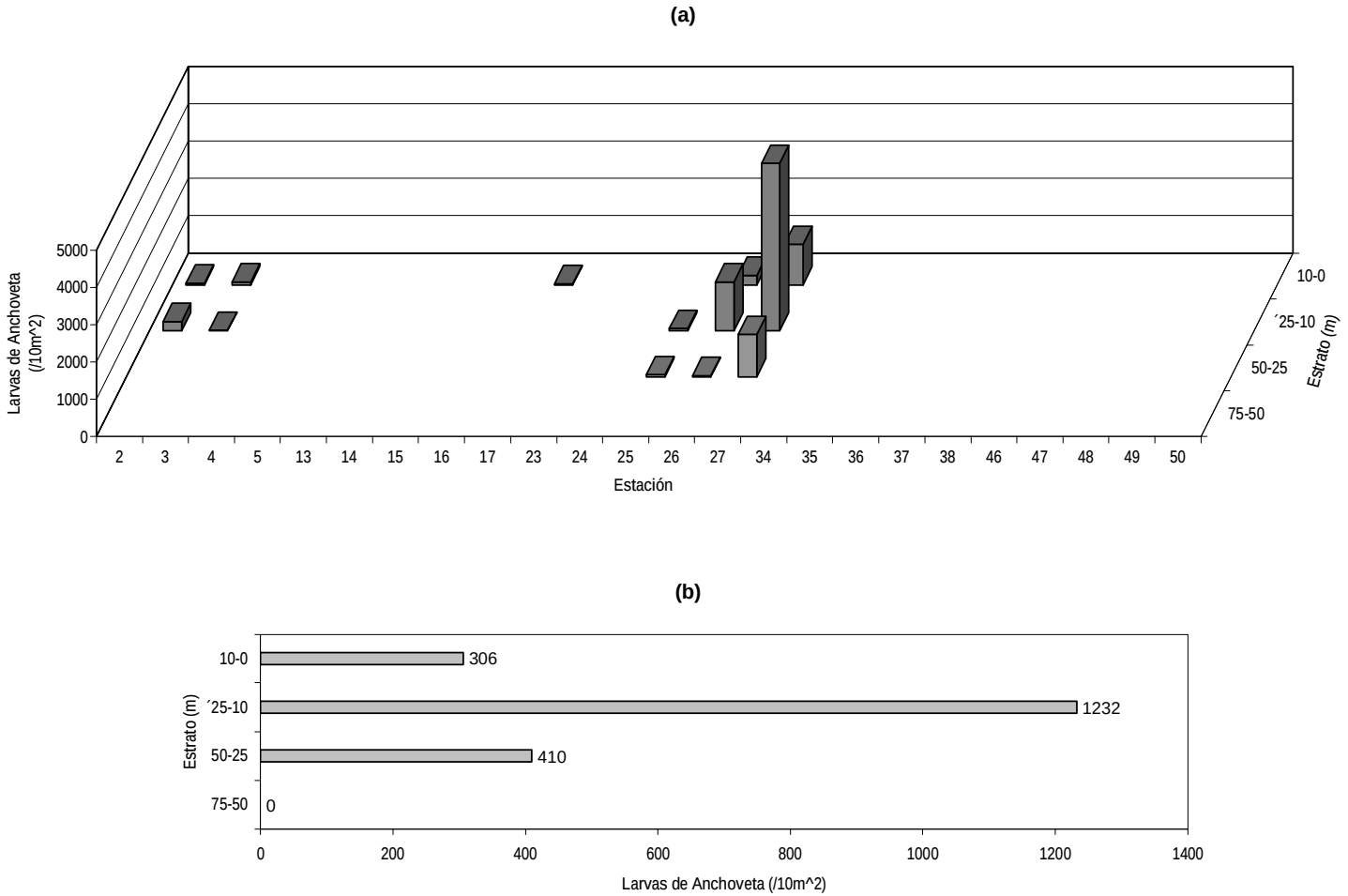


Figura 97. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Otoño 2003.

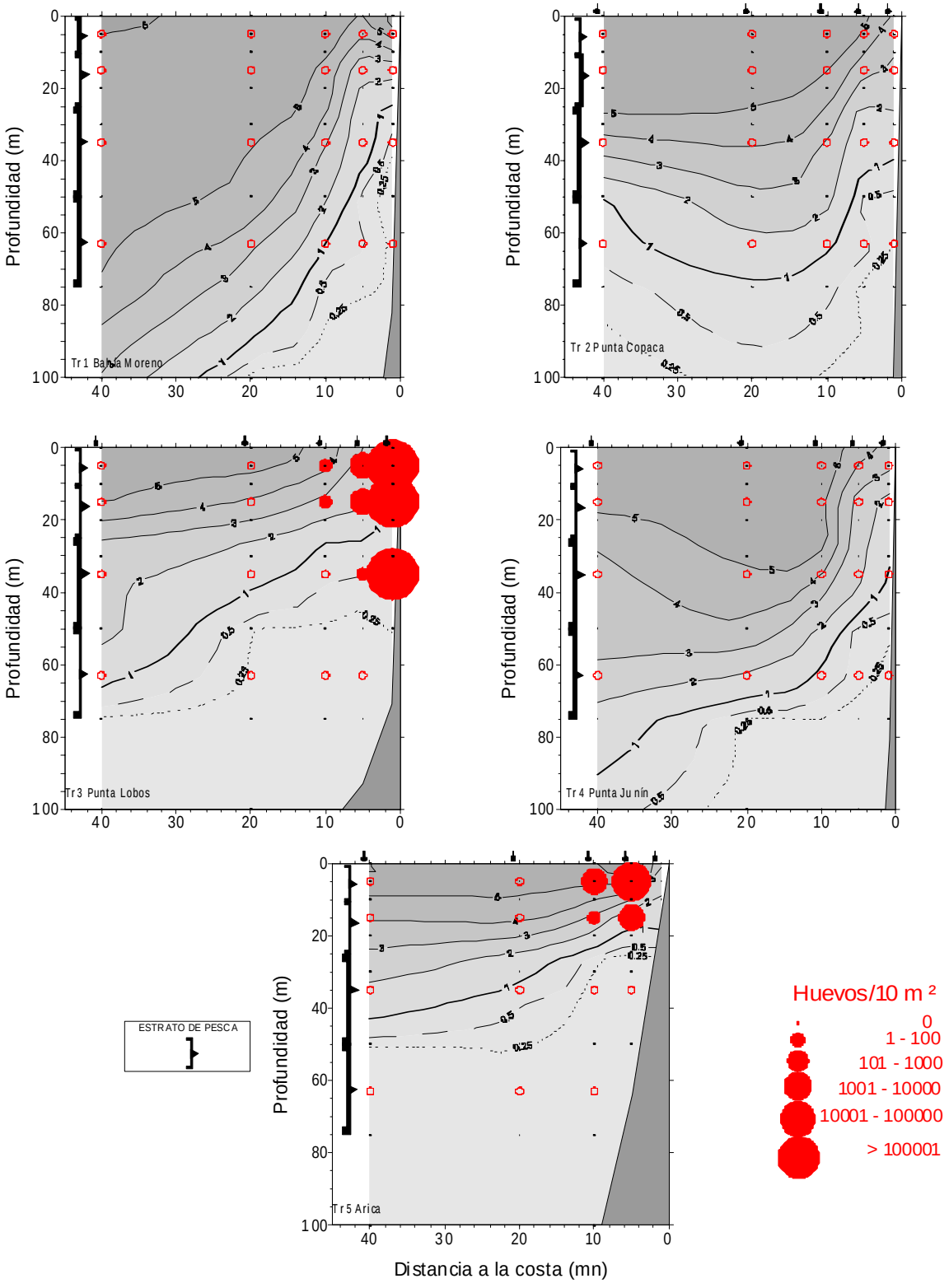


Figura 98. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el otoño de 2003 y las abundancias de huevos de anchoveta en tres de los 4 intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10 y 50-25m).

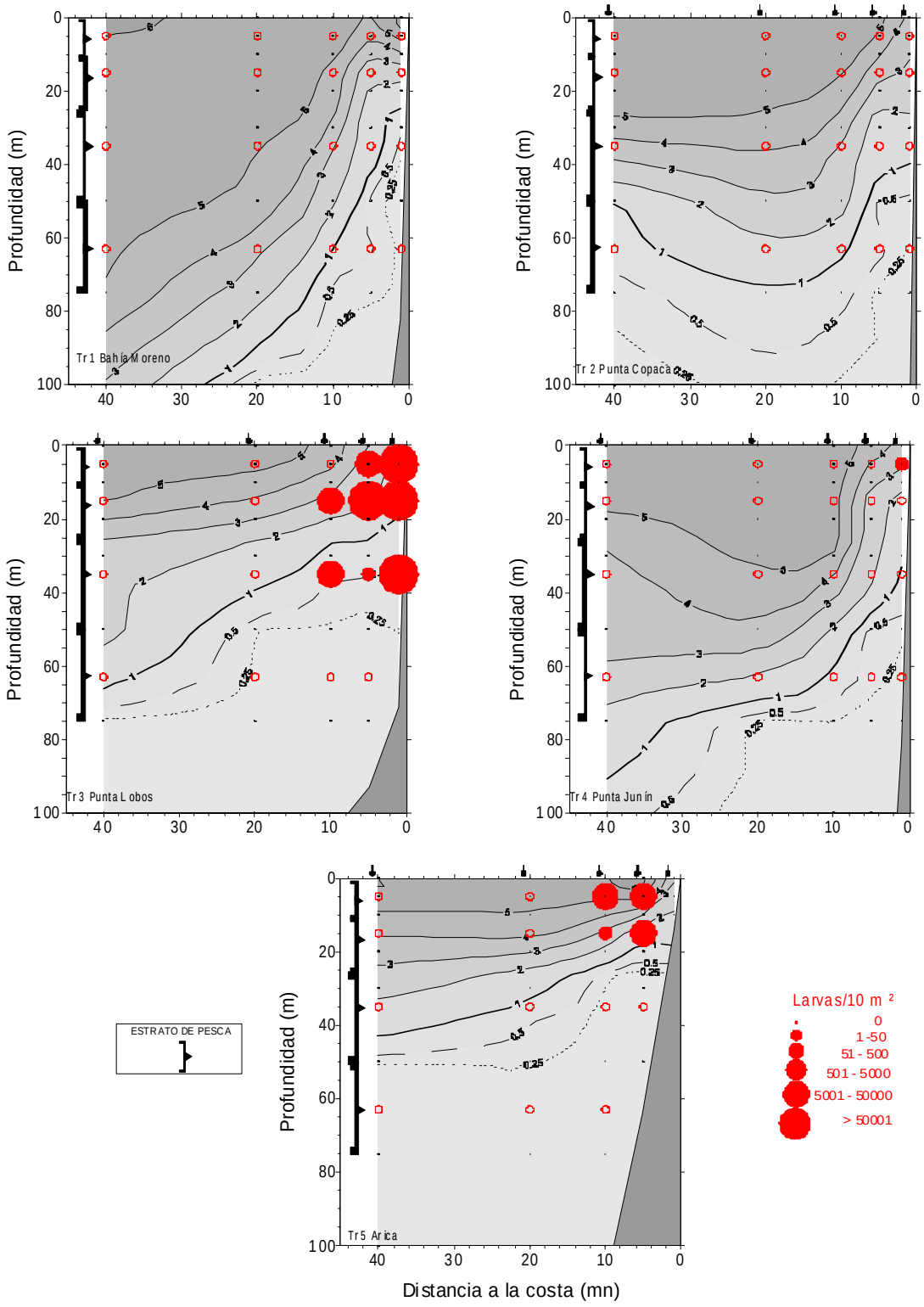


Figura 99. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el otoño de 2003 y las abundancias de larvas de anchoveta en tres de los 4 intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10 y 50-25m).

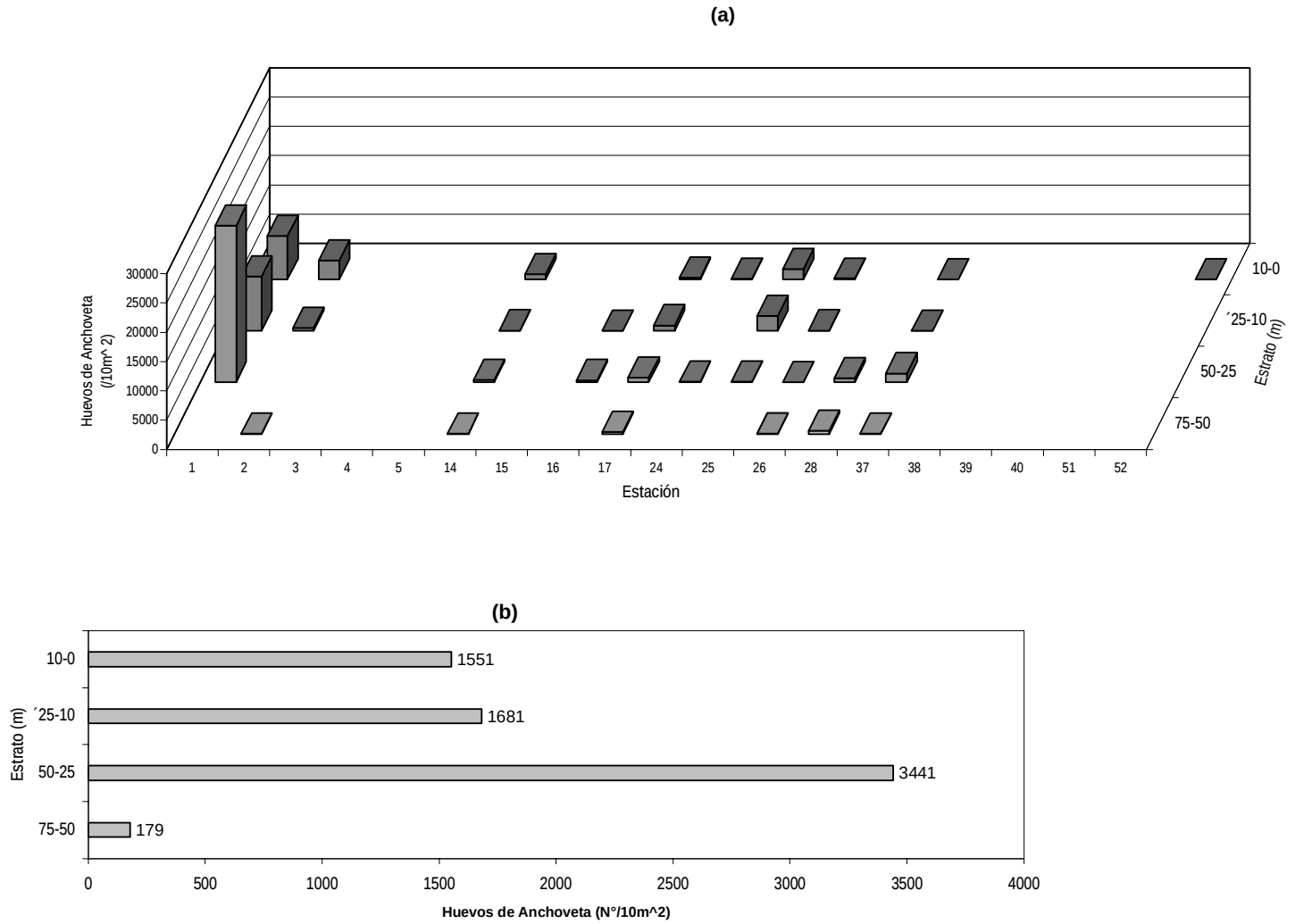


Figura 100. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Invierno 2003.

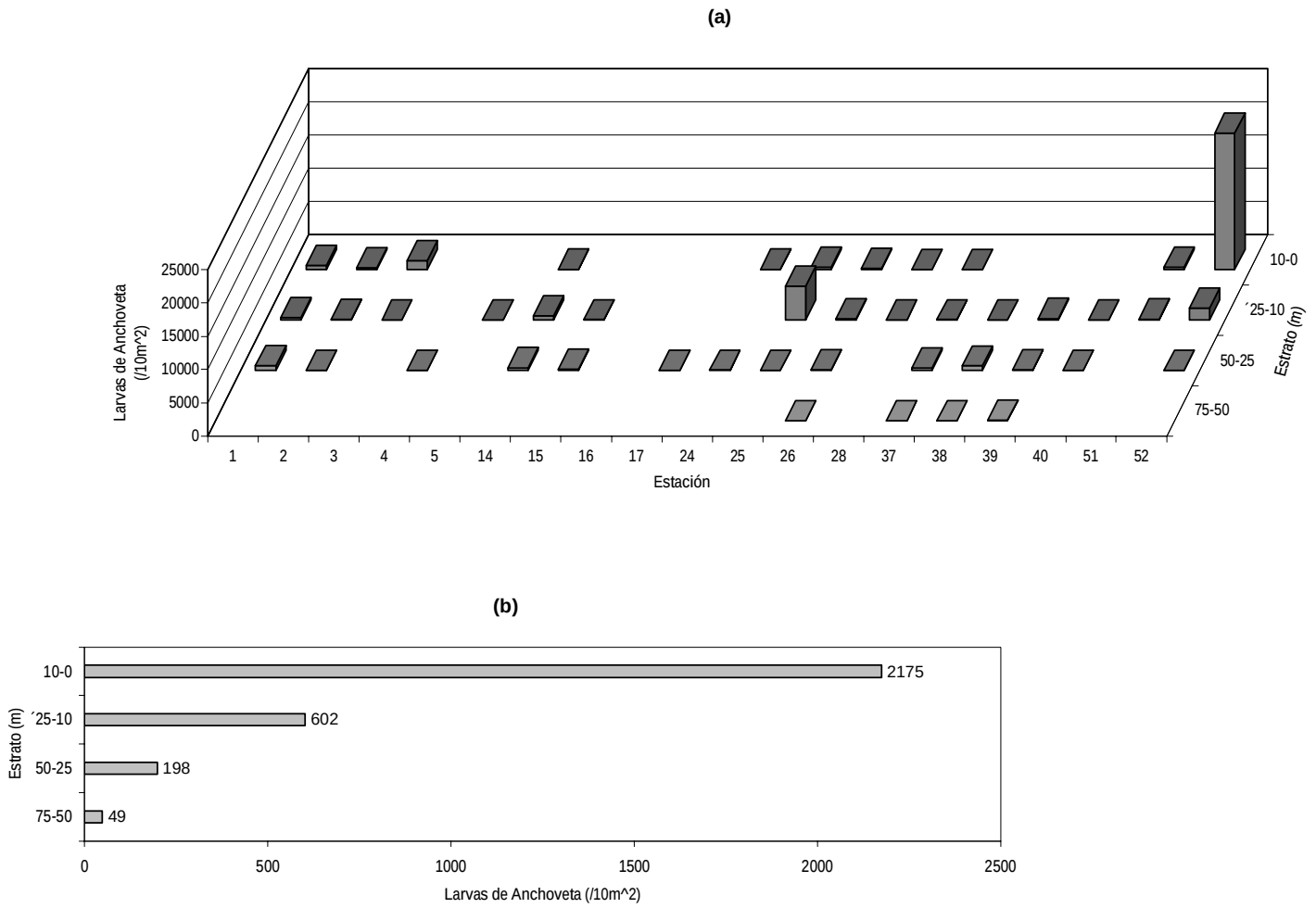


Figura 101. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Invierno 2003.

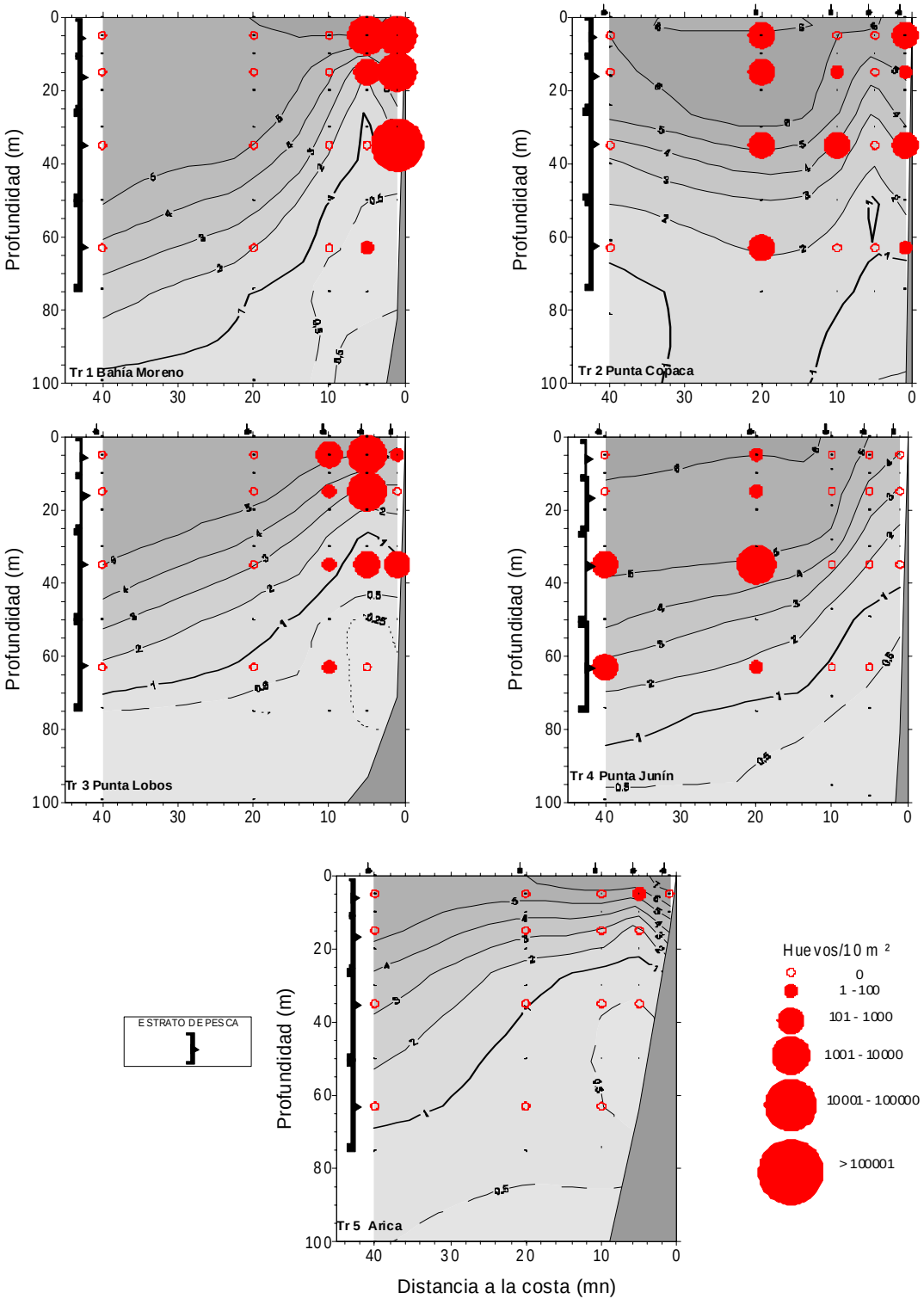


Figura 102. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el invierno de 2003 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

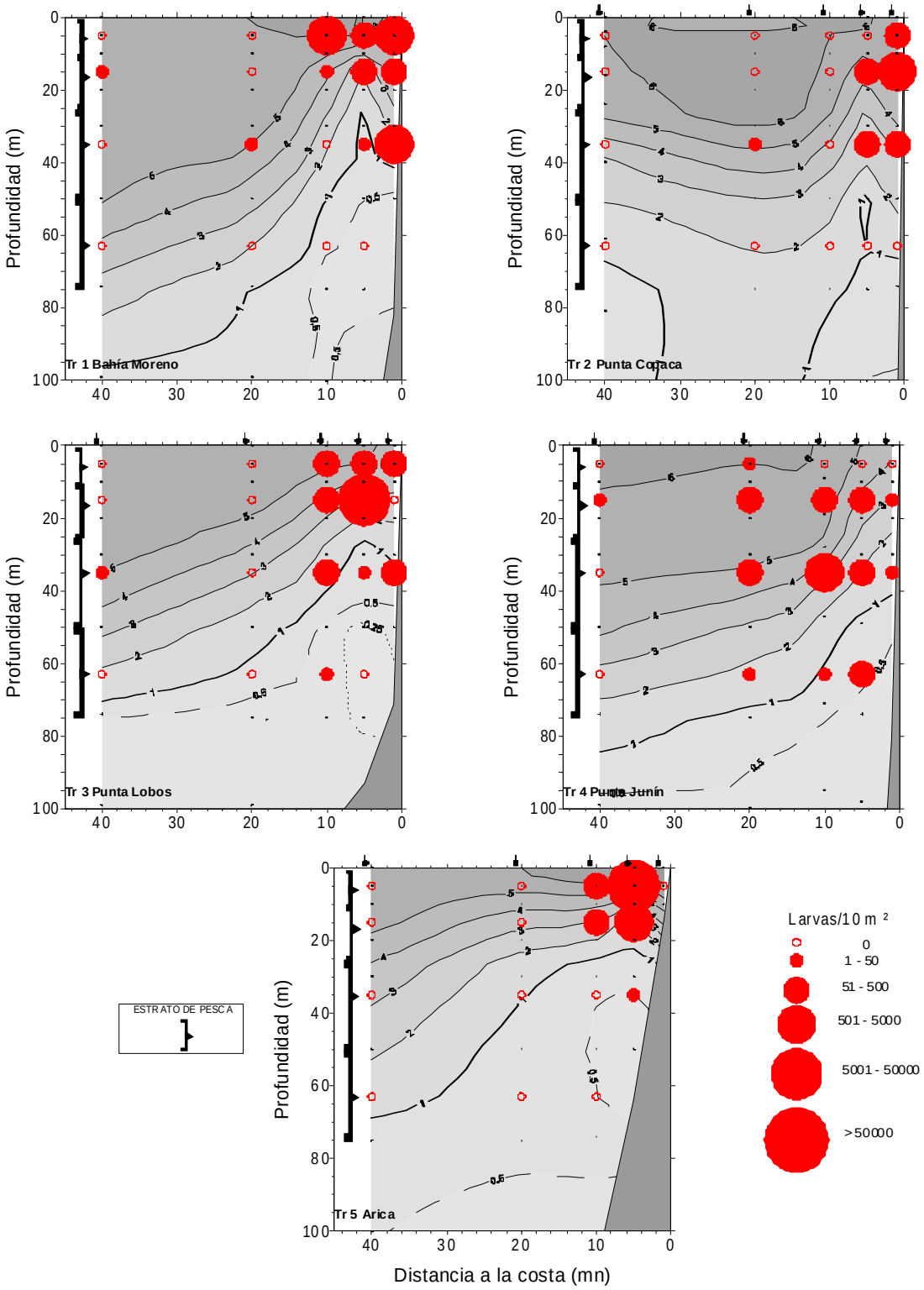


Figura 103. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el invierno de 2003 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

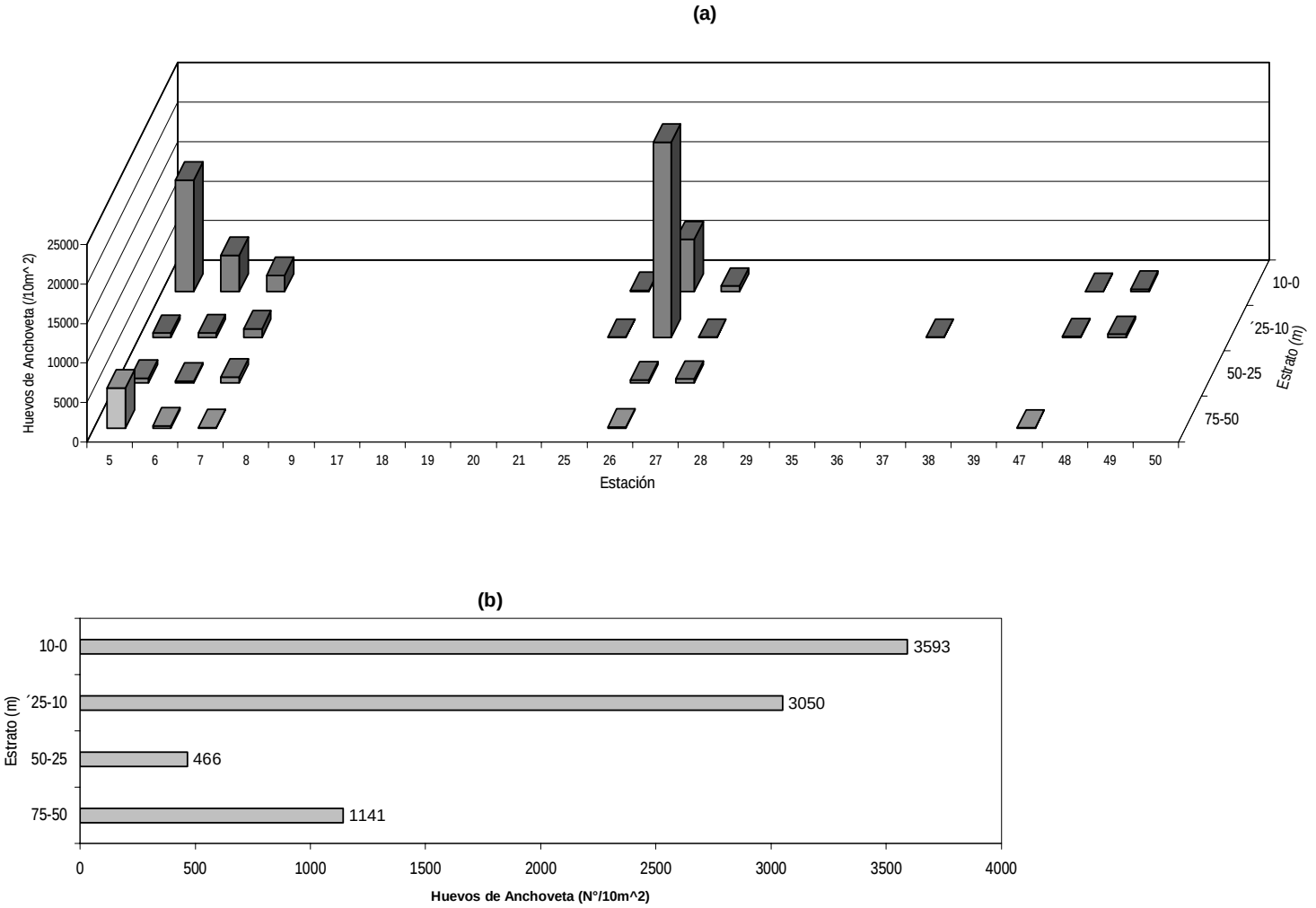


Figura 104. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Primavera 2003.

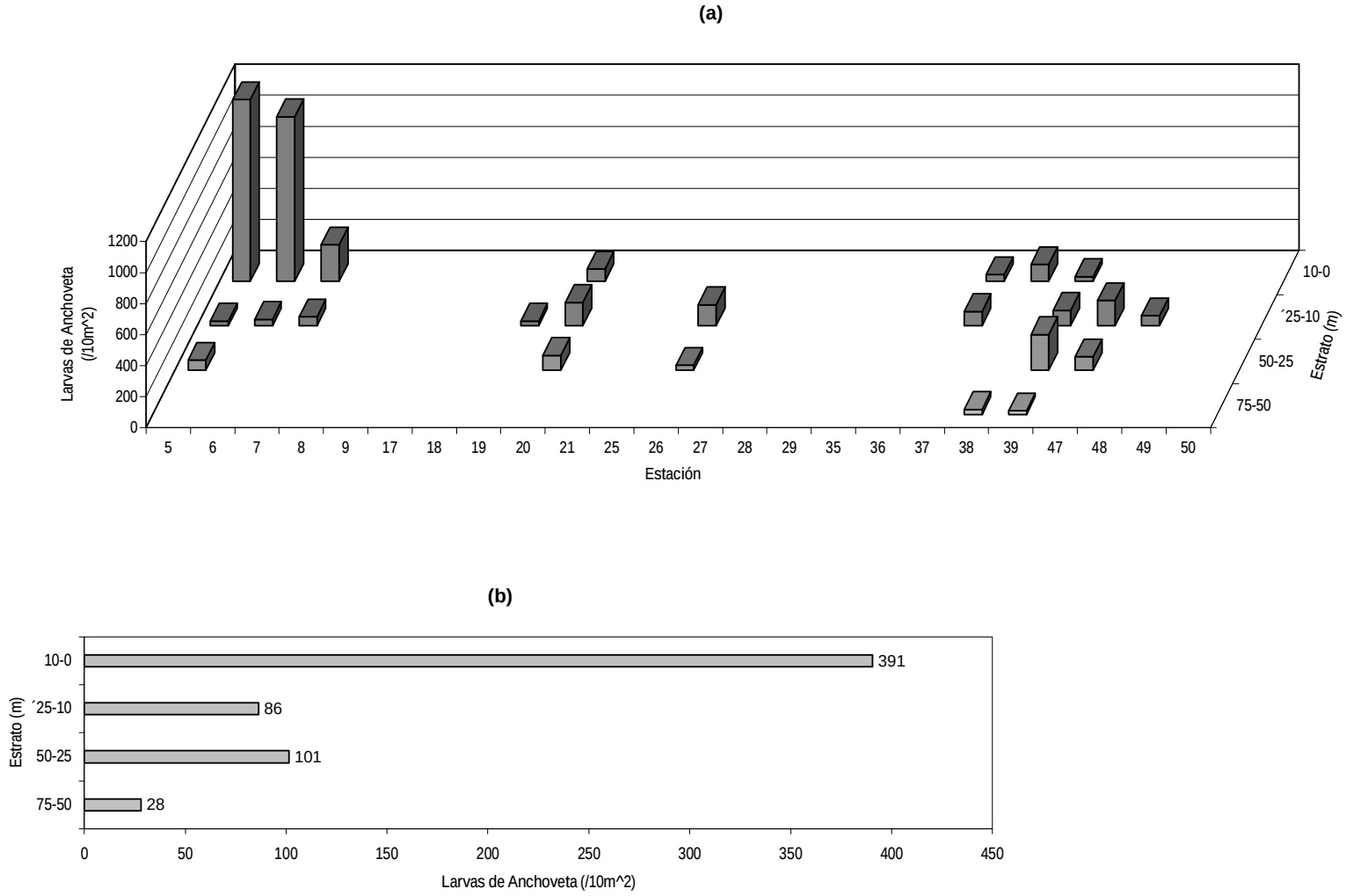


Figura 105. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Primavera 2003.

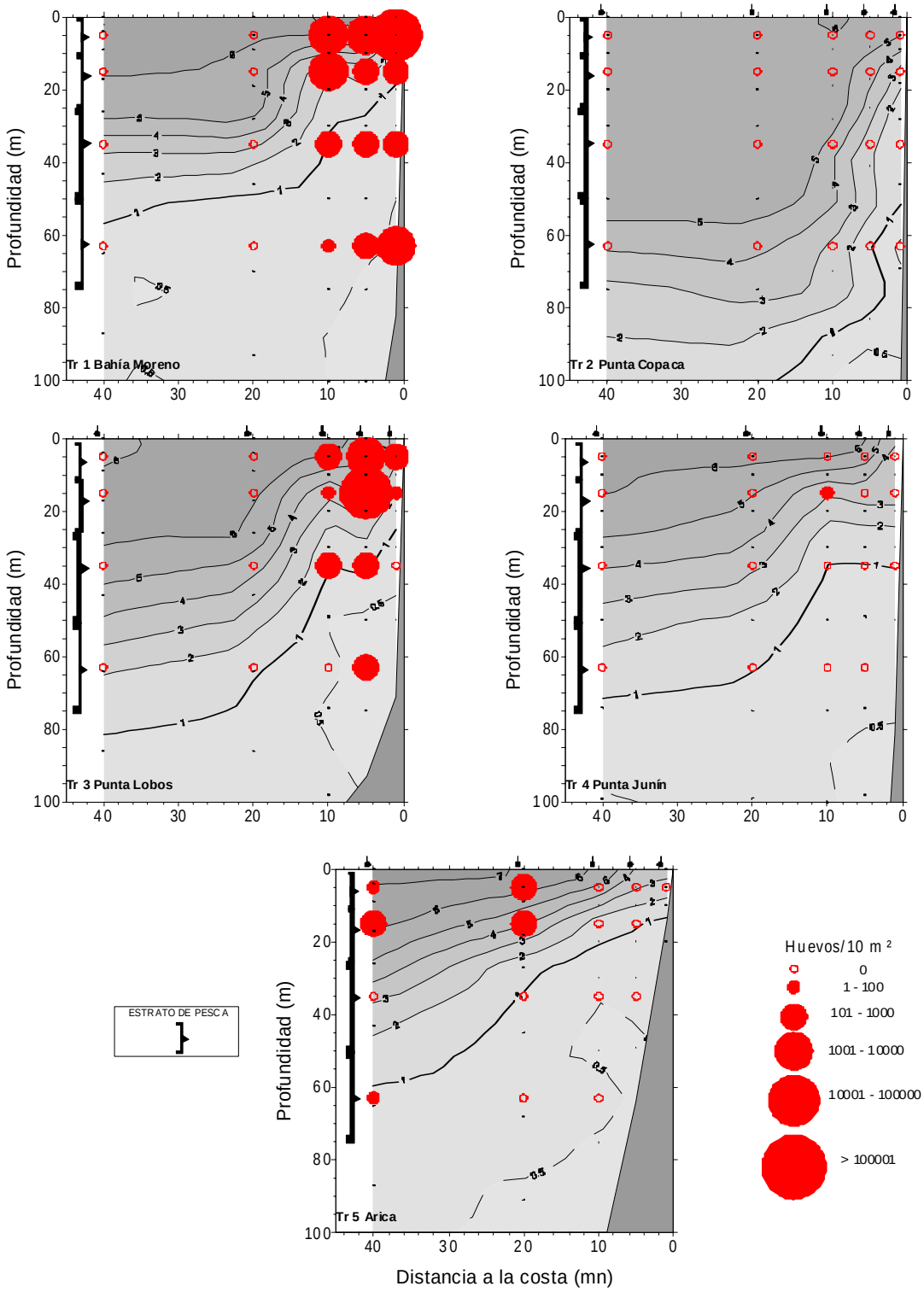


Figura 106. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante la primavera de 2003 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

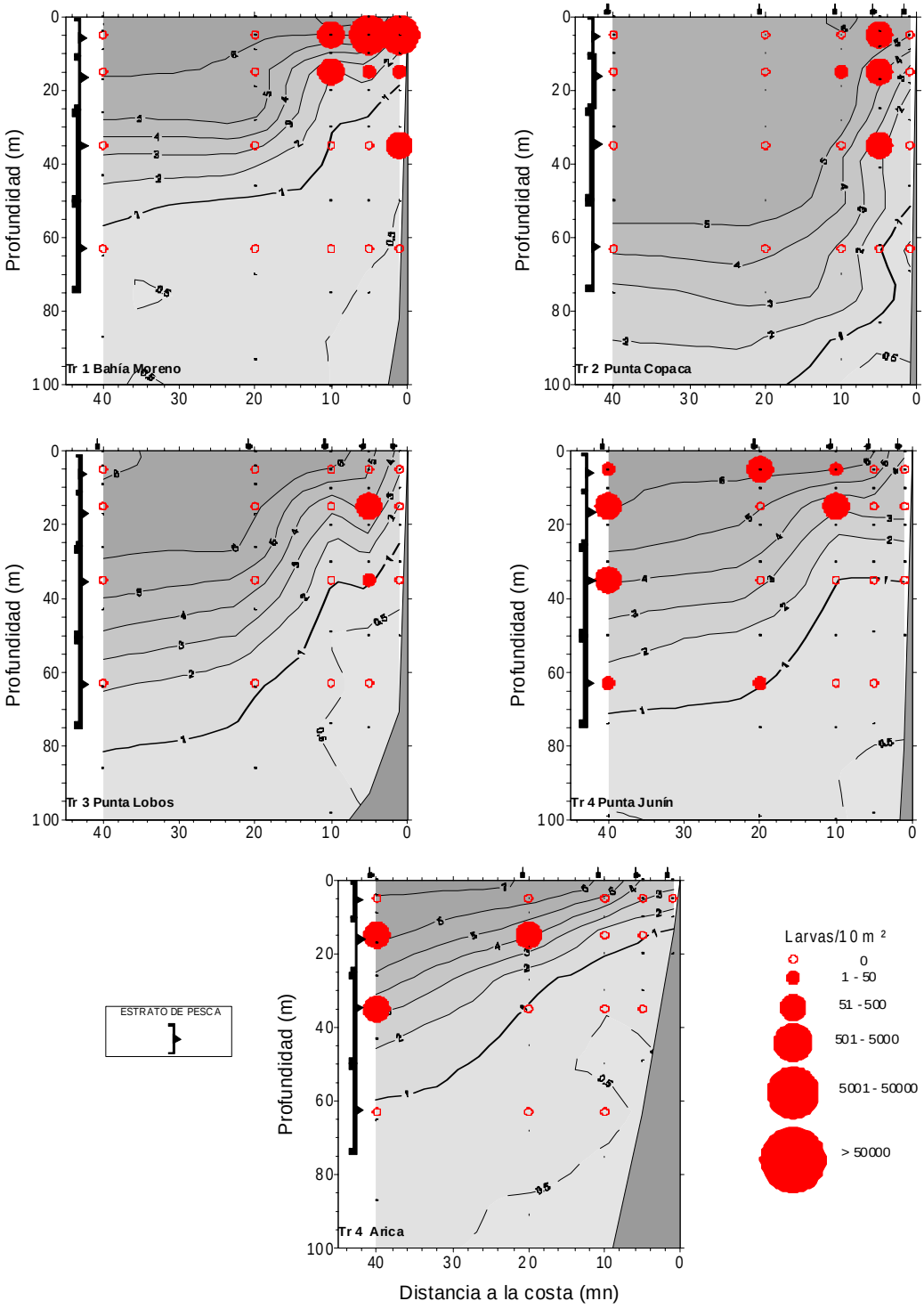


Figura 107. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante la primavera de 2003 y las abundancias larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

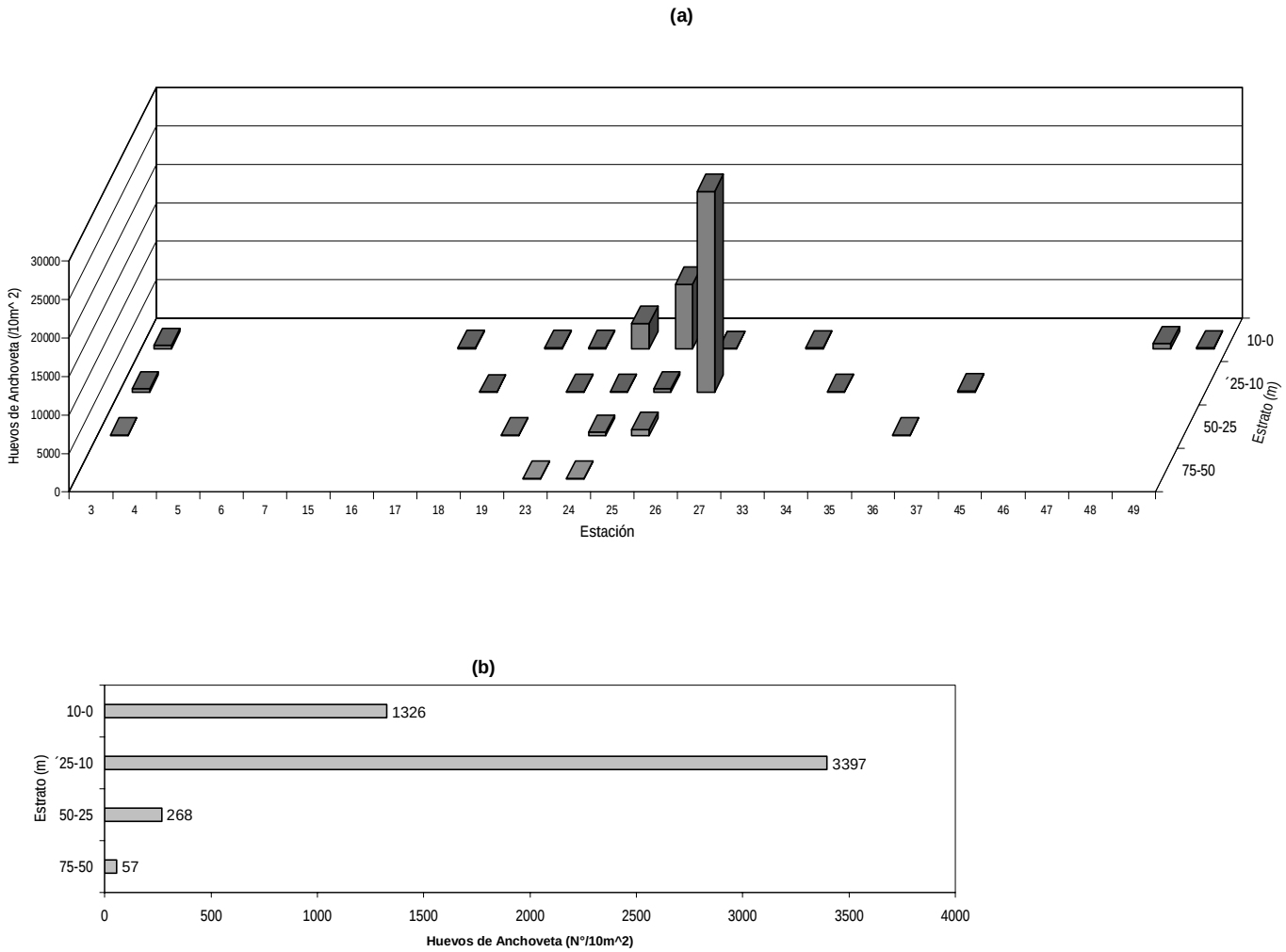


Figura 108. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Verano 2003.

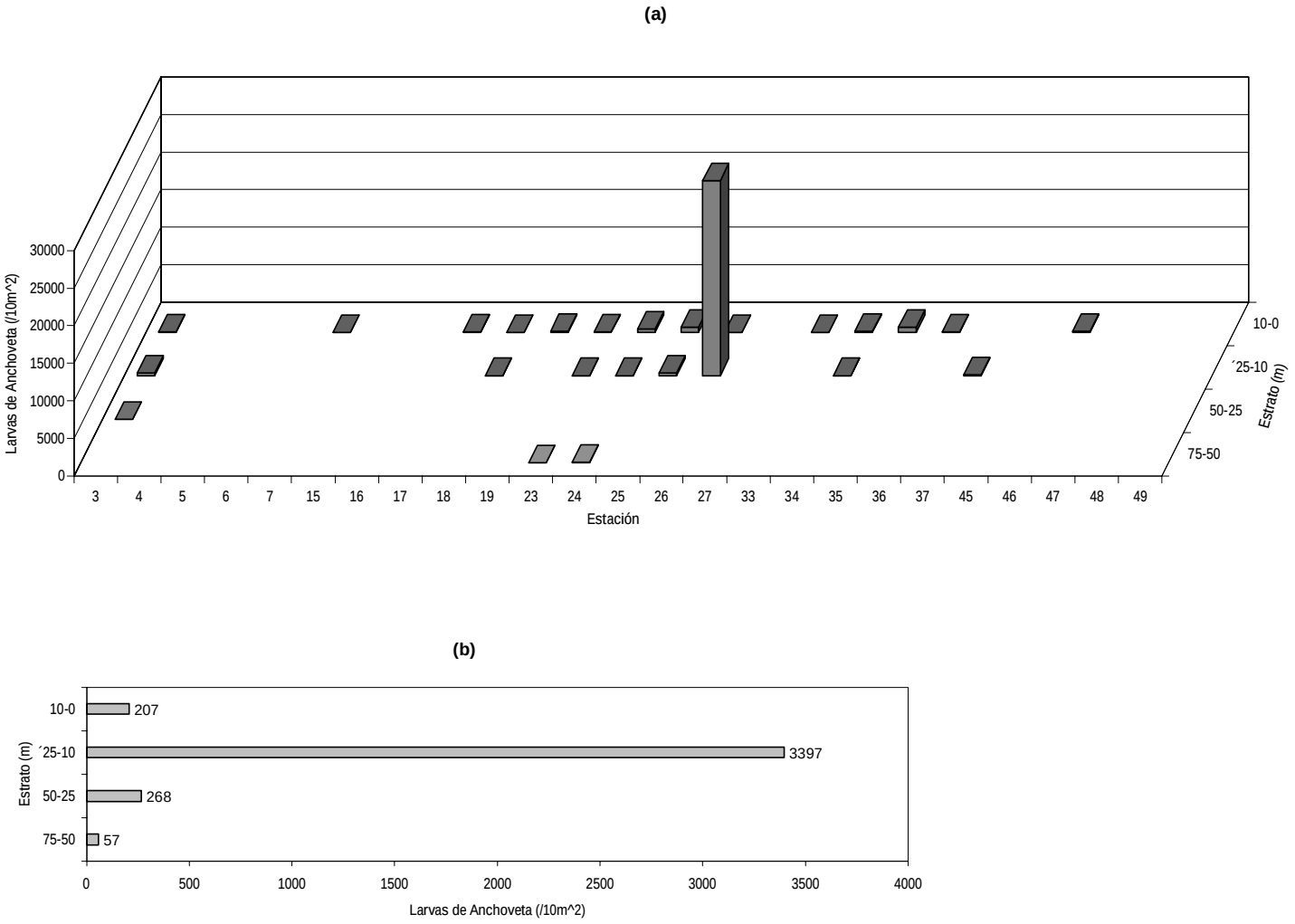


Figura 109. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta por estación (a) y abundancia promedio por estrato de profundidad (b). Crucero Verano 2004.

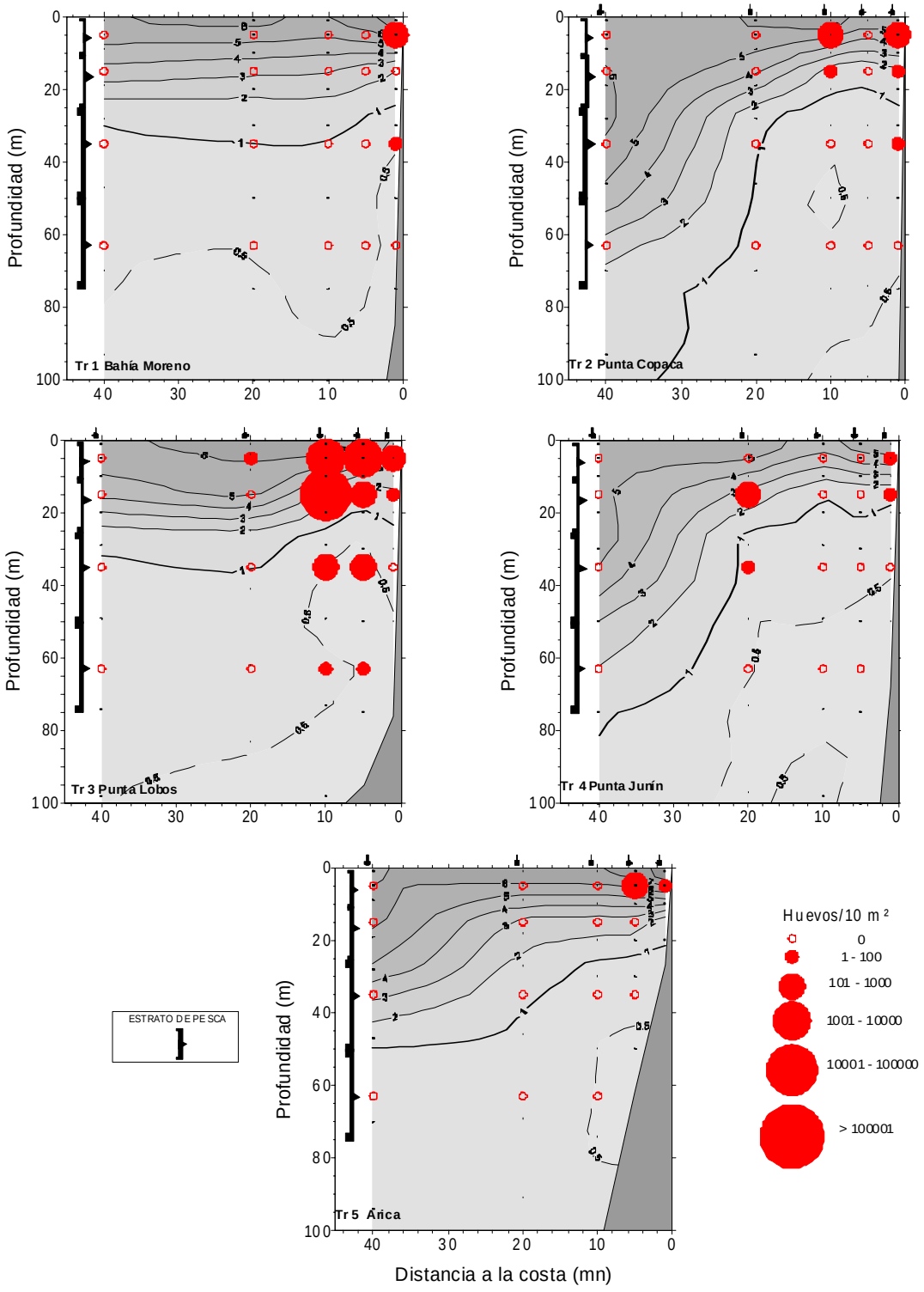


Figura 110. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el verano de 2004 y las abundancias de huevos de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

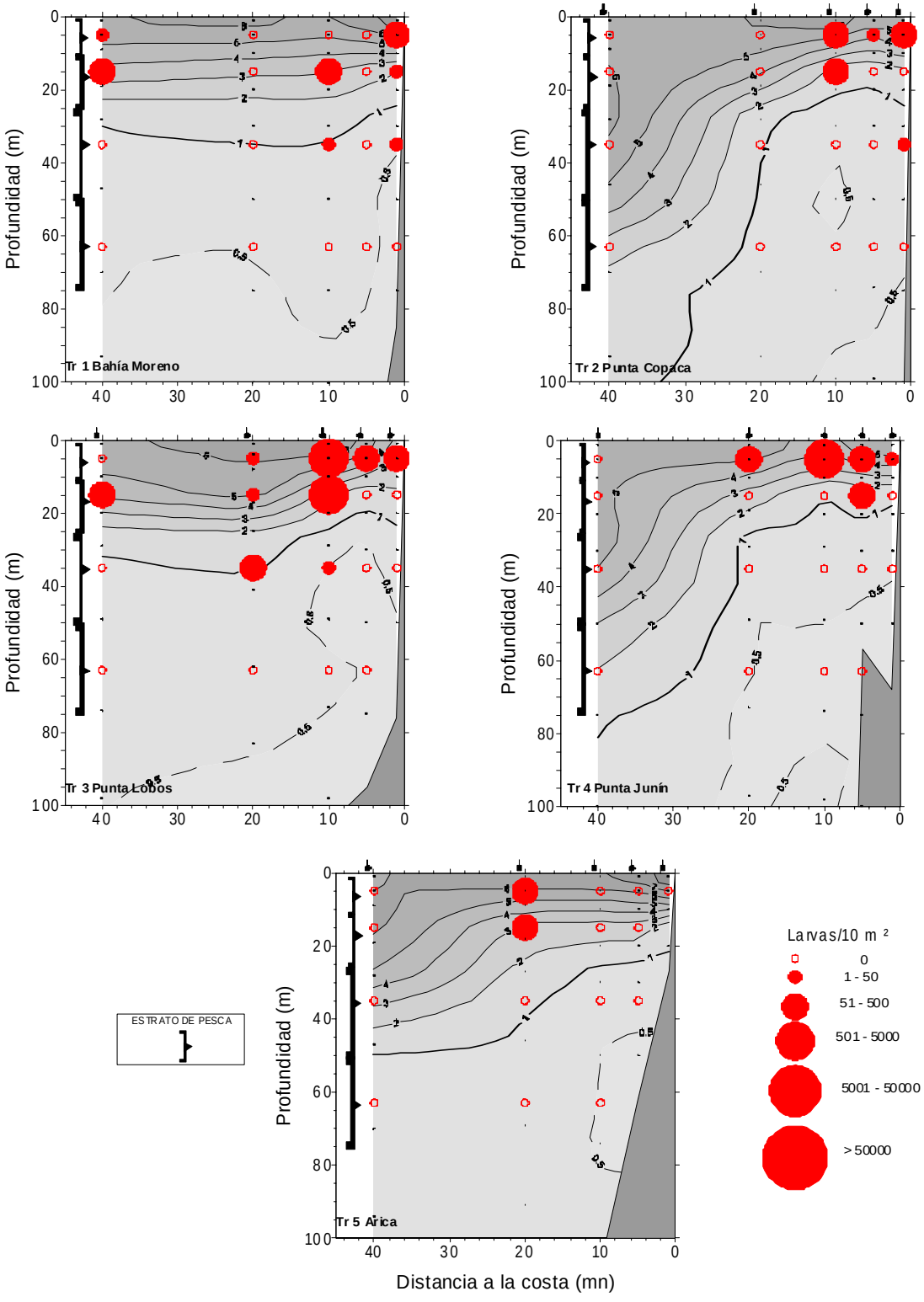


Figura 111. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto por transecta durante el verano de 2004 y las abundancias de larvas de anchoveta en los intervalos de profundidad muestreados (10-0, 25-10, 50-25 y 75-50m).

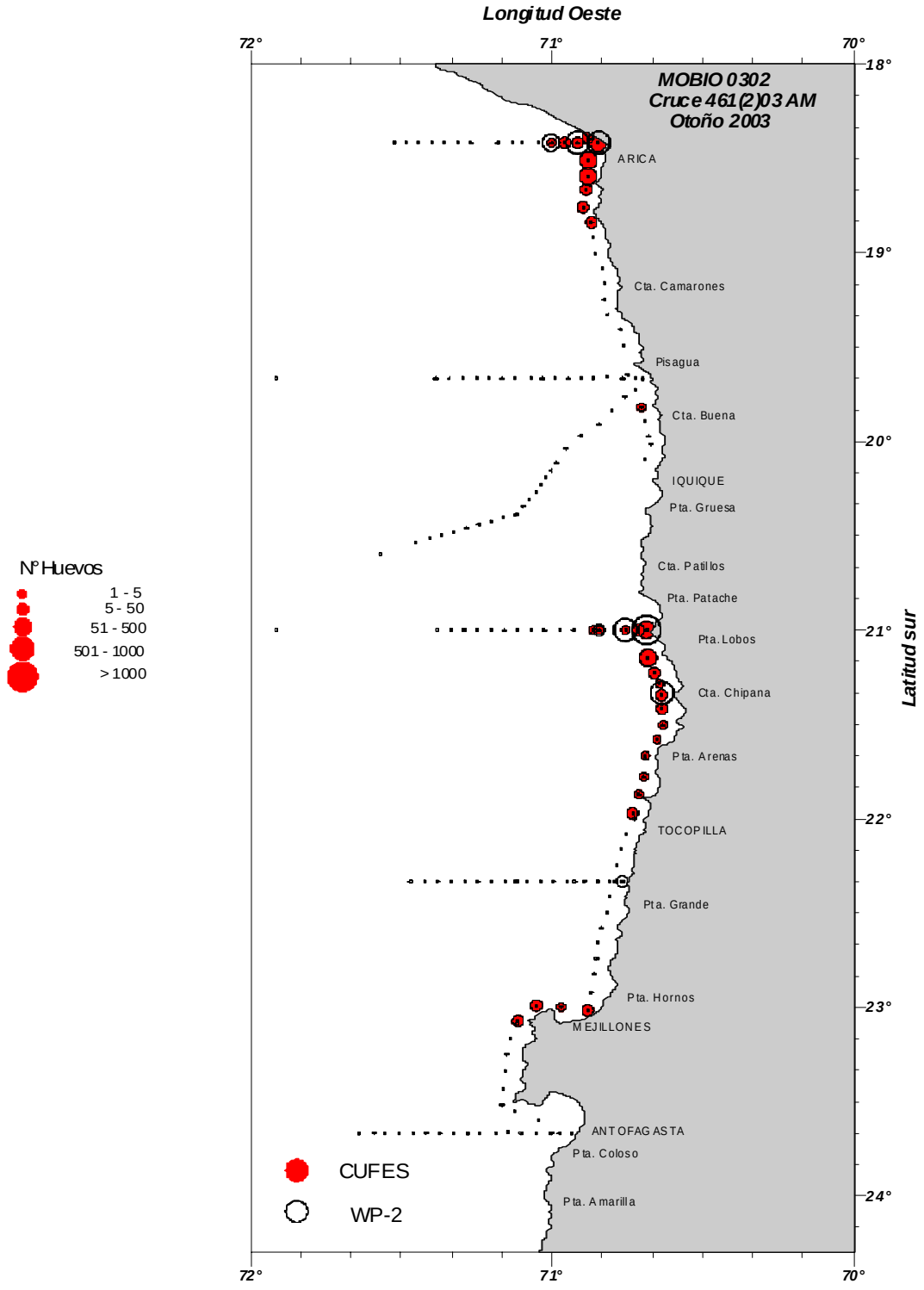


Figura 112. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES y WP-2 Crucero MOBIO 0302. Otoño 2003 - 461(2)03 AM.

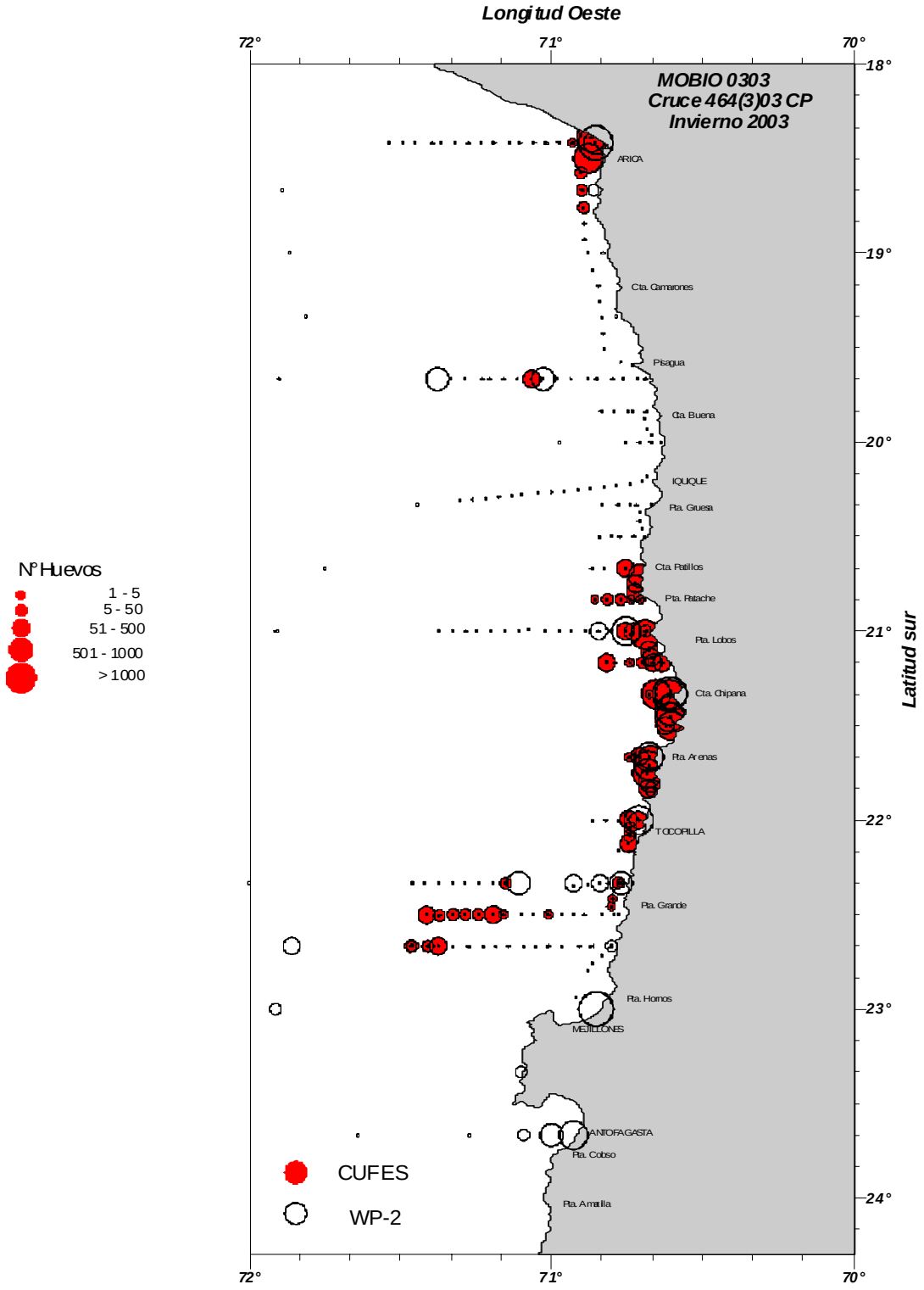


Figura 113. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistemas CUFES y WP-2 Crucero MOBIO 0303. Invierno 2003 - 464(3)03 CP.

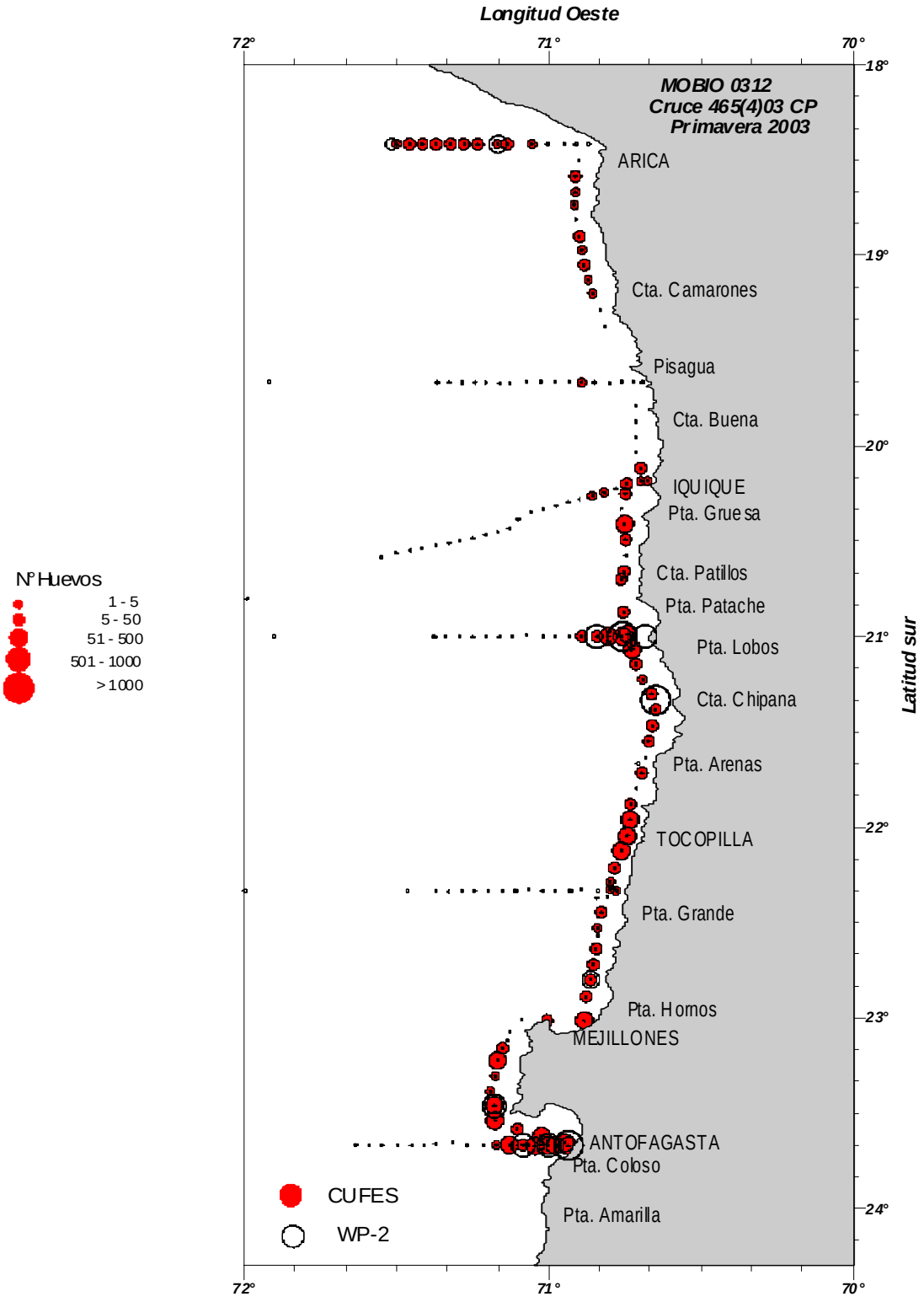


Figura 114. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES y WP-2 Crucero MOBIO 0312. Primavera 2003 - 465(4)03 CP.

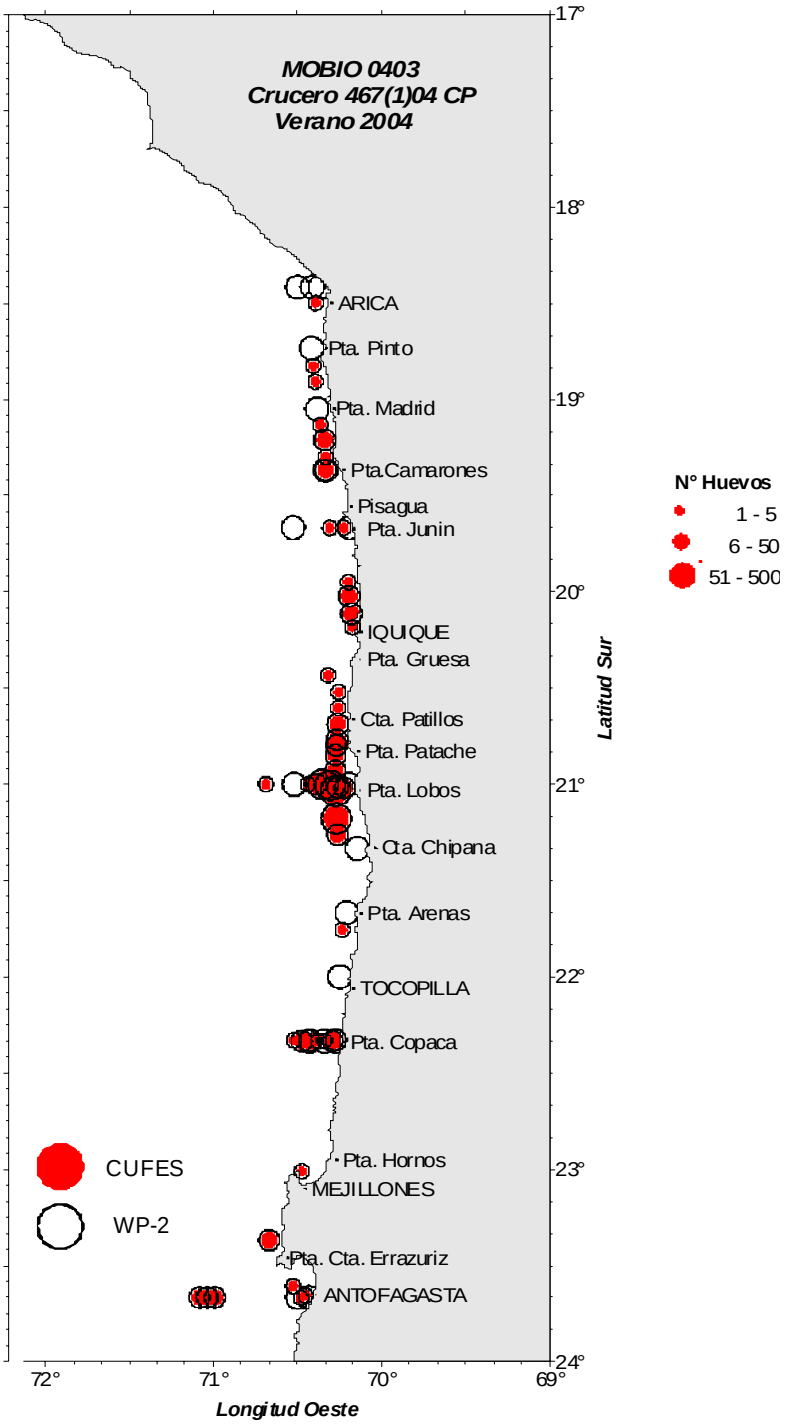


Figura 115. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES y WP-2 Crucero 467(1)04 CP. MOBIO 0403 - Verano 2004.

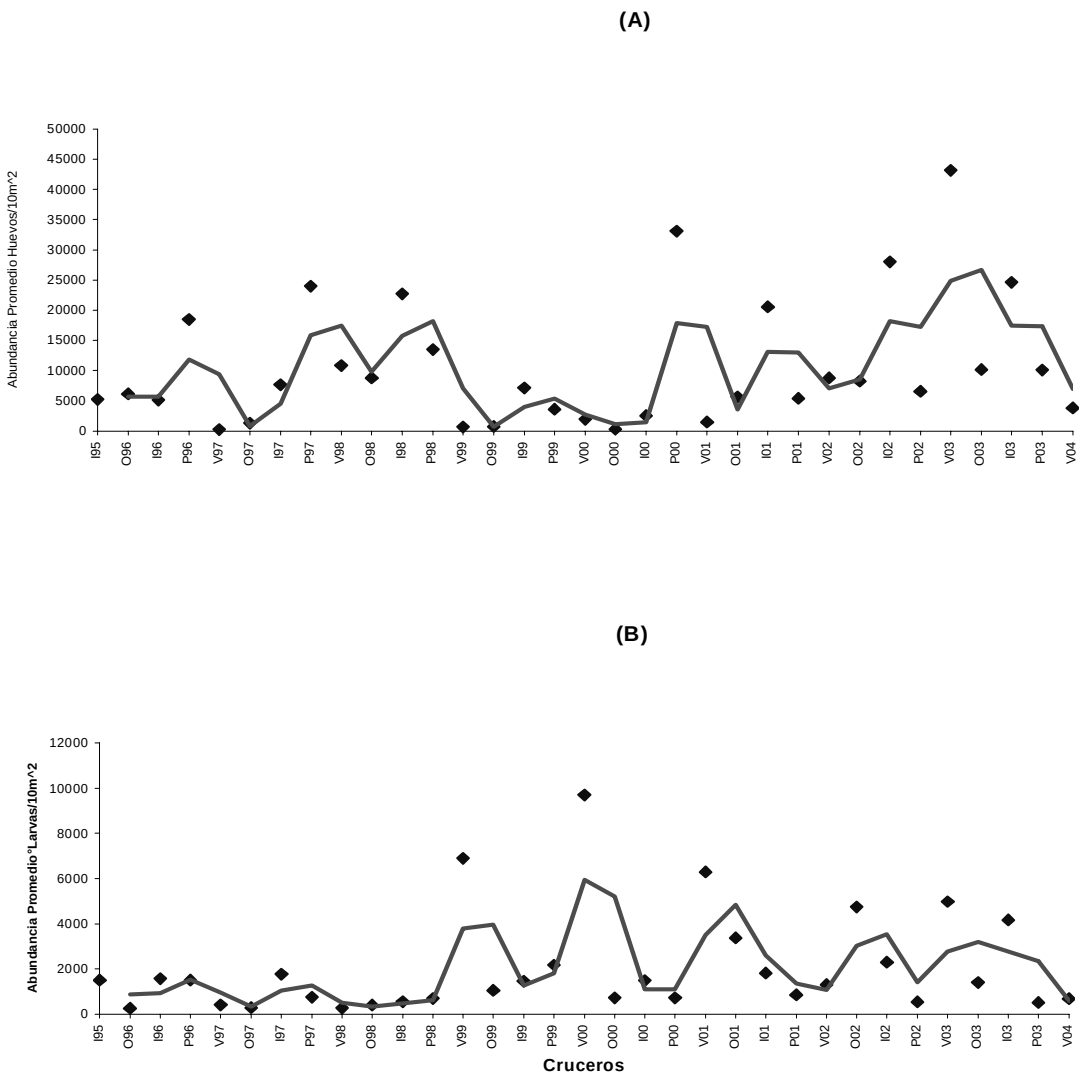


Figura 116. Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta, para el período invierno 1995 – verano 2004. (Línea negra = media móvil).

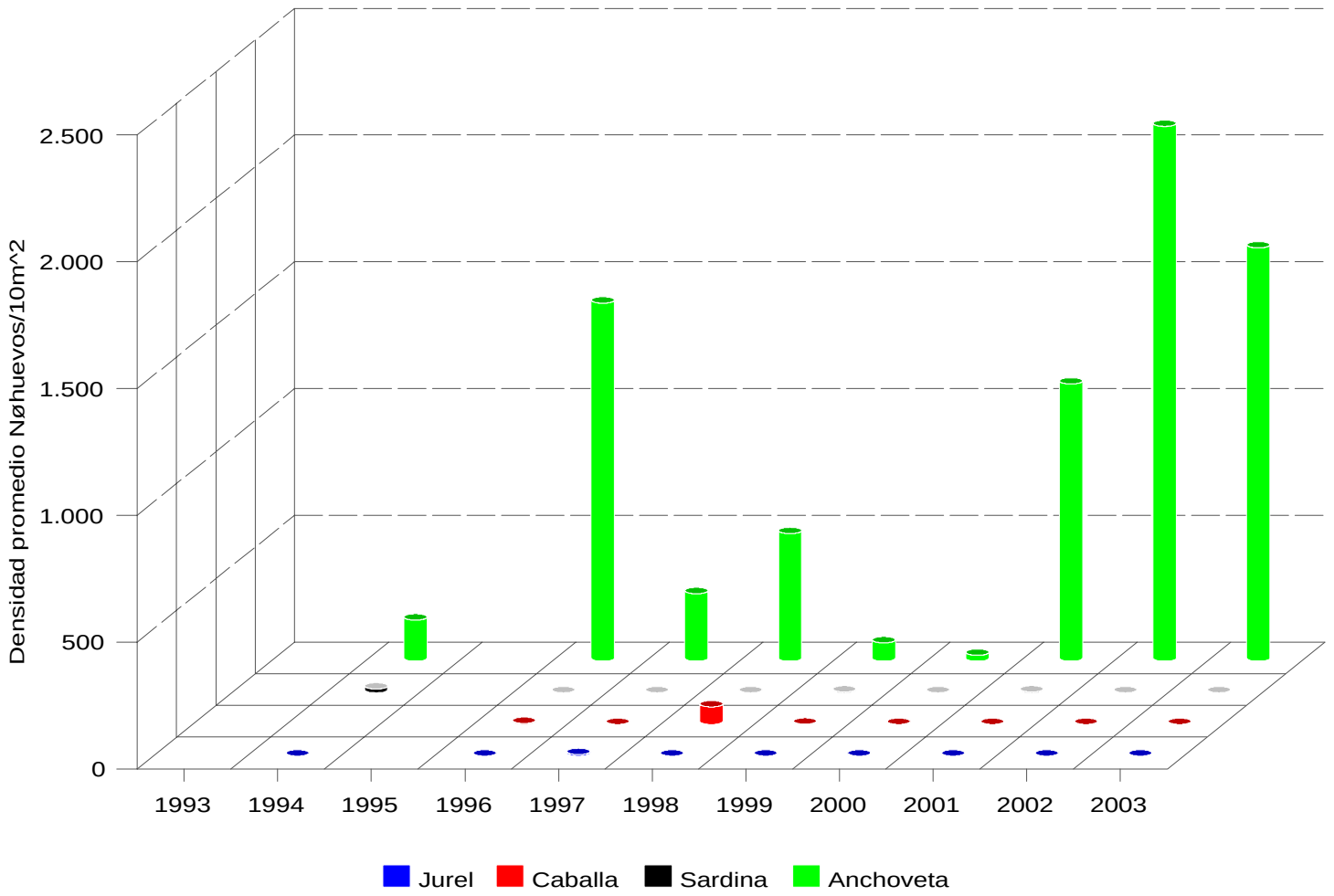


Figura 117. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en otoño de los años 1993/2003.

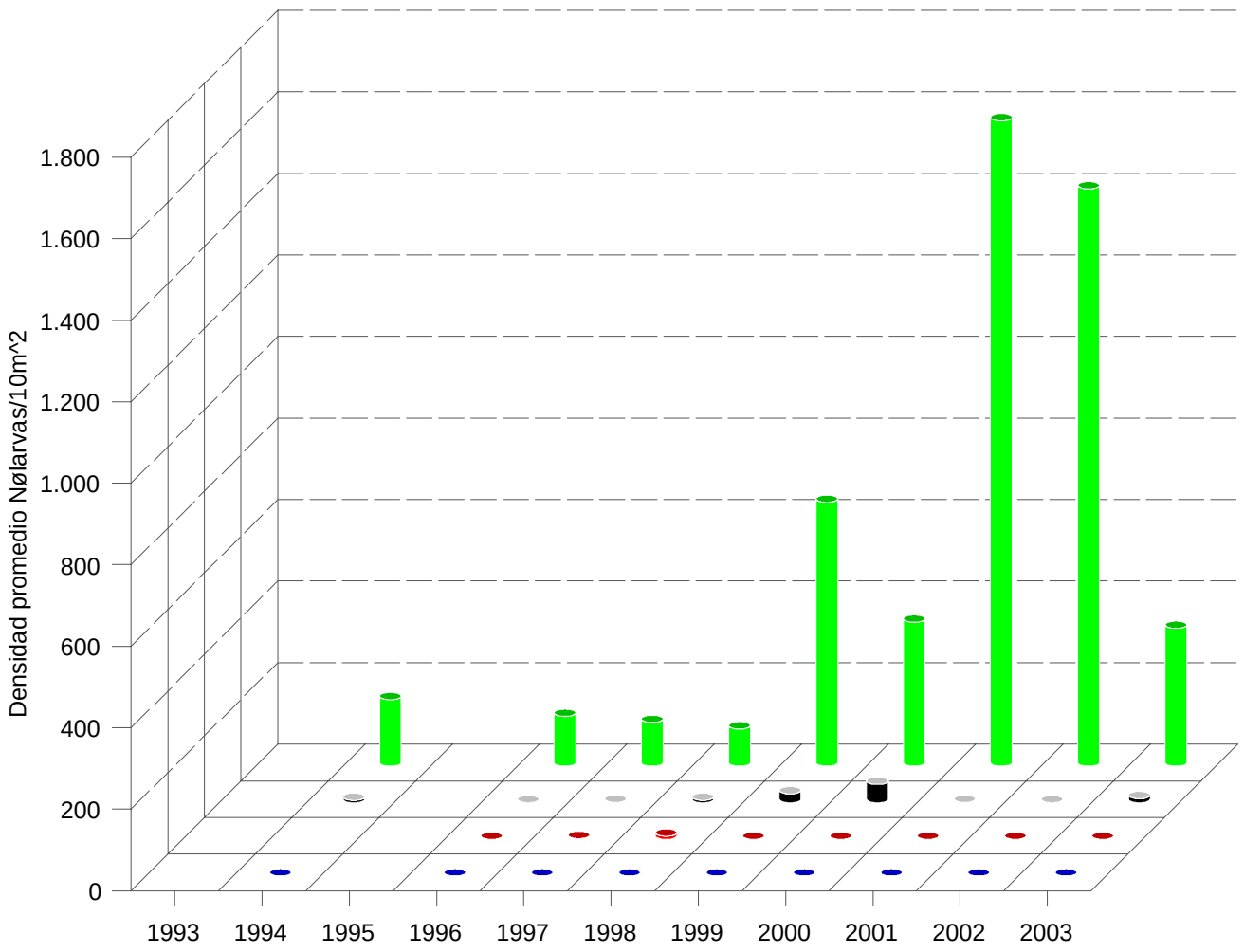


Figura 118. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en otoño de los años 1993/2003.

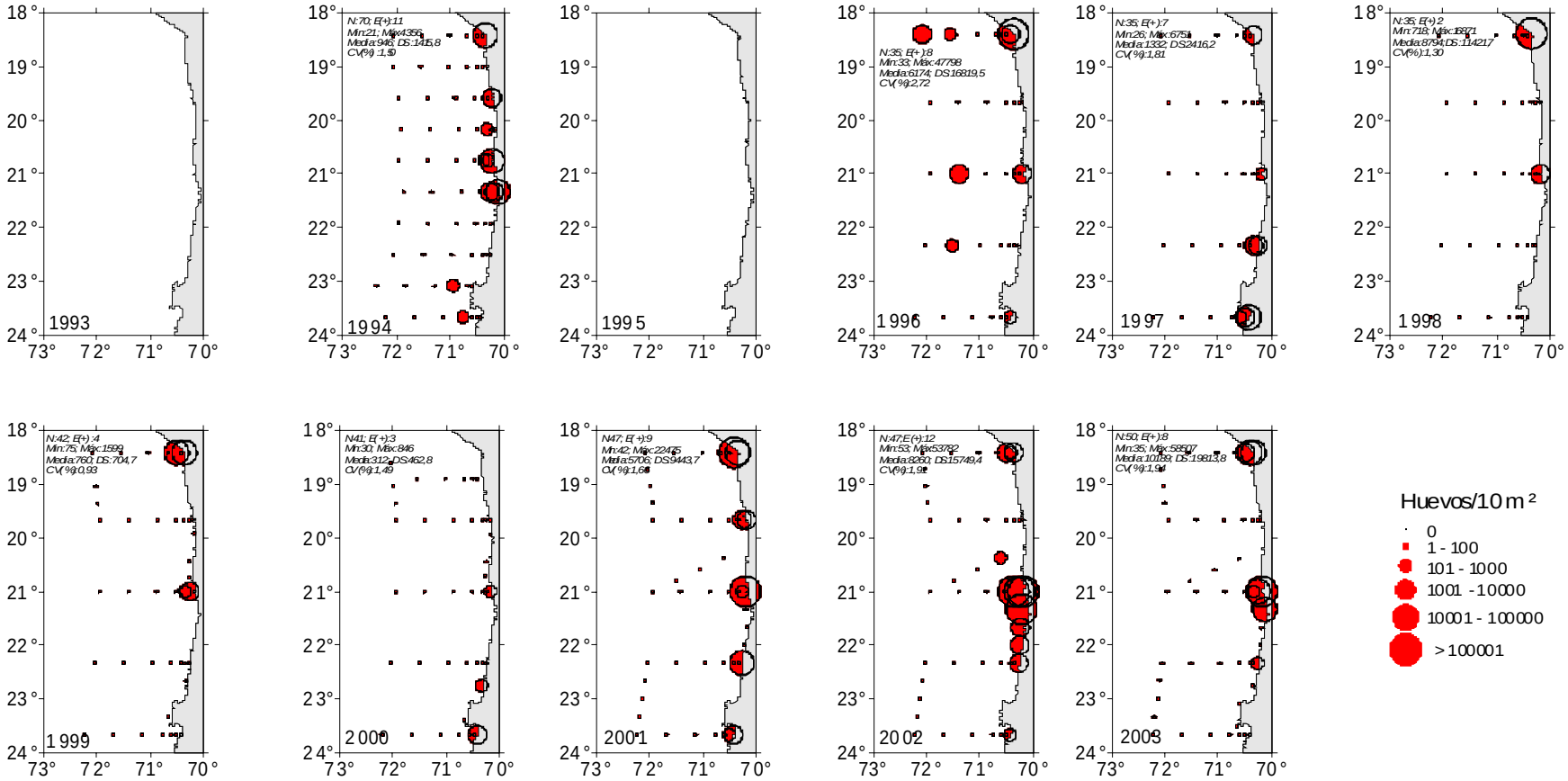


Figura 119. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, ***Engraulis ringens***. Cruceros Otoño Período 1993 - 2003.

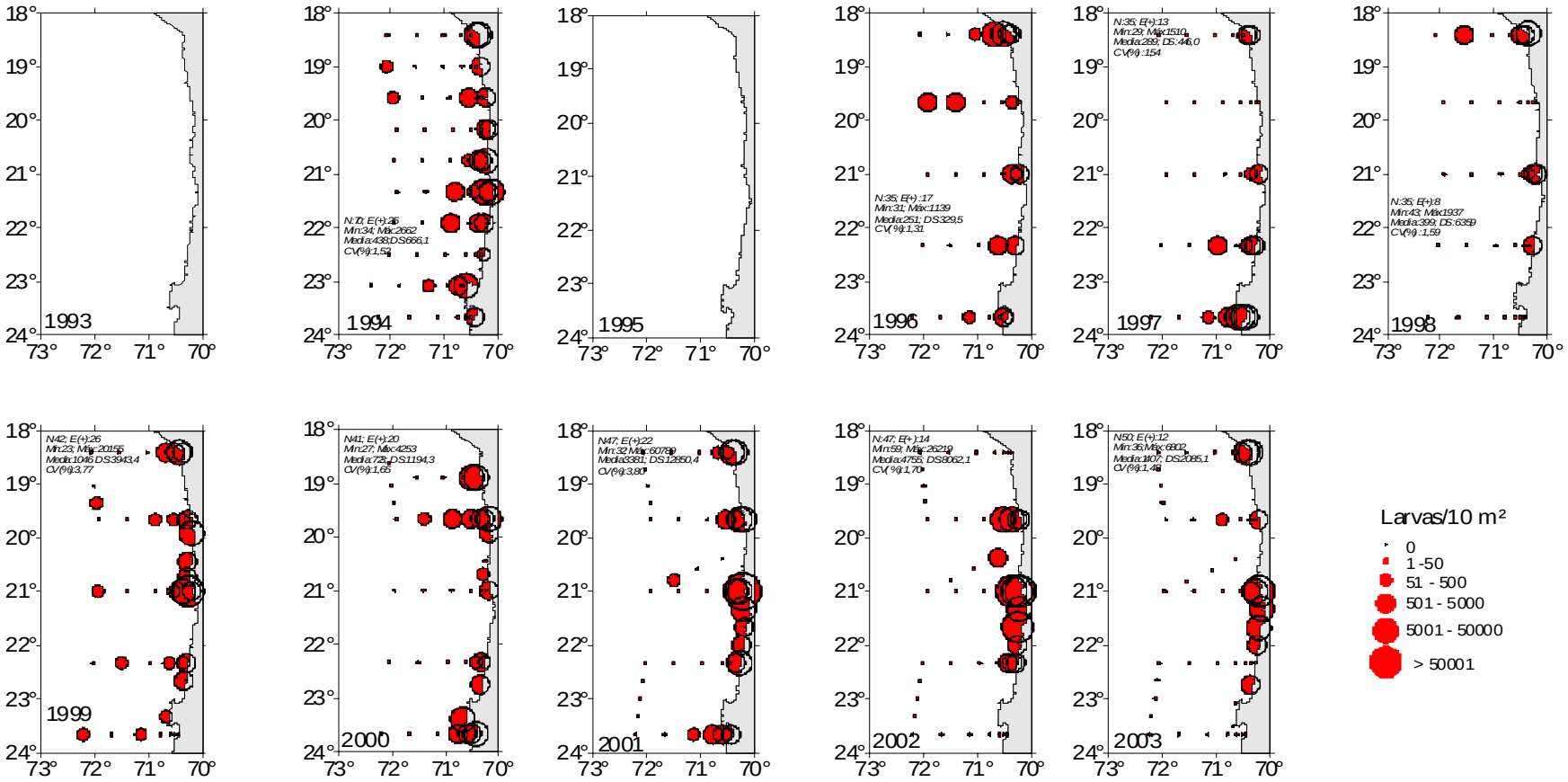
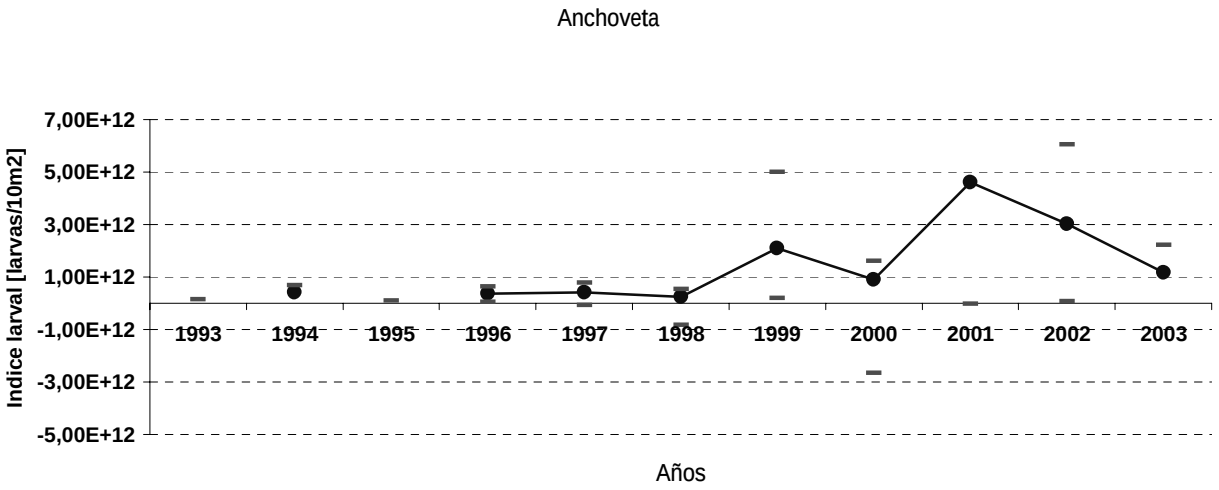


Figura 120. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, ***Engraulis ringens***. Cruceros Otoño Período 1993 - 2003.



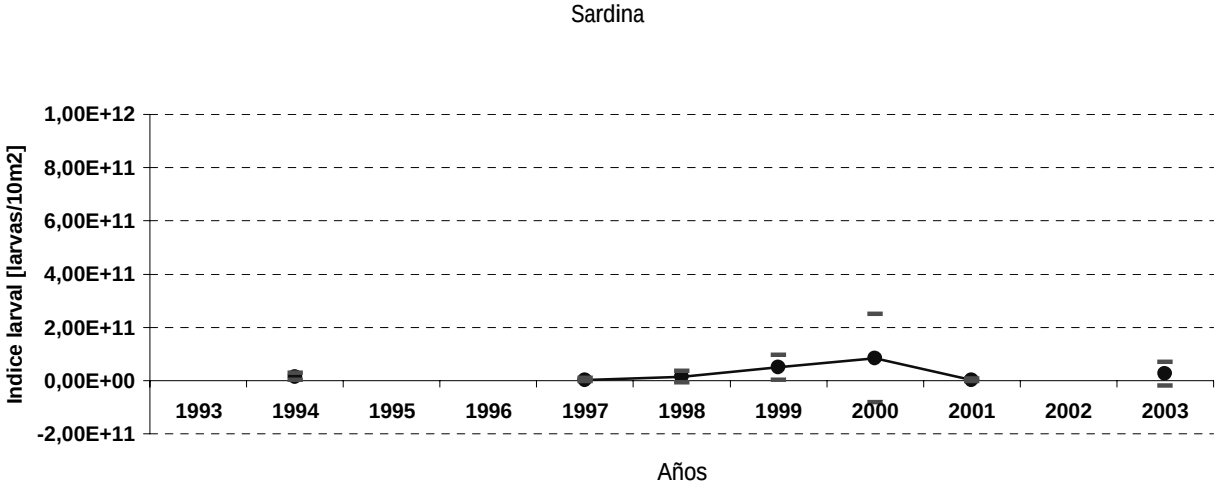


Fig. 121 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en otoño del período 1993/2003.

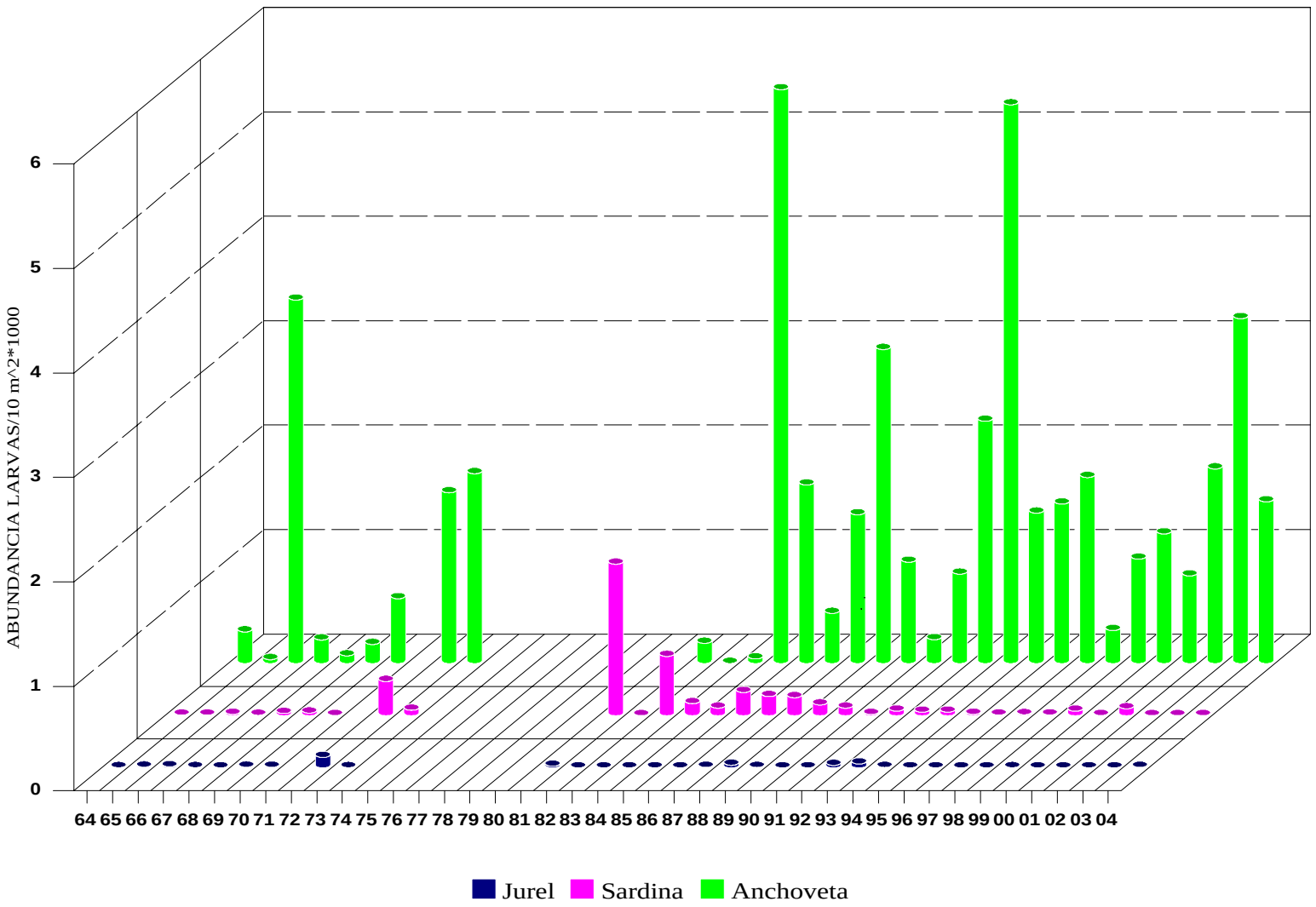


Figura 122. Estimación de la abundancia promedio de larvas para el período invierno 1964 – 2003.

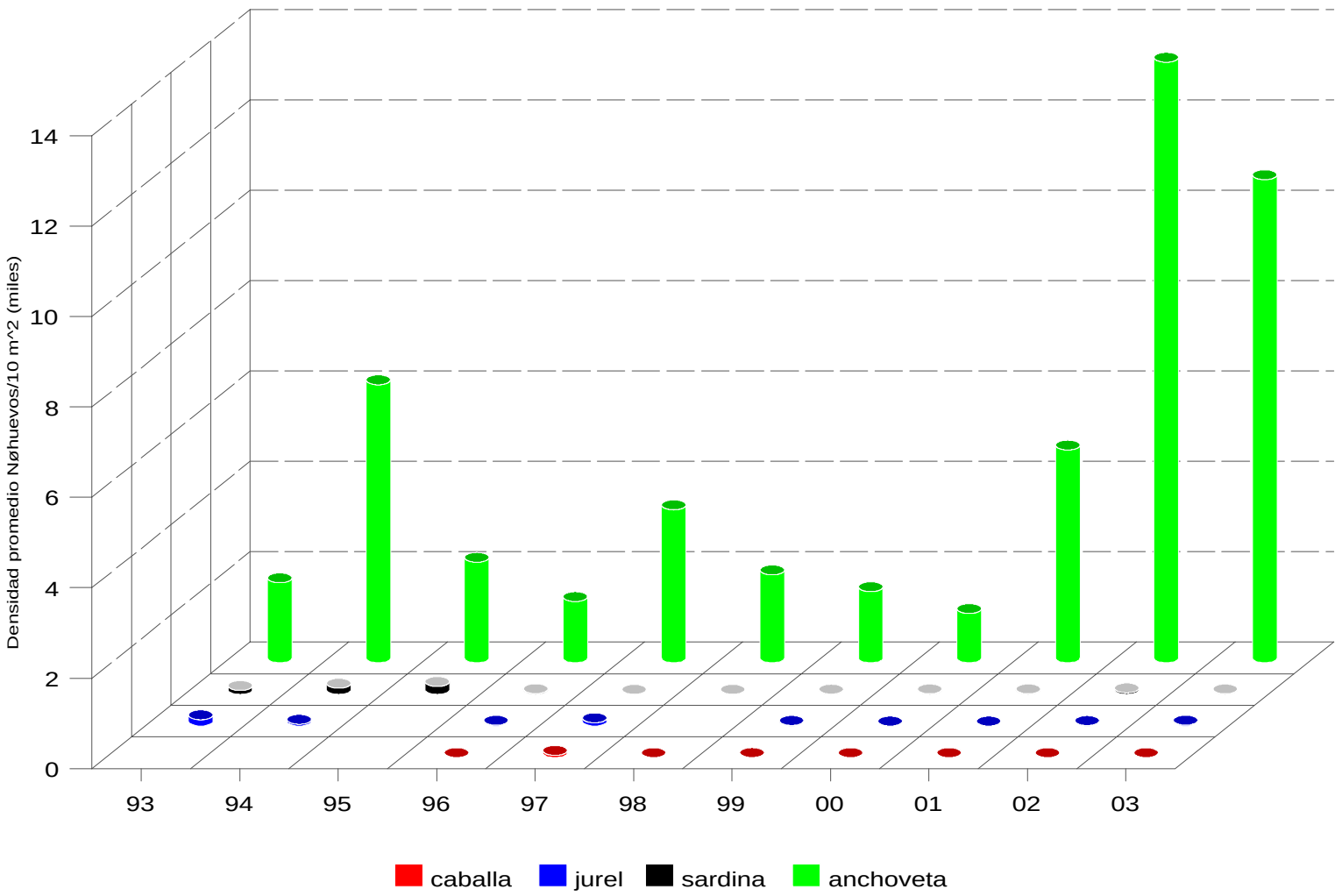


Figura 123. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1993/2003.3

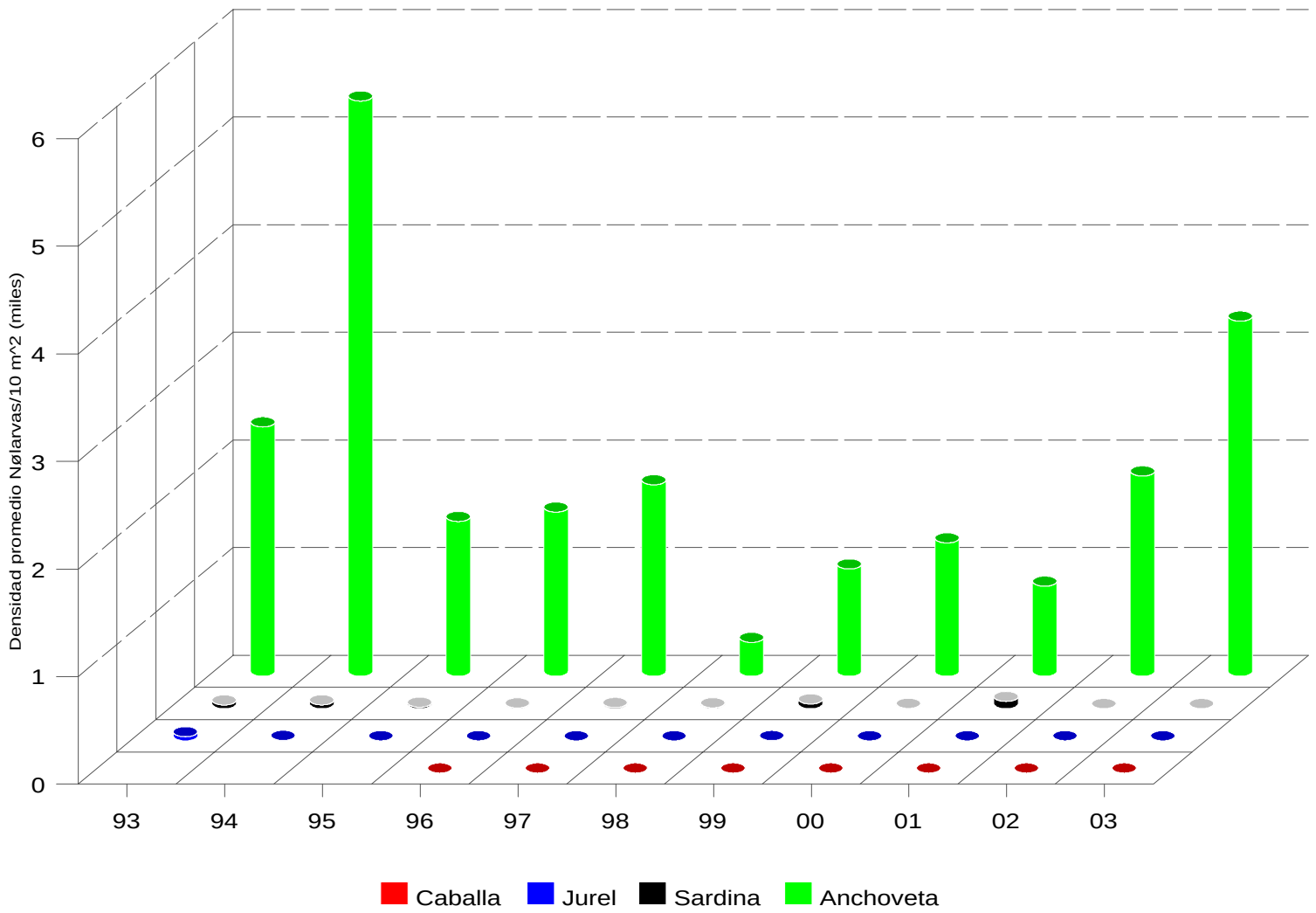


Figura 124. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1993/2003.

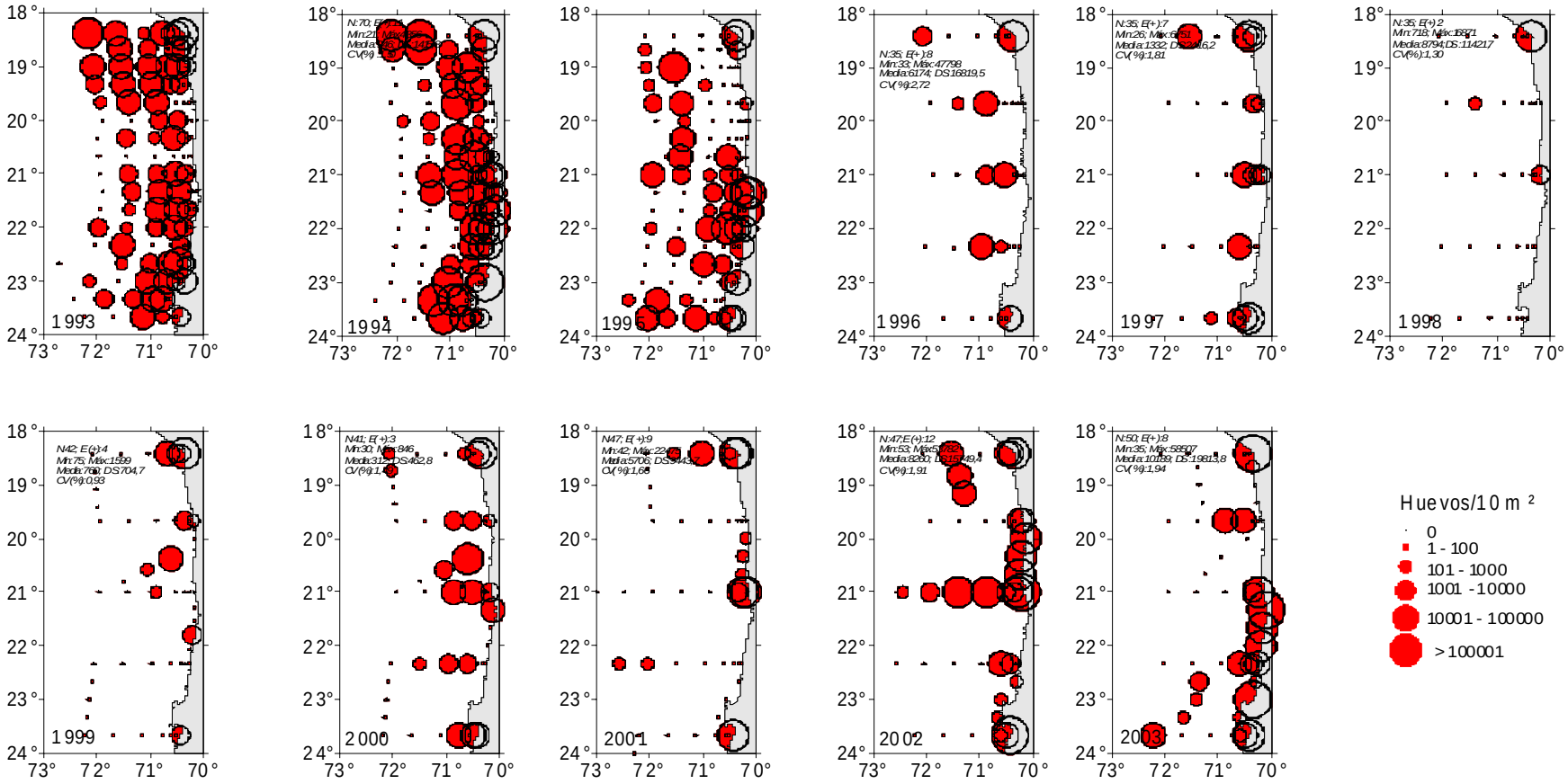


Figura 125. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, ***Engraulis ringens***. Cruceros Invierno Período 1993 - 2003.

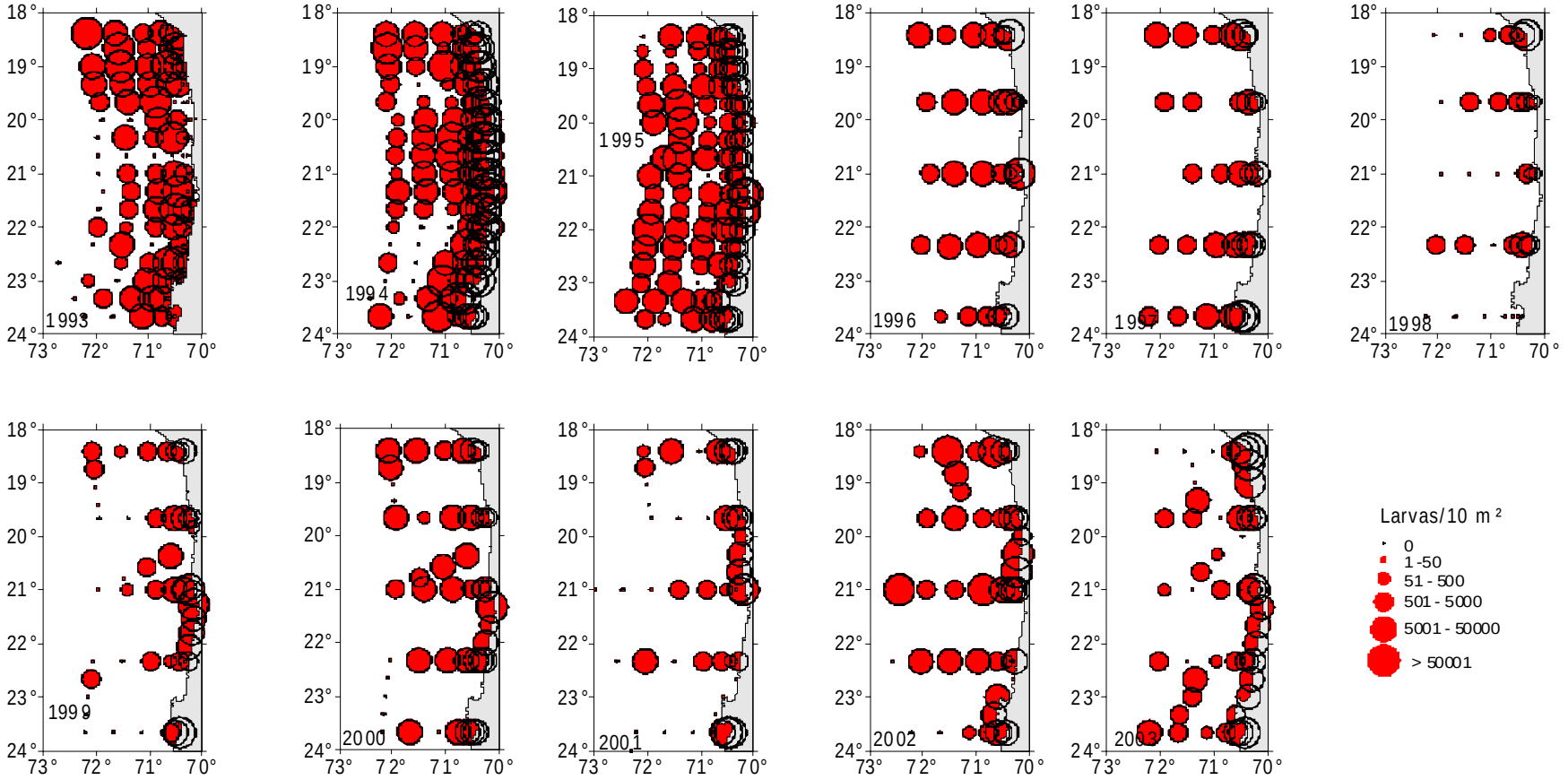


Figura 126. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, ***Engraulis ringens***. Cruceros Invierno Período 1993 - 2003.

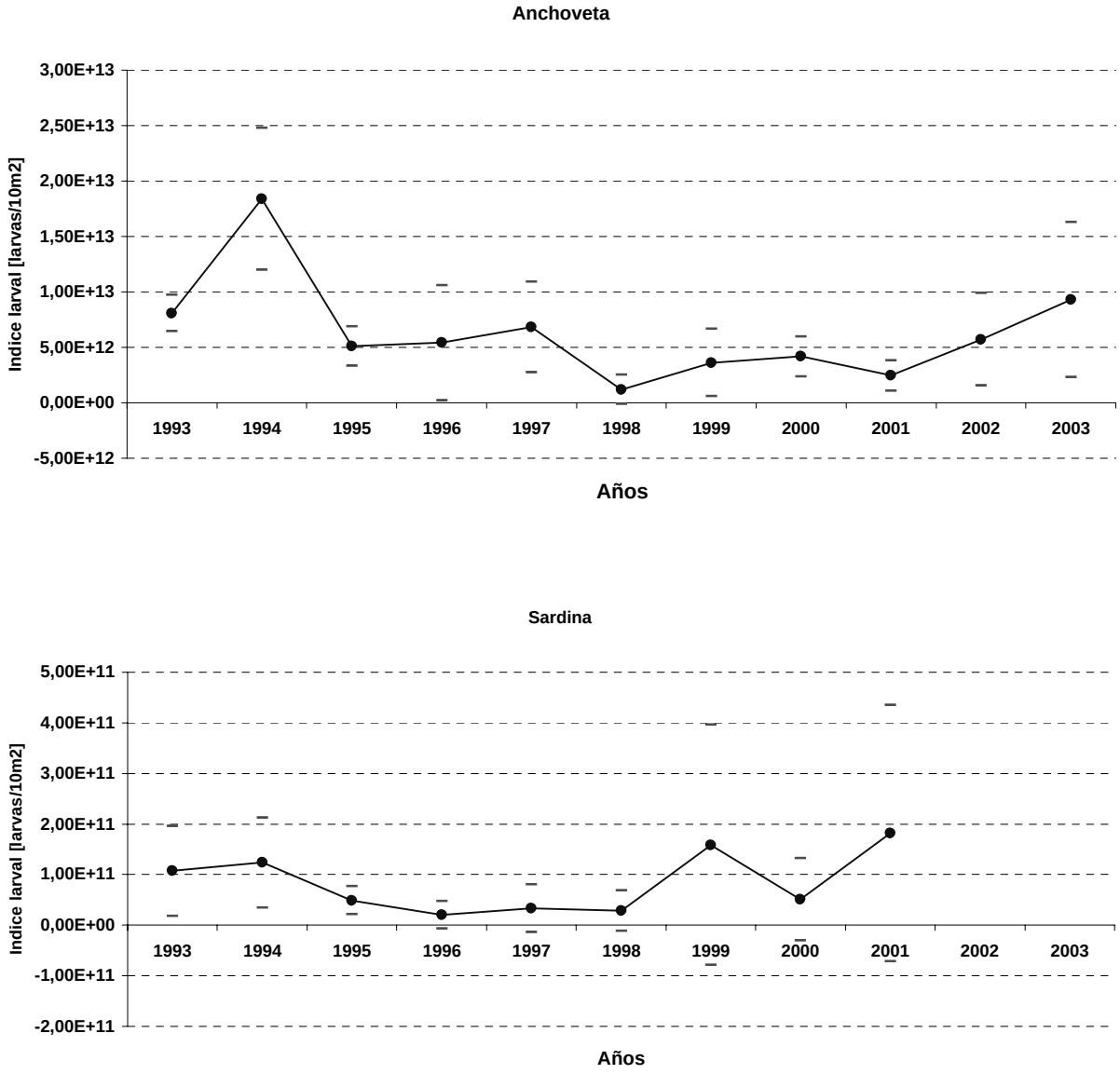


Fig. 127 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los años 1993/2003.

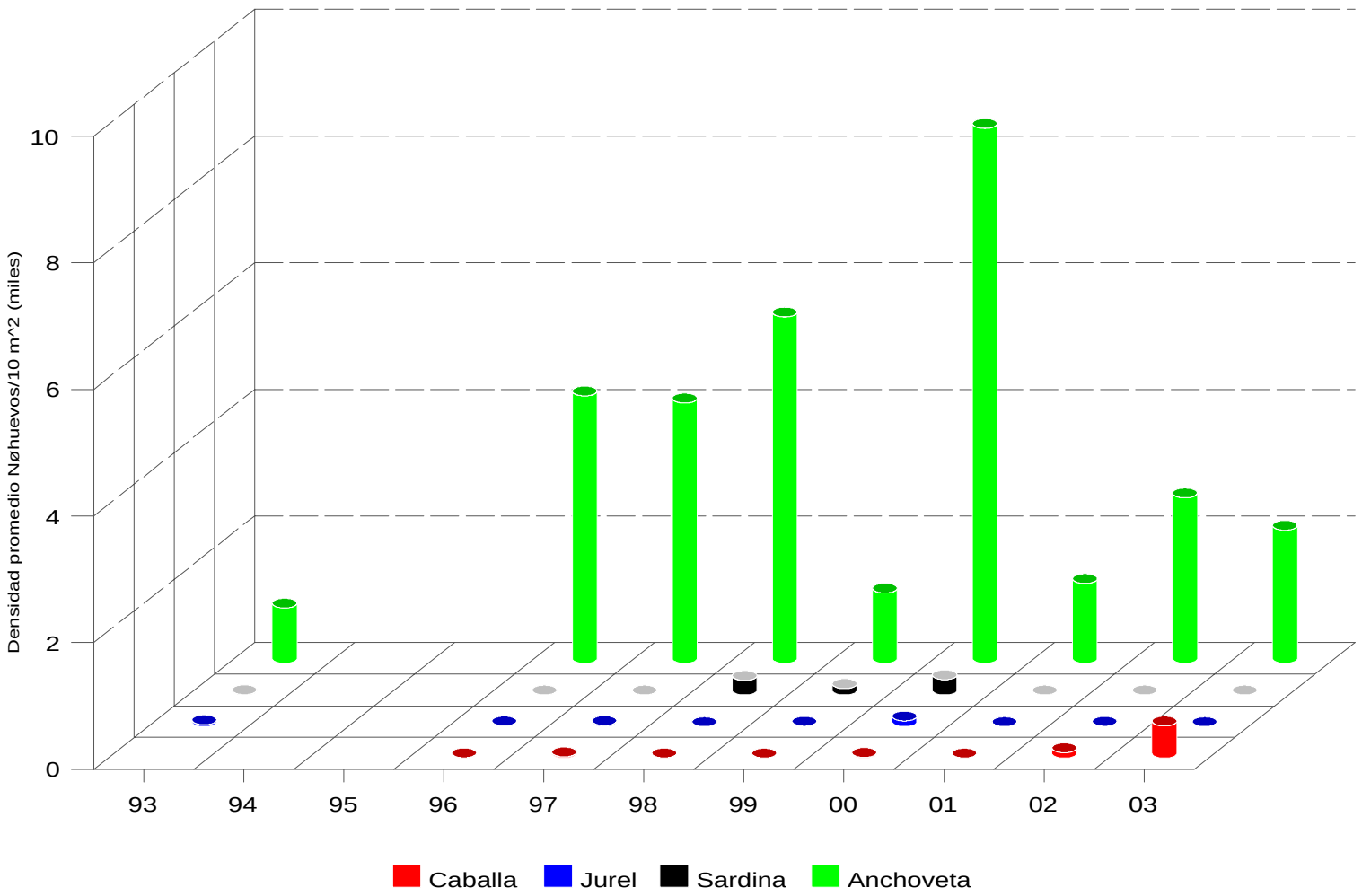


Figura 128. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en primavera de los años 1993/2003.

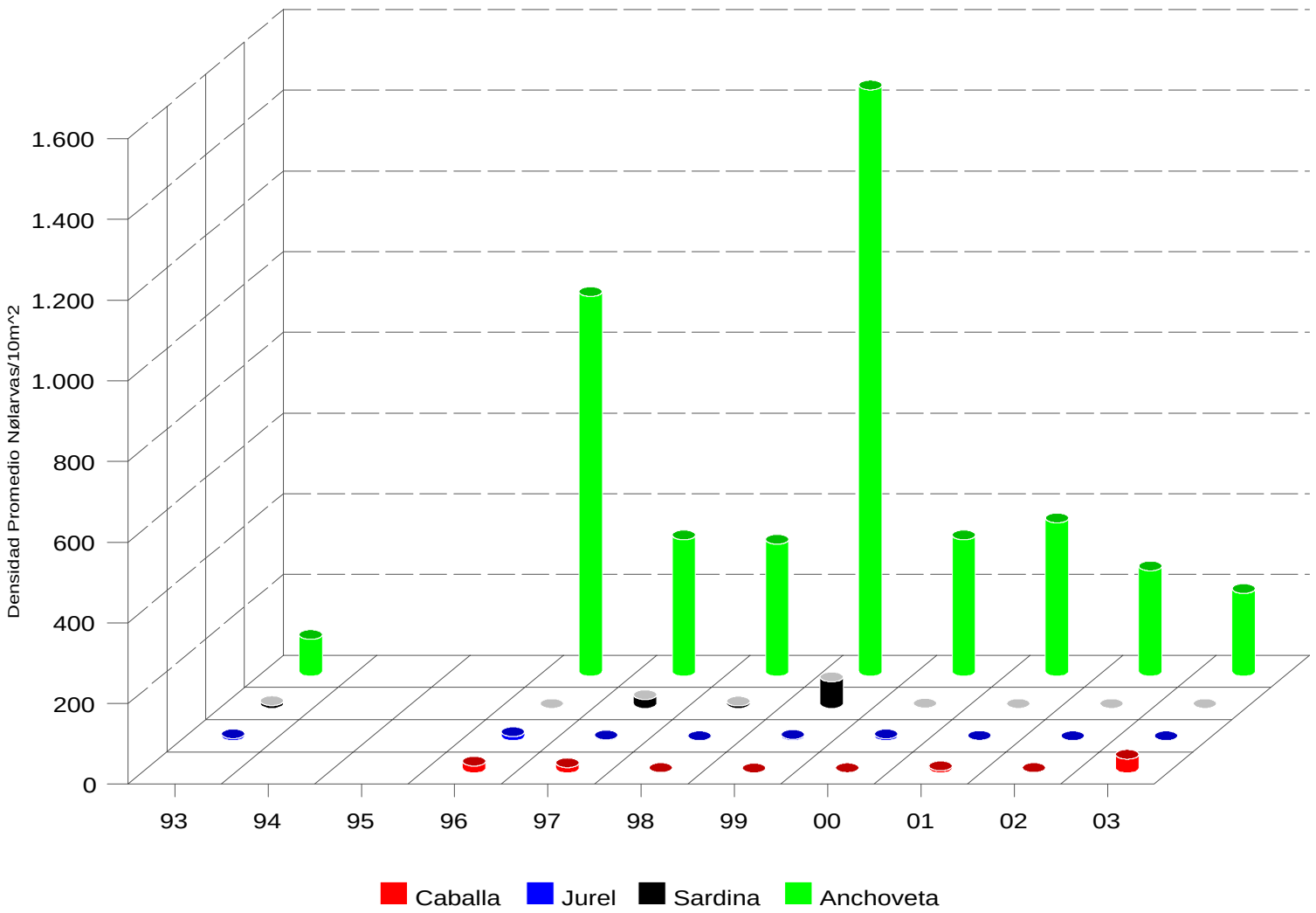


Figura 129. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en primavera de los años 1993/2003.

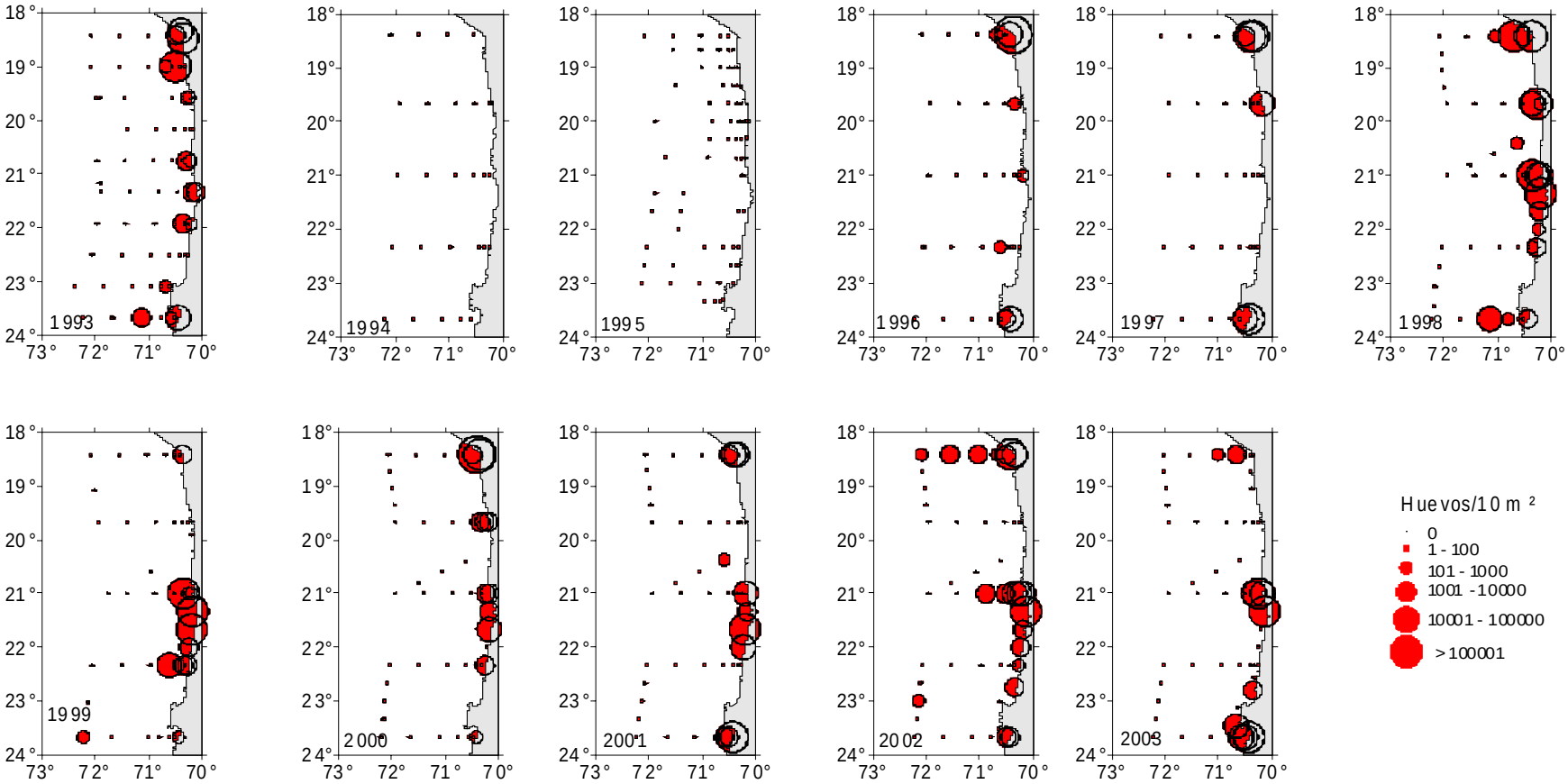


Figura 130. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, ***Engraulis ringens***. Cruceros Primavera Período 1993 - 2003.

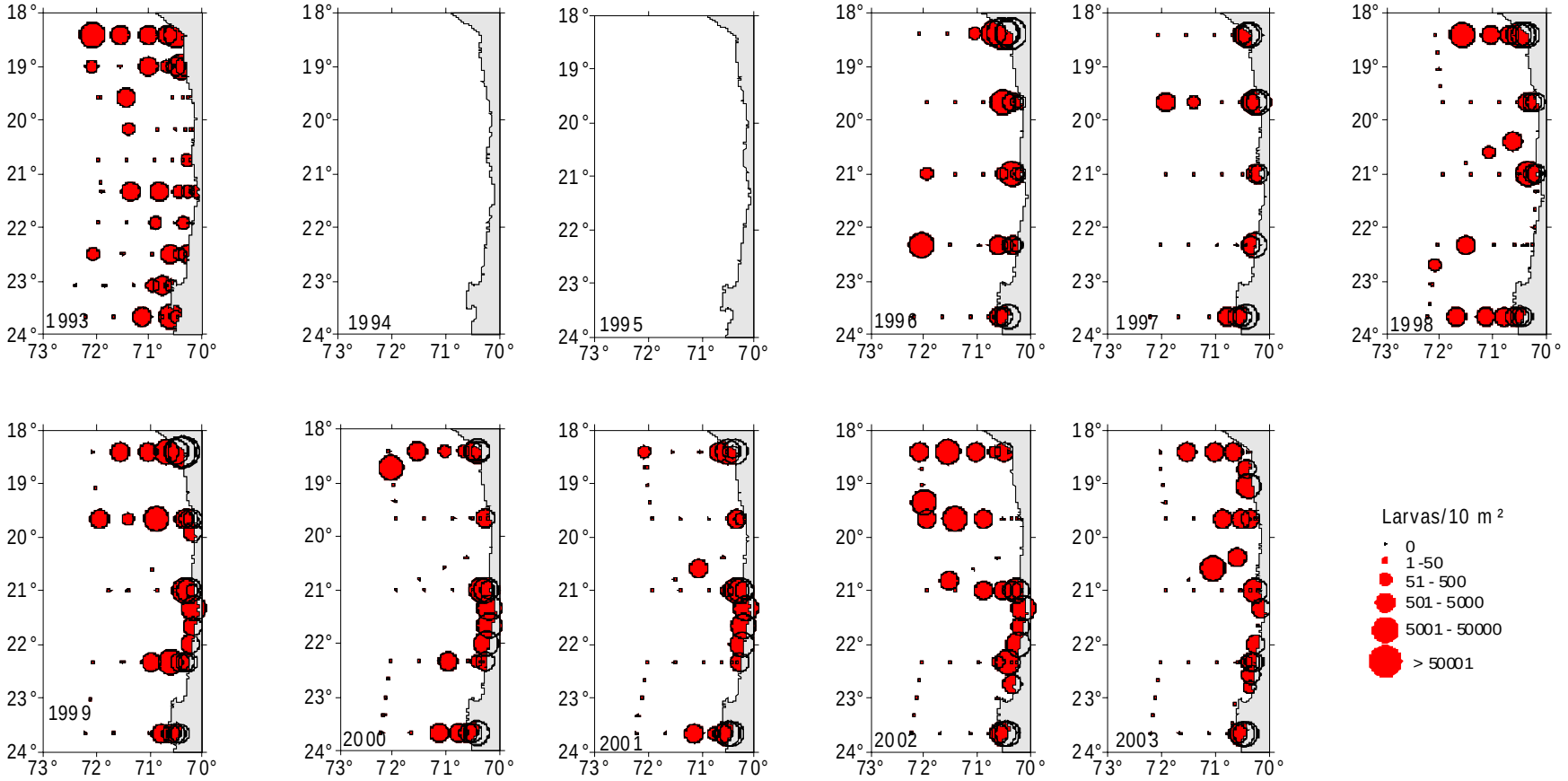
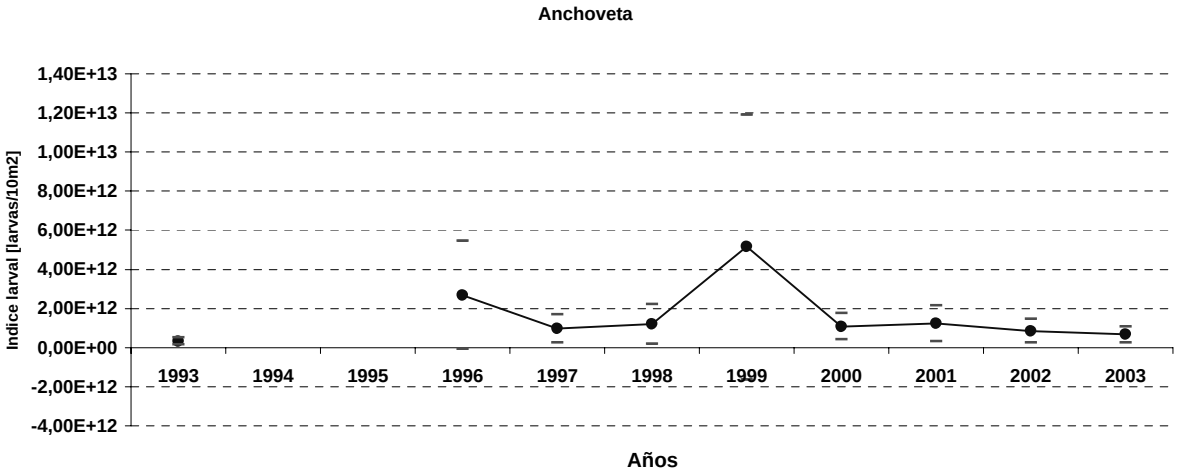


Figura 131. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, ***Engraulis ringens***. Cruceros Primavera Período 1993 - 2003.



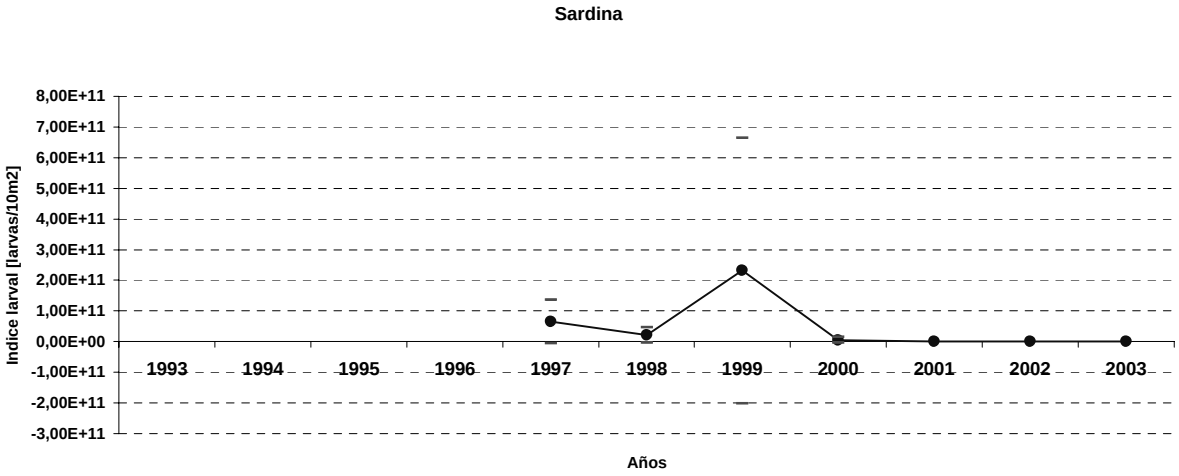


Fig. 132. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta - Arica, en primavera del período 1993/2003.

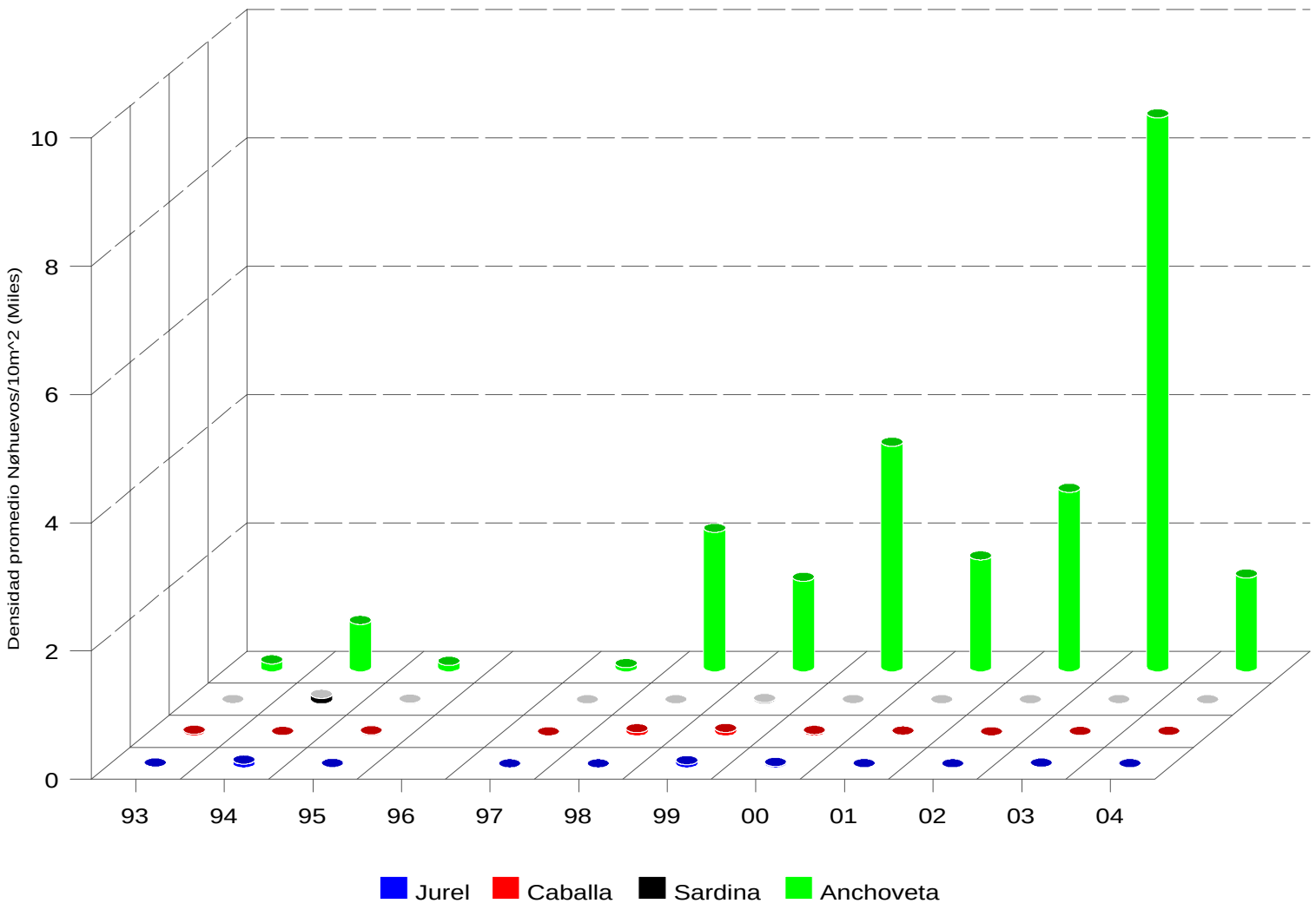


Figura 133. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en verano de los años 1993/2004.

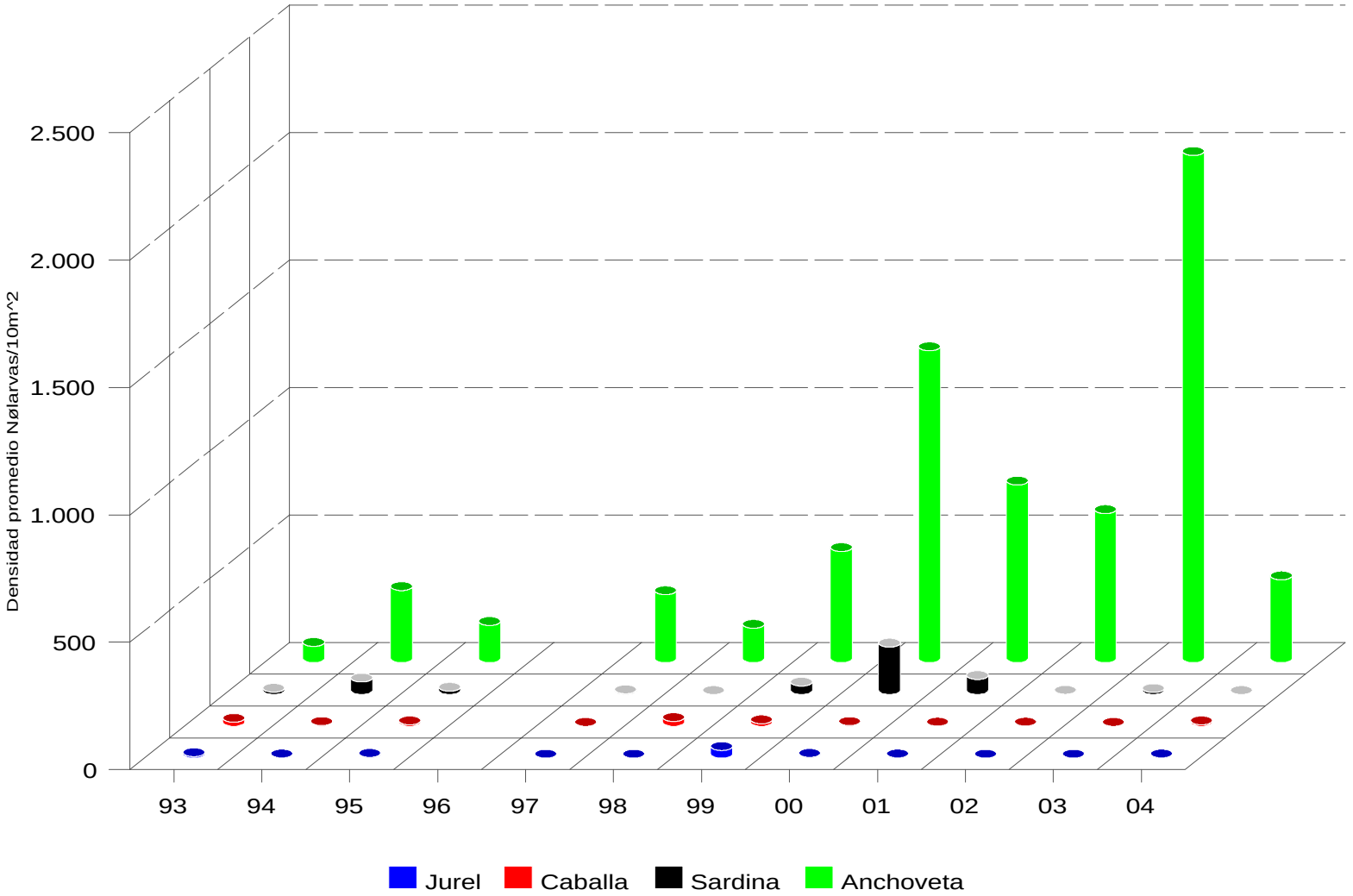


Figura 134. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en verano de los años 1993/2004.

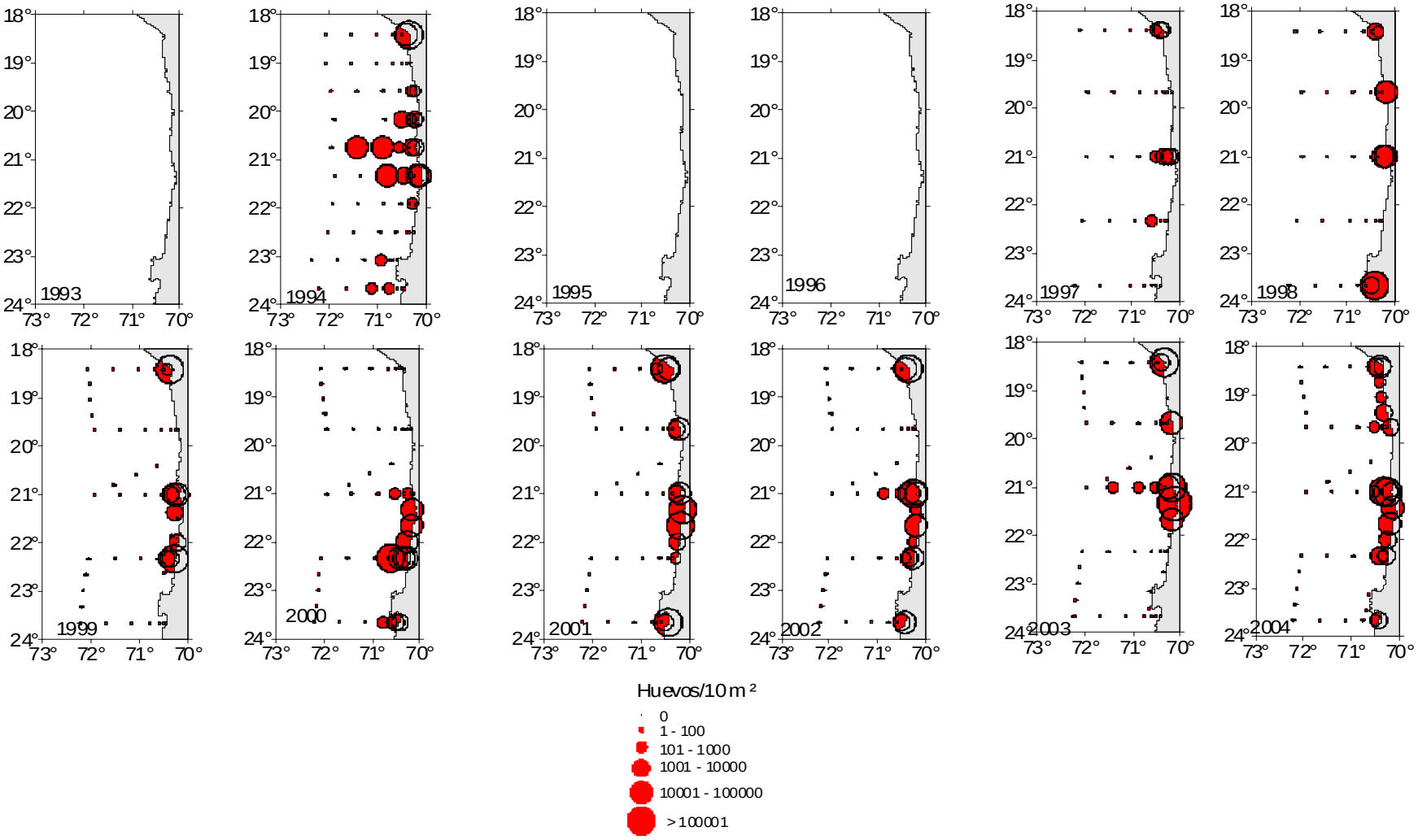


Figura 135. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros Verano. Período 1993 - 2004.

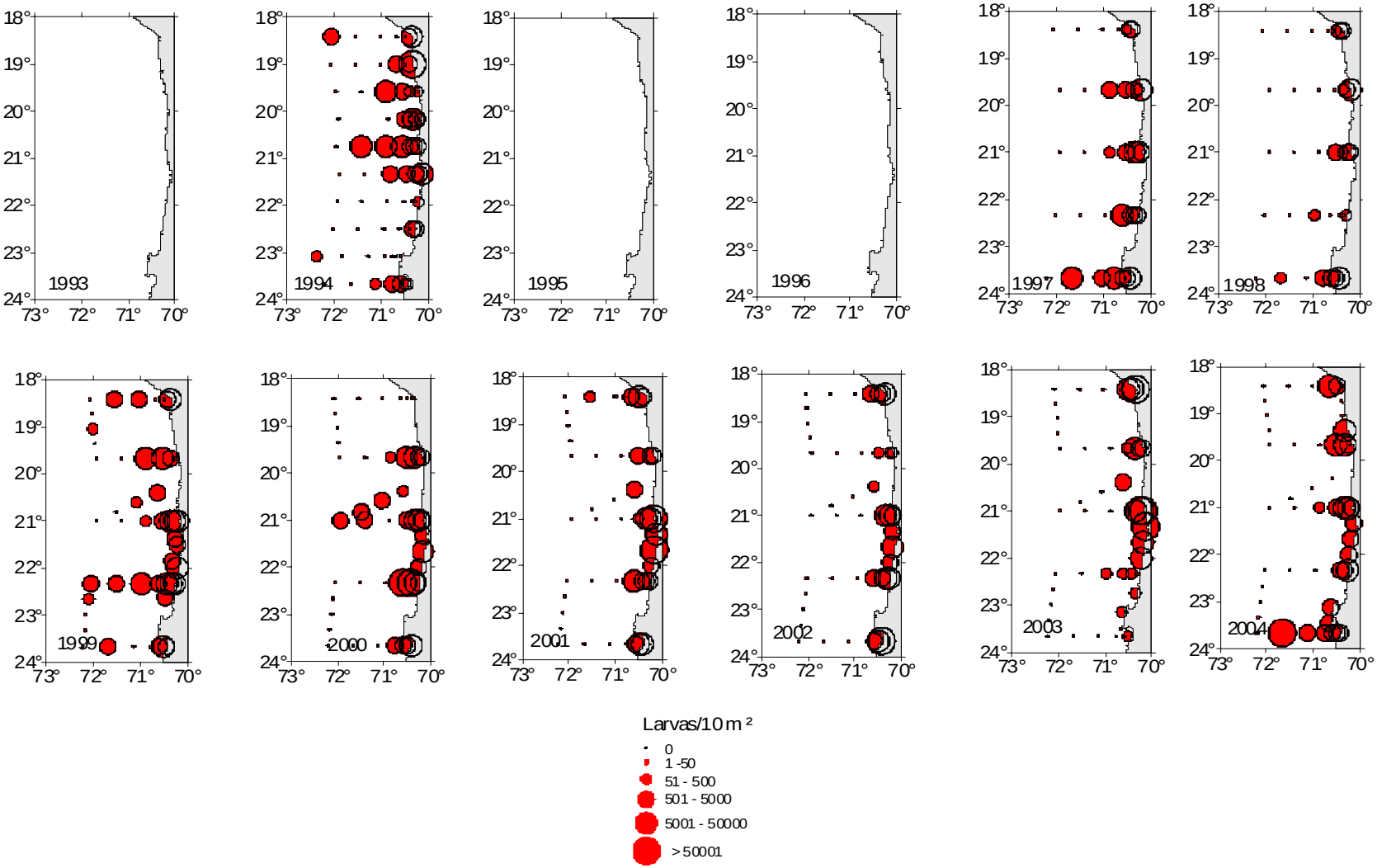


Figura 136. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta. Cruceros Verano. Período 1993 - 2004.

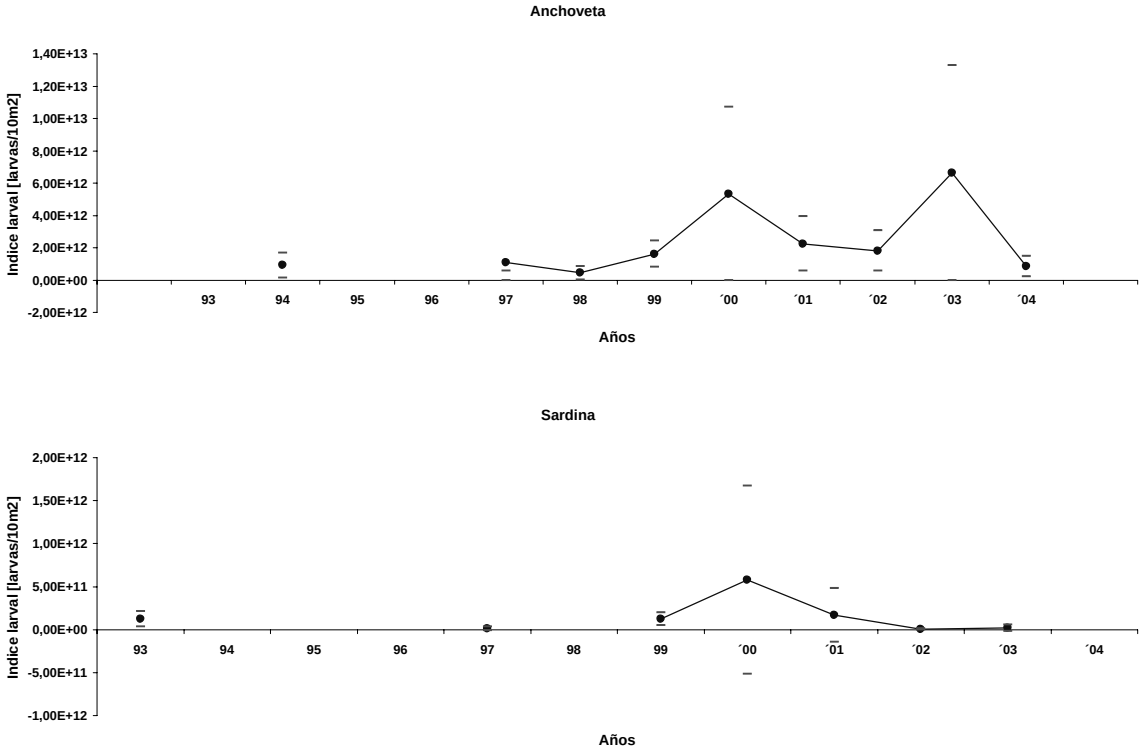


Fig. 137 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1993/2004.

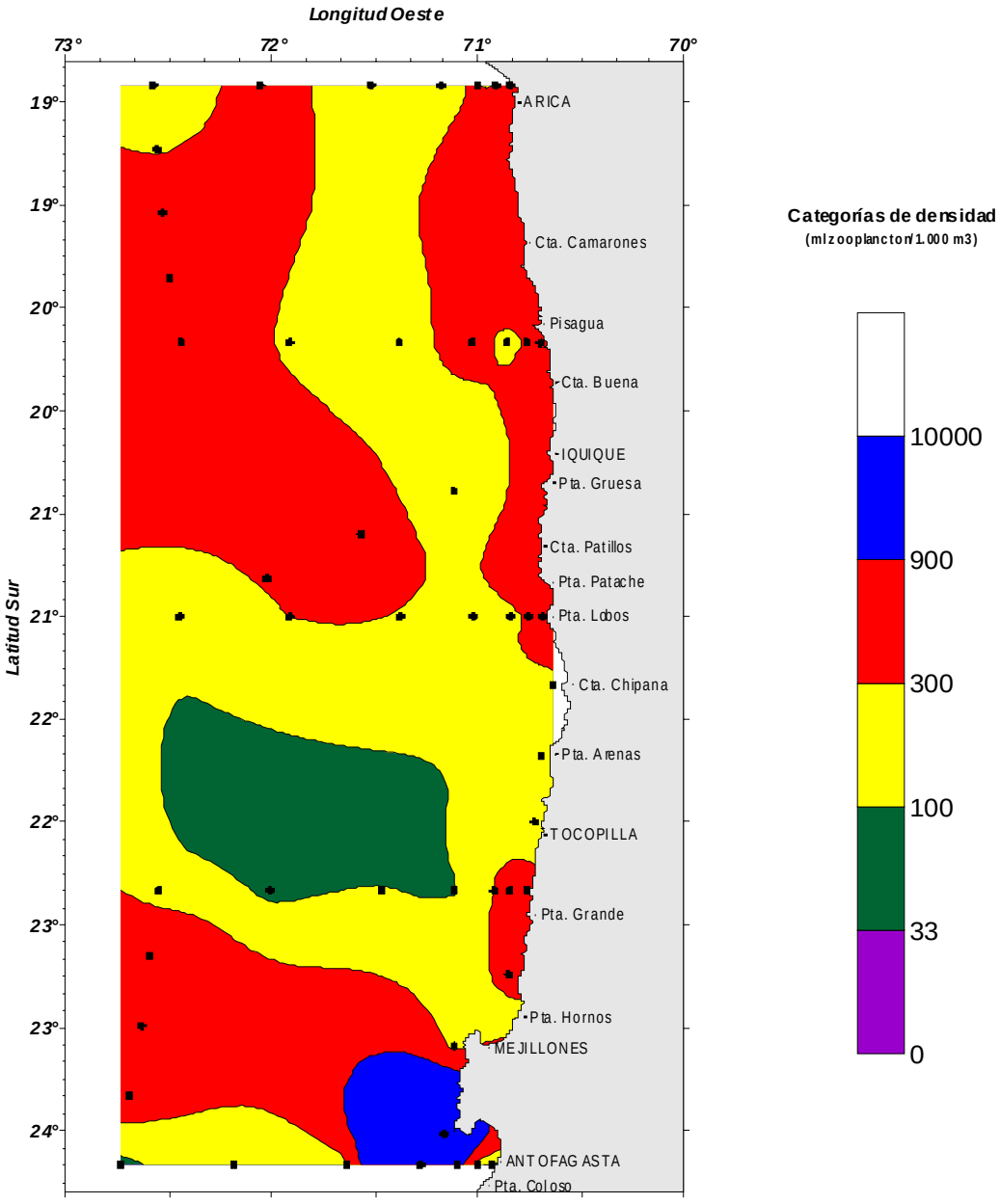
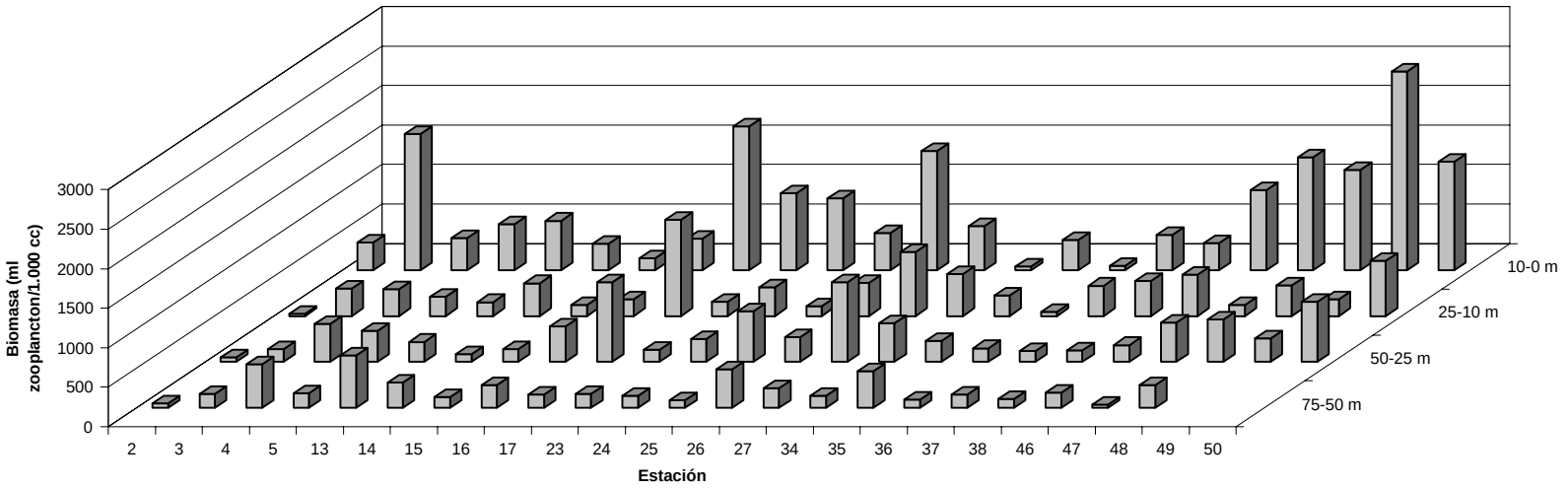


Figura 138. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000m³ de agua filtrada). Crucero MOBIO 0302 - Otoño 2003.

(a)



(b)

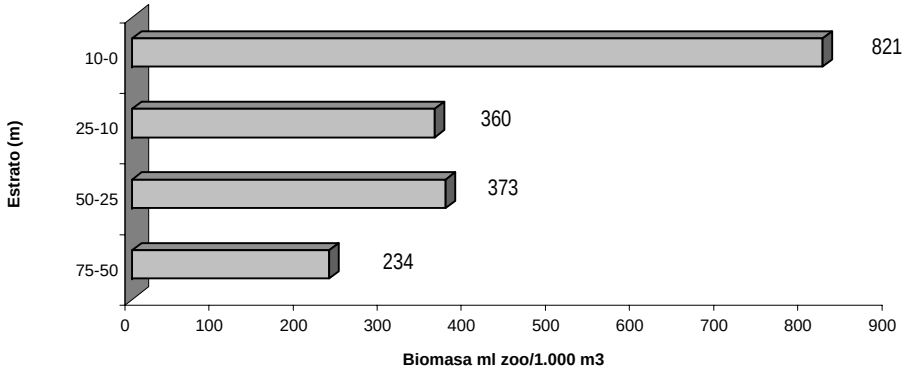


Figura 139. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO, otoño 2003.

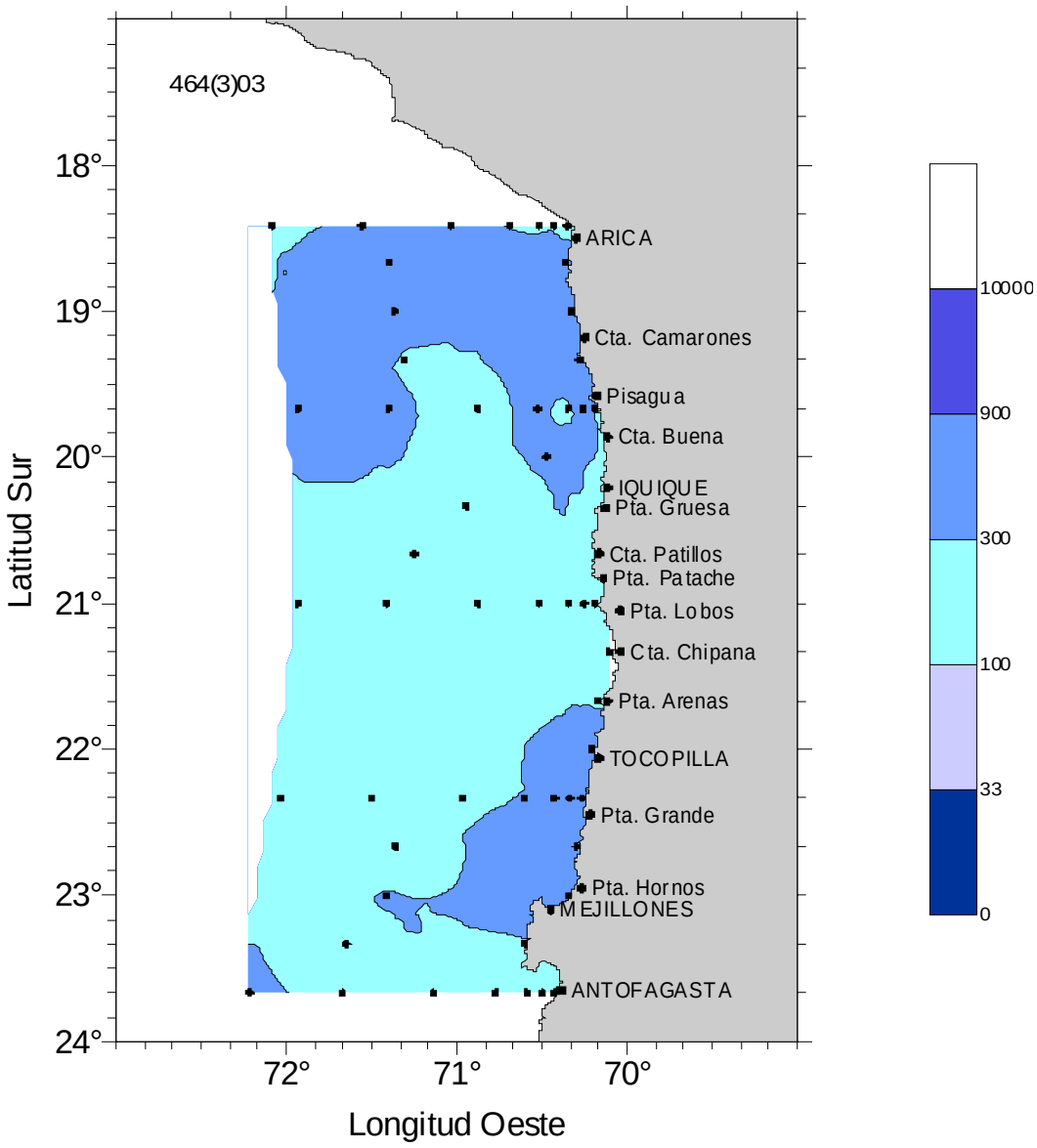
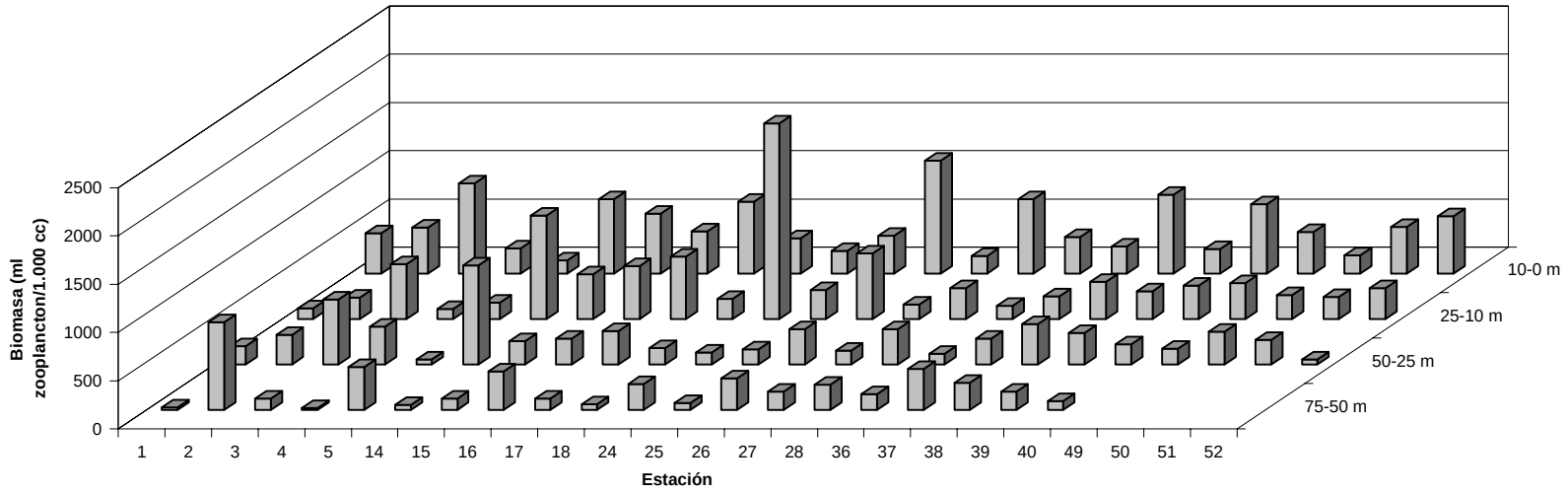


Figura 140. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000 m^3 de agua filtrada). Crucero MOBIO 0303. Invierno 2003.

(a)



(b)

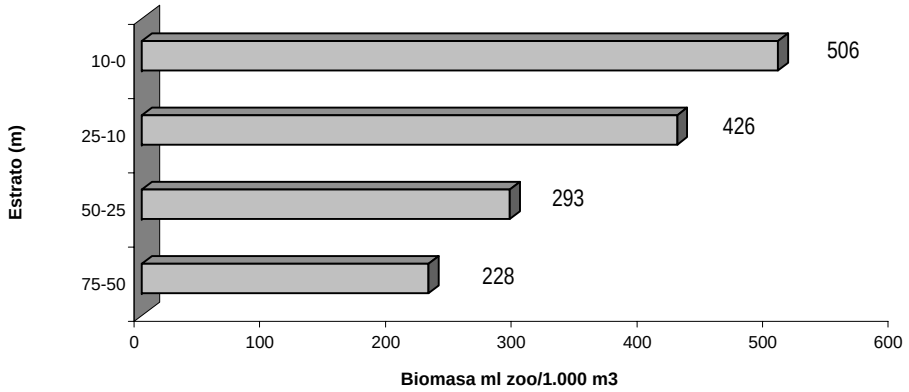


Figura 141. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO, Invierno 2003.

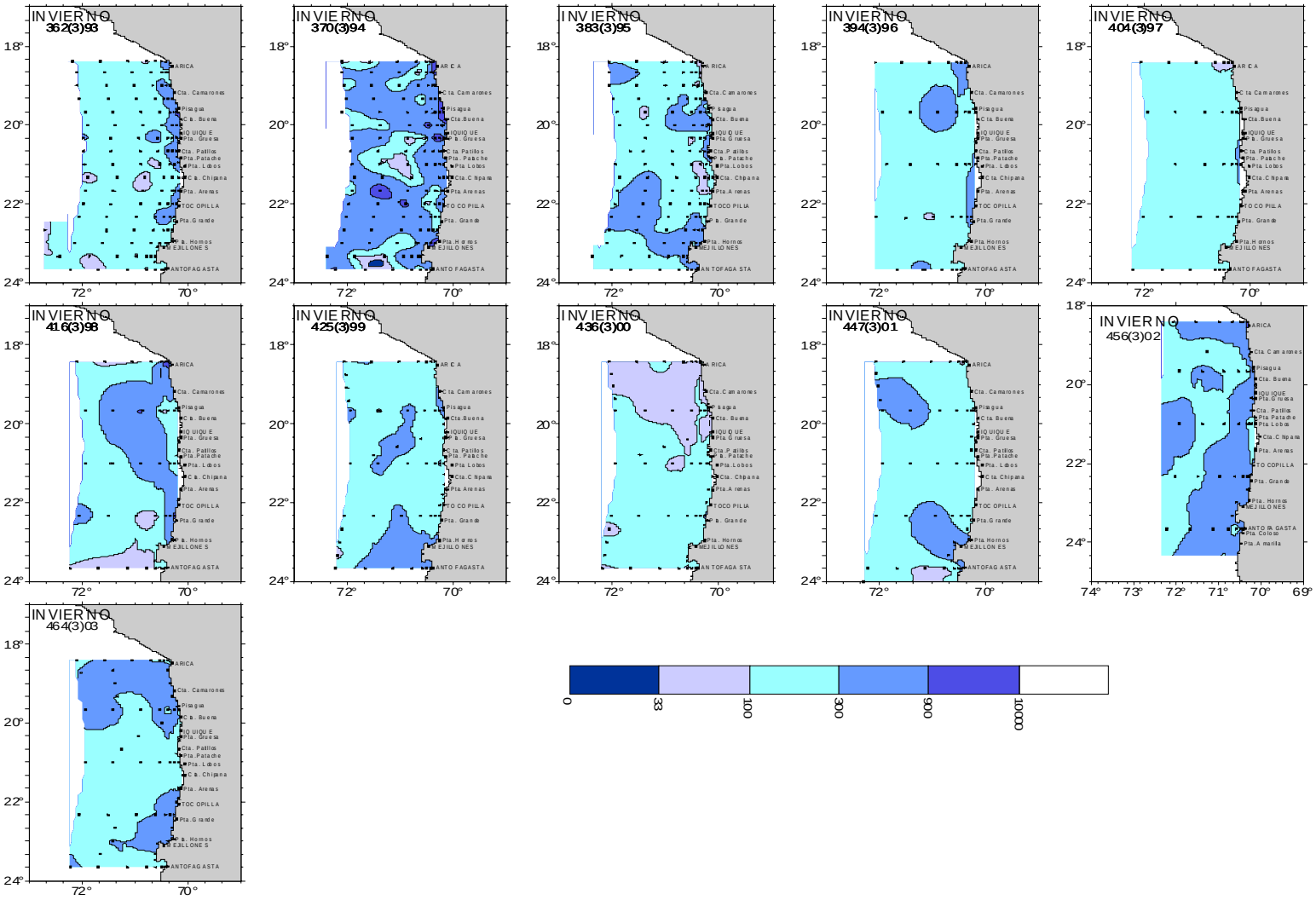


Figura 142. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica durante los inviernos de los años 1993 - 2003.

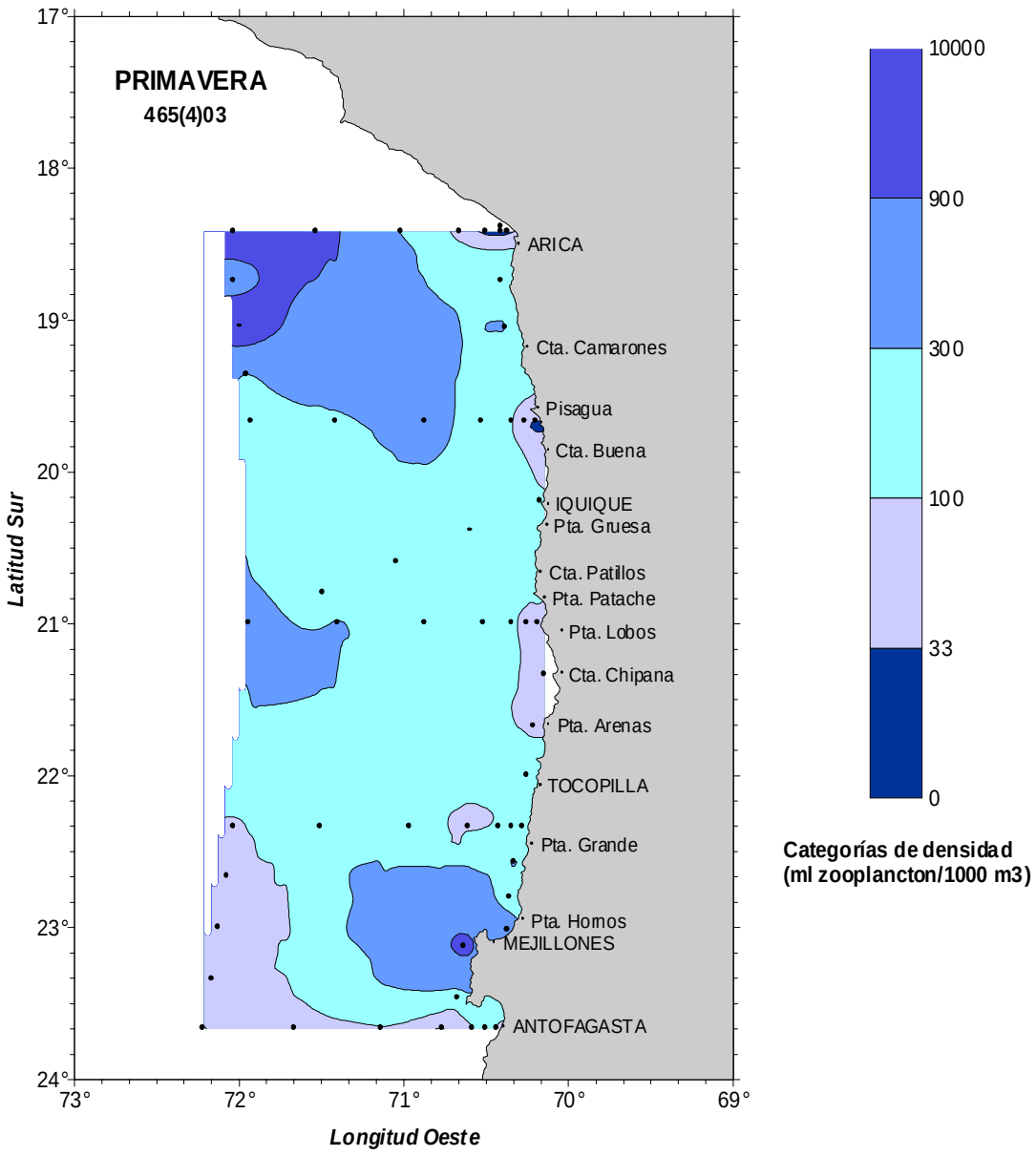
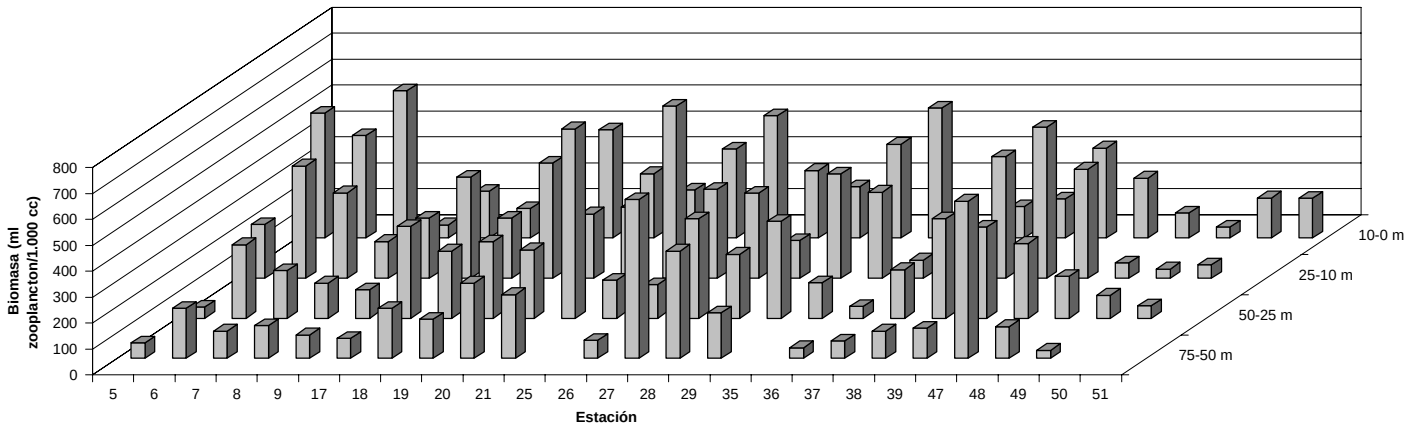


Figura 143. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1000 m^3 de agua filtrada). Crucero MOBIO 0312 – Primavera 2003 – 465(4)03 CP.

(a)



(b)

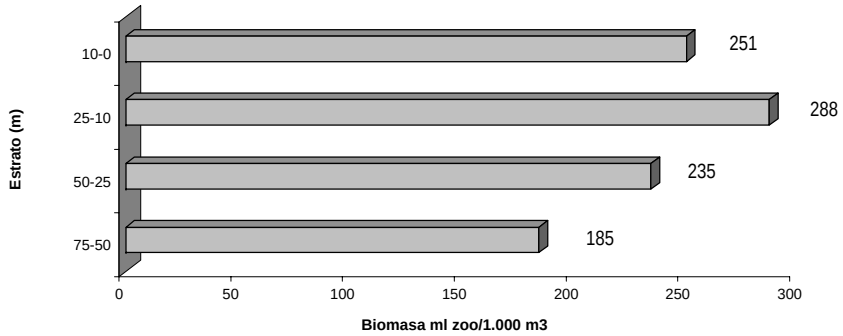


Figura 144. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO, Primavera 2003.

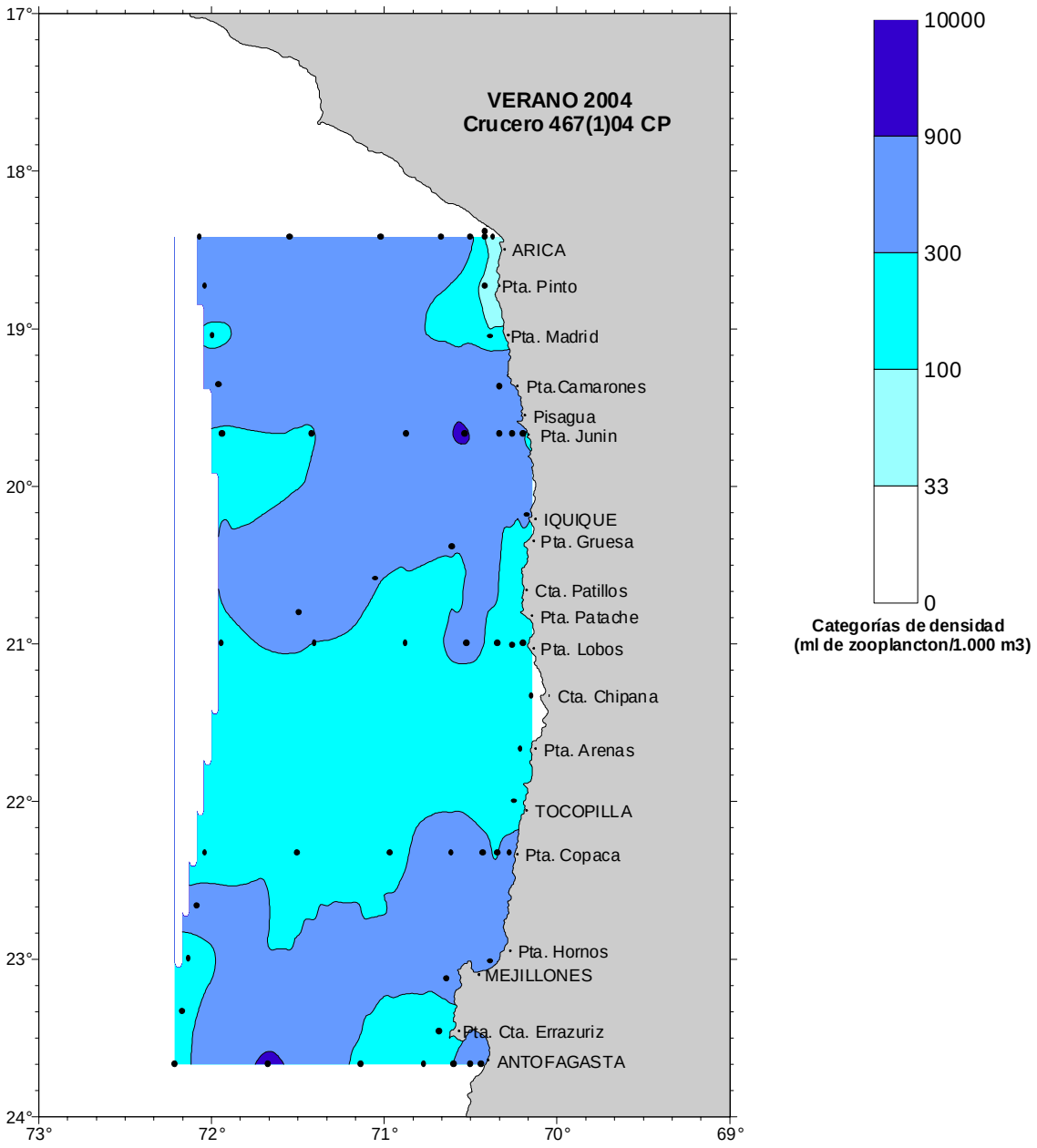
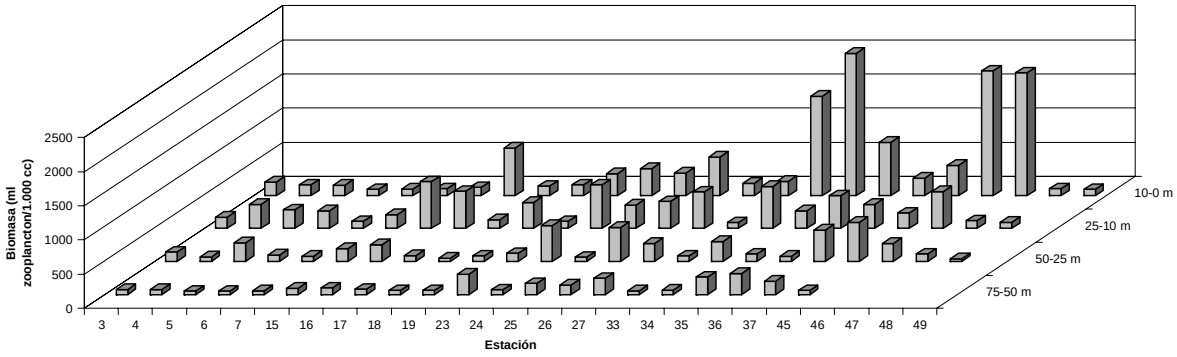


Figura 145. Distribución de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1000 m^3 de agua filtrada). Crucero MOBIO 0403 – Verano 2004 – 467(1)04 CP.

(a)



(b)

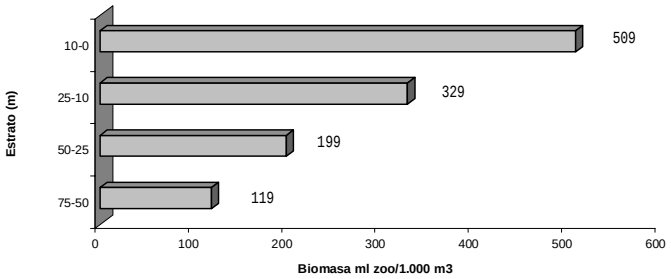


Figura 146. Distribución de la biomasa zooplanctónica por estación (a) y biomasa promedio por estrato de profundidad (b). Crucero MOBIO 0403 - Verano 2004.

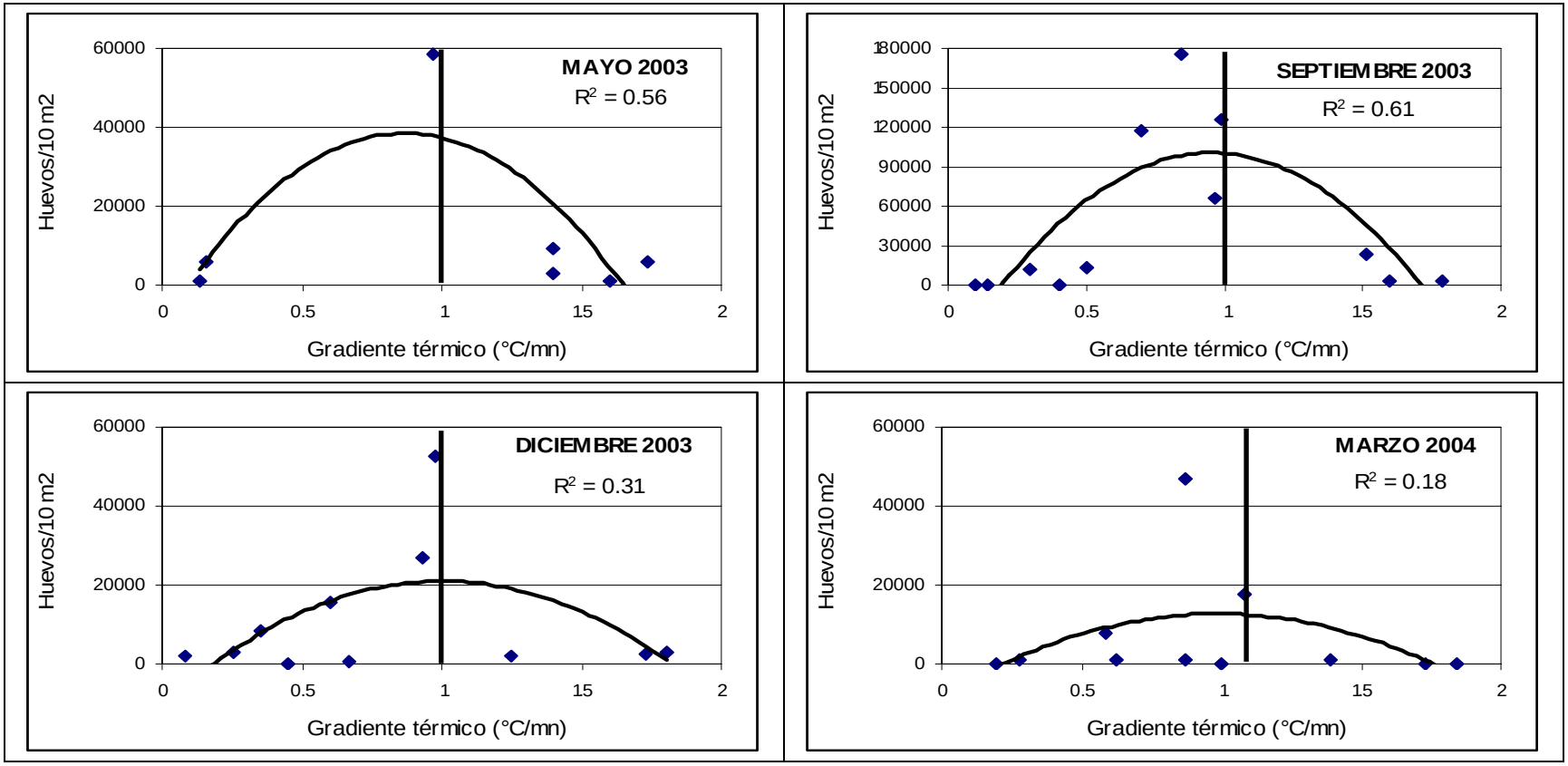


Figura 147. Relaciones entre la densidad de huevos de anchoveta y el gradiente térmico.

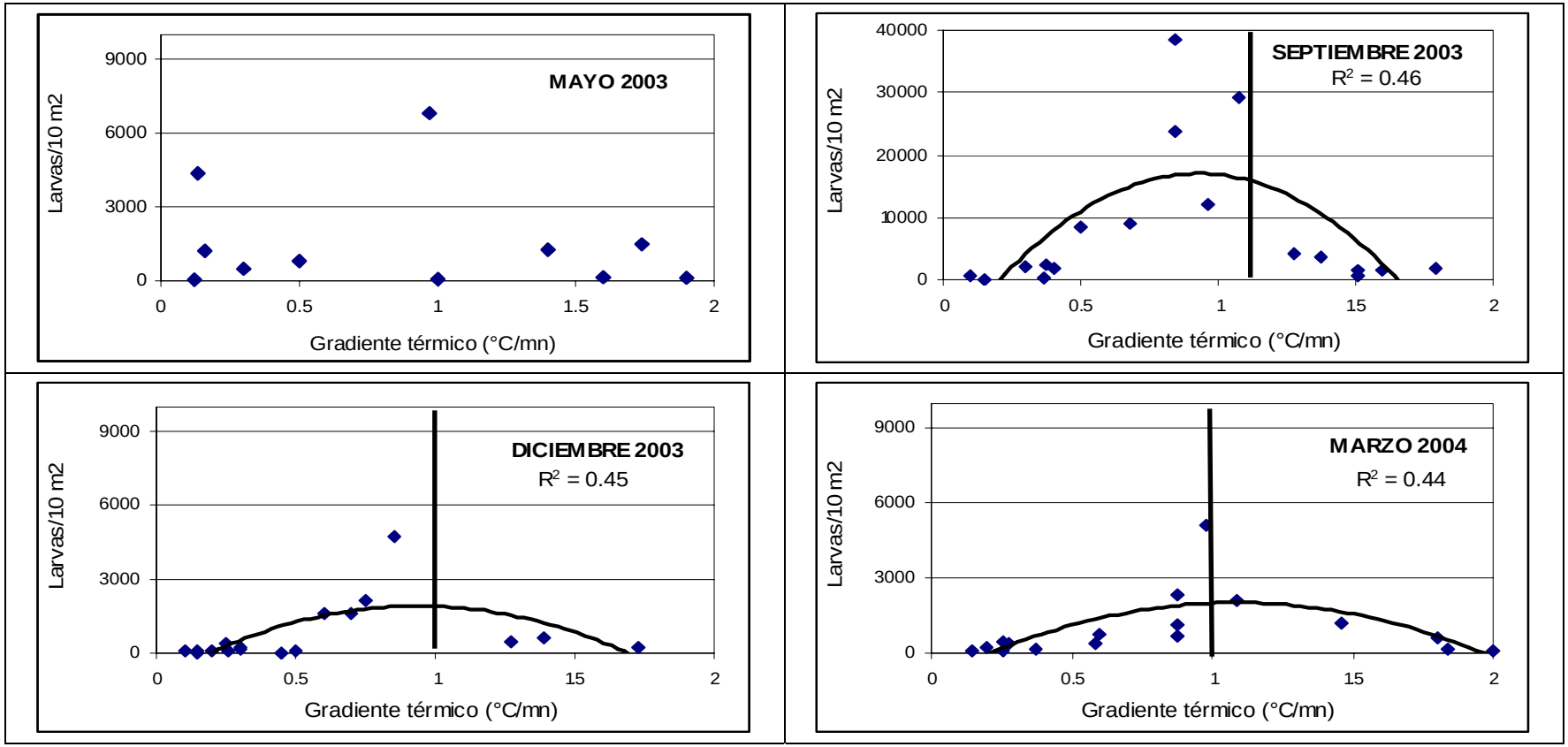


Figura 148. Relaciones entre la densidad de larvas de anchoveta y el gradiente térmico.

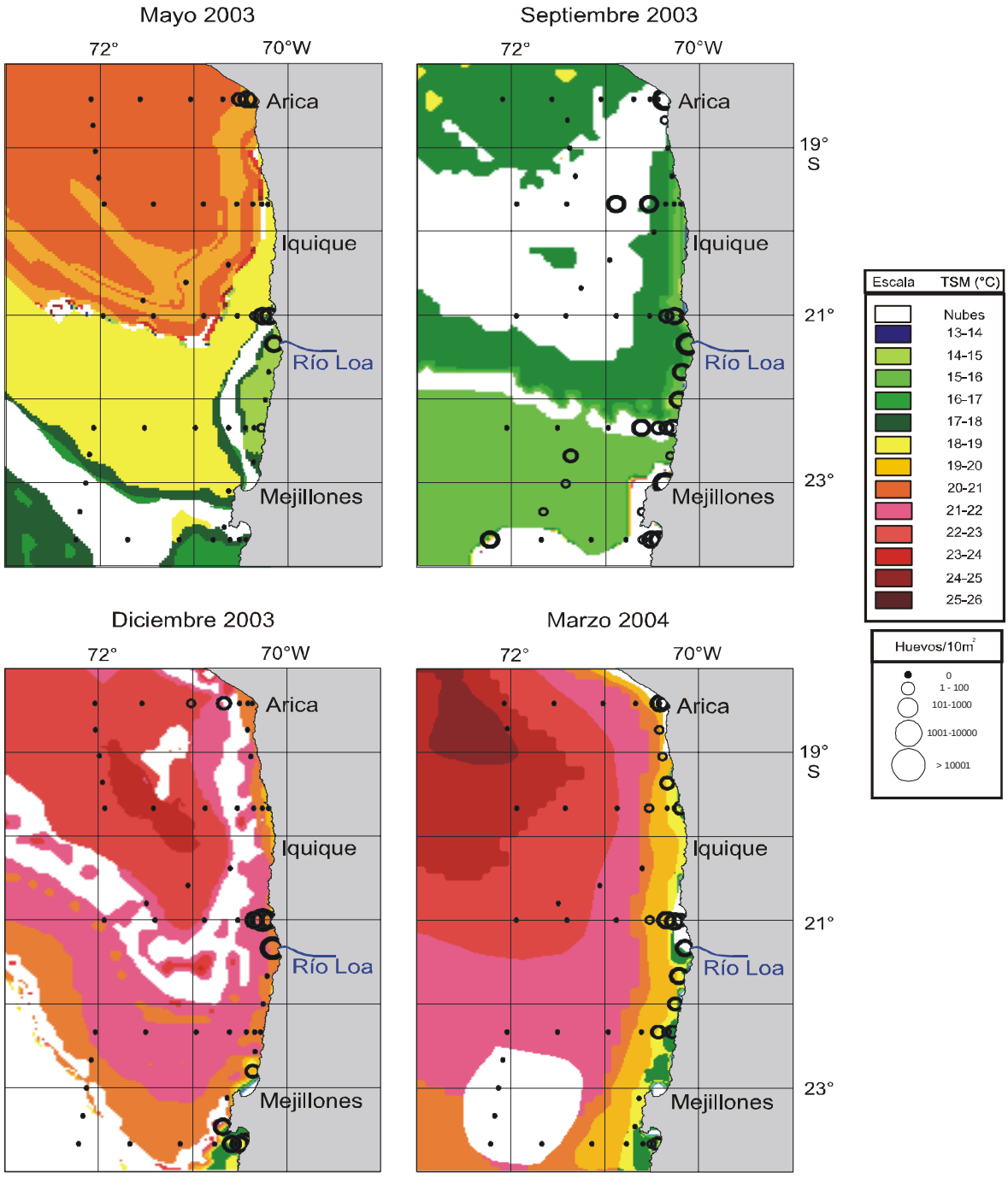


Figura 149. Distribución espacial de la TSM satelital y de los huevos de anchoveta en la zona norte de Chile. Período 2003-2004.

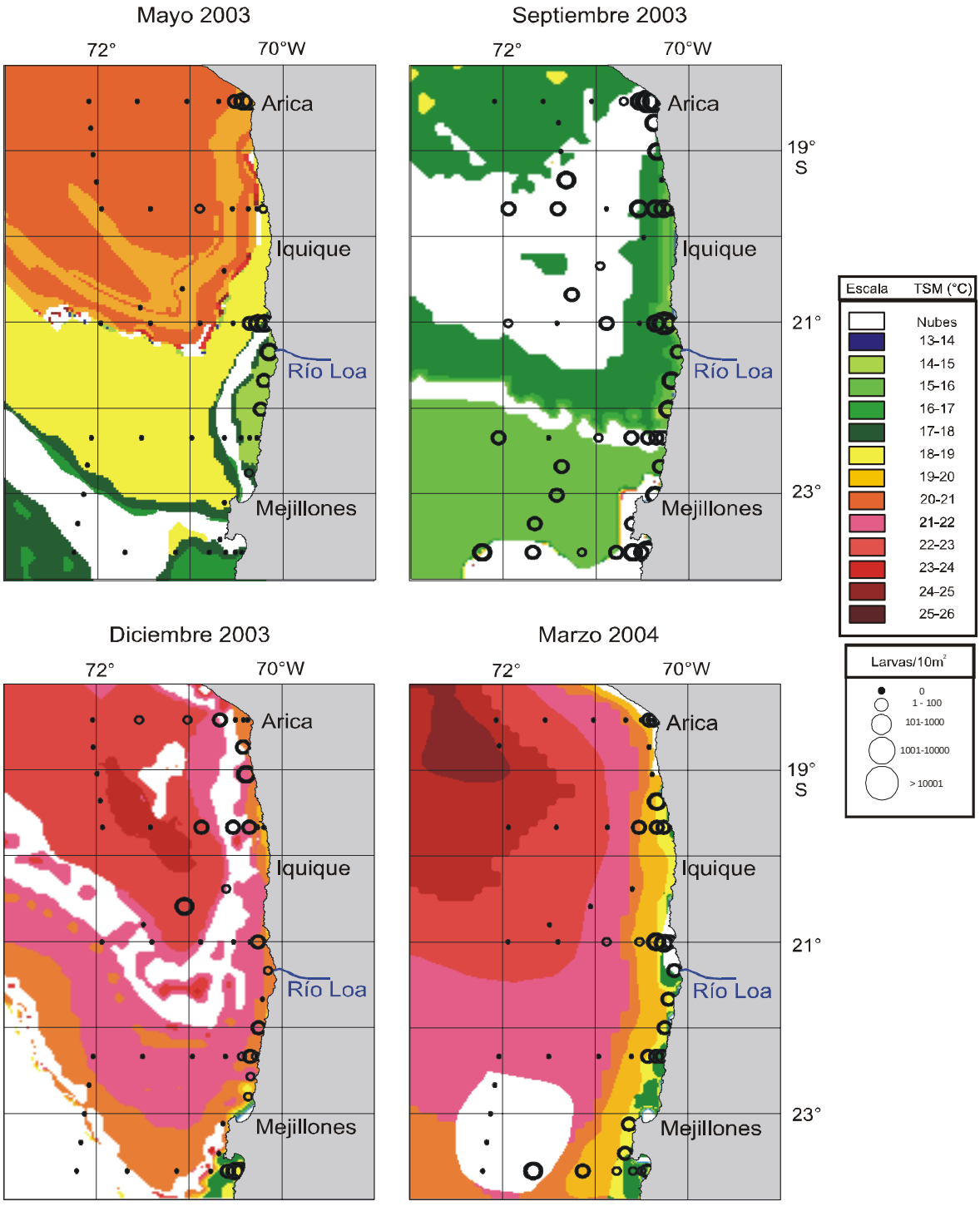


Figura 150. Distribución espacial de la TSM satelital y de las larvas de anchoveta en la zona norte de Chile. Período 2003-2004.

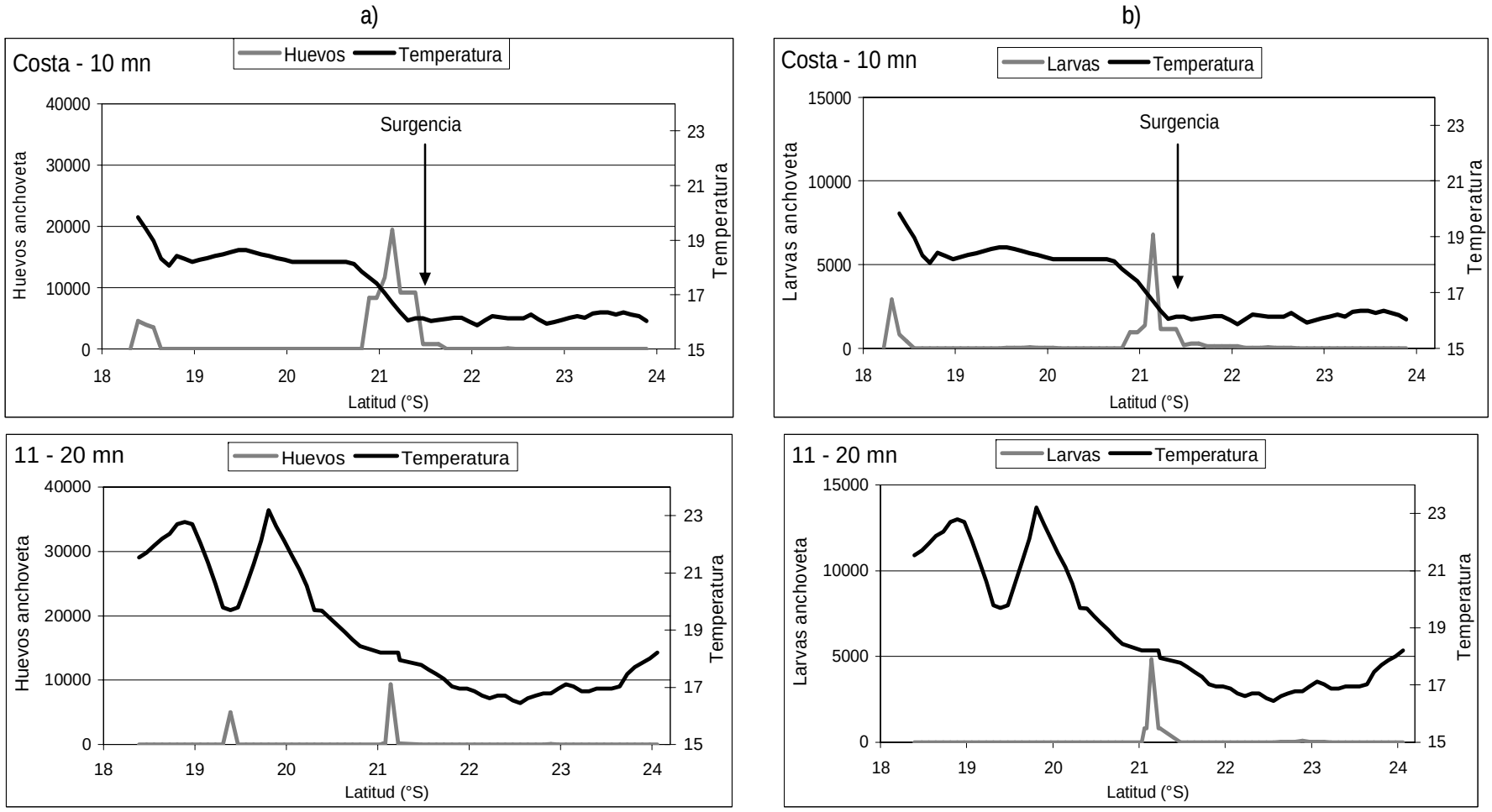


Figura 151. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero mayo 2003.

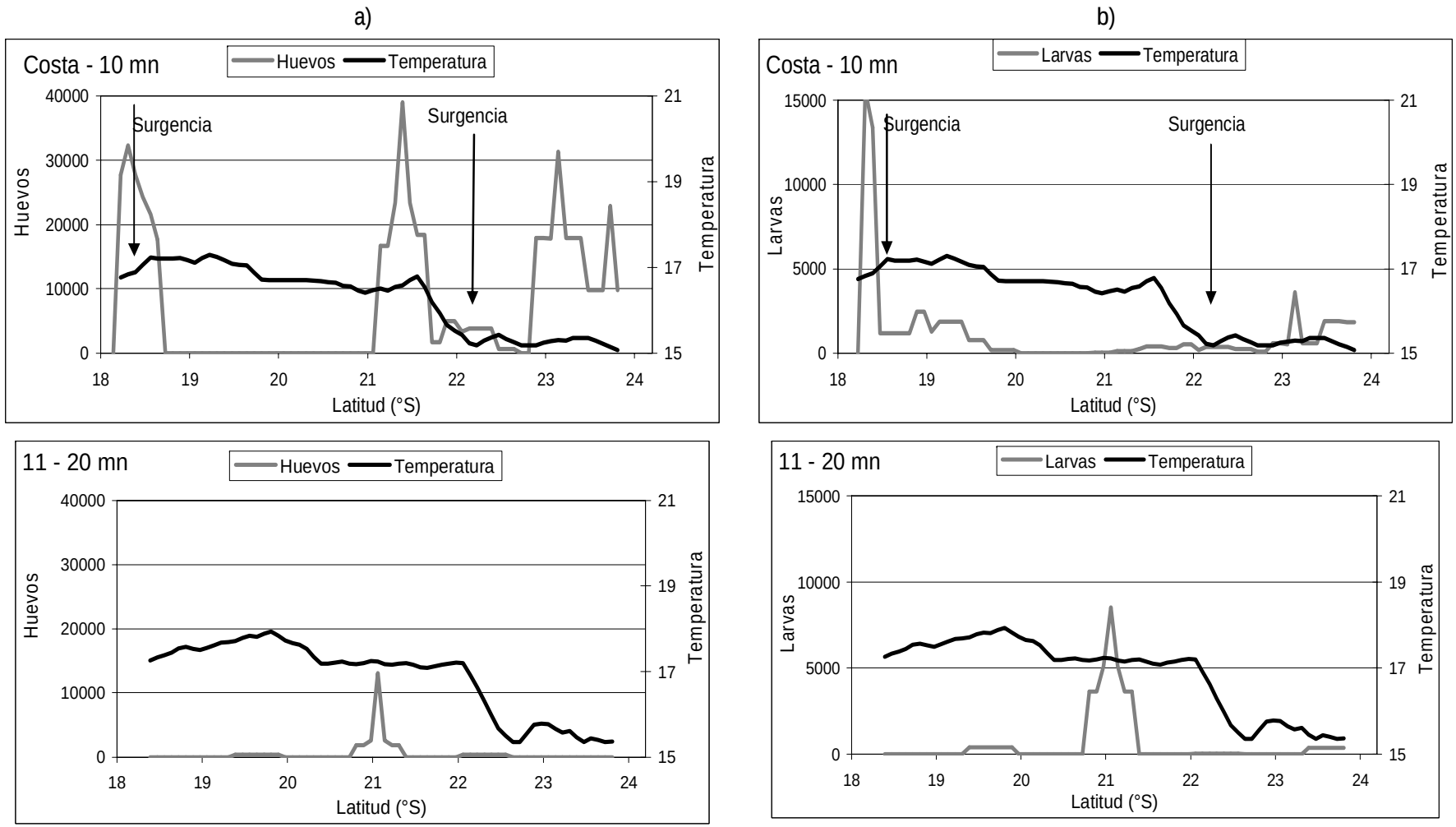


Figura 152. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero septiembre 2003.

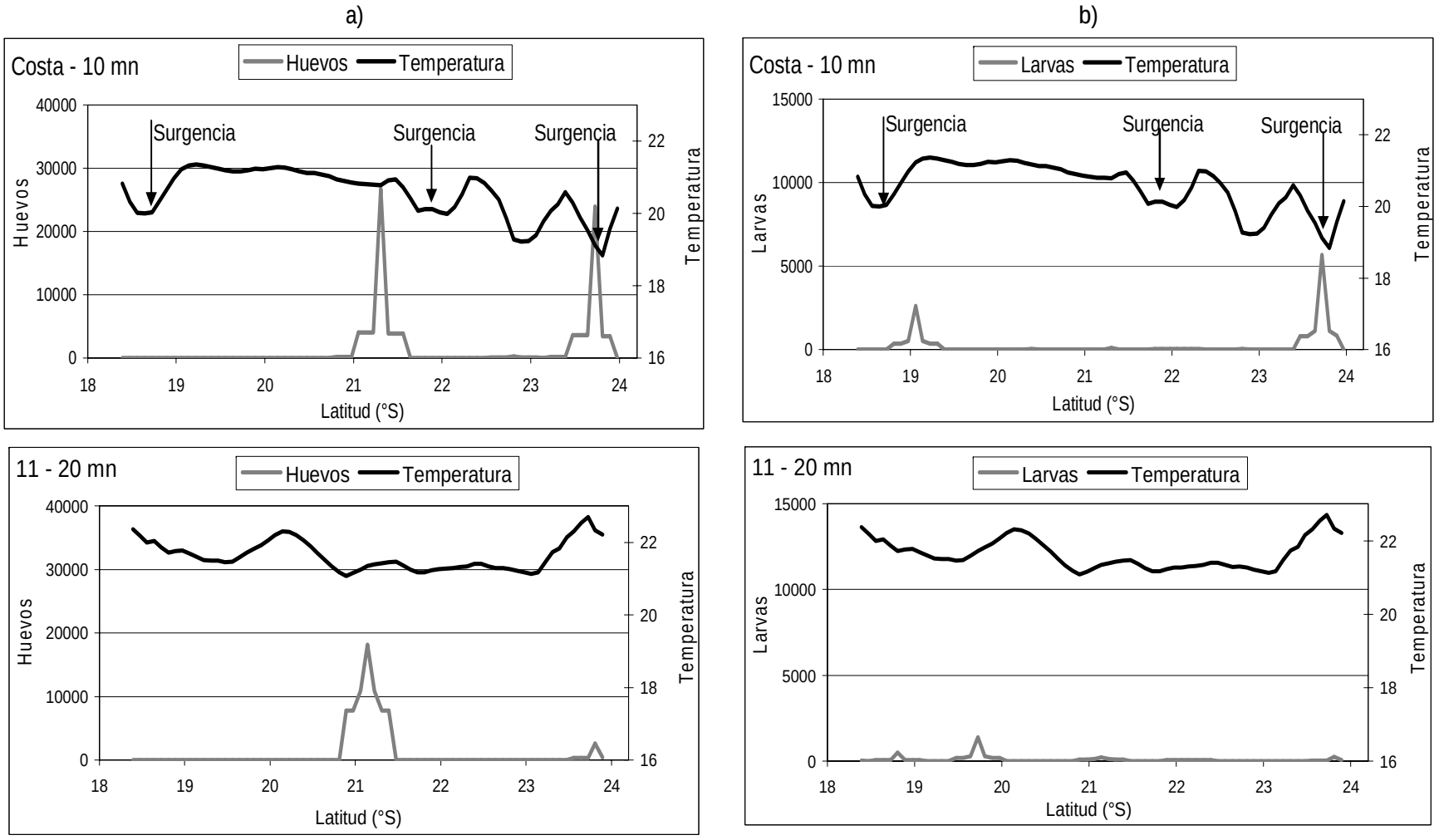


Figura 153. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero diciembre 2003.

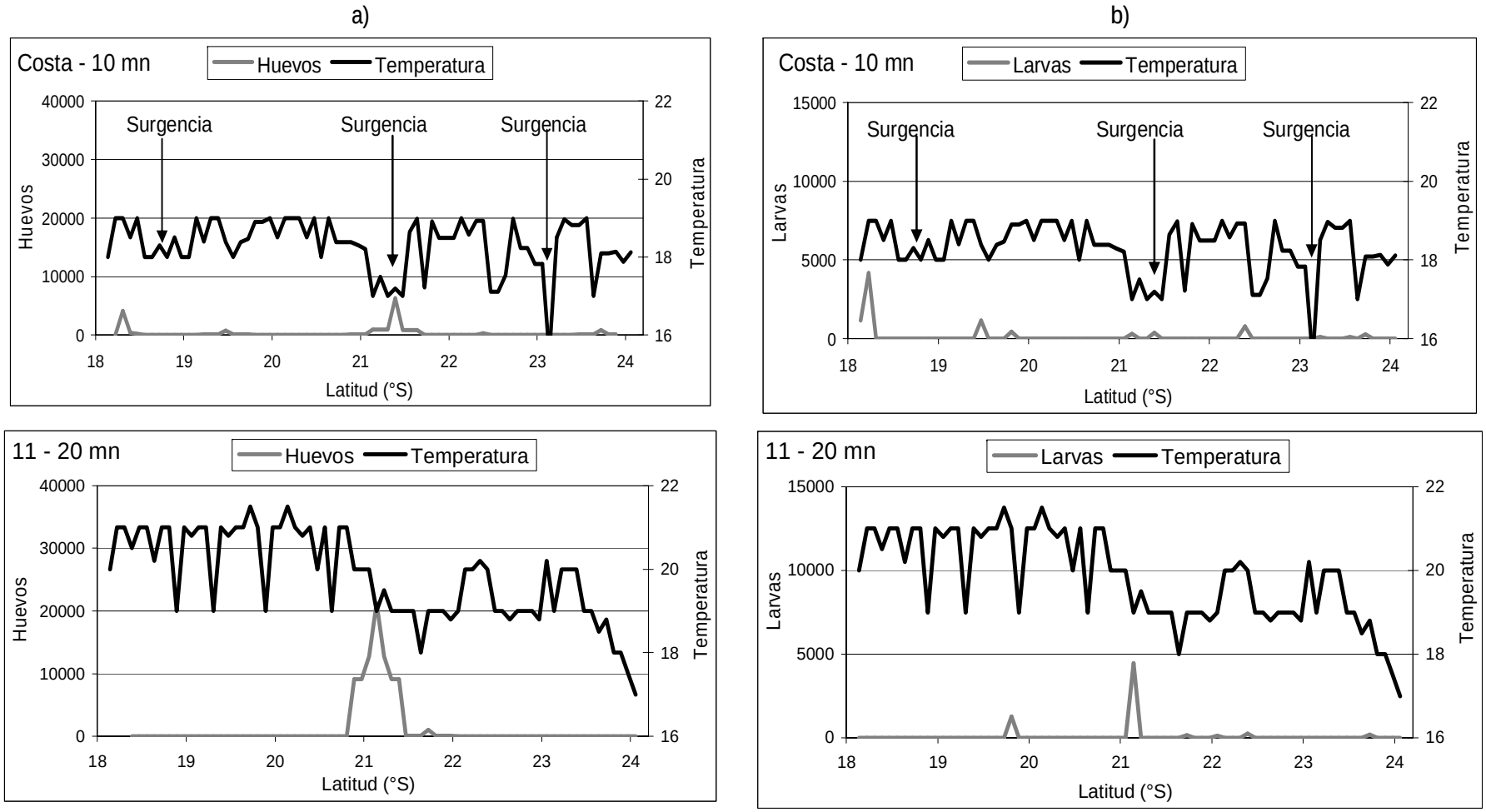


Figura 154. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero marzo 2004.

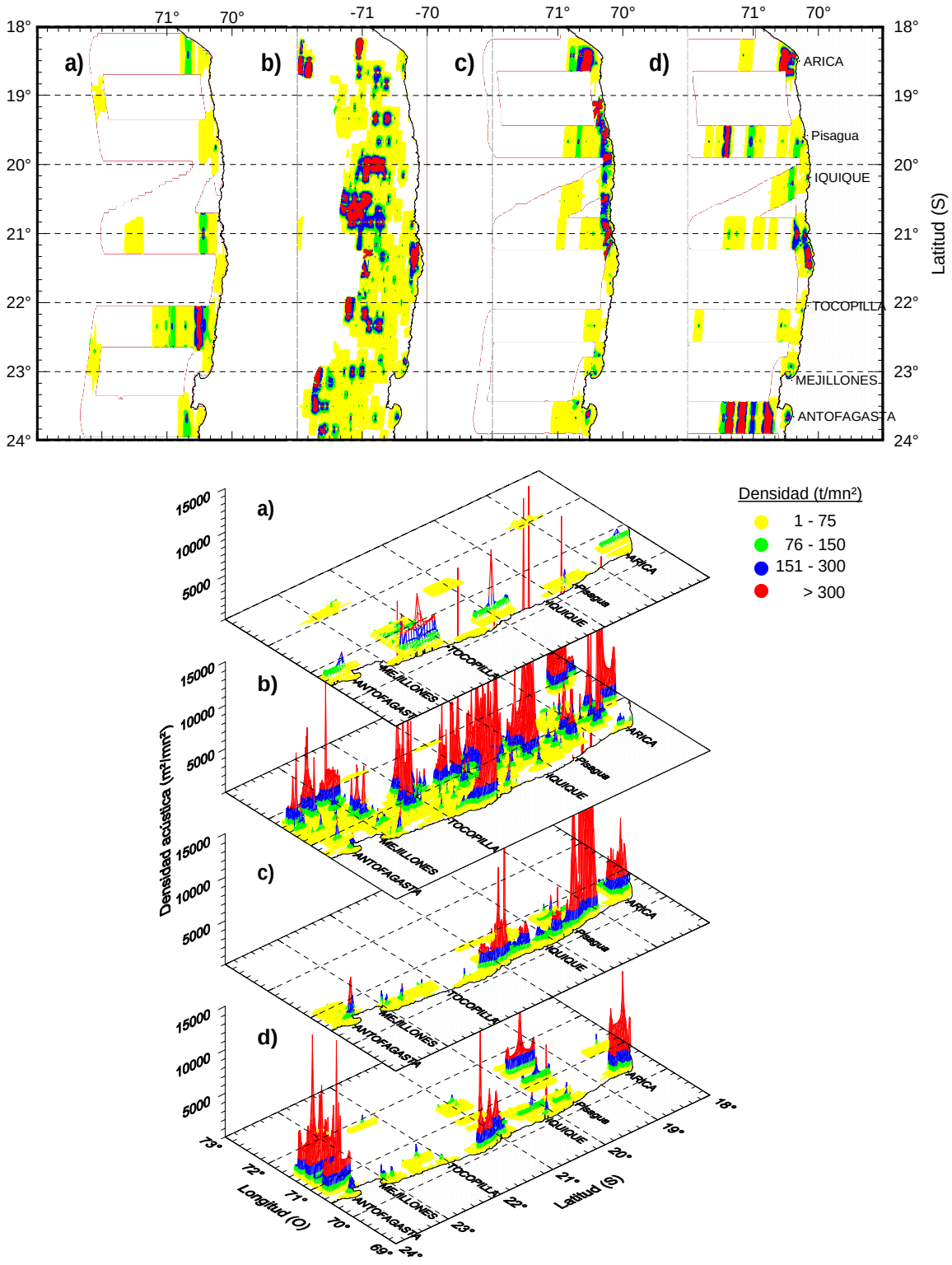


Figura 155. Distribución espacial de total de especies, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

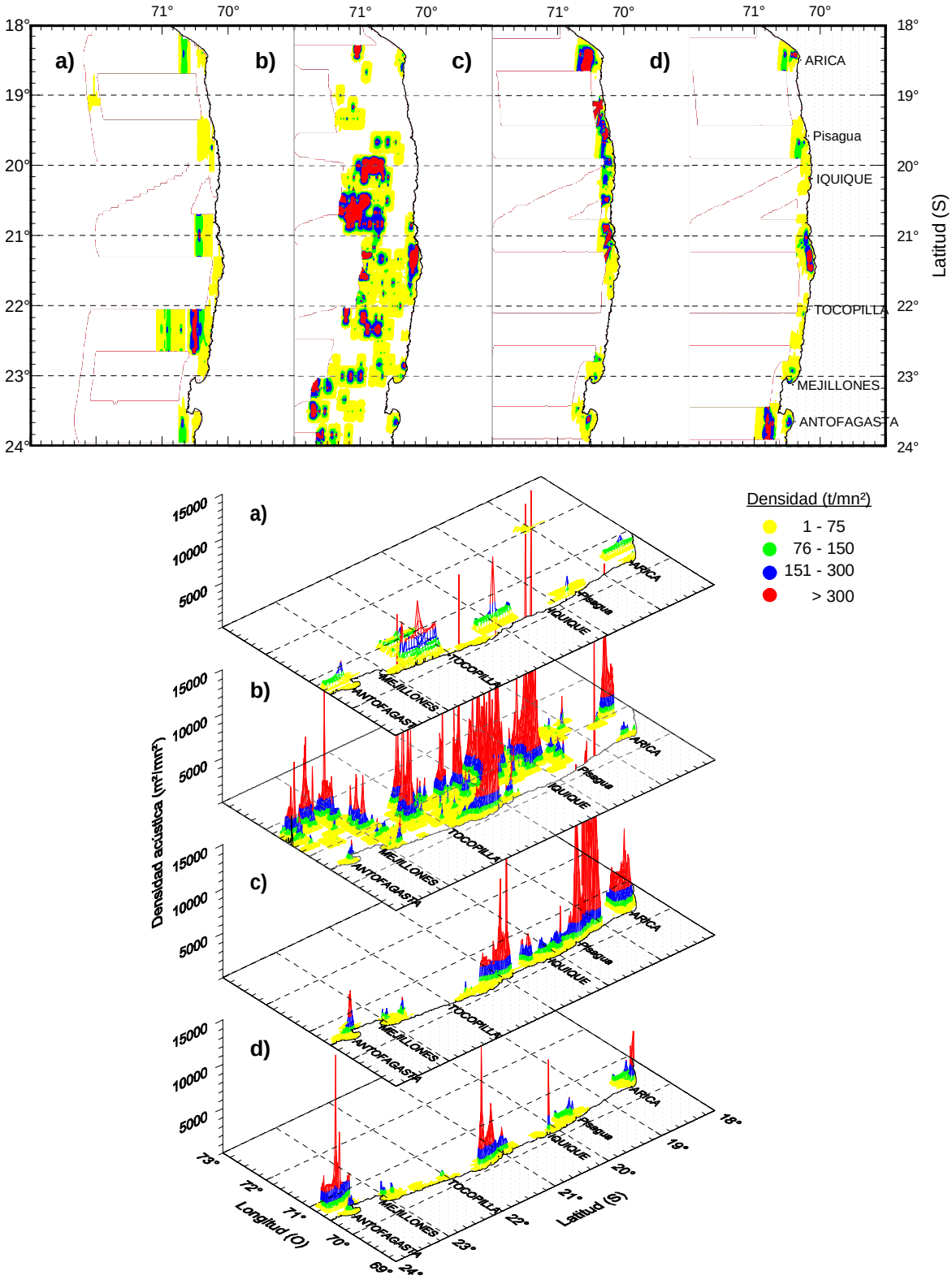


Figura 156. Distribución espacial de anchoveta, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

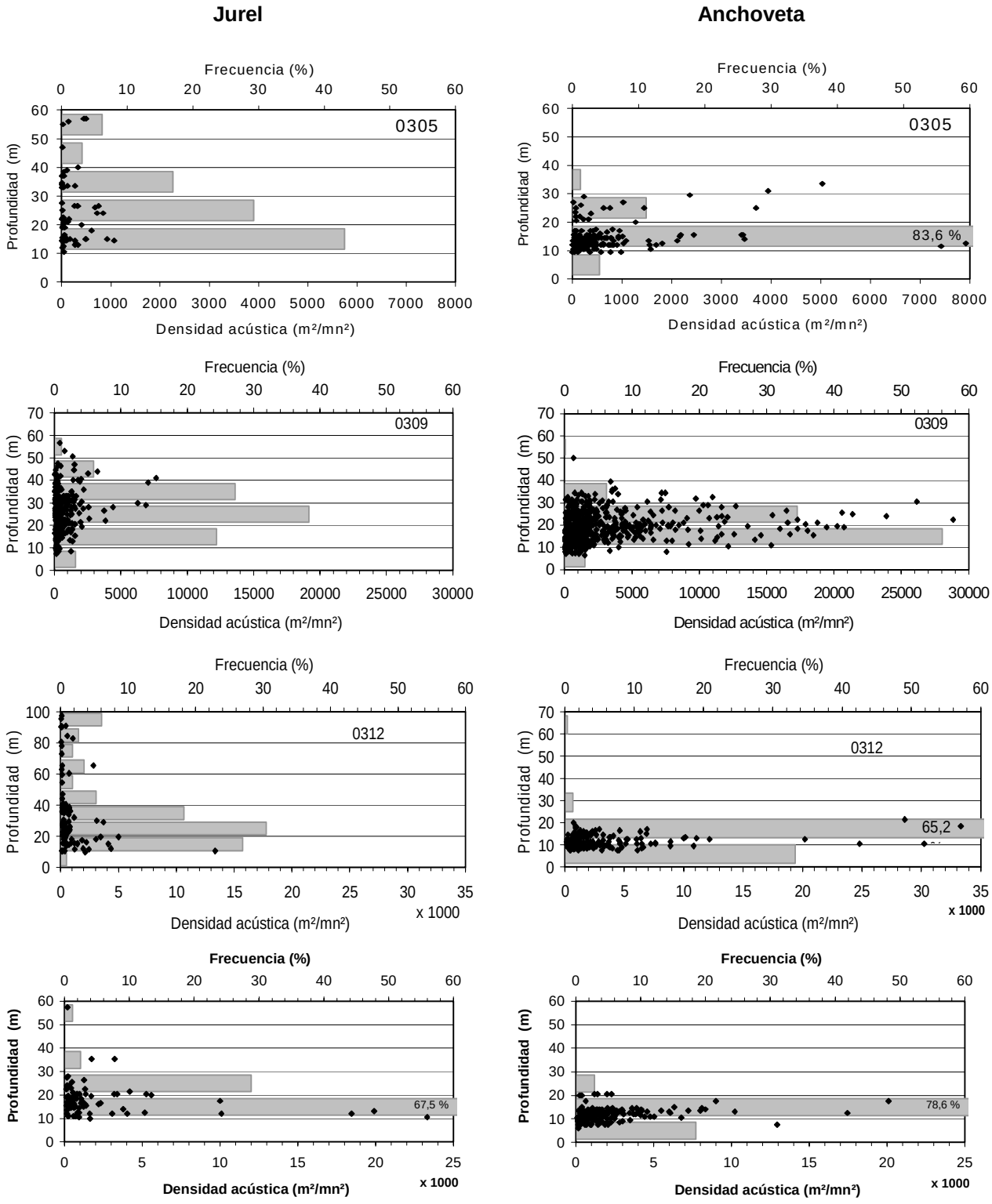


Figura 157. Distribución vertical (m) de la densidad acústica – Sa (m²/mn²) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0305), invierno (0309), primavera (0312) y verano (0402).

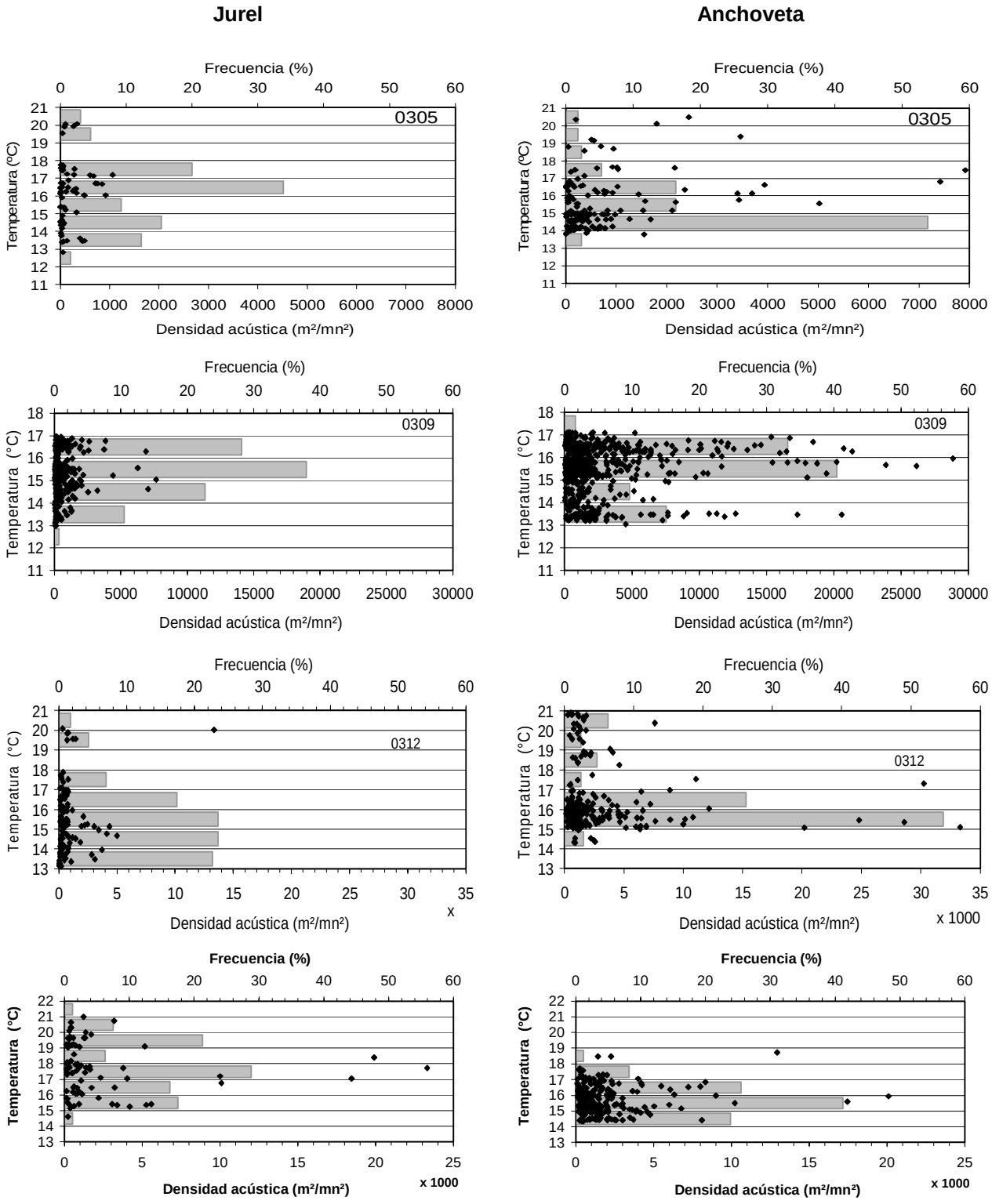


Figura 158. Distribución de temperatura (ºC) de la densidad acústica – Sa (m²/mn²) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0305), invierno (0309), primavera (0312) y verano (0402).

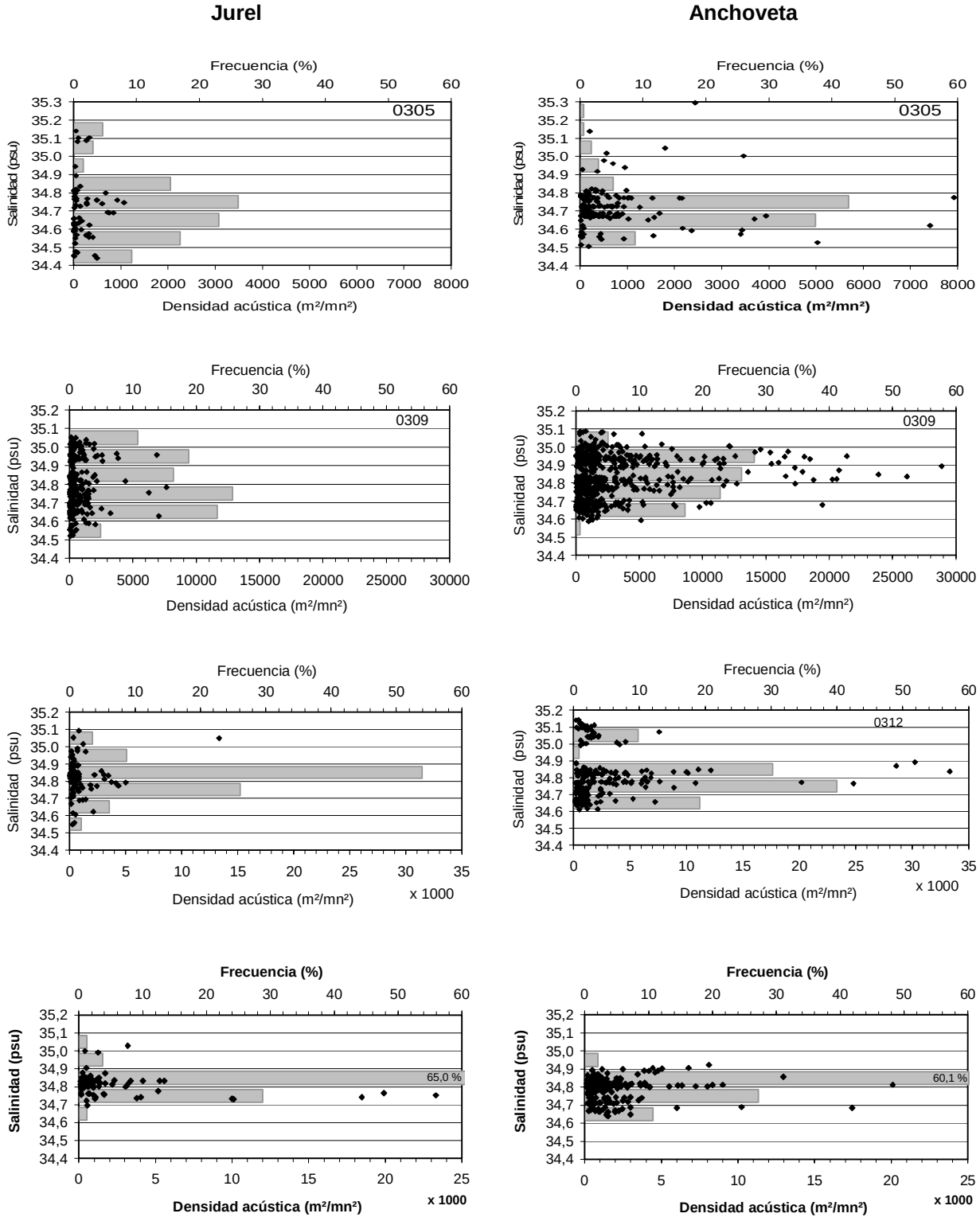


Figura 159. Distribución de salinidad (psu) de la densidad acústica – Sa (m²/mn²) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0305), invierno (0309), primavera (0312) y verano (0402).

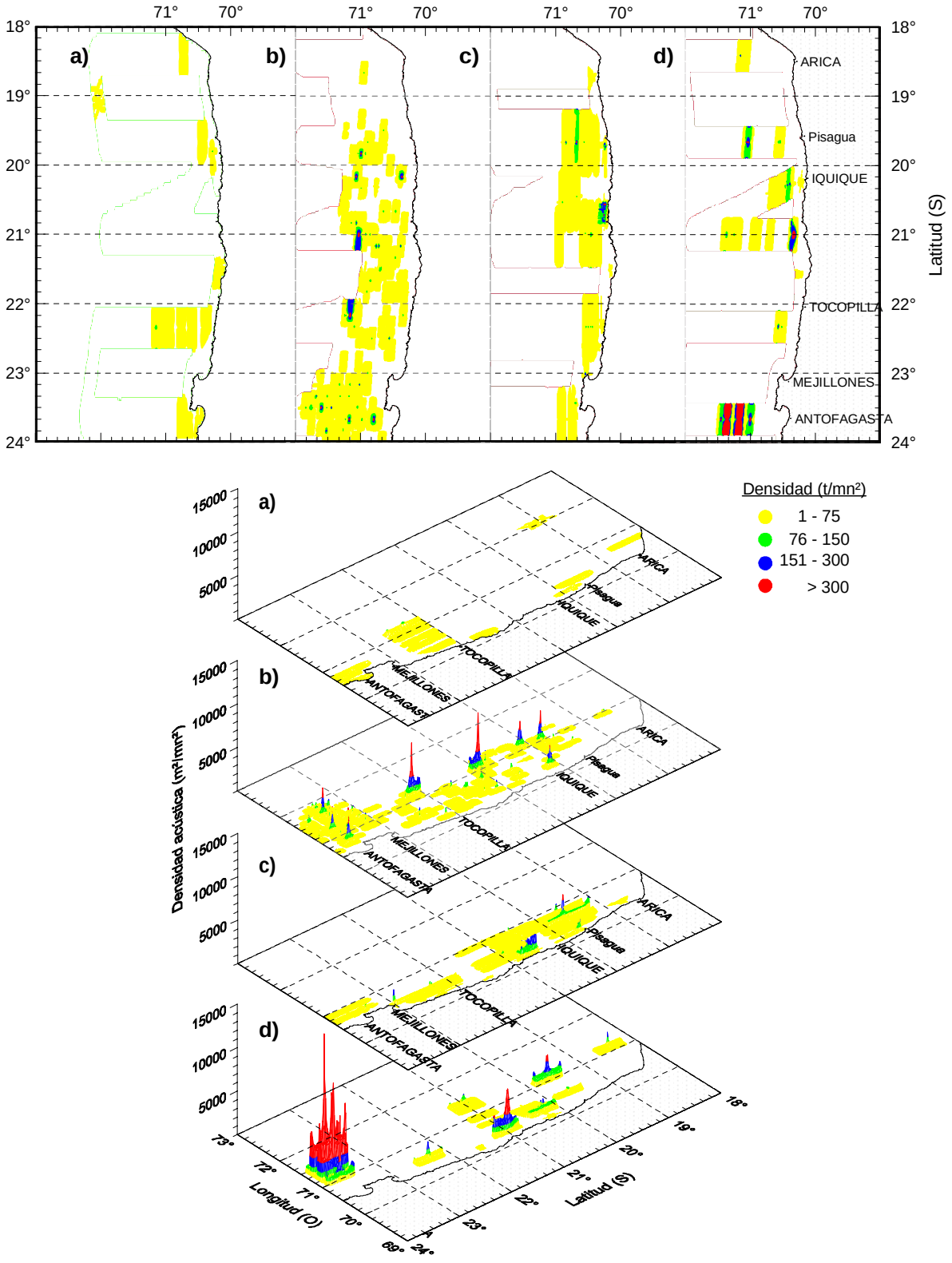


Figura 160. Distribución espacial de jurel, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

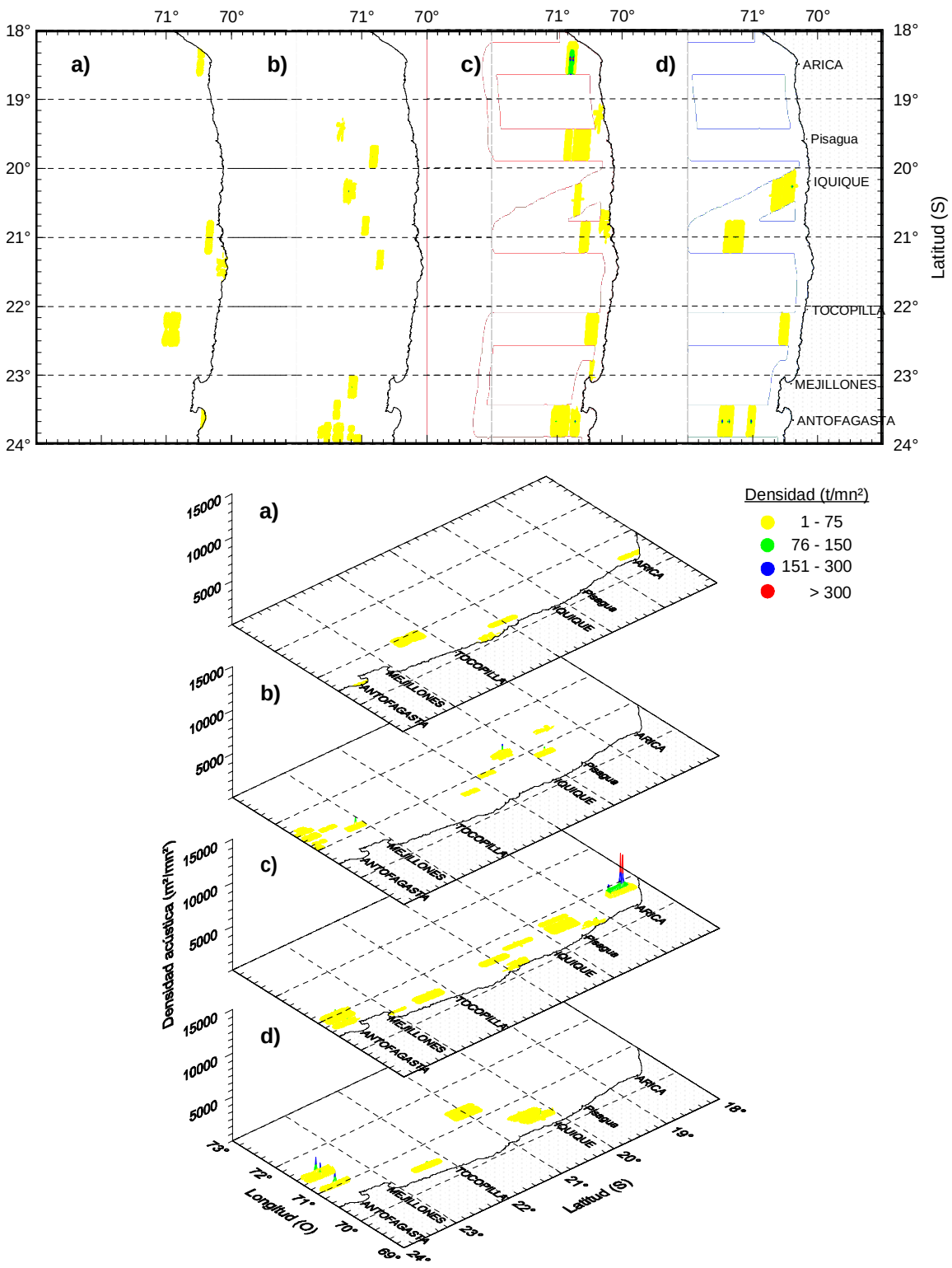


Figura 161. Distribución espacial de caballa, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

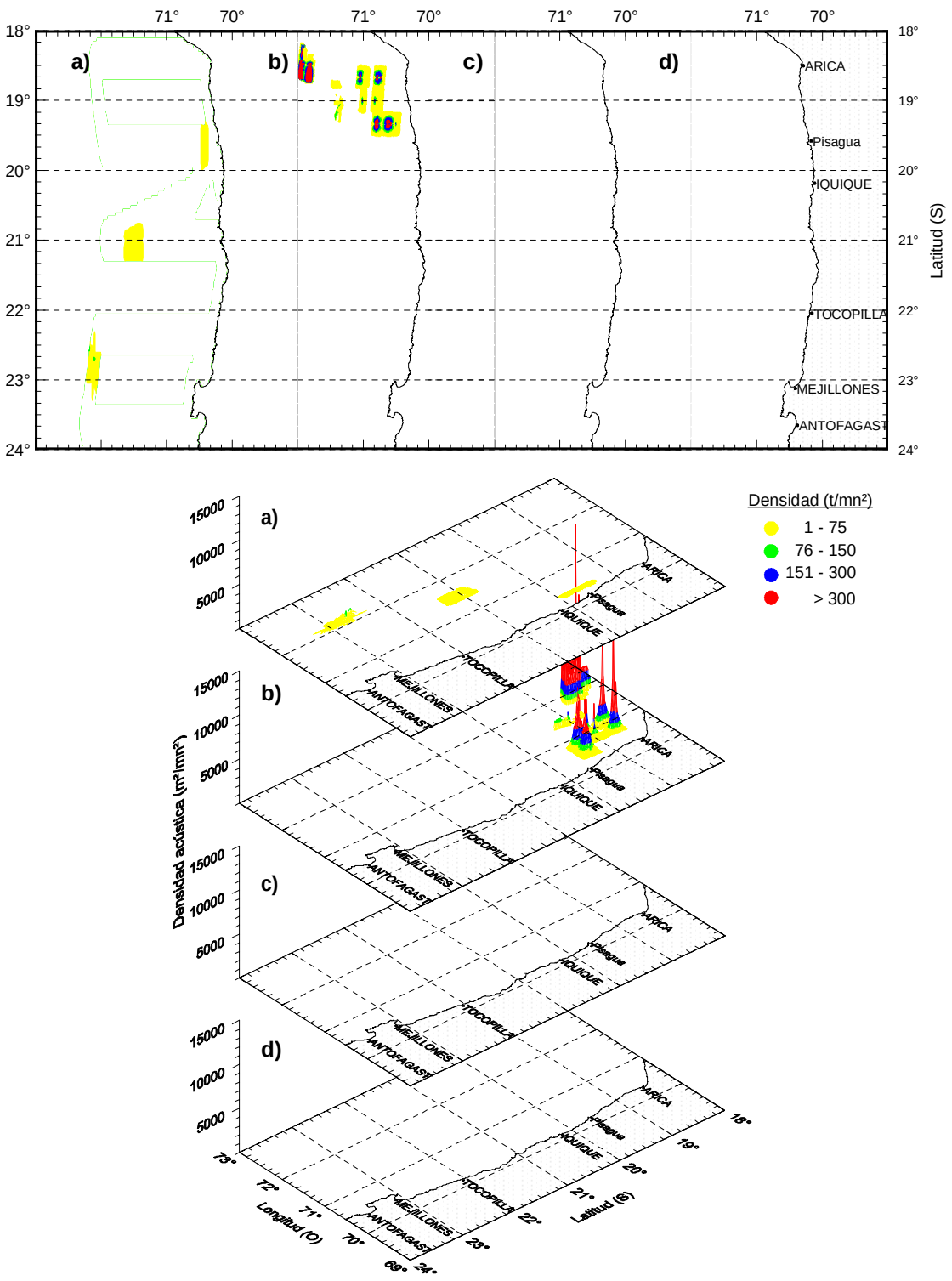


Figura 162. Distribución espacial de pez linterna, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

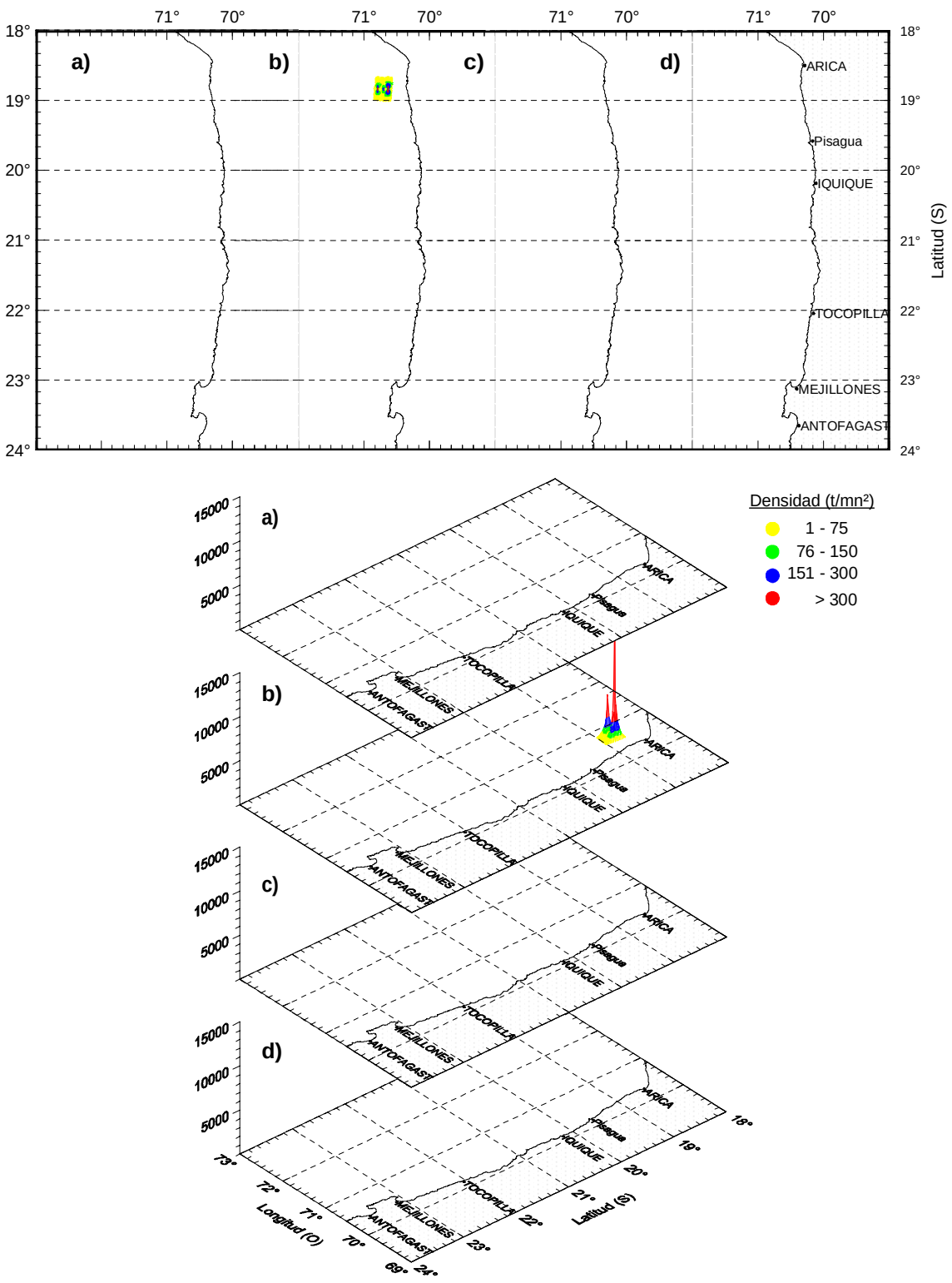


Figura 163. Distribución espacial de langostino, cruceros MOBIO a) 0305. b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

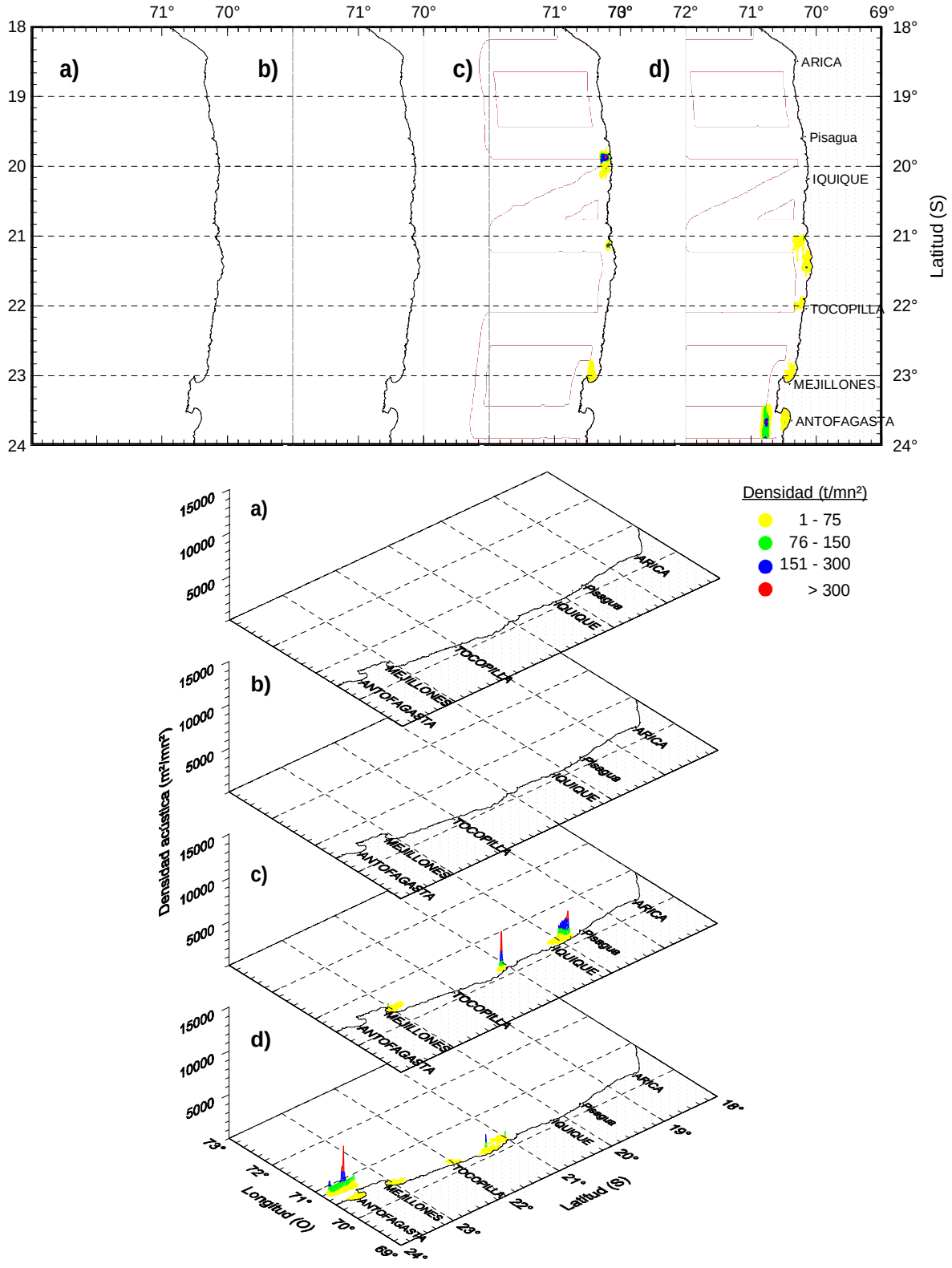


Figura 164. Distribución espacial de sardina española, cruceros MOBIO a) 0305, b) 0308, c) 0312 y d) 0403.

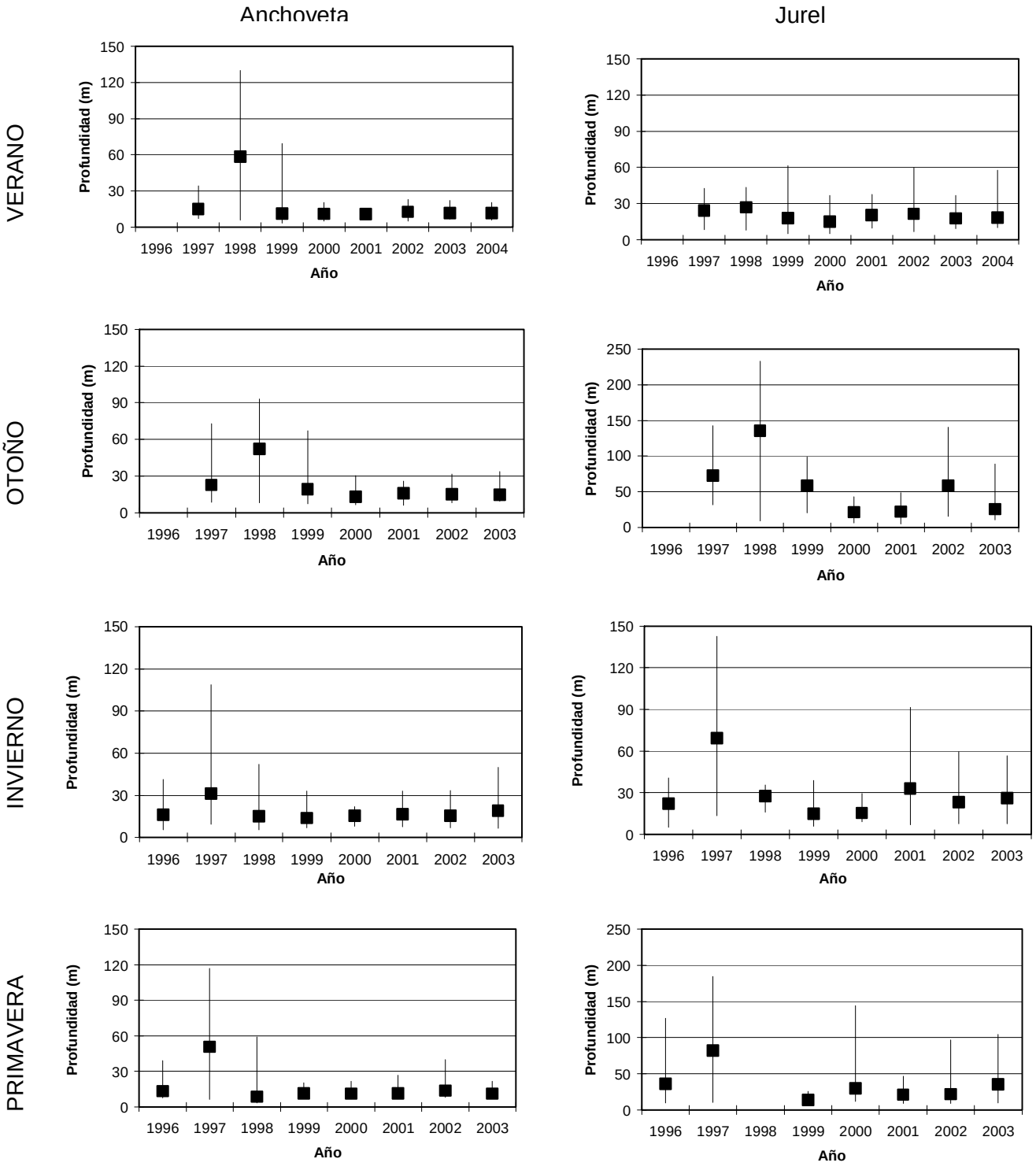


Figura 165. Profundidades máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta.

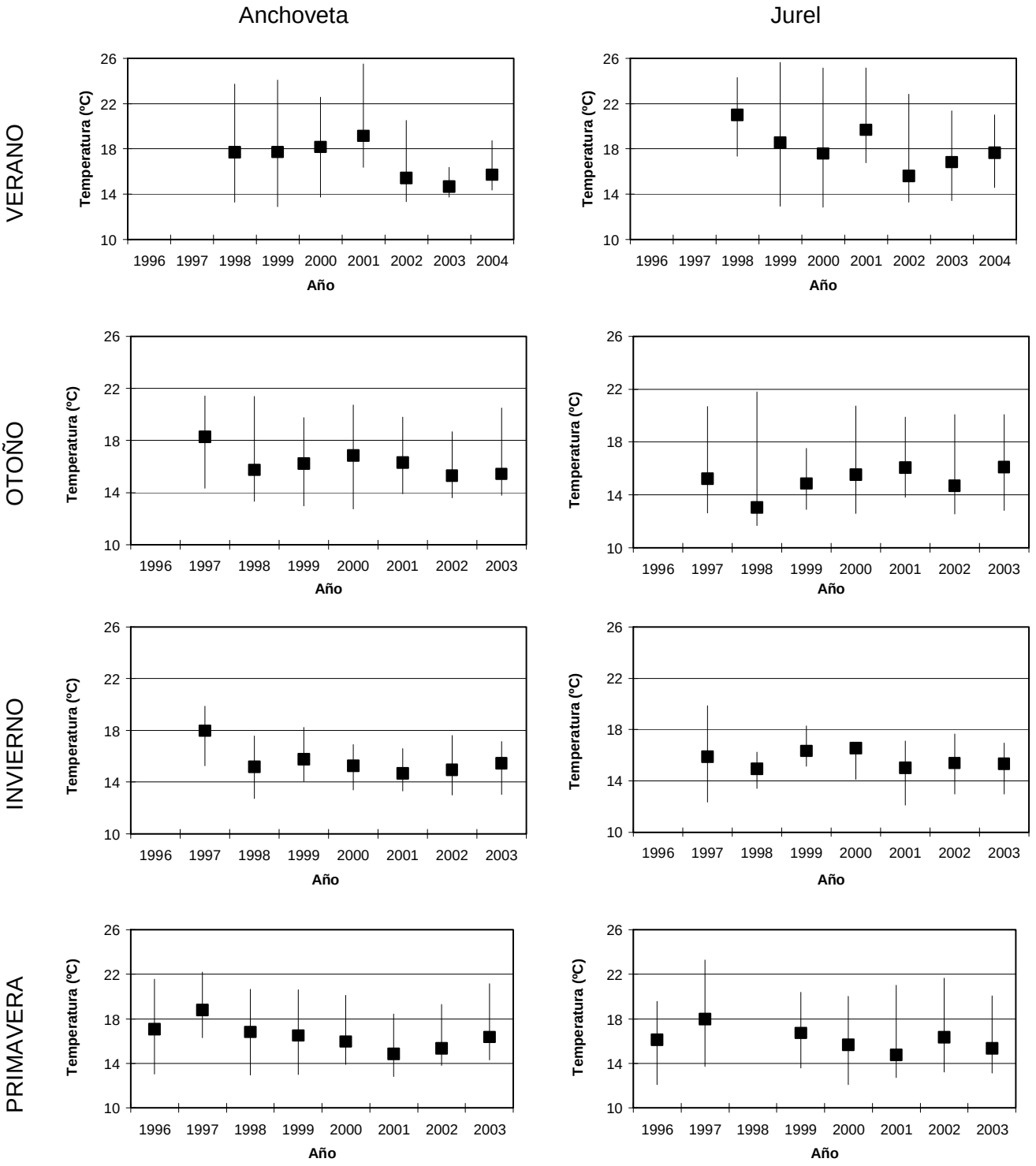


Figura 166. Temperaturas máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta.

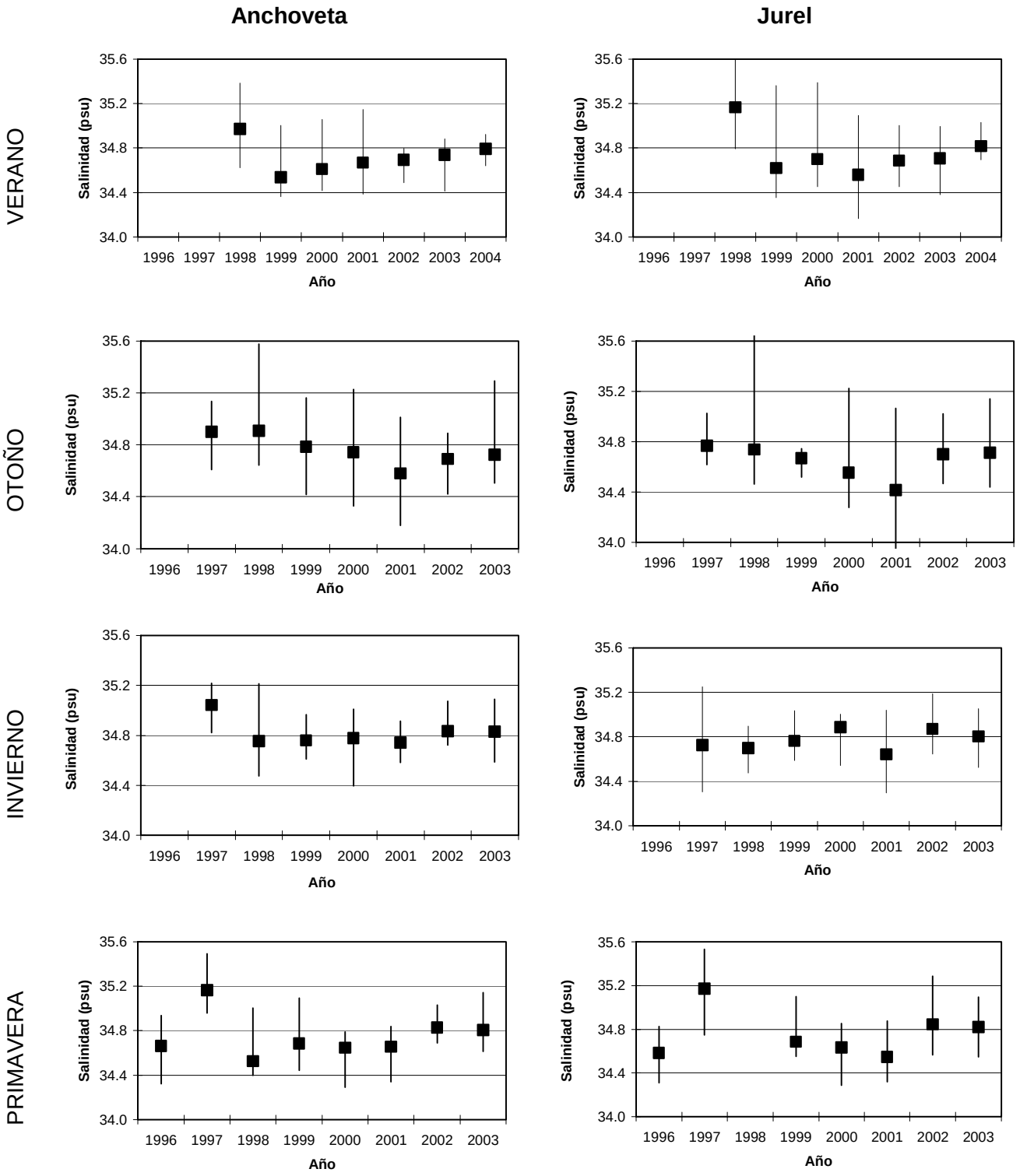


Figura 167. Salinidad (psu) máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta.

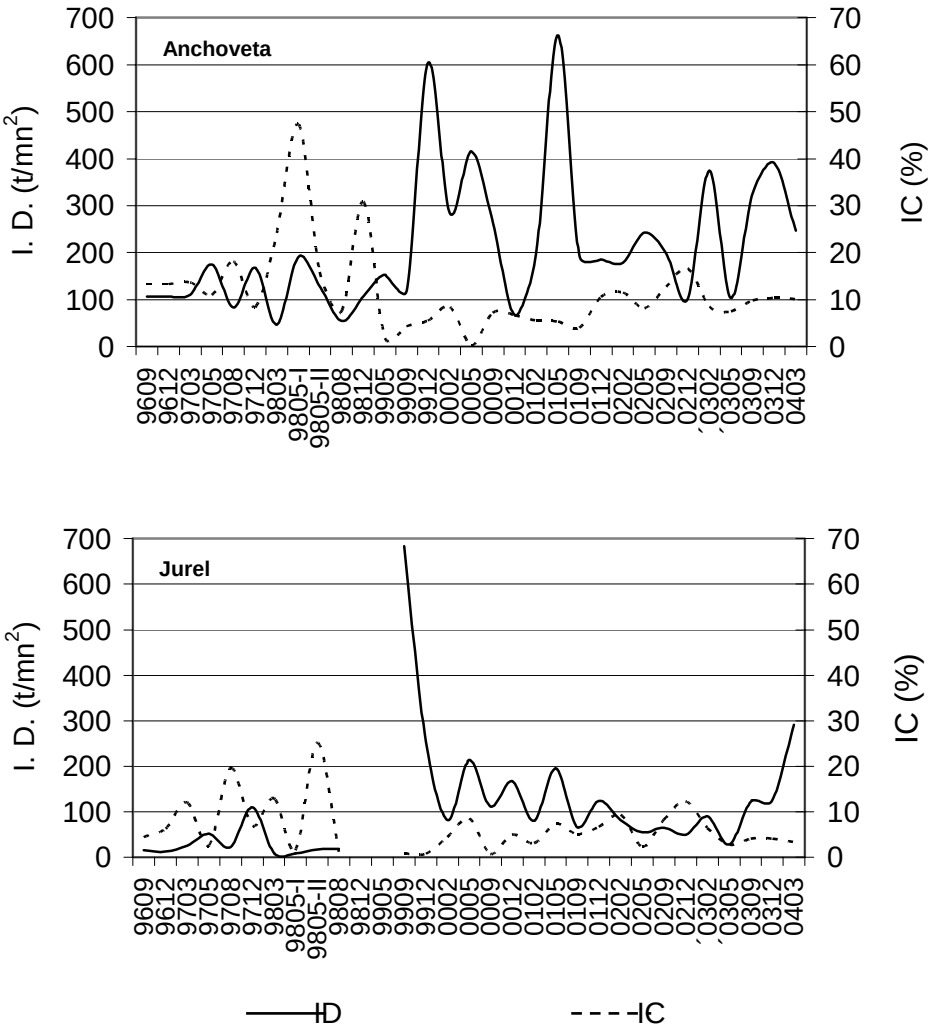


Figura 168. Índices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) secuenciales de anchoveta y jurel, periodo 1996-2004 (verano).

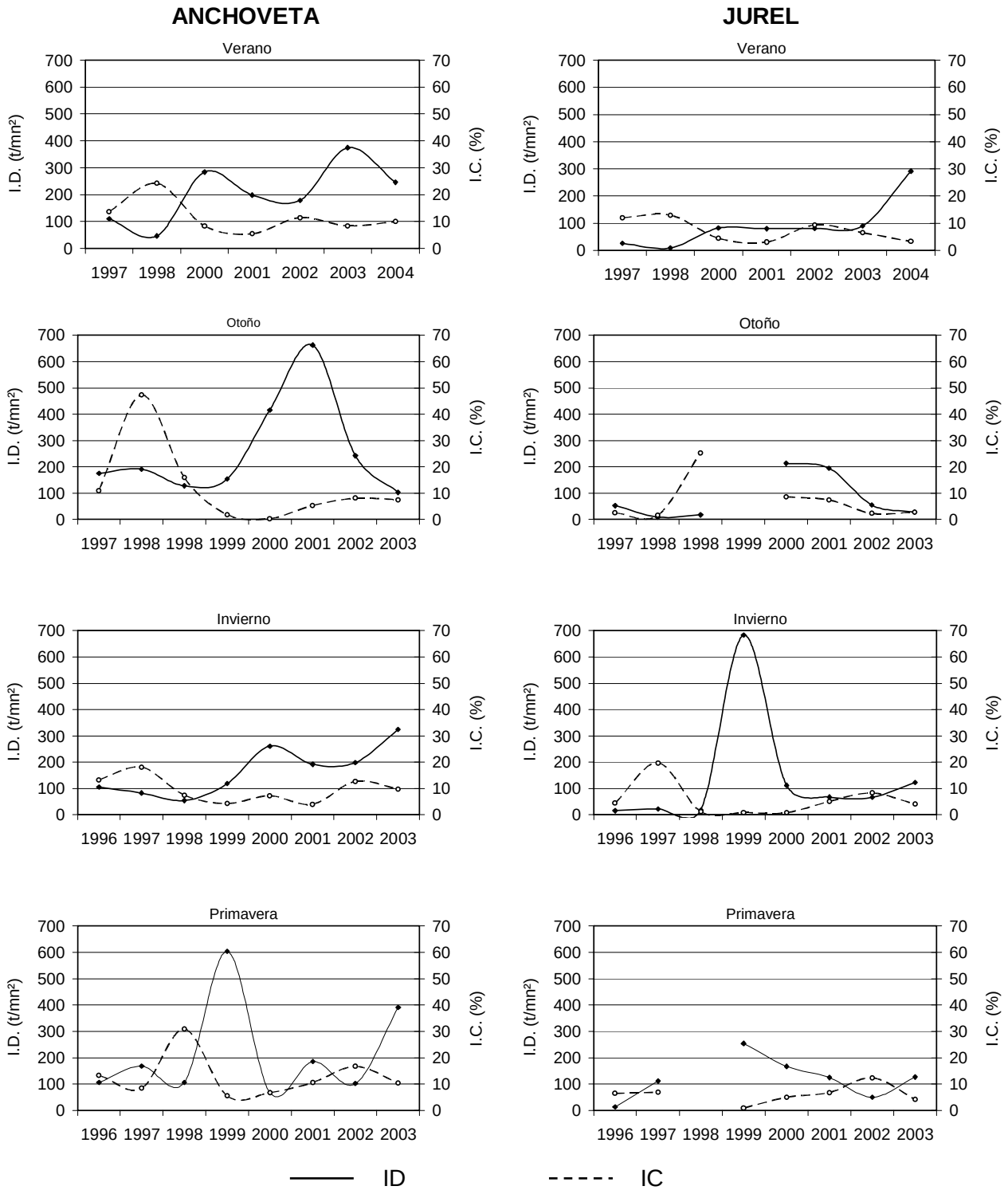


Figura 169. Índices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) estacionales de anchoveta y jurel, periodo 1996-2004 (verano).

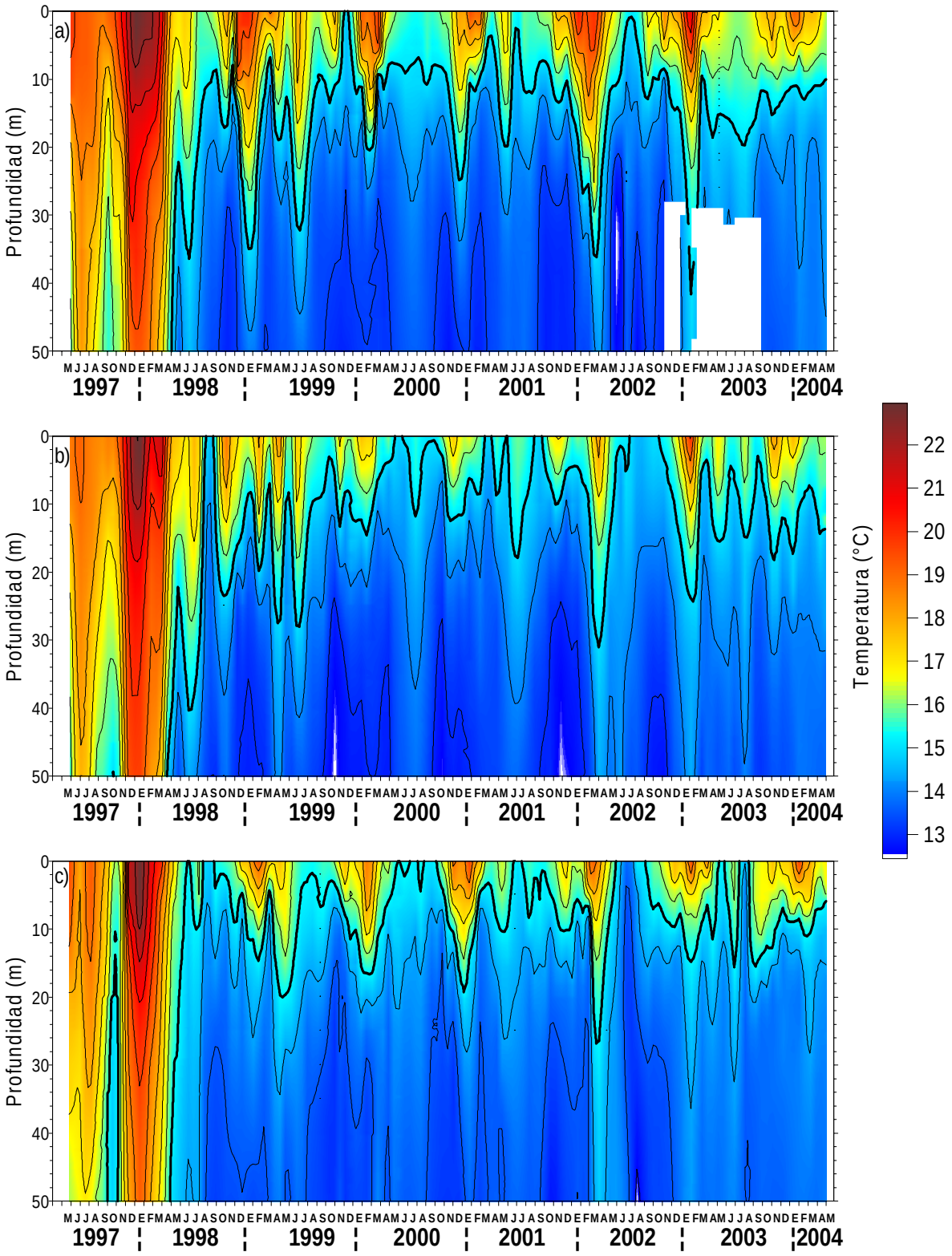


Figura 170. Variabilidad temporal de la distribución vertical de temperatura (°C) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Mayo de 2004.

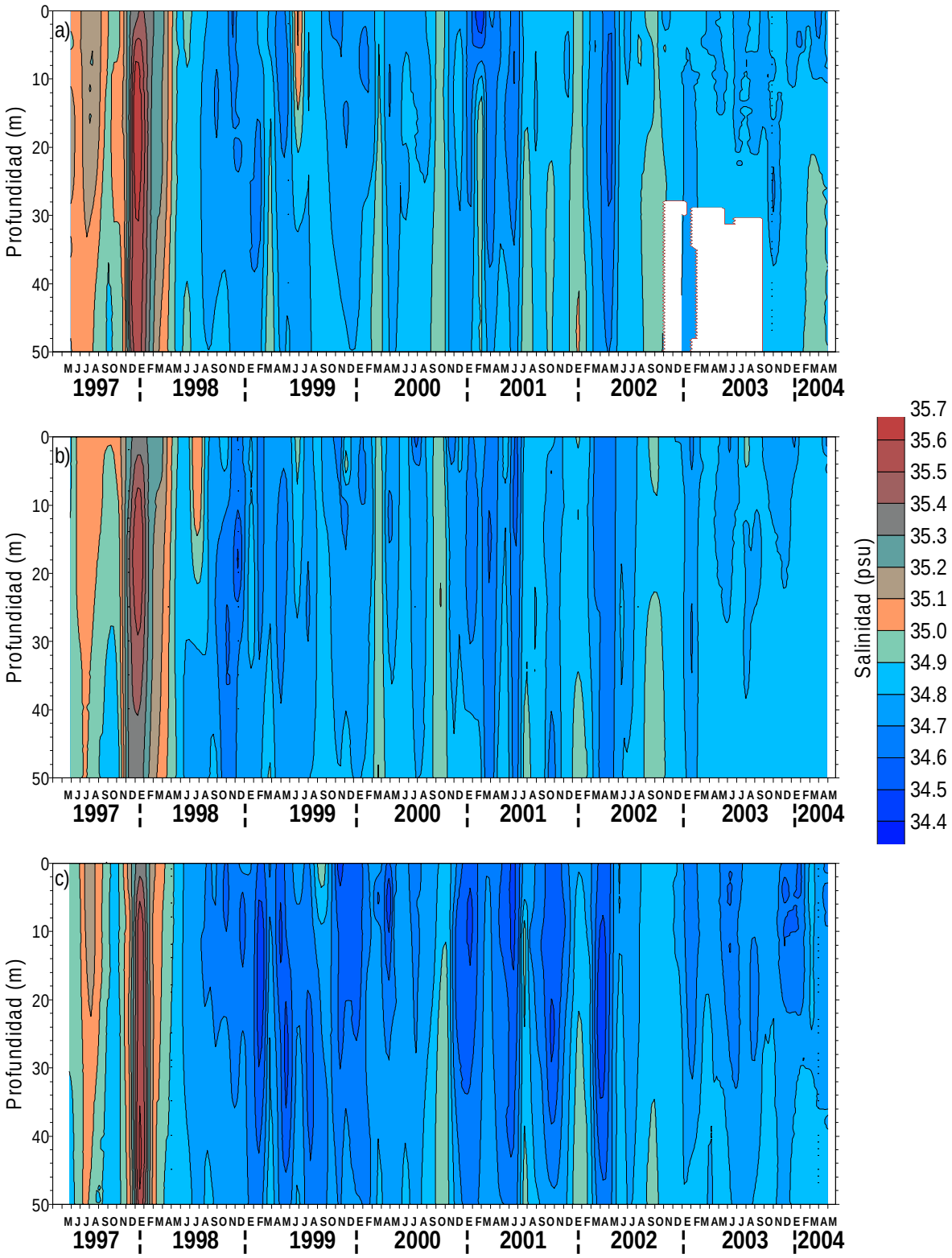


Figura 171. Variabilidad temporal de la distribución vertical de salinidad (psu) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Mayo de 2004.

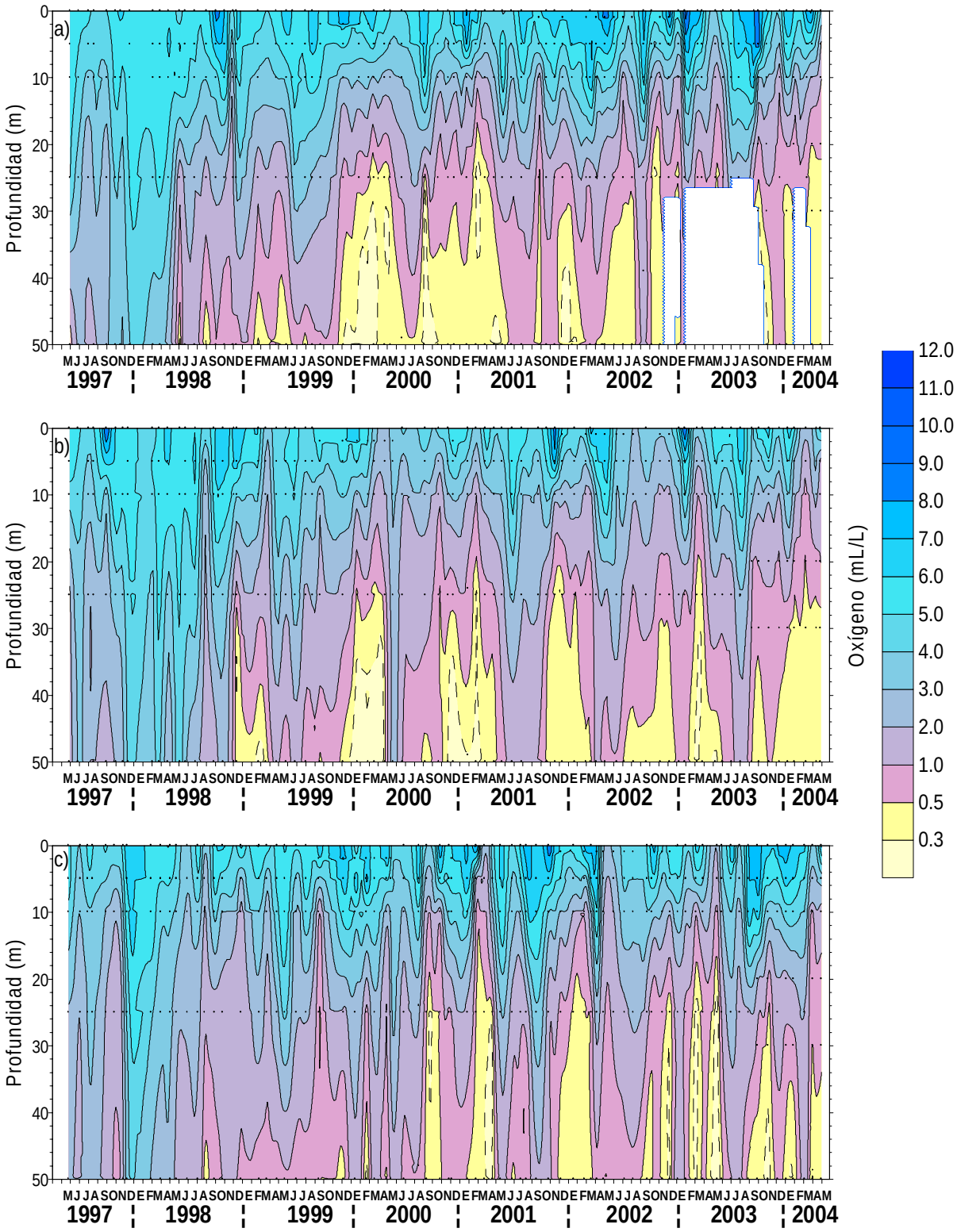


Figura 172. Variabilidad temporal de la distribución de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Mayo de 2004.

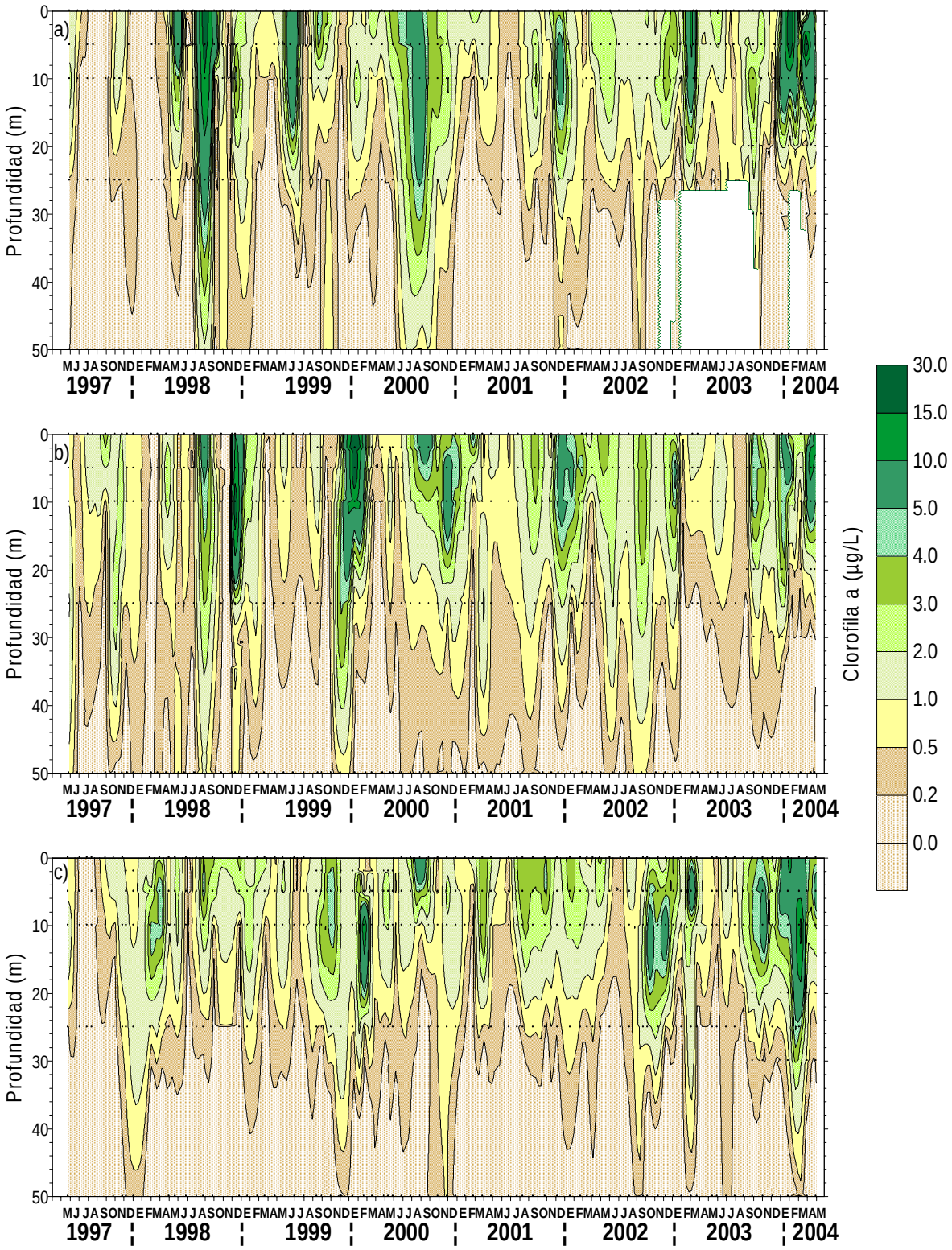
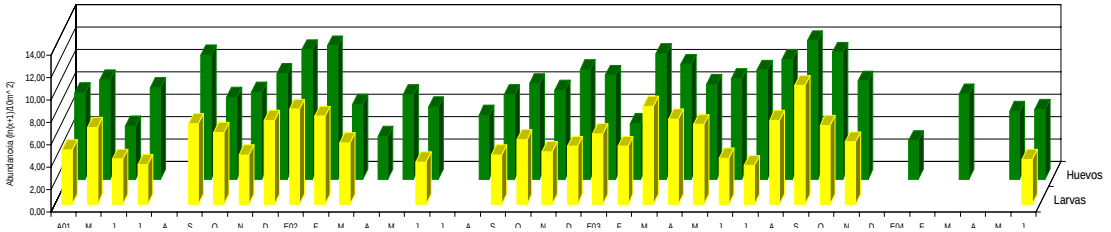
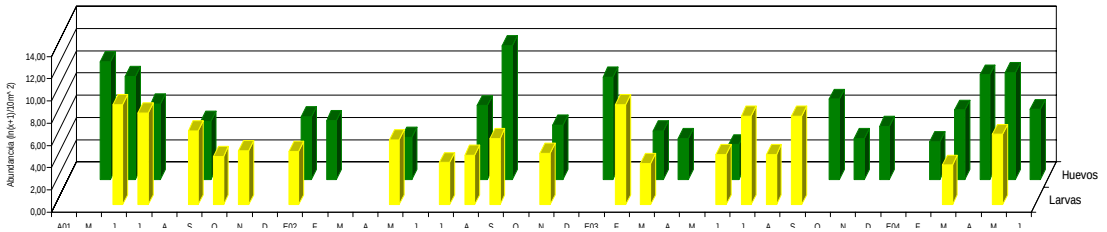


Figura 173. Variabilidad temporal de la distribución de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila a (µg/L) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), Mayo 1997 a Mayo de 2004.

ARICA



IQUIQUE



MEJILLONES

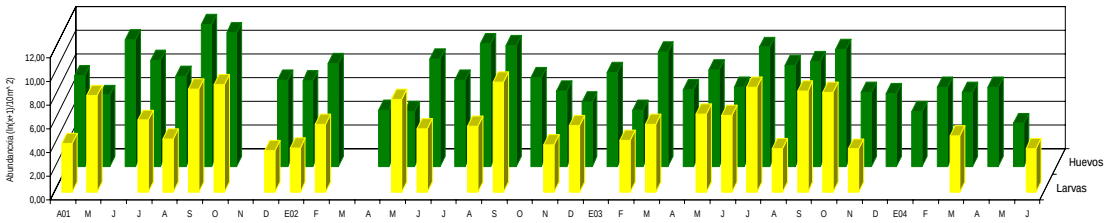


Figura 174 . Variación temporal de la distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Abril 2001 - Junio 2004.

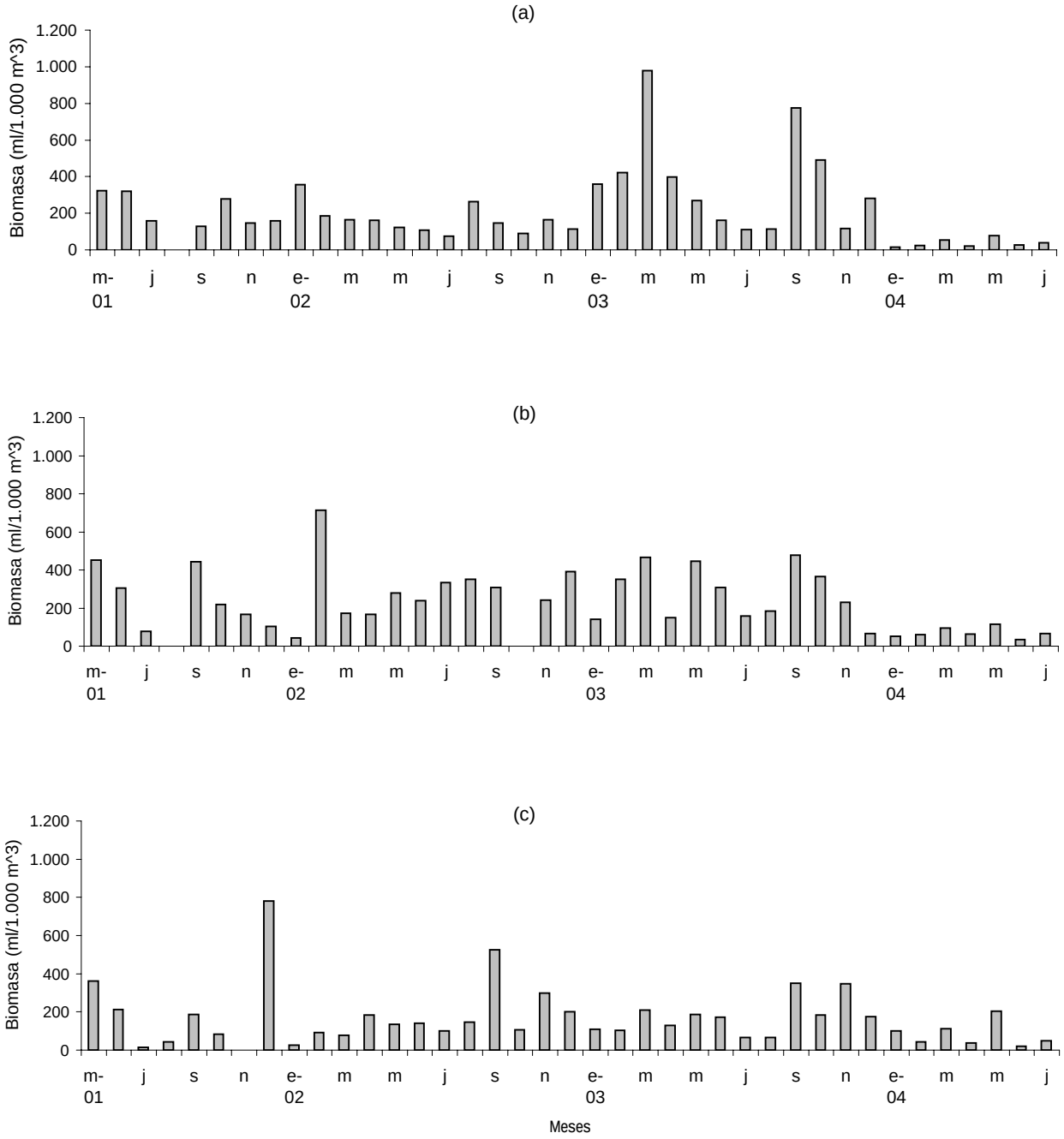


Figura 175. Variación temporal de la distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 2001 - Junio 2004.

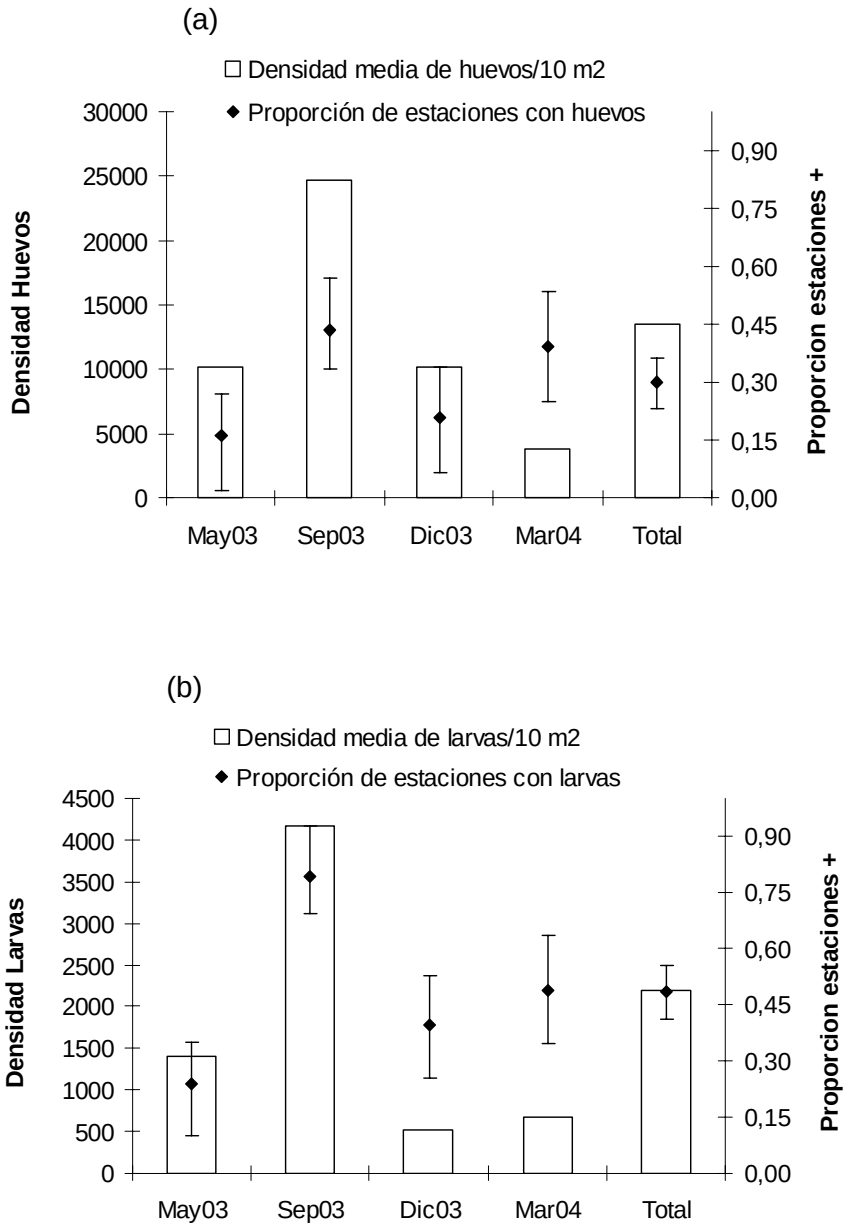


Figura 176. Densidad media y proporción de estaciones positivas con su intervalo de confianza para huevos (a) y larvas (b) de anchoveta, por crucero y total. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

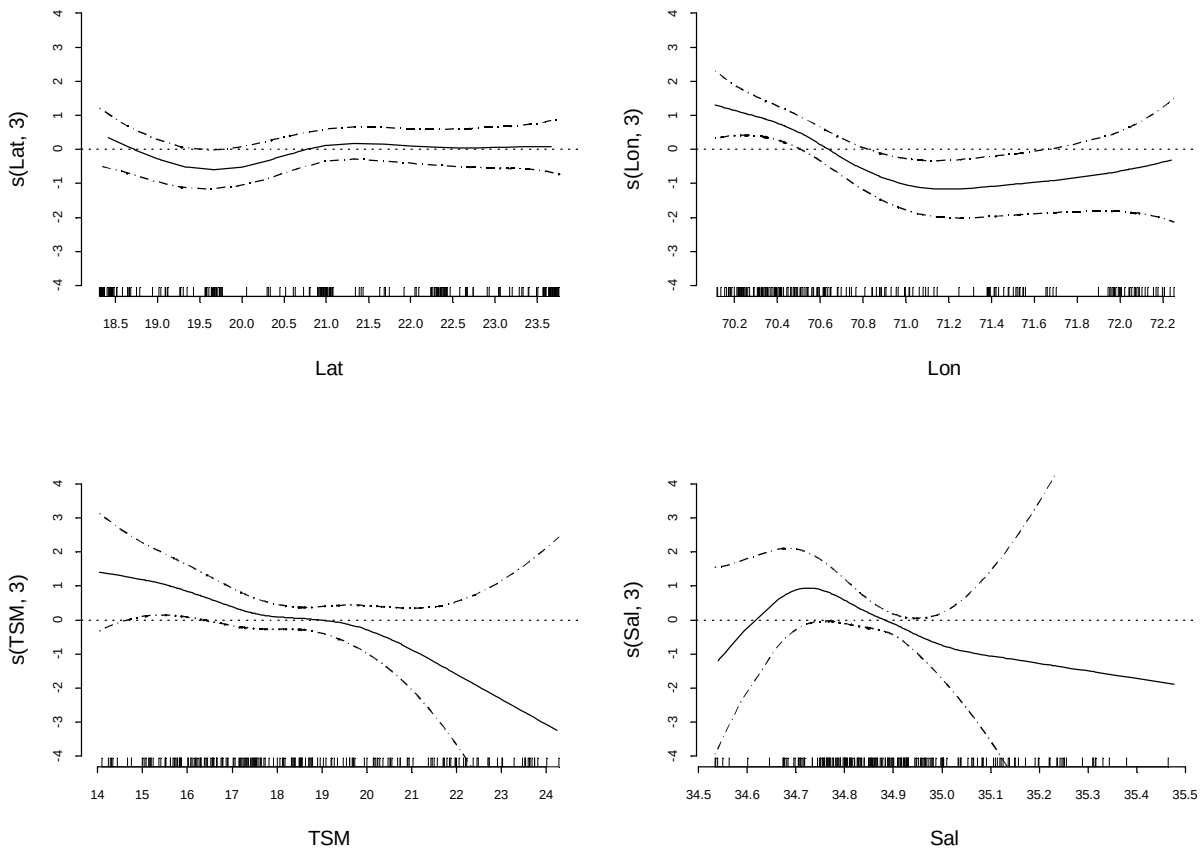


Figura 177. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de huevos de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

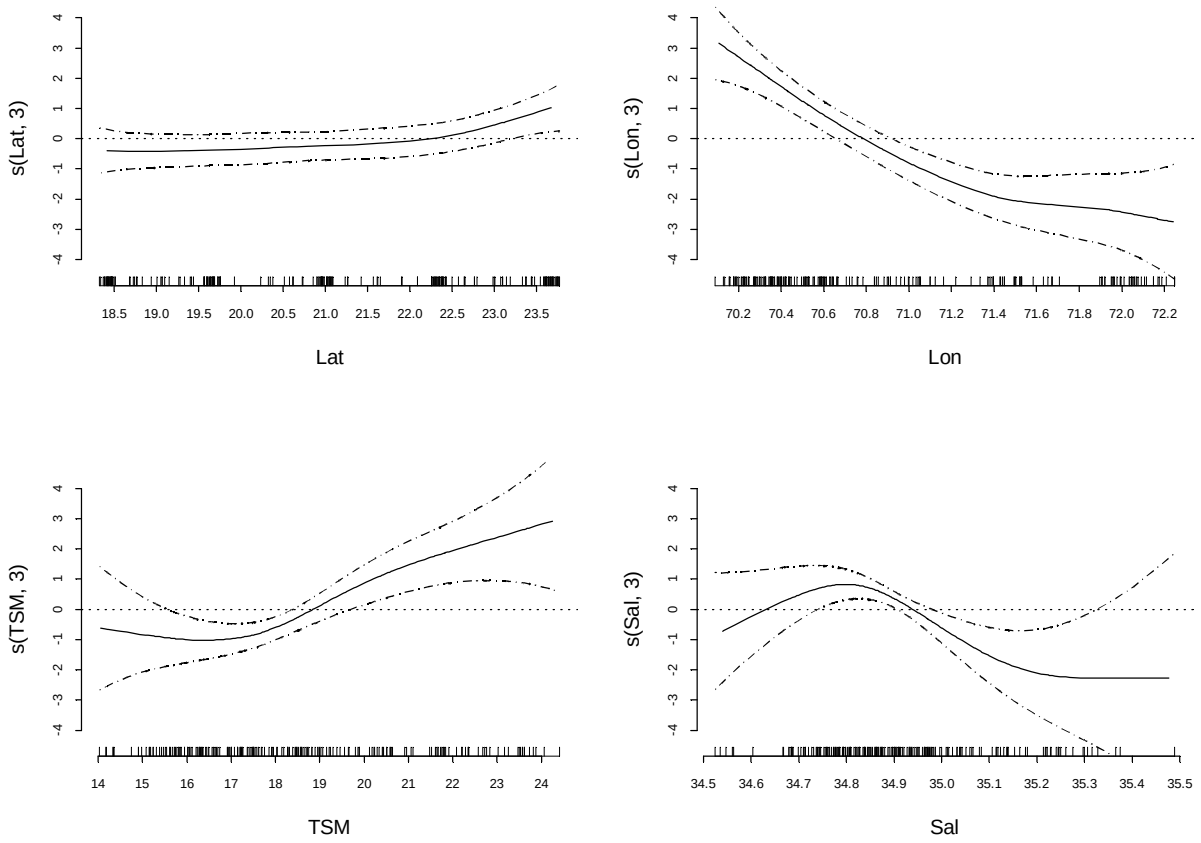


Figura 178. Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable presencia/ausencia de larvas de anchoveta por estación, ajustado un modelo binomial con sobre-dispersión (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

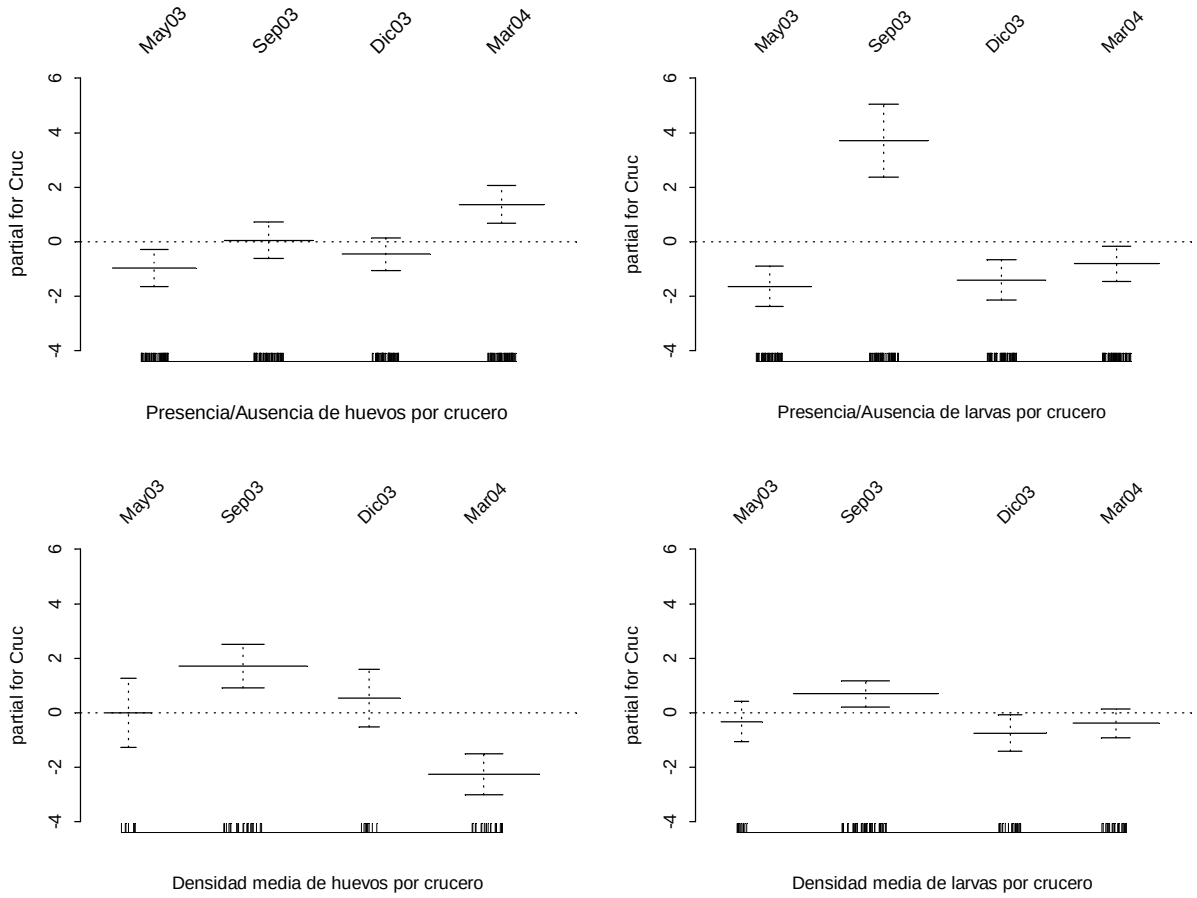


Figura 179 Tendencias de los índices por crucero obtenidos del ajuste de modelos GAM para la presencia/ausencia y la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

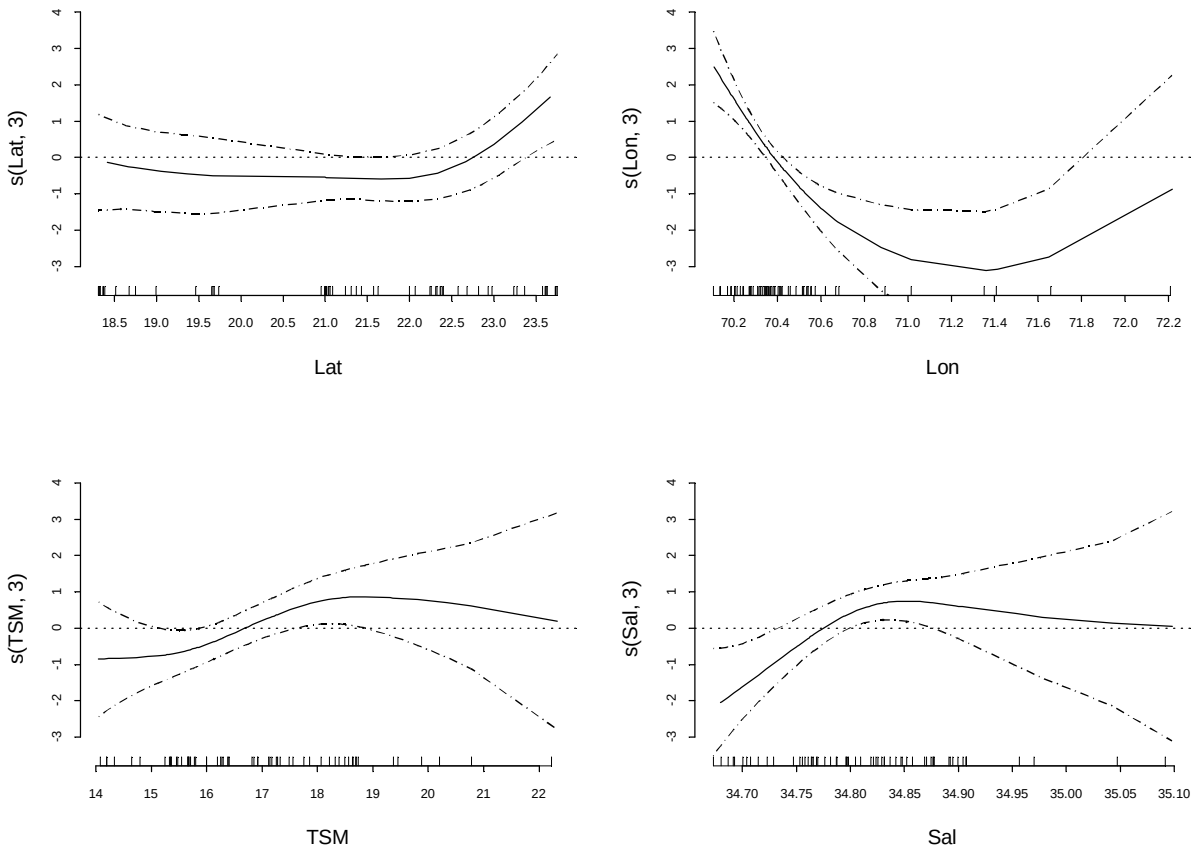


Figura 180 Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de huevos de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

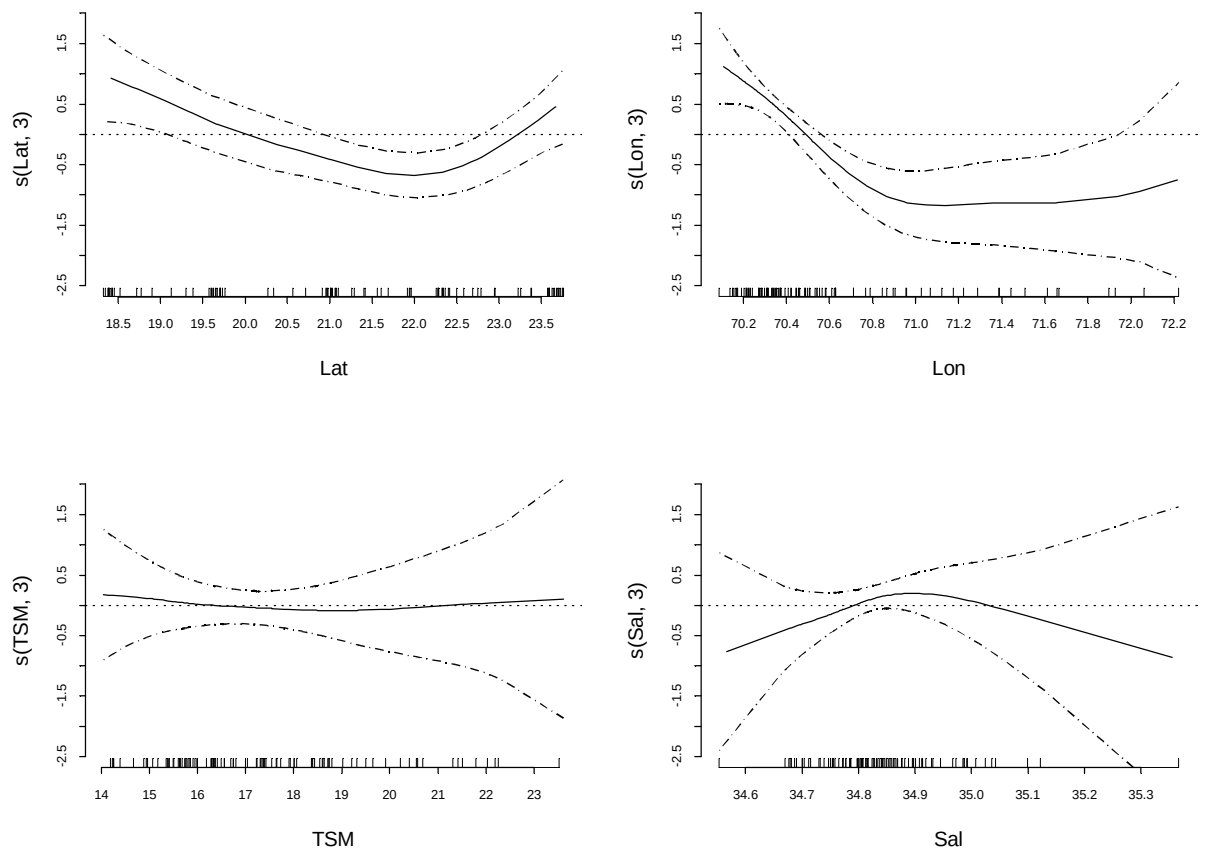


Figura 181 Efectos de los predictores latitud (Lat), longitud (Lon), temperatura (TSM) y salinidad (Sal) superficial sobre la variable logaritmo de la densidad de larvas de anchoveta en las estaciones positivas, ajustado un modelo normal (GAM). El cero en el eje vertical indica que no existe efecto del predictor sobre la variable respuesta, líneas segmentadas corresponden a las bandas de confianza y s(X,*P*) corresponde a la función suavizadora spline para la variable *X* con *P* grados de libertad. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004.

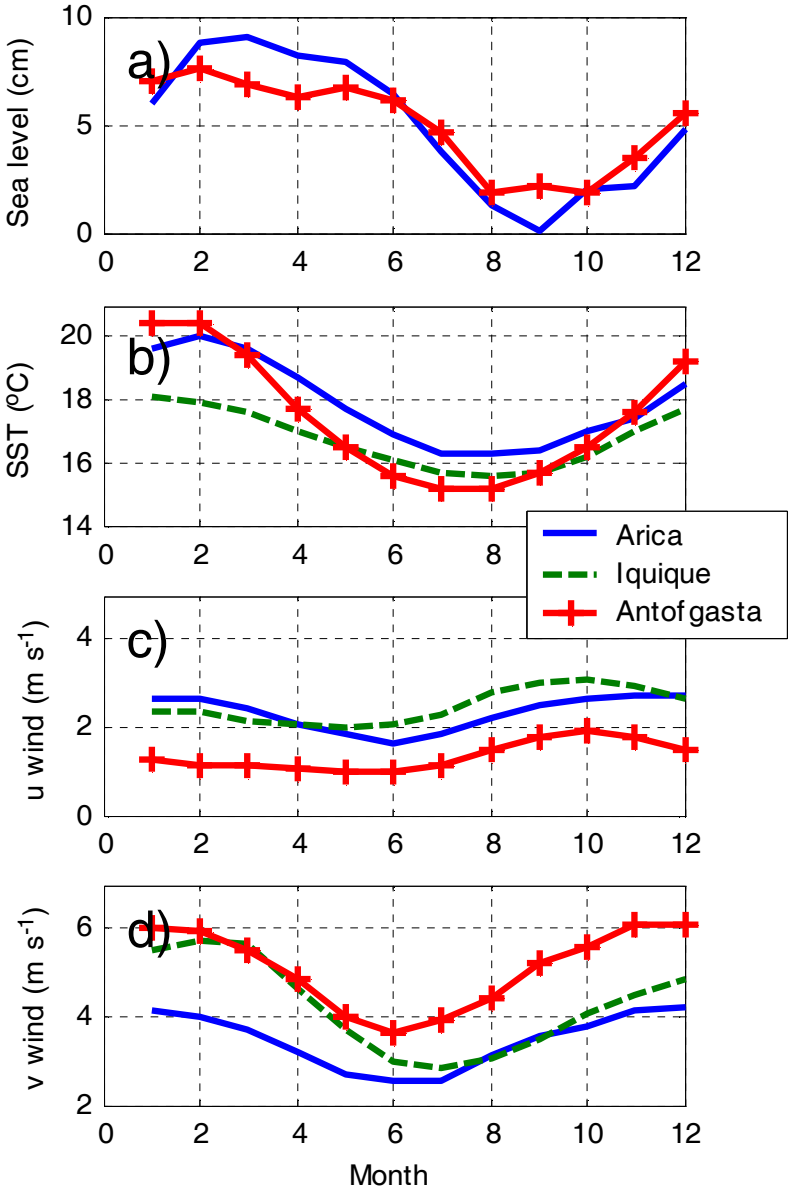


Figura 182. Climatología mensual de las estaciones costeras en Arica (línea continua), Iquique (línea punteada) y Antofagasta (cruces y línea continua) (a) del nivel del mar (Callao (línea continua) y Antofagasta solamente), (b) temperatura superficial del mar, (c) componente u de la velocidad del viento, y (d) componente v de la velocidad del viento.

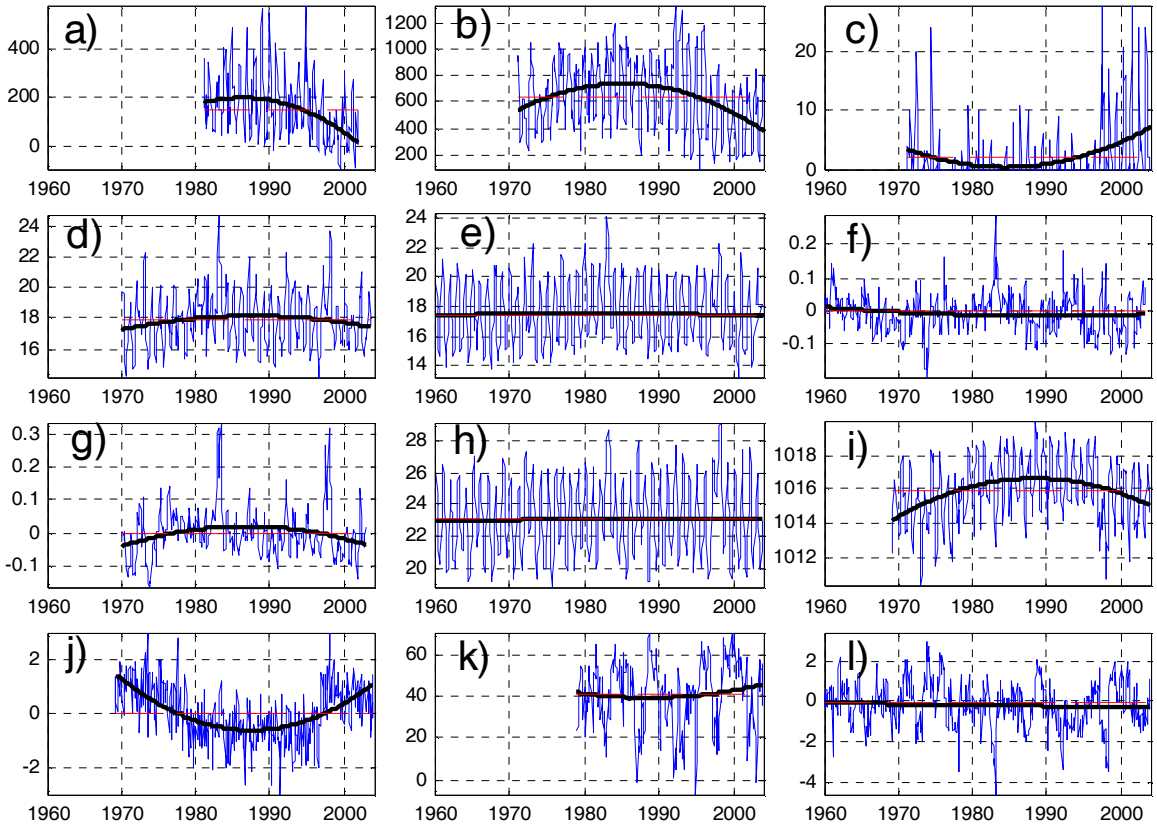


Figura 183. Series de tiempo mensual (sin procesar) de algunas series seleccionadas. Incluye el promedio (línea segmentada) y la tendencia cuadrática (línea gruesa): a) Índice de surgencia del viento geostrófico (PFEL) 21°S y 71°S, b) Índice de surgencia de la estación costera de Antofagasta, c) eventos Lasker en la estación costera de Antofagasta, d) TSM de la estación costera de Arica, e) TSM de la estación costera de Antofagasta, f) nivel de mar de la estación costera de Callao, g) nivel del mar de la estación costera de Antofagasta, h) TSM en el área Niño 1+2, i) Presión atmosférica a nivel del mar de la estación costera de Antofagasta, j) Índice de la Corriente de Humboldt (HCI), k) radiación de onda larga (OLR) e l) índice de la oscilación del sur (SOI).

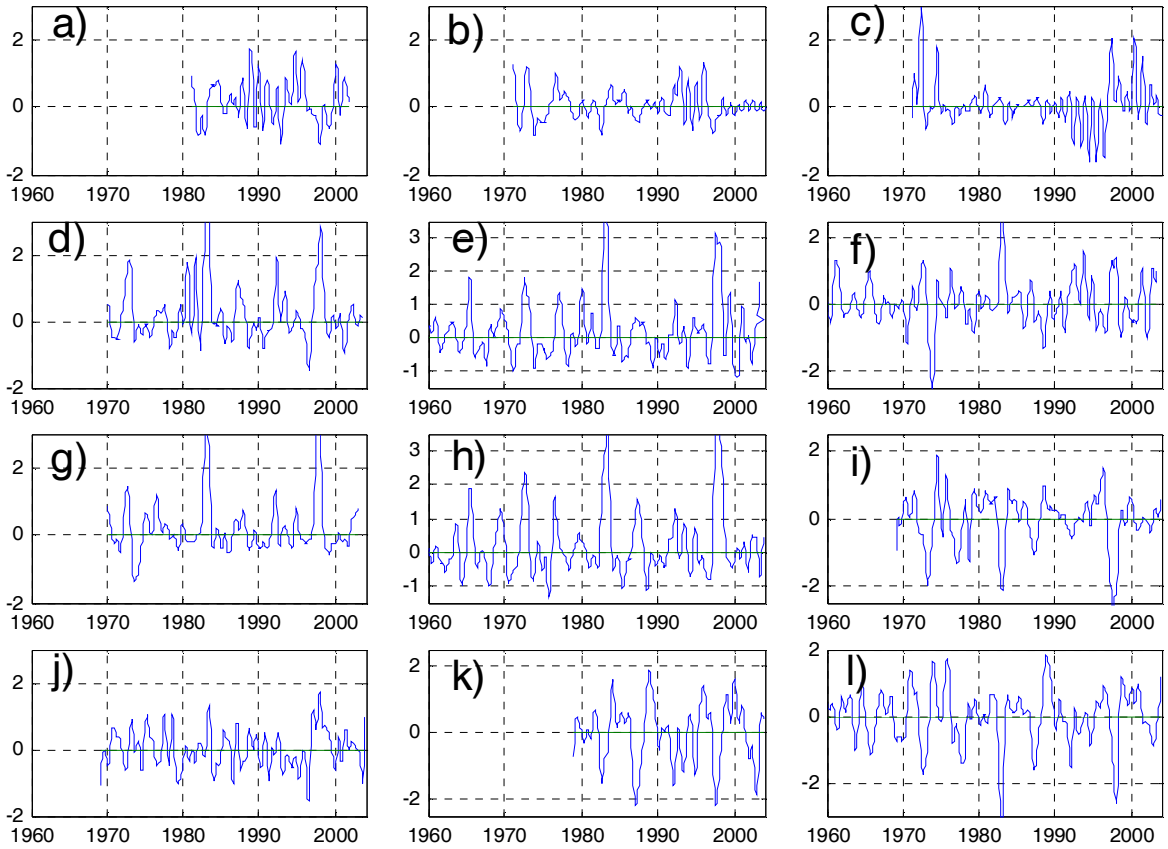


Figura 184. Anomalía mensual (Residual de STL) de las series de tiempo. Datos suavizados con un filtro low-pass butterworth bidireccional de cuarto orden de 5 meses. (Igual que en la Figura 183). [STL (Seasonal trend decomposition based in Loess)]

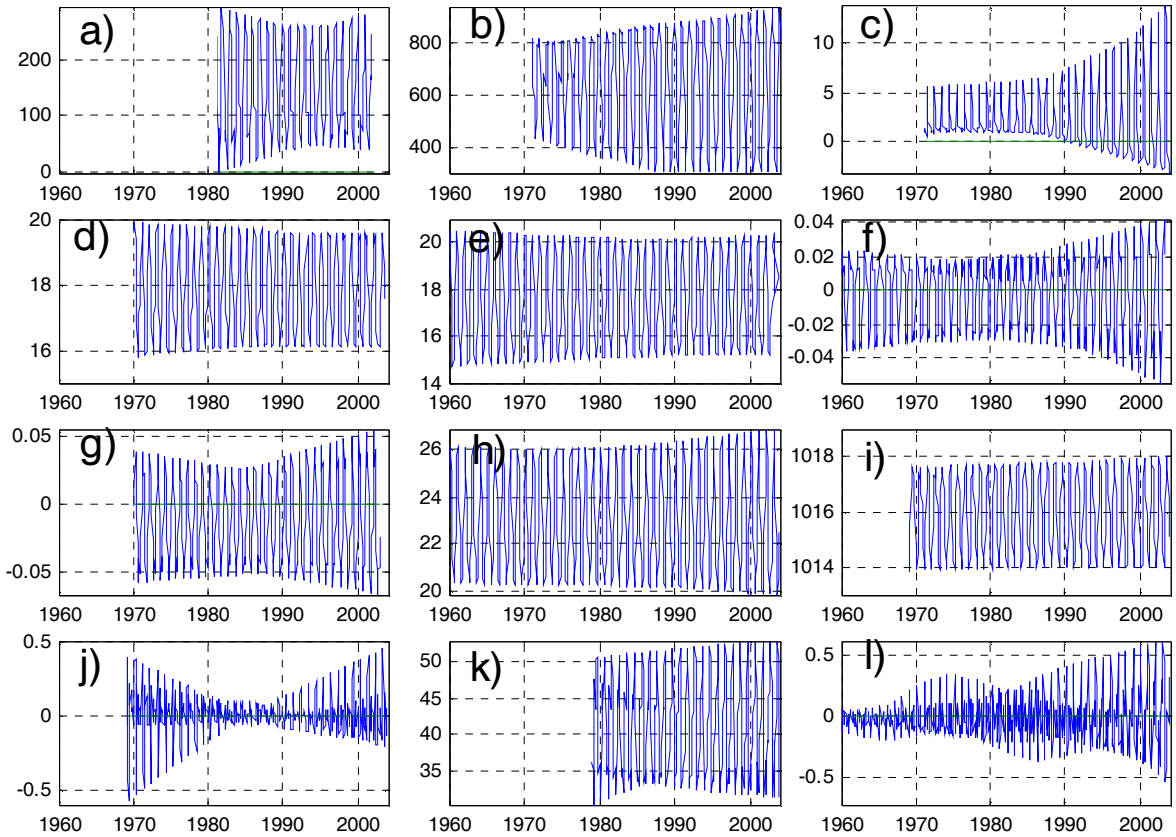


Figura 185. Estacionalidad de STL de las series de tiempo mensuales (Igual que en la Figura 183). [STL (Seasonal trend decomposition based in Loess)]

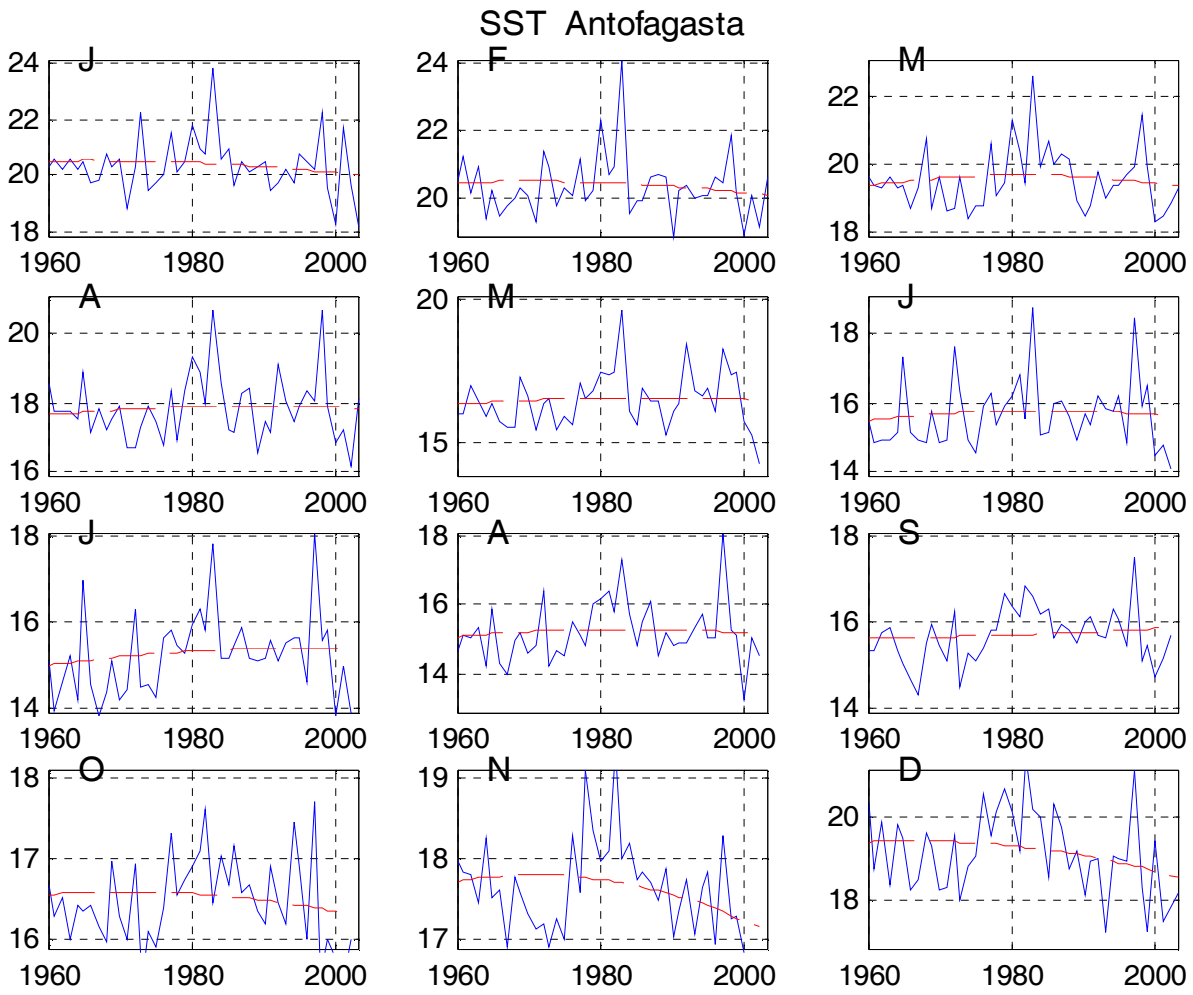


Figura 186. Variabilidad mensual de los datos mensuales de TSM de Antofagasta y tendencia cuadrática para cada mes.

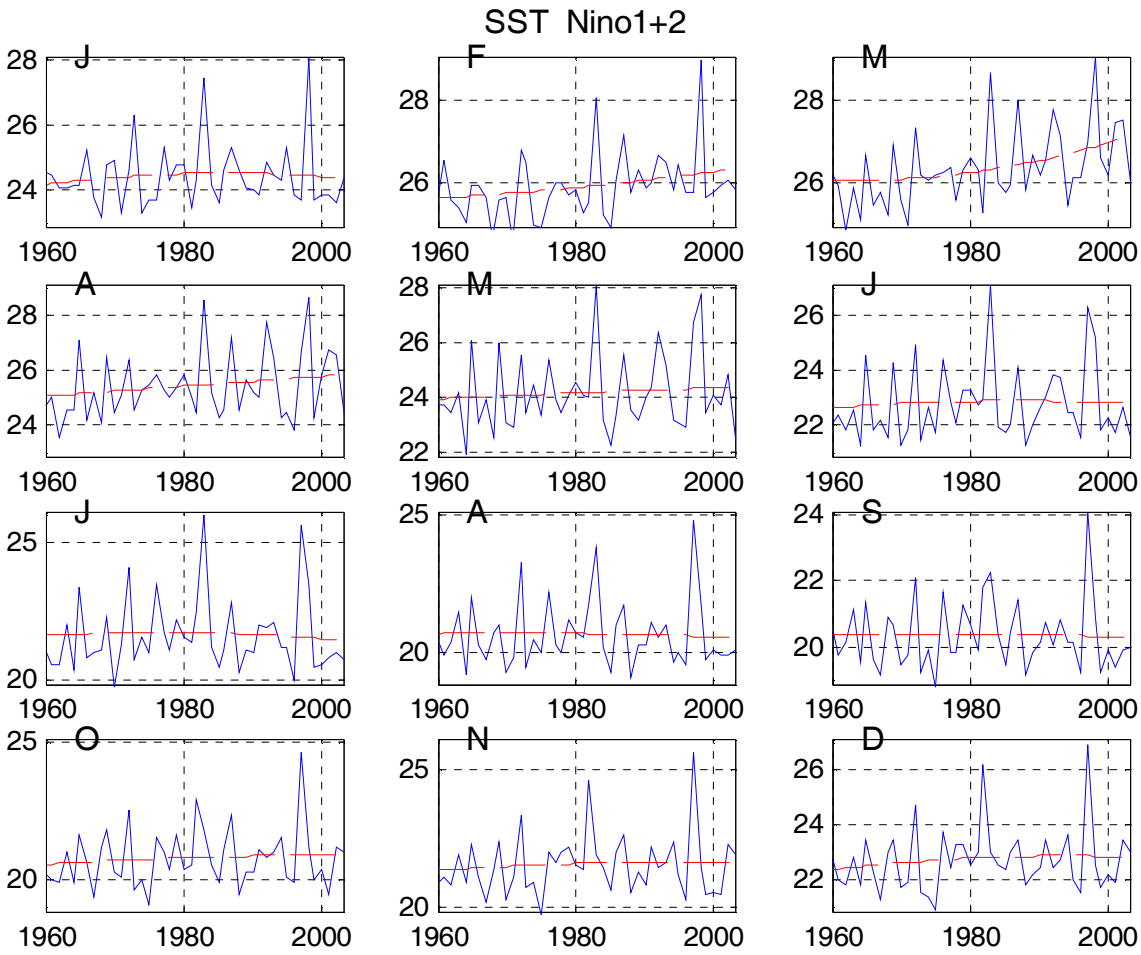


Figura 187 Variabilidad mensual de los datos mensuales de TSM del area Niño 1+2 y tendencia cuadrática para cada mes.

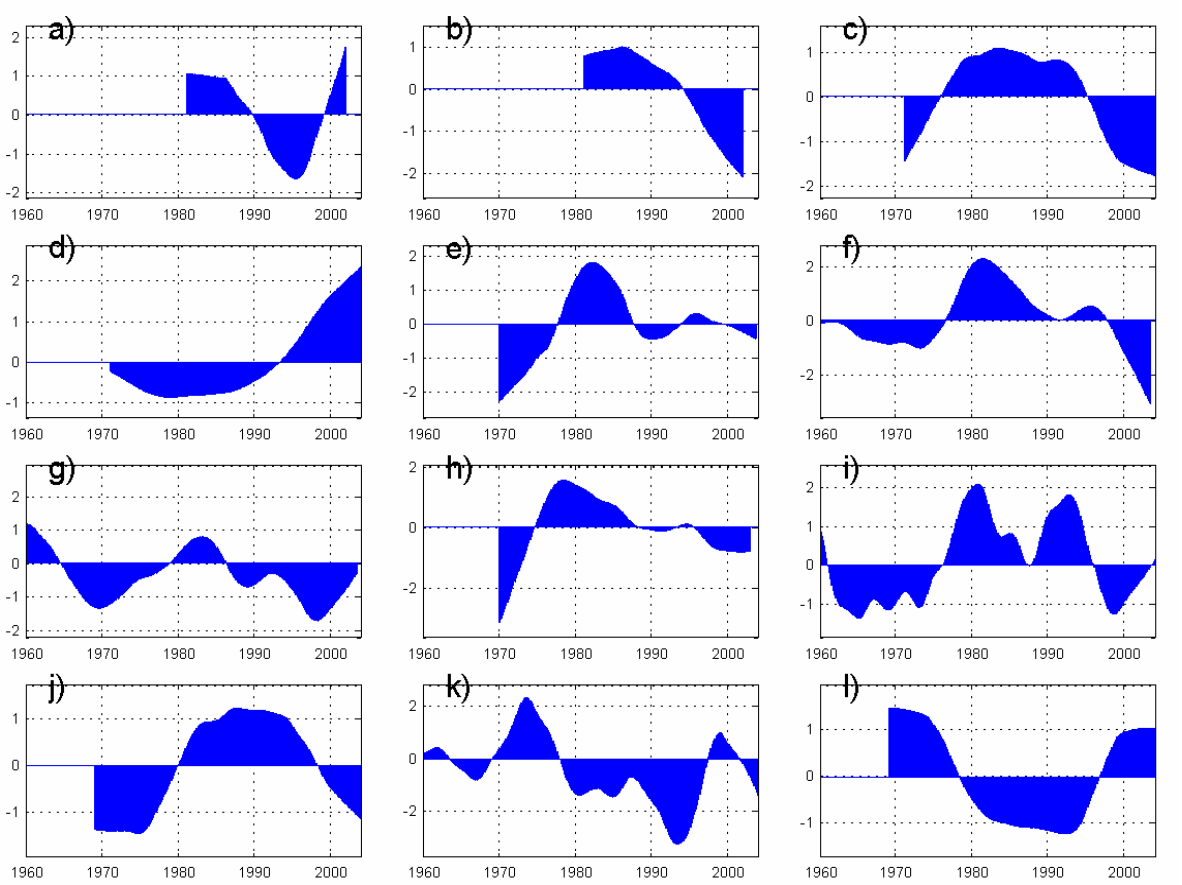


Figura 188. Tendencia de STL (filtro de 10 años) de las series de tiempo mensual. (Igual que en la Figura 183. [STL (Seasonal trend decomposition based in Loess)].

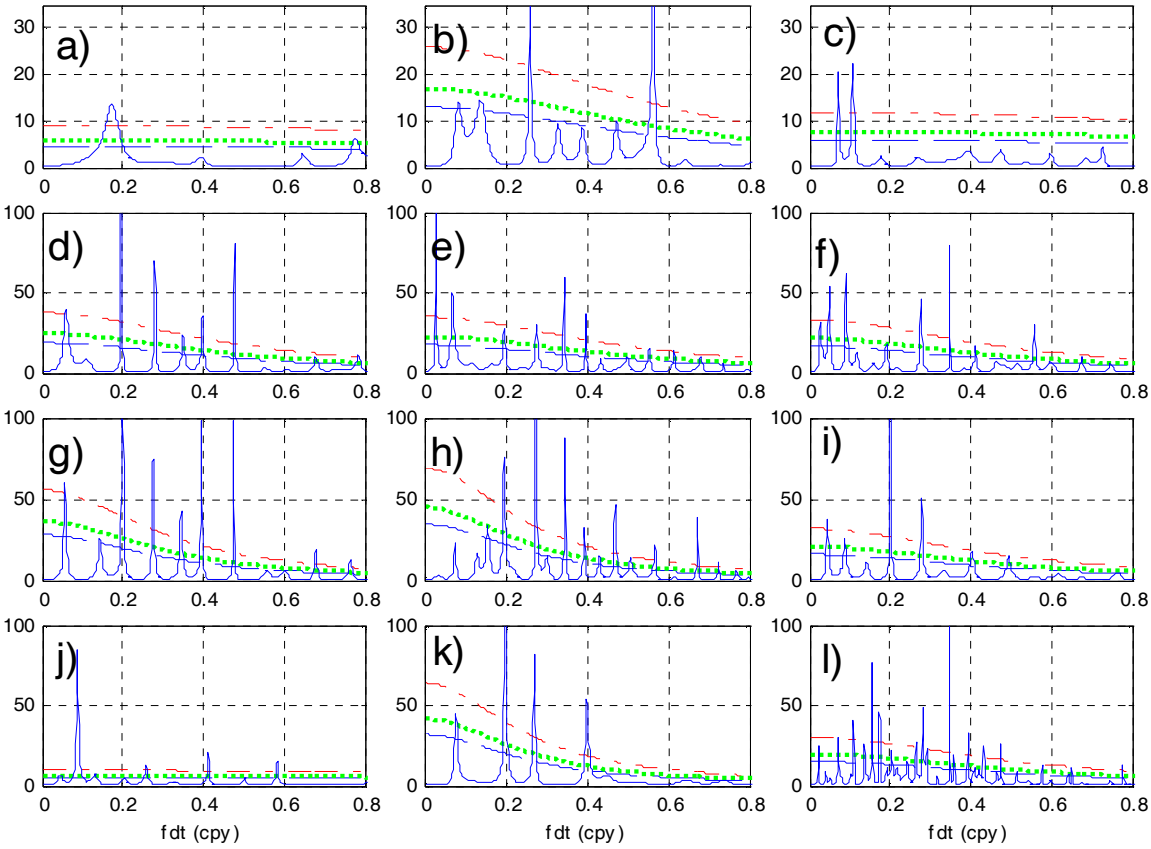


Figura 189. Espectro de máxima entropía de la anomalía las series de tiempo mensual. (Igual que en la Figura 183).

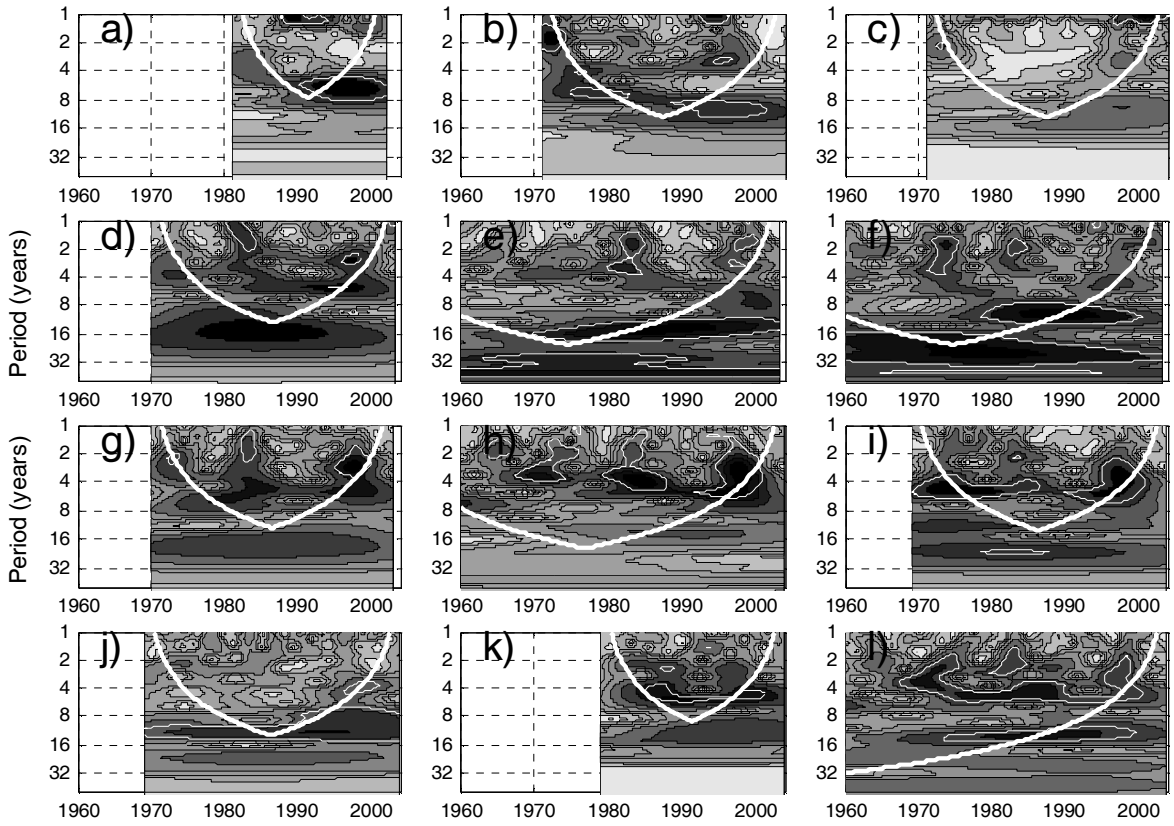


Figura 190. Espectro de wavelet (Morlet) (línea gruesa - cono de influencia y limite confianza (95%)) de las series de tiempo mensual. Colores obscuros máxima energía. (Igual que en la Figura 183).

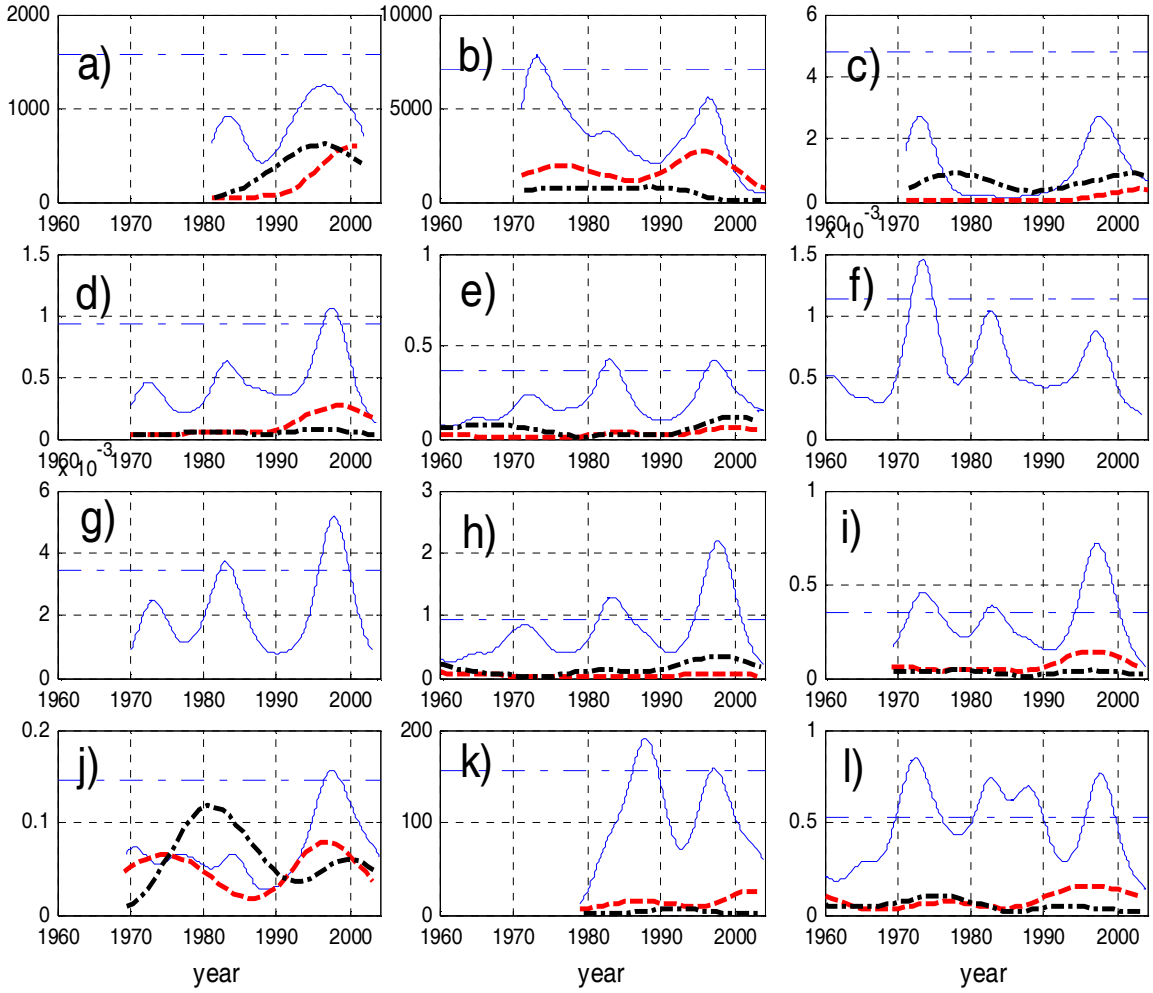


Figura 191. Varianza para el período **2 a 8 años** (línea continua azul), verano (línea segmentada roja), e invierno (línea continua gruesa) de las series de tiempo mensual (obtenida por wavelet). (Igual que en la Figura 183).

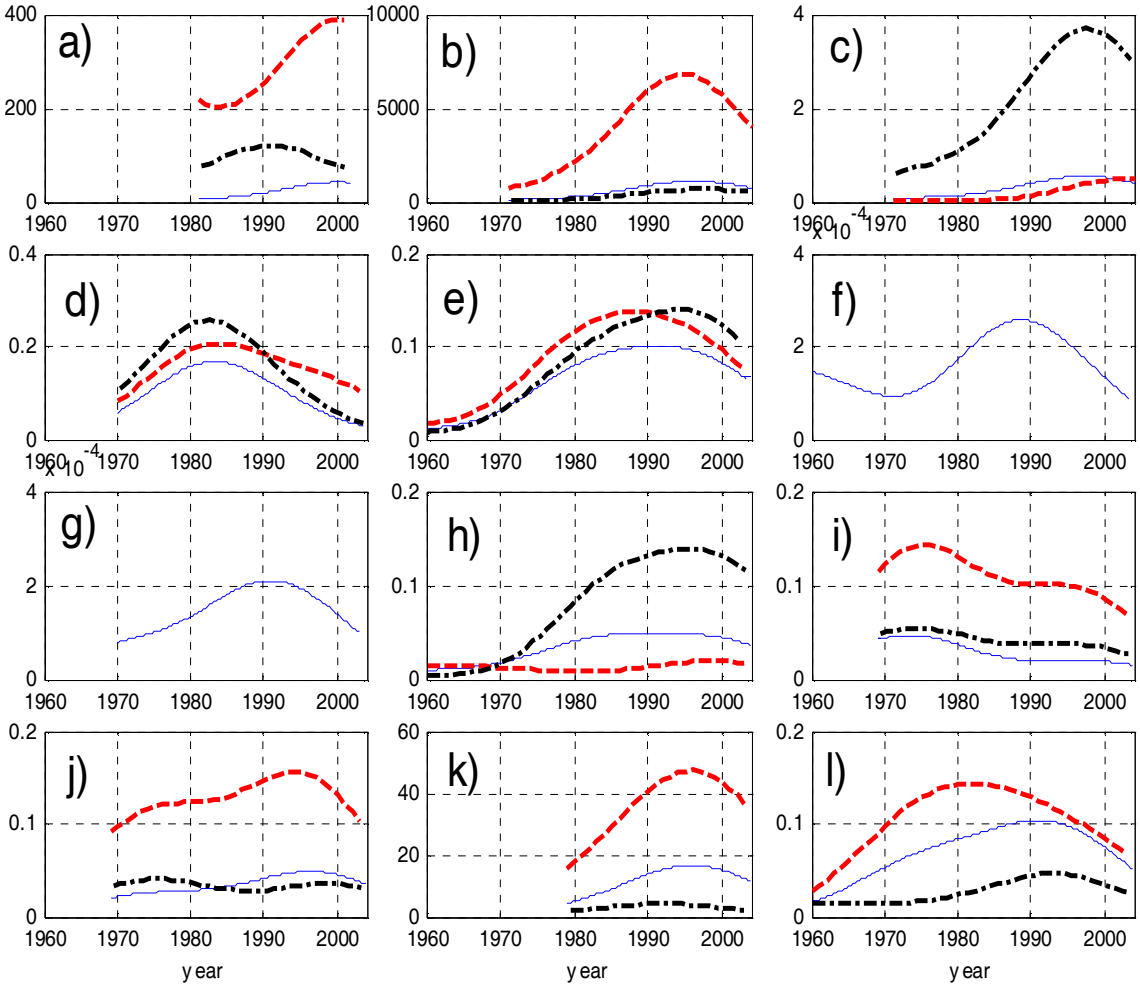


Figura 192. Varianza para el período **10 a 17 años** (línea continua azul), verano (línea segmentada roja), e invierno (línea continua gruesa) de las series de tiempo mensual (obtenida por wavelet). (Igual que en la Figura 183).

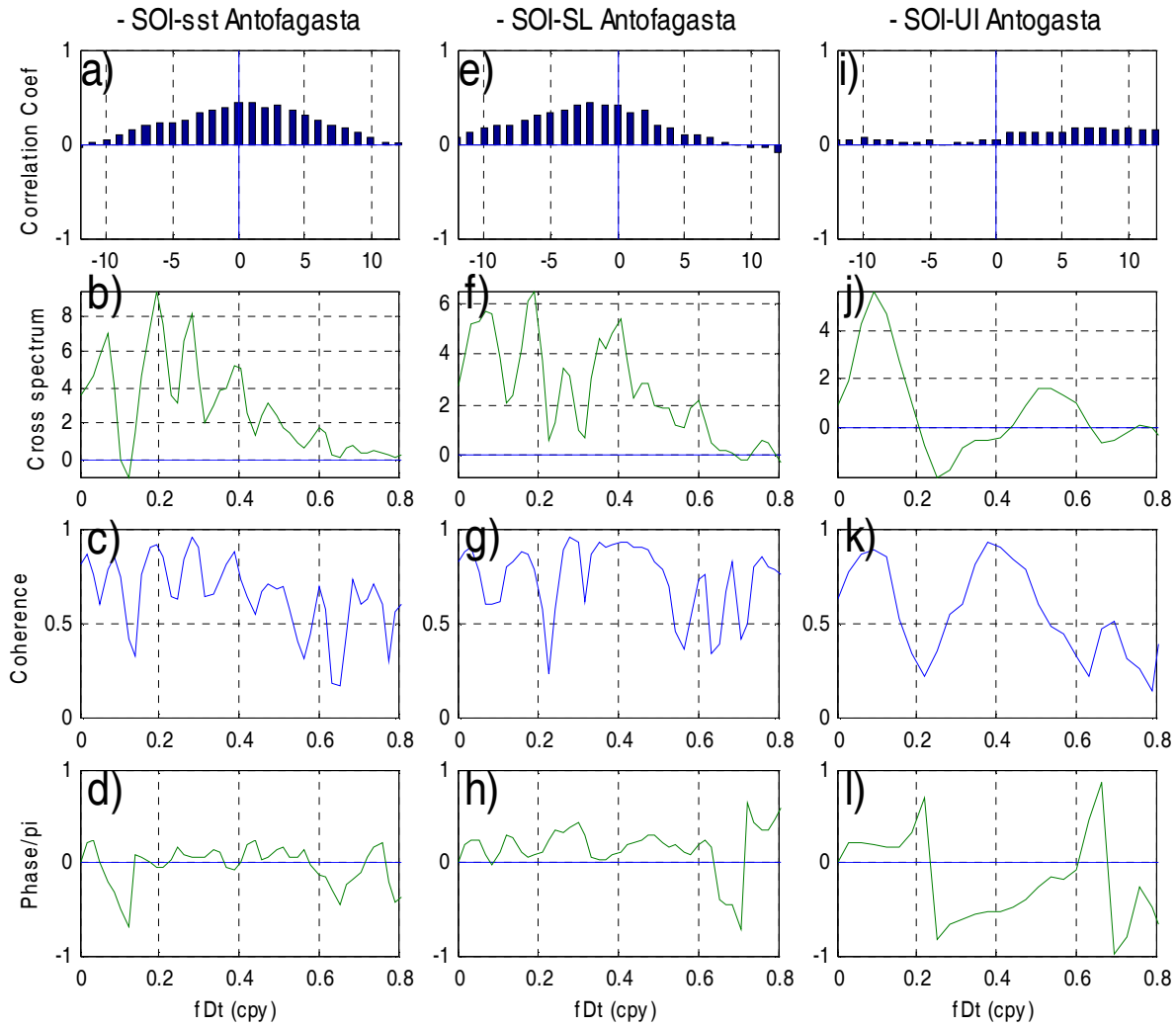


Figura 193. (a,e,i) Correlación desplazada de los datos mensuales, (b,f,j) cross espectros de las anomalías, (c, g, k) coherencia y (d, h, l) fase entre las series de tiempo mensual del Índice de oscilación del sur (por -1) (-SOI) y la temperatura superficial (sst), el nivel del mar (SL) y el índice de surgencia de Antofagasta.

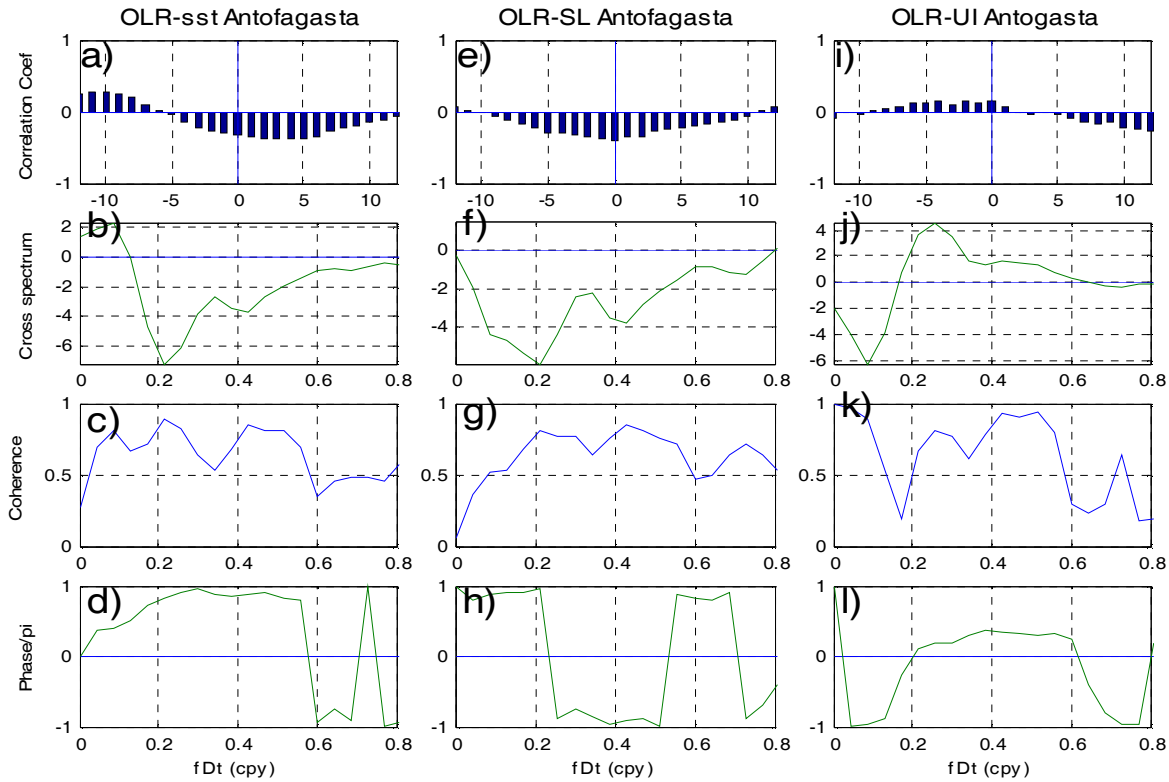


Figura 194. (a,e,i) Correlación desplazada de los datos mensuales, (b,f,j) cross espectros de las anomalías, (c, g, k) coherencia y (d, h, l) fase entre las series de tiempo mensual de la Radiación de Onda Larga en la zona ecuatorial (OLR) y la temperatura superficial (sst), el nivel del mar (SL) y el índice de surgencia de Antofagasta.

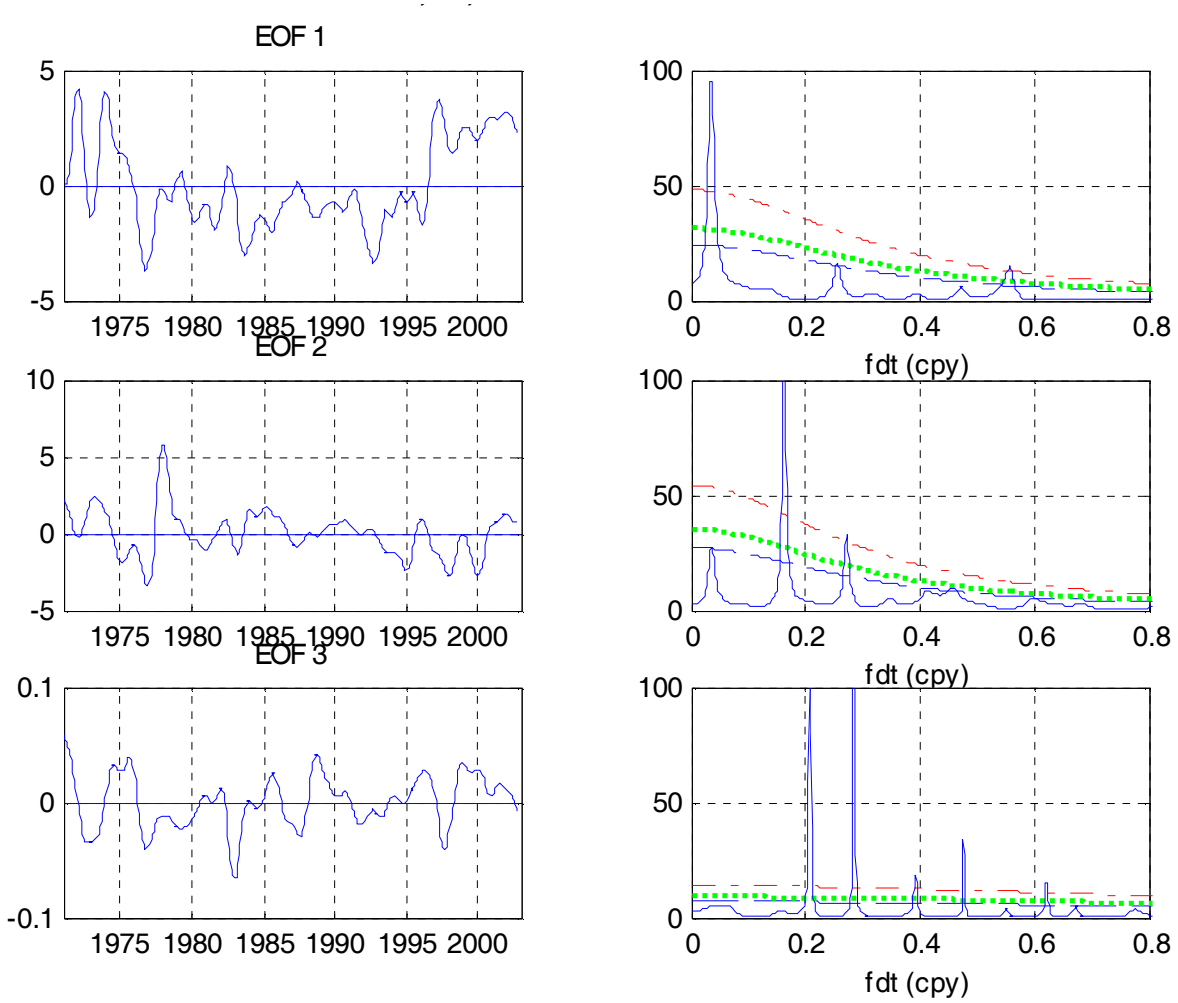


Figura 195. Tres primeros modos de EOF y su correspondiente espectro para las series mensuales de temperatura, nivel del mar, viento y presión atmosférica entre 1971 y 2003. Zona norte de Chile.

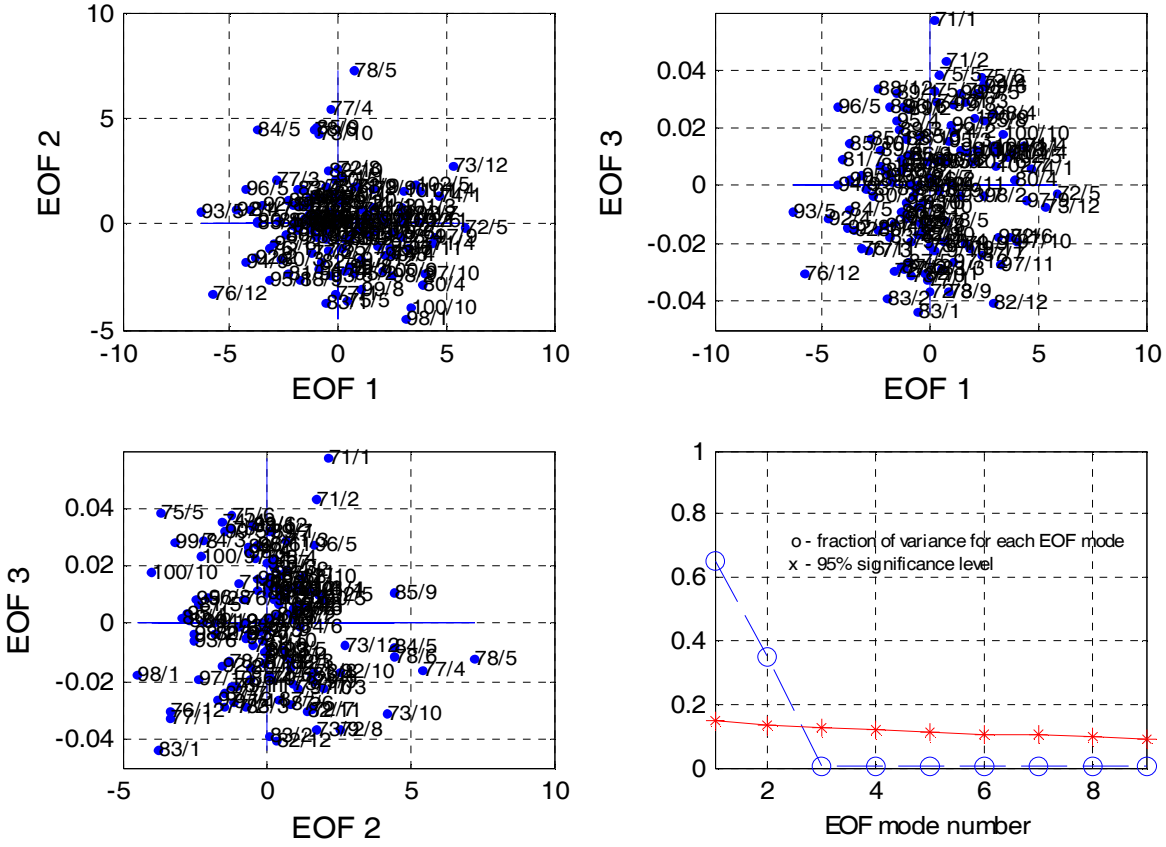


Figura 196. Relación entre los primeros tres modos de EOF para las series mensuales de temperatura, nivel del mar, viento y presión atmosférica entre 1971 y 2003 y la fracción de la varianza explicada. Zona norte de Chile.

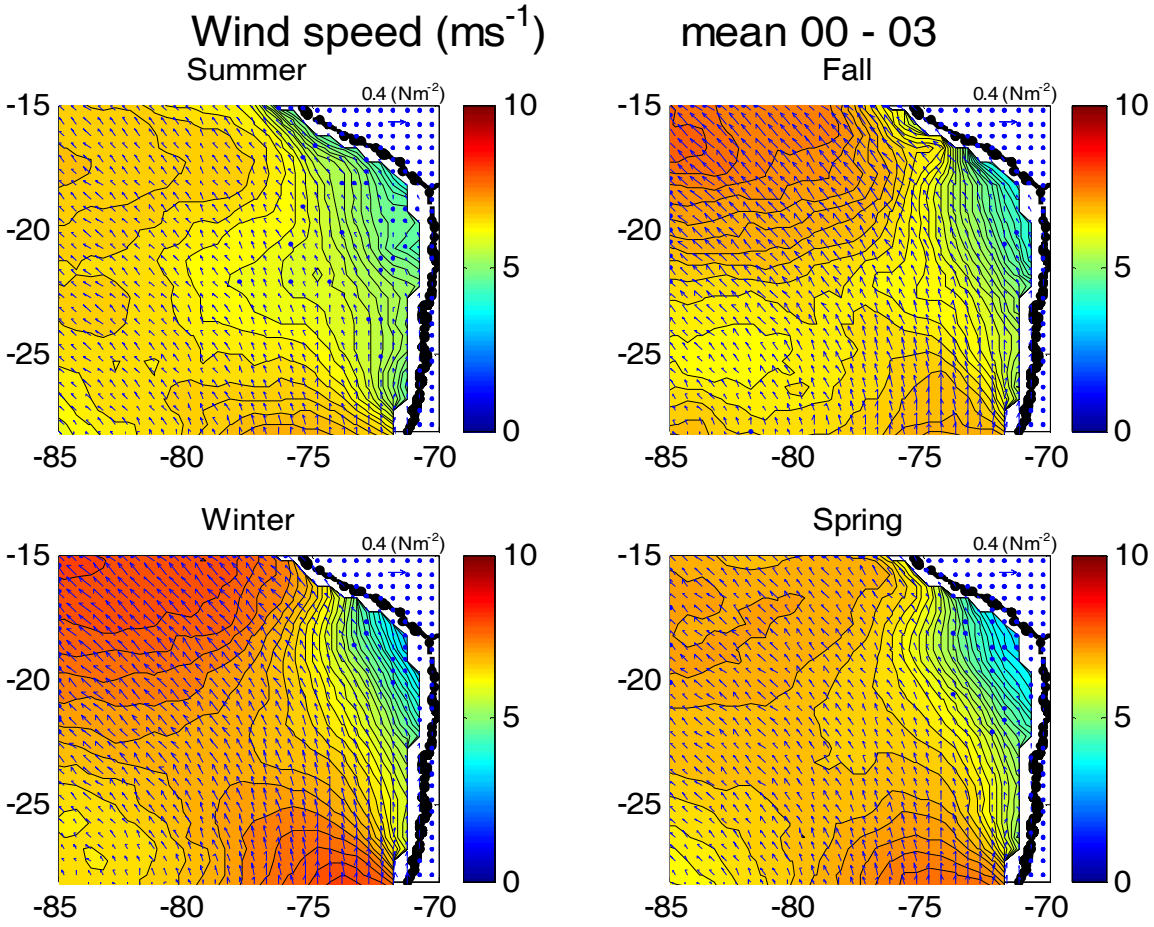


Figura 197. Climatología estacional de la velocidad del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento. La franja blanca a lo largo de la costa es un vacío en la cobertura del satélite debido a la contaminación de la señal por el continente.

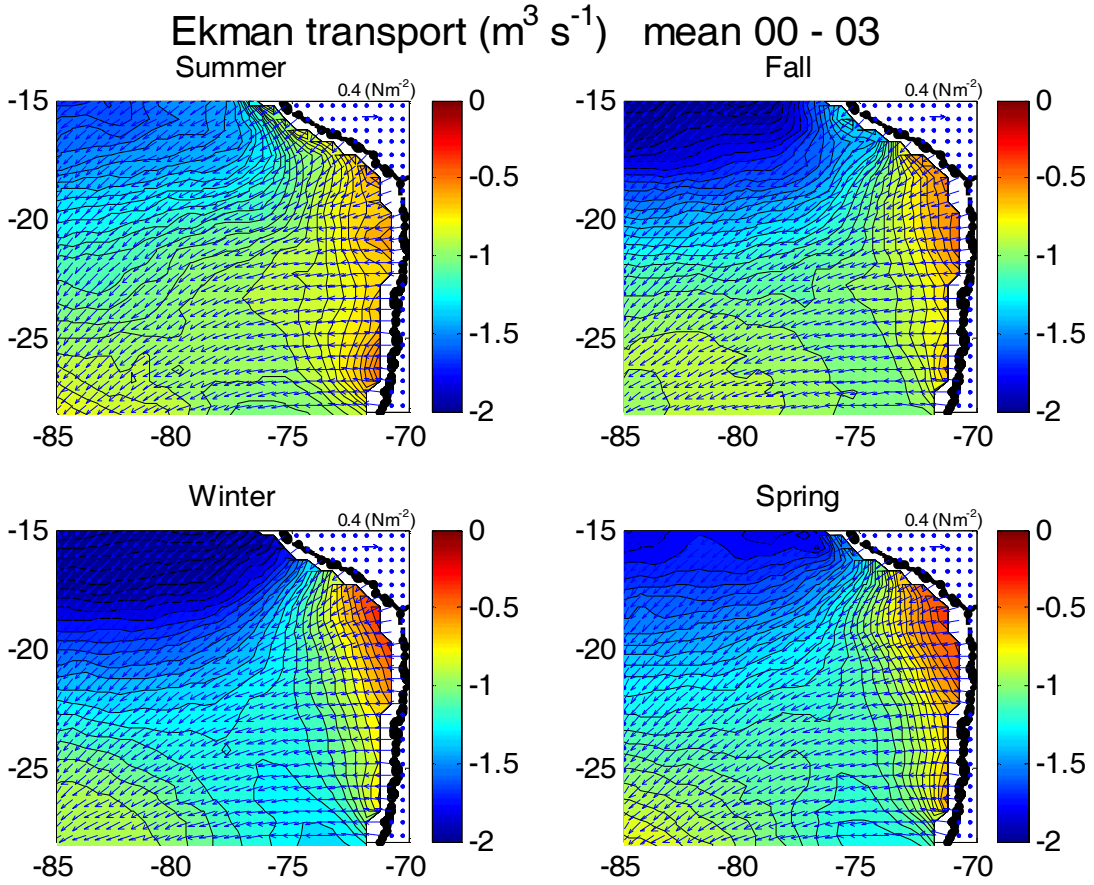


Figura 198. Climatología estacional del Transporte Ekman calculado del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del transporte Ekman.

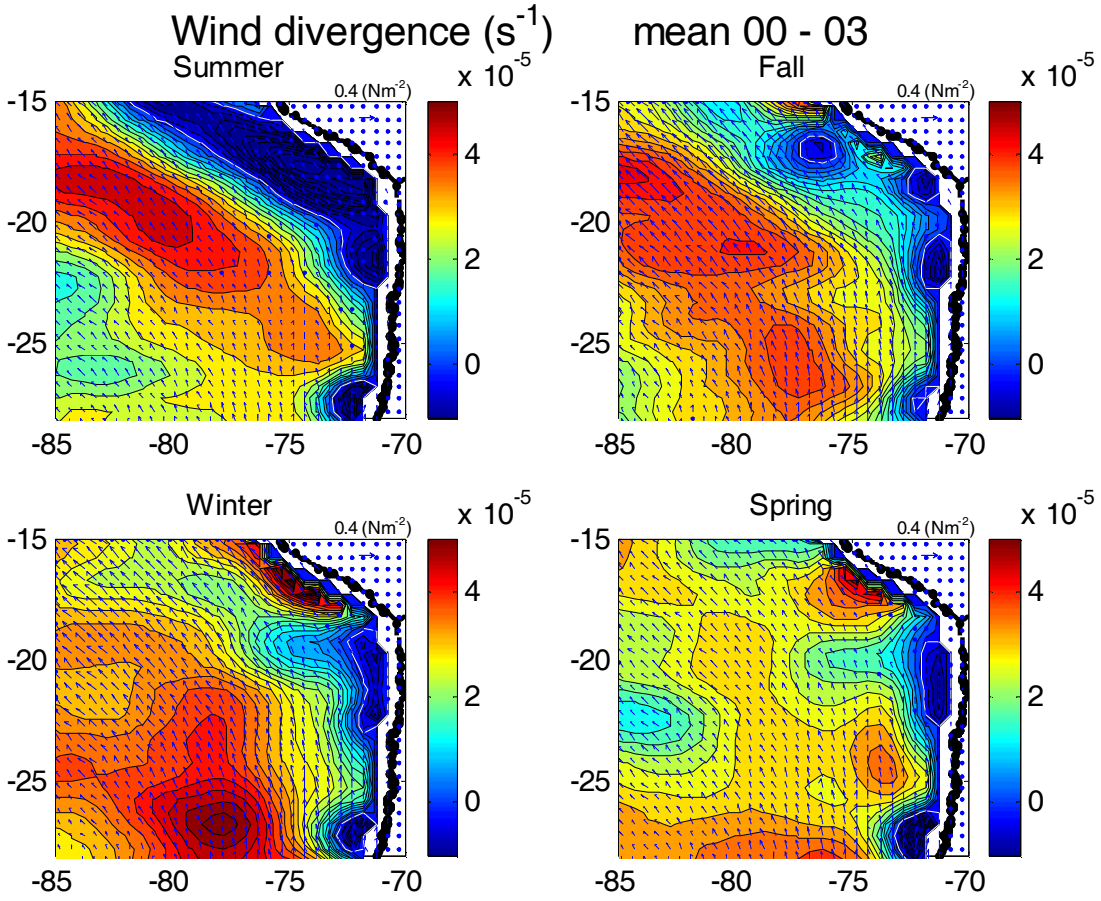


Figura 199. Climatología estacional de la divergencia del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento.

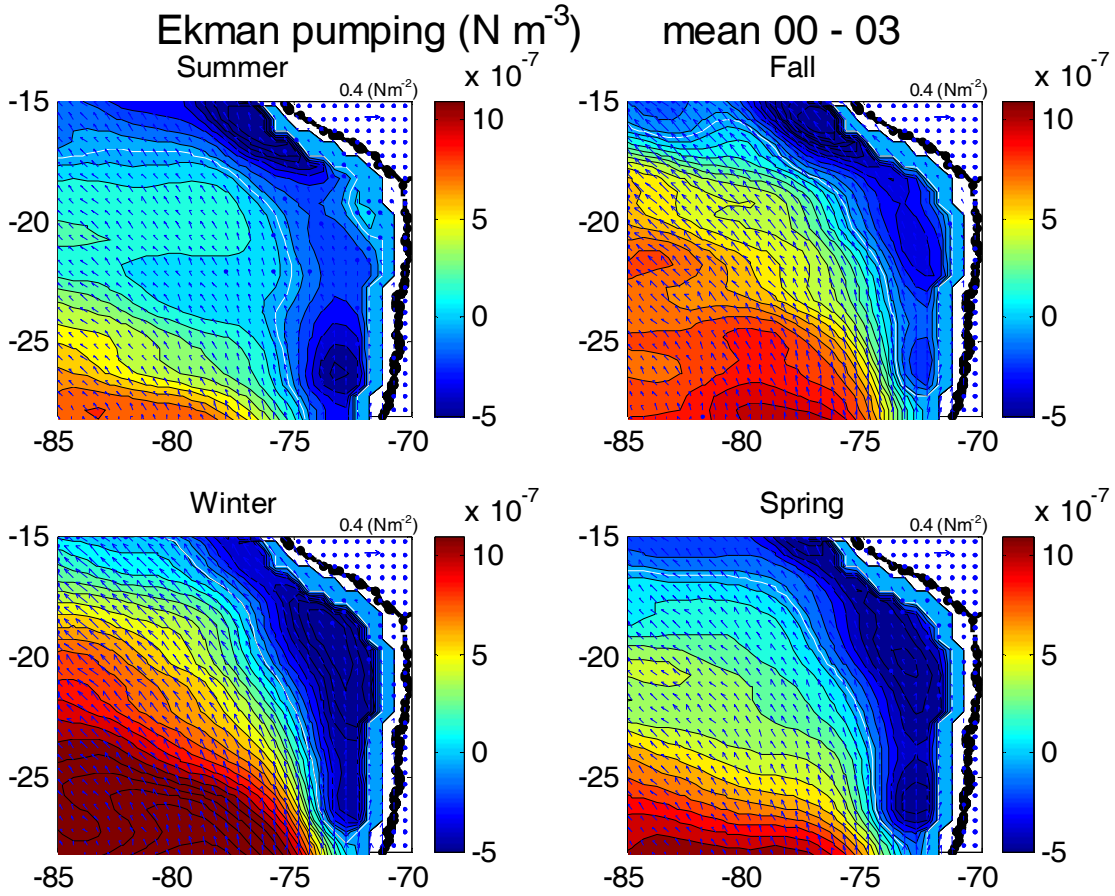


Figura 200. Climatología estacional de la profundidad de la capa de Ekman calculado del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento.

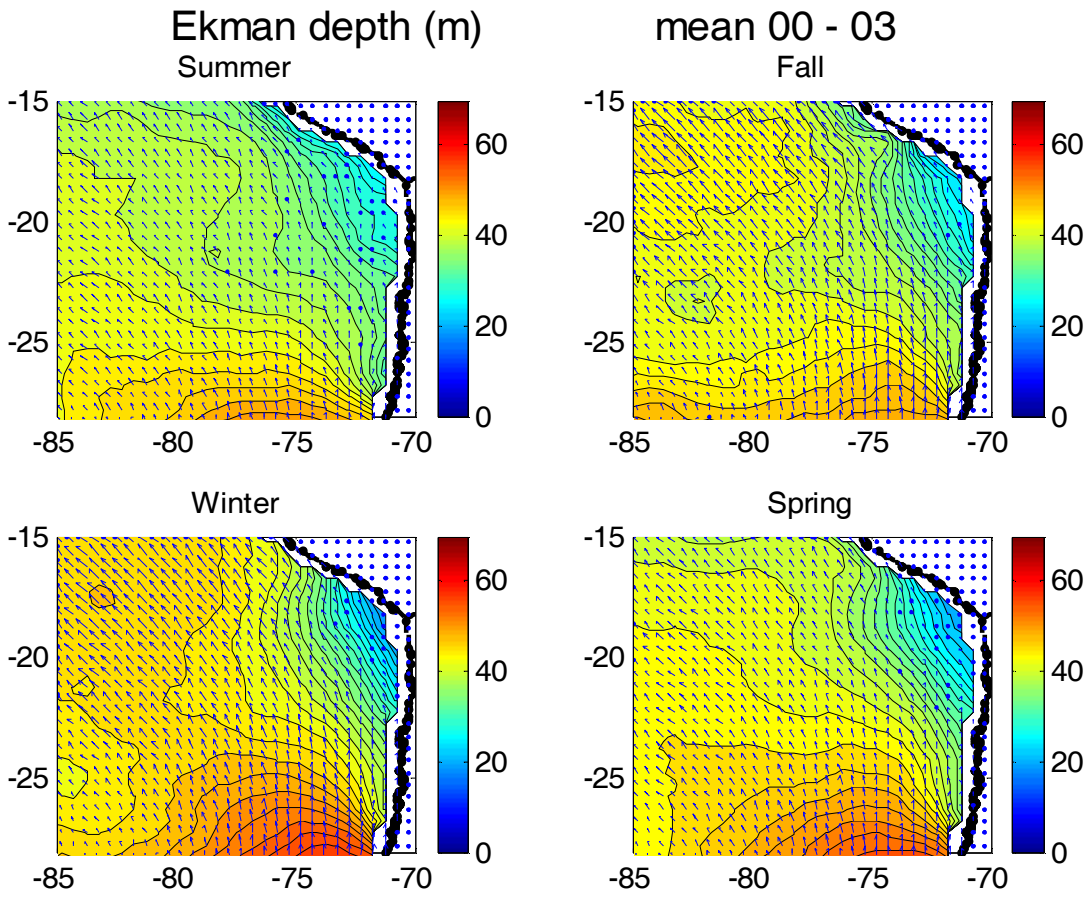


Figura 201. Climatología estacional del bombeo de Ekman calculado del viento mensual obtenido de Satélite. Promedio del período 2000 a 2003. Medio grado de la resolución. La flecha representa el vector del esfuerza del viento.

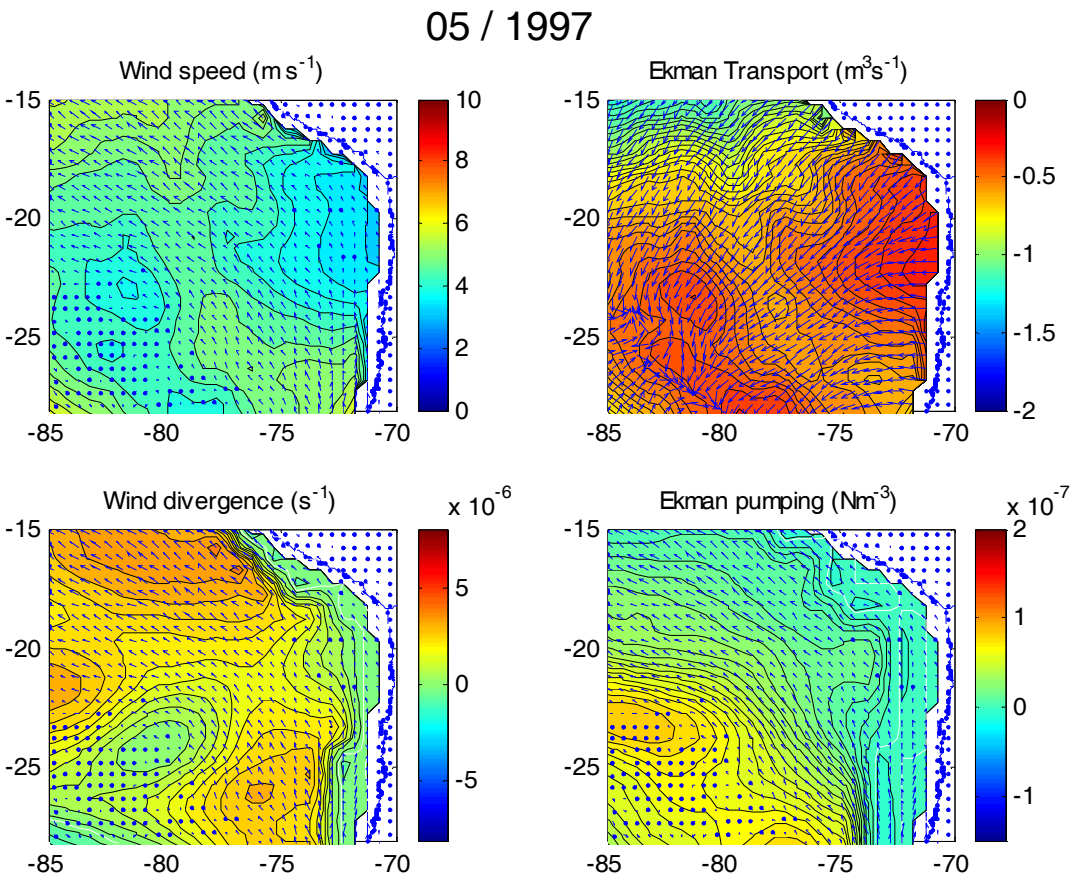


Figura 202. Velocidad del viento, Transporte Ekman, divergencia y bombeo de Ekman del viento obtenido por satélite durante el inicio de las condiciones del EL Niño (mayo de 1997).

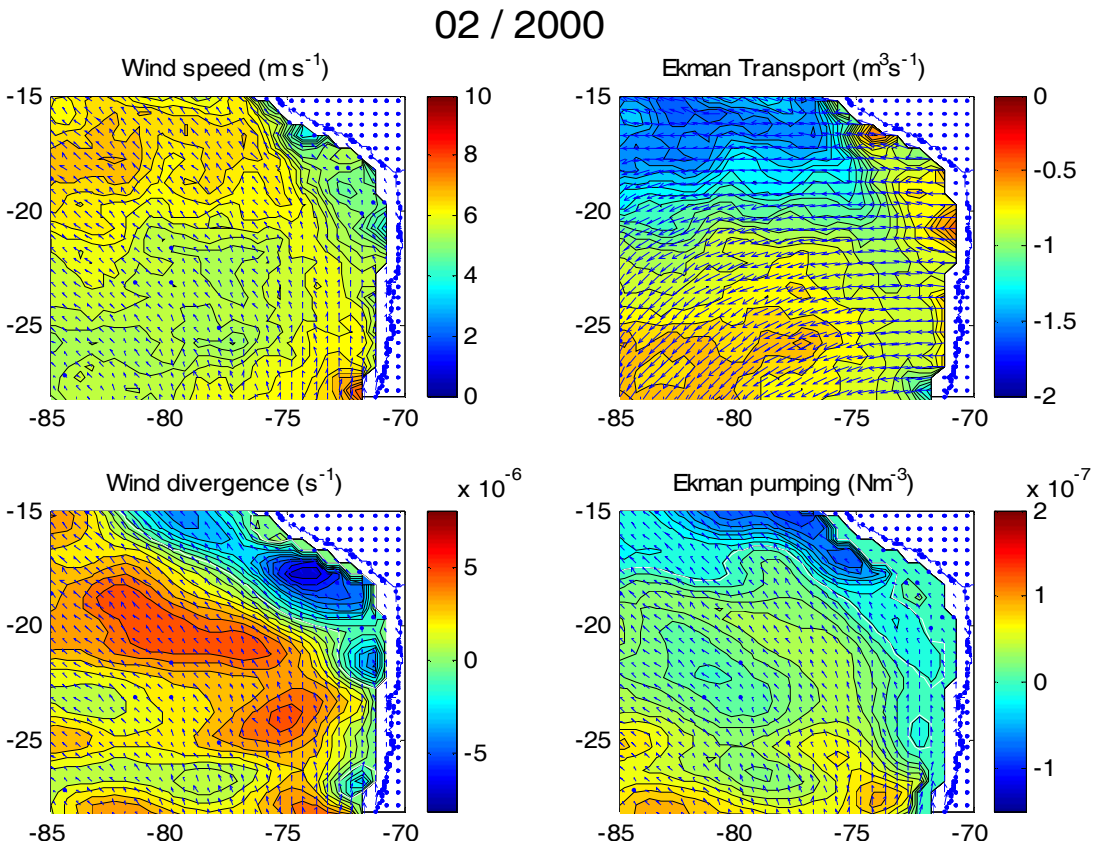


Figura 203. Velocidad del viento, Transporte Ekman, divergencia y bombeo de Ekman del viento obtenido por satélite durante condiciones de La Niña (febrero de 2000).

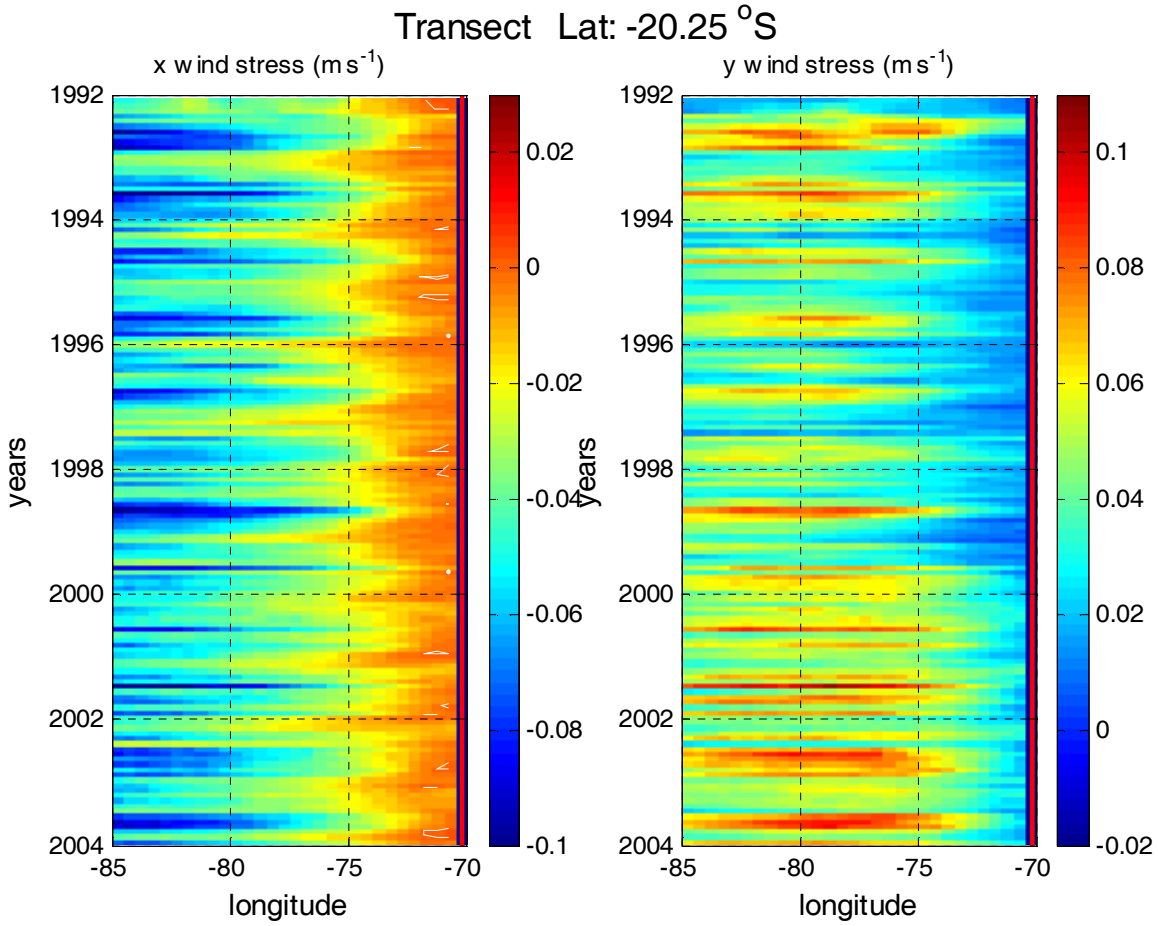


Figura 204. Velocidad del viento (a) componente u (b) componente v. Para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja en la derecha es la localización de la costa.

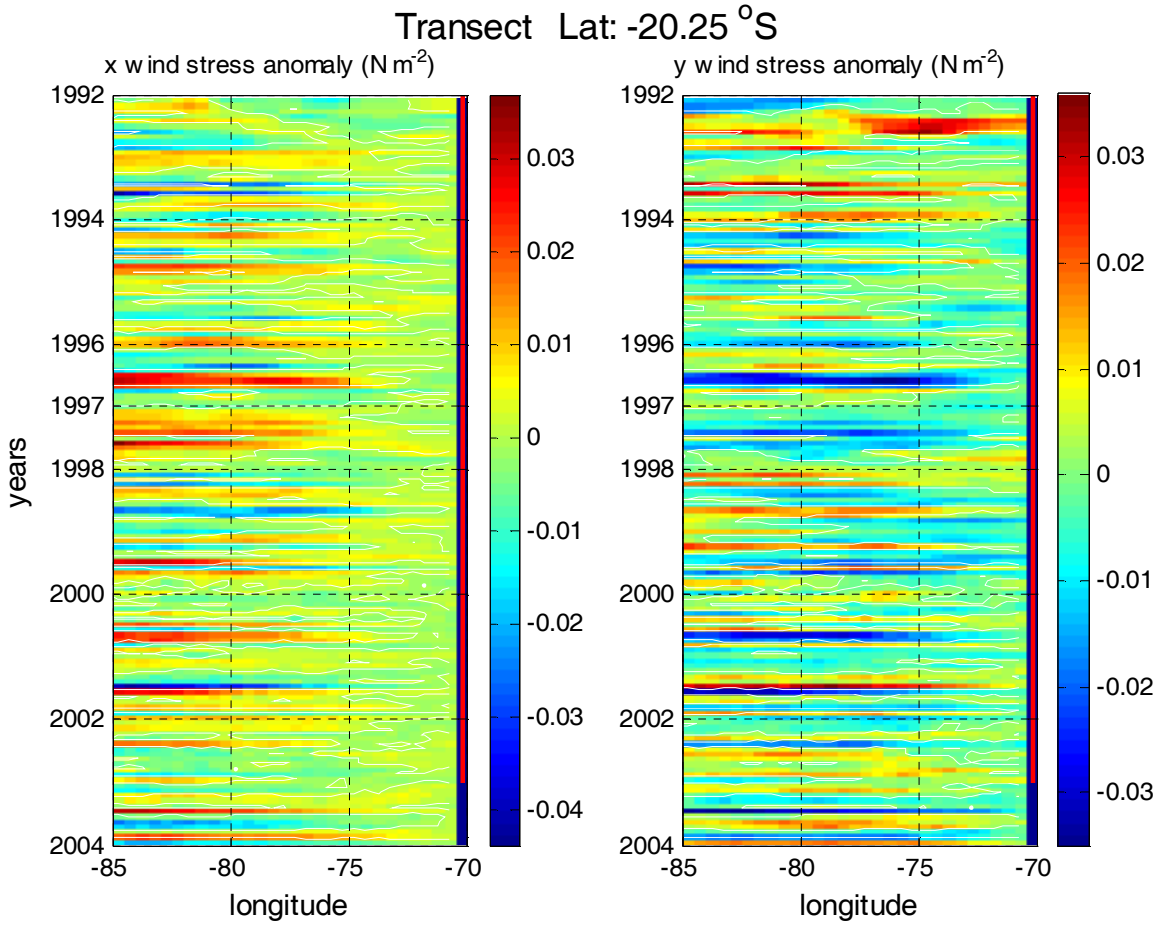


Figura 205. Anomalía de la velocidad del viento (a) componente u (b) componente v. Para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja a la derecha es la localización de la costa.

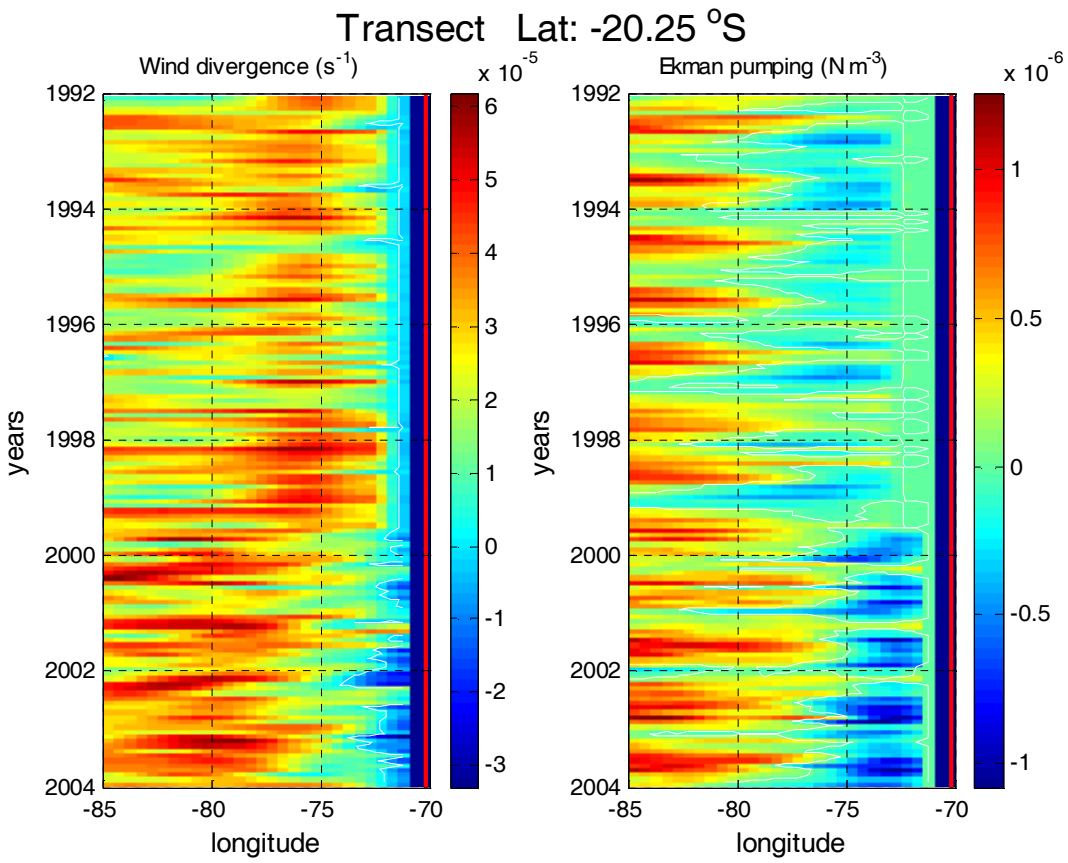


Figura 206. Divergencia del viento (a) y Bombeo de Ekman (b) para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja en la derecha es la localización de la costa.

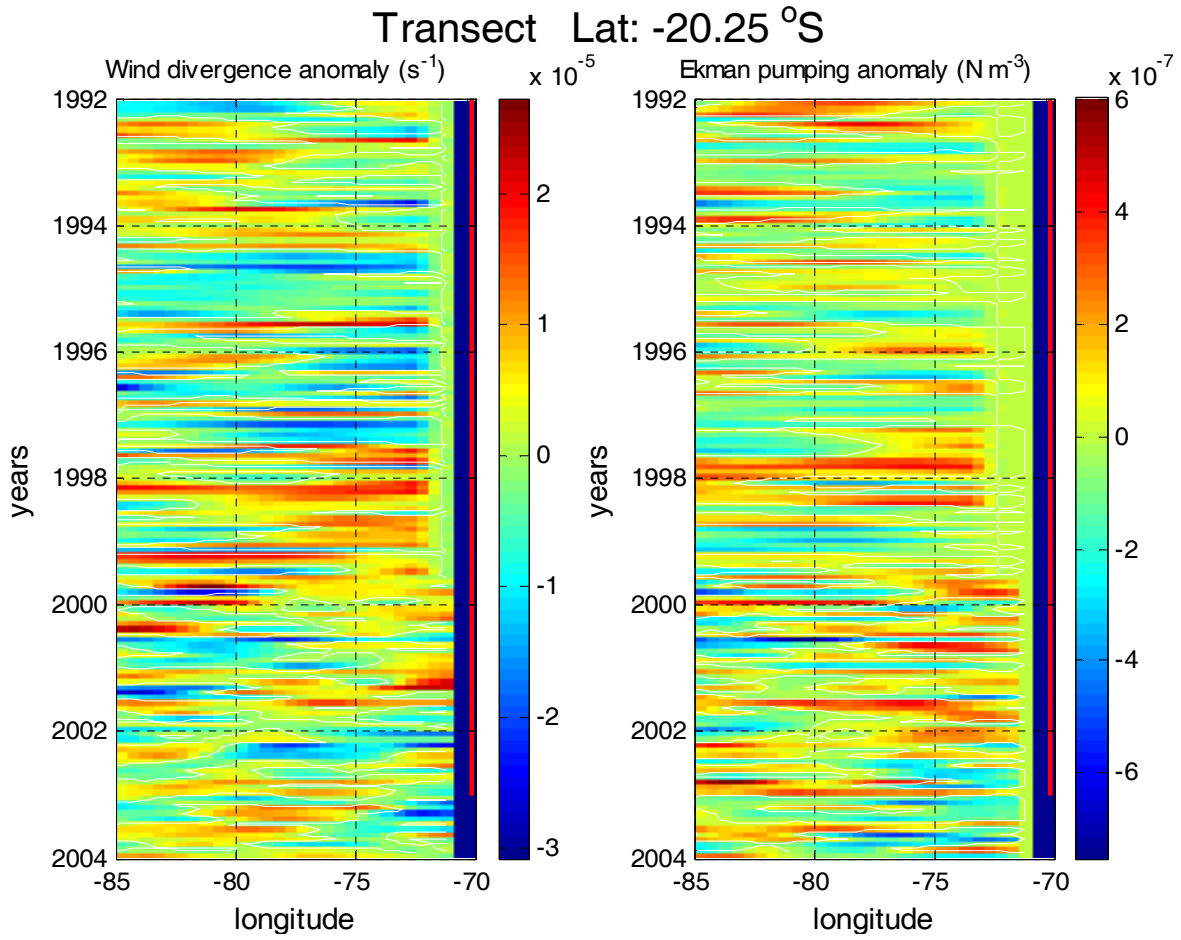


Figura 207. Anomalía de la divergencia del viento (a) y del bombeo de Ekman (b) para el viento mensual basado en los satélites de ERS y QuikSCAT, en una transecta perpendicular la costa en 20.25°S. La línea roja en la derecha es la localización de la costa.

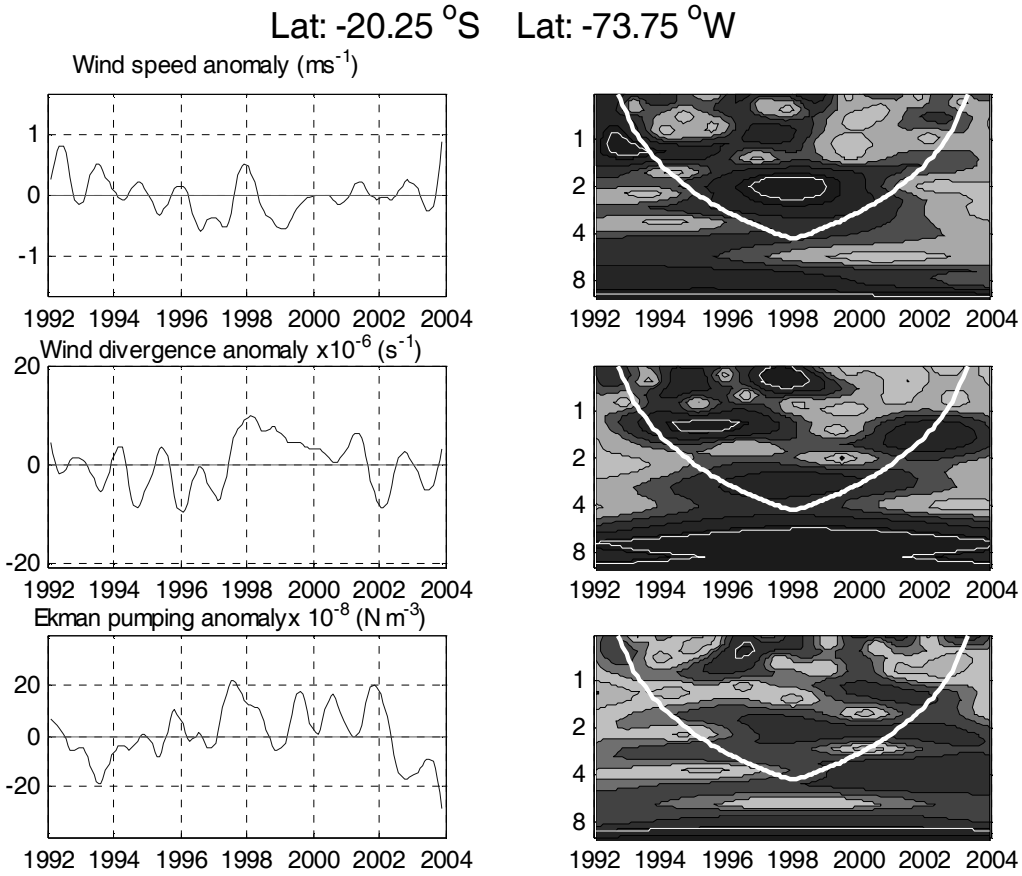


Figura 208. Serie de tiempo de la velocidad del viento, divergencia y bombeo de Ekman, y sus frecuencias de variación (espectro de wavelet), para el viento obtenido por satélite en un sector oceánico (20.25°S 73.75°W). Datos suavizados. En el espectro de wavelet se muestra la variación anual versus el periodo en años, los colores obscuros representan máximos valores.

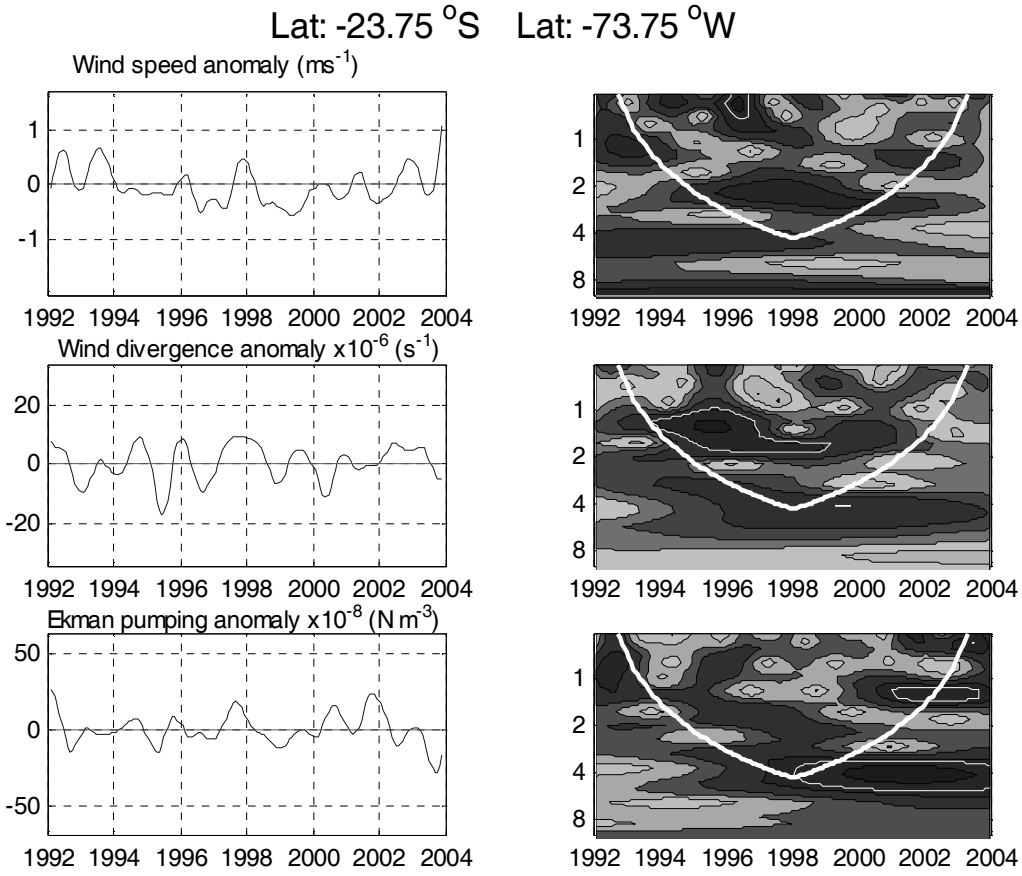


Figura 209. Serie de tiempo de la velocidad del viento, divergencia y bombeo de Ekman, y sus frecuencias de variación (espectro de wavelet), para el viento obtenido por satélite en un sector oceánico (23.75°S 73.75°W). Datos suavizados. En el espectro de wavelet se muestra la variación anual versus el periodo en años, los colores obscuros representan máximos valores.

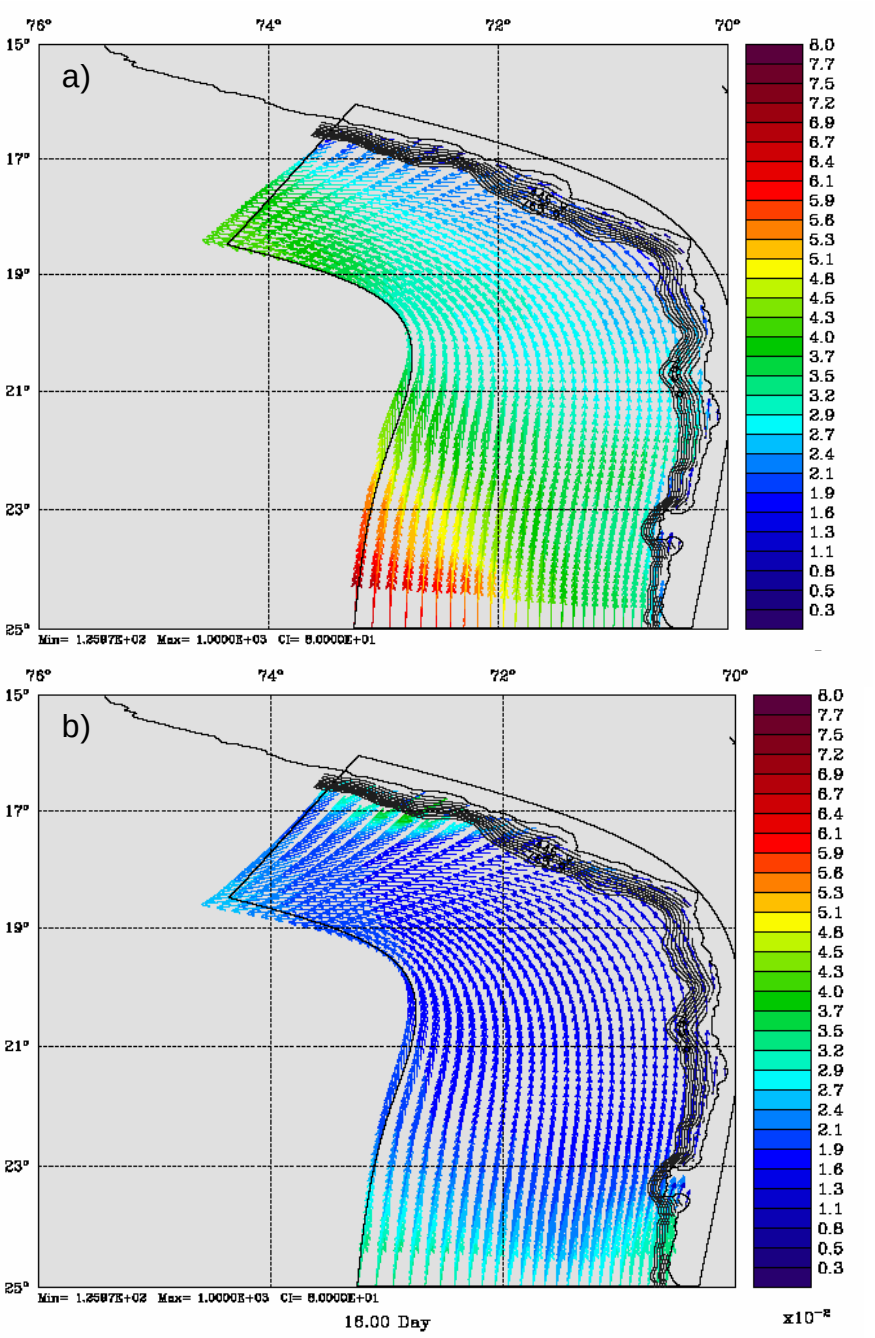


Figura 210. Área de trabajo y stress del viento utilizado como forzante del modelo numérico. a) periodo Niña (febrero 2000) y b) periodo Niño (diciembre 1997). Datos de satélite QuikScat.

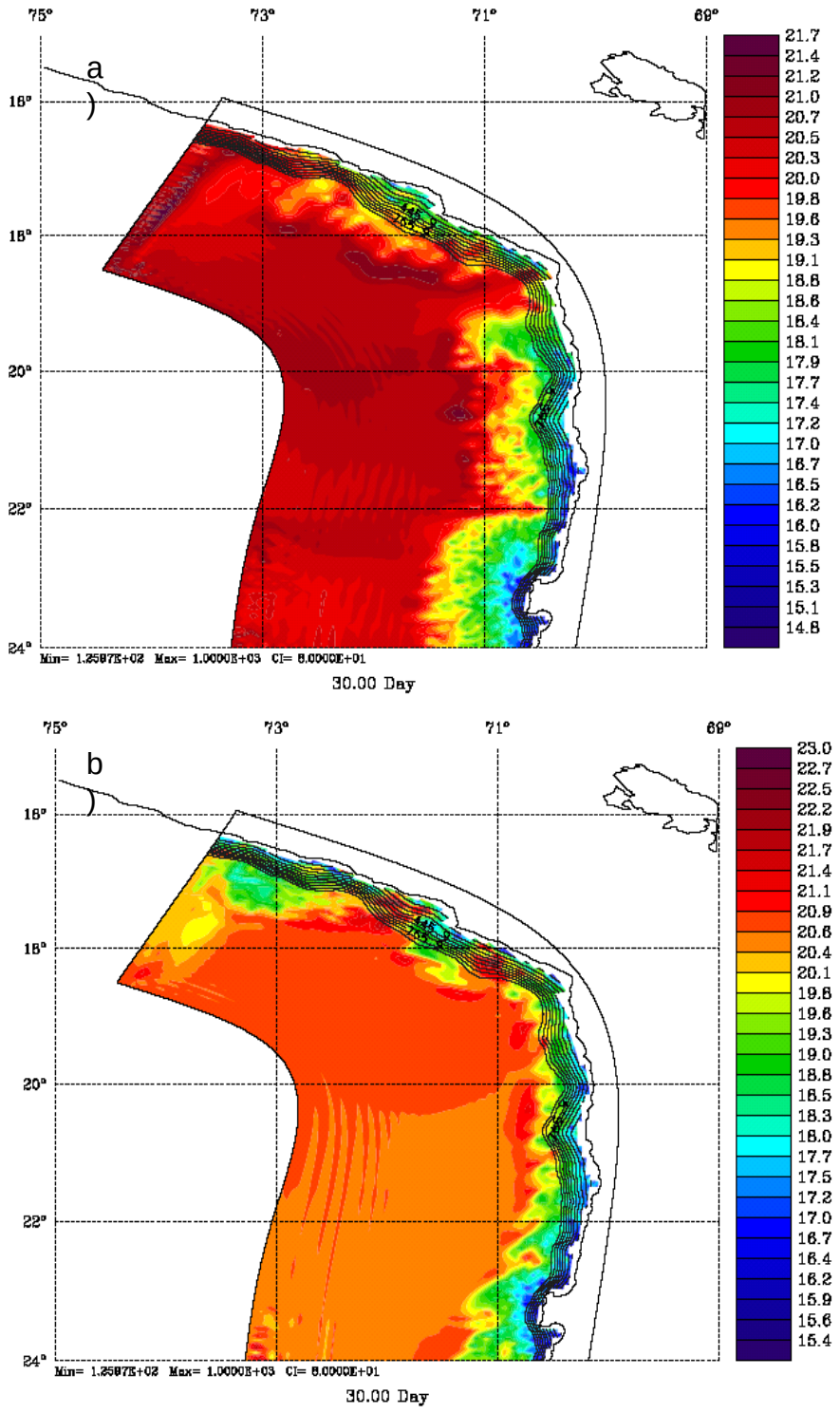


Figura 211 a. Distribución superficial de temperatura resultante del modelo numérico después de 30 dias. a) periodo Niña (febrero 2000) y b) periodo Niño (diciembre 1997).

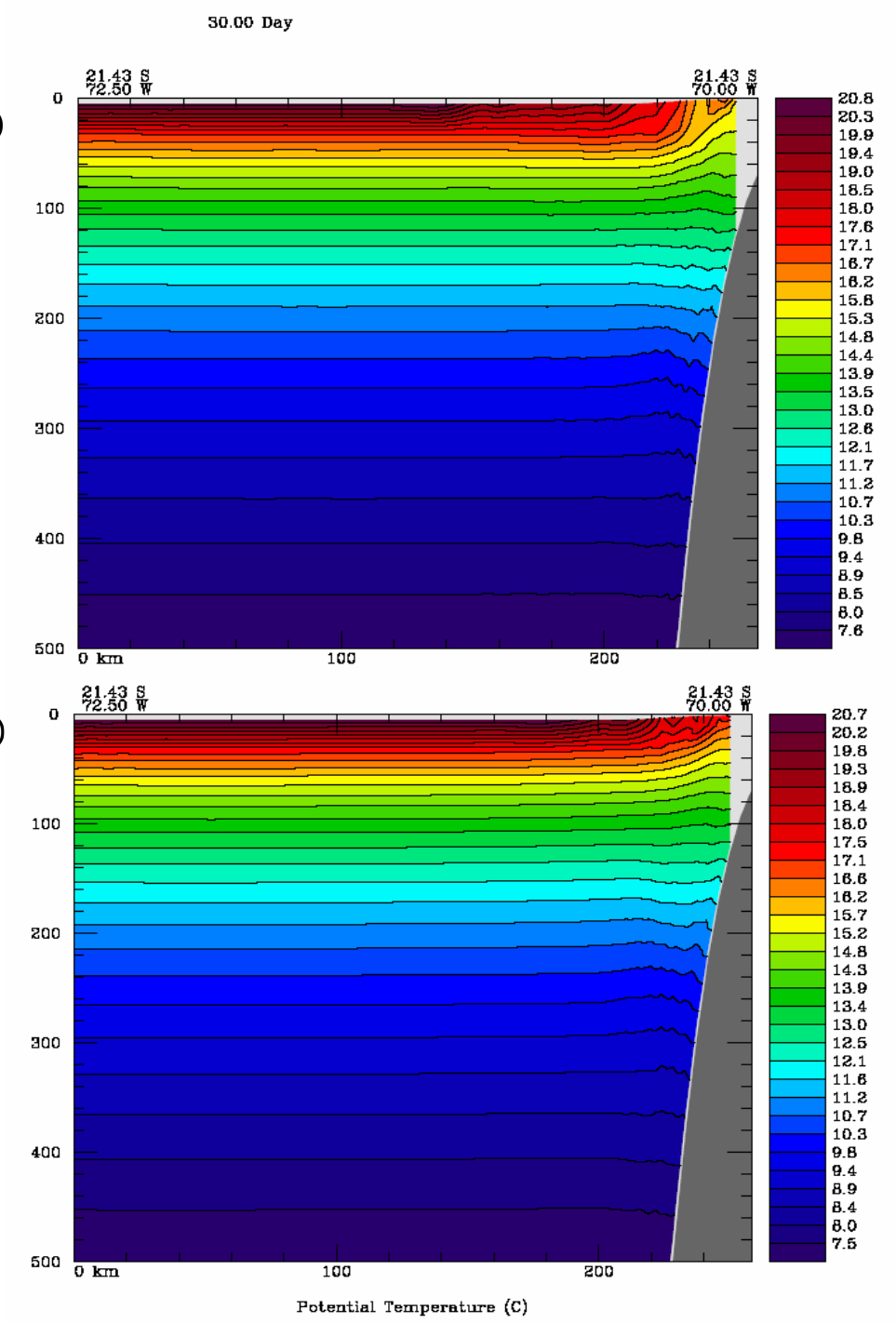


Figura 211 b. Distribución vertical de temperatura resultante del modelo numérico después de 30 dias en 21,4°S. c) periodo Niña (febrero 2000) y d) periodo Niño (diciembre 1997).

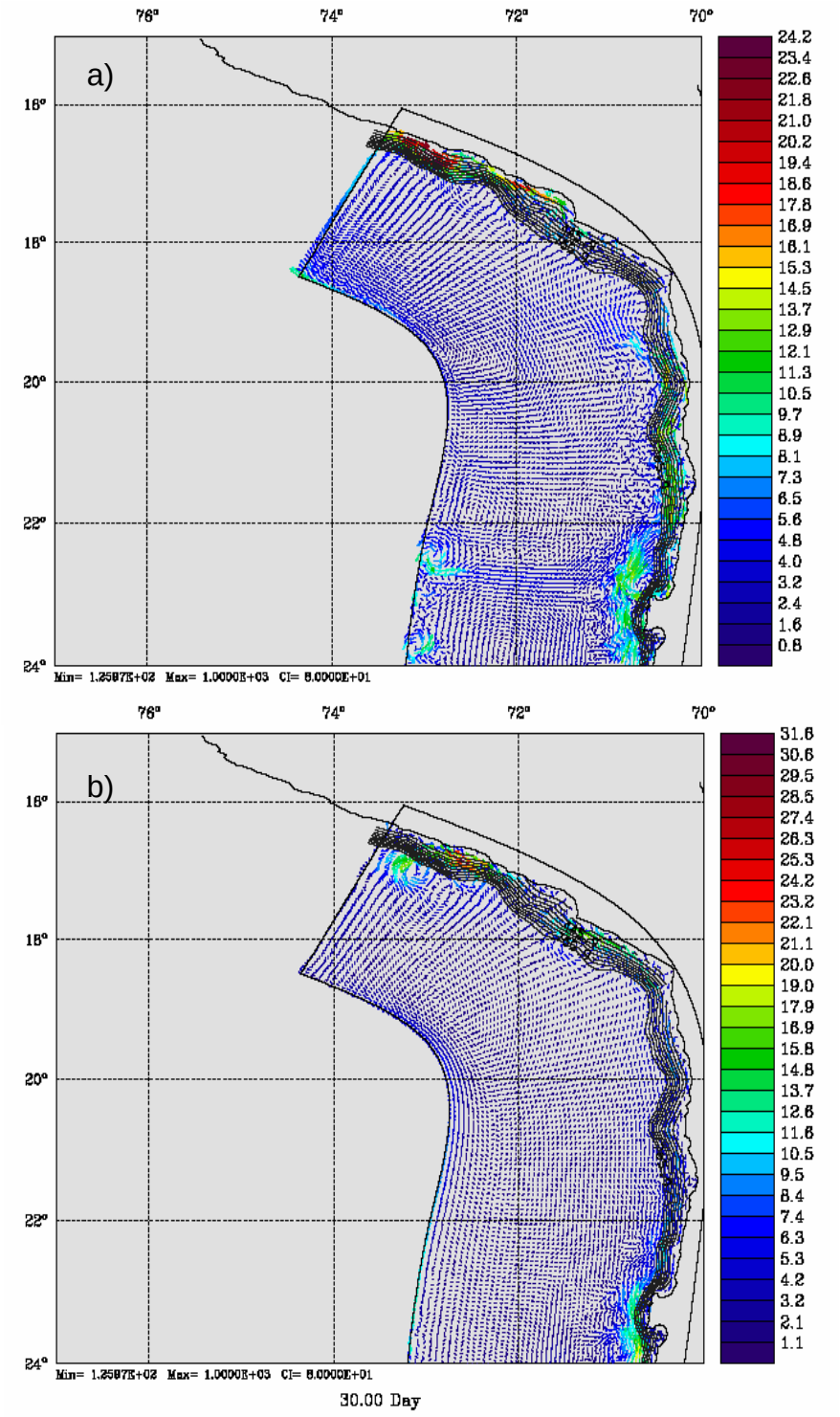


Figura 212 a. Distribución horizontal de la corriente (cm/s) a 20 m de profundidad después de 30 días. a) periodo Niña (febrero 2000) y b) periodo Niño (diciembre 1997).

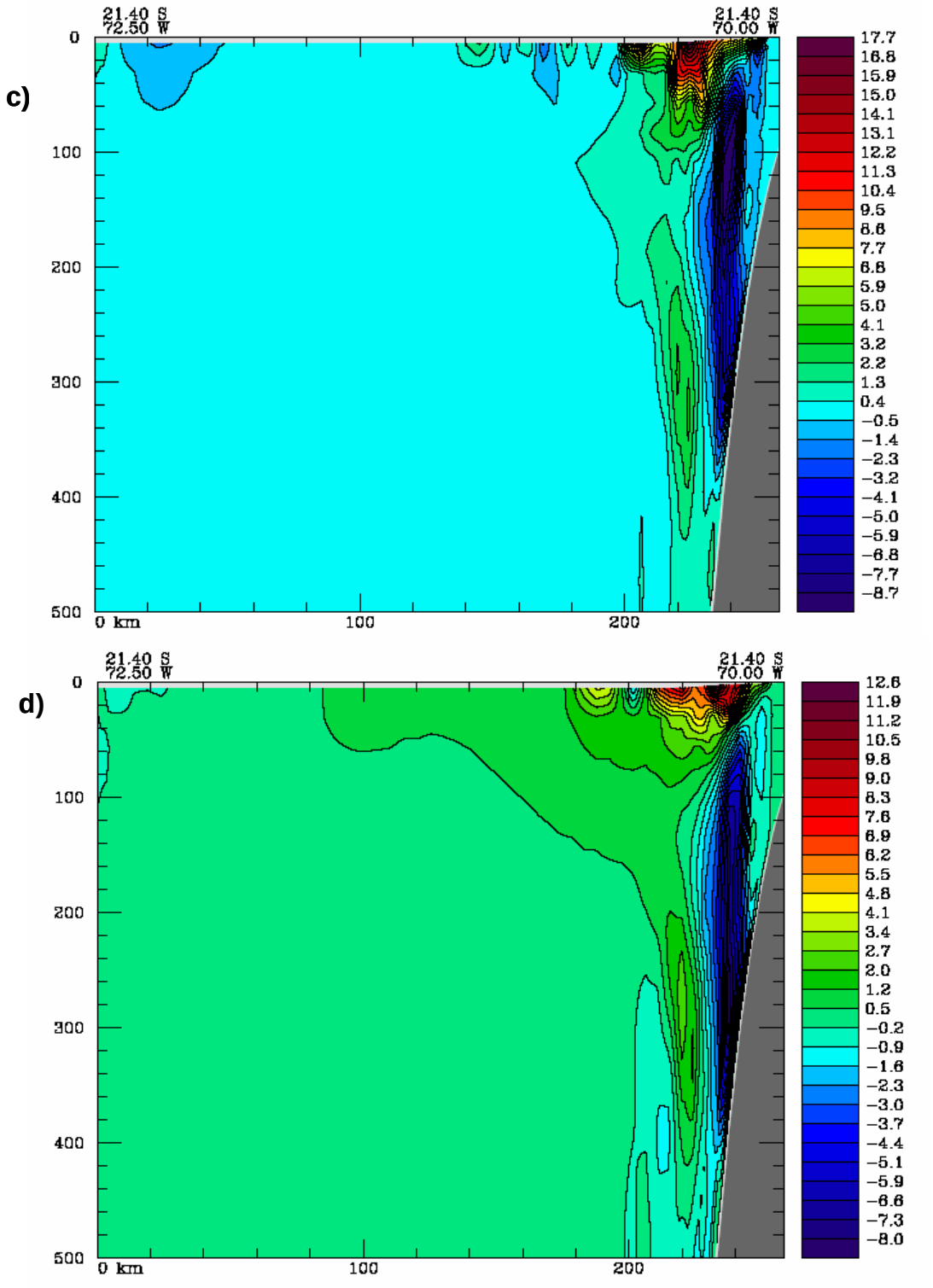


Figura 212 b. Distribución vertical de la corriente (cm/s) de profundidad después de 30 días en 21,4°S. c) periodo Niña (febrero 2000) y d) periodo Niño (diciembre 1997).

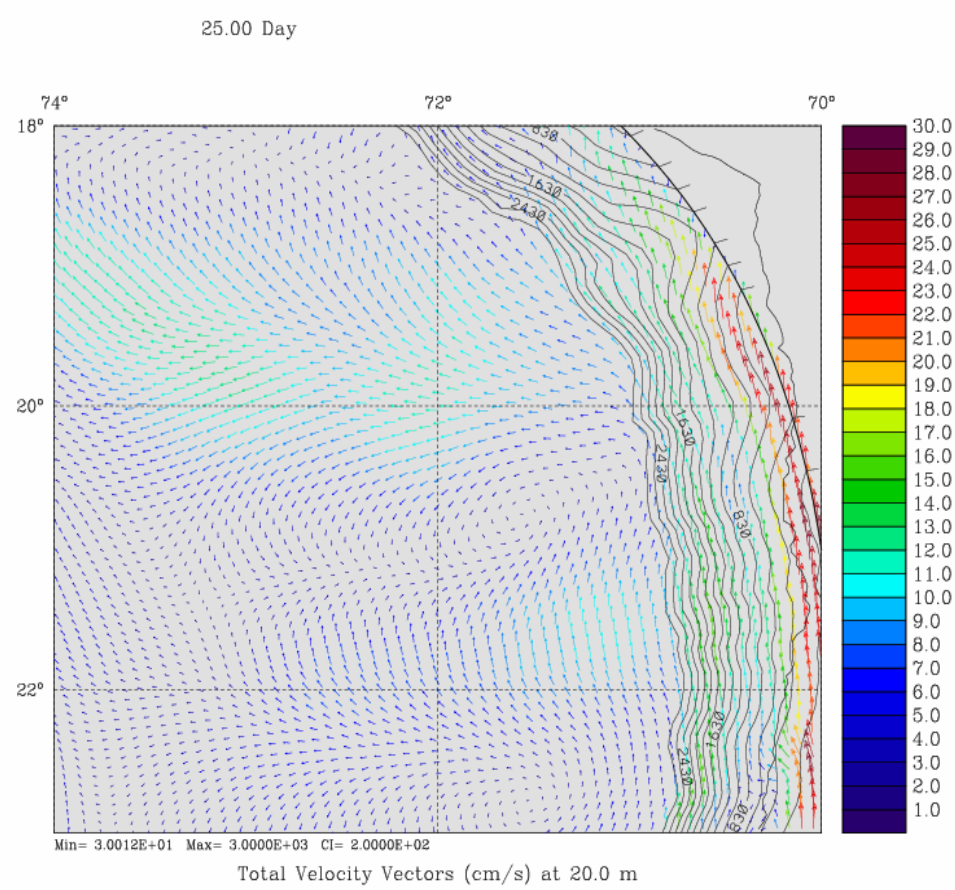


Figura 213. Corrientes horizontales a 20 m de profundidad después de 25 días en una parte del dominio. Viento homogéneo.

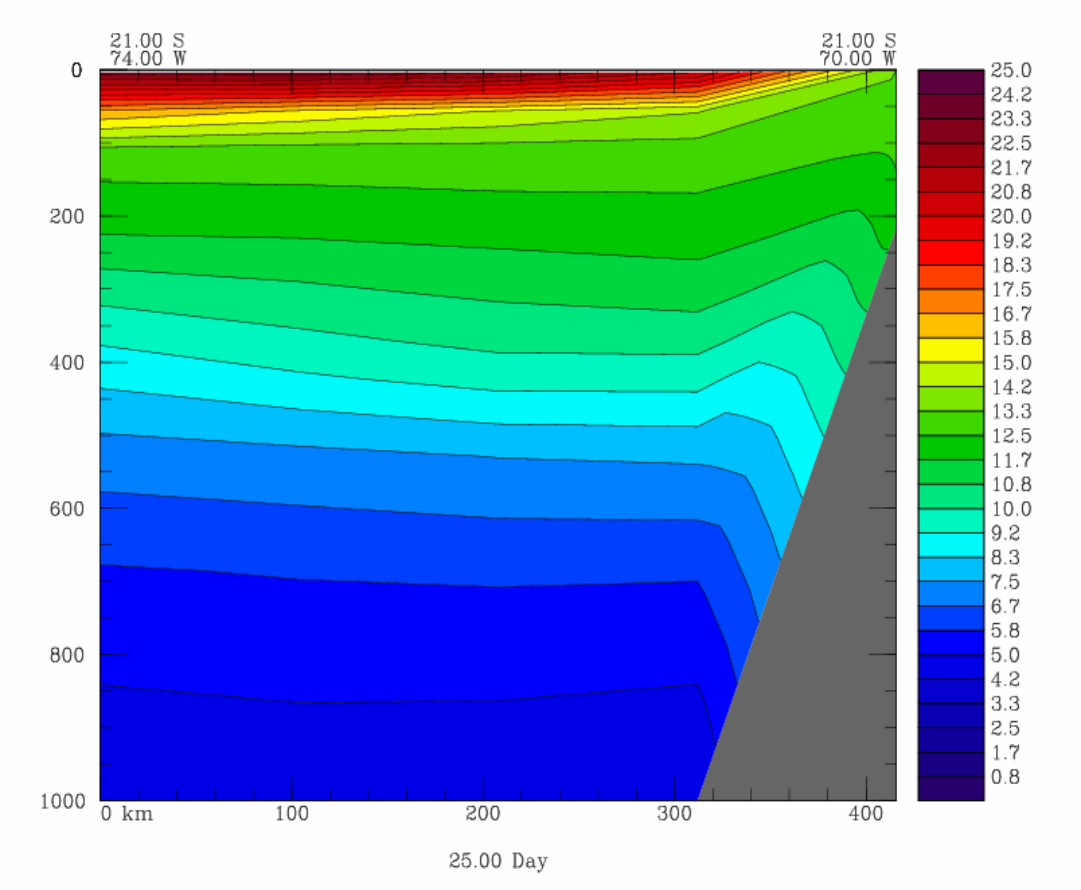


Figura 214. Distribución vertical de temperatura después de 25 días en una transecta en 21°S. Viento homogéneo.

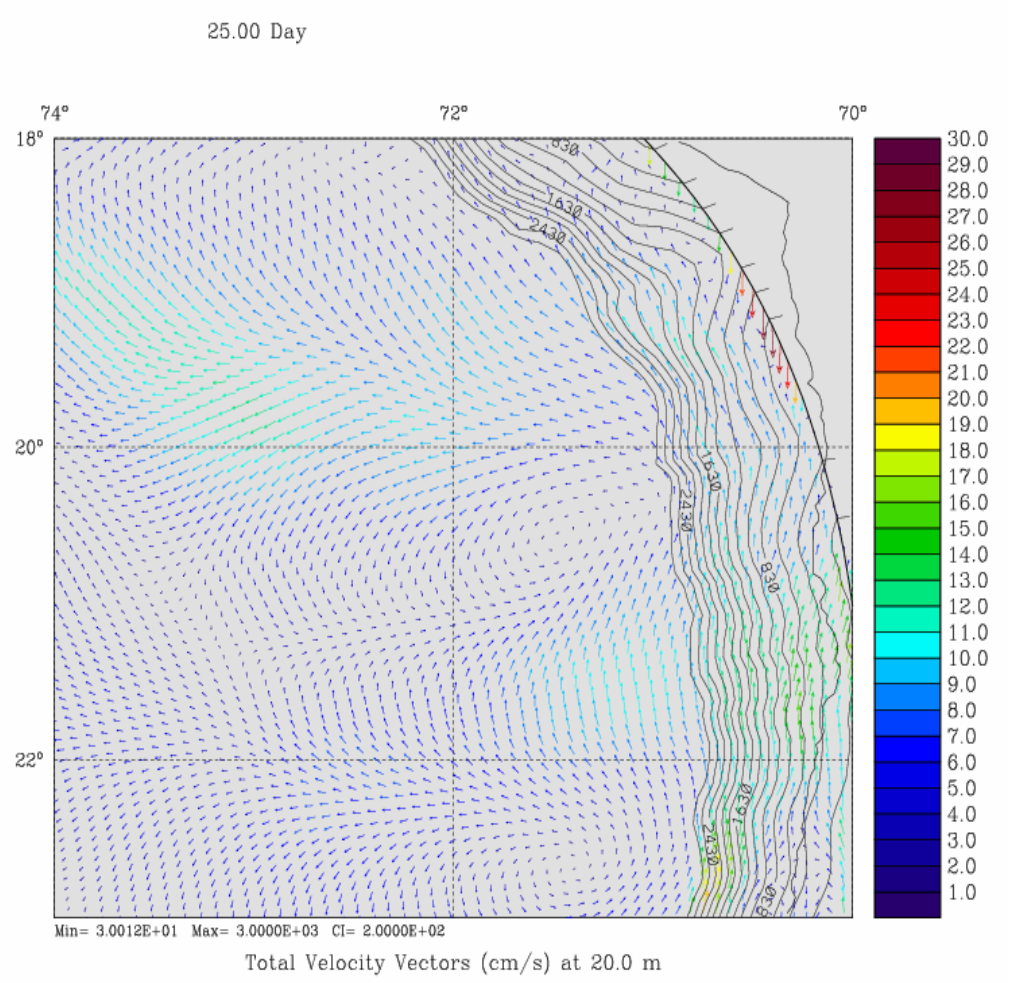


Figura 215. Corrientes horizontales a 20 m de profundidad después de 25 días en una parte del dominio. Campo de viento real utilizado para forzar el modelo. Caso El Niño.

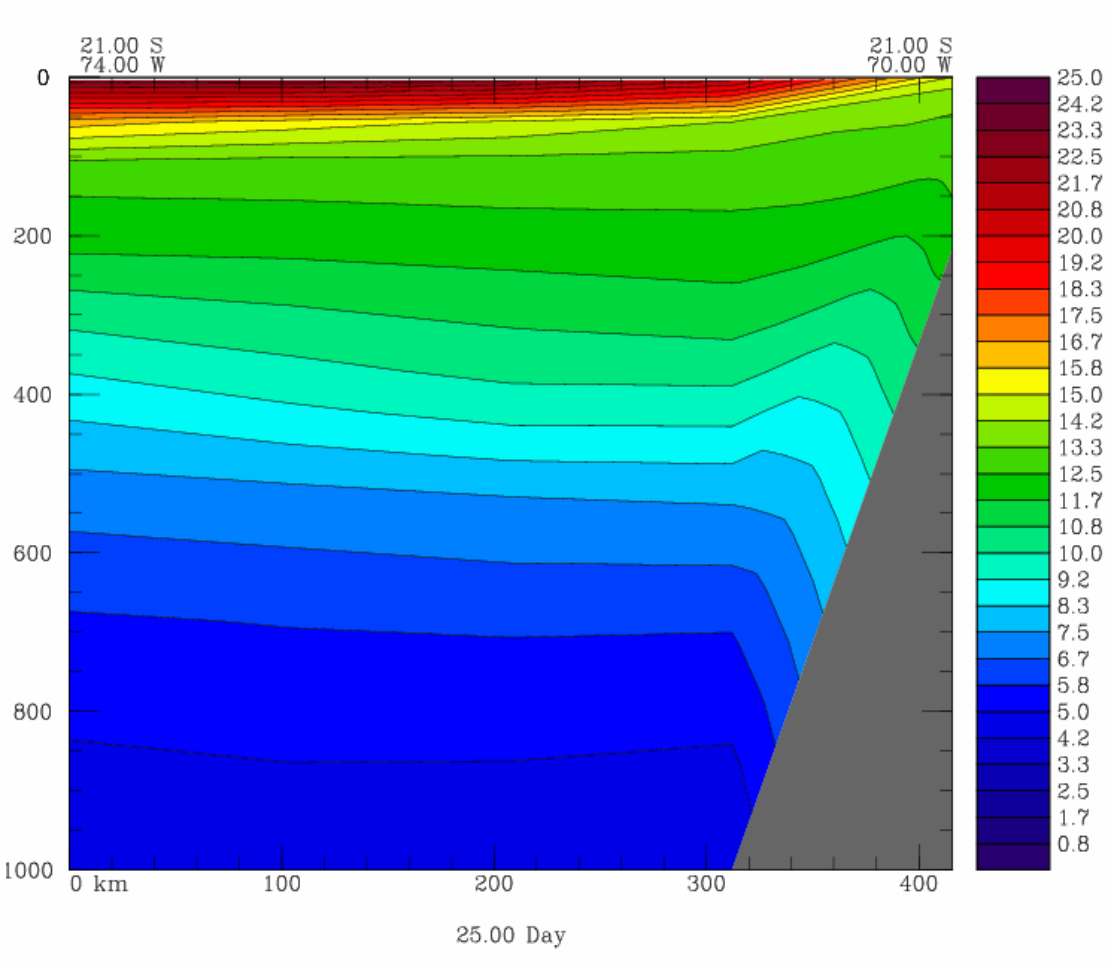


Figura 216. Distribución vertical de temperatura después de 25 días en una transecta en 21°S. Campo de viento real utilizado para forzar el modelo. Caso El Niño.

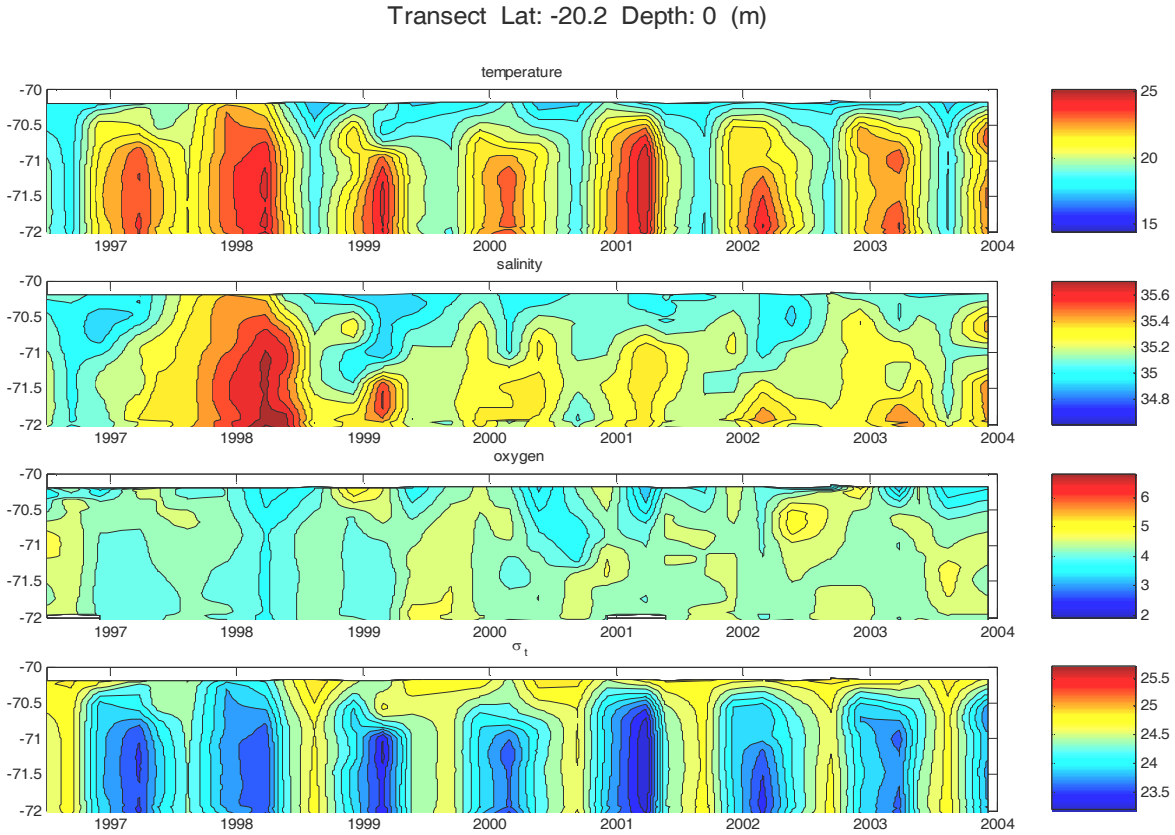


Figura 217. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) superficial, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20,2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

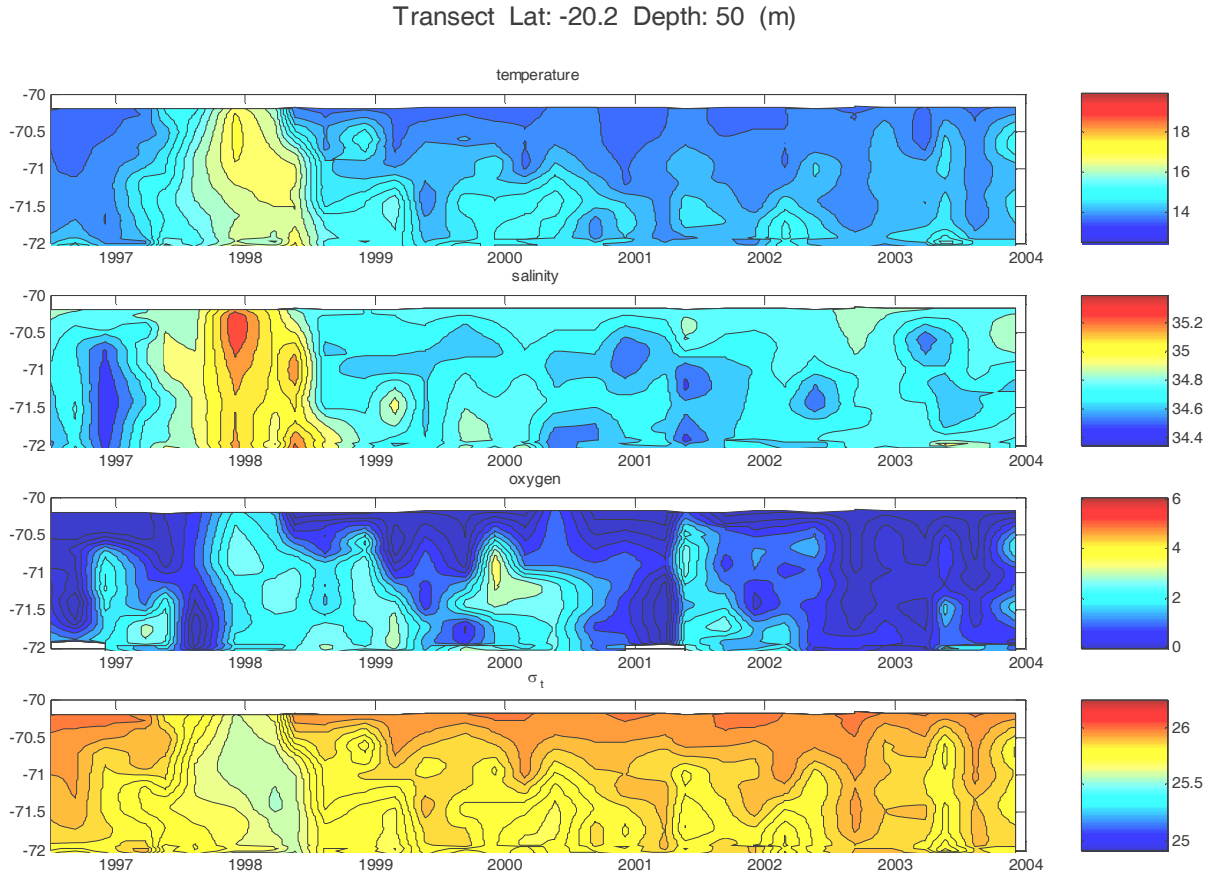


Figura 218. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) a 50 metros de profundidad, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20,2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

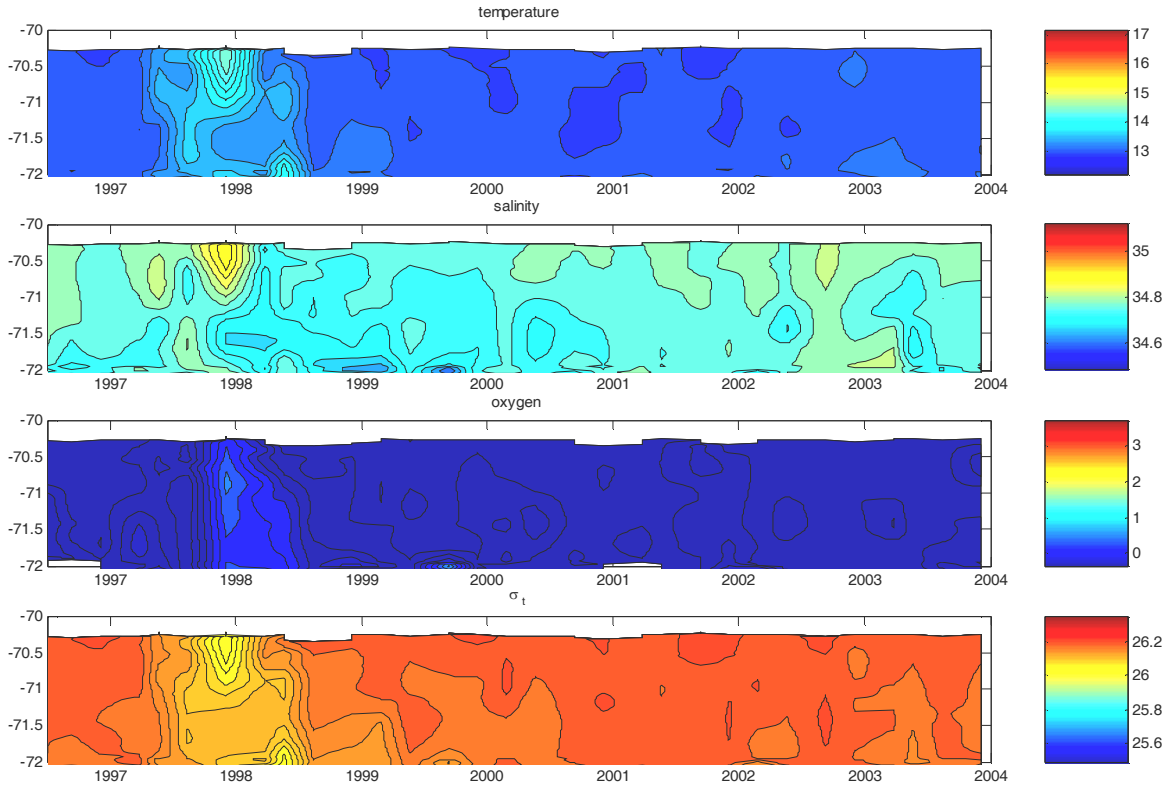


Figura 219. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) a 100 metros de profundidad, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20,2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

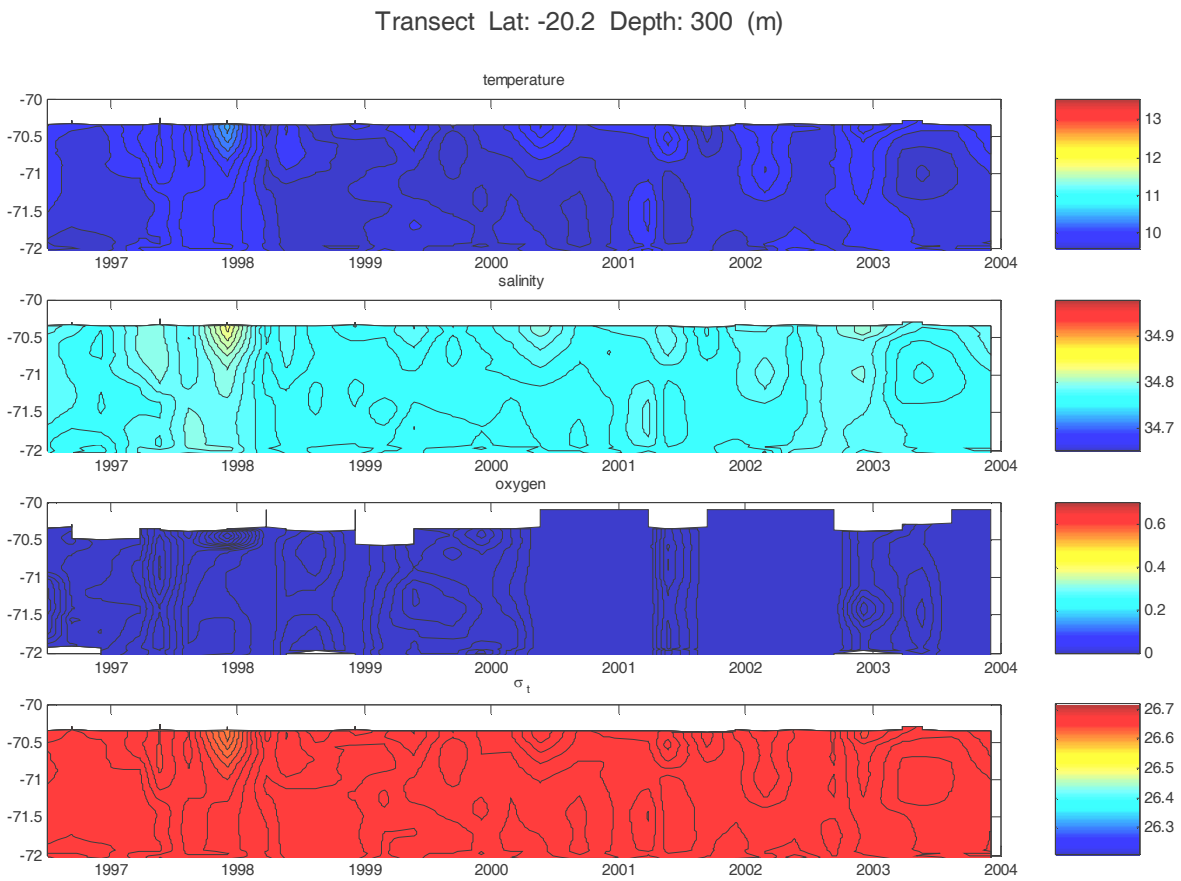


Figura 220. Distribución temporal de temperatura, salinidad, oxigeno y densidad (sigma-t) a 300 metros de profundidad, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20,2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

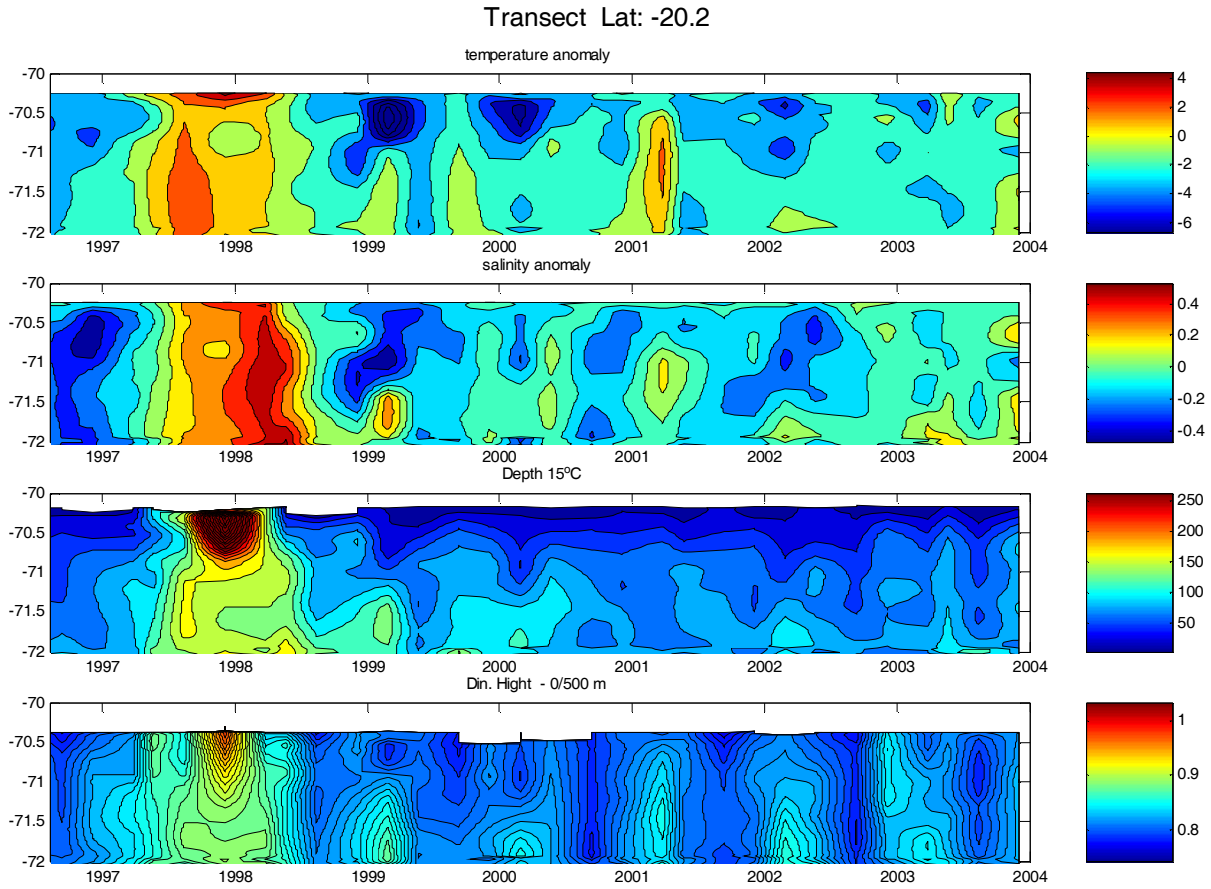


Figura 221. Distribución temporal de la anomalía de temperatura y salinidad superficial, profundidad de la isoterma de 15°C y altura dinámica de superficie referida a 500 m, en una transecta perpendicular a la costa en latitud 20,2°S. Cruceros oceanográficos entre 1996 y 2003.

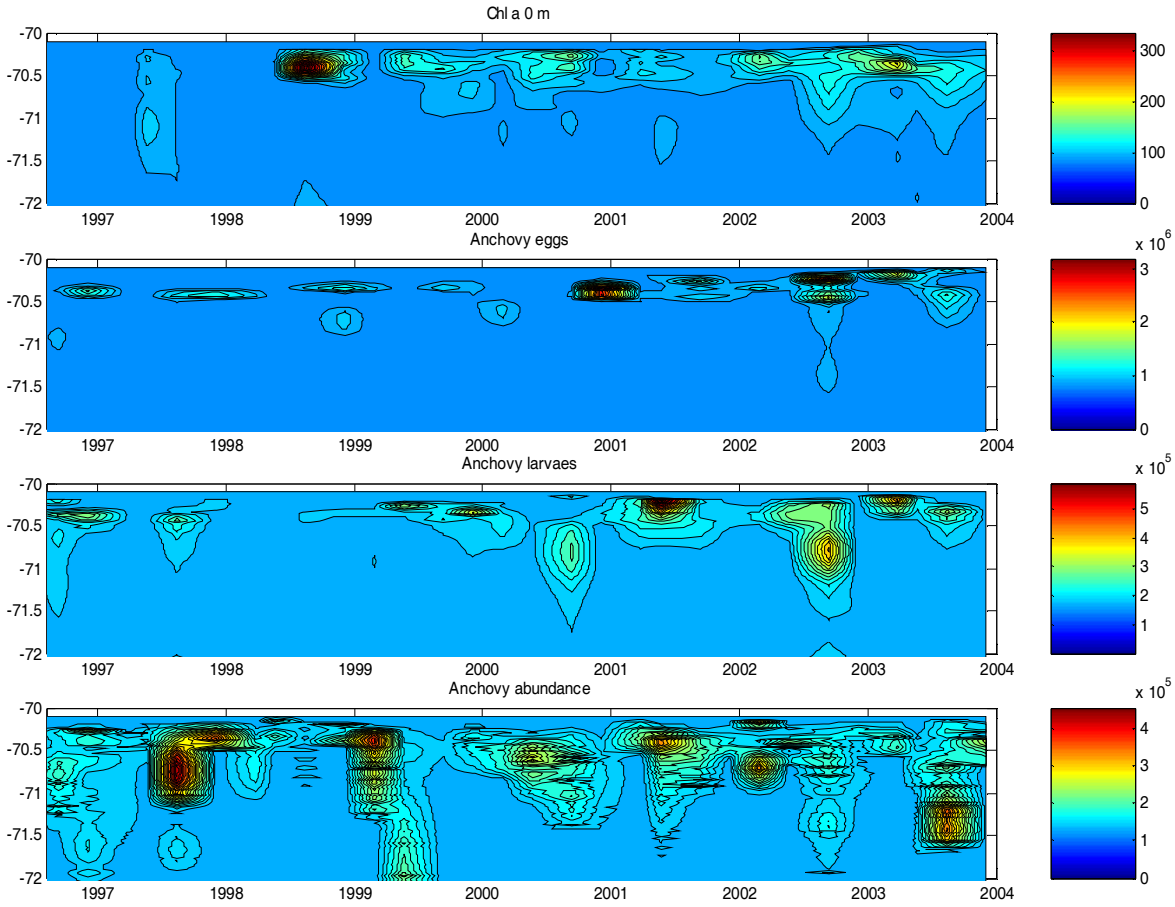


Figura 222. Distribución temporal perpendicular ala costa, integrada en latitud, de clorofila a, huevos de anchoveta, larvas de anchoveta y abundancia de anchoveta (acústica).

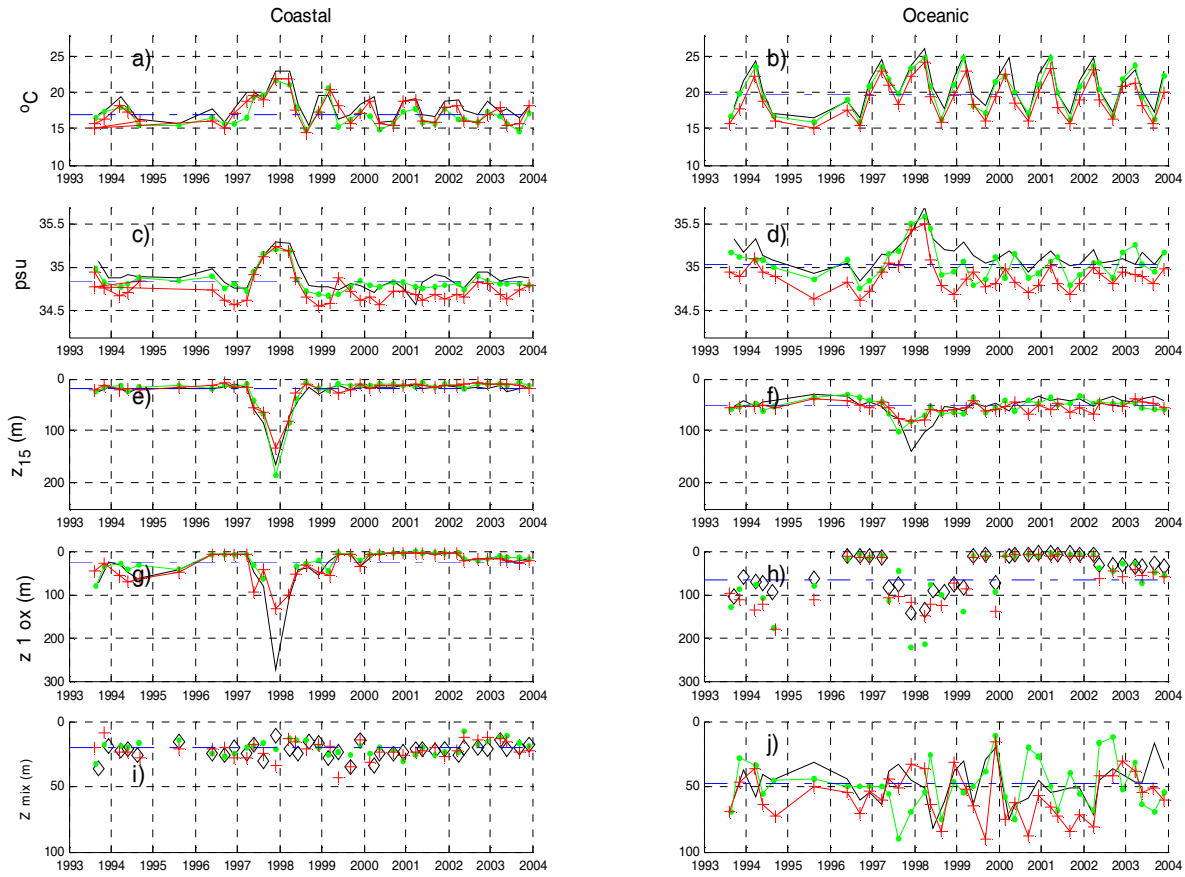


Figura 223. Serie de tiempo en el área costera (costa - 30 km) y área oceánica (30 - 200 kilómetros) para las áreas de Arica (negro), de Iquique (verde) y de Antofagasta (rojo), de: a) y b) TSM de los cruceros, c) y d) Salinidad superficial, e) y f) profundidad de la isoterma de 15°C, g) y h) profundidad de la isolínea de oxígeno de 1 ml/L, i) y j) profundidad de la capa de la mezcla.

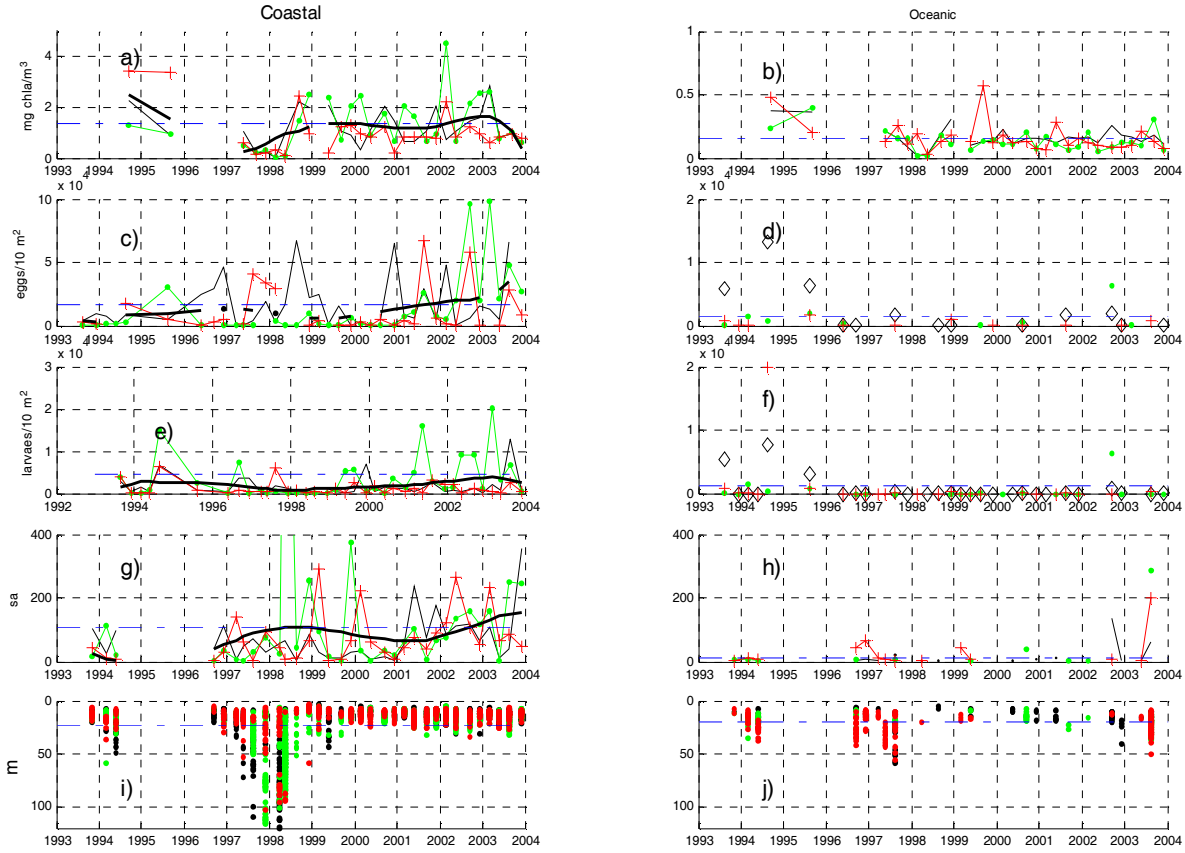


Figura 224. Serie de tiempo en el área costera (costa - 30 km) y el área oceánica (30 - 200 km) para las áreas de Arica(negro), de Iquique (verde) y de Antofagasta (rojo), de: a) y b) clorofila superficial, c) y d) Numero de huevos de anchoveta, e) y f) número de larvas de anchoveta, g) y h) abundancia de la anchoveta (acústica), e i) y j) profundidad de los cardúmenes de anchoveta (acústica).

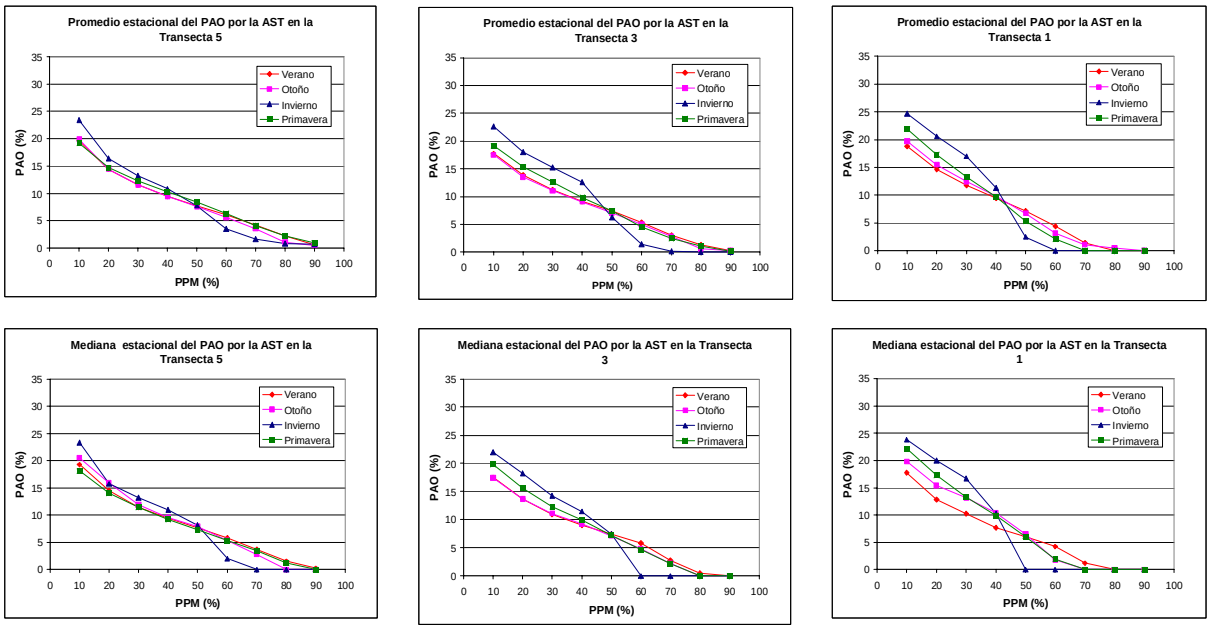


Figura 225. Promedios y medianas del PAO por la AST en el sector Total de la Transectas 5 (Arica), 3 (punta Lobos) y 1 (Antofagasta).

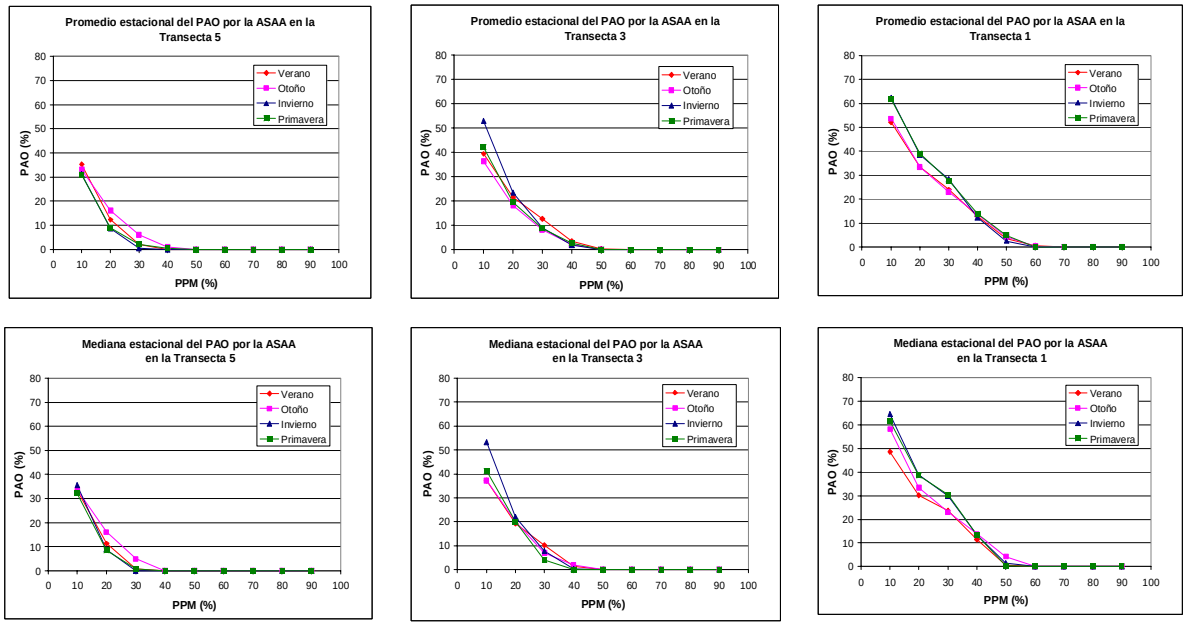


Figura 226. Promedios y medianas del PAO por la ASAA en el sector Total de la Transectas 5 (Arica), 3 (punta Lobos) y 1 (Antofagasta).

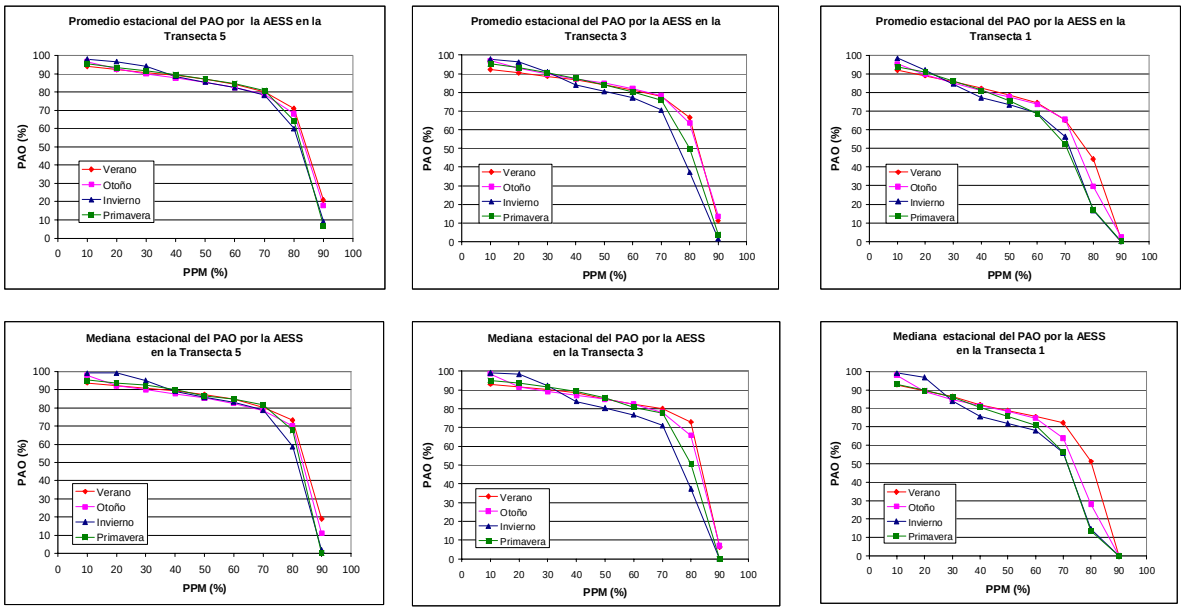


Figura 227. Promedios y medianas del PAO por la AST en el sector Total de la Transectas 5 (Arica), 3 (punta Lobos) y 1 (Antofagasta).

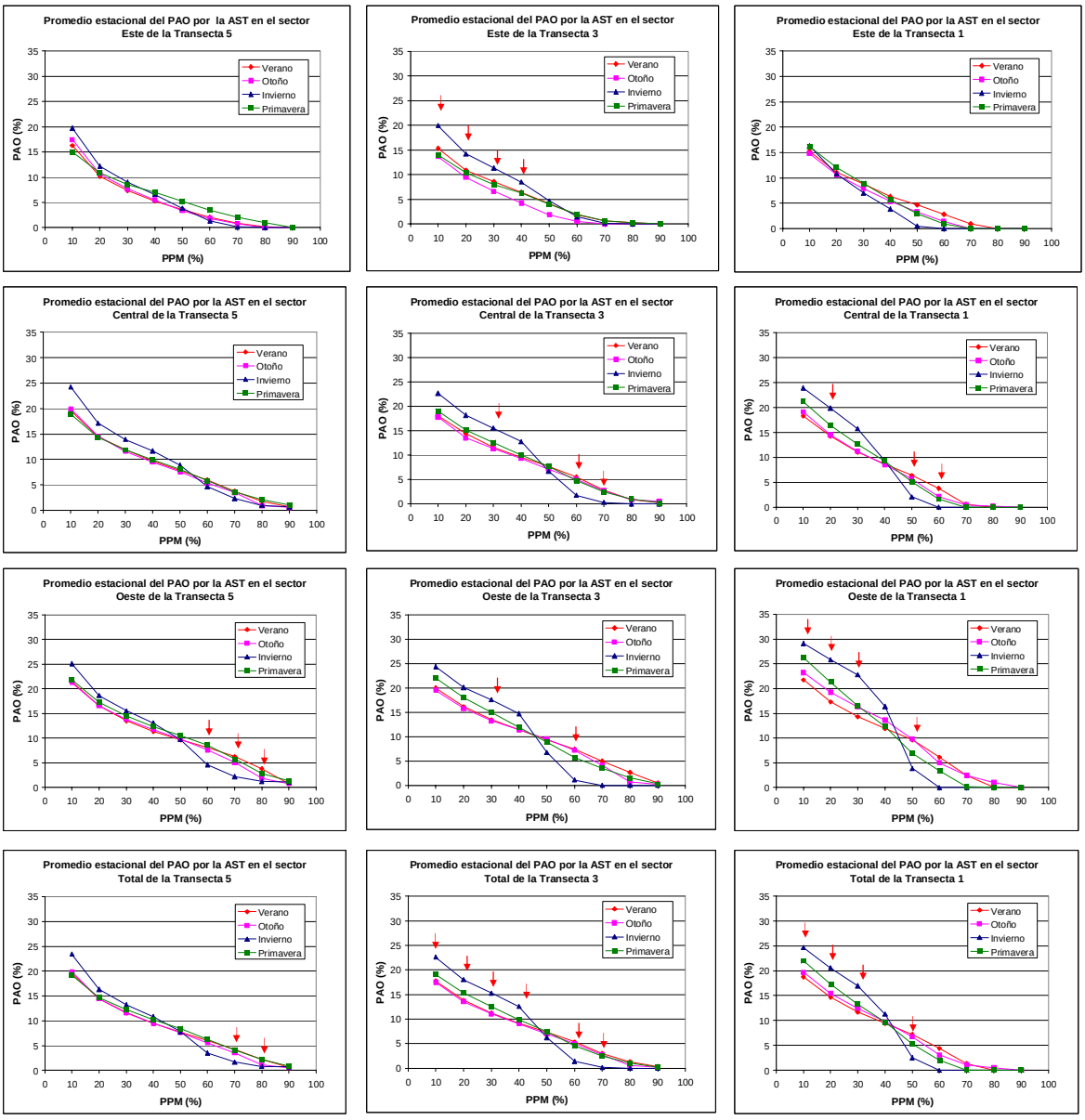


Figura 228. Promedios estacionales del PAO por la masa de agua AST en los diferentes sectores y transectas. Las barras rojas indican los PPM donde hubo diferencia estacional significativa.

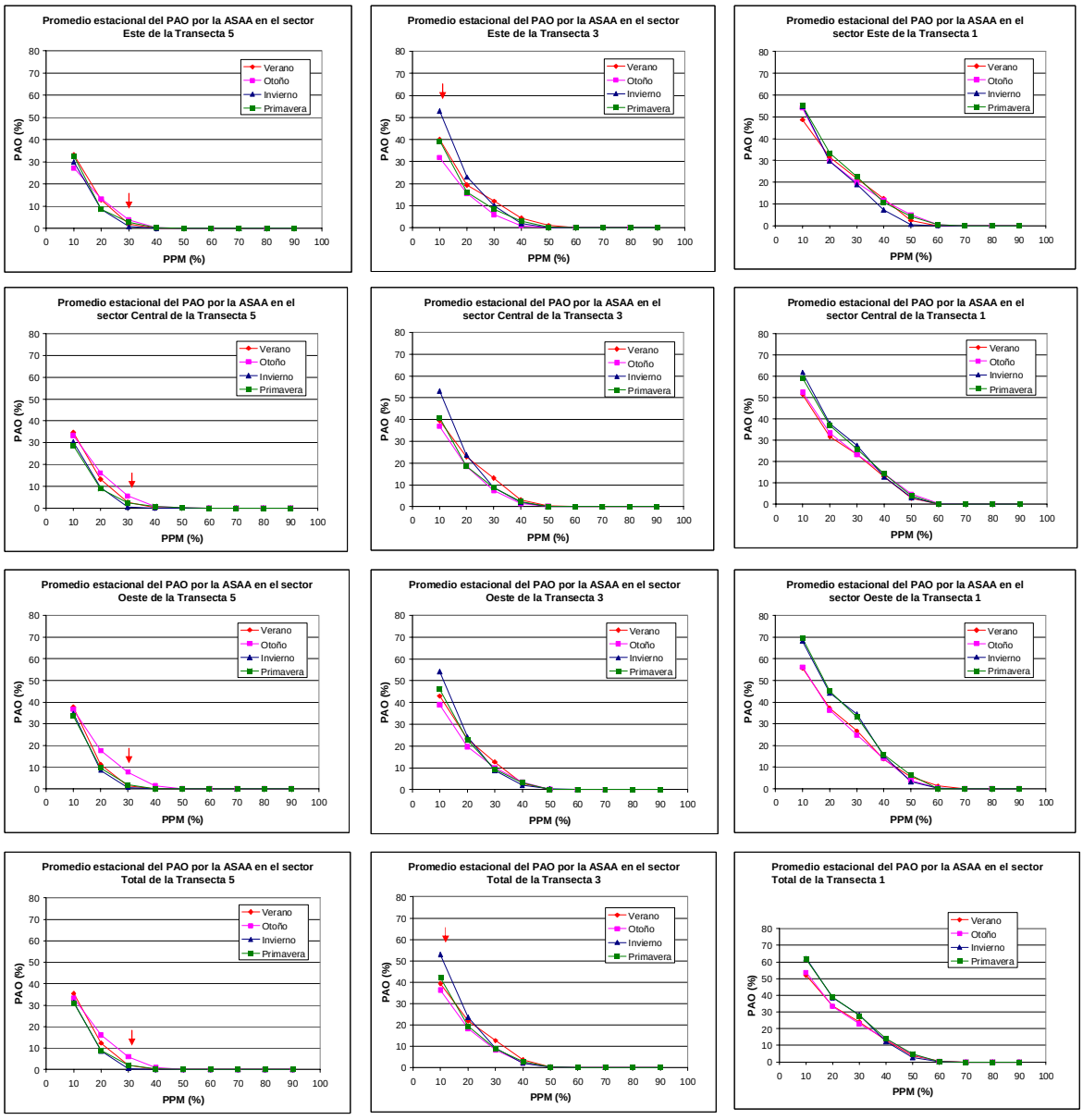


Figura 229. Promedios estacionales del PAO por la masa de agua ASAA en los diferentes sectores y transectas. Las barras rojas indican los PPM donde hubo diferencia estacional significativa.

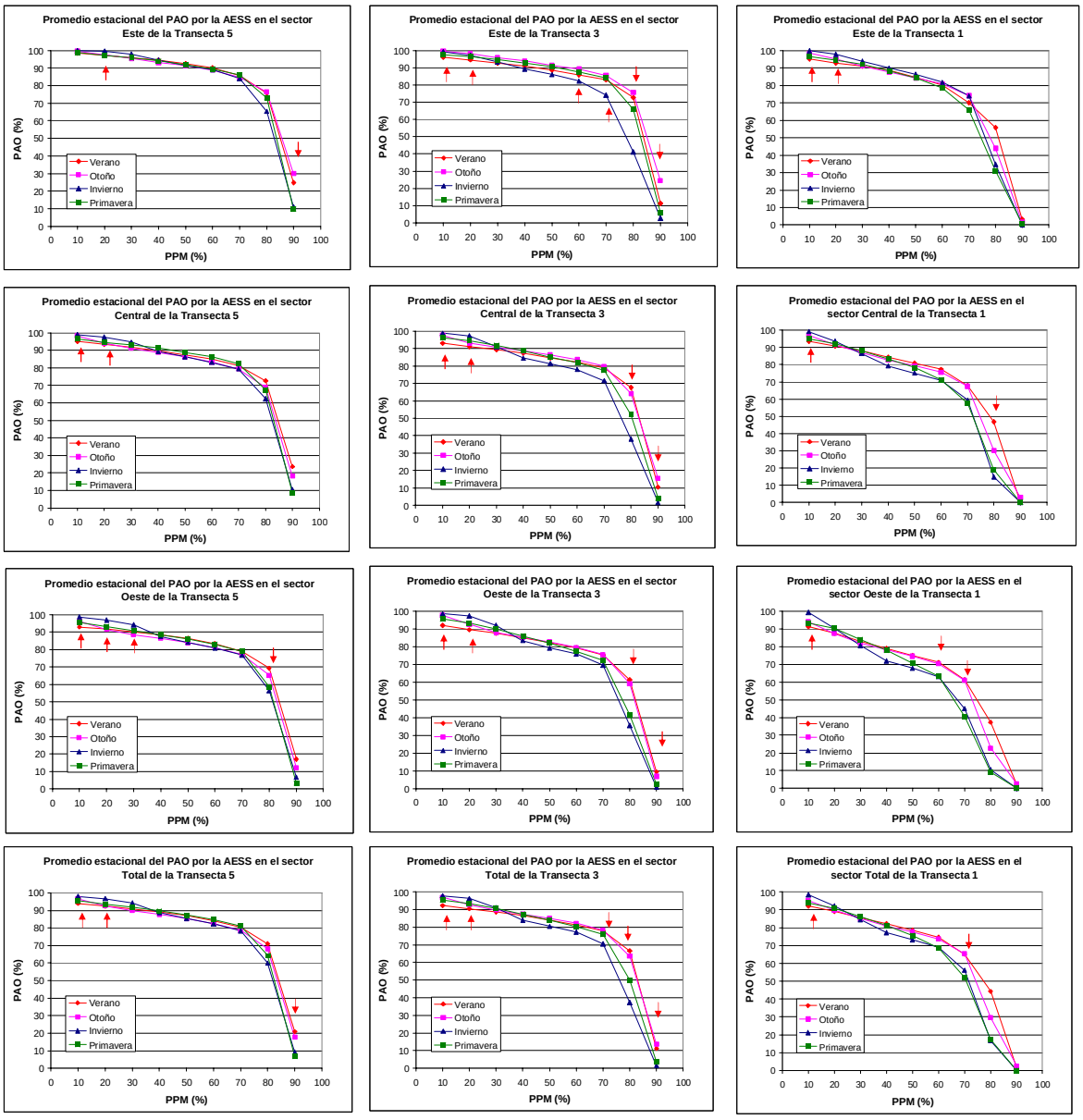


Figura 230. Promedios estacionales del PAO por la masa de agua AESS en los diferentes sectores y transectas. Las barras rojas indican los PPM donde hubo diferencia estacional significativa.

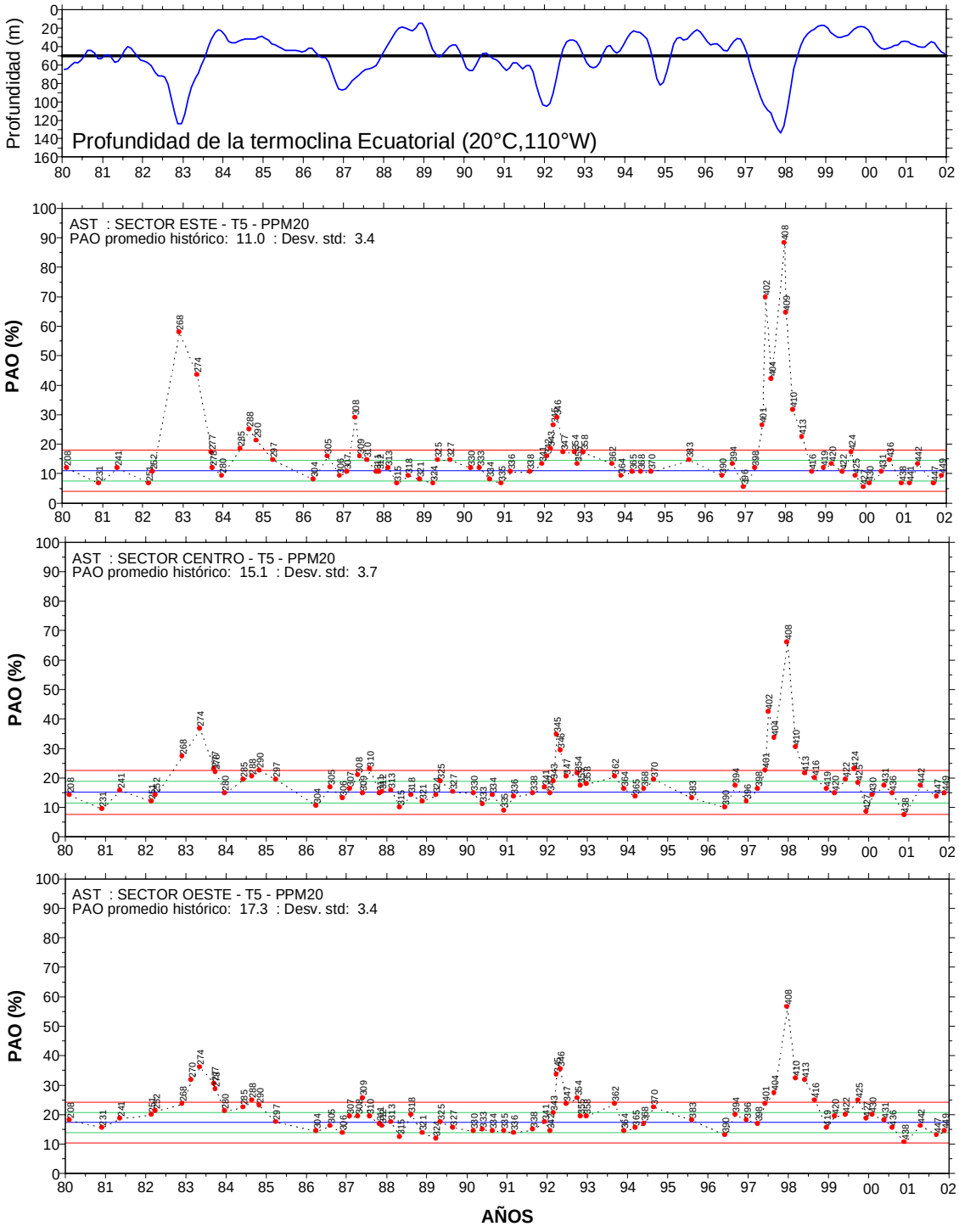


Figura 231. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subtropical (AST) a un PPM de 20% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

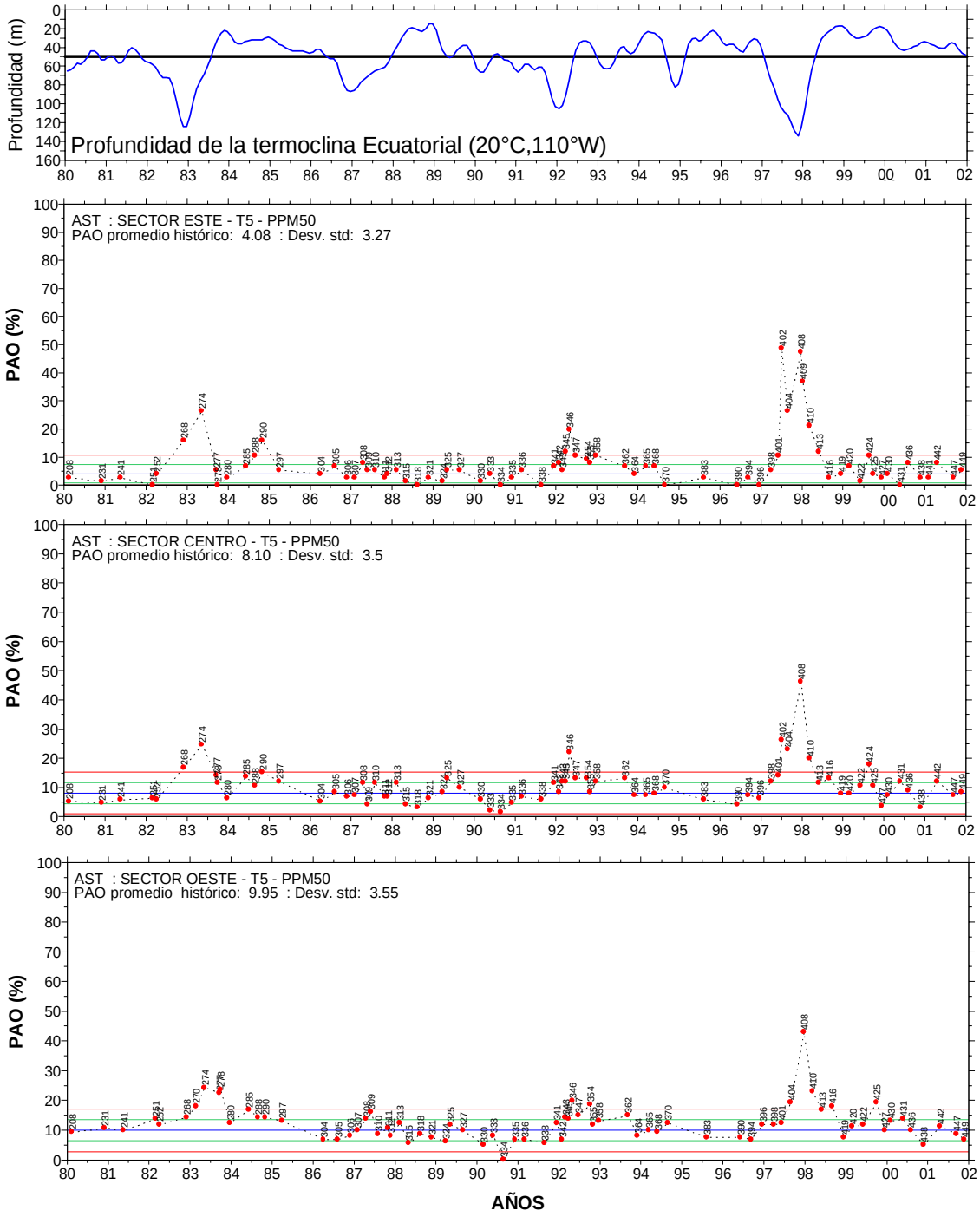


Figura 232. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subtropical (AST) a un PPM de 50% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

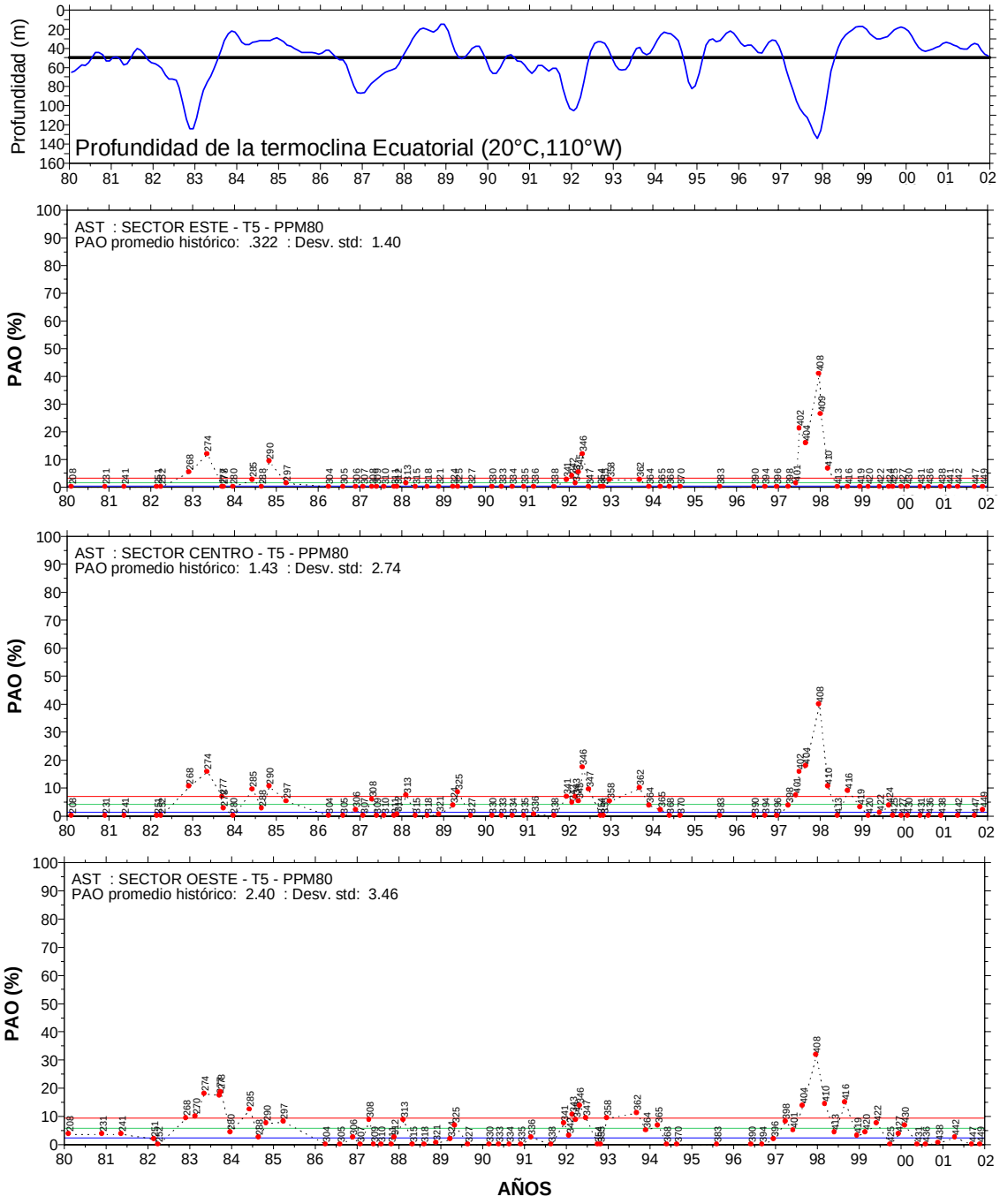


Figura 233. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subtropical (AST) a un PPM de 80% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

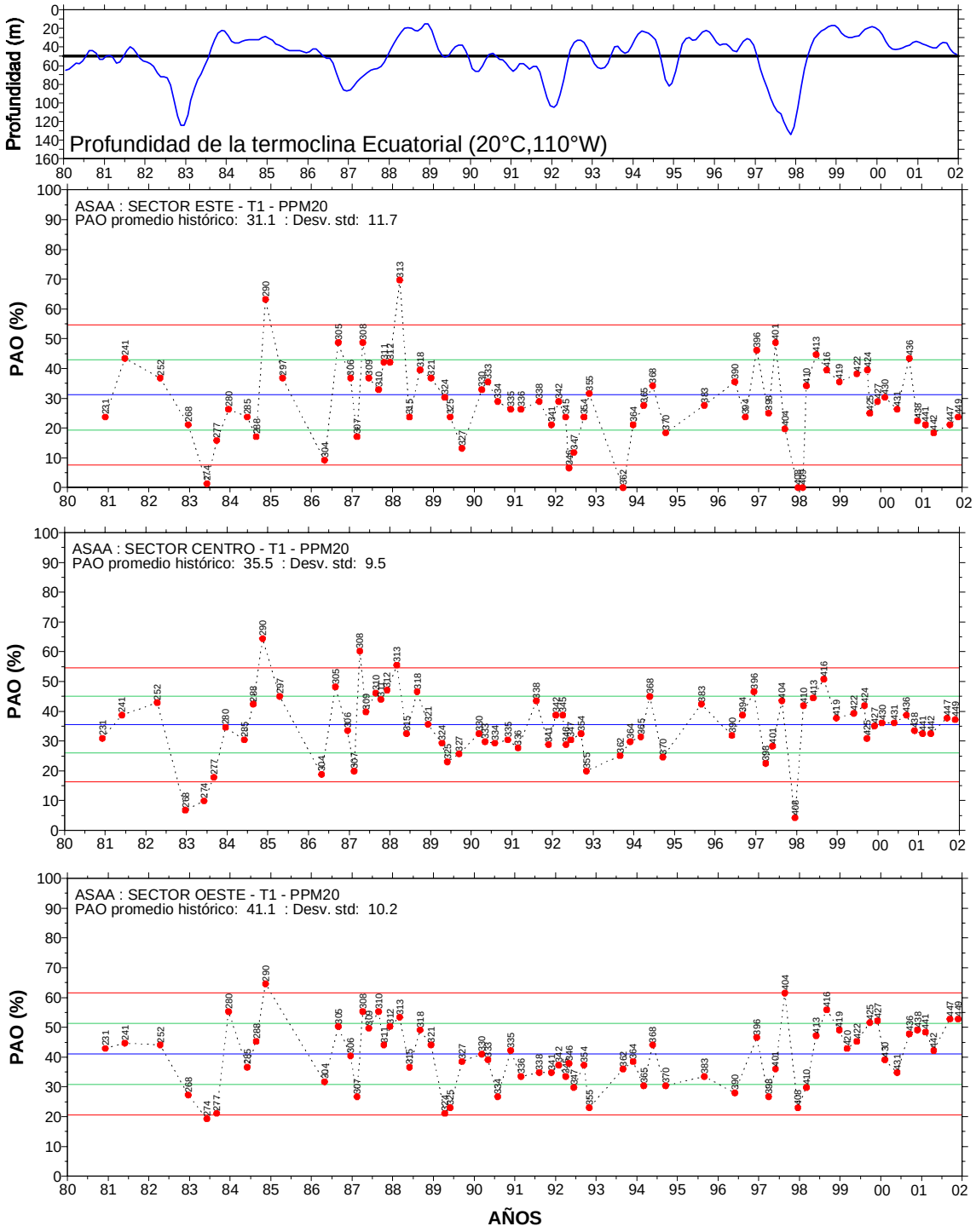


Figura 234. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Subantártica (ASAA) a un PPM de 20% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 1. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

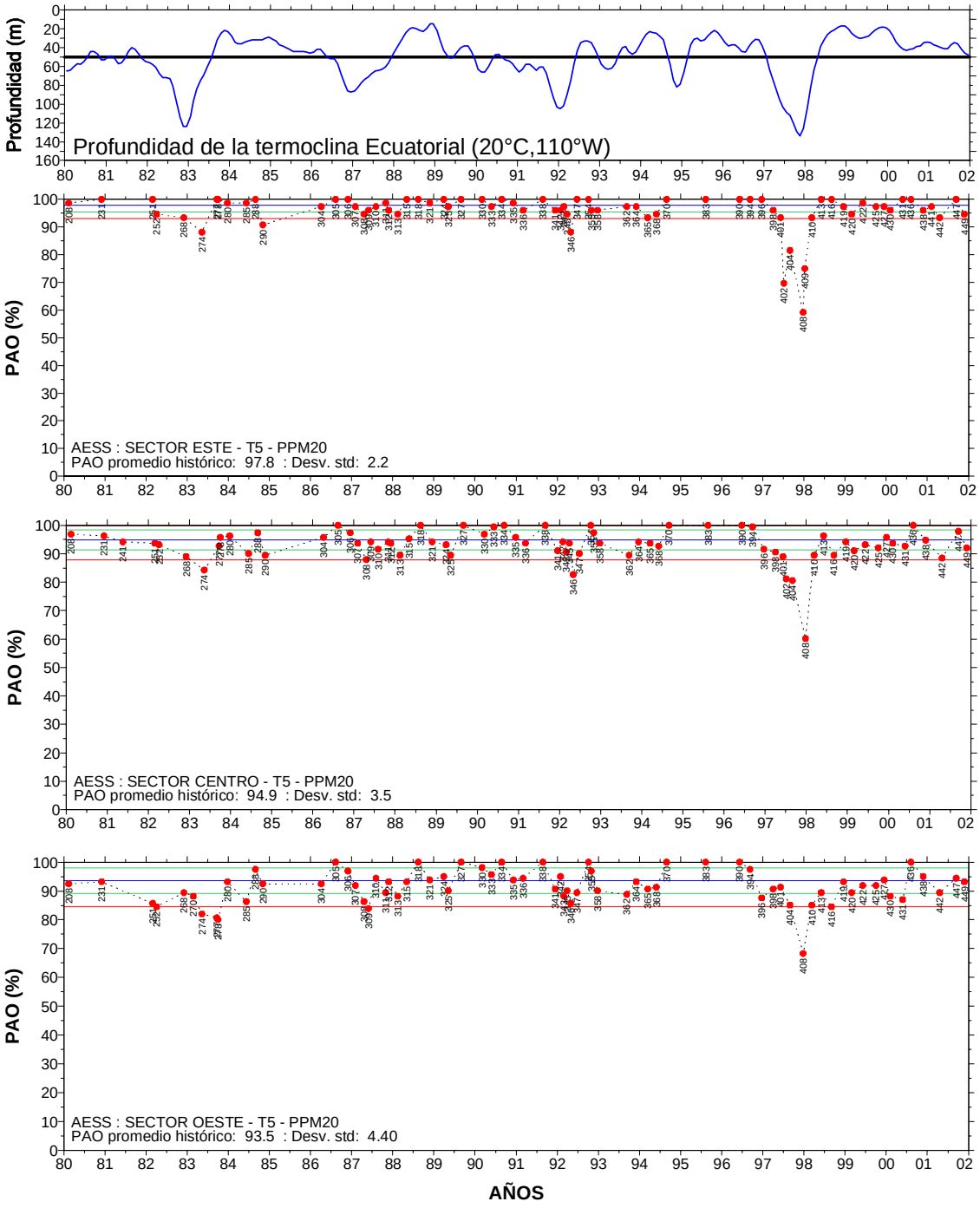


Figura 235. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) a un PPM de 20% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

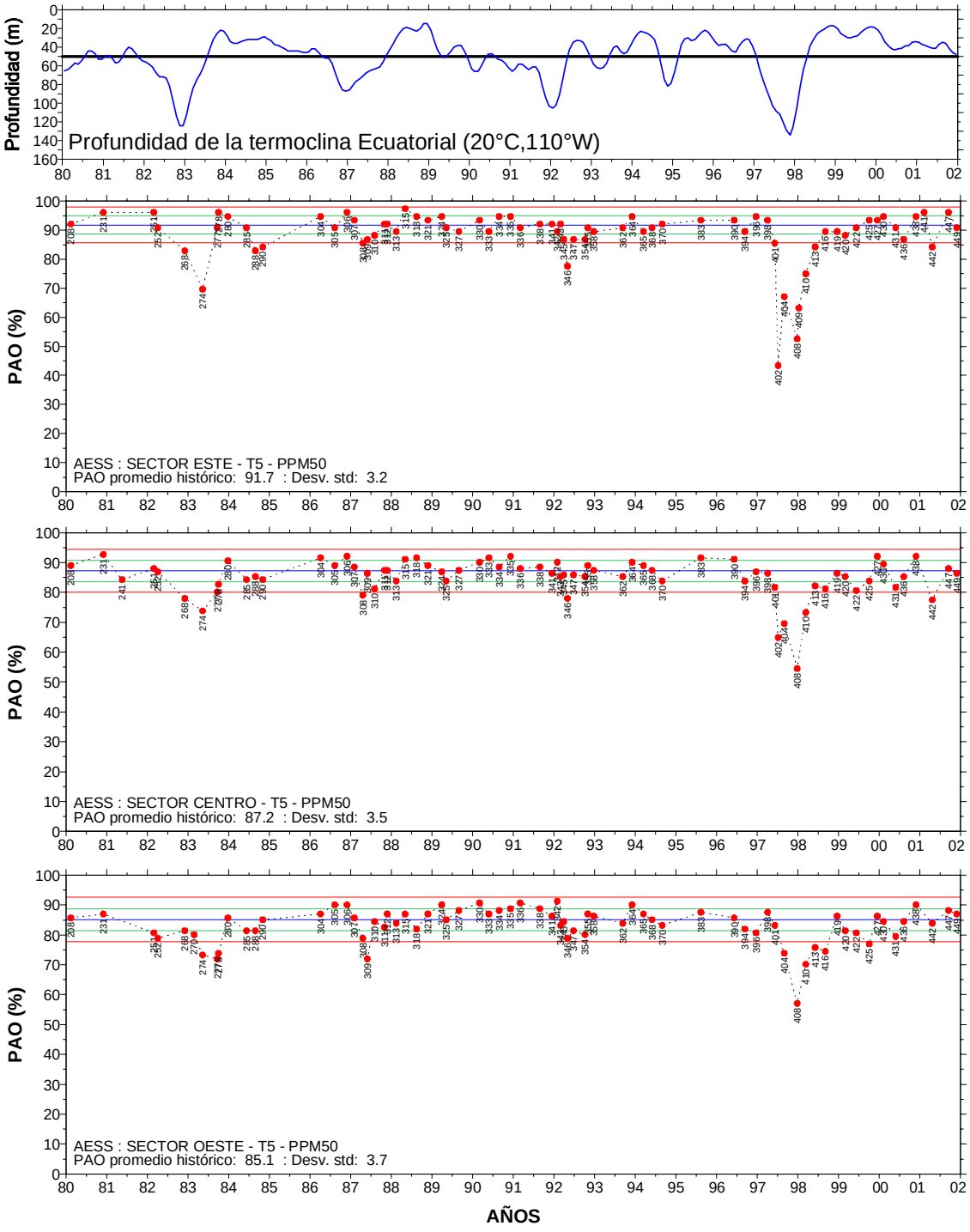


Figura 236. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) a un PPM de 50% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

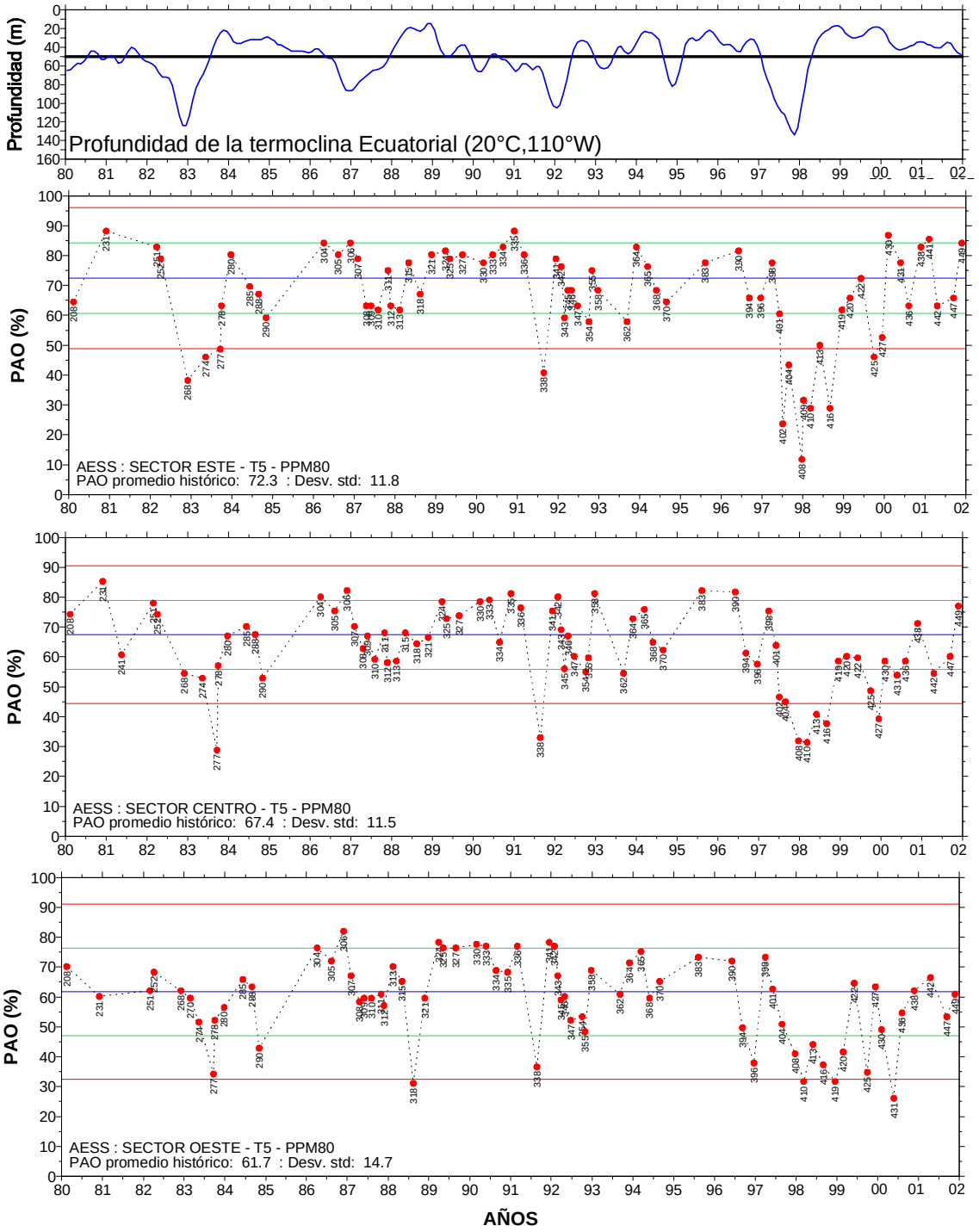


Figura 237. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad de la termoclina ecuatorial (20°C, 110°W) y del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) a un PPM de 80% en los sectores Este, Centro y Oeste de la Transecta 5. Las líneas horizontales indican el promedio de la serie calculada sólo con los años normales definidos en este trabajo (azul), una desviación estándar (verde) y dos desviaciones estándar (rojo). Los números sobre los puntos indican el crucero.

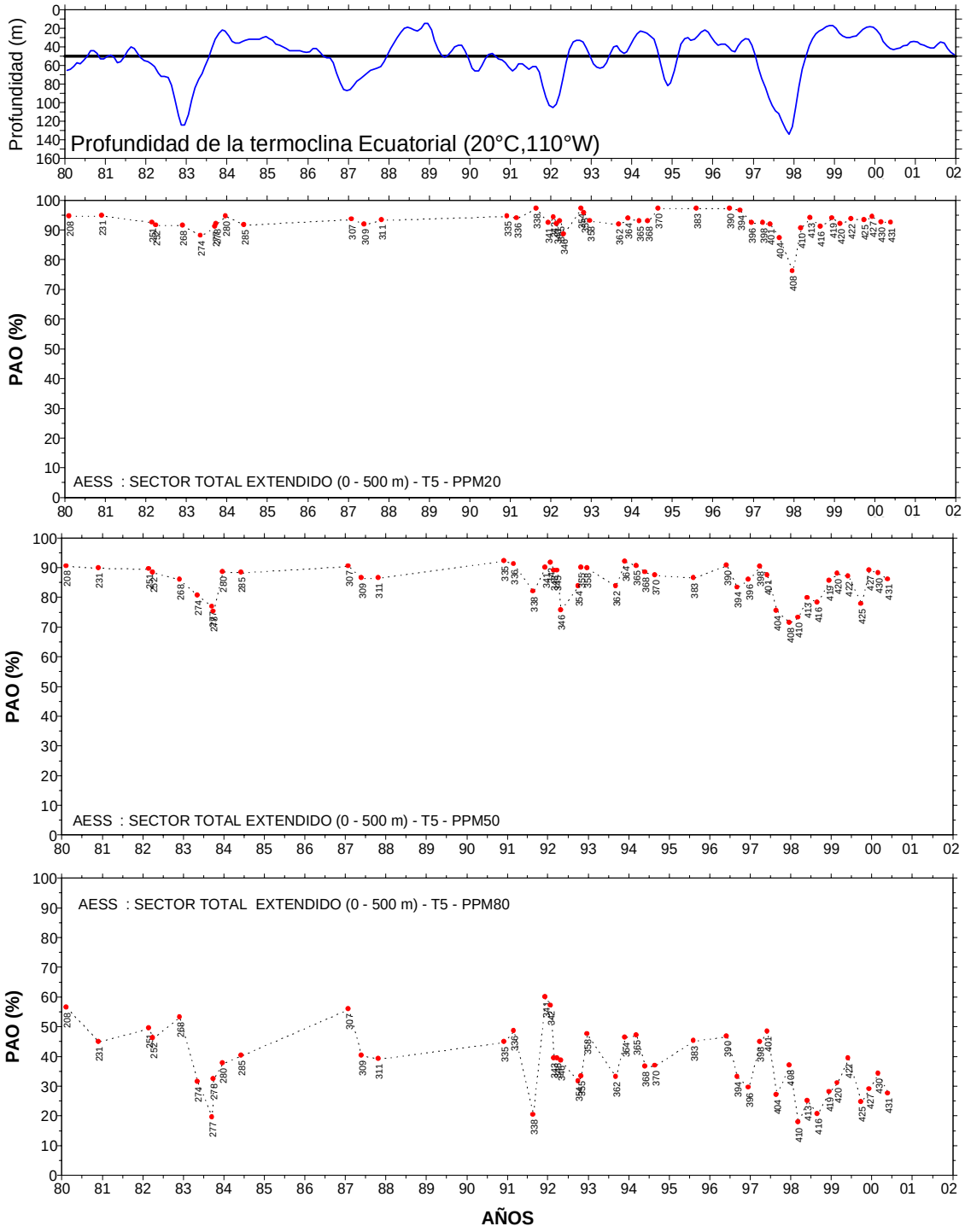


Figura 238. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad promedio mensual de la termoclina ecuatorial (110°W, isoterma de 20°C) y del PAO por la masa AESS en el sector Total Extendido de la Transecta 5 a un PPM20, PPM50 y PPM80. Los números bajo los puntos indican el crucero.

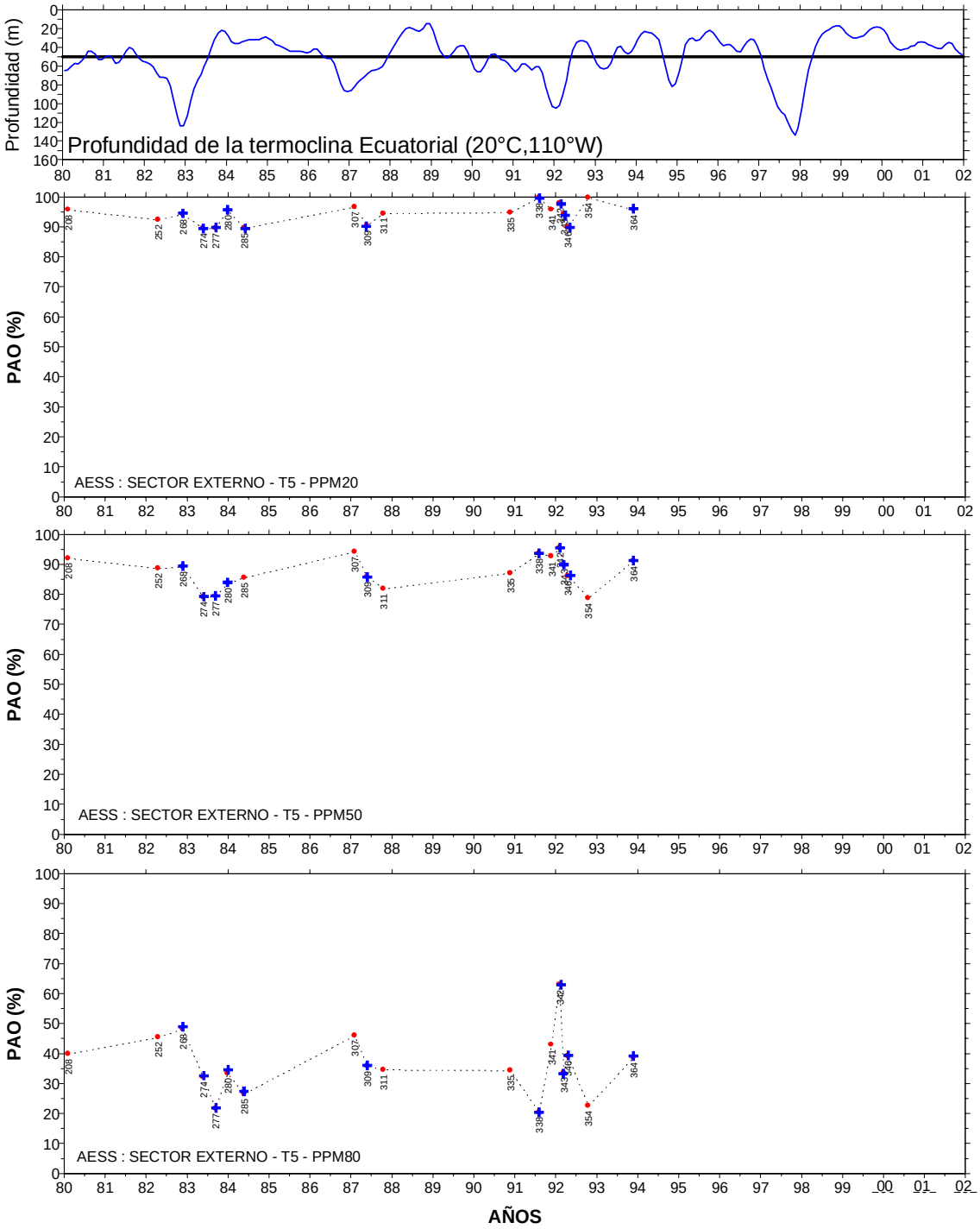


Figura 239. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad promedio mensual de la termoclina ecuatorial (110°W, isoterma de 20°C) y del PAO por la masa AESS en el sector Externo de la Transecta 5 a PPM 20, 50 y 80. En este caso se considera hasta los 500 m de profundidad. Las cruces indican observaciones realizada en períodos considerados anormales en este trabajo. Los números bajo los puntos indican el crucero.

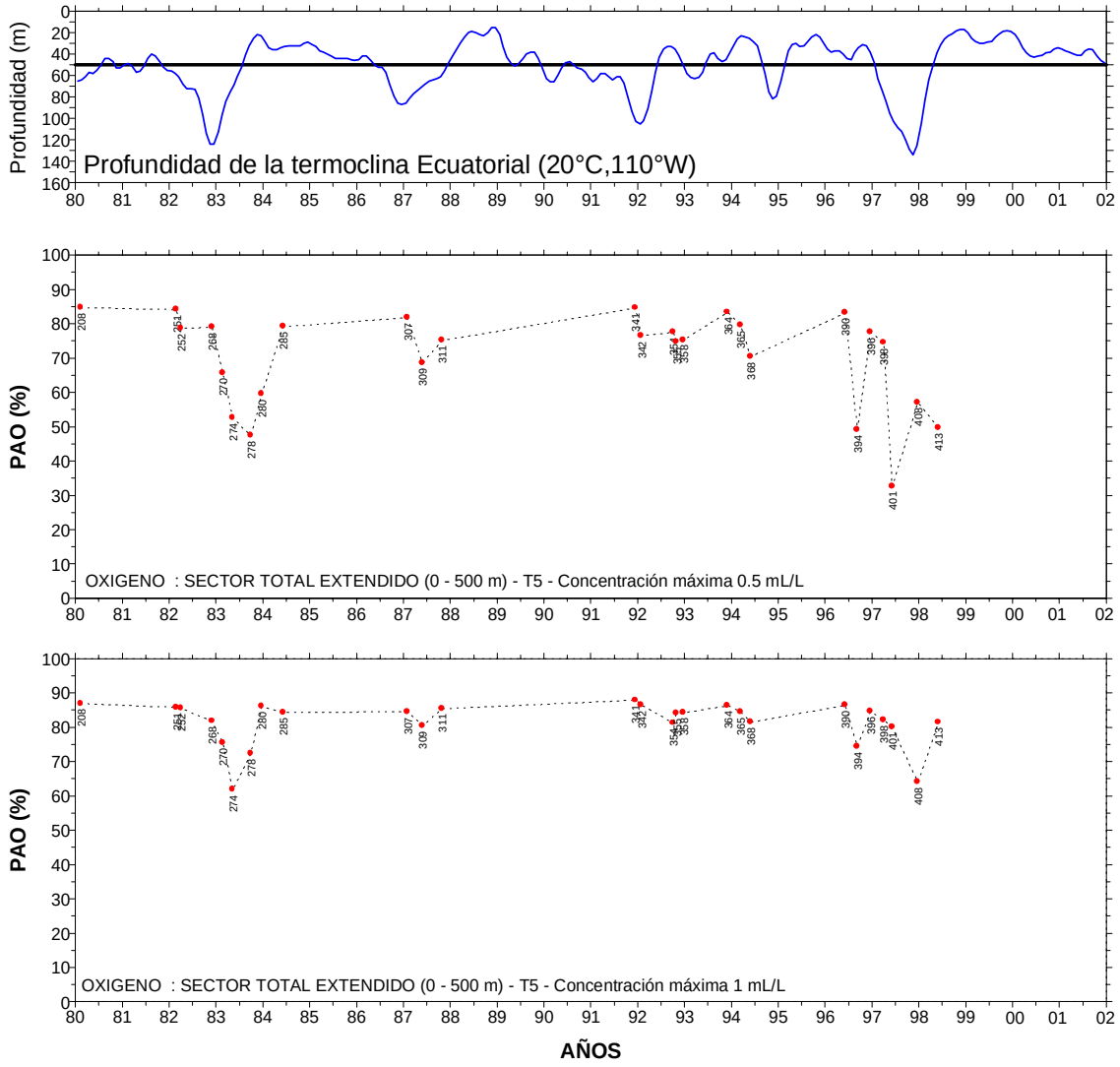


Figura 240. Serie de tiempo (1980-2001) de la profundidad promedio mensual de la termoclina ecuatorial (110°W, isoterma de 20°C) y del PAO por la capa de concentración máxima de oxígeno disuelto de 0.5 y 1 ml/L en el área Total Extendida de la Transecta 5. En este caso se considera hasta los 500 m de profundidad. Los números bajo los puntos indican el crucero.

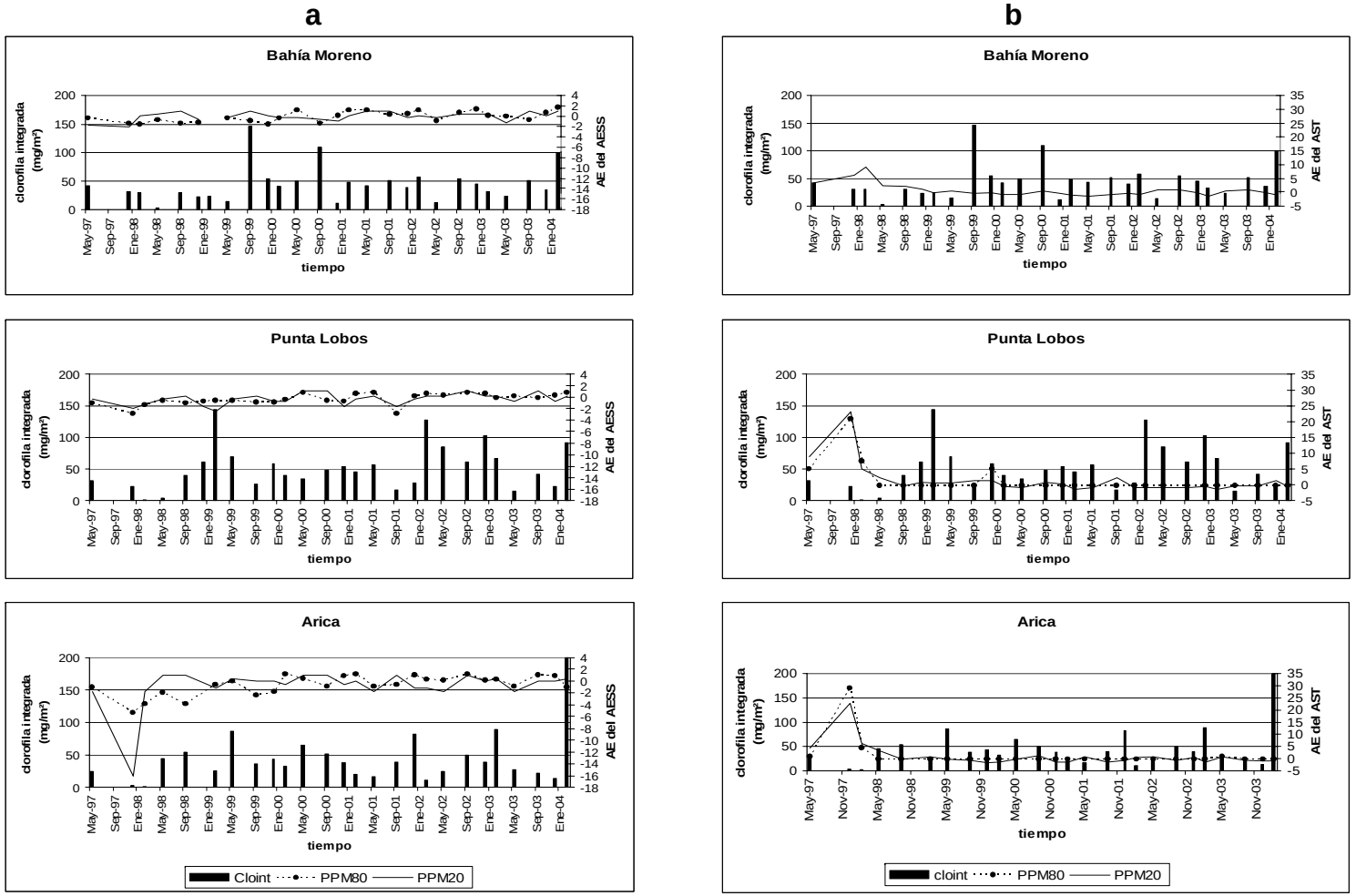


Figura 241. Histograma de la distribución histórica de clorofila a integrada (mg/m²) promedio de las estaciones de las primeras 20 m, junto a las anomalías estandarizada (AE) de los PPM20 (PPM: porcentaje de participación mínima de la masa de agua 20%) y PPM80 (PPM al 80%) para el AESS a) y el AST b) en bahía Moreno, punta Lobos y Arica.
PPM: Porcentaje de participación mínima.

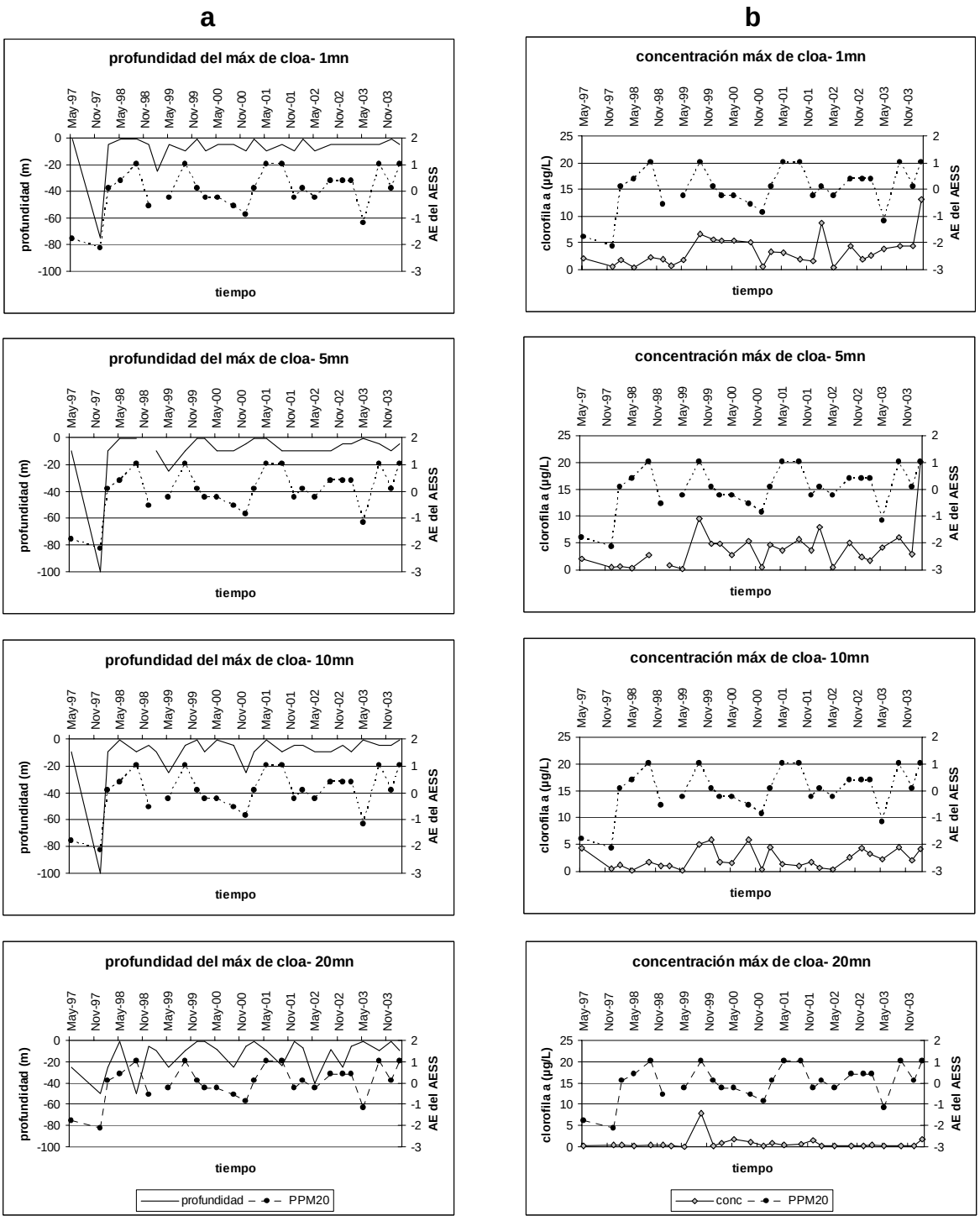


Figura 242. Distribución histórica de la profundidad de los máximos de clorofila a (µg/L) a) y de los valores de los máximos de clorofila a (µg/L) b) de las estaciones de las primeras 20 m, junto a las anomalías estandarizadas de los PPM20 (PPM al 20%) del AESS en la transecta de bahía Moreno.
(PPM: Porcentaje de participación mínima de la masa de agua).

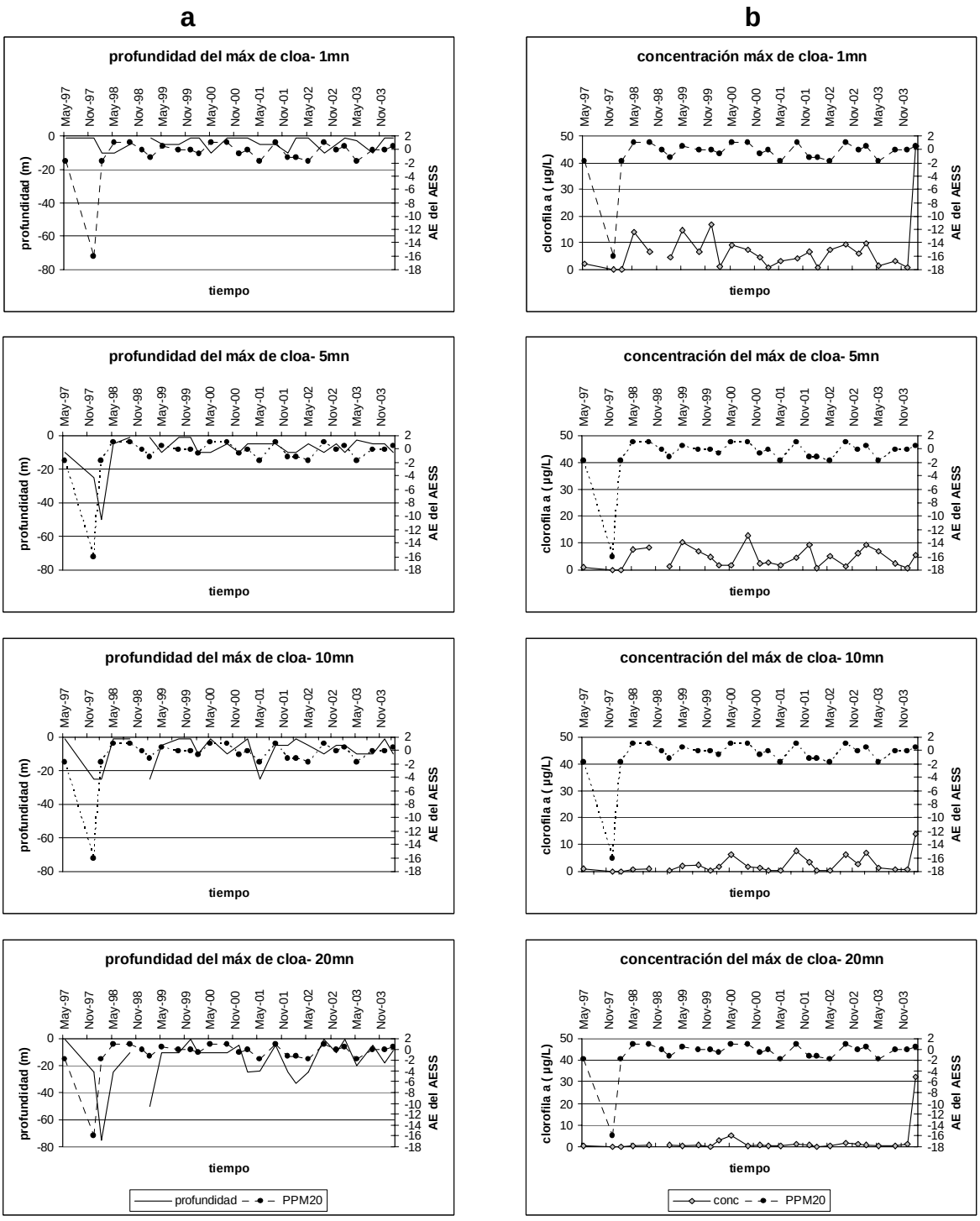


Figura 243. Distribución histórica de la profundidad de los máximos de clorofila a (µg/L) a) y de los valores de los máximos de clorofila a (µg/L) b) de las estaciones de las primeras 20 m, junto a las anomalías estandarizadas de los PPM20 (PPM al 20%) del AESS en la transecta de Arica.
(PPM: Porcentaje de participación mínima de la masa de agua).

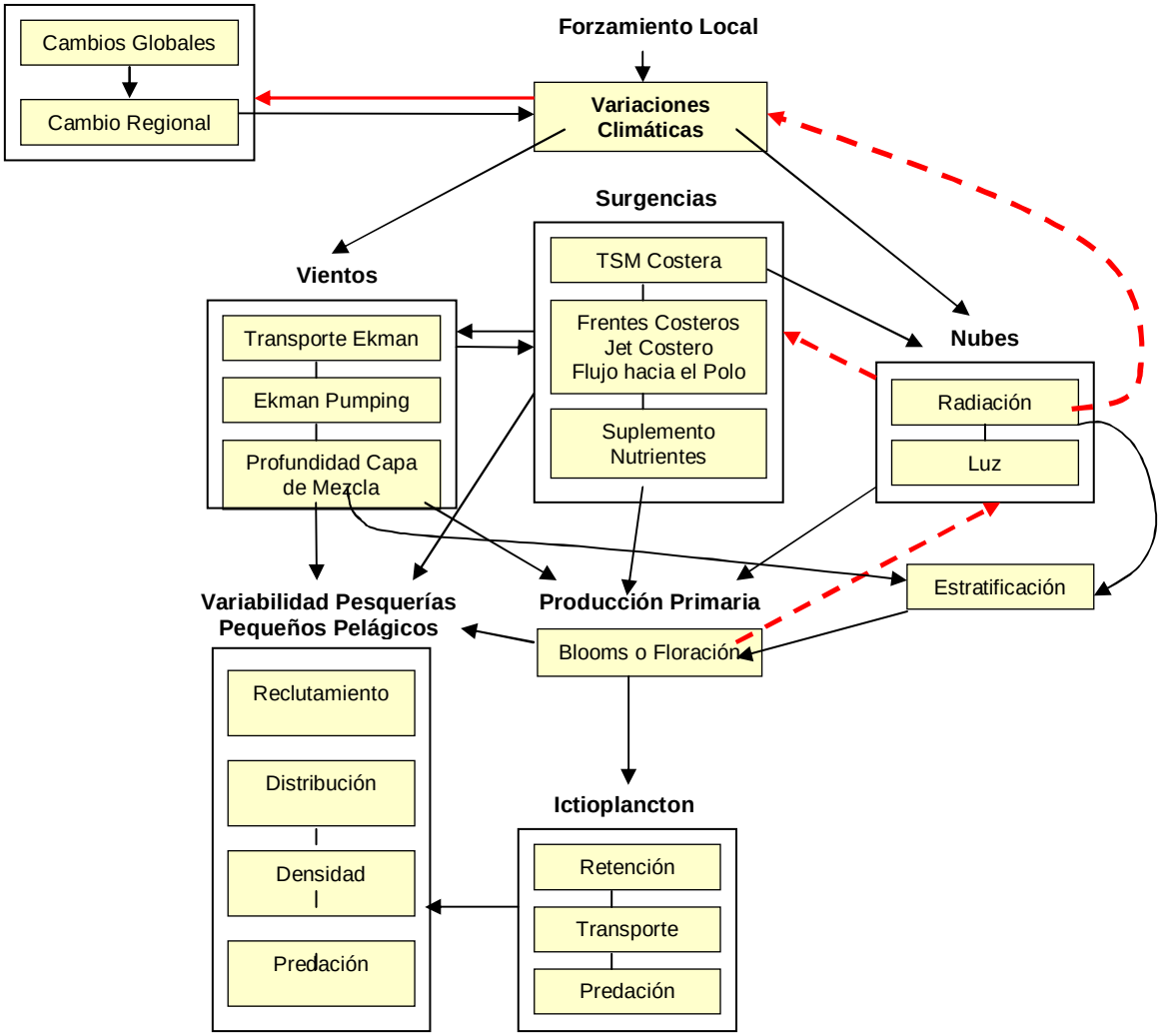


Figura 244. Modelo conceptual de la variabilidad de los pequeños peces pelágicos y las variaciones climáticas en el sistema de surgencia del norte de Chile. Flechas sólidas indican la causa efecto entre los parámetros. Línea cortada la posible retroalimentación de algunos parámetros biológicos a la variabilidad climática.

T A B L A S

Tabla 1

Detalle de la información con que se calcularon los promedios mensuales históricos de temperatura y salinidad para las transectas 1 (Bahía Moreno, 23°40'S) y 5 (Arica, 18°25'S)

	TRANSECTA 1				TRANSECTA 5			
datos / período	**Otoño**	**Invierno**	**Primavera**	**Verano**	**Otoño**	**Invierno**	**Primavera**	**Verano**
cruceros	16	16	23	17	22	21	21	21
estaciones	116	321	176	92	140	355	355	123
datos temperatura reales	1029	2171	1452	708	1014	1951	1951	800
datos temperatura interpolados	360	531	531	423	478	550	550	434
datos salinidad reales	1029	2173	1452	708	1014	1954	1954	821
datos salinidad interpolados	361	532	533	423	478	553	553	491

Tabla 2

Caracterización del tipo de agua según su contenido de oxígeno disuelto

Tipo de agua	Concentración de OD (mL/L)
öxica	≥ 5
Subóxica	< 5 a ≥ 0,2
Anóxica	< 0,2
Mínimo de OD	≤ 1

Tabla 3

Clasificación del estatus trófico de la zona norte de Chile de acuerdo a la concentración de clorofila a

Estatus trófico	Concentración de clorofilla a (µg/L)
Ultraoligotrófica	< 0,2
Oligotrófica	≥ 0,2 a < 0,5
Mesotrófica	≥ 0,5 a <1
Eutrófica o productiva	≥ 1

Tabla 4
Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 0302-461(2)3AM

N°	FECHA			HORA		LAT		LONG		RED		PROF.	FLUJÓMETRO		CALADO		VIRADO		CABLE		TEMP(°C)	SALINI.	PRESIÓN	TEMP.AIRE		SECCHI	OLAS		VIENTO		NUBES	
EST	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	CÓDIGO	MALLA	ECOS.	COD.	N°FIN.	MIN	SEG	MIN	SEG	ARR.	ÁNG.	0m	0m	ATMOSF.	SECA	HÚMEDA		ALT.	DIR.	DIR.	VEL.	TIP.	CAN.
1	´03	5	16	13	30	18	25,0	70	20,7	03	297	14	A01	82	0	14	0	15	10	4	16,708	34,843	18,0	20,0	18,5	4,5	2	19	22	3	6	8
2	´03	5	16	15	15	18	25,0	70	24,9	03	297	64	A01	310	1	2	1	11	50	3	17,871	34,850	17,0	21,0	19,0	4,5	3	19	22	8	6	8
3	´03	5	16	17	32	18	25,0	70	30,2	03	297	109	A01	653	1	54	1	50	100	15	19,358	34,903	16,5	20,0	18,0	4,0	3	19	22	5	´3/6	5
4	´03	5	16	20	5	18	25,0	70	40,8	03	297	690	A01	752	2	1	2	13	100	26	20,778	35,210	18,0	19,0	17,5		3	19	18	10	´3/6	6
5	´03	5	17	0	9	18	25,0	71	1,3	03	297	940	A01	650	1	58	2	0	100	29	21,049	35,228	20,0	19,0	17,0		3	18	15	6	´3/6	7
6	´03	5	17	4	50	18	25,0	71	33,5	03	297	2090	A01	720	2	5	2	10	100	17	19,092	34,934	18,0	18,5	17,0		3	18	14	12	6	8
7	´03	5	17	9	17	18	25,0	72	4,8	03	297	4500	A01	950	1	53	1	54	100	37	20,632	35,099	20,0	19,0	17,0	11,0	4	18	16	12	6	8
8	´03	5	17	12	47	18	43,7	72	3,6	03	297	>6000	A01	710	1	51	2	2	100	22	19,902	35,029	19,5	21,0	19,0	16,0	4	18	16	12	6	8
9	´03	5	17	15	48	19	2,2	72	2,1	03	297	>6000	A01	509	2	5	1	57	100	15	20,540	35,291	17,0	20,0	17,0	15,0	4	18	16	16	6	8
10	´03	5	17	10	21	19	21,2	71	59,8	03	297	>5000	A01	720	2	0	1	45	100	15	20,201	35,312	18,5	18,0	16,0		3	18	14	12	6	8
11	´03	5	17	22	32	19	40,0	71	56,6	03	297	4580	A01	621	2	12	2	30	100	37	19,997	35,308	20,0	18,0	16,0		4	18	16	12	6	8
12	´03	5	18	3	21	19	40,0	71	25,0	03	297	>6000	A01	690	2	2	1	53	100	26	20,362	35,261	18,5	18,0	16,0		3	18	20	9	6	8
13	´03	5	18	7	46	19	40,0	70	53,1	03	297	2390	A01	629	2	1	2	3	100	9	20,561	35,122	10,0	18,0	16,0	15,0	3	19	21	11	6	8
14	´03	5	18	12	0	19	40,0	70	31,9	03	297	783	A01	625	1	52	2	4	100	16	20,415	35,148	19,0	18,5	18,0	19,0	2	20	22	5	7	8
15	´03	5	18	14	19	19	40,0	70	21,7	03	297	644	A01	668	1	52	2	24	100	17	17,545	34,789	17,5	18,0	17,0	6,5	2	20	19	5	6	8
16	´03	5	18	16	54	19	40,0	70	15,9	03	297	235	A01	617	1	59	1	45	100	16	16,426	34,778	18,0	19,0	17,0	4,0	2	20			6	8
17	´03	5	18	18	16	19	40,1	70	11,9	03	297	81	A01	541	1	23	1	35	75	20	15,911	34,798	18,5	18,0	17,0		2	20	17	3	6	8
18	´03	5	19	1	11	20	23,4	70	37,2	03	297	1150	A01	648	1	59	2	13	100	4	19,583	34,921	21,5	17,0	16,0		2	20			6	8
19	´03	5	19	5	17	20	36,0	71	4,3	03	297	>5000	A01	735	2	4	2	12	100	18	19,550	34,918	20,5	17,0	16,0		2	20	12	10	6	8
20	´03	5	19	9	22	20	48,9	71	31,6	03	297	4700	A01	652	1	55	1	38	100	4	19,350	35,069	20,0	18,0	16,0	20,0	3	19	6	15	´6/9	7
21	´03	5	19	13	28	21	0,0	71	57,1	03	297	4287	A01	621	1	52	2	10	100	3	19,604	35,211	20,0	22,0	19,0	20,0	3	19	20	10	´1/8	6
22	´03	5	19	18	26	21	0,0	71	25,0	03	297	>5000	A01	730	2	3	2	12	100	15	19,258	34,970	19,5	18,0	16,5		3	19	16	15	´4/6	6
23	´03	5	19	23	11	21	0,0	70	52,8	03	297	3750	A01	751	1	58	1	52	100	16	18,479	34,781	20,0	17,0	15,5		3	19	17	16	´3/6	6
24	´03	5	20	3	41	21	0,0	70	31,5	03	297	778	A01	559	2	3	1	58	100	6	18,139	34,786	19,5	17,0	16,0		2	19	14	5	´3/6	6
25	´03	5	20	5	51	21	0,0	70	20,6	03	297	106	A01	608	2	2	1	41	100	25	17,262	34,794	19,5	17,0	16,0		2	19				
26	´03	5	20	7	57	21	0,0	70	15,4	03	297	93	A01	529	1	28	1	42	80	22	16,297	34,792	20,5	16,5	16,0	6,0	2	20			´1/6	5
27	´03	5	20	8	54	21	0,0	70	11,2	03	297	71	A01	420	1	21	1	22	65	15	14,421	34,818	21,0	17,0	15,0	12,0	1	19	16	9	4	2
28	´03	5	20	13	42	21	20,0	70	8,1	03	297	87	A01	548	1	39	1	48	80	17	15,252	34,831	19,5	20,0	18,0	7,0	1	19			6	8
29	´03	5	20	16	47	21	40,1	70	11,5	03	297	105	A01	751	1	49	1	43	100	28	15,726	34,818	19,0	18,5	17,0	4,0	1	19	22	4	6	8
30	´03	5	20	19	45	22	0,0	70	13,6	03	297	119	A01	658	1	58	2	29	100	21	15,077	34,566	20,0	17,5	16,0						6	8
31	´03	5	21	1	37	22	44,5	70	21,1	03	297	280	A01	625	1	57	2	1	100	6	15,248	34,746	22,5	16,0	15,0						6	8
32	´03	5	21	7	9	23	5,2	70	37,1	03	297	138	A01	722	2	9	2	12	100	11	14,647	34,544	22,5	16,0	15,0				15	2	6	8
33	´03	5	21	10	44	23	31,0	70	39,9	03	297	348	A01	619	1	59	1	46	100	10	16,235	34,553	23,0	17,0	15,0	12,0			10	2	6	8
34	´03	5	21	13	38	23	40,0	70	26,0	03	297	82	A01	541	1	25	1	15	75	10	15,772	34,540	21,0	19,0	17,0	6,0			23	8	6	8
35	´03	5	21	15	21	23	40,0	70	30,1	03	297	137	A01	625	1	58	2	3	100	7	15,080	34,542	20,0	11,0	17,0	7,0			26	4	6	8
36	´03	5	21	16	34	23	40,0	70	36,2	03	297	514	A01	875	2	13	2	5	100	35	17,467	34,719	20,0	18,0	16,0	8,0	2	21	21	11	6	7
37	´03	5	21	19	33	23	40,0	70	46,9	03	297	2391	A01	620	1	54	2	8	100	24	17,497	34,720	10,0	17,0	15,0		2	21	17	10	6	3
38	´03	5	21	23	10	23	40,0	71	8,5	03	297		A01	812	2	4	2	0	100	29	18,328	34,942	21,5	16,5	14,5		3	18	18	18	6	3
39	´03	5	22	4	7	23	40,0	71	41,5	03	297	>5000	A01	710	2	1	1	54	100	24	18,517	34,970	20,5	17,5	16,0		3	18	18	13	6	8
40	´03	5	22	8	25	23	40,0	72	14,4	03	297	4350	A01	710	1	55	1	56	100	27	18,458	34,951	21,5	16,5	14,5	16,0	4	22	18	13	6	8
41	´03	5	22	11	57	23	19,9	72	11,9	03	297	4075	A01	790	1	55	2	2	100	28	18,621	34,967	21,5	17,0	15,0	14,0	4	22	18	16	6	8
42	´03	5	22	14	52	22	59,5	72	8,2	03	297	4283	A01	792	2	2	2	8	100	18	18,656	34,934	20,0	18,0	17,0	15,0	4	22	17	15	6	7
43	´03	5	22	18	40	22	39,1	72	5,8	03	297	4170	A01	741	1	59	2	2	100	30	18,476	34,761	20,0	17,0	16,0		4	22	18	18	6	8
44	´03	5	22	21	58	22	20,0	72	3,2	03	297	4300	A01	830	1	53	1	53	100	28	17,147	34,731	20,0	16,0	14,0		4	22	18	21	6	8
45	´03	5	23	3	1	22	20,0	71	30,7	03	297	5170	A01	662	2	13	1	52	100	17	17,206	34,779	20,0	17,0	16,0		4	22	18	15	6	8
46	´03	5	23	7	22	22	20,0	70	58,2	03	297	4900	A01	751	1	39	1	49	100	26	17,735	34,888	20,5	16,0	15,0	9,0	4	22	16	12	6	8
47	´03	5	23	11	36	22	20,0	70	37,1	03	297	1350	A01	600	1	56	1	42	100	4	18,307	34,682	21,0	16,4	15,0	13,0	4	22	24	7	6	8
48	´03	5	23	13	57	22	20,0	70	26,4	03	297	885	A01	535	1	57	1	50	100	8	16,885	34,594	19,5	17,0	16,0	7,5	4	20	24	5	6	8
49	´03	5	23	16	15	22	20,0	70	20,8	03	297	720	A01	645	2	2	2	10	100	12	15,762	34,699	19,0	17,5	16,5	5,0	4	20	24	5	6	8
50	´03	5	23	17	48	22	20,0	70	16,0	03	297	100	A01	590	1	41	1	43	90	17	15,118	34,817	18,5	16,5	15,0	4,0	3	20	30	3	6	8
Arica	´03	5	16	14	10	18	23,3	70	22,8	03	297	32	A01	178	0	32	0	50	25	16	17,144	34,817	17,5	21,0	19,0	5,0	2	19	22	5	6	8
Iquique	´03	5	16	0	31	20	11,8	70	10,5	03	297	51	A01	472	1	26	0	55	45	4	17,263	34,802	16,0	16,8	15,5		2	19	19	15	6	8
Mejillones	´03	5	21	4	17	23	1,0	70	23,0	03	297	86	A01	481	1	28	1	43	80	4	14,404	34,681	22,0	16,0	15,0				35	2	6	8

Tabla 5
Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 0309-464(3)3CP

N°	FECHA			HORA		LAT		LONG		RED		PROF.	FLUJÓMETRO		CALADO		VIRADO		CABLE		TEMP(°C)	SALINI.	PRESIÓN	TEMP.AIRE		SECCHI	OLAS		VIENTO		NUBES	
EST	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	CÓDIGO	MALLA	ECOS.	COD.	N°FIN.	MIN	SEG	MIN	SEG	ARR.	ÁNG.	0m	0m	ATMOSF.	SECA	HÚMEDA		ALT.	DIR.	DIR.	VEL.	TIP.	CAN.
1	´03	8	31	3	4	23	40,0	70	25,6	03	297	71	A01	425	1	7	1	3	65	6	15,502	34,680	11,8	15,0	14,0							
2	´03	8	31	5	9	23	40,0	70	30,0	03	297	142	A01	845	1	55	2	5	100	12	15,823	34,687	11,8	15,0	14,0							
3	´03	8	31	7	31	23	40,0	70	35,5	03	297	457	A01	625	1	55	1	44	100	11	15,315	34,699	11,5	14,5	13,0	5,0						
4	´03	8	31	10	40	23	40,0	70	46,3	03	297	2500	A01	698	1	51	1	45	100	9	15,536	34,696	13,5	15,5	14,0	11,0						
5	´03	8	31	16	7	23	40,0	71	8,5	03	297	5084	A01	678	1	53	1	54	100	15	15,791	34,780	12,0	17,0	14,0	17,0						
6	´03	8	31	22	48	23	40,0	71	40,3	03	297	4900	A01	778	2	14	1	44	100	14	15,618	34,774	12,0	15,0	14,0							
7	´03	9	1	3	59	23	40,0	72	13	03	297	4300	A01	888	2	3	1	46	100	11	14,937	34,707	11,5	15,5	14,0							
8	´03	9	2	0	13	23	20,0	70	36,0	03	297	90	A01	745	1	48	1	42	80	9	14,049	34,698	12,4	15,0	14,0							
9	´03	9	2	11	33	23	20,0	71	39,0	03	297	5110	A01	870	2	20	1	31	100	3	15,499	34,681	14,0	20,0	18,5	15,0						
10	´03	9	3	4	38	23	0,0	70	21,1	03	297	64	A01	322	1	0	1	3	55	10	16,273	34,752	13,5	15,0	13,5							
11	´03	9	3	15	25	23	0,0	71	24,8	03	297	> 8000	A01	641	1	34	1	36	100	8	15,608	34,692	13,5	16,0	15,0	9,0						
12	´03	9	4	21	20	22	40,0	70	18,0	03	297	86	A01	608	1	27	1	10	70	12	15,749	34,750	14,0	15,5	14,0							
13	´03	9	5	9	23	22	40,0	71	21,6	03	297	6700	A01	670	1	34	1	45	100	5	16,126	34,902	14,0	14,0	13,0	15,0						
14	´03	9	6	1	27	22	20,0	70	16,1	03	297	107	A01	750	1	41	1	39	100	5	15,388	34,765	14,0	15,0	14,0							
15	´03	9	6	3	17	22	20,0	70	20,3	03	297	380	A01	664	1	39	2	1	100	3	15,644	34,751	14,0	15,0	14,0							
16	´03	9	6	5	50	22	20,0	70	25,6	03	297	845	A01	702	1	45	1	44	100	4	15,693	34,762	13,5	15,0	14,0							
17	´03	9	6	9	7	22	20,0	70	36,5	03	297	1050	A01	792	1	46	1	40	100	3	15,689	34,783	14,3	15,0	14,0	17,0						
18	´03	9	6	14	6	22	20,0	70	57,7	03	297	4808	A01	648	1	39	1	48	100	18	15,875	34,819	14,1	17,0	15,0	14,0						
19	´03	9	6	21	6	22	20,0	71	30,0	03	297	S/F	A01	928	2	19	1	35	100	23	16,254	34,966	14,5	17,0	15,0							
20	´03	9	7	2	54	22	20,0	72	2,4	03	297	S/F	A01	960	2	14	1	56	100	25	16,270	34,955	15,0	17,0	15,0							
21	´03	9	8	0	23	22	0,0	70	12,6	03	297	92	A01	712	1	40	1	28	80	20	14,725	34,806	17,0	15,0	14,0							
22	´03	9	8	22	4	21	40,0	70	10,6	03	297	62	A01	505	1	17	0	56	50	35	14,229	34,815	17,3	15,0	14,0							
23	´03	9	10	7	9	21	20,0	70	6,5	03	297	41	A01	365	0	37	0	41	35	2	14,143	34,794	13,0	15,0	14,0							
24	´03	9	11	2	45	21	0,0	70	11,2	03	297	71	A01	402	1	6	1	16	60	9	14,211	34,847	13,8	15,0	13,5							
25	´03	9	11	4	15	21	0,0	70	15,2	03	297	92	A01	540	1	27	1	36	85	3	15,279	34,801	13,8	15,0	13,5							
26	´03	9	11	6	2	21	0,0	70	20,6	03	297	108	A01	730	1	55	1	33	100	8	15,972	34,884	13,5	15,0	13,5							
27	´03	9	11	13	8	21	0,0	70	31,3	03	297	794	A01	620	1	46	1	21	100	6	16,825	34,981	13,1	17,0	15,5	15,0						
28	´03	9	11	17	41	21	0,0	70	52,5	03	297	3000	A01	650	1	39	1	36	100	7	17,194	35,058	12,5	15,5	13,5	16,0						
29	´03	9	12	0	2	21	0,0	71	24,6	03	297	S/F	A01	653	2	10	2	0	100	12	16,390	34,971	14,5	15,0	13,5							
30	´03	9	12	4	45	21	0,0	71	56,2	03	297	S/F	A01	720	1	50	1	58	100	5	16,295	35,001	14,5	15,5	13,5							
31	´03	9	13	9	33	20	40,0	71	15,0	03	297	S/F	A01	633	1	44	1	42	100	18	16,359	34,868	12,0	140,0	13,0	8,0						
32	´03	9	14	6	31	20	20,0	70	56,7	03	297	S/F	A01	632	1	57	1	48	100	8	16,535	34,916	12,5	14,5	13,0	12,0						
33	´03	9	16	20	48	20	0,0	70	28,5	03	297	S/F	A01	626	1	55	1	34	100	5	16,967	34,933	12,2	16,5	15,0							
34	´03	9	17	19	41	19	40,0	71	56,0	03	297	>3000	A01	641	1	46	2	27	100	18	16,673	34,924	10,5	16,0	14,5							
35	´03	9	18	0	52	19	40,0	71	24,1	03	297	>3000	A01	601	1	56	1	47	100	6	16,724	34,993	12,5	16,0	15,0							
36	´03	9	18	7	40	19	40,0	70	52,6	03	297	890	A01	641	1	37	1	39	100	3	16,751	34,954	11,5	15,5	14,0	10,0						
37	´03	9	18	12	19	19	40,0	70	31,6	03	297	S/F	A01	548	1	42	1	37	100	4	17,174	35,098	12,2	19,5	15,5	13,0						
38	´03	9	18	15	12	19	40,0	70	21,0	03	297	660	A01	668	1	51	1	46	100	9	17,439	34,993	11,0	20,0	18,0	11,0						
39	´03	9	18	17	11	19	40,0	70	15,6	03	297	153	A01	688	1	52	1	38	100	25	16,291	34,821	10,5	17,5	16,0	6,0						
40	´03	9	18	18	50	19	40,0	70	11,3	03	297	60	A01	793	1	10	0	54	50	32	15,996	34,831	11,5	17,5	16,0							
41	´03	9	19	9	44	19	20,0	71	18,6	03	297	S/F	A01	660	1	53	1	46	100	16	16,911	34,955	12,5	16,5	14,5	8,0						
42	´03	9	19	20	51	19	20,0	70	17,0	03	297	45	A01	299	0	52	0	51	40	5	14,515	34,851	9,2	17,0	16,0							
43	´03	9	20	11	38	19	0,0	71	22,1	03	297	>3000	A01	678	1	58	1	42	100	9	17,048	35,013	9,0	19,0	17,0	14,0						
44	´03	9	20	22	54	19	0,0	70	19,7	03	297	75	A01	560	1	5	1	22	70	3	15,071	35,000	10,2	17,0	16,0							
45	´03	9	21	13	40	18	40,0	71	23,6	03	297	2500	A01	680	1	47	1	51	100	15	17,348	35,082	9,5	19,5	17,0	23,0						
46	´03	9	22	0	43	18	40,0	70	21,6	03	297	60	A01	369	1	2	1	12	50	10	16,166	34,830	12,8	17,0	16,0							
47	´03	9	22	19	55	18	25,0	72	5,0	03	297	>3000	A01	670	2	11	2	19	100	12	17,665	35,102	12,0	17,0	15,0							
48	´03	9	23	1	19	18	25,0	71	33,5	03	297	1408	A01	570	1	57	1	51	100	6	17,708	35,132	14,5	17,5	16,5							
49	´03	9	23	7	8	18	25,0	71	2,2	03	297	1130	A01	608	1	56	1	51	100	4	18,031	35,032	13,0	17,5	16,0	13,0						
50	´03	9	23	11	51	18	25,0	70	41,4	03	297	780	A01	610	1	56	1	36	100	7	17,539	34,873	14,0	20,0	18,0	8,0						
51	´03	9	23	14	50	18	25,0	70	31,0	04	298	117	A02	655	2	5	1	53	100	5	17,526	34,857	13,0	21,5	19,5	8,0						
52	´03	9	23	16	26	18	25,0	70	25,8	05	299	76	A03	415	1	3	1	9	60	4	17,438	34,854	12,0	21,5	19,5	5,0						
53	´03	9	23	18	56	18	25,0	70	21,2	06	300	17	A04	80	0	19	0	23	15	20	17,305	34,835	12,5	19,0	17,5							
Arica	´03	9	23	18	1	18	23,3	70	23,1	03	297	36	A01	178	0	32	0	36	30	9	17,176	34,834	12,2	19,0	18,0							
Iquique	´03	9	14	20	11	20	11,0	70	10,2	03	297		A01	439	1	10	1	14	65	11	15,012	34,818	12,0	16,0	15,0							
Mejillones	´03	9	4	5	56	23	1,0	70	23,0	03	297	87	A01	580	1	25	1	22	80	5	16,163	34,731	14,5	13,5	12,0							

Tabla 6
Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 0312-465(4)3CP

N°	FECHA			HORA		LAT		LONG		RED		PROF.	FLUJÓMETRO		CALADO		VIRADO		CABLE		TEMP(°C)	SALINI.	PRESIÓN	TEMP.AIRE		SECCHI	OLAS		VIENTO		NUBES	
EST	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	CÓDIGO	MALLA	ECOS.	COD.	N°FIN.	MIN	SEG	MIN	SEG	ARR.	ÁNG.	0m	0m	ATMOSF.	SECA	HÚMEDA		ALT.	DIR.	DIR.	VEL.	TIP.	CAN.
1	´03	12	11	2	45	22	34,0	70	20,2	03	297	333	A02	854	1	51	1	49	100	20	18,466	34,792	12,5	18,0	17,0		1	19	19	2	6	8
2	´03	12	11	5	58	22	48,0	70	21,7	03	297	115	A02	745	1	37	1	38	100	22	17,086	34,766	11,5	18,0	16,5		1	20	16	2	6	8
3	´03	12	11	21	36	23	7,0	70	38,0	03	297	796	A02	765	1	46	1	51	100	16	16,433	34,733	10,0	18,5	17,0		3	23	23	4	6	8
4	´03	12	12	1	52	23	27,8	70	40,7	03	297	686	A02	615	1	45	1	44	100	4	16,220	34,737	11,0	18,0	16,5		2	20	15	2	6	8
5	´03	12	12	5	36	23	40,1	70	26,1	03	297	85	A02	591	1	15	1	18	75	1	16,518	34,763	11,0	18,5	17,0		3	20	22	2	6	7
6	´03	12	12	7	15	23	40,1	70	30,0	03	297	142	A02	690	1	47	1	38	100	22	18,455	34,761	11,0	18,5	16,5	3,5	3	20	22	2	6	7
7	´03	12	12	9	2	23	40,1	70	35	03	297	448	A02	690	1	36	1	23	100	3	18,188	34,722	11,5	18,5	17,0	3,5	3	20	22	2	6	6
8	´03	12	12	12	8	23	40,1	70	46,0	03	297	2412	A02	735	1	59	1	39	100	12	18,563	34,664	11,0	19,0	17,5	11,0	3	20	18	3	7	5
9	´03	12	12	16	23	23	40,0	71	8,0	03	297	>4000	A02	871	2	4	1	47	100	17	19,034	34,698	9,5	19,0	17,5	10,0	4	19	18	4	6	6
10	´03	12	12	22	2	23	40,0	71	40,0	03	297	>5000	A02	830	1	53	1	36	100	31	20,052	34,962	10,0	18,0	16,5		4	26	19	4	6	6
11	´03	12	13	4	44	23	40,0	72	12,7	03	297	4300	A02	653	1	50	1	35	100	2	19,772	35,035	10,5	17,0	16,5		4	26	17	3	6	6
12	´03	12	13	7	52	23	20,0	72	10,0	03	297	4300	A02	615	1	43	1	41	100	7	19,508	34,930	11,0	19,0	16,0	14,0	4	26	19	4	6	8
13	´03	12	13	11	40	23	0,0	72	7,7	03	297	>4000	A02	688	1	41	1	40	100	11	19,376	34,862	11,5	20,5	18,0	16,0	4	26	19	4	6	8
14	´03	12	13	15	31	22	40,0	72	4,7	03	297	>4000	A02	840	2	11	1	47	100	8	20,596	35,132	11,0	22,5	19,0	17,0	3	21	19	4	6	7
15	´03	12	13	19	12	22	20,0	72	2,0	03	297	>4000	A02	775	1	45	1	35	100	22	20,407	35,085	9,5	20,0	17,0	18,0	3	19	19	4	6	8
16	´03	12	14	0	44	22	20,0	71	30,0	03	297	>5000	A02	854	2	2	1	25	100	26	21,197	35,138	11,0	20,0	17,0		1	20	17	3	6	6
17	´03	12	14	6	10	22	20,0	70	57,7	03	297	>4000	A02	754	2	27	1	29	100	5	21,888	35,125	10,5	20,0	17,5	17,0	1	20	17	2	6	6
18	´03	12	14	10	51	22	20,0	70	36,5	03	297	1256	A02	688	1	38	1	31	100	15	21,826	35,125	11,5	22,0	19,5	16,0	1	20	17	2	6	6
19	´03	12	14	13	57	22	20,0	70	25,7	03	297	860	A02	825	2	5	1	47	100	11	20,305	34,852	11,0	25,0	21,5	7,0	1	20	20	2	6	6
20	´03	12	14	16	22	22	20,0	70	20,4	03	297	395	A02	874	2	1	1	57	100	25	20,022	34,818	9,5	25,0	21,5	6,0	1	20	20	3	6	6
21	´03	12	14	18	34	22	20,0	70	16,6	03	297	116	A02	678	1	44	1	33	100	6	17,186	34,827	9,5	20,0	18,0	3,5	1	20	20	3	6	6
22	´03	12	14	22	15	22	0,0	70	15,0	03	297	230	A02	755	1	48	1	37	100	11	17,553	34,840	11,0	19,5	18,0		1	20	17	3	6	6
23	´03	12	15	1	52	21	40,0	70	12,5	03	297	120	A02	1020	2	4	2	32	100	25	17,767	34,780	11,0	19,0	17,5		1	20	18	2	6	5
24	´03	12	15	5	10	21	20,0	70	8,9	03	297	94	A02	710	2	0	1	31	85	22	18,593	34,783	11,0	18,5	17,5		1	20	16	3	6	2
25	´03	12	15	8	20	21	0,0	70	11,0	03	297	69	A02	435	1	5	0	46	60	8	15,804	34,825	10,5	18,5	16,0	5,0	3	20	18	4	6	6
26	´03	12	15	9	51	21	0,0	70	15,4	03	297	93	A02	632	1	36	1	27	80	10	16,830	34,795	11,5	19,0	17,0	5,0	3	20	18	3	6	6
27	´03	12	15	11	42	21	0,0	70	20,5	03	297	107	A02	660	1	51	1	30	100	3	18,865	34,772	11,0	20,0	18,5	7,0	2	20	18	3	6	4
28	´03	12	15	14	12	21	0,0	70	31,2	03	297	817	A02	785	1	50	1	49	100	14	20,151	34,807	10,0	21,5	19,0	4,0	3	22	19	3	6	5
29	´03	12	15	18	31	21	0,0	70	52,5	03	297	>4000	A02	702	1	43	1	40	100	19	22,576	35,238	10,0	21,0	8,5	10,0	3	22	18	4	6	5
30	´03	12	16	0	26	21	0,0	71	24,0	03	297	>5000	A02	730	1	54	1	38	100	4	22,688	35,225	11,5	20,0	17,5		3	22	23	3	6	8
31	´03	12	16	5	41	21	0,0	71	56,4	03	297	>4000	A02	760	2	14	1	53	100	6	22,372	35,248	10,0	19,0	17,0		2	22	15	4	6	7
32	´03	12	16	11	33	20	48,0	71	29,5	03	297	>4000	A02	730	1	54	1	32	100	5	22,859	35,315	10,0	23,0	19,5	13,0	3	20	17	2	6	5
33	´03	12	16	16	39	20	35,2	71	3,0	03	297	>4000	A02	805	2	14	2	4	100	19	21,354	34,892	9,0	26,0	23,0	11,0	3	21	16	3	6	5
34	´03	12	16	21	36	20	23,0	70	36,0	03	297	1700	A02	870	1	54	1	31	100	35	23,610	35,355	8,5	22,5	19,5		3	21	17	4	6	8
35	´03	12	17	10	20	19	40,0	70	11,6	03	297	74	A02	559	1	16	1	6	60	5	16,724	34,935	9,5	19,5	17,5	6,0	1	18	18	1	6	6
36	´03	12	17	11	51	19	40,0	70	15,6	03	297	158	A02	887	1	53	1	44	100	28	17,474	34,853	9,0	21,5	19,0	6,0	1	18	4	18	6	4
37	´03	12	17	13	48	19	40,0	70	21,0	03	297	655	A02	698	2	22	1	58	100	4	18,446	34,800	8,,5	21,0	19,0	6,0	1	19	19	2	6	5
38	´03	12	17	16	45	19	40,0	70	31,5	03	297	802	A02	723	2	15	1	59	100	8	21,503	34,898	8,0	22,0	19,0	9,0	2	20	14	2	6	4
39	´03	12	17	21	1	19	40,0	70	52,0	03	297	2293	A02	655	2	5	1	36	100	7	22,083	34,972	9,0	21,0	18,0		1	20	18	2	6	5
40	´03	12	18	3	11	19	40,0	71	25,0	03	297	6000	A02	788	2	20	2	4	100	7	23,444	35,315	8,5	21,5	18,5		1	20	19	1	6	5
41	´03	12	18	8	38	19	40,0	71	56,0	03	297	6000	A02	685	1	49	1	51	100	7	23,115	35,293	9,0	21,0	18,0	11,0	1	20	18	2	6	5
42	´03	12	18	12	43	19	21,5	71	57,5	03	297	5800	A02	721	2	12	1	52	100	15	23,587	35,393	9,5	21,5	20,0	22,0	1	20	18	2	6	5
43	´03	12	18	16	24	19	2,5	71	59,5	03	297	>6000	A02	718	2	11	1	53	100	7	23,266	35,226	9,5	25,5	22,0	15,0	3	21	19	3	6	5
44	´03	12	18	20	12	18	44,0	72	2,0	03	297	>6000	A02	649	1	20	1	22	100	14	22,936	35,165	10,0	23,0	20,0		2	21	21	2	6	5
45	´03	12	19	0	18	18	25,0	72	2,3	03	297	>5000	A02	620	2	27	1	50	100	5	22,351	35,032	11,0	22,0	19,5		2	20	18	2	6	2
46	´03	12	19	5	21	18	25,0	71	32,3	03	297	1925	A02	661	2	2	1	43	100	13	21,910	34,968	9,5	22,5	20,0		1	21	13	3	6	4
47	´03	12	19	11	33	18	25,0	71	1,0	03	297	991	A02	602	1	30	1	23	100	10	22,334	35,043	9,5	24,0	20,0	9,0	3	20	18	4	6	5
48	´03	12	19	16	23	18	25,0	70	40,0	03	297	645	A02	741	1	41	1	36	100	13	20,341	34,876	8,0	26,0	22,0	4,0	3	20	17	3	6	5
49	´03	12	19	19	16	18	25,0	70	30,0	03	297	110	A02	522	1	24	1	18	100	7	18,531	34,857	7,5	23,0	21,5		3	20	17	2	6	5
50	´03	12	19	20	54	18	25,0	70	24,7	03	297	63	A02	430	0	49	0	50	55	10	17,207	34,868	7,5	20,5	19,5		2	20	17	2	6	5
51	´03	12	19	23	20	18	25,0	70	22,0	04	298	25	A02	138	0	21	0	19	20	2	17,253	34,913	9,0	20,5	19,5		2	20	17	2	6	5
52	´03	12	20	2	52	18	44,0	70	25,0	05	299	139	A02	670	1	52	1	39	100	22	18,789	34,930	9,0	19,0	18,0		1	21	17	2	6	2
53	´03	12	20	6	13	19	3,0	70	23,0	06	300	374	A02	695	1	53	1	18	100	23	19,137	34,895	9,0	19,0	17,5		1	21	15	1	6	4
Arica	´03	12	19	21	56	18	23,3	70	24,8	03	297	54	A02	440	0	59	0	49	48	2	17,471	34,830	9,0	20,5	19,5		2	20	17	1	6	5
Iquique	´03	12	17	2	39	20	11,0	70	10,4	03	297	75	A02	562	1	39	1	43	65	24	16,858	34,817	8,5	18,5	16,0		1	21	17	2		
Mejillones	´03	12	11	8	25	23	1,0	70	22,5	03	297	898	A02	625	1	23	1	20	80	10	17,391	34,791	11,5	18,0	16,5	2,0			35	2	6	8

Tabla 7
Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero 467(1)04 CP. MOBIO 0403-Verano 2004

N°	FECHA			HORA		LAT		LONG		RED		PROF.	FLUJÓMETRO		CALADO		VIRADO		CABLE		TEMP(°C)	SALINI.	PRESIÓN	TEMP.AIRE		SECCHI	OLAS		VIENTO		NUBES	
EST	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	MODELO	MALLA	ECOS.	COD.	N°FIN.	MIN	SEG	MIN	SEG	ARR.	ÁNG.	0m	0m	ATMOSF.	SECA	HÚMEDA		ALT.	DIR.	DIR.	VEL.	TIP.	CAN.
1	4	3	11	20	53	23	7,4	70	38,0	WP-2	297	441	A07	671	1	48	1	13	35	100	15,762	34,772	1009	18,5	17,0		0	230	310	6	6	6
2	4	3	12	0	54	23	27,7	70	40,6	WP-2	297	712	A07	722	1	42	1	33	27	100	17,819	34,677	1010	18,0	17,0		1	230	150	3,8	6	5
3	4	3	12	5	6	23	40,0	70	26,0	WP-2	297	85	A07	475	1	21	1	13	25	75	20,766	34,745	1009	18,0	17,0		1	220	210	1,5	6	4
4	4	3	12	6	43	23	40,0	70	30,0	WP-2	297	141	A07	508	1	42	1	37	3	100	18,762	34,715	1008	18,5	17,0		1	220	210	15	6	5
5	4	3	12	8	36	23	40,0	70	35,5	WP-2	297	457	A07	595	1	29	1	29	2	100	16,591	34,751	1008	18,0	16,5	6	1	230	210	7,1	6	5
6	4	3	12	11	17	23	40,0	70	46,0	WP-2	297	2400	A07	629	1	23	1	41	4	100	18,823	34,727		19,5	18,0	12	1	230	210	5,8	6	5
7	4	3	12	15	30	23	40,0	71	8	WP-2	297	4000	A07	678	1	50	1	31	6	100	19,090	34,791	1006	21,0	18,0	6	2	230	190	9,7	7	3
8	4	3	12	21	17	23	40,0	71	40,0	WP-2	297	4000	A07	641	1	39	1	20	27	100	20,605	34,840	1006	20,0	17,5		2	220	190	10,4	6	5
9	4	3	13	2	17	23	40,0	72	12,7	WP-2	297	4300	A07	660	1	40	1	19	10	100	21,464	34,996	1007	19,5	17,0		2	220	240	5,3	6	7
10	4	3	13	5	54	23	20,0	72	10,1	WP-2	297	4000	A07	567	1	52	1	31	4	100	21,584	35,021	1007	20,0	17,5		2	220	190	2,1	6	7
11	4	3	13	9	30	23	0,0	72	7,7	WP-2	297	4000	A07	590	1	33	1	21	9	100	21,703	34,894	1008	20,5	18,0	14	2	220	190	8,6	6	7
12	4	3	13	13	6	22	40,0	72	4,8	WP-2	297	4000	A07	505	1	34	1	17	9	100	21,820	34,915	1009	24,0	21,0	16	2	220	180	3,8	6	7
13	4	3	13	16	30	22	20,0	72	2,1	WP-2	297	4000	A07	652	1	32	1	16	2	100	21,816	34,903	1007	27,0	22,0	16	2	220	200	12,5	6	6
14	4	3	13	21	38	22	20,0	71	30,0	WP-2	297	4000	A07	539	1	42	1	10	20	100	21,598	34,810	1008	21,5	19,0		2	220	190	11,8	6	7
15	4	3	14	1	38	22	20,0	70	57,7	WP-2	297	5000	A07	540	1	25	1	5	12	100	22,395	34,982	1009	21,0	19,0		2	210	150	7,2	6	6
16	4	3	14	5	36	22	20,0	70	36,5	WP-2	297	1259	A07	658	1	30	1	2	19	100			1008	20,0	18,5		2	210	170	10,8	6	6
17	4	3	14	8	20	22	20,0	70	25,7	WP-2	297	171	A07	665	1	15	1	15	17	100	18,275	34,819	1009	20,0	18,0	5	2	220	190	8,1	6	6
18	4	3	14	9	51	22	20,0	70	20,4	WP-2	297	384	A07	648	1	20	1	13	29	100	17,274	34,834	1009	22,0	19,5	4	0	220	190	4,5	6	6
19	4	3	14	11	20	22	20,0	70	16,4	WP-2	297	112	A07	584	1	35	1	12	20	100	16,366	34,865	1009	22,5	21,0	3	2	220	190	7,2	6	6
20	4	3	14	14	47	22	0,0	70	14,9	WP-2	297	240	A07	631	1	39	1	15	11	100	17,157	34,771	1007	24,0	21,0	3	2	210	240	4,1	1	4
21	4	3	14	17	52	21	40,0	70	12,5	WP-2	297	120	A07	500	1	20	1	14	7	100	17,221	34,805	1007	29,0	27,0	3	1	210	190	6,1	s	0
22	4	3	14	20	58	21	20,0	70	8,7	WP-2	297	92	A07	578	1	18	1	12	6	85	18,397	34,900	1008	20,0	18,0		0	92	190	2,5	6	4
23	4	3	15	0	12	21	0,0	70	11,6	WP-2	297	76	A07	410	0	58	0	46	11	66	15,856	34,875	1009	19,0	17,5		1	200	170	8,1	s	0
24	4	3	15	1	30	21	0,9	70	15,5	WP-2	297	95	A07	542	1	17	1	1	4	88	17,805	34,856	1009	19,0	17,5		1	200	180	6,1	s	0
25	4	3	15	2	59	21	0,0	70	20,5	WP-2	297	106	A07	652	1	31	1	17	11	100	18,848	34,829	1009	19,0	17,0		1	200	170	10,5	s	0
26	4	3	15	5	12	21	0,0	70	31,2	WP-2	297	820	A07	768	1	35	1	6	23	100	19,313	34,869	1008	18,0	16,5		1	200	160	13,8	6	4
27	4	3	15	9	18	21	0,0	70	52,5	WP-2	297	4000	A07	684	1	36	1	23	8	100	21,714	34,973	1008	21,5	19,0	14	1	200	180	14	6	4
28	4	3	15	14	26	21	0,0	71	24,0	WP-2	297	5000	A07	640	1	35	1	15	23	100	21,794	34,923	1006	22,0	19,5	9	2	200	180	13,5	6	3
29	4	3	15	19	25	21	0,0	71	56,3	WP-2	297	5000	A07	669	1	32	1	9	9	100	23,582	35,477	1008	21,5	18,5		2	200	180	13,1	6	4
30	4	3	16	0	22	21	48,0	71	29,5	WP-2	297	5000	A07	512	1	40	1	15	4	100	22,431	34,969	1007	22,0	19,5		1	210	140	6,1	6	7
31	4	3	16	5	9	21	35,3	71	3,0	WP-2	297	4000	A07	508	1	38	1	9	8	100	23,598	35,188	1008	22,5	20,0		0	210	140	5,4	6	6
32	4	3	16	9	47	20	23,0	70	36,0	WP-2	297	1008	A07	595	1	26	1	7	15	100	21,141	34,937	1007	28,0	25,0	9	0	210	180	4,1	7	3
33	4	3	16	21	7	19	40,0	70	11,4	WP-2	297	68	A07	598	0	52	0	34	17	60	17,501	34,888	1007	20,5	19,0		1	200	170	4,5	s	0
34	4	3	16	22	15	19	40,0	70	15,6	WP-2	297	157	A07	692	1	34	1	13	23	100	18,176	34,882	1007	20,5	19,0		1	200	170	4,5	s	0
35	4	3	16	23	49	19	40,0	70	20,0	WP-2	297	619	A07	592	1	27	1	8	1	100	18,684	34,880	1008	19,5	18,0		1	200	170	4,5	6	5
36	4	3	17	2	24	19	40,0	70	31,6	WP-2	297	800	A07	560	1	47	1	20	24	100	19,811	34,904	1007	19,0	17,5		1	200	140	4,6	6	4
37	4	3	17	6	3	19	40,0	70	52,0	WP-2	297	2000	A07	700	1	33	1	21	29	100	23,710	35,233	1007	20,5	19,5		1	200	160	9,1	6	4
38	4	3	17	11	47	19	40,0	71	25,0	WP-2	297	2000	A07	532	1	31	1	2	6	100	23,678	35,162	1007	22,5	20,0	20	1	200	170	6	6	5
39	4	3	17	16	40	19	40,0	71	56,0	WP-2	297	5000	A07	658	1	37	1	13	7	100	23,662	35,237	1007	23,0	20,0	18	3	210	180	13,5	6	4
40	4	3	17	20	6	18	43,0	72	2,0	WP-2	297	5000	A07	635	1	28	1	8	9	100	23,877	35,269	1007	22,5	20,5		2	210	180	14	6	4
41	4	3	17	23	29	18	25,0	72	4,0	WP-2	297	5000	A07	654	1	39	1	19	9	100	24,014	35,139	1008	22,5	20,5		3	210	180	10	6	4
42	4	3	18	2	56	18	25,0	71	32,2	WP-2	297	6000	A07	608	1	39	2	21	11	100	24,244	35,226	1007	23,5	21,0		2	210	160	5,7	6	8
43	4	3	18	6	17	18	25,0	71	1,0	WP-2	297	5000	A07	650	1	39	1	20	17	100	22,606	35,068	1007	22,5	20,5		2	200	170	6,4	6	8
44	4	3	18	11	41	18	25,0	70	40,2	WP-2	297	928	A07	698	1	21	1	8	100	28	23,584	35,121	1007	25,5	22,5	16	1	200	150	5,5	6	6
45	4	3	18	16	45	18	25,0	70	30,0	WP-2	297	992	A07	648	1	31	1	4	100	22	23,057	35,070	1005	27,0	23,0	11	1	200	140	6,2	7	2
46	4	3	18	20	52	18	25,0	70	25,0	WP-2	297	647	A07	690	1	42	1	15	100	21	21,590	35,011	1006	22,5	20,0		1	200	140	7,2	6	5
47	4	3	18	23	34	18	25,0	70	22,0	WP-2	297	108	A07	512	1	36	1	13	100	13	18,504	34,908	1007	20,5	18,0		0	200	140	2,6	6	5
48	4	3	19	1	6	18	25,0	70	24,7	WP-2	297	62	A07	441	0	59	0	44	55	18	18,080	34,885	1007	19,0	17,0		0	200	160	1,5	7	2
49	4	3	19	2	49	18	25,0	70	22,0	WP-2	297	27	A07	159	0	26	0	22	20	14	18,585	34,978	1007	19,0	17,0		0	200	190	2	7	6
50	4	3	19	6	5	18	44,0	70	25,0	WP-2	297	140	A07	660	1	43	1	21	100	14	15,864	34,902	1007	18,0	17,0		0	200	200	4,3	6	4
51	4	3	19	9	32	19	3,0	70	23,0	WP-2	297	400	A07	625	1	39	1	7	100	4	16,134	34,897	1007	21,0	19,0	6	2	200	200	2,2	6	4
52	4	3	19	13	18	19	22,0	70	20,0	WP-2	297	118	A07	530	1	46	1	13	100	11	17,541	34,857	1007	22,0	20,0	3	3	200	190	6,7	7	3
Arica	4	3	19	1	55	18	23,3	70	24,8	WP-2	297	52	A07	460	0	53	0	38	48	18	18,038	34,837	1007	19,5	17,0		0	200	190	2	7	2
Iquique	4	3	16	14	11	20	11,0	70	10,3	WP-2	297	71	A07	480	0	52	0	47	60	10	16,052	34,849	1006	21,0	18,0		2	210	140	4,5	6	7
Mejillones	4	3	11	16	52	23	1,0	70	23,1	WP-2	297	89	A07	563	1	9	1	17	80	20	18,324	34,777	1009	24,0	20,0		0	260	310	6	7	5

Tabla 8

Tasa de flujo bomba de huevos y volúmenes de agua filtrada por la red CalVET y sistemas CUFES

	Otoño 2003	Invierno 2003	Primavera 2003	Verano 2004
Tasa de Flujo bomba	647 L/m (0,647m^3	688 L/m (0,688m^3)	695 L/m (0,695m^3)	676 L/m (0,676m^3)
Velocidad de curcero	8 nudos	7 nudos	7 nudos	7 nudos
Volumen agua filtrado red CalVET	3,38 ± 0,35m^3	3,47 ± 0,09m^3	3,52 ± 0,25m^3	3,29 ± 0,58m^3
Volumen agua filtrado sistema CUFES	1,553 m^3	1,479 m^3	1,592 m^3	1,592 m^3

Tabla 9

Categorías por densidad

Categoría	Intervalo (t/mn²)	Calificación de densidad
I	1 - 75	Muy baja
II	76 - 150	Baja
III	151 - 300	Densa
IV	301 - >	Muy densa

Tabla 10

Cruceros estacionales realizados: (o) información hidrográfica, clorofila y de Ictioplancton, (+) acústica

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
1993			o	o
1994	o	o	o +	
1995			o +	
1996	o	o	o	
1997	o	o +	o +	o +
1998	o +	o +	o +	o +
1999	o +	o +	o +	o +
2000	o +	o +	o +	o +
2001	o +	o +	o +	o +
2002	o +	o +	o +	o +
2003	o +	o +	o +	o +

Tabla 11

Tamaños de muestra, valor del estadístico y p-value de prueba de Kolmogorov-Smirnov, para el análisis distribucional de la densidad de huevos o larvas de anchoveta, en los cruceros realizados en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo 2004

	Densidad de Huevos			Densidad de Larvas		
Hipótesis Distrib.	n	Estad.(ks)	P.Value	n	Estad.(ks)	P.Value
Poisson	207	13,076	0,000	207	12,288	0,000
Poisson	62	6,477	0,000	100	8,300	0,000
Lognormal	62	0,786	0,566	100	0,926	0,358

Tabla 12

Comparación entre el viento de satélite y el viento costa afuera y cercano a la costa. Los valores corresponden a la diferencia de la velocidad del viento y enrollan la dirección. r es la regresión lineal. Los valores en negrita y subrayados son significativos en un 95%.

Diferencia del viento Costa afuera		**Promedio**	**Des. Est.**	**Varianza**	**r**	**rms error**
Buoy-sat	**velocidad**	0,4	0,4	0,2	**0,85**	3,51
	direccion	-1,3	5,4	28,7	**0,43**	0,03
Cerca de la costa - ERS (1992 - 1999)						
Arica - sat	**velocidad**	1,5	0,9	0,9	-0,12	1,11
	direccion	58,1	13,2	174,3	**-0,28**	0,01
Iquique - sat	**velocidad**	2,1	1,3	1,6	**-0,23**	0,59
	direccion	42,9	12,8	163,8	-0,03	0,01
Antofagasta - sat	**velocidad**	2,3	1,3	1,7	**-0,30**	0,55
	direccion	19,1	15,3	233,8	**-0,18**	0,00
Ceraca de la costa - QuikSCAT (2000 - 2003)						
Arica - sat	**velocidad**	0,7	0,5	0,3	**0,48**	3,07
	direccion	53,7	8,0	63,5	**0,29**	0,02
Iquique - sat	**velocidad**	1,6	0,9	0,7	0,22	1,35
	direccion	41,8	6,5	42,2	**0,57**	0,02
Antofagasta - sat	**velocidad**	1,7	1,2	1,3	-0,20	0,73
	direccion	13,1	4,3	18,6	**0,35**	0,05

Tabla 13

Bandas latitudinales de las secciones paralelas a la costa

SECCIONES	SIGLA	BANDA LATITUDINAL
TRANSECTA 5 (Arica)	**T5**	18°20'S - 19°00'S
TRANSECTA 3 (punta Lobos)	**T3**	20°20'S - 21°30'S
TRANSECTA 1 (Antofagasta)	**T1**	23°00'S - 23°45'S

Tabla 14

Serie completa de cruceros utilizados ordenados por fecha y transecta. Arica (T5), punta Lobos (T3) y Antofagasta (T1)

	TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
CRUCERO	AÑO	MES	n° est	AÑO	MES	n° est	AÑO	MES	n° est
208	1980	2	5						
231	1980	12	5				1980	12	5
241	1981	5	5				1981	5	5
251	1982	2	6	1982	2	6			
252	1982	4	6				1982	4	6
268	1982	12	6				1982	12	6
270	1983	2	3	1983	3	3			
274	1983	5	6	1983	5	5	1983	6	3
277	1983	9	6	1983	9	6	1983	9	6
278	1983	10	4	1983	10	4			
280	1983	12	6				1983	12	6
285	1984	6	6				1984	6	6
288	1984	8	3	1984	8	4	1984	8	4
290	1984	11	3	1984	11	4	1984	11	4
297	1985	4	6	1985	4	6	1985	4	5
304	1986	4	5	1986	4	6	1986	4	5
305	1986	8	6	1986	8	6	1986	8	5
306	1986	11	5	1986	12	5	1986	12	5
307	1987	2	6	1987	2	6	1987	2	6
308	1987	4	5	1987	4	5	1987	4	5
309	1987	5	6	1987	5	6	1987	5	6
310	1987	8	5	1987	8	5	1987	8	5
311	1987	10	6	1987	10	6	1987	10	6
312	1987	11	5	1987	12	5	1987	12	5
313	1988	2	6	1988	2	6	1988	3	6
315	1988	5	6	1988	5	6	1988	5	6
318	1988	8	6	1988	8	6	1988	9	6
321	1988	11	6	1988	12	6	1988	12	6
324	1989	4	6	1989	4	6	1989	4	6
325	1989	5	6	1989	5	6	1989	5	6
327	1989	8	6	1989	8	7	1989	9	6
330	1990	3	6	1990	2	6	1990	3	6
333	1990	5	6	1990	5	6	1990	5	6
334	1990	8	6	1990	8	6	1990	8	6
335	1990	12	6	1990	11	6	1990	11	6
336	1991	3	6	1991	2	6	1991	2	6
338	1991	8	6	1991	8	6	1991	8	5
341	1991	12	6	1991	12	6	1991	11	6
342	1992	1	6				1992	2	6

	TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
CRUCERO	AÑO	MES	n° est	AÑO	MES	n° est	AÑO	MES	n° est
343	1992	2	6	1992	3	7			
345	1992	3	6	1992	3	5	1992	3	6
346	1992	5	6	1992	4	7	1992	4	5
347	1992	6	6	1992	6	7	1992	6	5
354	1992	9	6	1992	9	6	1992	9	6
355	1992	11	6	1992	11	6	1992	10	6
358	1992	12	6	1992	12	6			
362	1993	9	7	1993	9	6	1993	8	6
364	1993	12	6	1993	12	6	1993	11	6
365	1994	3	6	1994	3	6	1994	3	6
368	1994	5	6	1994	5	6	1994	5	6
370	1994	8	7	1994	8	6	1994	9	6
383	1995	8	6	1995	8	6	1995	8	6
390	1996	6	6	1996	6	6	1996	5	6
394	1996	9	6	1996	9	7	1996	9	5
396	1996	12	6	1996	12	7	1996	12	6
398	1997	3	6	1997	3	6	1997	3	6
401	1997	6	6	1997	6	6	1997	5	6
402	1997	7	5						
404	1997	8	6	1997	8	5	1997	8	6
408	1997	12	6	1997	12	6	1997	12	6
409	1998	1	4				1998	1	5
410	1998	3	6	1998	3	6	1998	3	6
413	1998	6	6	1998	6	6	1998	5	6
416	1998	9	6	1998	9	6	1998	9	6
419	1998	12	6	1998	12	7	1998	12	6
420	1999	2	6	1999	2	6			
422	1999	6	6	1999	5	6	1999	5	6
425	1999	9	6	1999	9	6	1999	9	6
427	1999	12	6	1999	12	6	1999	12	6
430	2000	3	6	2000	3	6	2000	2	6
431	2000	5	6	2000	5	6	2000	5	6
436	2000	9	6	2000	9	5	2000	9	6
438	2000	12	6	2000	12	6	2000	12	6
441	2001	3	5	2001	3	6	2001	2	6
442	2001	5	6	2001	5	6	2001	5	6
447	2001	9	6	2001	9	6	2001	9	6
449	2001	12	6	2001	12	6	2001	12	7

Tabla 15

Número de cruceros y estaciones y la cobertura espacial y temporal de la información utilizada

ITEM	TRAN 5		TRAN 3		TRAN 1		TOTAL	
CRUCEROS	77		67		69		77	
ESTACIONES	441		392		394		1227	
PERIODO	11-02-1980	19-12-2001	22-02-1982	16-12-2001	06-12-1980	12-12-2001	11-02-1980	19-12-2001
BANDA	18° 20,5'S	19° 00,1'S	20° 29,6'S	21° 30,0'S	23° 00,0'S	23° 44,0'S	18° 20,5S	23° 44,0S

Tabla 16

Longitud y profundidad de los sectores en que se divide una transecta paralela a la costa

SECTOR	DISTANCIA DE LA COSTA	PROFUNDIDAD
ESTE	10 a 25 mn	300
CENTRO	25 a 60 mn	300
OESTE	60 a 90 mn	300
TOTAL	10 a 90 mn	300
TOTAL EXTENDIDO	10 a 90 mn	500
EXTERNO	90 a 125 mn	500

Tabla 17

Par T-S tipo de las masas de agua, para los diferentes períodos estacionales, utilizados en el cálculo de composición

AGUA TIPO	SIGLA	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
		T°C	SAL.	T°C	SAL.	T°C	SAL.	T°C	SAL.
SUBTROPICAL	**AST**	**25.00**	**35.40**	22.50	35.30	**20.00**	**35.20**	22.50	35.30
SUBANTARTICA	**ASAA**	**13.00**	**33.80**	12.50	33.80	**11.80**	**33.80**	12.50	33.80
ECUATORIAL SUBSUPERFICIAL	**AESS**	**13.00**	**35.00**	13.00	35.00	**13.00**	**35.00**	13.00	35.00
INTERMEDIA ANTARTICA	**AIAA**	**3.00**	**34.00**	3.00	34.00	**3.00**	**34.00**	3.00	34.00
PROFUNDA DEL PACIFICO	**APP**	**1.75**	**34.68**	1.75	34.68	**1.75**	**34.68**	1.75	34.68

Tabla 18

Definición de los períodos estacionales

PERIODO ESTACIONAL	MESES
VERANO	Enero – Febrero - Marzo
OTOÑO	Abril - Mayo - Junio
INVIERNO	Julio – Agosto – Septiembre
PRIMAVERA	Octubre - Noviembre - Diciembre

Tabla 19

Cruceros no considerados en el análisis de la variación estacional y espacial. Se indica el criterio de eliminación por TSM y/o SSM, o por una condición cálida reportada en trabajos de investigación en la zona indicada por (*)

INFORMACION DEL CRUCERO							TRANSECTA 5										TRANSECTA 3										TRANSECTA 1									
RAZON	DATOS		FECHA		CONDICION		TEMPERATURA					SALINIDAD					TEMPERATURA					SALINIDAD					TEMPERATURA					SALINIDAD				
RECHAZO	cru.	est.	mes	año	TSM	SSM	OBS	PROM	DIF	DS	AE	OBS	PROM	DIF	DS	AE	OBS	PROM	DIF	DS	AE	OBS	PROM	DIF	DS	AE	OBS	PROM	DIF	DS	AE	OBS	PROM	DIF	DS	AE
TSM	268*		12	1982	cálido																															
TSM	270	103	2	1983	cálido	neutro	27.10	24.50	2.60	1.19	**2.2**																									
TSM	274	104	5	1983	cálido	neutro	24.00	20.49	3.51	1.52	**2.3**																									
TSM	274	105	5	1983	cálido	neutro	23.89	20.49	3.40	1.52	**2.2**																									
TSM-SSM	274	602	6	1983	cálido	salino																					20.08	17.09	2.99	1.28	**2.3**	35.35	34.84	0.51	0.1
SSM	277	105	9	1983	neutro	salino						35.33	35.01	0.33	0.14	**2.3**																				
SSM	277	304	9	1983	neutro	salino																35.39	35.00	0.39	0.14	**2.8**										
SSM	277	503	9	1983	neutro	salino																										35.23	34.76	0.47	0.1
TSM-SSM	277	504	9	1983	cálido	salino																					17.72	15.87	1.85	0.81	**2.3**	35.22	34.76	0.46	0.1
SSM	278	14	10	1983	neutro	salino						35.39	34.94	0.45	0.13	**3.5**																				
TSM	280*		12	1983	cálido																															
TSM	285*		6	1984	cálido																															
SSM	288	124	8	1984	neutro	salino																35.00	34.81	0.19	0.07	**2.7**										
SSM	297	107	3	1985	neutro	salino						35.56	35.14	0.42	0.20	**2.1**																				
TSM	308*		1	1987	cálido																															
SSM	309	99	5	1987	neutro	baja Sali.						34.51	35.14	0.63	0.26	**2.4**																				
SSM	312	43	12	1987	neutro	baja Sali.																										34.45	34.80	0.35	0.1
TSM	321	58	12	1988	frío	neutro											19.52	21.93	2.41	1.05	**2.3**															
SSM	338	120	8	1991	neutro	baja Sali.																34.67	34.81	0.15	0.07	**2.1**										
SSM	338	120	8	1991	neutro	baja Sali.																34.67	34.81	0.15	0.07	**2.1**										
TSM	342*		1	1992	cálido																															
TSM	343*		2	1992	cálido																															
TSM	345*		3	1992	cálido																															
TSM	346*		5	1992	cálido																															
TSM	347*		6	1992	cálido																															
SSM	362	196	9	1993	neutro	salino						35.38	35.01	0.37	0.14	**2.7**																				
SSM	362	191	9	1993	neutro	salino						35.34	35.01	0.33	0.14	**2.4**																				
SSM	362	195	9	1993	neutro	salino						35.33	35.01	0.32	0.14	**2.3**																				
TSM	364	36	12	1993	frío	neutro											19.79	21.93	2.14	1.05	**2.0**															
TSM	401	31	6	1997	cálido	neutro	21.58	18.62	2.96	1.12	**2.6**																									
TSM	401	30	6	1997	cálido	neutro	22.15	18.62	3.53	1.12	**3.2**																									
TSM	401	16	6	1997	cálido	neutro											22.07	18.15	3.92	1.10	**3.6**															
TSM	401	15	6	1997	cálido	neutro											21.56	18.15	3.41	1.10	**3.1**															
TSM	402	11	7	1997	cálido	neutro	20.97	17.18	3.79	0.84	**4.5**																									
TSM	402	9	7	1997	cálido	neutro	20.72	17.18	3.54	0.84	**4.2**																									
TSM	402	10	7	1997	cálido	neutro	21.03	17.18	3.85	0.84	**4.6**																									
TSM-SSM	404	26	8	1997	cálido	salino	19.96	17.12	2.84	0.77	**3.7**	35.26	35.00	0.26	0.11	**2.4**																				
TSM-SSM	404	20	8	1997	cálido	salino											19.73	16.63	3.10	0.60	**5.2**	35.19	34.89	0.30	0.09	**3.4**										
TSM	404	5	8	1997	cálido	neutro																					18.54	16.01	2.53	0.65	**3.9**					
TSM	404	6	8	1997	cálido	neutro																					17.54	16.01	1.53	0.65	**2.4**					
SSM	408	31	12	1997	neutro	salino						35.45	35.07	0.38	0.17	**2.3**																				
SSM	408	5	12	1997	neutro	salino																										35.40	34.80	0.60	0.1
TSM-SSM	408	6	12	1997	cálido	salino																					23.03	19.50	3.53	1.64	**2.2**	35.43	34.80	0.63	0.1
SSM	409	68	1	1998	neutro	salino																										35.44	34.89	0.55	0.1
SSM	410	31	3	1998	neutro	salino						35.64	35.14	0.50	0.20	**2.5**																				
SSM	410	30	3	1998	neutro	salino						35.78	35.14	0.64	0.20	**3.2**																				
TSM-SSM	410	6	3	1998	cálido	salino																					23.82	21.01	2.81	1.29	**2.2**	35.48	34.84	0.64	0.1
TSM-SSM	413	20	6	1998	cálido	salino											20.69	18.15	2.54	1.10	**2.3**	35.43	35.03	0.40	0.20	**2.0**										
TSM-SSM	413	21	6	1998	cálido	salino											21.17	18.15	3.02	1.10	**2.8**	35.46	35.03	0.43	0.20	**2.2**										
TSM	430	5	2	2000	frio	neutro																					20.31	22.08	1.77	0.74	**2.4**					
TSM	430	6	2	2000	frio	neutro																					19.60	22.08	2.48	0.74	**3.4**					

CRUCEROS ELIMINADOS	
VERANO	9
OTOÑO	7
INVIERNO	6
PRIMAVERA	7
TOTAL	29

DEFINICIONES

OBS : valor observado en terreno
PROM : promedio histórico mensual
DIF : diferencia entre el valor observado y el promedio historico mensual
DS : desviacion estándar del promedio historico mensual
AE : anomalía estandarizada

Tabla 20

Lista de los cruceros realizados en períodos considerados normales entre los años 1980 y 2001 y que son utilizados en el análisis espacial y estacional

CRUCERO	AÑO	MES
208	1980	2
231	1980	12
241	1981	5
251	1982	2
252	1982	4
290	1984	11
304	1986	4
305	1986	8
306	1986	11
307	1987	2
310	1987	8
311	1987	10
313	1988	2
315	1988	5
318	1988	8
324	1989	4
325	1989	5
327	1989	8
330	1990	3
333	1990	5
334	1990	8
335	1990	12
336	1991	3
341	1991	12

CRUCERO	AÑO	MES
354	1992	9
355	1992	11
358	1992	12
365	1994	3
368	1994	5
370	1994	8
383	1995	8
390	1996	6
394	1996	9
396	1996	12
398	1997	3
416	1998	9
419	1998	12
420	1999	2
422	1999	6
425	1999	9
427	1999	12
431	200	5
436	200	9
438	200	12
441	2001	3
442	2001	5
447	2001	9
449	2001	12

Tabla 21

Cruceros con información de temperatura y salinidad en el sector Total Extendido de la transecta 5 (Arica)

CRUCERO	AÑO	MES
208	1980	2
252	1982	4
268	1982	12
274	1983	5
277	1983	9
280	1983	12
285	1984	6
307	1987	2
309	1987	5
311	1987	10
335	1990	12
338	1991	8
341	1991	12
342	1992	1
343	1992	2
346	1992	5
354	1992	9
364	1993	12

Tabla 22

. Cruceros con información de temperatura y salinidad en el sector. Externo de la Transecta 5 (Arica)

CRUCERO	AÑO	MES
208	1980	2
252	1982	4
268	1982	12
274	1983	5
277	1983	9
280	1983	12
285	1984	6
307	1987	2
309	1987	5
311	1987	10
335	1990	12
338	1991	8
341	1991	12
342	1992	1
343	1992	2
346	1992	5
354	1992	9
364	1993	12

Tabla 23

Cruceros con información de concentración de oxígeno disuelto en el sector Total Extendido de la transecta 5 (Arica)

CRUCERO	AÑO	MES
208	1980	2
251	1982	2
252	1982	4
268	1982	12
270	1983	2
274	1983	5
278	1983	10
280	1983	12
285	1984	6
307	1987	2
309	1987	5
311	1987	10
341	1991	12
342	1992	1
354	1992	9
355	1992	11
358	1992	12
364	1993	12
365	1994	3
368	1994	5
390	1996	6
394	1996	9
396	1996	12
398	1997	3
401	1997	6
408	1997	12
413	1998	6

Tabla 24

Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Otoño 2003

tran	est	dcost	Hora	Secchi	10%	1%	capa de mezcla
5	1	1	13:30	4.5	5.50	13.50	0
5	2	5	15:15	4.5	5.50	13.50	4
5	3	10	17:32	4.0	5.00	12.00	0
5	7	100	09:17	11.0	14.00	32.00	24
int 4 - 5	8	97	12:47	16.0	20.00	47.00	32
int 4 - 5	9	97	15:48	15.0	19.00	44.00	33
4	13	40	07:46	15.0	19.00	44.00	21
4	14	20	12:00	19.0	24.00	55.00	13
4	15	10	14:19	6.5	8.00	18.00	4
4	16	5	16:54	4.0	5.00	12.00	4
int 3 - 4	20	75	09:22	20.0	25.50	58.00	23
3	21	100	13:28	20.0	25.50	58.00	43
3	26	5	07:57	6.0	7.50	17.50	5
3	27	1	08:54	12.0	14.50	35.00	14
int 3-2	28	2	13:42	7.0	9.00	21.00	7
int 3-2	29	2	16:47	4.0	5.00	12.00	3
int 1-2	33	2	10:44	12.0	14.50	35.00	4
1	34	1	13:38	6.0	7.50	17.50	0
1	35	5	15:21	7.0	9.00	21.00	3
1	36	10	16:34	8.0	11.00	25.00	6
1	40	100	08:25	16.0	20.00	47.00	47
int 1-2	41	100	11:57	14.0	18.00	41.00	30
int 1-2	42	100	14:52	15.0	19.00	44.00	30
2	46	40	07:22	9.0	12.00	27.00	24
2	47	20	11:36	13.0	17.00	37.50	27
2	48	10	13:57	7.5	10.00	23.00	17
2	49	5	16:15	5.0	6.00	14.00	4
2	50	1	17:48	4.0	5.00	12.00	6
fija Arica	100	2	14:10	5.0	6.00	14.00	0

Tabla 25

Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Invierno 2003

tran	est	dcost	Hora	Secchi	10%	1%	CM
1	3	10	07:31	5.0	6.0	14.0	5
1	4	20	10:40	11.0	14.0	32.0	3
1	5	40	16:07	17.0	22.0	50.0	6
T1 a T2	9	60	11:33	15.0	19.0	44.0	3
T1 a T2	11	60	15:25	9.0	12.0	27.0	0
T1 a T2	13	60	09:23	15.0	19.0	44.0	33
2	17	20	09:07	17.0	22.0	50.0	4
2	18	40	14:06	14.0	18.0	41.0	7
3	27	20	13:08	15.0	19.0	44.0	0
3	28	40	17:41	16.0	20.0	47.0	0
T3 a T4	31	60	09:33	8.0	11.0	25.0	17
T3 a T4	32	40	06:31	12.0	14.5	35.0	8
4	36	40	07:40	10.0	12.5	29.5	11
4	37	20	12:19	13.0	17.0	37.5	4
4	38	10	15:12	11.0	14.0	32.0	3
4	39	5	17:11	6.0	7.5	17.5	0
T4 a T5	41	60	09:44	8.0	11.0	25.0	8
T4 a T5	43	60	11:38	14.0	18.0	41.0	7
T4 a T5	45	60	13:40	23.0	29.0	67.0	0
5	49	40	07:08	13.0	17.0	37.5	2
5	50	20	11:51	8.0	11.0	25.0	0
5	51	10	14:50	8.0	11.0	25.0	0
5	52	5	16:26	5.0	6.0	14.0	0

Tabla 26

Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Invierno 2003

tran	est	dcost	Hora	Secchi	10%	1%	capa de mezcla
1	6	5	07:15	3.5	5.0	12.0	0
1	7	10	09:02	3.5	5.0	12.0	2
1	8	20	12:08	11.0	14.0	32.0	2
1	9	40	16:23	10.0	12.5	29.5	2
T1 a T2	12	100	07:52	14.0	18.0	41.0	19
T1 a T2	13	100	11:40	16.0	20.0	47.0	4
T1 a T2	14	100	15.31	17.0	22.0	50.0	9
2	15	100	19:12	18.0	23.0	53.0	11
2	17	40	06.10	17.0	22.0	50.0	18
2	18	20	10:51	16.0	20.0	47.0	2
2	19	10	13:57	7.0	9.0	21.0	0
2	20	5	16:22	6.0	7.5	17.5	0
2	21	1	18:34	3.5	5.0	12.0	0
3	25	1	08:20	5.0	6.0	14.0	3
3	26	5	09:51	5.0	6.0	14.0	2
3	27	10	11:42	7.0	9.0	21.0	0
3	28	20	14:12	4.0	5.0	12.0	0
3	29	40	18:31	10.0	12.5	29.5	5
T3 a T4	32	73	11:33	13.0	17.0	37.5	5
T3 a T4	33	48	16:39	11.0	14.0	32.0	0
4	35	1	10:20	6.0	7.5	17.5	0
4	36	5	11:51	6.0	7.5	17.5	0
4	37	10	13:48	6.0	7.5	17.5	0
4	38	20	16:45	9.0	12.0	27.0	0
4	41	100	08:38	11.0	14.0	32.0	15
T4 a T5	42	97	12:43	22.0	28.0	64.0	3
T4 a T5	43	96	16:24	15.0	19.0	44.0	0
5	47	40	11:33	9.0	12.0	27.0	0
5	48	20	16:23	4.0	5.0	12.0	2
Fija	Mejillones	2	08:25	2.0	2.5	6.0	0

Tabla 27

Bitácora de las estaciones con medición de profundidad de disco Secchi, profundidades del 10% y 1% de penetración de luz. Verano 2004

tran	est	dcost	Hora	Secchi	10%	1%	capa de mezcla
1	5	10	08:36	6.0	7.5	17.5	2
1	6	20	11:17	12.0	14.5	35.0	0
1	7	40	15:30	6.0	7.5	17.5	0
t1-t2	11	100	09:30	14.0	18.0	41.0	13
t1-t2	12	100	13:06	16.0	20.0	47.0	2
2	13	100	16:30	16.0	20.0	47.0	3
2	17	10	08:20	5.0	6.0	14.0	0
2	18	5	09:51	4.0	5.0	12.0	0
2	19	1	11:20	3.0	4.00	9.00	0
t2-t3	20	2.9	14:47	2.5	3.00	7.50	0
t2-t3	21	3.2	17:52	2.5	3.00	7.50	0
3	27	40	09:18	14.0	18.0	41.0	2
3	28	70	14:26	9.0	12.0	27.0	3
t3-t4	32	24	09:47	9.0	12.0	27.0	0
4	38	70	11:47	20.0	25.5	58.0	4
4	39	100	16:40	18.0	23.0	53.0	10
5	44	70	11:41	16.0	20.0	47.0	0
5	45	40	16:45	11.0	14.0	32.0	0
t4-t5	51	4	09:32	6.0	7.5	17.5	0
t4-t5	52	4.5	13:18	3.0	4.00	9.00	0
iqui	iqui	2	14:29	6.0	7.5	17.5	0
mej	mej	2.5	17:22	4.5	5.5	13.5	0

Tabla 28

Densidad promedio y dominancia numérica de huevos de peces cruceros trimestrales MOBIO 2003/2004

ESPECIE	CRUCERO	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE HUEVOS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %
Sardinops sagax	OTOÑO	0	0				
	INVIERNO	4	652	12	163	7,5	0,1
	PRIMAVERA	0	0				
	VERANO	0	0				
	TOTAL	4	652	3	163	1,9	0,1
Engraulis ringens	OTOÑO	8	81512	1630	10189	16,0	85,4
	INVIERNO	23	566614	10691	24635	43,4	92,5
	PRIMAVERA	11	111423	2102	10129	20,8	40,9
	VERANO	20	75935	1460	3797	38,5	67,9
	TOTAL	62	835484	4017	13476	29,8	76,5
Trachurus murphyi	OTOÑO	0					
	INVIERNO	3	1110	21	370	5,7	0,2
	PRIMAVERA	0	0				
	VERANO	2	137	3	69	3,8	0,1
	TOTAL	5	1247	6	249	2,4	0,1
Scomber japonicus	OTOÑO	0	0				
	INVIERNO	0	0				
	PRIMAVERA	9	27054	510	3006	17,0	9,9
	VERANO	4	356	7	89	7,5	0,3
	TOTAL	13	27410	132	2108	6,3	2,5
Otras especies	OTOÑO	26	13902	278	535	52,0	14,6
	INVIERNO	43	43880	828	1020	81,1	7,2
	PRIMAVERA	38	133680	2522	3518	71,7	49,1
	VERANO	26	35474	682	1364	50,0	31,7
	TOTAL	133	226936	1091	1706	63,9	20,8
Total Huevos	OTOÑO	28	95414	1908	3408	56,0	100,0
	INVIERNO	46	612256	11552	13310	86,8	100,0
	PRIMAVERA	44	272157	5135	6185	83,0	100,0
	VERANO	42	111901	2152	2664	80,8	100,0
	TOTAL	160	1091728	5249	6823	76,9	100,0

Tabla 29

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas y peces cruceros trimestrales MOBIO 2003/2004

ESPECIE	CRUCERO	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE LARVAS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %
Sardinops sagax	OTOÑO	2	333	7	167	4,0	1,1
	INVIERNO	0	0				
	PRIMAVERA	0	0				
	VERANO	0	0				
	TOTAL	2	333	2	167	1,0	0,1
Engraulis ringens	OTOÑO	12	16882	338	1407	24,0	54,1
	INVIERNO	42	174943	3301	4165	79,2	87,6
	PRIMAVERA	21	10886	205	518	39,6	18,9
	VERANO	25	16885	325	675	48,1	38,5
	TOTAL	100	219596	1056	2196	48,1	66,1
Trachurus murphyi	OTOÑO	0	0				
	INVIERNO	0	0				
	PRIMAVERA	0	0				
	VERANO	1	46	1	46	1,9	0,1
	TOTAL	1	46	0	46	0,5	0,0
Scomber japonicus	OTOÑO	0	0				
	INVIERNO	0	0				
	PRIMAVERA	13	1825	34	140	24,5	3,2
	VERANO	3	325	6	108	5,8	0,7
	TOTAL	16	2150	10	134	7,7	0,6
Otras especies	OTOÑO	44	13985	280	318	88,0	44,8
	INVIERNO	53	24746	467	467	100,0	12,4
	PRIMAVERA	44	44947	848	1022	83,0	78,0
	VERANO	38	26652	513	701	73,1	60,7
	TOTAL	179	110330	530	616	86,1	33,2
Total Larvas	OTOÑO	48	31200	624	650	96,0	100,0
	INVIERNO	53	199690	3768	3768	100,0	100,0
	PRIMAVERA	47	57658	1088	1227	88,7	100,0
	VERANO	47	43909	844	934	90,4	100,0
	TOTAL	195	332457	1598	1705	93,8	100,0

Tabla 30

Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de anchoveta, *Engraulis ringens*.
Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verano 2004

Huevos	Otoño 2003	Invierno 2003	Primavera 2003	Verano 2004
N°Total Estaciones	50	53	53	52
N° Estaciones positivas	8	23	11	20
Abundancia (H/10m^2)	81512	566614	111423	75935
Mínimo Est (+)	35	31	90	33
Máximo Est (+)	58507	193919	52806	46621
Std.Dev Est (+)	19813,78	51412,7	16440,8	10833,17
Media Est. Positivas	10189	24635	10129	3797
Media Est. Totales)	1630	10691	2102	1460
Constancia	16,00	43,40	20,75	38,46
Dominancia numérica	85,43	92,55	40,94	67,86
CV(%)	1,94	2,09	1,62	2,85

Larvas	Otoño 2003	Invierno 2003	Primavera 2003	Verano 2004
N°Total Estaciones	50	53	53	52
N° Estaciones positivas	12	42	21	25
Abundancia (L/10m^2)	16882	174943	10886	16885
Mínimo Est (+)	36	37	33	33
Máximo Est (+)	6802	62955	2397	5135
Std.Dev Est (+)	2085,1	11039,5	730,82	1100,68
Media Est. Positivas	1407	4165	518	675
Media Est. Totales)	338	3301	205	325
Constancia	24,00	79,25	39,62	48,08
Dominancia numérica	54,11	87,61	18,88	38,45
CV(%)	1,48	2,65	1,41	1,63

Tabla 31

Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros estacionales MOBIO

Huevos	**Otoño-03**	**Invierno-03**	**Primavera-03**	**Verano-04**
Media Est. Totales	**1630**	**10691**	**2102**	**1460**
V(media Est totales)	**1406427,5**	**23967048,2**	**1305299,1**	**907697,9**
CV(%)	**73,00%**	**46,00%**	**54,00%**	**65,00%**
Media D. Delta	**2407**	**14456**	**2310**	**145**
V(Media D. Delta)	**3891568,1**	**18416620,7**	**593166,7**	**2893,7**
CV(%)	**81,90%**	**29,69%**	**33,00%**	**37,00%**

Larvas	**Otoño-03**	**Invierno-03**	**Primavera-03**	**Verano-04**
Media Est. Totales	**338**	**3301**	**205**	**303**
V(media Est totales)	**26887,7**	**1867911,98**	**5112,03**	**12975,3**
CV(%)	**49,00%**	**41,00%**	**35,00%**	**38,00%**
Media D. Delta	**383**	**4459**	**36**	**30**
V(Media D. Delta)	**50408,0**	**2568872,5**	**33,0**	**21,9**
CV(%)	**58,60%**	**35,94%**	**15,70%**	**15,40%**

Tabla 32

Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de sardina, *Sardinops sagax*. Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verana 2004

Huevos	Otoño 2003	Invierno 2003	Primavera 2003	Verano 2004
N°Total Estaciones	50	53	53	52
N° Estaciones positivas	0	4	0	0
Abundancia (H/10m^2)		652		
Mínimo Est (+)		105		
Máximo Est (+)		304		
Std.Dev Est (+)		94,9		
Media Est. Positivas		163		
Media Est. Totales)		12		
Constancia		7,55		
Dominancia numérica		0,11		
CV(%)		0,58		

Larvas	Otoño 2003	Invierno 2003	Primavera 2003	Verano 2004
N°Total Estaciones	50	53	53	52
N° Estaciones positivas	2	0	0	0
Abundancia (L/10m^2)	333			
Mínimo Est (+)	30			
Máximo Est (+)	303			
Std.Dev Est (+)				
Media Est. Positivas	167			
Media Est. Totales)	7			
Constancia	4,00			
Dominancia numérica	1,07			
CV(%)	0,00			

Tabla 33

Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de jurel, *Trachurus murphyi*. Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verano 2004

Huevos	Otoño 2003	Invierno 2003	Primavera 2003	Verano 2004
N°Total Estaciones	50	53	53	52
N° Estaciones positivas	0	3	0	2
Abundancia (H/10m^2)		1110		137
Mínimo Est (+)		161		44
Máximo Est (+)		661		92
Std.Dev Est (+)		259,7		33,69
Media Est. Positivas		370		69
Media Est. Totales)		21		3
Constancia		5,66		3,85
Dominancia numérica		0,41		0,12
CV(%)		0,70		0,49

Larvas	Otoño 2003	Invierno 2003	Primavera 2003	Verano 2004
N°Total Estaciones	50	53	53	52
N° Estaciones positivas	0	0	0	1
Abundancia (L/10m^2)			0	46
Mínimo Est (+)				
Máximo Est (+)				
Std.Dev Est (+)				
Media Est. Positivas				46
Media Est. Totales)				1
Constancia				1,92
Dominancia numérica				0,10
CV(%)				0,00

Tabla 34

Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de caballa, *Scomber japonicus*. Cruceros trimestrales Otoño 2003 – Verano 2004

Huevos	Otoño 2003	Invierno 2003	Primavera 2003	Verano 2004
N°Total Estaciones	50	53	53	52
N° Estaciones positivas	0	0	9	4
Abundancia (H/10m^2)			27054	356
Mínimo Est (+)			33	40
Máximo Est (+)			24269	230
Std.Dev Est (+)			7981,77	94,3
Media Est. Positivas			3006	89
Media Est. Totales)			510	7
Constancia			16,98	7,69
Dominancia numérica			9,94	0,32
CV(%)			2,66	1,06

Larvas	Otoño 2003	Invierno 2003	Primavera 2003	Verano 2004
N°Total Estaciones	50	53	53	52
N° Estaciones positivas	0	0	13	3
Abundancia (L/10m^2)			1825	325
Mínimo Est (+)			28	43
Máximo Est (+)			486	236
Std.Dev Est (+)			153,18	110,66
Media Est. Positivas			140	108
Media Est. Totales)			34	6
Constancia			24,53	5,77
Dominancia numérica			3,17	0,74
CV(%)			1,09	1,02

Tabla 35
Abundancia de huevos y larvas de anchoveta colectados en la zona Arica – Antofagasta en 4 intervalos de profundidad. Cruceros estacionales MOBIO 2003 – 2004

Intervalo de profundidad (m)	N° Huevos/10m^2			N°Larvas/10m^2		
Otoño 2003	**N**	**Media**	**DE**	**N**	**Media**	**DE**
0-10	5	3561	5223,0	5	306	448,0
10-25	5	7694	16450,0	5	1232	1902,5
25-50	2	6788	9550,9	3	410	629,1
50-75						
Invierno 2003						
0-10	9	1551	2462,0	11	2175	6101,5
10-25	8	1681	3196,4	15	602	1321,7
25-50	9	3441	8773,1	14	198	241,8
50-75	6	179	236,2	4	49	44,4
Primavera 2003						
0-10	8	3593	4892	7	391	501,1
10-25	9	3050	8129	10	86	49,8
25-50	5	466	195	5	101	74,9
50-75	5	1141	2224	2	28	5,7
Verano 2004						
0-10	10	1326	2664,8	14	247	247,3
10-25	8	3398	9152,5	10	156	208,4
25-50	5	268	339,2	5	60	
50-75	2	57	31,8			

Tabla 36
Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, zona Antofagasta – Arica, en otoño de 1993 – 2003

Año	Indice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
93					
94	4,22E+11	1,85E+22	0,0988	1,56E+11	6,89E+11
95					
96	3,65E+11	1,73E+22	0,1221	1,08E+11	6,23E+11
97	4,14E+11	3,67E+22	0,1940	3,87E+10	7,89E+11
98	2,37E+11	2,38E+22	0,3533	-6,50E+10	5,40E+11
99	2,10E+12	2,21E+24	0,4075	-8,20E+11	5,01E+12
´00	8,92E+11	1,30E+23	0,1513	1,84E+11	1,60E+12
´01	4,62E+12	1,38E+25	0,4995	-2,67E+12	1,19E+13
´02	3,02E+12	2,39E+24	0,2327	-1,38E+10	6,05E+12
´03	1,16E+12	3,01E+23	0,2019	8,08E+10	2,23E+12

Tabla 37
Estimación del índice de abundancia larval para sardina, zona Antofagasta – Arica, en otoño de 1993 – 2003

Año	Indice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
93					
94	1,50E+10	4,20E+19	0,1711	1,85E+09	2,73E+10
95					
96					
97	3,00E+09	1,05E+19	0,7732	-3,10E+09	9,57E+09
98	1,40E+10	1,28E+20	0,5026	-8,38E+09	3,60E+10
99	4,90E+10	5,67E+20	0,2120	2,13E+09	9,55E+10
´00	8,40E+10	7,13E+21	0,6984	-8,10E+10	2,50E+11
´01	2,00E+09	5,80E+18	0,8961	-2,31E+09	7,13E+09
´02					
´03	2,50E+10	5,16E+20	0,6019	-1,96E+10	6,94E+10

Tabla 38
Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, zona Antofagasta – Arica, en invierno de 1993 – 2003

Año	Indice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
93	8,08E+12	7,04E+23	0,0107	6,44E+12	9,73E+12
94	1,84E+13	1,07E+25	0,0311	1,20E+13	2,48E+13
95	5,09E+12	8,32E+23	0,0316	3,31E+12	6,88E+12
96	5,42E+12	7,03E+24	0,2146	2,21E+11	1,06E+13
97	6,84E+12	4,37E+24	0,0893	2,74E+12	1,09E+12
98	1,20E+12	4,47E+23	0,2703	-1,11E+11	2,51E+12
99	3,62E+12	2,40E+24	0,1682	5,84E+11	6,65E+12
´00	4,18E+12	8,47E+23	0,0473	2,37E+12	5,98E+12
´01	2,47E+12	4,89E+23	0,0771	1,10E+12	3,84E+12
´02	5,72E+12	4,51E+24	0,1291	1,56E+12	9,88E+12
´03	9,28E+12	1,27E+25	0,1376	2,30E+12	1,63E+13

Tabla 39
Estimación del índice de abundancia larval para sardina, zona Antofagasta – Arica, en invierno de 1993 – 2003

Año	Indice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
93	1,07E+11	2,08E+21	0,1669	1,76E+10	1,96E+11
94	1,24E+11	2,08E+21	0,1269	3,43E+10	2,13E+11
95	4,90E+10	1,96E+20	0,0785	2,15E+10	7,64E+10
96	2,00E+10	1,93E+20	0,3937	-7,29E+09	4,72E+10
97	3,30E+10	5,83E+20	0,4288	-1,40E+10	8,06E+10
98	2,90E+10	4,17E+20	0,4027	-1,09E+10	6,91E+10
99	1,58E+11	1,47E+22	0,4630	-7,91E+10	3,96E+11
´00	5,10E+10	1,72E+21	0,5076	-3,06E+10	1,32E+11
´01	1,82E+11	1,67E+22	0,4082	-7,14E+10	4,35E+11
´02	-	-		-	-
´03	-	-		-	-

Tabla 40
Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, zona Antofagasta – Arica, en primavera de 1993 – 2003

Año	Indice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
1993	3,25E+11	8,01E+21	0,0731	1,50E+11	5,01E+11
1994					
1995					
1996	2,69E+12	1,98E+24	0,2417	-6,37E+10	5,45E+12
1997	9,74E+11	1,35E+23	0,1330	2,53E+11	1,69E+12
1998	1,20E+12	2,69E+23	0,1702	1,87E+11	2,22E+12
1999	5,15E+12	1,20E+25	0,3731	-1,63E+12	1,19E+13
2000	1,08E+12	1,19E+23	0,0971	4,06E+11	1,76E+12
2001	1,24E+12	2,17E+23	0,1328	3,23E+11	2,15E+12
2002	8,54E+11	9,59E+22	0,1235	2,47E+11	1,46E+12
2003	6,64E+11	4,55E+22	0,0982	2,46E+11	1,08E+12

Tabla 41
Estimación del índice de abundancia larval para sardina, zona Antofagasta – Arica, en primavera de 1993 – 2003

Año	Indice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
1993					
1994					
1995					
1996					
1997	6,50E+10	1,32E+21	0,2719	-6,52E+09	1,36E+11
1998	2,20E+10	1,60E+20	0,2856	-2,68E+09	4,69E+10
1999	2,32E+11	4,88E+22	0,6454	-2,01E+11	6,65E+11
2000	5,00E+09	2,32E+19	0,6565	-4,62E+09	1,43E+10
2001	0,00E+00				
2002	0,00E+00				
2003	0,00E+00				

Tabla 42
Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, zona Antofagasta – Arica, en verano de 1993 – 2003

Año	Indice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
93					
94	9,12E+11	1,56E+23	0,1719	1,37E+11	1,69E+12
95					
96					
97	1,07E+12	6,52E+22	0,0550	5,73E+11	1.57e+12
98	4,37E+11	4,28E+22	0,2022	3,14E+10	8,42E+11
99	1,62E+12	1,76E+23	0,0650	7,98E+11	2,44E+12
´00	5,33E+12	7,42E+24	0,2322	-1,05E+10	1,07E+13
´01	2,25E+12	7,28E+23	0,1339	5,82E+11	3,93E+12
´02	1,82E+12	4,08E+23	0,1160	5,69E+11	3,07E+12
´03	6,63E+12	1,15E+25	0,2326	-1,95E+10	1,33E+13
´04	8,56E+11	1,00E+23	0,1279	2,35E+11	1,48E+12

Tabla 43
Estimación del índice de abundancia larval para sardina, zona Antofagasta – Arica, en verano de 1993 – 2003

Año	Indice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
93	1,25E+11	2,06E+21	0,1238	3,63E+10	2,14E+11
94					
95					
96					
97	1,30E+10	1,03E+20	0,4759	-6,93E+09	3,28E+10
98					
99	1,25E+11	1,55E+21	0,0946	4,76E+10	2,02E+11
´00	5,76E+11	3,12E+23	0,6629	-5,19E+11	1,67E+12
´01	1,69E+11	2,53E+22	0,6344	-1,43E+11	4,80E+11
´02	5,00E+09	2,32E+19	0,6565	-4,62E+09	1,43E+10
´03	1,80E+10	3,28E+20	0,6993	-1,74E+10	5,36E+10
´04					

Tabla 44

Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Otoño 1993/2003

Crucero	Fecha	N	Mínimo	Máximo	Promedio	Sd	CV(%)
1993							
368(2)94AM	16/05 - 25/05	70	16	934	206	188,2	0,91
1995							
390(2)96CP	26/05 - 31/05	35	33	846	285	172,5	0,60
401(2)97CP	25/05 - 31/05	35	33	416	190	105,5	0,55
413(2)98CP	26/05 - 02/06	35	35	1692	268	361,9	1,35
422(2)99CP	20/05 - 31/05	42	44	1495	203	201,1	0,99
431(2)00CP	15/05 - 27/05	41	86	886	326	180,5	0,55
442(2)01CP	20/05 - 31/05	47	84	1233	227	173,6	0,76
452(2)02CP	21/05 - 30/05	47	71	2449	363	397,6	1,09
461(2)03AM	15/05 - 26/05	50	48	3875	459	701,6	1,53

Tabla 45

Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Invierno 1993/2003

Crucero	Fecha	N	Mínimo	Máximo	Promedio	Sd	CV(%)
362(3)93CP		118	57	1123	249	205,58	0,85
370(3)94CP		118	14	4002	471	479,35	1,02
383(3)95CP		118	8	1016	253	178,33	0,71
394(2)96CP		34	79	484	240	103,24	0,43
404(3)97CP		34	61	534	197	95,12	0,48
416(3)98CP		35	47	2551	299	457,50	1,53
425(3)99CP		50	54	701	254	131,60	0,52
436(3)00CP		47	24	354	139	79,18	0,57
447(3)01CP		45	4	552	216	120,60	0,56
456(3)02CP		43	85	1215	375	210,84	0,56
464(3)03CP		53	80	921	304	181,9	0,6

Tabla 46

Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Primavera 1993/2003

Crucero	Fecha	N	Mínimo	Máximo	Promedio	Sd	CV(%)
364(4)93 AM	23/11 - 29/11	70	17	911	263	174,4	0,66
1994							
1995							
396(4)96 AM	11/12 - 16/12	35	165	1682	585	377,2	0,65
408(4)97 CP	12/12 - 19/12	35	63	1331	450	318,6	0,71
419(4)98 AM	12/12 - 18/12	47	26	685	202	133,9	0,66
427(4)99 CP	30/11 - 10/12	41	93	6622	621	1052,2	1,69
438(4)00 CP	08/12 - 17/12						
449(4)01 CP	11/12 - 18/12	47	46	1436	331	226,0	0,68
457(4)02 AM	10/12 - 17/12	50	71	767	347	157,1	0,45
465(4)03 CP	11/12 - 20/12	53	13	1344	240	302,2	1,26

Tabla 47

Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Verano 1993/2003

Crucero	Fecha	N	Mínimo	Máximo	Promedio	Sd	CV(%)
1993							
365(1)94CP	28/02 - 10/03	69	53	1792	280		
1995							
1996							
398(1)97CP	18/03 - 26/03	35	72	1082	258	189,3	0,73
410(1)98CP	28/02 - 08/03	35	66	456	176	85,1	0,48
420(1)99AM	22/02 - 02/03	49	54	1268	270	223,6	0,83
430(1)00CP	25/02 - 03/03	47	68	1933	374	359,0	0,96
441(1)01CP	26/02 - 03/03	47	84	726	304	130,1	0,43
451(1)02CP	27/02 - 07/03	47	15	993	263	176,8	0,67
460(1)03AM	10/03 - 19/03	50	75	3193	392	431,7	1,10
467(1)04CP	10/04 - 19/04	52	50	1033	351	236,2	0,67

Tabla 48
Resultados históricos de las calibraciones del sistema acústico EK-500 del B/C Carlos Porter, en 38 Khz

Fecha	Lugar	TS transducer Gain			Sv Transducer gain		
		Corto	Medio	Largo	Corto	Medio	Largo
09.06.92	Mejillones	27.2	28.3	28.4	27.3	28.3	28.3
07.09.92	Mejillones	27.2	28.2	28.3	27.3	27.9	28.5
10.08.94	Lag. Verde	27.1	28.1	28.1	27.4	27.8	28.1
19.08.94	Mejillones	27.4	28.2	28.4	27.3	28.2	28.6
06.08.95	Mejillones	27.1	28.1	28.3	27.2	28.1	28.4
01.06.96	Mejillones	27.2	28.2	28.3	27.2	28.2	28.4
19.03.97	Mejillones	27.2	28.2	28.3	27.2	27.9	28.4
15.08.97	Mejillones	27.1	28.2	28.3	27.2	27.9	28.4
12.12.97	Mejillones	27.2	28.2	28.3	27.3	27.9	28.5
21.05.98	Mejillones	27.3	28.2	28.4	27.4	27.9	28.7
27.08.98	Mejillones	27.3	28.4	28.5	27.3	28.1	28.7
16.09.99	Mejillones	27.3	28.3	28.5	27.5	28.3	28.8
24.02.00	Mejillones	27.3	28.4	28.5	27.4	28.5	28.7
17.05.00	Mejillones	27.3	28.4	28.5	27.3	28.1	28.7
14.09.00	Mejillones		28.18			27.90	
28.02.01	Mejillones	26.87	28.08	28.56	27.09	27.75	28.16
21.05.01	Mejillones	27.01	28.09	28.71	27.26	27.96	28.34
18.09.01	Mejillones	26.77	28.18	28.86	27.26	27.96	28.46
28.02.02	Mejillones		28.00			27.90	
02.10.02	Mejillones	27.07	28.05	28.28	27.34	27.94	27.98
24.09.03	Mej. Norte	26.89	28.26		27.07	27.76	
11.12.03	Mejillones	26.58	27.99	29.26	27.08	28.17	28.81
11.03.04	Mejillones	26.93	28.11	28.57	27.14	27.90	28.10

Tabla 49

Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en los cruceros MOBIO 0305, 0308, 0312 y 0403 respecto a las variables profundidad, temperatura y salinidad

			Profundidad (m)						Temperatura (°C)						Salinidad (psu)					
Crucero	Especie	N	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$S^2(\bar{x})$	CV	LC	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$S^2(\bar{x})$	CV	LC	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$S^2(\bar{x})$	CV	LC-
0305	jurel	65	89,00	10,50	25,55	202,85	0,56	23,43	20,08	12,82	16,09	3,00	0,11	2,85	35,140	34,441	34,710	0,026	0,005	0,27
	anchoveta	171	33,50	9,50	14,50	20,44	0,31	7,44	20,50	13,80	15,43	1,88	0,09	2,25	35,293	34,506	34,723	0,010	0,003	0,17
	caballa	15	25,00	8,50	14,50	40,54	0,44	10,47	17,86	14,40	16,40	2,10	0,09	2,38	34,815	34,501	34,737	0,011	0,003	0,17
	linterna	42	194,50	31,50	91,32	1222,30	0,38	57,51	17,18	11,56	13,67	2,22	0,11	2,45	34,884	34,599	34,748	0,005	0,002	0,12
0308	otras	16	55,50	4,50	13,69	353,60	1,37	30,93	16,73	13,20	15,17	1,50	0,08	2,02	35,001	34,686	34,858	0,008	0,003	0,15
	jurel	287	56,50	7,50	25,96	80,30	0,35	14,74	16,96	12,98	15,33	0,96	0,06	1,61	35,052	34,521	34,801	0,018	0,004	0,22
	anchoveta	628	50,00	6,50	18,95	40,44	0,34	10,46	17,12	13,05	15,46	1,11	0,07	1,73	35,088	34,587	34,828	0,012	0,003	0,18
	caballa	14	36,00	7,50	17,32	72,72	0,49	14,03	16,80	15,04	16,09	0,44	0,04	1,09	35,024	34,643	34,869	0,022	0,004	0,24
	linterna	69	240,50	21,50	81,33	2645,60	0,63	84,61	16,42	11,17	13,74	1,05	0,07	1,68	34,962	34,678	34,841	0,003	0,002	0,09
	langostino	5	35,50	18,00	25,40	43,18	0,26	10,81	14,14	13,64	13,90	0,04	0,01	0,32	34,815	34,804	34,810	0,000	0,000	0,01
0312	otros	14	193,00	17,00	58,50	1931,73	0,75	72,30	17,08	12,53	14,89	2,53	0,11	2,62	34,917	34,715	34,843	0,004	0,002	0,10
	sardina	9	16,00	7,00	12,94	11,59	0,26	5,60	16,58	14,15	15,30	0,61	0,05	1,28	34,835	34,593	34,756	0,009	0,003	0,15
	jurel	115	104,50	9,50	35,56	603,96	0,69	40,43	20,08	13,12	15,35	2,83	0,11	2,77	35,091	34,549	34,819	0,008	0,003	0,15
	anchoveta	256	21,50	7,50	11,24	6,73	0,23	4,27	21,14	14,31	16,37	2,30	0,09	2,49	35,142	34,612	34,803	0,016	0,004	0,21
	caballa	30	28,50	8,50	14,62	33,51	0,40	9,52	22,63	14,51	16,82	3,55	0,11	3,10	35,167	34,561	34,800	0,020	0,004	0,23
0403	otros	50	108,00	8,00	28,77	730,70	0,94	44,47	19,68	12,82	15,21	2,42	0,10	2,56	35,167	34,561	34,800	0,020	0,004	0,10
	sardina	21	18,00	8,00	12,55	8,52	0,23	4,80	17,11	14,28	15,46	0,66	0,05	1,34	35,004	34,681	34,843	0,004	0,002	0,10
	jurel	80	57,50	10,00	18,30	46,47	0,37	11,21	21,01	14,61	17,67	2,68	0,09	2,69	34,818	34,657	34,738	0,003	0,002	0,09
	anchoveta	243	20,50	6,00	11,75	6,08	0,21	4,05	18,73	14,34	15,72	0,79	0,06	1,46	35,028	34,695	34,814	0,003	0,002	0,10
	caballa	18	17,50	9,00	11,83	3,79	0,16	3,20	21,42	15,30	19,28	3,30	0,09	2,99	34,923	34,638	34,791	0,004	0,002	0,07

LC: límite de confianza.

Tabla 50

Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el periodo 1994-2003 por estación respecto a las variables densidad acústica (Sa), profundidad, temperatura y salinidad. Se ha descartado el año 1997 por presentarse fuera de rango en la mayoría de las variables

		Otoño s/1997 y 1998							Invierno s/1997						
	especie	Sardina	Jurel	Anchoveta	Caballa	Linterna	Langostino	Bacaladillo	Sardina	Jurel	Anchoveta	Caballa	Linterna	Langostino	Bacaladillo
Sa	$\overline{X}$	2.726,43	999,96	2.127,17	509,13	315,00	450,33	312,50	2877	579	2148,25	356,11	3488,80	4647,73	3429,47
	Máx.	59.028	59.647	84.095	6.545	1.516	2.500	854	20051	7655	40213,00	4422,00	20409,00	74749,00	71438,00
	Mín.	38	2	1	0	11	34	84	150	3	10	10	54	50	8
	$S^2(\overline{X})$	69.043.589,54	7.634.008,05	34.046.415,52	1.076.409,09	100.038,83	428.332,75	53.138,00	31333835,78	710050,28	13247687,58	345201,59	20061032,90	79243531,57	107483032,87
	CV	3,05	2,76	2,74	2,04	1,00	1,45	0,74	1,95	1,45	1,69	1,65	1,28	1,92	3,02
Profundidad	$\overline{X}$	15,48	52,71	19,51	25,25	91,32	99,21	13,44	26,47	24,94	17,01	14,17	81,33	34,37	22,32
	Máx.	33,00	233,00	93,00	68,00	194,50	198,00	15,00	41	91,5	52	103,5	240,5	121	34,5
	Mín.	8,00	5,00	6,00	4,50	31,50	33,50	13,00	18	5	5,5	6,5	21,5	14,5	11
	$S^2(\overline{X})$	26,95	2.697,33	219,83	186,81	1.222,30	2.639,85	0,53	43,98	151,58	37,70	108,85	2645,60	514,37	40,13
	CV	0,34	0,99	0,76	0,54	0,38	0,52	0,05	0,25	0,49	0,36	0,74	0,63	0,66	0,28
Temperatura	$\overline{X}$	17,96	15,05	16,20	16,78	13,67	15,04	14,61	15,29	15,40	15,25	16,07	13,74	15,73	13,98
	Máx.	21,57	21,78	21,39	21,31	17,18	19,10	16,27	15,66	18,27	18,238	17,69	16,42	17,43	15,23
	Mín.	14,08	11,70	12,75	12,95	11,56	11,15	14,02	14,27	12,11	12,74	13,11	11,17	12,43	13,23
	$S^2(\overline{X})$	4,97	4,25	3,69	4,62	2,22	8,26	1,02	0,19	1,20	1,07	1,35	1,05	2,26	0,39
	CV	0,12	0,14	0,12	0,13	0,11	0,19	0,07	0,03	0,07	0,07	0,07	0,07	0,10	0,04
Salinidad	$\overline{X}$	34,918	34,592	34,748	34,817	34,748	34,517	34,732	34,686	34,803	34,808	34,884	34,841	34,855	34,844
	Máx.	35,693	35,711	35,577	35,545	34,884	34,829	34,775	34,813	35,184	35,21	35,185	34,962	35,055	34,902
	Mín.	34,510	33,937	34,180	34,501	34,599	33,780	34,715	34,507	34,293	34,394	34,643	34,678	34,572	34,774
	$S^2(\overline{X})$	0,06	0,05	0,04	0,04	0,01	0,09	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
	CV	0,007	0,007	0,006	0,006	0,002	0,009	0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Continuación Tabla 50

		primavera s/1997							Verano s/1998					
		Sardina	Jurel	Anchoveta	Caballa	Linterna	Langostino	Bacaladillo	Sardina	Jurel	Anchoveta	Caballa	Linterna	Langostino
Sa	$\overline{X}$	4355,01	748,10	1752,25	685,47	3300,20	2795,24	2775,52	1773,53	713,52	1838,29	685,70	930,30	1279,63
	Máx.	34404	24924	53152	4975	80400	40800	77260	20137,00	23298,00	99812,00	8587,00	9501,00	2365,00
	Mín.	416,9	3	3	3	11	5	3	27,00	19,00	5,00	5,00	27,00	250,00
	$S^2(\overline{X})$	42230845,78	3344559,49	16190573,52	1033846,25	78478223,45	33787858,66	46295535,33	8082887,88	2297317,14	20215288,95	1029542,18	2434158,12	448841,13
	CV	1,49	2,44	2,30	1,48	2,68	2,08	2,45	1,60	2,12	2,45	1,48	1,68	0,52
Profundidad	$\overline{X}$	16,36	30,29	14,49	16,32	100,89	17,87	130,41	14,66	21,35	12,83	14,77	89,47	43,69
	Máx.	35	184,5	117	35,5	280,5	57,5	248	35,50	241,50	69,50	62,50	178,00	73,00
	Mín.	7	7	3,5	7,5	5	4	7,5	6,00	5,00	3,50	3,50	17,50	24,00
	$S^2(\overline{X})$	32,99	630,31	188,24	49,48	7837,40	88,59	5427,87	41,49	415,55	23,87	71,53	2153,70	216,42
	CV	0,35	0,83	0,95	0,43	0,88	0,53	0,56	0,44	0,95	0,38	0,57	0,52	0,34
Temperatura	$\overline{X}$	17,05	15,99	16,07	16,56	14,51	16,17	13,77	18,12	17,25	16,87	17,77	14,70	16,64
	Máx.	21,3	23,29	22,19	22,63	21,94	19,81	22,11	24,80	25,62	25,49	24,27	28,28	19,73
	Mín.	14,1	11,8	12,8	13,89	10,81	13,16	11,02	13,69	12,10	12,90	12,97	12,03	14,21
	$S^2(\overline{X})$	3,269	3,96	2,59	3,72	11,02	2,82	7,79	9,56	8,11	5,78	5,63	8,81	4,27
	CV	0,11	0,13	0,10	0,12	0,23	0,10	0,20	0,17	0,17	0,14	0,13	0,20	0,12
Salinidad	$\overline{X}$	34,833	34,776	34,762	34,826	34,781	34,801	34,783	34,745	34,695	34,700	34,692	34,686	34,852
	Máx.	35,39	35,532	35,491	35,381	35,06	34,934	35,175	35,430	35,488	35,420	35,067	35,746	35,037
	Mín.	34,509	34,285	34,292	34,429	34,564	34,573	34,403	34,383	34,167	34,362	34,416	34,449	34,761
	$S^2(\overline{X})$	0,05	0,05	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,042	0,031	0,020	0,013	0,042	0,008
	CV	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00

Tabla 51

Estadísticos de la distribución vertical de las especies detectadas en el invierno y primavera de 1997 y verano y otoño de 1998

		INVIERNO 1997				PRIMAVERA 1997			VERANO 1998				OTOÑO 1998		
		Sardina	Jurel	Anchoveta	Caballa	Jurel	Anchoveta	Caballa	Sardina	Jurel	Anchoveta	Caballa	Jurel	Anchoveta	Caballa
Sa	$\overline{X}$	1399,4	263,0	1221,3	296,4	1911,6	1898,0	1219,0	325,0	254,9	1335,9	661,2	494,2	3706,7	326,4
	Máx.	8047	3275	47385	1135	24924	25634	4441	600	2144	17505	3705	16078	29410	2082
	Mín.	101	12	20	10	9	12	61	50	27	9	29	3	25	24
	$S^2(\overline{X})$	3859733,4	109283,2	15571905,1	84365,5	13707833,3	17201440,2	4624504,7	151250,0	108144,5	4360572,4	652891,5	2850965,6	25667481,2	195531,0
	CV	1,4	1,3	3,2	1,0	1,9	2,2	1,8	1,2	1,3	1,6	1,2	3,4	1,4	1,4
Profundidad	$\overline{X}$	25,37	69,22	31,36	24,37	81,92	50,82	25,13	22,25	26,93	58,25	19,71	135,68	51,54	28,13
	Máx.	78,50	142,50	109,00	111,50	184,50	117,00	35,50	37,50	43,50	130,00	34,50	233,00	93,00	68,00
	Mín.	7,50	13,50	9,50	8,00	10,50	6,50	11,00	7,00	8,00	6,00	6,00	9,50	8,00	7,00
	$S^2(\overline{X})$	188,94	980,41	255,30	802,19	1369,94	1411,94	152,90	465,13	42,55	1227,94	79,96	1196,66	615,52	146,76
	CV	0,54	0,45	0,51	1,16	0,45	0,74	0,49	0,97	0,24	0,60	0,45	0,25	0,48	0,43
Temperatura	$\overline{X}$	18,78	15,88	17,97	17,60	17,99	18,78	21,03	22,79	21,00	17,69	22,56	13,05	15,74	17,98
	Máx.	19,84	19,85	19,86	19,85	23,29	22,19	21,82	25,48	24,28	23,72	23,99	21,78	21,39	21,31
	Mín.	16,37	12,36	15,26	13,03	13,70	16,32	20,31	20,10	17,33	13,30	18,65	11,70	13,34	14,67
	$S^2(\overline{X})$	0,94	4,76	1,20	2,86	5,72	2,92	0,69	14,47	4,67	8,15	3,22	1,91	7,36	2,85
	CV	0,05	0,14	0,06	0,10	0,13	0,09	0,04	0,17	0,10	0,16	0,08	0,11	0,17	0,09
Salinidad	$\overline{X}$	35,088	34,724	35,043	34,850	35,170	35,162	35,378	35,406	35,166	34,969	35,324	34,738	34,907	34,904
	Máx.	35,247	35,248	35,215	35,223	35,532	35,491	35,381	35,636	35,595	35,382	35,595	35,711	35,577	35,545
	Mín.	34,598	34,304	34,820	34,345	34,747	34,958	35,371	35,175	34,791	34,623	34,909	34,462	34,644	34,604
	$S^2(\overline{X})$	0,029	0,077	0,010	0,061	0,042	0,015	0,000	0,106	0,072	0,037	0,072	0,028	0,089	0,051
	CV	0,005	0,008	0,003	0,007	0,006	0,003	0,000	0,009	0,008	0,006	0,008	0,005	0,009	0,006

Tabla 52

Valores de temperatura (°C), salinidad (psu), Oxígeno disuelto (mL/L) y clorofila-a (µg/L) en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones obtenidos desde mayo de 2003 a mayo de 2004

localidad	Arica		Iquique		Mejillones		Arica		Iquique		Mejillones		Arica		Iquique		
mes	16-May-03		15-May-03		21-May-03		11-Jun-03		09-Jun-03		06-Jun-03		8-Jul-03		09-Jul-03		
prof	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	t
0	17,14	34,82	17,26	34,80	14,40	34,68	16,40	34,84	15,48	34,66	15,67	34,57	16,10	34,76	15,66	34,80	1
2	17,28	34,83	17,11	34,80	14,59	34,70	16,41	34,81	15,57	34,71	15,66	34,63	16,14	34,77	15,81	34,79	1
4	16,93	34,75	17,01	34,80	14,50	34,66	16,32	34,81	15,16	34,76	15,18	34,63	16,09	34,80	15,31	34,71	1
5	16,58	34,82	17,03	34,78	14,42	34,67	16,30	34,81	15,08	34,76	15,14	34,66	16,03	34,80	15,00	34,76	1
6	16,39	34,74	17,00	34,80	14,39	34,67	16,29	34,82	15,07	34,76	15,09	34,63	16,03	34,81	14,77	34,81	1
8	15,92	34,77	16,47	34,76	14,32	34,68	16,24	34,81	14,94	34,78	14,62	34,61	15,66	34,81	14,55	34,81	1
10	15,38	34,80	16,02	34,76	14,30	34,68	16,00	34,80	14,93	34,77	13,99	34,53	15,60	34,78	14,38	34,78	1
15	14,80	34,75	14,95	34,73	13,71	34,72	15,00	34,82	14,80	34,79	13,54	34,57	15,21	34,78	14,15	34,83	1
20	14,52	34,82	14,52	34,78	13,47	34,77	14,51	34,81	14,62	34,78	13,74	34,67	14,77	34,78	14,05	34,83	1
25	14,46	34,82	14,37	34,81	13,44	34,79	14,14	34,82	14,20	34,80	13,36	34,61	14,55	34,81	13,85	34,82	1
30			14,06	34,81	13,41	34,80	13,89	34,84	14,16	34,80	13,73	34,78	14,25	34,82	13,81	34,84	1
35			13,73	34,83	13,34	34,81			14,00	34,79	13,57	34,79			13,68	34,83	1
40			13,52	34,83	13,32	34,82			13,85	34,82	13,50	34,81			13,57	34,85	1
45			13,40	34,83	13,29	34,84			13,79	34,84	13,53	34,82			13,39	34,87	1
50			13,38	34,85	13,26	34,84			13,70	34,82	13,53	34,82			13,20	34,88	1
prof	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	c
0	4,31	2,48	5,88	0,75	2,13	0,52	10,68	3,58	9,41	1,03	7,69	0,40	10,62	0,67	9,12	0,68	1
5	2,53	1,36	5,07	0,71	1,63	0,69	9,53	2,17	7,99	1,32	6,84	0,42	10,52	0,61	8,78	1,03	8
10	1,01	0,48	4,51	0,98	0,75	0,47	2,93	0,92	5,18	1,98	5,13	0,22	9,51	0,83	6,52	0,89	7
25	0,37	0,15	1,52	0,20	0,10	0,04	1,62	0,33	2,02	0,33	2,11	0,11	4,63	1,10	2,26	0,46	4
50			0,16	0,03	0,05	0,04			1,00	0,09	0,77	0,02			1,42	0,03	1

localidad	Arica		Iquique		Mejillones		Arica		Iquique		Mejillones		Arica		Iquique		
fecha	3-Ago-03		08-Ago-03		05-Ago-03		23-Sep-03		16-Sep-03		04-Sep-03		7-Oct-03		09-Oct-03		
prof	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	t
0	16,21	34,78	16,49	34,93	14,02	34,74	17,176	34,834	15,012	34,818	16,163	34,731	18,36	34,75	16,01	34,78	1
2	16,20	34,78	16,53	34,95	13,30	34,74	17,176	34,834	15,011	34,823	16,163	34,731	18,23	34,71	15,87	34,80	1
4	16,15	34,80	16,40	34,93	13,23	34,74	17,165	34,830	15,006	34,826	16,164	34,730	17,32		15,07		1
5	16,15	34,80	16,29	34,88	13,22	34,75	17,144	34,826	15,002	34,825	16,164	34,729	16,26	34,73	14,92	34,79	1
6	16,14	34,81	16,09	34,85	13,21	34,74	16,961	34,811	14,992	34,823	16,163	34,727	15,90	34,76	14,69	34,80	1
8	16,08	34,79	15,98	34,88	13,20	34,74	16,384	34,776	14,931	34,810	16,152	34,722	15,36	34,78	14,44	34,83	1
10	15,89	34,81	15,89	34,89	13,19	34,75	16,102	34,764	14,842	34,808	16,115	34,711	14,74		14,28	34,83	1
15	15,27	34,80	14,94	34,79	13,12	34,75	15,018	34,730	14,340	34,760	15,423	34,631	13,96	34,81	14,05		1
20	15,12	34,84	14,82	34,80	13,09	34,76	13,933	34,798	13,833	34,758	14,034	34,620	13,64	34,82	13,78	34,83	1
25	14,72	34,80	14,77	34,79	13,05	34,76	13,636	34,828	13,387	34,810	13,417	34,674	13,36	34,85	13,56	34,84	1
30			14,39	34,78	13,04	34,76	13,538	34,847	13,268	34,841	13,237	34,672	13,28	34,87	13,52	34,84	1
35			14,35	34,78	13,02	34,77			13,252	34,835	13,102	34,706			13,44	34,85	1
40			14,37	34,80	13,01	34,77			13,207	34,835	13,049	34,739			13,33	34,85	1
45			14,13	34,81	13,01	34,78			13,147	34,849	13,030	34,785			13,18	34,87	1
50			13,98	34,81	13,02	34,77			13,115	34,858	13,011	34,818			13,17	34,88	1
prof	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	c
0	7,35	0,61	6,92	0,32	3,74	0,86	8,05	1,562	3,83	0,590	7,030	1,975	8,05	1,33	5,93	4,13	7
5	7,21	0,73	6,82	0,46	3,4	0,63	7,86	1,730	3,82	0,556	6,990	2,358	8,42	1,42	3,15	6,00	7
10	5,02	0,20	6,09	0,44	1,71	0,35	7,14	4,165	3,21	0,541	6,820	2,771	2,81	3,72	2,32	5,57	7
20	2,02		2,85	0,33	1,51	0,10	1,15	0,761	0,88	0,254			0,77	2,63	0,84	1,53	1
25			1,67	0,12	1,29	0,10					1,74	0,21					
30									0,77	0,037			0,21	1,39	0,53	0,77	0
50									0,41	0,021	0,270	0,020			0,32	0,06	0

Continuación Tabla 52

localidad	Arica		Iquique		Mejillones		Arica		Iquique		Mejillones		Arica		Iquique		Mejillones	
mes	4-Nov-03		12-Nov-03		08-Nov-03		19-Dic-03		17-Dic-03		11-Dic-03		11-Ene-04		14-Ene-04		09-Ene-04	
prof	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali
0	18,44	34,88	19,10	34,74	17,66	34,73	17,47	34,83	16,86	34,82	17,39	34,79	20,59	34,70	17,93	34,65	19,68	34,73
2	18,44	34,87	19,05	34,79	17,60	34,75	17,40	34,83	16,70	34,82	17,28	34,79	20,44	34,71	17,55	34,75	18,41	34,61
4	18,42	34,86	18,28	34,70	16,91		17,00	34,82	16,41	34,79	16,69	34,78	19,21		16,57	34,80	16,08	34,46
5	18,40	34,87	17,80	34,72	15,97	34,73	16,61	34,82	16,26	34,78	16,27	34,76	17,92		16,40	34,81	15,35	34,54
6	18,00		17,44	34,72	15,71	34,77	16,40	34,82	16,11	34,77	15,88	34,74	16,72	34,68	16,33	34,81	14,93	34,68
8	16,17	34,71	16,50		15,51	34,77	16,11	34,81	15,64	34,74	15,13	34,70	15,72	34,80	16,05	34,82	14,62	34,65
10	15,35	34,79	15,75	34,77	15,36	34,78	15,45	34,80	14,98	34,73	14,65	34,68	14,94	34,82	15,92	34,81	14,13	34,56
15	15,23	34,85	15,40	34,82	14,04	34,73	14,28	34,83	14,32	34,79	13,99	34,71	13,89	34,84	15,37	34,83	13,46	34,61
20	14,10	34,71	15,18	34,83	13,29	34,77	14,17	34,86	14,01	34,78	13,81	34,72	13,71	34,87	14,89	34,82	13,52	34,69
25	13,73	34,66	14,68	34,81	13,28	34,80	14,04	34,86	13,76	34,80	13,68	34,71	13,69	34,86	14,38	34,82	13,60	34,77
30	13,55	34,69	14,28	34,82	13,31	34,81	13,91	34,86	13,63	34,81	13,47	34,73	13,56	34,87	13,92	34,82	13,52	34,77
35	13,44	34,78	13,83	34,83	13,29	34,80	13,72	34,85	13,54	34,82	13,32	34,75	13,50	34,88	13,83	34,84	13,44	34,76
40	13,43	34,83	13,71	34,84	13,18	34,82	13,58	34,85	13,43	34,84	13,24	34,77	13,46	34,88	13,69	34,84	13,39	34,78
45	13,30	34,86	13,59	34,85	13,14	34,83	13,41	34,87	13,40	34,85	13,17	34,77	13,45	34,89	13,60	34,85	13,31	34,74
50	13,19	34,84	13,40	34,87	13,07	34,81	13,39	34,88	13,35	34,85	13,08	34,78	13,45	34,88	13,54	34,85	13,31	34,79
prof	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
0	7,59	1,36	6,66	0,87	6,32	3,14	4,39	0,68	4,28	1,04	7,62	0,75		1,65	7,53	6,73		2,12
5	4,60	5,21	5,25	4,79	5,98	5,82	3,17	0,84	3,53	1,19	5,30	2,80	8,05	5,72	4,36	4,66	7,51	9,79
10	1,73	0,40	1,69	2,79	2,88	9,14	0,80	0,23	1,63	1,81	2,76	2,83	3,99	11,33	4,78	5,07	4,03	4,19
20	1,69	0,29	1,16	0,62	0,37	0,45			0,82	0,90			0,54	0,54	1,92	4,90	1,45	0,69
25							0,65	0,03			1,58	0,21						
30	0,57	0,08	0,74	0,26	0,21	0,20			0,63	0,49			0,30	0,16	0,37	0,24	0,62	0,15
50	0,16	0,01	0,52	0,11	0,16	0,06	0,83	0,05	0,36	0,09	0,62	0,05	0,37	0,12	0,37	0,05	0,35	0,06

localidad	Arica		Iquique		Mejillones		Arica		Iquique		Mejillones		Arica		Iquique		Mejillones	
mes	4-Feb-04		5-Feb-04		2-Feb-04		19-Mar-04		16-Mar-04		11-Mar-04		6-Abr-04		20-Abr-04		7-Abr-04	
prof	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali
0	19,19	34,79	17,31	34,84	21,07	34,58	18,32	34,78	16,05	34,85	18,04	34,84	18,31		16,18		17,71	34,73
2	19,14	34,73	17,06		20,82		18,14	34,78	16,01	34,85	18,01	34,84	17,75	34,58	16,15	34,80	16,05	34,73
4	17,43	34,66	15,59	34,86	16,26	34,47	17,46	34,78	15,63	34,85	17,81	34,85	16,62	34,54	16,07	34,83	14,65	34,69
5	16,77	34,60	15,51	34,82	15,49	34,58	17,09	34,78	15,35	34,85	17,47	34,85	16,86	34,67	16,04	34,83	14,49	34,73
6	16,01	34,82	15,38	34,83	15,20	34,67	16,74	34,77	14,94	34,85	17,05	34,85	15,65	34,82	15,95	34,84	14,39	34,72
8	15,50		15,14	34,85	14,84	34,65	16,00	34,78	14,46	34,86	15,97	34,84	15,58	34,75	15,84	34,84	14,25	34,75
10	15,09	34,83	15,00	34,85	14,55	34,62	15,30	34,79	14,28	34,86	15,08	34,82	14,82	34,80	15,52		14,13	34,71
15	14,67	34,87	14,65	34,86	13,44	34,57	14,15	34,85	14,16	34,87	14,39	34,81	14,20	34,83	15,11	34,84	13,90	34,75
20	14,44	34,87	14,29	34,88	13,32	34,65	13,79	34,90	14,11	34,87	14,29	34,82	13,93	34,90	14,61	34,82	13,81	34,76
25	14,39	34,86	13,97	34,87	13,40	34,76	13,71	34,93	14,06	34,87	14,20	34,80	13,86	34,91	14,15	34,86	13,56	34,76
30	14,28	34,86	13,91	34,87	13,55	34,81	13,67	34,94	13,88	34,87	13,92	34,80	13,80	34,93	14,06	34,88	13,51	34,79
35	14,10	34,87	13,89	34,88	13,48	34,82	13,65	34,94	13,81	34,88	13,77	34,82	13,78	34,94	13,92	34,88	13,43	34,80
40	13,96	34,87	13,88	34,87	13,48	34,84	13,65	34,94	13,76	34,89	13,65	34,83	13,74	34,93	13,74	34,89	13,31	34,82
45	13,87	34,87	13,86	34,88	13,45	34,83	13,65	34,94	13,75	34,89	13,50	34,84	13,71	34,94	13,70	34,89	13,33	34,83
50			13,82	34,88	13,40	34,85			13,72	34,89	13,34	34,83	13,67	34,93	13,59	34,90	13,24	34,85
prof	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
0		17,76	5,22	2,89		10,15	8,43	1,36	2,78	3,50	6,63	6,20	10,18	1,00	4,38	1,62	4,60	3,81
5	5,17	25,96	2,81	7,26	6,71	5,37	6,00	3,38	0,64	0,39	4,78	6,67	2,91	31,09	1,57	17,70	3,30	5,13
10	1,27	3,42	2,17	2,09	4,28	4,19	1,36	1,40	0,47	0,24	3,78	20,41	1,04	5,84	0,94	7,08	2,66	0,53
20	0,52	0,37	0,58	0,34	1,87	1,26			0,41	0,15			0,37	0,31	0,83	0,22	0,47	0,21
25							0,57	0,10			1,82	3,24						
30	0,63	0,17	0,44	0,15	0,52	0,43			0,42	0,12			0,31	0,19	0,80	0,12	0,42	0,16
50		0,17	0,36	0,08	0,20	0,06			0,32	0,12	1,42	0,56	0,36	0,21	0,26	0,06	0,32	0,08

Continuación Tabla 52

localidad	Arica		Iquique		Mejillones	
mes	5-May-04		3-May-04		6-May-04	
prof	tem	Sali	tem	Sali	tem	Sali
0	16,28	34,86	16,15		16,75	34,69
2	16,15	34,84	16,08	34,74	16,76	34,71
4	16,11	34,86	15,81	34,80	16,34	34,63
5	16,09	34,88	15,81	34,79	15,98	34,60
6	16,07	34,84	15,77	34,83	14,83	34,64
8	15,73	34,83	15,28	34,81	14,62	34,66
10	14,98		15,08	34,84	14,25	34,73
15	14,47	34,89	14,60	34,86	14,03	34,73
20	14,39	34,89	14,43	34,86	13,70	34,76
25	14,37	34,88	14,38	34,87	13,63	34,75
30	14,28	34,89	14,15	34,88	13,53	34,77
35	14,21	34,89	13,77	34,88	13,48	34,79
40	14,11	34,89	13,76	34,89	13,44	34,84
45	14,00	34,87	13,71	34,89	13,42	34,82
50			13,67	34,90	13,48	34,86
prof	oxi	cloa	oxi	cloa	oxi	cloa
0	3,86	2,60	5,43	13,87	7,20	3,20
5	1,84	3,77	1,62	7,32	3,39	7,55
10	1,01	3,93	1,15	5,02	1,51	3,13
20	0,54	1,07	1,01	1,69	0,69	0,74
30	0,37	0,22	0,32	0,20	0,54	0,22
50	0,37		0,49	0,29	0,37	0,15

Tabla 53

Valores de la biomasa zooplanctónica en las estaciones costeras de Arica, Iquique y mejillones entre mayo de 2001 y mayo de 2004

BIOMASA	ARICA		IQUIQUE		MEJILLONES		PROMEDIO
May-01	322		451		363		379
Junio	320		304		211		278
Julio	158		77		16		83
Agosto					44		44
Septiembre	128		442		187		252
Octubre	278		219		83		193
Noviembre	148		166				157
Diciembre	159		105		780		348
Ene-02	356		44		24		141
Febrero	187		715		91		331
Marzo	166		173		78		139
Abril	161		167		184		171
Mayo	123		280		134		179
Junio	108		239		142		163
Julio	75		334		100		170
Agosto	263		350		145		253
Septiembre	148		308		524		327
Octubre	90				107		66
Noviembre	164		243		299		235
Diciembre	115		391		202		236
Ene-03	360	(11/01/03)	141	(13/01/03)	110	(09/01/03)	204
Febrero	421	(01/02/03)	350	(01/02/03)	102	(05/02/03)	291
Marzo	978	(17/03/03)	466	(15/03/03)	209	(11/03/03)	551
Abril	397	(01/04/03)	150	(02/04/03)	128	(03/04/03)	225
Mayo	269	(16/05/03)	447	(16/05/03)	187	(21/05/03)	301
Junio	162	(11/06/03)	309	(09/06/03)	171	(06/06/03)	214
Julio	110	(08/07/03)	158	(09/07/03)	65	(07/07/03)	111
Agosto	155	(09/08/03)	183	(08/08/03)	67	(07/08/03)	135
Septiembre	774	(23/09/03)	477	(14/09/03)	351	(02/09/03)	534
Octubre	491	(07/10/03)	366	(09/10/03)	185	(04/10/03)	347
Noviembre	118	(04/11/03)	230	(12/11/03)	347	(08/11/03)	232
Diciembre	282	(19/12/03)	67	(17/12/03)	174	(11/12/03)	174
Ene-04	16	(11/01/04)	54	(14/01/04)	101	(09/01/04)	57
Febrero	25	(04/02/04)	59	(05/02/04)	42	(02/02/04)	42
Marzo	54	(11/03/04)	96	(16/03/04)	111	(19/03/04)	87
Abril	21	(6/04/04)	64	(20/04/04)	38	(7/04/04)	41
Mayo	78	(5/05/04)	116	(3/05/04)	204	(6/05/04)	133

( ): Fecha Muestreo

Tabla 54

Síntesis por crucero del número de estaciones totales, número de estaciones sin y con presencia de huevos y larvas de anchoveta y densidad media de las estaciones positivas, Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004

	Crucero				Promedio
	May-03	Sep-03	Dic-03	Mar-04	
Estaciones	50	53	53	51	52
Estac. sin huevos	42	30	42	31	36
Estac. con huevos	8	23	11	20	16
Densidad media de huevos / 10 m^2	10188,4	24634,9	10129,0	3796,3	13475
Estac. sin larvas	38	11	32	26	27
Estac. con larvas	12	42	21	25	25
Densidad media de larvas / 10 m^2	1406,3	4164,8	517,9	674,9	2195

Tabla 55

Resumen de estadísticas descriptivas por crucero para las variables longitud, latitud, temperatura superficial, salinidad superficial y densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004

		Crucero				
		May-03	Sep-03	Dic-03	Mar-04	Total
Longitud (° W)	Minimum	70,14	70,11	70,15	70,15	70,11
	Maximum	72,24	72,22	72,21	72,21	72,24
	Range	2,10	2,11	2,06	2,07	2,13
	Mean	70,99	70,85	70,94	70,96	70,93
	Median	70,67	70,60	70,63	70,67	70,63
	Std. Deviation	0,70	0,60	0,69	0,70	0,67
Latitud (° S)	Minimum	18,42	18,42	18,42	18,42	18,42
	Maximum	23,67	23,67	23,67	23,67	23,67
	Range	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25
	Mean	21,16	21,01	21,10	20,98	21,06
	Median	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
	Std. Deviation	1,81	1,83	1,82	1,83	1,81
Temperatura superficial (° C)	Minimum	14,42	14,05	15,80	15,76	14,05
	Maximum	21,05	18,03	23,61	24,24	24,24
	Range	6,63	3,98	7,81	8,48	10,20
	Mean	17,93	16,13	19,86	20,08	18,49
	Median	18,22	16,17	19,77	19,81	18,08
	Std. Deviation	1,89	1,00	2,30	2,63	2,59
Salinidad superficial (psu)	Minimum	34,54	34,68	34,66	34,68	34,54
	Maximum	35,31	35,13	35,39	35,48	35,48
	Range	0,77	0,45	0,73	0,80	0,94
	Mean	34,89	34,87	34,96	34,94	34,91
	Median	34,85	34,85	34,90	34,90	34,88
	Std. Deviation	0,21	0,12	0,20	0,16	0,18
Densidad de huevos/10 m2	Minimum	34	30	89	33	30
	Maximum	58506	193919	52806	46620	193919
	Range	58472	193889	52717	46587	193889
	Mean	10188	24635	10129	3796	13475
	Median	3469	2270	1828	196	933
	Std. Deviation	19814	51413	16441	10833	34064
Densidad de larvas/10 m2	Minimum	36	37	32	33	32
	Maximum	6801	62954	2397	5135	62954
	Range	6765	62917	2365	5102	62922
	Mean	1406	4165	518	675	2195
	Median	640	633,5	208	301	374
	Std. Deviation	2085	11039	731	1101	7366

Tabla 56

Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM binomial para la variable presencia/ausencia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004

Modelo binomial presencia/ausencia de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Cruceros	3			
s(Lat)	1	1,9	6,86	0,002
s(Lon)	1	1,8	4,91	0,010
s(TSM)	1	1,9	1,23	0,294
s(Sal)	1	1,9	5,84	0,004

Devianza modelo nulo	43,43 sobre 206 grados de libertad
Devianza residual	22,96 sobre 191.48 grados de libertad
Parámetro de dispersión	0,1199
Pseudo R2	0,471

Modelo binomial presencia/ausencia de larvas

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Cruceros	3			
s(Lat)	1	1,9	1,63	0,200
s(Lon)	1	2,0	3,41	0,035
s(TSM)	1	2,0	3,64	0,028
s(Sal)	1	1,9	10,96	0,000

Devianza modelo nulo	51,69 sobre 206 grados de libertad
Devianza residual	26,15 sobre 191,25 grados de libertad
Parámetro de dispersión	0,1367
Pseudo R2	0,494

Tabla 57
Análisis de devianza para los efectos no-paramétricos y resumen de los ajustes de los modelos GAM normal para la variable logaritmo de la densidad de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros realizados en la I y II Región en mayo, septiembre y diciembre de 2003 y marzo de 2004

Densidad de huevos

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Cruceros	3			
s(Lat)	1	2,0	4,95	0,012
s(Lon)	1	2,0	8,64	0,001
s(TSM)	1	2,0	1,96	0,154
s(Sal)	1	1,9	3,72	0,033

Devianza modelo nulo	374,74 sobre 61 grados de libertad
Devianza residual	163,17 sobre 46,16 grados de libertad
Parámetro de dispersión	2,728
Pseudo R2	0,565

Densidad de larvas

Predictores	Df	Df Npar	F	Pr(F)
Intercepto	1			
Cruceros	3			
s(Lat)	1	2,0	8,01	0,001
s(Lon)	1	1,9	5,55	0,006
s(TSM)	1	1,9	0,18	0,831
s(Sal)	1	2,0	1,38	0,257

Devianza modelo nulo	267,74 sobre 99 grados de libertad
Devianza residual	154,6 sobre 84,17 grados de libertad
Parámetro de dispersión	1,514
Pseudo R2	0,423

Tabla 58

Tendencia decadal en la zona norte de Chile y algunos índices externos a la región. El año límite de cada período es aproximado y podría ser más o menos un par de años. El símbolo + o – indica el signo de la tendencia durante este período

	< 76	76 - 98	> 98
Coastal wind	-	+	-
Coastal lasker		-	+
Geostropic wind 18°S		+ | -	+
Geostropic wind 21°S		+	-
SST coastal	-	+	-
SL coastal	-	+	-
SST Nino 1+2	-	+	-
SST Nino 3.4	-	+	-
SOI	+	-	+
PDO	-	+	-
QBO	-	+	-
AP Eastern	+	-	+
AP Antofagasta	-	+	-
HCI	+	-	+
Anchovy	+	- | +	+
Sardine	-	+ | -	-

Tabla 59

Correlación entre las series de tiempo ambientales y el desembarque de anchoveta y de sardina en la zona norte. (a) En fase, (b) fase de la máxima correlación (en años)

	Anchoveta		Sardina	
	(a)	(b)	(a)	(b)
SST	-	+4	+	+2
SL	-	+8	+	+2
UI 1	+	-2	-	+5
UI 2	-	+7	+	-5
Lasker	+	-3	-	+4
SOI	+	+3	-	+2
SLP	+	+4	-	-2
ICH	-	-1	+	+10
OLR	-	-3	+	-2

UI 1 : Índice de surgencia en Arica

UI 2 : Índice de surgencia en Iquique y Antofagasta

Tabla 60

Promedios estacionales del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la AST en años normales. Se entrega la desviación estándar (DS) y el número de datos (N) con que se calculó el valor de PAO

VERANO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	16,3	4,5	11	15,3	4,6	8	15,2	5,8	7
	centro	19,6	3,1	10	18,0	5,0	9	18,3	4,3	7
	oeste	21,5	3,0	10	20,0	4,5	9	21,7	4,5	7
	total	19,6	2,8	10	17,8	4,6	8	18,8	3,9	7
20	este	10,2	2,4	11	10,9	3,3	8	11,1	4,9	7
	centro	14,5	1,3	10	14,4	4,5	9	14,2	4,0	7
	oeste	16,6	2,7	10	16,2	4,5	9	17,3	4,3	7
	total	14,4	1,4	10	13,8	4,0	8	14,7	3,8	7
30	este	7,3	1,8	11	8,6	2,6	8	8,8	4,5	7
	centro	11,9	1,6	10	11,5	3,5	9	11,0	3,6	7
	oeste	13,5	2,7	10	13,5	4,0	9	14,3	3,9	7
	total	11,6	1,5	10	11,2	3,2	8	11,7	3,5	7
40	este	5,3	2,0	11	6,4	2,3	8	6,4	4,3	7
	centro	9,6	2,1	10	9,5	2,9	9	8,6	3,2	7
	oeste	11,4	2,8	10	11,4	3,6	9	11,9	3,7	7
	total	9,5	1,7	10	9,1	2,6	8	9,4	3,2	7
50	este	3,6	2,3	11	4,1	2,0	8	4,7	3,9	7
	centro	7,9	2,3	10	7,7	2,4	9	6,4	2,7	7
	oeste	9,6	2,8	10	9,3	3,0	9	9,6	3,3	7
	total	7,7	2,0	10	7,4	2,2	8	7,2	2,8	7
60	este	2,0	2,0	11	1,8	2,2	8	2,8	3,5	7
	centro	5,9	2,6	10	5,5	2,4	9	3,7	1,9	7
	oeste	8,1	2,9	10	7,4	2,8	9	6,1	3,5	7
	total	6,1	2,2	10	5,4	2,3	8	4,4	2,2	7
70	este	0,8	1,4	11	0,7	1,4	8	0,9	1,3	7
	centro	3,7	2,9	10	2,7	2,4	9	0,6	1,4	7
	oeste	6,3	2,9	10	5,0	2,8	9	2,5	2,7	7
	total	4,2	2,2	10	3,0	2,1	8	1,4	1,6	7
80	este	0,1	0,4	11	0,3	0,9	8	0,0	0,0	7
	centro	1,7	2,5	10	0,8	1,5	9	0,0	0,0	7
	oeste	3,8	3,2	10	2,6	2,7	9	0,0	0,0	7
	total	2,2	2,1	10	1,3	1,7	8	0,0	0,0	7
90	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	8	0,0	0,0	7
	centro	0,7	1,5	10	0,3	0,9	9	0,0	0,0	7
	oeste	0,8	1,4	10	0,4	0,9	9	0,0	0,0	7
	total	0,6	1,0	10	0,3	0,7	8	0,0	0,0	7

OTOÑO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	17,5	2,5	11	13,7	2,5	10	14,8	5,2	12
	centro	19,9	3,2	11	17,8	4,0	10	19,1	4,5	12
	oeste	21,3	2,7	11	19,5	3,6	10	23,2	6,1	12
	total	19,9	2,5	11	17,5	2,9	10	19,7	4,2	12
20	este	10,7	2,2	11	9,5	1,8	10	10,6	5,3	12
	centro	14,6	3,6	11	13,5	4,0	10	14,5	3,7	12
	oeste	16,6	2,8	11	15,8	3,4	10	19,3	5,5	12
	total	14,4	2,7	11	13,5	2,8	10	15,5	3,7	12
30	este	7,7	2,0	11	6,6	1,2	10	7,9	5,1	12
	centro	11,6	3,6	11	11,3	3,9	10	11,2	3,8	12
	oeste	13,8	2,8	11	13,2	3,3	10	16,3	4,7	12
	total	11,6	2,7	11	11,1	2,6	10	12,5	3,3	12
40	este	5,5	2,3	11	4,2	1,2	10	5,4	4,8	12
	centro	9,5	3,6	11	9,3	3,7	10	8,5	3,9	12
	oeste	11,7	2,7	11	11,4	3,2	10	13,6	4,2	12
	total	9,5	2,5	11	9,1	2,6	10	9,8	3,1	12
50	este	3,4	2,6	11	1,8	1,5	10	3,3	4,0	12
	centro	7,5	3,8	11	7,1	4,2	10	5,7	4,1	12
	oeste	9,8	2,5	11	9,5	3,6	10	9,8	5,3	12
	total	7,6	2,6	11	7,0	2,7	10	6,7	3,3	12
60	este	1,8	2,4	11	0,5	0,9	10	1,4	2,6	12
	centro	5,3	4,2	11	5,0	3,9	10	2,1	3,3	12
	oeste	7,6	3,2	11	7,2	4,4	10	5,0	5,8	12
	total	5,6	3,2	11	5,0	2,8	10	3,1	3,2	12
70	este	0,7	1,4	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	centro	3,4	4,1	11	2,7	3,1	10	0,4	1,4	12
	oeste	5,1	3,8	11	4,2	4,7	10	2,4	4,5	12
	total	3,6	3,2	11	2,8	2,8	10	1,1	2,1	12
80	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	centro	0,9	2,5	11	0,8	2,0	10	0,2	0,8	12
	oeste	1,9	2,9	11	0,6	1,3	10	1,0	2,6	12
	total	1,1	2,0	11	0,6	1,4	10	0,5	1,4	12
90	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	centro	0,5	1,7	11	0,5	1,5	10	0,0	0,0	12
	oeste	0,8	1,8	11	0,2	0,6	10	0,0	0,0	12
	total	0,5	1,4	11	0,3	0,8	10	0,0	0,0	12

INVIERNO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	19,7	6,5	13	19,9	5,5	13	16,3	6,7	13
	centro	24,2	5,4	13	22,7	4,1	13	23,9	5,0	13
	oeste	25,1	5,3	12	24,4	4,5	13	29,1	5,0	12
	total	23,4	4,7	12	22,6	3,6	13	24,6	4,7	12
20	este	12,2	3,3	13	14,2	4,2	13	10,8	6,8	13
	centro	17,1	3,4	13	18,2	3,9	13	19,9	5,4	13
	oeste	18,6	3,9	12	20,1	4,1	13	25,8	5,1	12
	total	16,3	2,6	12	18,0	3,3	13	20,6	5,0	12
30	este	9,0	3,4	13	11,3	3,8	13	7,0	5,6	13
	centro	13,9	3,2	13	15,5	3,5	13	15,8	6,3	13
	oeste	15,5	3,6	12	17,6	3,8	13	22,8	5,0	12
	total	13,2	2,3	12	15,3	3,0	13	17,0	5,2	12
40	este	6,6	2,7	13	8,5	3,9	13	3,9	3,9	13
	centro	11,7	3,4	13	12,7	3,1	13	9,4	8,2	13
	oeste	13,1	3,8	12	14,7	3,7	13	16,4	8,1	12
	total	10,8	2,4	12	12,6	2,8	13	11,3	6,8	12
50	este	3,9	3,2	13	4,7	3,9	13	0,5	1,3	13
	centro	8,9	4,2	13	6,7	4,4	13	2,1	5,0	13
	oeste	9,7	5,1	12	6,7	5,6	13	3,8	7,3	12
	total	7,8	3,4	12	6,3	4,2	13	2,5	5,0	12
60	este	1,3	2,2	13	1,4	2,8	13	0,0	0,0	13
	centro	4,6	5,2	13	1,7	3,8	13	0,0	0,0	13
	oeste	4,6	6,2	12	1,1	3,3	13	0,0	0,0	12
	total	3,5	4,1	12	1,4	3,3	13	0,0	0,0	12
70	este	0,1	0,4	13	0,2	0,7	13	0,0	0,0	13
	centro	2,3	3,7	13	0,3	1,0	13	0,0	0,0	13
	oeste	2,2	5,1	12	0,0	0,0	13	0,0	0,0	12
	total	1,7	3,3	12	0,1	0,5	13	0,0	0,0	12
80	este	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13
	centro	1,0	2,6	13	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13
	oeste	1,2	4,3	12	0,0	0,0	13	0,0	0,0	12
	total	0,8	2,8	12	0,0	0,0	13	0,0	0,0	12
90	este	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13
	centro	0,6	2,0	13	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13
	oeste	1,1	3,9	12	0,0	0,0	13	0,0	0,0	12
	total	0,7	2,4	12	0,0	0,0	13	0,0	0,0	12

PRIMAVERA		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	15,0	5,5	14	14,0	3,4	12	16,2	5,5	12
	centro	18,9	5,7	14	19,0	4,1	12	21,2	4,5	12
	oeste	21,9	4,4	14	22,1	5,0	12	26,2	3,2	12
	total	19,2	4,9	14	19,1	4,0	12	21,9	2,6	12
20	este	10,9	4,9	14	10,4	3,0	12	12,1	5,0	12
	centro	14,3	4,8	14	15,1	4,0	12	16,4	4,1	12
	oeste	17,3	3,9	14	18,1	4,7	12	21,3	3,0	12
	total	14,7	4,2	14	15,3	3,9	12	17,3	2,2	12
30	este	8,6	4,8	14	8,0	2,9	12	8,9	4,7	12
	centro	11,9	4,3	14	12,5	3,6	12	12,7	3,8	12
	oeste	14,6	4,0	14	15,0	4,0	12	16,5	2,1	12
	total	12,2	3,9	14	12,5	3,4	12	13,3	2,4	12
40	este	7,1	4,4	14	6,3	2,9	12	5,7	4,2	12
	centro	10,0	4,1	14	10,0	3,2	12	9,2	3,5	12
	oeste	12,3	3,8	14	11,9	2,7	12	12,3	2,5	12
	total	10,3	3,7	14	9,9	2,5	12	9,7	2,7	12
50	este	5,3	4,3	14	4,1	2,3	12	3,0	3,4	12
	centro	8,0	3,7	14	7,6	2,8	12	5,1	3,8	12
	oeste	10,5	3,6	14	8,9	1,7	12	6,9	4,8	12
	total	8,4	3,4	14	7,4	2,0	12	5,3	3,6	12
60	este	3,5	3,7	14	2,0	2,1	12	1,0	2,7	12
	centro	5,8	3,3	14	4,8	2,6	12	1,6	2,4	12
	oeste	8,6	3,5	14	5,6	3,0	12	3,4	3,7	12
	total	6,3	2,9	14	4,5	2,2	12	2,1	2,5	12
70	este	2,1	3,4	14	0,7	1,3	12	0,0	0,0	12
	centro	3,6	3,6	14	2,4	2,2	12	0,0	0,0	12
	oeste	5,8	3,1	14	3,5	2,4	12	0,1	0,4	12
	total	4,1	3,0	14	2,5	1,7	12	0,0	0,1	12
80	este	1,0	2,5	14	0,2	0,8	12	0,0	0,0	12
	centro	2,1	3,3	14	1,0	1,7	12	0,0	0,0	12
	oeste	2,8	3,2	14	1,5	2,3	12	0,0	0,0	12
	total	2,2	2,9	14	1,1	1,6	12	0,0	0,0	12
90	este	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
	centro	1,1	2,1	14	0,2	0,6	12	0,0	0,0	12
	oeste	1,3	2,6	14	0,3	0,9	12	0,0	0,0	12
	total	0,9	1,7	14	0,2	0,6	12	0,0	0,0	12

Tabla 61

Promedios estacionales del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la ASAA en años normales. Se entrega la desviación estándar (DS) y el número de datos (N) con que se calculó el valor de PAO

VERANO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	33,1	12,8	11	40,1	9,3	8	48,7	17,1	7
	centro	34,7	10,0	10	39,4	11,0	9	51,5	15,5	7
	oeste	37,8	11,4	10	43,0	10,3	9	55,6	15,4	7
	total	35,3	9,5	10	39,4	9,3	8	52,0	14,8	7
20	este	12,8	6,0	11	19,4	7,0	8	31,4	17,6	7
	centro	13,1	7,3	10	22,8	8,5	9	31,7	11,6	7
	oeste	11,3	10,4	10	23,3	7,7	9	37,2	10,7	7
	total	12,3	7,6	10	21,7	7,7	8	33,4	11,6	7
30	este	1,9	2,0	11	12,0	6,4	8	21,6	12,9	7
	centro	2,6	4,1	10	13,2	8,9	9	23,3	9,5	7
	oeste	1,3	2,9	10	12,7	8,3	9	26,6	7,6	7
	total	2,0	2,9	10	12,7	8,2	8	24,0	8,2	7
40	este	0,1	0,4	11	4,4	5,5	8	12,4	8,1	7
	centro	0,1	0,2	10	3,2	4,8	9	12,9	9,1	7
	oeste	0,0	0,0	10	2,8	5,4	9	13,8	9,4	7
	total	0,1	0,1	10	3,5	5,1	8	13,0	7,8	7
50	este	0,0	0,0	11	1,0	2,8	8	2,4	2,8	7
	centro	0,0	0,0	10	0,3	0,9	9	2,8	3,8	7
	oeste	0,0	0,0	10	0,1	0,2	9	5,2	7,5	7
	total	0,0	0,0	10	0,4	1,0	8	3,6	4,8	7
60	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	8	0,0	0,0	7
	centro	0,0	0,0	10	0,0	0,0	9	0,0	0,0	7
	oeste	0,0	0,0	10	0,0	0,0	9	1,2	3,3	7
	total	0,0	0,0	10	0,0	0,0	8	0,5	1,2	7
70	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	8	0,0	0,0	7
	centro	0,0	0,0	10	0,0	0,0	9	0,0	0,0	7
	oeste	0,0	0,0	10	0,0	0,0	9	0,0	0,0	7
	total	0,0	0,0	10	0,0	0,0	8	0,0	0,0	7
80	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	8	0,0	0,0	7
	centro	0,0	0,0	10	0,0	0,0	9	0,0	0,0	7
	oeste	0,0	0,0	10	0,0	0,0	9	0,0	0,0	7
	total	0,0	0,0	10	0,0	0,0	8	0,0	0,0	7
90	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	8	0,0	0,0	7
	centro	0,0	0,0	10	0,0	0,0	9	0,0	0,0	7
	oeste	0,0	0,0	10	0,0	0,0	9	0,0	0,0	7
	total	0,0	0,0	10	0,0	0,0	8	0,0	0,0	7

OTOÑO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	27,2	9,5	11	31,7	11,4	10	54,1	14,2	12
	centro	33,3	9,3	11	36,8	13,4	10	52,5	10,5	12
	oeste	36,8	9,0	11	38,9	9,4	10	56,2	14,7	12
	total	33,2	8,2	11	36,3	10,8	10	53,6	10,9	12
20	este	13,3	6,8	11	15,5	6,3	10	29,6	9,7	12
	centro	16,1	7,3	11	18,5	11,1	10	33,3	7,7	12
	oeste	17,7	7,8	11	19,7	8,5	10	36,2	8,6	12
	total	16,1	6,7	11	18,2	8,5	10	33,4	7,3	12
30	este	3,8	4,2	11	5,9	6,3	10	19,9	8,4	12
	centro	5,5	5,4	11	7,4	7,6	10	23,3	7,0	12
	oeste	7,8	7,5	11	10,1	6,5	10	24,7	7,1	12
	total	6,0	5,2	11	8,2	5,6	10	23,0	5,6	12
40	este	0,5	1,6	11	0,9	1,7	10	11,6	8,8	12
	centro	0,6	1,9	11	1,4	2,5	10	14,2	7,3	12
	oeste	1,5	3,5	11	3,4	4,1	10	13,9	8,0	12
	total	0,9	1,7	11	2,1	2,0	10	13,6	6,3	12
50	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	4,9	7,9	12
	centro	0,1	0,2	11	0,1	0,3	10	4,6	4,9	12
	oeste	0,0	0,0	11	0,2	0,6	10	3,8	4,5	12
	total	0,0	0,1	11	0,1	0,3	10	4,3	4,1	12
60	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,3	0,8	12
	centro	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,2	0,6	12
	oeste	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,2	0,6	12
	total	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,2	0,4	12
70	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	centro	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	oeste	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	total	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
80	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	centro	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	oeste	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	total	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
90	este	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	centro	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	oeste	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12
	total	0,0	0,0	11	0,0	0,0	10	0,0	0,0	12

INVIERNO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	30,0	13,9	13	52,9	19,8	13	54,9	12,3	13
	centro	30,4	12,3	13	53,1	18,6	13	61,8	11,7	13
	oeste	34,9	15,1	12	54,2	18,5	13	68,1	12,5	12
	total	31,3	12,4	12	53,0	17,6	13	62,2	11,6	12
20	este	8,7	6,9	13	23,0	15,0	13	29,7	10,5	13
	centro	9,3	6,8	13	23,7	11,4	13	37,9	8,7	13
	oeste	8,6	7,4	12	24,2	11,3	13	44,1	10,2	12
	total	8,7	6,1	12	23,5	10,2	13	38,5	8,6	12
30	este	0,8	2,1	13	10,0	11,0	13	18,9	10,6	13
	centro	0,5	1,1	13	8,9	8,5	13	27,6	11,8	13
	oeste	0,6	1,4	12	8,7	10,8	13	34,4	11,9	12
	total	0,5	1,0	12	9,0	7,9	13	28,4	11,0	12
40	este	0,0	0,0	13	1,9	2,7	13	7,2	7,4	13
	centro	0,0	0,0	13	2,0	2,7	13	12,7	11,2	13
	oeste	0,0	0,0	12	2,1	4,8	13	15,2	8,8	12
	total	0,0	0,0	12	2,0	3,2	13	12,3	9,0	12
50	este	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13	0,5	1,1	13
	centro	0,0	0,0	13	0,0	0,2	13	3,0	3,4	13
	oeste	0,0	0,0	12	0,5	1,9	13	3,1	4,4	12
	total	0,0	0,0	12	0,2	0,7	13	2,5	2,9	12
60	este	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13
	centro	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13	0,1	0,2	13
	oeste	0,0	0,0	12	0,0	0,0	13	0,3	0,7	12
	total	0,0	0,0	12	0,0	0,0	13	0,1	0,3	12
70	este	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13
	centro	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13
	oeste	0,0	0,0	12	0,0	0,0	13	0,0	0,0	12
	total	0,0	0,0	12	0,0	0,0	13	0,0	0,0	12
80	este	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13
	centro	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13
	oeste	0,0	0,0	12	0,0	0,0	13	0,0	0,0	12
	total	0,0	0,0	12	0,0	0,0	13	0,0	0,0	12
90	este	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13
	centro	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13	0,0	0,0	13
	oeste	0,0	0,0	12	0,0	0,0	13	0,0	0,0	12
	total	0,0	0,0	12	0,0	0,0	13	0,0	0,0	12

PRIMAVERA		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	32,7	9,4	14	39,4	14,0	12	55,0	18,4	12
	centro	28,7	12,3	14	40,8	11,7	12	59,1	15,5	12
	oeste	33,6	12,0	14	46,1	11,7	12	69,5	16,0	12
	total	31,0	10,1	14	42,1	11,1	12	61,7	14,4	12
20	este	8,6	8,0	14	16,0	9,8	12	33,4	12,3	12
	centro	8,8	7,9	14	18,7	12,4	12	36,8	11,1	12
	oeste	9,7	9,6	14	22,7	12,7	12	45,1	10,3	12
	total	9,0	7,9	14	19,5	11,6	12	39,0	10,0	12
30	este	2,7	3,4	14	8,3	8,2	12	22,6	9,8	12
	centro	2,3	4,1	14	8,8	9,4	12	25,9	13,0	12
	oeste	1,8	3,2	14	9,3	10,8	12	33,0	14,1	12
	total	2,1	3,2	14	8,8	9,4	12	27,7	11,8	12
40	este	0,3	0,8	14	3,0	5,1	12	10,9	9,8	12
	centro	0,7	1,6	14	2,3	4,5	12	14,2	10,8	12
	oeste	0,0	0,2	14	3,1	5,1	12	15,7	15,0	12
	total	0,4	0,8	14	2,7	4,4	12	14,0	11,2	12
50	este	0,0	0,0	14	0,2	0,5	12	4,3	6,7	12
	centro	0,0	0,1	14	0,1	0,5	12	3,8	5,6	12
	oeste	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	6,3	10,3	12
	total	0,0	0,1	14	0,1	0,3	12	4,8	6,6	12
60	este	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,4	1,5	12
	centro	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,1	0,2	12
	oeste	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
	total	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,1	0,3	12
70	este	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
	centro	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
	oeste	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
	total	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
80	este	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
	centro	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
	oeste	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
	total	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
90	este	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
	centro	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
	oeste	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12
	total	0,0	0,0	14	0,0	0,0	12	0,0	0,0	12

Tabla 62

Promedios estacionales del Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por la AESS en años normales. Se entrega la desviación estándar (DS) y el número de datos (N) con que se calculó el valor de PAO

VERANO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	98,4	1,8	11	96,2	2,3	8	95,1	3,4	7
	centro	95,1	2,7	10	93,0	2,5	9	93,6	2,0	7
	oeste	93,0	3,6	10	92,0	2,2	9	91,3	2,5	7
	total	94,0	2,6	10	92,2	2,2	8	92,0	1,8	7
20	este	97,1	2,3	11	94,6	2,6	8	92,7	4,7	7
	centro	93,3	2,4	10	91,1	3,2	9	90,9	3,4	7
	oeste	91,7	3,6	10	89,6	3,1	9	87,5	3,3	7
	total	92,4	2,4	10	90,4	2,7	8	89,1	3,2	7
30	este	95,9	2,4	11	92,8	3,4	8	91,0	5,8	7
	centro	91,6	2,1	10	89,2	3,9	9	88,0	5,0	7
	oeste	90,0	3,5	10	87,6	4,0	9	82,9	6,5	7
	total	90,8	2,1	10	88,6	3,4	8	85,6	4,9	7
40	este	94,4	2,3	11	91,0	3,6	8	88,7	6,7	7
	centro	89,7	2,1	10	87,3	4,8	9	84,4	6,2	7
	oeste	88,5	3,4	10	85,2	4,8	9	79,1	8,2	7
	total	89,0	2,0	10	86,6	4,5	8	82,2	6,0	7
50	este	92,5	2,7	11	88,7	4,2	8	84,8	7,5	7
	centro	87,5	1,9	10	84,7	5,3	9	81,0	6,6	7
	oeste	86,3	3,6	10	82,3	5,9	9	75,1	8,5	7
	total	87,0	2,0	10	83,9	5,2	8	78,5	6,3	7
60	este	90,2	3,0	11	85,9	4,4	8	80,3	11,1	7
	centro	84,9	1,7	10	82,1	6,1	9	77,3	6,8	7
	oeste	83,5	3,7	10	79,4	6,7	9	71,1	9,1	7
	total	84,3	2,1	10	81,2	6,1	8	74,5	7,2	7
70	este	85,8	3,7	11	83,1	5,0	8	70,1	25,5	7
	centro	81,3	2,1	10	78,9	6,8	9	67,8	19,8	7
	oeste	79,0	4,8	10	75,4	7,7	9	61,2	16,1	7
	total	80,3	2,8	10	77,8	6,8	8	65,1	17,6	7
80	este	75,7	8,0	11	72,7	10,1	8	55,8	28,8	7
	centro	72,6	7,4	10	67,7	15,2	9	46,8	28,3	7
	oeste	69,3	11,0	10	61,4	19,7	9	37,4	31,3	7
	total	71,0	7,6	10	66,6	15,6	8	44,3	27,6	7
90	este	24,8	24,4	11	11,2	15,6	8	3,4	7,4	7
	centro	23,7	22,9	10	10,5	16,0	9	0,2	0,4	7
	oeste	17,0	18,8	10	9,5	10,9	9	2,0	4,9	7
	total	20,9	19,0	10	11,2	13,3	8	1,4	3,3	7

OTOÑO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	99,5	1,3	10	99,7	0,8	10	98,5	2,9	12
	centro	98,1	2,9	10	97,6	3,3	10	97,1	3,6	12
	oeste	96,3	4,2	10	97,7	3,9	10	94,1	7,7	12
	total	96,7	2,9	10	97,0	3,0	10	95,3	4,9	12
20	este	97,4	2,4	10	98,2	1,5	10	95,2	4,0	12
	centro	94,0	3,7	10	93,0	4,5	10	91,6	4,7	12
	oeste	91,6	4,3	10	92,6	3,9	10	87,4	8,0	12
	total	92,6	3,4	10	92,8	3,4	10	89,7	5,2	12
30	este	95,4	3,4	10	95,9	2,4	10	91,2	4,6	12
	centro	91,2	3,8	10	90,8	5,3	10	87,2	5,1	12
	oeste	88,6	3,2	10	88,0	4,5	10	81,9	6,2	12
	total	90,0	2,9	10	89,7	3,9	10	85,0	4,7	12
40	este	93,0	2,9	10	94,0	2,7	10	87,7	5,4	12
	centro	88,9	4,3	10	88,5	5,0	10	82,7	4,8	12
	oeste	86,5	3,1	10	85,3	4,4	10	78,1	6,0	12
	total	87,8	3,0	10	87,3	4,0	10	81,0	4,4	12
50	este	91,3	3,5	10	91,3	3,2	10	84,3	6,8	12
	centro	86,3	5,2	10	86,4	5,4	10	79,3	4,9	12
	oeste	84,0	3,1	10	82,7	4,8	10	74,6	6,0	12
	total	85,4	3,6	10	85,0	4,1	10	77,6	4,7	12
60	este	88,8	4,0	10	89,2	3,2	10	80,8	7,9	12
	centro	83,2	6,0	10	83,6	6,0	10	75,6	5,3	12
	oeste	81,1	3,4	10	79,6	5,1	10	70,4	6,4	12
	total	82,5	4,3	10	82,1	4,3	10	73,7	5,1	12
70	este	84,6	5,2	10	85,7	4,1	10	74,1	8,4	12
	centro	79,4	6,3	10	79,7	6,6	10	67,4	7,5	12
	oeste	77,3	4,1	10	75,6	6,5	10	61,0	10,7	12
	total	78,7	4,8	10	78,4	5,1	10	65,4	7,2	12
80	este	76,3	6,5	10	75,7	13,2	10	44,0	25,6	12
	centro	68,9	10,4	10	64,1	16,8	10	30,2	25,4	12
	oeste	65,2	14,9	10	59,3	18,5	10	22,8	22,4	12
	total	68,1	10,0	10	63,6	13,9	10	29,5	21,2	12
90	este	29,9	19,2	10	24,5	20,4	10	1,6	3,0	12
	centro	18,3	17,6	10	15,5	18,2	10	3,0	9,3	12
	oeste	12,1	13,6	10	6,8	9,3	10	2,5	8,6	12
	total	17,8	15,3	10	13,6	14,2	10	2,5	7,6	12

INVIERNO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	99,9	0,4	12	99,4	2,2	13	100,0	0,0	13
	centro	98,9	2,4	12	98,7	4,7	13	99,2	2,5	13
	oeste	98,8	4,1	12	98,6	5,2	13	99,3	2,5	12
	total	98,1	2,6	12	97,9	4,3	13	98,4	1,6	12
20	este	99,6	1,0	12	97,3	4,2	13	98,0	3,7	13
	centro	97,6	4,0	12	97,3	5,9	13	93,5	9,2	13
	oeste	96,9	4,9	12	97,3	6,2	13	90,4	11,1	12
	total	96,7	3,7	12	96,2	5,4	13	92,1	8,9	12
30	este	97,9	2,9	12	93,4	6,0	13	93,8	6,1	13
	centro	94,7	5,1	12	91,1	7,3	13	86,4	10,5	13
	oeste	94,2	6,4	12	92,1	8,4	13	80,5	11,7	12
	total	94,1	4,9	12	91,0	7,1	13	84,5	9,8	12
40	este	94,4	2,6	12	89,3	5,7	13	90,0	7,4	13
	centro	89,4	3,5	12	84,5	5,3	13	79,3	6,9	13
	oeste	87,6	4,8	12	83,5	7,6	13	71,9	6,4	12
	total	88,6	3,3	12	84,0	5,3	13	77,2	6,4	12
50	este	91,6	2,9	12	86,1	6,7	13	86,4	8,4	13
	centro	86,3	3,6	12	81,3	5,7	13	75,1	6,7	13
	oeste	84,2	4,8	12	79,3	5,9	13	67,9	6,6	12
	total	85,5	3,3	12	80,5	5,2	13	73,3	6,3	12
60	este	88,9	3,5	12	82,3	7,1	13	81,9	8,3	13
	centro	83,1	4,0	12	78,0	5,9	13	71,0	7,3	13
	oeste	81,0	5,0	12	76,0	6,0	13	63,0	7,7	12
	total	82,4	3,7	12	77,2	5,3	13	68,8	6,7	12
70	este	84,0	5,9	12	74,2	13,6	13	74,0	10,9	13
	centro	79,3	4,6	12	71,5	10,1	13	59,5	11,7	13
	oeste	76,8	5,6	12	69,6	8,9	13	45,0	22,4	12
	total	78,3	4,6	12	70,5	8,8	13	56,2	12,2	12
80	este	65,4	15,4	12	41,1	27,5	13	34,8	21,3	13
	centro	62,4	11,8	12	38,1	21,2	13	14,9	14,2	13
	oeste	56,4	15,7	12	35,6	20,9	13	10,5	13,4	12
	total	60,0	12,8	12	37,3	18,7	13	16,7	12,4	12
90	este	11,2	16,9	12	2,7	8,4	13	0,1	0,4	13
	centro	10,5	16,6	12	1,7	6,1	13	0,0	0,0	13
	oeste	6,7	11,2	12	0,9	3,3	13	0,0	0,0	12
	total	9,1	13,8	12	1,6	4,2	13	0,0	0,1	12

PRIMAVERA		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	sector	PAO	DS	N	PAO	DS	N	PAO	DS	N
10	este	98,9	1,5	14	97,6	2,4	12	96,5	3,7	12
	centro	96,3	2,7	14	96,3	3,3	12	95,0	4,3	12
	oeste	95,5	2,9	14	95,7	3,9	12	93,3	5,4	12
	total	95,4	2,3	14	95,3	3,3	12	93,7	4,3	12
20	este	97,3	2,6	14	96,5	2,8	12	94,4	4,4	12
	centro	94,6	2,8	14	94,5	3,4	12	92,1	4,6	12
	oeste	93,3	3,3	14	93,2	4,6	12	90,4	6,6	12
	total	93,5	2,7	14	93,3	3,5	12	90,9	4,8	12
30	este	95,9	2,9	14	94,6	2,8	12	92,0	5,3	12
	centro	93,1	3,2	14	91,8	3,7	12	88,0	5,7	12
	oeste	90,8	2,4	14	90,2	4,5	12	84,1	6,6	12
	total	91,8	2,4	14	90,7	3,6	12	86,3	5,2	12
40	este	94,0	2,8	14	92,8	3,3	12	88,3	5,3	12
	centro	91,4	2,9	14	88,8	4,6	12	83,2	5,5	12
	oeste	88,3	2,8	14	86,1	5,7	12	77,9	9,1	12
	total	89,7	2,2	14	87,5	4,5	12	81,2	5,3	12
50	este	91,8	3,5	14	90,6	4,1	12	84,4	6,1	12
	centro	88,6	3,0	14	85,1	5,5	12	78,3	5,3	12
	oeste	86,0	3,0	14	82,2	6,7	12	70,8	8,3	12
	total	87,3	2,7	14	84,0	5,3	12	75,6	4,6	12
60	este	89,4	4,3	14	87,7	4,6	12	78,5	6,2	12
	centro	86,2	3,6	14	81,8	5,9	12	71,3	10,6	12
	oeste	83,1	3,5	14	77,4	6,8	12	63,2	10,9	12
	total	84,7	3,1	14	80,3	5,8	12	68,7	8,5	12
70	este	86,2	5,2	14	84,1	5,7	12	65,9	22,5	12
	centro	82,5	4,9	14	77,5	6,9	12	57,6	20,5	12
	oeste	78,9	4,9	14	72,3	8,9	12	40,5	23,4	12
	total	80,9	4,6	14	75,8	7,0	12	52,0	18,9	12
80	este	73,0	12,0	14	65,9	17,2	12	31,1	25,8	12
	centro	67,5	13,8	14	52,2	21,7	12	18,9	16,3	12
	oeste	58,5	14,5	14	41,5	21,9	12	9,2	10,5	12
	total	64,4	12,0	14	50,0	20,0	12	17,1	12,8	12
90	este	9,8	21,2	14	5,9	12,5	12	1,0	3,4	12
	centro	8,7	15,2	14	4,1	8,3	12	0,0	0,2	12
	oeste	3,3	8,8	14	2,6	6,3	12	0,0	0,0	12
	total	6,7	13,1	14	3,8	8,0	12	0,2	0,6	12

Tabla 63

Resumen de los resultados estadísticos Kruskal-Wallis (95%) de la variación estacional de los PAO por la AST, ordenados por sector y transecta. Se entregan los PAO promedio estacionales y se indican con color los casos con diferencia estacional (dif est) significativa, la diferencia (DIF) encontrada, y los casos sin diferencia (SD) significativa

ESTE		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	16,3		SD	15,3			15,2		SD
	Otoño	17,5			13,7	OTO-INV	-6,2	14,8		
	Invierno	19,7			19,9	INV-PRIM	5,9	16,3		
	Primavera	15,0			14,0			16,2		
20	Verano	10,2		SD	10,9			11,1		SD
	Otoño	10,7			9,5	OTO-INV	-4,7	10,6		
	Invierno	12,2			14,2	INV-PRIM	3,8	10,8		
	Primavera	10,9			10,4			12,1		
30	Verano	7,3		SD	8,6			8,8		SD
	Otoño	7,7			6,6	OTO-INV	-4,7	7,9		
	Invierno	9,0			11,3	INV-PRIM	3,3	7,0		
	Primavera	8,6			8,0			8,9		
40	Verano	5,3		SD	6,4	VER-INV	-2,1	6,4		SD
	Otoño	5,5			4,2	OTO-INV	-4,3	5,4		
	Invierno	6,6			8,5			3,9		
	Primavera	7,1			6,3			5,7		
50	Verano	3,6		SD	4,1		SD	4,7	VER-INV	4,2
	Otoño	3,4			1,8			3,3	OTO-INV	2,8
	Invierno	3,9			4,7			0,5	INV-PRIM	-2,5
	Primavera	5,3			4,1			3,0		
60	Verano	2,0		SD	1,8		SD	2,8	VER-INV	2,8
	Otoño	1,8			0,5			1,4	OTO-INV	1,4
	Invierno	1,3			1,4			0,0		
	Primavera	3,5			2,0			1,0		
70	Verano	0,8		SD	0,7		SD	0,9	VER-INV	0,9
	Otoño	0,7			0,0			0,0		
	Invierno	0,1			0,2			0,0		
	Primavera	2,1			0,7			0,0	VER-PRIM	0,9
80	Verano	0,1		SD	0,3		SD	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	1,0			0,2			0,0		
90	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		

CENTRO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	19,6		SD	18,0		SD	18,3		SD
	Otoño	19,9			17,8			19,1		
	Invierno	24,2			22,7			23,9		
	Primavera	18,9			19,0			21,2		
20	Verano	14,5		SD	14,4		SD	14,2	VER-INV	-5,7
	Otoño	14,6			13,5			14,5	OTO-INV	-5,4
	Invierno	17,1			18,2			19,9		
	Primavera	14,3			15,1			16,4		
30	Verano	11,9		SD	11,5	VER-INV	-4,0	11,0		SD
	Otoño	11,6			11,3	OTO-INV	-4,2	11,2		
	Invierno	13,9			15,5			15,8		
	Primavera	11,9			12,5			12,7		
40	Verano	9,6		SD	9,5		SD	8,6		SD
	Otoño	9,5			9,3			8,5		
	Invierno	11,7			12,7			9,4		
	Primavera	10,0			10,0			9,2		
50	Verano	7,9		SD	7,7		SD	6,4	VER-INV	4,3
	Otoño	7,5			7,1			5,7	OTO-INV	3,6
	Invierno	8,9			6,7			2,1	INV-PRIM	-3,0
	Primavera	8,0			7,6			5,1		
60	Verano	5,9		SD	5,5	VER-INV	3,8	3,7	VER-INV	3,7
	Otoño	5,3			5,0	OTO-INV	3,3	2,1	OTO-INV	2,1
	Invierno	4,6			1,7	INV-PRIM	-3,1	0,0	INV-PRIM	-1,6
	Primavera	5,8			4,8			1,6	VER-PRIM	2,1
70	Verano	3,7		SD	2,7	VER-INV	2,4	0,6		SD
	Otoño	3,4			2,7	OTO-INV	2,4	0,4		
	Invierno	2,3			0,3	INV-PRIM	-2,1	0,0		
	Primavera	3,6			2,4			0,0		
80	Verano	1,7		SD	0,8		SD	0,0		SD
	Otoño	0,9			0,8			0,2		
	Invierno	1,0			0,0			0,0		
	Primavera	2,1			1,0			0,0		
90	Verano	0,7		SD	0,3		SD	0,0		0,0
	Otoño	0,5			0,5			0,0		
	Invierno	0,6			0,0			0,0		
	Primavera	1,1			0,2			0,0		

OESTE		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	21,5		SD	20,0		SD	21,7	VER-INV	-7,4
	Otoño	21,3			19,5			23,2	OTO-INV	-5,9
	Invierno	25,1			24,4			29,1		
	Primavera	21,9			22,1			26,2	VER-PRIM	-4,5
20	Verano	16,6		SD	16,2		SD	17,3	VER-INV	-8,5
	Otoño	16,6			15,8			19,3	OTO-INV	-6,5
	Invierno	18,6			20,1			25,8	INV-PRIM	4,5
	Primavera	17,3			18,1			21,3	VER-PRIM	-4,0
30	Verano	13,5		SD	13,5	VER-INV	-4,1	14,3	VER-INV	-8,5
	Otoño	13,8			13,2	OTO-INV	-4,4	16,3	OTO-INV	-6,5
	Invierno	15,5			17,6			22,8	INV-PRIM	6,3
	Primavera	14,6			15,0			16,5		
40	Verano	11,4		SD	11,4		SD	11,9		SD
	Otoño	11,7			11,4			13,6		
	Invierno	13,1			14,7			16,4		
	Primavera	12,3			11,9			12,3		
50	Verano	9,6		SD	9,3		SD	9,6	VER-INV	5,8
	Otoño	9,8			9,5			9,8	OTO-INV	6,0
	Invierno	9,7			6,7			3,8	INV-PRIM	-3,1
	Primavera	10,5			8,9			6,9		
60	Verano	8,1		SD	7,4	VER-INV	6,3	6,1	VER-INV	6,1
	Otoño	7,6			7,2	OTO-INV	6,1	5,0	OTO-INV	5,0
	Invierno	4,6			1,1	INV-PRIM	-4,5	0,0	INV-PRIM	-3,4
	Primavera	8,6			5,6			3,4		
70	Verano	6,3	VER-INV	4,1	5,0	VER-INV	5,0	2,5	VER-INV	2,5
	Otoño	5,1	OTO-INV	2,9	4,2	OTO-INV	4,2	2,4		
	Invierno	2,2	INV-PRIM	-3,6	0,0	INV-PRIM	-3,5	0,0		
	Primavera	5,8			3,5			0,1	VER-PRIM	2,4
80	Verano	3,8	VER-INV	2,6	2,6	VER-INV	2,6	0,0		SD
	Otoño	1,9			0,6			1,0		
	Invierno	1,2	INV-PRIM	-1,6	0,0	INV-PRIM	-1,5	0,0		
	Primavera	2,8			1,5			0,0		
90	Verano	0,8		SD	0,4		SD	0,0		0,0
	Otoño	0,8			0,2			0,0		
	Invierno	1,1			0,0			0,0		
	Primavera	1,3			0,3			0,0		

TOTAL		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	19,6		SD	17,8	VER-INV	-4,8	18,8	VER-INV	-5,8
	Otoño	19,9			17,5	OTO-INV	-5,1	19,7	OTO-INV	-4,9
	Invierno	23,4			22,6			24,6		
	Primavera	19,2			19,1			21,9	VER-PRIM	-3,1
20	Verano	14,4		SD	13,8	VER-INV	-4,2	14,7	VER-INV	-5,9
	Otoño	14,4			13,5	OTO-INV	-4,5	15,5	OTO-INV	-5,1
	Invierno	16,3			18,0			20,6		
	Primavera	14,7			15,3			17,3	VER-PRIM	-2,6
30	Verano	11,6		SD	11,2	VER-INV	-4,1	11,7	VER-INV	-5,3
	Otoño	11,6			11,1	OTO-INV	-4,2	12,5	OTO-INV	-4,5
	Invierno	13,2			15,3			17,0		
	Primavera	12,2			12,5			13,3		
40	Verano	9,5		SD	9,1	VER-INV	-3,5	9,4		SD
	Otoño	9,5			9,1	OTO-INV	-3,5	9,8		
	Invierno	10,8			12,6	INV-PRIM	2,7	11,3		
	Primavera	10,3			9,9			9,7		
50	Verano	7,7		SD	7,4		SD	7,2	VER-INV	4,7
	Otoño	7,6			7,0			6,7	OTO-INV	4,2
	Invierno	7,8			6,3			2,5		
	Primavera	8,4			7,4			5,3		
60	Verano	6,1		SD	5,4	VER-INV	4,0	4,4	VER-INV	4,4
	Otoño	5,6			5,0	OTO-INV	3,6	3,1	OTO-INV	3,1
	Invierno	3,5			1,4	INV-PRIM	-3,1	0,0		
	Primavera	6,3			4,5			2,1		
70	Verano	4,2	VER-INV	2,5	3,0	VER-INV	2,9	1,4	VER-INV	1,4
	Otoño	3,6	OTO-INV	1,9	2,8	OTO-INV	2,7	1,1		
	Invierno	1,7	INV-PRIM	-2,4	0,1	INV-PRIM	-2,4	0,0		
	Primavera	4,1			2,5			0,0	VER-PRIM	1,4
80	Verano	2,2	VER-INV	1,4	1,3	VER-INV	1,3	0,0		SD
	Otoño	1,1			0,6			0,5		
	Invierno	0,8	INV-PRIM	-1,4	0,0	INV-PRIM	-1,1	0,0		
	Primavera	2,2			1,1			0,0		
90	Verano	0,6		SD	0,3		SD	0,0		0,0
	Otoño	0,5			0,3			0,0		
	Invierno	0,7			0,0			0,0		
	Primavera	0,9			0,2			0,0		

Tabla 64

Resumen de los resultados estadísticos Kruskal-Wallis (95%) de la variación estacional de los PAO por la ASAA, ordenados por sector y transecta. Se entregan los PAO promedio estacionales y se indican con color los casos con diferencia estacional (dif est) significativa, la diferencia (DIF) encontrada, y los casos sin diferencia (SD) significativa

ESTE		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	33,1		SD	40,1			48,7		SD
	Otoño	27,2			31,7	OTO-INV	-21,2	54,1		
	Invierno	30,0			52,9			54,9		
	Primavera	32,7			39,4			55,0		
20	Verano	12,8		SD	19,4		SD	31,4		SD
	Otoño	13,3			15,5			29,6		
	Invierno	8,7			23,0			29,7		
	Primavera	8,6			16,0			33,4		
30	Verano	1,9		SD	12,0		SD	21,6		SD
	Otoño	3,8			5,9			19,9		
	Invierno	0,8			10,0			18,9		
	Primavera	2,7			8,3			22,6		
40	Verano	0,1		SD	4,4		SD	12,4		SD
	Otoño	0,5			0,9			11,6		
	Invierno	0,0			1,9			7,2		
	Primavera	0,3			3,0			10,9		
50	Verano	0,0		0,0	1,0		SD	2,4		SD
	Otoño	0,0			0,0			4,9		
	Invierno	0,0			0,0			0,5		
	Primavera	0,0			0,2			4,3		
60	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		SD
	Otoño	0,0			0,0			0,3		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,4		
70	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		
80	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		
90	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		

CENTRO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	37,8		SD	43,0		SD	55,6		SD
	Otoño	36,8			38,9			56,2		
	Invierno	34,9			54,2			68,1		
	Primavera	33,6			46,1			69,5		
20	Verano	11,3		SD	23,3		SD	37,2		SD
	Otoño	17,7			19,7			36,2		
	Invierno	8,6			24,2			44,1		
	Primavera	9,7			22,7			45,1		
30	Verano	1,3		SD	12,7		SD	26,6		SD
	Otoño	7,8	OTO-INV	7,2	10,1			24,7		
	Invierno	0,6			8,7			34,4		
	Primavera	1,8	OTO-PRIM	6,0	9,3			33,0		
40	Verano	0,0		SD	2,8		SD	13,8		SD
	Otoño	1,5			3,4			13,9		
	Invierno	0,0			2,1			15,2		
	Primavera	0,0			3,1			15,7		
50	Verano	0,0		0,0	0,1		SD	5,2		SD
	Otoño	0,0			0,2			3,8		
	Invierno	0,0			0,5			3,1		
	Primavera	0,0			0,0			6,3		
60	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	1,2		SD
	Otoño	0,0			0,0			0,2		
	Invierno	0,0			0,0			0,3		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		
70	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		
80	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		
90	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		

OESTE		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	34,7		SD	39,4		SD	51,5		SD
	Otoño	33,3			36,8			52,5		
	Invierno	30,4			53,1			61,8		
	Primavera	28,7			40,8			59,1		
20	Verano	13,1		SD	22,8		SD	31,7		SD
	Otoño	16,1			18,5			33,3		
	Invierno	9,3			23,7			37,9		
	Primavera	8,8			18,7			36,8		
30	Verano	2,6			13,2		SD	23,3		SD
	Otoño	5,5	OTO-INV	5,0	7,4			23,3		
	Invierno	0,5	VER-OTO	-2,9	8,9			27,6		
	Primavera	2,3	OTO-PRIM	3,2	8,8			25,9		
40	Verano	0,1		SD	3,2		SD	12,9		SD
	Otoño	0,6			1,4			14,2		
	Invierno	0,0			2,0			12,7		
	Primavera	0,7			2,3			14,2		
50	Verano	0,0		SD	0,3		SD	2,8		SD
	Otoño	0,1			0,1			4,6		
	Invierno	0,0			0,0			3,0		
	Primavera	0,0			0,1			3,8		
60	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,2		
	Invierno	0,0			0,0			0,1		
	Primavera	0,0			0,0			0,1		
70	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		
80	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		
90	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		

TOTAL		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	35,3		SD	39,4			52,0		SD
	Otoño	33,2			36,3	OTO-INV	-16,7	53,6		
	Invierno	31,3			53,0			62,2		
	Primavera	31,0			42,1			61,7		
20	Verano	12,3		SD	21,7		SD	33,4		SD
	Otoño	16,1			18,2			33,4		
	Invierno	8,7			23,5			38,5		
	Primavera	9,0			19,5			39,0		
30	Verano	2,0			12,7		SD	24,0		SD
	Otoño	6,0			8,2			23,0		
	Invierno	0,5			9,0			28,4		
	Primavera	2,1	OTO-PRIM	3,9	8,8			27,7		
40	Verano	0,1		SD	3,5		SD	13,0		SD
	Otoño	0,9			2,1			13,6		
	Invierno	0,0			2,0			12,3		
	Primavera	0,4			2,7			14,0		
50	Verano	0,0		0,0	0,4		SD	3,6		SD
	Otoño	0,0			0,1			4,3		
	Invierno	0,0			0,2			2,5		
	Primavera	0,0			0,1			4,8		
60	Verano	0,0		0,0	0,0		SD	0,5		SD
	Otoño	0,0			0,0			0,2		
	Invierno	0,0			0,0			0,1		
	Primavera	0,0			0,0			0,1		
70	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		
80	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		
90	Verano	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
	Otoño	0,0			0,0			0,0		
	Invierno	0,0			0,0			0,0		
	Primavera	0,0			0,0			0,0		

Tabla 65

Resumen de los resultados estadísticos Kruskal-Wallis (95%) de la variación estacional de los PAO por la AESS, ordenados por sector y transecta. Se entregan los PAO promedio estacionales y se indican con color los casos con diferencia estacional (dif est) significativa, la diferencia (DIF) encontrada, y los casos sin diferencia (SD) significativa

ESTE		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	98,4		SD	96,2	VER-INV	-3,2	95,1	VER-INV	-4,9
	Otoño	99,5			99,7	INV-PRIM	1,8	98,5	INV-PRIM	3,5
	Invierno	99,9			99,4	VER-OTO	-3,5	100,0	VER-OTO	-3,4
	Primavera	98,9			97,6	OTO-PRIM	2,1	96,5		
20	Verano	97,1	VER-INV	-2,5	94,6	VER-INV	-2,7	92,7	VER-INV	-5,3
	Otoño	97,4	INV-PRIM	2,3	98,2	VER-OTO	-3,6	95,2	INV-PRIM	3,6
	Invierno	99,6	OTO-INV	-2,2	97,3			98,0		
	Primavera	97,3			96,5			94,4		
30	Verano	95,9		SD	92,8		SD	91,0		SD
	Otoño	95,4			95,9			91,2		
	Invierno	97,9			93,4			93,8		
	Primavera	95,9			94,6			92,0		
40	Verano	94,4		SD	91,0		SD	88,7		SD
	Otoño	93,0			94,0			87,7		
	Invierno	94,4			89,3			90,0		
	Primavera	94,0			92,8			88,3		
50	Verano	92,5		SD	88,7		SD	84,8		SD
	Otoño	91,3			91,3			84,3		
	Invierno	91,6			86,1			86,4		
	Primavera	91,8			90,6			84,4		
60	Verano	90,2		SD	85,9			80,3		SD
	Otoño	88,8			89,2	INV-PRIM	-5,4	80,8		
	Invierno	88,9			82,3	OTO-INV	6,9	81,9		
	Primavera	89,4			87,7			78,5		
70	Verano	85,8		SD	83,1			70,1		SD
	Otoño	84,6			85,7	INV-PRIM	-9,9	74,1		
	Invierno	84,0			74,2	OTO-INV	11,5	74,0		
	Primavera	86,2			84,1			65,9		
80	Verano	75,7		SD	72,7	VER-INV	31,6	55,8		SD
	Otoño	76,3			75,7	INV-PRIM	-24,8	44,0		
	Invierno	65,4			41,1	OTO-INV	34,6	34,8		
	Primavera	73,0			65,9			31,1		
90	Verano	24,8	VER-PRIM	15,0	11,2	VER-INV	8,5	3,4		SD
	Otoño	29,9			24,5			1,6		
	Invierno	11,2	OTO-INV	18,7	2,7	OTO-INV	21,8	0,1		
	Primavera	9,8	OTO-PRIM	20,1	5,9	OTO-PRIM	18,6	1,0		

CENTRO		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	95,1	VER-INV	-3,8	93,0	VER-INV	-5,7	93,6	VER-INV	-5,6
	Otoño	98,1	INV-PRIM	2,6	97,6	INV-PRIM	2,4	97,1	INV-PRIM	4,2
	Invierno	98,9	VER-OTO	-3,0	98,7	OTO-INV	-1,1	99,2		
	Primavera	96,3			96,3	VER-OTO	-4,6	95,0		
20	Verano	93,3	VER-INV	-4,3	91,1	VER-INV	-6,2	90,9		SD
	Otoño	94,0	INV-PRIM	3,0	93,0	INV-PRIM	2,8	91,6		
	Invierno	97,6			97,3	OTO-INV	-4,3	93,5		
	Primavera	94,6			94,5	VER-PRIM	-3,4	92,1		
30	Verano	91,6		SD	89,2		SD	88,0		SD
	Otoño	91,2			90,8			87,2		
	Invierno	94,7			91,1			86,4		
	Primavera	93,1			91,8			88,0		
40	Verano	89,7		SD	87,3		SD	84,4		SD
	Otoño	88,9			88,5			82,7		
	Invierno	89,4			84,5			79,3		
	Primavera	91,4			88,8			83,2		
50	Verano	87,5		SD	84,7		SD	81,0		SD
	Otoño	86,3			86,4			79,3		
	Invierno	86,3			81,3			75,1		
	Primavera	88,6			85,1			78,3		
60	Verano	84,9		SD	82,1		SD	77,3		SD
	Otoño	83,2			83,6			75,6		
	Invierno	83,1			78,0			71,0		
	Primavera	86,2			81,8			71,3		
70	Verano	81,3		SD	78,9		SD	67,8		SD
	Otoño	79,4			79,7			67,4		
	Invierno	79,3			71,5			59,5		
	Primavera	82,5			77,5			57,6		
80	Verano	72,6		SD	67,7	VER-INV	29,6	46,8	VER-INV	31,9
	Otoño	68,9			64,1			30,2		
	Invierno	62,4			38,1	OTO-INV	26,0	14,9		
	Primavera	67,5			52,2			18,9		
90	Verano	23,7		SD	10,5	VER-INV	8,8	0,2		SD
	Otoño	18,3			15,5			3,0		
	Invierno	10,5			1,7	OTO-INV	13,8	0,0		
	Primavera	8,7			4,1	OTO-PRIM	11,4	0,0		

OESTE		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	93,0	VER-INV	-5,8	92,0	VER-INV	-6,6	91,3	VER-INV	-8,0
	Otoño	96,3	INV-PRIM	3,3	97,7	INV-PRIM	2,9	94,1	INV-PRIM	6,0
	Invierno	98,8	OTO-INV	-2,5	98,6	VER-OTO	-5,7	99,3	OTO-INV	-5,2
	Primavera	95,5	VER-OTO	-3,3	95,7	VER-PRIM	-3,7	93,3		
20	Verano	91,7	VER-INV	-5,2	89,6	VER-INV	-7,7	87,5		SD
	Otoño	91,6	INV-PRIM	3,6	92,6	INV-PRIM	4,1	87,4		
	Invierno	96,9	OTO-INV	-5,3	97,3	OTO-INV	-4,7	90,4		
	Primavera	93,3			93,2	VER-PRIM	-3,6	90,4		
30	Verano	90,0	VER-INV	-4,2	87,6		SD	82,9		SD
	Otoño	88,6			88,0			81,9		
	Invierno	94,2	OTO-INV	-5,6	92,1			80,5		
	Primavera	90,8			90,2			84,1		
40	Verano	88,5		SD	85,2		SD	79,1		SD
	Otoño	86,5			85,3			78,1		
	Invierno	87,6			83,5			71,9		
	Primavera	88,3			86,1			77,9		
50	Verano	86,3		SD	82,3		SD	75,1		SD
	Otoño	84,0			82,7			74,6		
	Invierno	84,2			79,3			67,9		
	Primavera	86,0			82,2			70,8		
60	Verano	83,5		SD	79,4		SD	71,1		
	Otoño	81,1			79,6			70,4		
	Invierno	81,0			76,0			63,0	OTO-INV	7,4
	Primavera	83,1			77,4			63,2		
70	Verano	79,0		SD	75,4		SD	61,2	VER-PRIM	20,7
	Otoño	77,3			75,6			61,0		
	Invierno	76,8			69,6			45,0	OTO-INV	16,0
	Primavera	78,9			72,3			40,5	OTO-PRIM	20,5
80	Verano	69,3		SD	61,4	VER-INV	25,8	37,4		SD
	Otoño	65,2			59,3	VER-PRIM	19,9	22,8		
	Invierno	56,4			35,6	OTO-INV	23,7	10,5		
	Primavera	58,5			41,5	OTO-PRIM	17,8	9,2		
90	Verano	17,0	VER-PRIM	13,7	9,5	VER-INV	8,6	2,0		SD
	Otoño	12,1			6,8	VER-PRIM	6,9	2,5		
	Invierno	6,7			0,9			0,0		
	Primavera	3,3	OTO-PRIM	8,8	2,6			0,0		

TOTAL		TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
PPM	estación	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF	PAO	dif est	DIF
10	Verano	94,0	VER-INV	-4,1	92,2	VER-INV	-5,7	92,0	VER-INV	-6,4
	Otoño	96,7	INV-PRIM	2,7	97,0	INV-PRIM	2,6	95,3	INV-PRIM	4,7
	Invierno	98,1			97,9	OTO-INV	-0,9	98,4	OTO-INV	-3,1
	Primavera	95,4			95,3	VER-OTO	-4,8	93,7		
20	Verano	92,4	VER-INV	-4,3	90,4	VER-INV	-5,8	89,1		SD
	Otoño	92,6	INV-PRIM	3,2	92,8	INV-PRIM	2,9	89,7		
	Invierno	96,7	OTO-INV	-4,1	96,2	OTO-INV	-3,4	92,1		
	Primavera	93,5			93,3			90,9		
30	Verano	90,8		SD	88,6		SD	85,6		SD
	Otoño	90,0			89,7			85,0		
	Invierno	94,1			91,0			84,5		
	Primavera	91,8			90,7			86,3		
40	Verano	89,0		SD	86,6		SD	82,2		SD
	Otoño	87,8			87,3			81,0		
	Invierno	88,6			84,0			77,2		
	Primavera	89,7			87,5			81,2		
50	Verano	87,0		SD	83,9		SD	78,5		SD
	Otoño	85,4			85,0			77,6		
	Invierno	85,5			80,5			73,3		
	Primavera	87,3			84,0			75,6		
60	Verano	84,3		SD	81,2		SD	74,5		SD
	Otoño	82,5			82,1			73,7		
	Invierno	82,4			77,2			68,8		
	Primavera	84,7			80,3			68,7		
70	Verano	80,3		SD	77,8	VER-INV	7,3	65,1		
	Otoño	78,7			78,4			65,4		
	Invierno	78,3			70,5	OTO-INV	7,9	56,2	OTO-INV	9,2
	Primavera	80,9			75,8			52,0		
80	Verano	71,0		SD	66,6	VER-INV	29,3	44,3		SD
	Otoño	68,1			63,6	VER-PRIM	16,6	29,5		
	Invierno	60,0			37,3	OTO-INV	26,3	16,7		
	Primavera	64,4			50,0			17,1		
90	Verano	20,9	VER-PRIM	14,2	11,2	VER-INV	9,6	1,4		SD
	Otoño	17,8			13,6	VER-PRIM	7,4	2,5		
	Invierno	9,1			1,6	OTO-INV	12,0	0,0		
	Primavera	6,7	OTO-PRIM	11,1	3,8	OTO-PRIM	9,8	0,2		

Tabla 66

Análisis de correlación entre la profundidad media mensual (filtrada) de la termoclina en la zona ecuatorial (20°C, 110°W) y los PAO por las masas de agua AST, ASAA y AESS a distintos niveles de PPM. Los PAO fueron desfasados tres meses. (p-value: * = 0,05 – 0,01; ** = 0,01 – 0,001 ; *** < 0,001). Se indica entre paréntesis el número de datos utilizados en la correlación

MASA DE AGUA SUBTROPICAL (AST)

TRANSECTA 5				
PPM/sector	Este(77)	Centro(75)	Oeste(74)	Total(73)
10	-0,70***	-0,66***	-0,68***	-0,70***
20	-0,67***	-0,61***	-0,61***	-0,64***
30	-0,65***	-0,58***	-0,57***	-0,61***
40	-0,64***	-0,56***	-0,53***	-0,59***
50	-0,63***	-0,53***	-0,49***	-0,56***
60	-0,63***	-0,52***	-0,48***	-0,56***
70	-0,63***	-0,54***	-0,48***	-0,55***
80	-0,60***	-0,57***	-0,50***	-0,56***
90	-0,57***	-0,55***	-0,51***	-0,56***

TRANSECTA 3				
PPM/sector	Este(65)	Centro(67)	Oeste(66)	Total(64)
10	-0,68***	-0,56***	-0,41***	-0,60***
20	-0,63***	-0,55***	-0,40***	-0,57***
30	-0,63***	-0,55***	-0,40***	-0,56***
40	-0,69***	-0,58***	-0,44***	-0,58***
50	-0,72***	-0,61***	-0,51***	-0,63***
60	-0,71***	-0,62***	-0,49***	-0,60***
70	-0,67***	-0,65***	-0,49***	-0,63***
80	-0,63***	-0,67***	-0,57***	-0,66***
90	-0,58***	-0,62***	-0,52***	-0,65***

TRANSECTA 1				
PPM/sector	Este(69)	Centro(68)	Oeste(66)	Total(66)
10	-0,73***	-0,63***	-0,36**	-0,64***
20	-0,70***	-0,59***	-0,31*	-0,58***
30	-0,64***	-0,56***	-0,33**	-0,55***
40	-0,64***	-0,57***	-0,42***	-0,56***
50	-0,61***	-0,60***	-0,55***	-0,62***
60	-0,62***	-0,61***	-0,58***	-0,63***
70	-0,60***	-0,58***	-0,58***	-0,62***
80	-0,50***	-0,47***	-0,51***	-0,51***
90	-0,44***	-0,31*	-0,53***	-0,44***

MASA DE AGUA SUBANTARTICA (ASAA)

TRANSECTA 5				
PPM/sector	Este(77)	Centro(75)	Oeste(74)	Total(73)
10	0,08	0,14	0,20	0,13
20	0,28*	0,13	0,17	0,16
30	0,25*	0,16	0,06	0,13
40	0,15	0,11	0,	0,09
50	0,00	0,00	0,00	0,00
60	0,00	0,00	0,00	0,00
70	0,00	0,00	0,00	0,00
80	0,00	0,00	0,00	0,00
90	0,00	0,00	0,00	0,00

TRANSECTA 3				
PPM/sector	Este(65)	Centro(67)	Oeste(66)	Total(64)
10	-0,10	-0,07	0,02	-0,06
20	0,14	0,12	0,08	0,09
30	0,29*	0,28*	0,16	0,24
40	0,31*	0,21	0,07	0,16
50	0,21	-0,06	-0,15	-0,08
60	0,00	0,00	0,00	0,00
70	0,00	0,00	0,00	0,00
80	0,00	0,00	0,00	0,00
90	0,00	0,00	0,00	0,00

TRANSECTA 1				
PPM/sector	Este(69)	Centro(68)	Oeste(66)	Total(66)
10	-0,12	-0,18	-0,06	-0,17
20	0,27*	0,18	0,22	0,21
30	0,34**	0,33**	0,40***	0,38**
40	0,24*	0,29*	0,33**	0,31*
50	0,18	0,15	0,18	0,18
60	0,08	-0,05	0,04	-0,01
70	0,00	0,00	0,00	0,00
80	0,00	0,00	0,00	0,00
90	0,00	0,00	0,00	0,00

MASA DE AGUA ECUATORIAL SUBSUPERFICIAL (AESS)

TRANSECTA 5				
PPM/sector	Este(74)	Centro(72)	Oeste(72)	Total(71)
10	0,52***	0,51***	0,45***	0,51***
20	0,55***	0,51***	0,48***	0,52***
30	0,58***	0,53***	0,48***	0,54***
40	0,60***	0,53***	0,47***	0,56***
50	0,62***	0,55***	0,47***	0,57***
60	0,65***	0,58***	0,51***	0,59***
70	0,67***	0,59***	0,52***	0,60***
80	0,52***	0,28*	0,03	0,23
90	0,02	-0,02	-0,12	-0,05

TRANSECTA 3				
PPM/sector	Este(64)	Centro(66)	Oeste(65)	Total(63)
10	0,40**	0,42***	0,38**	0,45***
20	0,49***	0,43***	0,35**	0,44***
30	0,46***	0,43***	0,36**	0,43***
40	0,47***	0,36**	0,26*	0,35**
50	0,49***	0,35**	0,27*	0,34**
60	0,57***	0,43***	0,28*	0,44***
70	0,54***	0,41***	0,25*	0,42***
80	0,30*	0,13	0,01	0,14
90	0,09	0,02	-0,04	0,03

TRANSECTA 1				
PPM/sector	Este(68)	Centro(67)	Oeste(66)	Total(66)
10	0,33**	0,40***	0,32**	0,38**
20	0,44***	0,35**	0,21	0,31*
30	0,37**	0,29*	0,12	0,24*
40	0,35**	0,25*	0,	0,18
50	0,45***	0,25*	-0,01	0,21
60	0,52***	0,24	-0,01	0,22
70	0,35**	0,09	-0,14	0,02
80	0,14	-0,08	-0,23	-0,10
90	-0,17	-0,08	0,	-0,09

Tabla 67

Valores de Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por el AST a PPM20 y PPM50 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE)

AST PPM 20

					SECTOR OESTE									SECTOR CENTRO									SECTOR ESTE								
					TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
					PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom
					17,3	3,4	std	17,8	4,4	std	21,3	5,4	std	15,2	3,7	std	15,5	4,3	std	16,6	4,8	std	11,0	3,5	std	11,5	3,7	std	11,3	5,6	std
CRU	MES	AÑO	TSM	SSM	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)
268	12	82	cálido		23,6	**6,3**	**1,9**				21,1	**-0,2**	**0,0**	27,2	**12,0**	**3,2**				19,9	**3,3**	**0,7**	57,9	**46,9**	**13,4**				23,7	**12,4**	**2,2**
270	2	83	calido	neutro	31,7	**14,4**	**4,2**	23,6	**5,8**	**1,3**							20,9	**5,4**	**1,3**												
274	5	83	calido	salino	36,0	**18,7**	**5,5**	32,9	**15,1**	**3,4**	28,6	**7,3**	**1,4**	36,6	**21,4**	**5,8**	31,9	**16,4**	**3,8**	31,4	**14,8**	**3,1**	43,4	**32,4**	**9,3**	35,5	**24,0**	**6,5**	39,5	**28,2**	**5,0**
277	9	83	calido	salino	30,4	**13,1**	**3,9**	37,9	**20,1**	**4,6**	31,7	**10,4**	**1,9**	23,0	**7,8**	**2,1**	29,8	**14,3**	**3,3**	29,8	**13,2**	**2,8**	17,1	**6,1**	**1,7**	23,7	**12,2**	**3,3**	30,3	**19,0**	**3,4**
278	10	83	neutro	salino	28,6	**11,3**	**3,3**	31,7	**13,9**	**3,2**			**0,0**	22,0	**6,8**	**1,8**	26,7	**11,2**	**2,6**				11,8	**0,8**	**0,2**	10,5	**-1,0**	**-0,3**			
280	12	83	cálido		21,1	**3,8**	**1,1**				26,7	**5,4**	**1,0**	14,7	**-0,5**	**-0,1**				15,7	**-0,9**	**-0,2**	9,2	**-1,8**	**-0,5**				6,6	**-4,7**	**-0,8**
285	6	84	cálido		22,4	**5,1**	**1,5**				17,4	**-3,9**	**-0,7**	19,4	**4,2**	**1,1**				14,1	**-2,5**	**-0,5**	18,4	**7,4**	**2,1**				3,9	**-7,4**	**-1,3**
288	8	84	neutro	salino	24,8	**7,5**	**2,2**	25,5	**7,7**	**1,8**	24,8	**3,5**	**0,6**	20,4	**5,2**	**1,4**	16,8	**1,3**	**0,3**	22,5	**5,9**	**1,2**	25,0	**14,0**	**4,0**	17,1	**5,6**	**1,5**	6,6	**-4,7**	**-0,8**
297	3	85	neutro	salino	17,4	**0,1**	**0,0**	14,3	**-3,5**	**-0,8**				19,4	**4,2**	**1,1**	7,3	**-8,2**	**-1,9**	15,2	**-1,4**	**-0,3**	14,5	**3,5**	**1,0**	6,6	**-4,9**	**-1,3**	10,5	**-0,8**	**-0,1**
308	1	87	cálido		19,3	**2,0**	**0,6**	29,2	**11,4**	**2,6**	31,1	**9,8**	**1,8**	20,9	**5,7**	**1,5**	23,6	**8,1**	**1,9**	27,7	**11,1**	**2,3**	28,9	**17,9**	**5,1**	30,3	**18,8**	**5,1**	23,7	**12,4**	**2,2**
309	5	87	neutro	baja Sali	25,5	**8,2**	**2,4**	22,4	**4,6**	**1,0**	24,2	**2,9**	**0,5**	14,7	**-0,5**	**-0,1**	21,5	**6,0**	**1,4**	15,7	**-0,9**	**-0,2**	15,8	**4,8**	**1,4**	23,7	**12,2**	**3,3**	6,6	**-4,7**	**-0,8**
312	12	87	neutro	baja Sali	16,1	**-1,2**	**-0,4**	20,5	**2,7**	**0,6**	18,6	**-2,7**	**-0,5**	15,2	**0,0**	**0,0**	16,8	**1,3**	**0,3**	14,7	**-1,9**	**-0,4**	10,5	**-0,5**	**-0,1**	9,2	**-2,3**	**-0,6**	11,8	**0,5**	**0,1**
321	12	88	frio	neutro	13,7	**-3,6**	**-1,1**	11,8	**-6,0**	**-1,4**	19,9	**-1,4**	**-0,3**	12,0	**-3,2**	**-0,9**	12,6	**-2,9**	**-0,7**	16,8	**0,2**	**0,0**	7,9	**-3,1**	**-0,9**	9,2	**-2,3**	**-0,6**	17,1	**5,8**	**1,0**
338	8	91	neutro	baja Sali	14,9	**-2,4**	**-0,7**	21,7	**3,9**	**0,9**	18,0	**-3,3**	**-0,6**	14,7	**-0,5**	**-0,1**	17,3	**1,8**	**0,4**	17,8	**1,2**	**0,3**	10,5	**-0,5**	**-0,1**	21,1	**9,6**	**2,6**	11,8	**0,5**	**0,1**
342	1	92	cálido		14,3	**-3,0**	**-0,9**				21,7	**0,4**	**0,1**	14,7	**-0,5**	**-0,1**				18,3	**1,7**	**0,4**	15,8	**4,8**	**1,4**				11,8	**0,5**	**0,1**
343	2	92	cálido		20,5	**3,2**	**0,9**	17,4	**-0,4**	**-0,1**				18,8	**3,6**	**1,0**	17,8	**2,3**	**0,5**				18,4	**7,4**	**2,1**	18,4	**6,9**	**1,9**			
345	3	92	cálido		33,5	**16,2**	**4,8**	16,8	**-1,0**	**-0,2**	19,3	**-2,0**	**-0,4**	34,6	**19,4**	**5,2**	19,4	**3,9**	**0,9**	23,6	**7,0**	**1,5**	26,3	**15,3**	**4,4**	21,1	**9,6**	**2,6**	25,0	**13,7**	**2,4**
346	5	92	cálido		35,4	**18,1**	**5,3**	28,6	**10,8**	**2,5**	23,6	**2,3**	**0,4**	29,3	**14,1**	**3,8**	26,2	**10,7**	**2,5**	22,5	**5,9**	**1,2**	28,9	**17,9**	**5,1**	31,6	**20,1**	**5,4**	38,2	**26,9**	**4,8**
347	6	92	cálido		23,6	**6,3**	**1,9**	24,8	**7,0**	**1,6**	24,2	**2,9**	**0,5**	20,4	**5,2**	**1,4**	18,3	**2,8**	**0,7**	22,0	**5,4**	**1,1**	17,1	**6,1**	**1,7**	11,8	**0,3**	**0,1**	9,2	**-2,1**	**-0,4**
362	9	93	neutro	salino	23,6	**6,3**	**1,9**	25,5	**7,7**	**1,8**	29,8	**8,5**	**1,6**	20,4	**5,2**	**1,4**	23,0	**7,5**	**1,7**	20,4	**3,8**	**0,8**	13,2	**2,2**	**0,6**	21,1	**9,6**	**2,6**	23,7	**12,4**	**2,2**
364	12	93	frio	neutro	14,3	**-3,0**	**-0,9**	18,6	**0,8**	**0,2**	15,5	**-5,8**	**-1,1**	16,2	**1,0**	**0,3**	13,6	**-1,9**	**-0,4**	10,5	**-6,1**	**-1,3**	9,2	**-1,8**	**-0,5**	7,9	**-3,6**	**-1,0**	10,5	**-0,8**	**-0,1**
401	6	97	calido	neutro	23,6	**6,3**	**1,9**	22,4	**4,6**	**1,0**	22,4	**1,1**	**0,2**	22,5	**7,3**	**2,0**	30,9	**15,4**	**3,6**	24,1	**7,5**	**1,6**	26,3	**15,3**	**4,4**	43,4	**31,9**	**8,6**	28,9	**17,6**	**3,1**
402	7	97	calido	neutro										42,4	**27,2**	**7,4**							69,7	**58,7**	**16,8**			**0,0**			
404	8	97	calido	salino	27,3	**10,0**	**2,9**				34,8	**13,5**	**2,5**	33,5	**18,3**	**4,9**	35,1	**19,6**	**4,6**	33,5	**16,9**	**3,5**	42,1	**31,1**	**8,9**	36,8	**25,3**	**6,8**	38,2	**26,9**	**4,8**
408	12	97	neutro	salino	56,5	**39,2**	**11,5**	29,8	**12,0**	**2,7**	29,2	**7,9**	**1,5**	66,0	**50,8**	**13,7**	52,4	**36,9**	**8,6**	37,7	**21,1**	**4,4**	88,2	**77,2**	**22,1**	94,7	**83,2**	**22,5**	44,7	**33,4**	**6,0**
409	1	98	neutro	salino																			64,5	**53,5**	**15,3**				59,2	**47,9**	**8,6**
410	3	98	neutro	salino	32,3	**15,0**	**4,4**	26,1	**8,3**	**1,9**	29,8	**8,5**	**1,6**	30,4	**15,2**	**4,1**	29,3	**13,8**	**3,2**	24,6	**8,0**	**1,7**	31,6	**20,6**	**5,9**	28,9	**17,4**	**4,7**	23,7	**12,4**	**2,2**
413	6	98	calido	salino	31,7	**14,4**	**4,2**	18,6	**0,8**	**0,2**	19,3	**-2,0**	**-0,4**	21,5	**6,3**	**1,7**	16,2	**0,7**	**0,2**	23,6	**7,0**	**1,5**	22,4	**11,4**	**3,3**	19,7	**8,2**	**2,2**	21,1	**9,8**	**1,8**
430	2	2000	frio	neutro	19,9	**2,6**	**0,8**	17,4	**-0,4**	**-0,1**	11,2	**-10,1**	**-1,9**	14,1	**-1,1**	**-0,3**	15,7	**0,2**	**0,0**	7,3	**-9,3**	**-1,9**	6,6	**-4,4**	**-1,3**	9,2	**-2,3**	**-0,6**	6,6	**-4,7**	**-0,8**

AST PPM 50

					SECTOR OESTE									SECTOR CENTRO									SECTOR ESTE								
					TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
					PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom
					10,0	3,6	std	8,5	3,9	std	7,4	5,9	std	8,1	3,5	std	7,2	3,5	std	4,5	4,3	std	4,1	3,3	std	3,8	2,9	std	2,5	3,4	std
CRU	MES	AÑO	TSM	SSM	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)	PAO	ANOM	(AE)
268	12	82	cálido		14,3	**4,3**	**1,2**				12,4	**5,0**	**0,8**	16,8	**8,7**	**2,5**				11,5	**7,0**	**1,6**	15,8	**11,7**	**3,5**				13,2	**10,7**	**3,1**
270	2	83	calido	neutro	18,0	**8,0**	**2,2**	15,5	**7,0**	**1,8**							14,7	**7,5**	**2,1**												
274	5	83	calido	salino	24,2	**14,2**	**3,9**	22,4	**13,9**	**3,6**	21,1	**13,7**	**2,3**	24,6	**16,5**	**4,7**	22,0	**14,8**	**4,2**	23,6	**19,1**	**4,4**	26,3	**22,2**	**6,7**	18,4	**14,6**	**5,0**	25,0	**22,5**	**6,6**
277	9	83	calido	salino	22,4	**12,4**	**3,4**	30,4	**21,9**	**5,6**	19,9	**12,5**	**2,1**	14,1	**6,0**	**1,7**	21,5	**14,3**	**4,1**	23,6	**19,1**	**4,4**	5,3	**1,2**	**0,4**	13,2	**9,4**	**3,2**	23,7	**21,2**	**6,2**
278	10	83	neutro	salino	23,6	**13,6**	**3,8**	24,8	**16,3**	**4,2**				11,5	**3,4**	**1,0**	13,1	**5,9**	**1,7**				0,0	**-4,1**	**-1,2**	0,0	**-3,8**	**-1,3**			
280	12	83	cálido		12,4	**2,4**	**0,7**				8,1	**0,7**	**0,1**	6,3	**-1,8**	**-0,5**				7,3	**2,8**	**0,7**	2,6	**-1,5**	**-0,5**				2,6	**0,1**	**0,0**
285	6	84	cálido		16,8	**6,8**	**1,9**				0,0	**-7,4**	**-1,3**	13,6	**5,5**	**1,6**				0,0	**-4,5**	**-1,0**	6,6	**2,5**	**0,8**				0,0	**-2,5**	**-0,7**
288	8	84	neutro	salino	14,3	**4,3**	**1,2**	0,0	**-8,5**	**-2,2**	0,0	**-7,4**	**-1,3**	10,5	**2,4**	**0,7**	0,0	**-7,2**	**-2,1**	0,0	**-4,5**	**-1,0**	10,5	**6,4**	**1,9**	0,0	**-3,8**	**-1,3**	0,0	**-2,5**	**-0,7**
297	3	85	neutro	salino	13,0	**3,0**	**0,8**	6,8	**-1,7**	**-0,4**				12,0	**3,9**	**1,1**	2,6	**-4,6**	**-1,3**	7,3	**2,8**	**0,7**	5,3	**1,2**	**0,4**	1,3	**-2,5**	**-0,9**	2,6	**0,1**	**0,0**
308	1	87	cálido		13,7	**3,7**	**1,0**	19,3	**10,8**	**2,8**	18,6	**11,2**	**1,9**	11,5	**3,4**	**1,0**	14,7	**7,5**	**2,1**	15,2	**10,7**	**2,5**	7,9	**3,8**	**1,2**	9,2	**5,4**	**1,9**	10,5	**8,0**	**2,4**
309	5	87	neutro	baja Sali	16,1	**6,1**	**1,7**	13,0	**4,5**	**1,2**	15,5	**8,1**	**1,4**	4,2	**-3,9**	**-1,1**	11,0	**3,8**	**1,1**	5,8	**1,3**	**0,3**	5,3	**1,2**	**0,4**	14,5	**10,7**	**3,7**	0,0	**-2,5**	**-0,7**
312	12	87	neutro	baja Sali	8,1	**-1,9**	**-0,5**	13,0	**4,5**	**1,2**	7,5	**0,1**	**0,0**	6,8	**-1,3**	**-0,4**	9,4	**2,2**	**0,6**	0,5	**-4,0**	**-0,9**	3,9	**-0,2**	**-0,1**	3,9	**0,1**	**0,0**	5,3	**2,8**	**0,8**
321	12	88	frio	neutro	7,5	**-2,5**	**-0,7**	6,2	**-2,3**	**-0,6**	8,7	**1,3**	**0,2**	6,3	**-1,8**	**-0,5**	5,8	**-1,4**	**-0,4**	8,4	**3,9**	**0,9**	2,6	**-1,5**	**-0,5**	3,9	**0,1**	**0,0**	6,6	**4,1**	**1,2**
338	8	91	neutro	baja Sali	5,6	**-4,4**	**-1,2**	13,0	**4,5**	**1,2**	0,0	**-7,4**	**-1,3**	5,8	**-2,3**	**-0,7**	2,1	**-5,1**	**-1,5**	0,5	**-4,0**	**-0,9**	0,0	**-4,1**	**-1,2**	11,8	**8,0**	**2,8**	1,3	**-1,2**	**-0,4**
342	1	92	cálido		6,8	**-3,2**	**-0,9**				12,4	**5,0**	**0,8**	8,4	**0,3**	**0,1**				8,4	**3,9**	**0,9**	7,9	**3,8**	**1,2**				5,3	**2,8**	**0,8**
343	2	92	cálido		14,3	**4,3**	**1,2**	13,0	**4,5**	**1,2**				12,0	**3,9**	**1,1**	12,0	**4,8**	**1,4**				5,3	**1,2**	**0,4**	7,9	**4,1**	**1,4**			
345	3	92	cálido		13,7	**3,7**	**1,0**	12,4	**3,9**	**1,0**	13,0	**5,6**	**0,9**	12,0	**3,9**	**1,1**	13,6	**6,4**	**1,8**	13,1	**8,6**	**2,0**	11,8	**7,7**	**2,3**	14,5	**10,7**	**3,7**	9,2	**6,7**	**2,0**
346	5	92	cálido		19,9	**9,9**	**2,8**	19,3	**10,8**	**2,8**	11,2	**3,8**	**0,6**	22,0	**13,9**	**4,0**	20,9	**13,7**	**3,9**	13,1	**8,6**	**2,0**	19,7	**15,6**	**4,7**	19,7	**15,9**	**5,5**	14,5	**12,0**	**3,5**
347	6	92	cálido		14,9	**4,9**	**1,4**	18,0	**9,5**	**2,4**	15,5	**8,1**	**1,4**	13,1	**5,0**	**1,4**	8,9	**1,7**	**0,5**	8,4	**3,9**	**0,9**	10,5	**6,4**	**1,9**	2,6	**-1,2**	**-0,4**	0,0	**-2,5**	**-0,7**
362	9	93	neutro	salino	14,9	**4,9**	**1,4**	8,1	**-0,4**	**-0,1**	0,0	**-7,4**	**-1,3**	13,1	**5,0**	**1,4**	6,3	**-0,9**	**-0,3**	0,0	**-4,5**	**-1,0**	6,6	**2,5**	**0,8**	7,9	**4,1**	**1,4**	0,0	**-2,5**	**-0,7**
364	12	93	frio	neutro	8,1	**-1,9**	**-0,5**	8,7	**0,2**	**0,1**	0,0	**-7,4**	**-1,3**	7,3	**-0,8**	**-0,2**	7,9	**0,7**	**0,2**	0,0	**-4,5**	**-1,0**	3,9	**-0,2**	**-0,1**	3,9	**0,1**	**0,0**	0,0	**-2,5**	**-0,7**
401	6	97	calido	neutro	12,4	**2,4**	**0,7**	16,1	**7,6**	**1,9**	14,3	**6,9**	**1,2**	14,1	**6,0**	**1,7**	9,9	**2,7**	**0,8**	15,7	**11,2**	**2,6**	10,5	**6,4**	**1,9**	7,9	**4,1**	**1,4**	13,2	**10,7**	**3,1**
402	7	97	calido	neutro										26,2	**18,1**	**5,2**							48,7	**44,6**	**13,5**						
404	8	97	calido	salino	19,3	**9,3**	**2,6**				27,3	**19,9**	**3,4**	23,0	**14,9**	**4,3**	20,4	**13,2**	**3,8**	27,2	**22,7**	**5,3**	26,3	**22,2**	**6,7**	19,7	**15,9**	**5,5**	21,1	**18,6**	**5,5**
408	12	97	neutro	salino	42,9	**32,9**	**9,1**	21,1	**12,6**	**3,2**	16,8	**9,4**	**1,6**	46,1	**38,0**	**10,9**	26,2	**19,0**	**5,4**	15,7	**11,2**	**2,6**	47,4	**43,3**	**13,1**	19,7	**15,9**	**5,5**	18,4	**15,9**	**4,7**
409	1	98	neutro	salino																			36,8	**32,7**	**9,9**				34,2	**31,7**	**9,3**
410	3	98	neutro	salino	23,0	**13,0**	**3,6**	15,5	**7,0**	**1,8**	19,3	**11,9**	**2,0**	19,9	**11,8**	**3,4**	16,8	**9,6**	**2,7**	13,1	**8,6**	**2,0**	21,1	**17,0**	**5,2**	13,2	**9,4**	**3,2**	7,9	**5,4**	**1,6**
413	6	98	calido	salino	16,8	**6,8**	**1,9**	8,1	**-0,4**	**-0,1**	10,6	**3,2**	**0,5**	11,5	**3,4**	**1,0**	7,3	**0,1**	**0,0**	13,1	**8,6**	**2,0**	11,8	**7,7**	**2,3**	7,9	**4,1**	**1,4**	3,9	**1,4**	**0,4**
430	2	2000	frio	neutro	13.0	**3.0**	**0.8**	11.2	**2.7**	**0.7**	2.5	**-4.9**	**-0.8**	7.3	**-0.8**	**-0.2**	8.4	**1.2**	**0.3**	1.0	**-3.5**	**-0.8**	3.9	**-0.2**	**-0.1**	1.3	**-2.5**	**-0.9**	0.0	**-2.5**	**-0.7**

Tabla 68

Valores de Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por el AST a PPM80 y el ASAA a PPM20 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE)

AST PPM 80					SECTOR OESTE									SECTOR CENTRO									SECTOR ESTE								
					TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
					PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom
					2,4	3,5	std	1,1	2,0	std	0,3	1,4	std	1,4	2,7	std	0,6	1,5	std	0,1	0,4	std	0,3	1,4	std	0,1	0,6	std	0,0	0,0	std
CRU	MES	AÑO	TSM	SSM	PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM	
268	12	82	cálido		9,3	**6,9**	**2,0**				4,3	**4,0**	**2,9**	10,5	**9,1**	**3,4**				5,2	**5,1**	**12,8**	5,3	**5,0**	**3,6**				3,9	**3,9**	
270	2	83	calido	neutro	9,9	**7,5**	**2,1**	0,6	**-0,5**	**-0,3**							8,4	**7,8**	**5,2**												
274	5	83	calido	salino	18,0	**15,6**	**4,5**	15,5	**14,4**	**7,2**	9,9	**9,6**	**6,9**	15,7	**14,3**	**5,3**	15,2	**14,6**	**9,7**	18,3	**18,2**	**45,5**	11,8	**11,5**	**8,2**	9,2	**9,1**	**15,2**	17,1	**17,1**	
277	9	83	calido	salino	17,4	**15,0**	**4,3**	23,6	**22,5**	**11,3**	2,5	**2,2**	**1,6**	6,8	**5,4**	**2,0**	15,2	**14,6**	**9,7**	17,8	**17,7**	**44,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	2,6	**2,5**	**4,2**	6,6	**6,6**	
278	10	83	neutro	salino	18,6	**16,2**	**4,6**	2,5	**1,4**	**0,7**				2,6	**1,2**	**0,4**	0,0	**-0,6**	**-0,4**				0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-0,1**	**-0,2**			
280	12	83	cálido		4,3	**1,9**	**0,5**				0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-1,4**	**-0,5**				0,0	**-0,1**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**				0,0	**0,0**	
285	6	84	cálido		12,4	**10,0**	**2,9**				0,0	**-0,3**	**-0,2**	9,4	**8,0**	**3,0**				0,0	**-0,1**	**-0,3**	2,6	**2,3**	**1,6**				0,0	**0,0**	
288	8	84	neutro	salino	2,5	**0,1**	**0,0**	0,0	**-1,1**	**-0,6**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	2,6	**1,2**	**0,4**	0,0	**-0,6**	**-0,4**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	
297	3	85	neutro	salino	8,1	**5,7**	**1,6**	0,6	**-0,5**	**-0,3**				5,2	**3,8**	**1,4**	0,0	**-0,6**	**-0,4**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	1,3	**1,0**	**0,7**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	
308	1	87	cálido		8,7	**6,3**	**1,8**	9,9	**8,8**	**4,4**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	5,8	**4,4**	**1,6**	7,9	**7,3**	**4,9**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	
309	5	87	neutro	baja Sali	0,0	**-2,4**	**-0,7**	0,0	**-1,1**	**-0,6**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-1,4**	**-0,5**	0,0	**-0,6**	**-0,4**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	
312	12	87	neutro	baja Sali	2,5	**0,1**	**0,0**	6,2	**5,1**	**2,6**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,5	**-0,9**	**-0,3**	0,5	**-0,1**	**-0,1**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	
321	12	88	frio	neutro	0,6	**-1,8**	**-0,5**	0,0	**-1,1**	**-0,6**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,5	**-0,9**	**-0,3**	0,0	**-0,6**	**-0,4**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	
338	8	91	neutro	baja Sali	0,0	**-2,4**	**-0,7**	0,0	**-1,1**	**-0,6**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-1,4**	**-0,5**	0,0	**-0,6**	**-0,4**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	
342	1	92	cálido		3,1	**0,7**	**0,2**				0,0	**-0,3**	**-0,2**	4,7	**3,3**	**1,2**				0,5	**0,4**	**1,0**	3,9	**3,6**	**2,6**				0,0	**0,0**	
343	2	92	cálido		10,6	**8,2**	**2,3**	9,9	**8,8**	**4,4**				6,8	**5,4**	**2,0**	2,6	**2,0**	**1,3**				1,3	**1,0**	**0,7**	0,0	**-0,1**	**-0,2**			
345	3	92	cálido		8,7	**6,3**	**1,8**	9,3	**8,2**	**4,1**	6,2	**5,9**	**4,2**	5,2	**3,8**	**1,4**	8,4	**7,8**	**5,2**	6,3	**6,2**	**15,5**	5,3	**5,0**	**3,6**	9,2	**9,1**	**15,2**	2,6	**2,6**	
346	5	92	cálido		13,7	**11,3**	**3,2**	14,3	**13,2**	**6,6**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	17,3	**15,9**	**5,9**	16,8	**16,2**	**10,8**	7,3	**7,2**	**18,0**	11,8	**11,5**	**8,2**	14,5	**14,4**	**24,0**	1,3	**1,3**	
347	6	92	cálido		9,3	**6,9**	**2,0**	14,3	**13,2**	**6,6**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	9,4	**8,0**	**3,0**	1,0	**0,4**	**0,3**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	
362	9	93	neutro	salino	11,2	**8,8**	**2,5**	0,0	**-1,1**	**-0,6**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	9,9	**8,5**	**3,1**	0,0	**-0,6**	**-0,4**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	2,6	**2,3**	**1,6**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	
364	12	93	frio	neutro	5,0	**2,6**	**0,7**	0,0	**-1,1**	**-0,6**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	3,7	**2,3**	**0,9**	0,0	**-0,6**	**-0,4**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	
401	6	97	calido	neutro	5,0	**2,6**	**0,7**	9,9	**8,8**	**4,4**	8,1	**7,8**	**5,6**	7,3	**5,9**	**2,2**	3,7	**3,1**	**2,1**	10,5	**10,4**	**26,0**	1,3	**1,0**	**0,7**	2,6	**2,5**	**4,2**	5,3	**5,3**	
402	7	97	calido	neutro										15,7	**14,3**	**5,3**							21,1	**20,8**	**14,9**						
404	8	97	calido	salino	13,7	**11,3**	**3,2**				0,0	**-0,3**	**-0,2**	17,8	**16,4**	**6,1**	14,1	**13,5**	**9,0**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	15,8	**15,5**	**11,1**	13,2	**13,1**	**21,8**	0,0	**0,0**	
408	12	97	neutro	salino	31,7	**29,3**	**8,4**	17,4	**16,3**	**8,2**	13,7	**13,4**	**9,6**	39,8	**38,4**	**14,2**	20,4	**19,8**	**13,2**	12,0	**11,9**	**29,8**	40,8	**40,5**	**28,9**	10,5	**10,4**	**17,3**	13,2	**13,2**	
409	1	98	neutro	salino																			26,3	**26,0**	**18,6**				15,8	**15,8**	
410	3	98	neutro	salino	14,3	**11,9**	**3,4**	6,8	**5,7**	**2,9**	13,0	**12,7**	**9,1**	10,5	**9,1**	**3,4**	6,8	**6,2**	**4,1**	4,7	**4,6**	**11,5**	6,6	**6,3**	**4,5**	3,9	**3,8**	**6,3**	0,0	**0,0**	
413	6	98	calido	salino	4,3	**1,9**	**0,5**	5,0	**3,9**	**2,0**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-1,4**	**-0,5**	2,1	**1,5**	**1,0**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	
430	2	2000	frio	neutro	6,8	**4,4**	**1,3**	0,6	**-0,5**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-1,4**	**-0,5**	0,0	**-0,6**	**-0,4**	0,0	**-0,1**	**-0,3**	0,0	**-0,3**	**-0,2**	0,0	**-0,1**	**-0,2**	0,0	**0,0**	

ASAA PPM 20					SECTOR OESTE									SECTOR CENTRO									SECTOR ESTE								
					TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
					PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom
					11,6	9,3	std	22,6	10,3	std	41,1	10,2	std	11,5	7,7	std	21,0	11,0	std	35,5	9,6	std	10,6	7,2	std	18,6	10,8	std	31,1	11,8	std
CRU	MES	AÑO	TSM	SSM	PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM	
268	12	82	cálido		5,0	**-6,6**	**-0,7**				27,3	**-13,8**	**-1,4**	9,9	**-1,6**	**-0,2**				6,8	**-28,7**	**-3,0**	0,0	**-10,6**	**-1,5**				21,1	**-10,0**	**-0,8**
270	2	83	calido	neutro	0,0	**-11,6**	**-1,2**	13,7	**-8,9**	**-0,9**							15,2	**-5,8**	**-0,5**												
274	5	83	calido	salino	0,0	**-11,6**	**-1,2**	14,3	**-8,3**	**-0,8**	19,3	**-21,8**	**-2,1**	0,0	**-11,5**	**-1,5**	20,9	**-0,1**	**0,0**	9,9	**-25,6**	**-2,7**	0,0	**-10,6**	**-1,5**	14,5	**-4,1**	**-0,4**	1,3	**-29,8**	**-2,5**
277	9	83	calido	salino	10,6	**-1,0**	**-0,1**	16,8	**-5,8**	**-0,6**	21,1	**-20,0**	**-2,0**	7,9	**-3,6**	**-0,5**	13,1	**-7,9**	**-0,7**	17,8	**-17,7**	**-1,8**	1,3	**-9,3**	**-1,3**	10,5	**-8,1**	**-0,8**	15,8	**-15,3**	**-1,3**
278	10	83	neutro	salino	6,2	**-5,4**	**-0,6**	14,3	**-8,3**	**-0,8**				1,0	**-10,5**	**-1,4**	27,7	**6,7**	**0,6**				1,3	**-9,3**	**-1,3**	35,5	**16,9**	**1,6**			
280	12	83	cálido		0,0	**-11,6**	**-1,2**				55,3	**14,2**	**1,4**	3,7	**-7,8**	**-1,0**				34,6	**-0,9**	**-0,1**	2,6	**-8,0**	**-1,1**				26,3	**-4,8**	**-0,4**
285	6	84	cálido		0,6	**-11,0**	**-1,2**				36,6	**-4,5**	**-0,4**	1,6	**-9,9**	**-1,3**				30,4	**-5,1**	**-0,5**	0,0	**-10,6**	**-1,5**				23,7	**-7,4**	**-0,6**
288	8	84	neutro	salino	0,0	**-11,6**	**-1,2**	0,0	**-22,6**	**-2,2**	45,3	**4,2**	**0,4**	0,0	**-11,5**	**-1,5**	0,5	**-20,5**	**-1,9**	42,4	**6,9**	**0,7**	0,0	**-10,6**	**-1,5**	7,9	**-10,7**	**-1,0**	17,1	**-14,0**	**-1,2**
297	3	85	neutro	salino	0,0	**-11,6**	**-1,2**	10,6	**-12,0**	**-1,2**				0,0	**-11,5**	**-1,5**	14,7	**-6,3**	**-0,6**	45,0	**9,5**	**1,0**	0,0	**-10,6**	**-1,5**	17,1	**-1,5**	**-0,1**	36,8	**5,7**	**0,5**
308	1	87	cálido		18,0	**6,4**	**0,7**	45,3	**22,7**	**2,2**	55,3	**14,2**	**1,4**	22,0	**10,5**	**1,4**	36,1	**15,1**	**1,4**	60,2	**24,7**	**2,6**	7,9	**-2,7**	**-0,4**	18,4	**-0,2**	**0,0**	48,7	**17,6**	**1,5**
309	5	87	neutro	no salino	31,7	**20,1**	**2,2**	29,2	**6,6**	**0,6**	49,7	**8,6**	**0,8**	25,7	**14,2**	**1,8**	44,5	**23,5**	**2,1**	39,8	**4,3**	**0,4**	21,1	**10,5**	**1,5**	35,5	**16,9**	**1,6**	36,8	**5,7**	**0,5**
312	12	87	neutro	no salino	14,3	**2,7**	**0,3**	15,5	**-7,1**	**-0,7**	50,3	**9,2**	**0,9**	14,1	**2,6**	**0,3**	23,6	**2,6**	**0,2**	47,1	**11,6**	**1,2**	13,2	**2,6**	**0,4**	22,4	**3,8**	**0,4**	42,1	**11,0**	**0,9**
321	12	88	frio	neutro	15,5	**3,9**	**0,4**	23,0	**0,4**	**0,0**	44,1	**3,0**	**0,3**	15,2	**3,7**	**0,5**	26,2	**5,2**	**0,5**	35,6	**0,1**	**0,0**	7,9	**-2,7**	**-0,4**	25,0	**6,4**	**0,6**	36,8	**5,7**	**0,5**
338	8	91	neutro	no salino	8,7	**-2,9**	**-0,3**	46,0	**23,4**	**2,3**	34,8	**-6,3**	**-0,6**	13,6	**2,1**	**0,3**	39,3	**18,3**	**1,7**	43,5	**8,0**	**0,8**	14,5	**3,9**	**0,5**	34,2	**15,6**	**1,4**	28,9	**-2,2**	**-0,2**
342	1	92	cálido		0,0	**-11,6**	**-1,2**				37,3	**-3,8**	**-0,4**	0,0	**-11,5**	**-1,5**				38,7	**3,2**	**0,3**	0,0	**-10,6**	**-1,5**				28,9	**-2,2**	**-0,2**
343	2	92	cálido		0,0	**-11,6**	**-1,2**	17,4	**-5,2**	**-0,5**				0,0	**-11,5**	**-1,5**	14,1	**-6,9**	**-0,6**				0,0	**-10,6**	**-1,5**	3,9	**-14,7**	**-1,4**			
345	3	92	cálido		0,0	**-11,6**	**-1,2**	13,0	**-9,6**	**-0,9**	33,5	**-7,6**	**-0,7**	0,0	**-11,5**	**-1,5**	17,8	**-3,2**	**-0,3**	38,7	**3,2**	**0,3**	0,0	**-10,6**	**-1,5**	27,6	**9,0**	**0,8**	23,7	**-7,4**	**-0,6**
346	5	92	cálido		0,0	**-11,6**	**-1,2**	27,3	**4,7**	**0,5**	37,9	**-3,2**	**-0,3**	0,0	**-11,5**	**-1,5**	6,3	**-14,7**	**-1,3**	28,8	**-6,7**	**-0,7**	1,3	**-9,3**	**-1,3**	0,0	**-18,6**	**-1,7**	6,6	**-24,5**	**-2,1**
347	6	92	cálido		0,6	**-11,0**	**-1,2**	1,2	**-21,4**	**-2,1**	29,8	**-11,3**	**-1,1**	0,5	**-11,0**	**-1,4**	22,5	**1,5**	**0,1**	30,4	**-5,1**	**-0,5**	0,0	**-10,6**	**-1,5**	7,9	**-10,7**	**-1,0**	11,8	**-19,3**	**-1,6**
362	9	93	neutro	salino	0,0	**-11,6**	**-1,2**	0,0	**-22,6**	**-2,2**	36,0	**-5,1**	**-0,5**	0,0	**-11,5**	**-1,5**	4,7	**-16,3**	**-1,5**	25,1	**-10,4**	**-1,1**	0,0	**-10,6**	**-1,5**	0,0	**-18,6**	**-1,7**	0,0	**-31,1**	**-2,6**
364	12	93	frio	neutro	1,9	**-9,7**	**-1,0**	4,3	**-18,3**	**-1,8**	38,5	**-2,6**	**-0,3**	4,2	**-7,3**	**-0,9**	13,6	**-7,4**	**-0,7**	29,8	**-5,7**	**-0,6**	5,3	**-5,3**	**-0,7**	10,5	**-8,1**	**-0,8**	21,1	**-10,0**	**-0,8**
401	6	97	calido	neutro	3,1	**-8,5**	**-0,9**	21,7	**-0,9**	**-0,1**	36,0	**-5,1**	**-0,5**	5,8	**-5,7**	**-0,7**	3,1	**-17,9**	**-1,6**	28,3	**-7,2**	**-0,8**	2,6	**-8,0**	**-1,1**	1,3	**-17,3**	**-1,6**	48,7	**17,6**	**1,5**
402	7	97	calido	neutro										8,9	**-2,6**	**-0,3**							0,0	**-10,6**	**-1,5**						
404	8	97	calido	salino	13,0	**1,4**	**0,2**				61,5	**20,4**	**2,0**	11,0	**-0,5**	**-0,1**	14,1	**-6,9**	**-0,6**	43,5	**8,0**	**0,8**	1,3	**-9,3**	**-1,3**	10,5	**-8,1**	**-0,8**	19,7	**-11,4**	**-1,0**
408	12	97	neutro	salino	0,0	**-11,6**	**-1,2**	11,8	**-10,8**	**-1,0**	23,0	**-18,1**	**-1,8**	0,0	**-11,5**	**-1,5**	5,8	**-15,2**	**-1,4**	4,2	**-31,3**	**-3,3**	0,0	**-10,6**	**-1,5**	0,0	**-18,6**	**-1,7**	0,0	**-31,1**	**-2,6**
409	1	98	neutro	salino																			0,0	**-10,6**	**-1,5**				0,0	**-31,1**	**-2,6**
410	3	98	neutro	salino	23,0	**11,4**	**1,2**	19,9	**-2,7**	**-0,3**	29,8	**-11,3**	**-1,1**	22,5	**11,0**	**1,4**	14,7	**-6,3**	**-0,6**	41,9	**6,4**	**0,7**	23,7	**13,1**	**1,8**	17,1	**-1,5**	**-0,1**	34,2	**3,1**	**0,3**
413	6	98	calido	salino	8,7	**-2,9**	**-0,3**	23,6	**1,0**	**0,1**	47,2	**6,1**	**0,6**	16,8	**5,3**	**0,7**	20,4	**-0,6**	**-0,1**	44,5	**9,0**	**0,9**	1,3	**-9,3**	**-1,3**	31,6	**13,0**	**1,2**	44,7	**13,6**	**1,2**
430	2	2000	frio	neutro	4,3	**-7,3**	**-0,8**	28,0	**5,4**	**0,5**	39,1	**-2,0**	**-0,2**	12,6	**1,1**	**0,1**	33,0	**12,0**	**1,1**	36,1	**0,6**	**0,1**	7,9	**-2,7**	**-0,4**	28,9	**10,3**	**1,0**	30,3	**-0,8**	**-0,1**

Tabla 69

Valores de Porcentaje de Área Ocupada (PAO) por el AESS a PPM20 y PPM50 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE)

AESS PPM 20					SECTOR OESTE									SECTOR CENTRO									SECTOR ESTE								
					TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
					PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom
					93,5	4,5	std	93,5	5,4	std	89,1	8,0	std	94,9	3,5	std	94,3	4,9	std	92,2	6,1	std	97,8	2,2	std	96,8	3,2	std	95,4	4,4	std
CRU	MES	AÑO	TSM	SSM	PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM	
268	12	82	cálido		89,4	**-4,1**	**-0,9**				88,8	**-0,3**	**0,0**	89,0	**-5,9**	**-1,7**				90,1	**-2,1**	**-0,3**	93,4	**-4,4**	**-1,8**				88,2	**-7,2**	**-1,6**
270	2	83	calido	neutro	88,2	**-5,3**	**-1,2**	97,5	**4,0**	**0,7**							90,1	**-4,2**	**-0,9**												
274	5	83	calido	salino	82,0	**-11,5**	**-2,6**	82,0	**-11,5**	**-2,1**	87,0	**-2,1**	**-0,3**	84,3	**-10,6**	**-3,0**	82,2	**-12,1**	**-2,5**	79,6	**-12,6**	**-2,1**	88,2	**-9,6**	**-4,0**	88,2	**-8,6**	**-2,7**	80,3	**-15,1**	**-3,4**
277	9	83	calido	salino	80,7	**-12,8**	**-2,8**	75,2	**-18,3**	**-3,4**	95,7	**6,6**	**0,8**	92,7	**-2,2**	**-0,6**	83,8	**-10,5**	**-2,1**	81,7	**-10,5**	**-1,7**	100,0	**2,2**	**0,9**	96,1	**-0,7**	**-0,2**	92,1	**-3,3**	**-0,8**
278	10	83	neutro	salino	80,1	**-13,4**	**-3,0**	97,5	**4,0**	**0,7**				95,8	**0,9**	**0,3**	100,0	**5,7**	**1,2**				100,0	**2,2**	**0,9**	100,0	**3,2**	**1,0**			
280	12	83	cálido		93,2	**-0,3**	**-0,1**				90,1	**1,0**	**0,1**	96,3	**1,4**	**0,4**				92,7	**0,5**	**0,1**	98,7	**0,9**	**0,4**				98,7	**3,3**	**0,7**
285	6	84	cálido		86,3	**-7,2**	**-1,6**				100,0	**10,9**	**1,4**	90,1	**-4,8**	**-1,4**				100,0	**7,8**	**1,3**	98,7	**0,9**	**0,4**				100,0	**4,6**	**1,0**
288	8	84	neutro	salino	97,5	**4,0**	**0,9**	100,0	**6,5**	**1,2**	100,0	**10,9**	**1,4**	97,4	**2,5**	**0,7**	100,0	**5,7**	**1,2**	100,0	**7,8**	**1,3**	100,0	**2,2**	**0,9**	100,0	**3,2**	**1,0**	100,0	**4,6**	**1,0**
297	3	85	neutro	salino																											
308	1	87	cálido		86,3	**-7,2**	**-1,6**	73,9	**-19,6**	**-3,6**	69,6	**-19,5**	**-2,4**	88,0	**-6,9**	**-2,0**	81,7	**-12,6**	**-2,6**	73,8	**-18,4**	**-3,0**	94,7	**-3,1**	**-1,3**	90,8	**-6,0**	**-1,9**	81,6	**-13,8**	**-3,1**
309	5	87	neutro	baja Sali	83,9	**-9,6**	**-2,1**	85,7	**-7,8**	**-1,4**	80,1	**-9,0**	**-1,1**	94,2	**-0,7**	**-0,2**	86,4	**-7,9**	**-1,6**	86,4	**-5,8**	**-1,0**	96,1	**-1,7**	**-0,7**	82,9	**-13,9**	**-4,3**	97,4	**2,0**	**0,5**
312	12	87	neutro	baja Sali	93,2	**-0,3**	**-0,1**	88,2	**-5,3**	**-1,0**	83,2	**-5,9**	**-0,7**	93,7	**-1,2**	**-0,3**	89,5	**-4,8**	**-1,0**	85,9	**-6,3**	**-1,0**	96,1	**-1,7**	**-0,7**	96,1	**-0,7**	**-0,2**	92,1	**-3,3**	**-0,8**
321	12	88	frio	neutro	93,8	**0,3**	**0,1**	93,2	**-0,3**	**-0,1**	88,2	**-0,9**	**-0,1**	94,2	**-0,7**	**-0,2**	92,7	**-1,6**	**-0,3**	89,5	**-2,7**	**-0,4**	98,7	**0,9**	**0,4**	94,7	**-2,1**	**-0,7**	92,1	**-3,3**	**-0,8**
338	8	91	neutro	baja Sali	100,0	**6,5**	**1,4**	100,0	**6,5**	**1,2**	99,4	**10,3**	**1,3**	100,0	**5,1**	**1,5**	100,0	**5,7**	**1,2**	86,9	**-5,3**	**-0,9**	100,0	**2,2**	**0,9**	100,0	**3,2**	**1,0**	96,1	**0,7**	**0,2**
342	1	92	cálido		95,0	**1,5**	**0,3**				88,2	**-0,9**	**-0,1**	94,2	**-0,7**	**-0,2**				94,2	**2,0**	**0,3**	96,1	**-1,7**	**-0,7**				96,1	**0,7**	**0,2**
343	2	92	cálido		88,2	**-5,3**	**-1,2**	88,2	**-5,3**	**-1,0**				90,6	**-4,3**	**-1,2**	90,1	**-4,2**	**-0,9**				97,4	**-0,4**	**-0,2**	96,1	**-0,7**	**-0,2**			
345	3	92	cálido		90,1	**-3,4**	**-0,8**	88,8	**-4,7**	**-0,9**	87,6	**-1,5**	**-0,2**	93,7	**-1,2**	**-0,3**	89,0	**-5,3**	**-1,1**	88,5	**-3,7**	**-0,6**	94,7	**-3,1**	**-1,3**	88,2	**-8,6**	**-2,7**	92,1	**-3,3**	**-0,8**
346	5	92	cálido		85,7	**-7,8**	**-1,7**	83,2	**-10,3**	**-1,9**	89,4	**0,3**	**0,0**	82,7	**-12,2**	**-3,5**	82,2	**-12,1**	**-2,5**	89,0	**-3,2**	**-0,5**	88,2	**-9,6**	**-4,0**	85,5	**-11,3**	**-3,5**	96,1	**0,7**	**0,2**
347	6	92	cálido		89,4	**-4,1**	**-0,9**	85,1	**-8,4**	**-1,6**	100,0	**10,9**	**1,4**	90,1	**-4,8**	**-1,4**	96,9	**2,6**	**0,5**	100,0	**7,8**	**1,3**	100,0	**2,2**	**0,9**	100,0	**3,2**	**1,0**	100,0	**4,6**	**1,0**
362	9	93	neutro	salino	88,8	**-4,7**	**-1,0**	100,0	**6,5**	**1,2**	100,0	**10,9**	**1,4**	89,5	**-5,4**	**-1,5**	100,0	**5,7**	**1,2**	100,0	**7,8**	**1,3**	97,4	**-0,4**	**-0,2**	100,0	**3,2**	**1,0**	100,0	**4,6**	**1,0**
364	12	93	frio	neutro	93,2	**-0,3**	**-0,1**	93,8	**0,3**	**0,1**	100,0	**10,9**	**1,4**	94,2	**-0,7**	**-0,2**	92,7	**-1,6**	**-0,3**	99,5	**7,3**	**1,2**	97,4	**-0,4**	**-0,2**	96,1	**-0,7**	**-0,2**	98,7	**3,3**	**0,7**
401	6	97	calido	neutro	91,3	**-2,2**	**-0,5**	85,1	**-8,4**	**-1,6**	85,1	**-4,0**	**-0,5**	89,0	**-5,9**	**-1,7**	94,2	**-0,1**	**0,0**	83,8	**-8,4**	**-1,4**	93,4	**-4,4**	**-1,8**	96,1	**-0,7**	**-0,2**	88,2	**-7,2**	**-1,6**
402	7	97	calido	neutro										81,2	**-13,7**	**-3,9**							69,7	**-28,1**	**-11,7**						
404	8	97	calido	salino	85,1	**-8,4**	**-1,9**				65,8	**-23,3**	**-2,9**	80,6	**-14,3**	**-4,1**	80,6	**-13,7**	**-2,8**	70,2	**-22,0**	**-3,6**	81,6	**-16,2**	**-6,8**	81,6	**-15,2**	**-4,8**	81,6	**-13,8**	**-3,1**
408	12	97	neutro	salino	68,3	**-25,2**	**-5,6**	82,6	**-10,9**	**-2,0**	86,3	**-2,8**	**-0,4**	60,2	**-34,7**	**-9,9**	79,6	**-14,7**	**-3,0**	88,0	**-4,2**	**-0,7**	59,2	**-38,6**	**-16,1**	90,8	**-6,0**	**-1,9**	86,8	**-8,6**	**-2,0**
409	1	98	neutro	salino																			75,0	**-22,8**	**-9,5**				84,2	**-11,2**	**-2,5**
410	3	98	neutro	salino	85,1	**-8,4**	**-1,9**	92,5	**-1,0**	**-0,2**	84,5	**-4,6**	**-0,6**	89,5	**-5,4**	**-1,5**	92,1	**-2,2**	**-0,4**	89,0	**-3,2**	**-0,5**	93,4	**-4,4**	**-1,8**	93,4	**-3,4**	**-1,1**	96,1	**0,7**	**0,2**
413	6	98	calido	salino	89,4	**-4,1**	**-0,9**	94,4	**0,9**	**0,2**	90,1	**1,0**	**0,1**	96,3	**1,4**	**0,4**	96,3	**2,0**	**0,4**	95,3	**3,1**	**0,5**	100,0	**2,2**	**0,9**	96,1	**-0,7**	**-0,2**	97,4	**2,0**	**0,5**
430	2	2000	frio	neutro	88,2	**-5,3**	**-1,2**	88,2	**-5,3**	**-1,0**	93,2	**4,1**	**0,5**	93,7	**-1,2**	**-0,3**	90,1	**-4,2**	**-0,9**	95,8	**3,6**	**0,6**	96,1	**-1,7**	**-0,7**	94,7	**-2,1**	**-0,7**	94,7	**-0,7**	**-0,2**

AESS PPM 50					SECTOR OESTE									SECTOR CENTRO									SECTOR ESTE								
					TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
					PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom
					81,5	3,7	std	81,5	5,8	std	71,7	7,6	std	87,2	3,6	std	84,2	5,7	std	78,1	6,0	std	91,8	3,1	std	89,0	5,2	std	85,0	7,1	std
CRU	MES	AÑO	TSM	SSM	PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM	
268	12	82	cálido		81,4	**-0,1**	**0,0**				77,6	**5,9**	**0,8**	78,0	**-9,2**	**-2,6**				84,8	**6,7**	**1,1**	82,9	**-8,9**	**-2,9**				81,6	**-3,4**	**-0,5**
270	2	83	calido	neutro	80,1	**-1,4**	**-0,4**	76,4	**-5,1**	**-0,9**							80,6	**-3,6**	**-0,6**						**0,0**						
274	5	83	calido	salino	73,3	**-8,2**	**-2,2**	71,4	**-10,1**	**-1,7**	72,0	**0,3**	**0,0**	73,8	**-13,4**	**-3,7**	69,1	**-15,1**	**-2,6**	71,7	**-6,4**	**-1,1**	69,7	**-22,1**	**-7,1**	71,1	**-17,9**	**-3,4**	69,7	**-15,3**	**-2,2**
277	9	83	calido	salino	72,0	**-9,5**	**-2,6**	65,8	**-15,7**	**-2,7**	67,1	**-4,6**	**-0,6**	80,1	**-7,1**	**-2,0**	73,8	**-10,4**	**-1,8**	71,7	**-6,4**	**-1,1**	90,8	**-1,0**	**-0,3**	82,9	**-6,1**	**-1,2**	72,4	**-12,6**	**-1,8**
278	10	83	neutro	salino	73,9	**-7,6**	**-2,1**	73,9	**-7,6**	**-1,3**				82,7	**-4,5**	**-1,3**	77,0	**-7,2**	**-1,3**				96,1	**4,3**	**1,4**	90,8	**1,8**	**0,3**			
280	12	83	cálido		85,7	**4,2**	**1,1**				67,1	**-4,6**	**-0,6**	90,6	**3,4**	**0,9**				82,2	**4,1**	**0,7**	94,7	**2,9**	**0,9**				93,4	**8,4**	**1,2**
285	6	84	cálido		81,4	**-0,1**	**0,0**				78,3	**6,6**	**0,9**	84,3	**-2,9**	**-0,8**				83,8	**5,7**	**1,0**	90,8	**-1,0**	**-0,3**				97,4	**12,4**	**1,7**
288	8	84	neutro	salino	81,4	**-0,1**	**0,0**	87,6	**6,1**	**1,1**	74,5	**2,8**	**0,4**	85,3	**-1,9**	**-0,5**	88,5	**4,3**	**0,8**	78,5	**0,4**	**0,1**	82,9	**-8,9**	**-2,9**	88,2	**-0,8**	**-0,2**	92,1	**7,1**	**1,0**
297	3	85	neutro	salino																					**0,0**						
308	1	87	cálido		78,9	**-2,6**	**-0,7**	62,1	**-19,4**	**-3,3**	60,2	**-11,5**	**-1,5**	79,1	**-8,1**	**-2,3**	68,6	**-15,6**	**-2,7**	59,2	**-18,9**	**-3,2**	85,5	**-6,3**	**-2,0**	84,2	**-4,8**	**-0,9**	69,7	**-15,3**	**-2,2**
309	5	87	neutro	baja Sali	72,0	**-9,5**	**-2,6**	75,2	**-6,3**	**-1,1**	68,3	**-3,4**	**-0,4**	86,4	**-0,8**	**-0,2**	75,4	**-8,8**	**-1,5**	74,9	**-3,2**	**-0,5**	86,8	**-5,0**	**-1,6**	73,7	**-15,3**	**-2,9**	84,2	**-0,8**	**-0,1**
312	12	87	neutro	baja Sali	87,0	**5,5**	**1,5**	80,1	**-1,4**	**-0,2**	68,9	**-2,8**	**-0,4**	87,4	**0,2**	**0,1**	82,7	**-1,5**	**-0,3**	72,8	**-5,3**	**-0,9**	92,1	**0,3**	**0,1**	88,2	**-0,8**	**-0,2**	77,6	**-7,4**	**-1,0**
321	12	88	frio	neutro	87,0	**5,5**	**1,5**	87,0	**5,5**	**0,9**	75,2	**3,5**	**0,5**	89,0	**1,8**	**0,5**	83,8	**-0,4**	**-0,1**	79,1	**1,0**	**0,2**	93,4	**1,6**	**0,5**	89,5	**0,5**	**0,1**	80,3	**-4,7**	**-0,7**
338	8	91	neutro	baja Sali	88,8	**7,3**	**2,0**	74,5	**-7,0**	**-1,2**	80,1	**8,4**	**1,1**	88,5	**1,3**	**0,4**	81,2	**-3,0**	**-0,5**	78,0	**-0,1**	**0,0**	92,1	**0,3**	**0,1**	78,9	**-10,1**	**-1,9**	85,5	**0,5**	**0,1**
342	1	92	cálido		91,3	**9,8**	**2,6**				72,7	**1,0**	**0,1**	90,1	**2,9**	**0,8**				77,5	**-0,6**	**-0,1**	89,5	**-2,3**	**-0,7**				86,8	**1,8**	**0,3**
343	2	92	cálido		83,2	**1,7**	**0,5**	83,2	**1,7**	**0,3**				85,3	**-1,9**	**-0,5**	84,8	**0,6**	**0,1**				92,1	**0,3**	**0,1**	89,5	**0,5**	**0,1**			
345	3	92	cálido		84,5	**3,0**	**0,8**	83,2	**1,7**	**0,3**	76,4	**4,7**	**0,6**	85,9	**-1,3**	**-0,4**	81,7	**-2,5**	**-0,4**	72,3	**-5,8**	**-1,0**	86,8	**-5,0**	**-1,6**	78,9	**-10,1**	**-1,9**	81,6	**-3,4**	**-0,5**
346	5	92	cálido		78,9	**-2,6**	**-0,7**	68,3	**-13,2**	**-2,3**	79,5	**7,8**	**1,0**	78,0	**-9,2**	**-2,6**	77,0	**-7,2**	**-1,3**	74,9	**-3,2**	**-0,5**	77,6	**-14,2**	**-4,6**	80,3	**-8,7**	**-1,7**	72,4	**-12,6**	**-1,8**
347	6	92	cálido		81,4	**-0,1**	**0,0**	78,9	**-2,6**	**-0,4**	75,2	**3,5**	**0,5**	85,9	**-1,3**	**-0,4**	82,2	**-2,0**	**-0,4**	80,6	**2,5**	**0,4**	86,8	**-5,0**	**-1,6**	94,7	**5,7**	**1,1**	96,1	**11,1**	**1,6**
362	9	93	neutro	salino	83,9	**2,4**	**0,6**	83,2	**1,7**	**0,3**	75,2	**3,5**	**0,5**	85,3	**-1,9**	**-0,5**	83,8	**-0,4**	**-0,1**	85,3	**7,2**	**1,2**	90,8	**-1,0**	**-0,3**	88,2	**-0,8**	**-0,2**	96,1	**11,1**	**1,6**
364	12	93	frio	neutro	90,1	**8,6**	**2,3**	88,2	**6,7**	**1,2**	79,5	**7,8**	**1,0**	90,1	**2,9**	**0,8**	89,0	**4,8**	**0,8**	86,4	**8,3**	**1,4**	94,7	**2,9**	**0,9**	93,4	**4,4**	**0,8**	88,2	**3,2**	**0,5**
401	6	97	calido	neutro	83,2	**1,7**	**0,5**	76,4	**-5,1**	**-0,9**	76,4	**4,7**	**0,6**	81,7	**-5,5**	**-1,5**	82,2	**-2,0**	**-0,4**	76,4	**-1,7**	**-0,3**	85,5	**-6,3**	**-2,0**	75,0	**-14,0**	**-2,7**	72,4	**-12,6**	**-1,8**
402	7	97	calido	neutro										64,9	**-22,3**	**-6,2**							43,4	**-48,4**	**-15,6**						
404	8	97	calido	salino	73,9	**-7,6**	**-2,1**				56,5	**-15,2**	**-2,0**	69,6	**-17,6**	**-4,9**	70,2	**-14,0**	**-2,5**	61,8	**-16,3**	**-2,7**	67,1	**-24,7**	**-8,0**	72,4	**-16,6**	**-3,2**	68,4	**-16,6**	**-2,3**
408	12	97	neutro	salino	57,1	**-24,4**	**-6,6**	78,3	**-3,2**	**-0,6**	77,6	**5,9**	**0,8**	54,5	**-32,7**	**-9,1**	73,8	**-10,4**	**-1,8**	83,2	**5,1**	**0,9**	52,6	**-39,2**	**-12,6**	80,3	**-8,7**	**-1,7**	76,3	**-8,7**	**-1,2**
409	1	98	neutro	salino																			63,2	**-28,6**	**-9,2**				65,8	**-19,2**	**-2,7**
410	3	98	neutro	salino	70,2	**-11,3**	**-3,1**	77,6	**-3,9**	**-0,7**	67,7	**-4,0**	**-0,5**	73,3	**-13,9**	**-3,9**	79,6	**-4,6**	**-0,8**	71,7	**-6,4**	**-1,1**	75,0	**-16,8**	**-5,4**	80,3	**-8,7**	**-1,7**	80,3	**-4,7**	**-0,7**
413	6	98	calido	salino	75,8	**-5,7**	**-1,5**	83,2	**1,7**	**0,3**	73,3	**1,6**	**0,2**	82,2	**-5,0**	**-1,4**	85,9	**1,7**	**0,3**	81,6	**-9,5**	**-1,6**	84,2	**-7,6**	**-2,5**	81,6	**-7,4**	**-1,4**	77,6	**-7,4**	**-1,0**
430	2	2000	frio	neutro	84,5	**3,0**	**0,8**	81,4	**-0,1**	**0,0**	78,3	**6,6**	**0,9**	89,5	**2,3**	**0,6**	82,7	**-1,5**	**-0,3**	77,5	**-0,6**	**-0,1**	94,7	**2,9**	**0,9**	89,5	**0,5**	**0,1**	89,5	**4,5**	**0,6**

Tabla 70

Valores de Porcentaje de Area Ocupada (PAO) por el AESS a PPM80 de observaciones realizadas en períodos considerados anormales (cálido, frío, salino o baja sanidad). Se incluye el valor del PAO estacional promedio (PROM) y su desviación estándar (DS) con los cuales se calculó la Anomalía (ANOM) y la Anomalía Estandarizada (AE)

AESS PPM 80					SECTOR OESTE									SECTOR CENTRO									SECTOR ESTE								
					TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1			TRANSECTA 5			TRANSECTA 3			TRANSECTA 1		
					PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom	PROM	DS	anom
					61,7	14,7	std	47,9	22,6	std	17,9	21,3	std	67,4	11,5	std	53,9	22,1	std	25,3	23,0	std	72,4	11,8	std	61,9	23,5	std	39,7	25,6	std
CRU	MES	AÑO	TSM	SSM	PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM		PAO	ANOM	
268	12	82	cálido		62,1	**0,4**	**0,0**				53,4	**35,5**	**1,7**	54,5	**-12,9**	**-1,1**				67,0	**41,7**	**1,8**	38,2	**-34,2**	**-2,9**				55,3	**15,6**	**0,6**
270	2	83	calido	neutro	59,6	**-2,1**	**-0,1**	54,7	**6,8**	**0,3**							54,5	**0,6**	**0,0**												
274	5	83	calido	salino	51,6	**-10,1**	**-0,7**	50,3	**2,4**	**0,1**	38,5	**20,6**	**1,0**	52,9	**-14,5**	**-1,3**	51,3	**-2,6**	**-0,1**	42,4	**17,1**	**0,7**	46,1	**-26,3**	**-2,2**	52,6	**-9,3**	**-0,4**	44,7	**5,0**	**0,2**
277	9	83	calido	salino	34,2	**-27,5**	**-1,9**	0,0	**-47,9**	**-2,1**	26,7	**8,8**	**0,4**	28,8	**-38,6**	**-3,4**	24,6	**-29,3**	**-1,3**	25,7	**0,4**	**0,0**	48,7	**-23,7**	**-2,0**	36,8	**-25,1**	**-1,1**	40,8	**1,1**	**0,0**
278	10	83	neutro	salino	52,2	**-9,5**	**-0,6**	12,4	**-35,5**	**-1,6**				57,1	**-10,3**	**-0,9**	0,0	**-53,9**	**-2,4**				63,2	**-9,2**	**-0,8**	0,0	**-61,9**	**-2,6**			
280	12	83	cálido		56,5	**-5,2**	**-0,4**				0,0	**-17,9**	**-0,8**	67,0	**-0,4**	**0,0**				20,9	**-4,4**	**-0,2**	80,3	**7,9**	**0,7**				51,3	**11,6**	**0,5**
285	6	84	cálido		65,8	**4,1**	**0,3**				35,4	**17,5**	**0,8**	70,2	**2,8**	**0,2**				51,8	**26,5**	**1,2**	69,7	**-2,7**	**-0,2**				55,3	**15,6**	**0,6**
288	8	84	neutro	salino	63,4	**1,7**	**0,1**	62,7	**14,8**	**0,7**	39,8	**21,9**	**1,0**	67,5	**0,1**	**0,0**	73,3	**19,4**	**0,9**	40,8	**15,5**	**0,7**	67,1	**-5,3**	**-0,4**	69,7	**7,8**	**0,3**	57,9	**18,2**	**0,7**
297	3	85	neutro	salino																											
308	1	87	cálido		58,4	**-3,3**	**-0,2**	7,5	**-40,4**	**-1,8**	21,7	**3,8**	**0,2**	62,8	**-4,6**	**-0,4**	25,7	**-28,2**	**-1,3**	3,1	**-22,2**	**-1,0**	63,2	**-9,2**	**-0,8**	51,3	**-10,6**	**-0,5**	35,5	**-4,2**	**-0,2**
309	5	87	neutro	baja Sali	59,6	**-2,1**	**-0,1**	36,6	**-11,3**	**-0,5**	11,8	**-6,1**	**-0,3**	67,0	**-0,4**	**0,0**	2,1	**-51,8**	**-2,3**	18,3	**-7,0**	**-0,3**	63,2	**-9,2**	**-0,8**	17,1	**-44,8**	**-1,9**	2,6	**-37,1**	**-1,4**
312	12	87	neutro	baja Sali	57,1	**-4,6**	**-0,3**	62,1	**14,2**	**0,6**	0,0	**-17,9**	**-0,8**	58,1	**-9,3**	**-0,8**	61,8	**7,9**	**0,4**	0,0	**-25,3**	**-1,1**	63,2	**-9,2**	**-0,8**	67,1	**5,2**	**0,2**	1,3	**-38,4**	**-1,5**
321	12	88	frio	neutro	59,6	**-2,1**	**-0,1**	36,0	**-11,9**	**-0,5**	0,0	**-17,9**	**-0,8**	66,5	**-0,9**	**-0,1**	43,5	**-10,4**	**-0,5**	0,0	**-25,3**	**-1,1**	80,3	**7,9**	**0,7**	48,7	**-13,2**	**-0,6**	19,7	**-20,0**	**-0,8**
338	8	91	neutro	baja Sali	36,6	**-25,1**	**-1,7**	0,0	**-47,9**	**-2,1**	33,5	**15,6**	**0,7**	33,0	**-34,4**	**-3,0**	1,0	**-52,9**	**-2,4**	7,9	**-17,4**	**-0,8**	40,8	**-31,6**	**-2,7**	19,7	**-42,2**	**-1,8**	27,6	**-12,1**	**-0,5**
342	1	92	cálido		77,0	**15,3**	**1,0**				44,1	**26,2**	**1,2**	80,1	**12,7**	**1,1**				27,7	**2,4**	**0,1**	76,3	**3,9**	**0,3**				64,5	**24,8**	**1,0**
343	2	92	cálido		67,1	**5,4**	**0,4**	53,4	**5,5**	**0,2**				69,1	**1,7**	**0,1**	63,4	**9,5**	**0,4**				59,2	**-13,2**	**-1,1**	50,0	**-11,9**	**-0,5**			
345	3	92	cálido		59,0	**-2,7**	**-0,2**	67,1	**19,2**	**0,8**	15,5	**-2,4**	**-0,1**	56,0	**-11,4**	**-1,0**	55,5	**1,6**	**0,1**	7,3	**-18,0**	**-0,8**	68,4	**-4,0**	**-0,3**	39,5	**-22,4**	**-1,0**	35,5	**-4,2**	**-0,2**
346	5	92	cálido		60,2	**-1,5**	**-0,1**	28,0	**-19,9**	**-0,9**	41,0	**23,1**	**1,1**	67,0	**-0,4**	**0,0**	51,3	**-2,6**	**-0,1**	27,7	**2,4**	**0,1**	68,4	**-4,0**	**-0,3**	51,3	**-10,6**	**-0,5**	1,3	**-38,4**	**-1,5**
347	6	92	cálido		52,2	**-9,5**	**-0,6**	44,7	**-3,2**	**-0,1**	6,2	**-11,7**	**-0,5**	60,2	**-7,2**	**-0,6**	41,9	**-12,0**	**-0,5**	39,3	**14,0**	**0,6**	63,2	**-9,2**	**-0,8**	72,4	**10,5**	**0,4**	53,9	**14,2**	**0,6**
362	9	93	neutro	salino	60,9	**-0,8**	**-0,1**	62,1	**14,2**	**0,6**	24,8	**6,9**	**0,3**	54,5	**-12,9**	**-1,1**	65,4	**11,5**	**0,5**	57,6	**32,3**	**1,4**	57,9	**-14,5**	**-1,2**	69,7	**7,8**	**0,3**	65,8	**26,1**	**1,0**
364	12	93	frio	neutro	71,4	**9,7**	**0,7**	55,3	**7,4**	**0,3**	0,0	**-17,9**	**-0,8**	72,8	**5,4**	**0,5**	72,8	**18,9**	**0,9**	42,9	**17,6**	**0,8**	82,9	**10,5**	**0,9**	85,5	**23,6**	**1,0**	72,4	**32,7**	**1,3**
401	6	97	calido	neutro	62,7	**1,0**	**0,1**	46,0	**-1,9**	**-0,1**	11,8	**-6,1**	**-0,3**	63,9	**-3,5**	**-0,3**	50,8	**-3,1**	**-0,1**	47,1	**21,8**	**0,9**	60,5	**-11,9**	**-1,0**	40,8	**-21,1**	**-0,9**	32,9	**-6,8**	**-0,3**
402	7	97	calido	neutro										46,6	**-20,8**	**-1,8**							23,7	**-48,7**	**-4,1**						
404	8	97	calido	salino	50,9	**-10,8**	**-0,7**				0,0	**-17,9**	**-0,8**	45,0	**-22,4**	**-1,9**	46,6	**-7,3**	**-0,3**	7,9	**-17,4**	**-0,8**	43,4	**-29,0**	**-2,5**	43,4	**-18,5**	**-0,8**	36,8	**-2,9**	**-0,1**
408	12	97	neutro	salino	41,0	**-20,7**	**-1,4**	49,1	**1,2**	**0,1**	47,2	**29,3**	**1,4**	31,9	**-35,5**	**-3,1**	23,0	**-30,9**	**-1,4**	23,6	**-1,7**	**-0,1**	11,8	**-60,6**	**-5,1**	0,0	**-61,9**	**-2,6**	7,9	**-31,8**	**-1,2**
409	1	98	neutro	salino																			31,6	**-40,8**	**-3,5**				28,9	**-10,8**	**-0,4**
410	3	98	neutro	salino	31,7	**-30,0**	**-2,0**	25,5	**-22,4**	**-1,0**	26,1	**8,2**	**0,4**	31,4	**-36,0**	**-3,1**	33,0	**-20,9**	**-0,9**	8,4	**-16,9**	**-0,7**	28,9	**-43,5**	**-3,7**	35,5	**-26,4**	**-1,1**	1,3	**-38,4**	**-1,5**
413	6	98	calido	salino	44,1	**-17,6**	**-1,2**	33,5	**-14,4**	**-0,6**	0,0	**-17,9**	**-0,8**	40,8	**-26,6**	**-2,3**	49,7	**-4,2**	**-0,2**	0,0	**-25,3**	**-1,1**	50,0	**-22,4**	**-1,9**	51,3	**-10,6**	**-0,5**	22,4	**-17,3**	**-0,7**
430	2	2000	frio	neutro	49,1	**-12,6**	**-0,9**	56,5	**8,6**	**0,4**	2,5	**-15,4**	**-0,7**	58,6	**-8,8**	**-0,8**	52,4	**-1,5**	**-0,1**	11,5	**-13,8**	**-0,6**	86,8	**14,4**	**1,2**	53,9	**-8,0**	**-0,3**	31,6	**-8,1**	**-0,3**

A N E X O S

A N E X O 1

Personal participante por actividad

PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD

Hernán Reyes R.	Oceanógrafo Oceanografía, Participación Cruceros, toma de datos, procesamiento muestras de salinidad, análisis de información histórica, preparación de informe y boletines mensuales.
José Raúl Cañon C.	Oceanógrafo - CORPESCA Embarcado, toma de datos en estaciones fijas de monitoreo. Apoyo logístico. Preparación Boletines mensuales Componente “Condiciones Ambientales Regionales”
Victor Catasti B.	Ingeniero Pesquero Participación cruceros, procesamiento y análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar, semanales y mensuales y su asociación con huevos y larvas de peces, preparación de informe y boletines mensuales.
Mauricio Braun A.	Biólogo Jefe de Proyecto, Jefe de Crucero, Colecta de muestras, procesamiento y análisis de datos ictioplancton y zooplancton, identificación mensual y estacional de huevos y larvas de peces, análisis de información histórica, coordinación general, preparación de informe y boletines mensuales.
Vivian Valenzuela C.	Biólogo Marino Participación cruceros, colecta de muestras zooplanctónicas, procesamiento y análisis de ictioplancton, medición biomasa zooplanctónica, procesamiento y análisis estaciones costeras de monitoreo.
Juan Saavedra N.	Ingeniero Estadístico Modelamiento estadístico de la densidad de huevos y larvas de anchoveta asociado a variables ambientales

Guillermo Galindo P.	Técnico Participación Cruceros, colecta de muestras de zooplancton, separación de huevos y larvas de peces.
Elisa Pizarro R.	Oceanógrafo Procesamiento y análisis de clorofila ***a*** y contenido de oxígeno disuelto, análisis de información histórica, preparación de informe y boletines mensuales.
Guillermo Pizarro	Técnico Pesquero - CORPESCA Participación Crucero, toma de datos en estaciones fijas de monitoreo.
Jorge Castillo P.	Ingeniero Pesquero Participación Cruceros, toma y proceso de datos acústicos, análisis de datos, preparación de informe.
Marcos Espejo V.	Ingeniero Electrónico Participación Calibración electroacústica sistema EK-500, procesamiento de datos acústicos en tierra.
Hernán Miles U.	Técnico Participación Crucero, colecta de muestras de zooplancton, separación e identificación mensual y estacional de huevos y larvas de peces.

HORAS/HOMBRE POR ACTIVIDAD PRINCIPAL

ASIGNACIÓN HORAS HOMBRE POR ACTIVIDAD PRINCIPAL

CONSULTORES INDEPENDIENTES

Personal	Estandarización y validación de la información por tópicos	Análisis geoestadísticos e integración de la información	Desarrollo de modelos numéricos	Desarrollo Modelo Conceptual y generación de Hipótesis	Total
José L Blanco	190	380	190	90	850
Larry P. Atkinson			190	90	280
A.Valle-Levinson		190			190
Kyung-Hoon Hyun			190		190

Objetivo 2.2.1

Personal	Cruceros y estaciones mensuales	Procesamiento de muestras y datos	Análisis de datos	Elaboración de boletines mensuales, talleres e informes	Total
Hernán Reyes	204	67	80	90	441
Elisa Pizarro	138	36	36	90	300
Victor Catasti	102		30	27	159
José R. Cañon	320	20	30	20	390
Guillermo Pizarro	320				320

Objetivo 2.2.2

Personal	Cruceros y estaciones mensuales	Procesamiento de muestras y datos	Análisis de datos	Elaboración de boletines mensuales e informes	Total
Mauricio Braun	220	20	100	150	490
Vivian Valenzuela	153	84	16	60	313
Hernán Miles	220	300			520
Guillermo Galindo	102	150			252

Objetivo 2.2.3

Personal	Cruceros y estaciones mensuales	Procesamiento de muestras y datos	Análisis de datos	Elaboración de boletines mensuales, talleres e informes	Total
Jorge Castillo	153	80	60	90	383
Marcos Espejo	102				102

Objetivo 2.2.4

Personal	Cruceros y estaciones mensuales	Procesamiento de muestras y datos	Análisis de datos	Elaboración de boletines mensuales, talleres e informes	Total
Mauricio Braun		10	55	128	193
Vivian Valenzuela		83	17	60	160
Hernán Miles		225			225
Elisa Pizarro		26	36	53	115
Victor Catasti			10	50	60
Guillermo Galindo		83			83
José R.Cañon	162	20	60	130	372
Guillermo Pizarro	162	40			202
Hernán Reyes		33	26	40	99

Objetivo 2.2.5

Personal	Cruceros y estaciones mensuales	Procesamiento de muestras y datos	Análisis de datos	Elaboración de boletines mensuales, talleres e informes	Total
Mauricio Braun		10	55	100	165
Vivian Valenzuela		83	17	55	155
Hernán Reyes		34	84	60	178
Jorge Castillo		80	22	90	192
Victor Catasti			20	30	50
Elisa Pizarro		10	34	40	84
Juan Saavedra			90	5	95

A N E X O 2

Calibración de las imágenes satelitales

METODOLOGIA

Calibración de las imágenes satelitales

Uno de los elementos mas relevantes en la recepción de la información obtenida mediante percepción remota es la revisión y calibración de los datos satelitales con registros "***in situ***" (Pettigiani ***et al***., 1992). Por ello y con el objeto de validar las imágenes satelitales se realizó una calibración entre los datos obtenidos a través de sensores remotos y los registrados a través de muestreos "***in situ***".

De esta manera se estimó, para cada estación oceanográfica realizada en los cruceros de prospección, el correspondiente valor de la temperatura a una profundidad de 1 metro utilizando CTD, esto cuando las condiciones del mar así lo permitan.

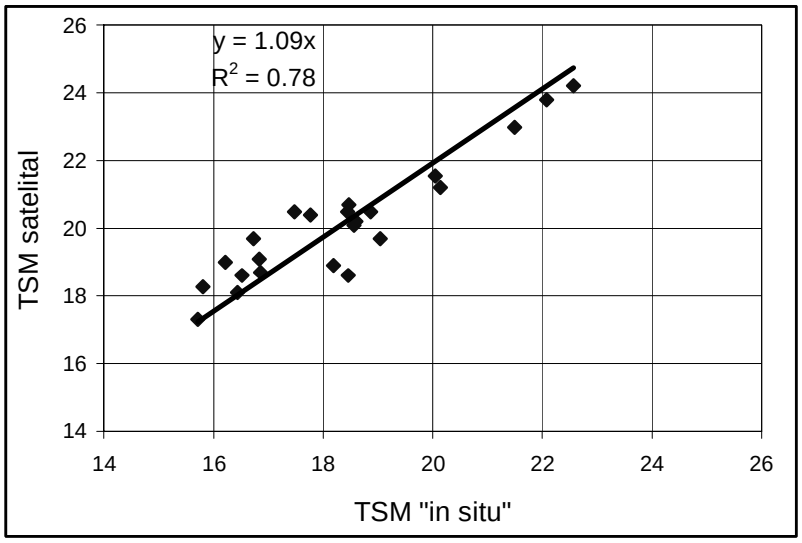
Paralelamente se utilizó el SIG IDRISI, a través del módulo EXTRACT, el cual permitió extraer el valor de TSM satelital del píxel correspondiente a una determinada estación. Posteriormente, con los pares de datos generados se efectuó un análisis a través de modelos de regresión. Cabe señalar que esta metodología ha sido empleada en Chile por diversos autores, entre ellos por Silva ***et al***., (1999) para calibrar y validar imágenes de temperatura y clorofila, Silva (com. pers).

RESULTADOS

La figura presenta la relación entre la TSM satelital y la temperatura “in situ” obtenida por los muestreos oceanográficos realizados en la zona norte de Chile en el mes de diciembre de 2003.

En ella se aprecia un buen grado de asociación entre ambas variables que da cuenta de 78% de la varianza, también se destaca la relación lineal que existe entre las dos variables y que implica que dichas variables posean una misma tendencia. No obstante lo anterior, la TSM satelital es un 9% más alta que la registrada “in situ” lo que podría deberse a que la TSM satélite sólo penetra escasos milímetros en la capa de aguas, en tanto la TSM “in situ” superficial corresponde al primer metro de profundidad.

Sin embargo, a pesar de que la TSM satelital es mayor que la TSM “in situ” es importante destacar que ambas reflejan una misma tendencia y por lo tanto las TSM satelitales son un buen indicador de la estructura térmica del mar ya que contribuyen al conocimiento de fenómenos tales como surgencias, filamentos, gradientes térmicos, etc (Barbieri ***et al***., 1995).



Relación entre la TSM obtenida por sensores remotos y la TSM "***in situ***" para los cruceros realizados en diciembre del año 2003.

A N E X O 3

Archivos
Informe Final (PDF)
y Resumen Ejecutivo (Word)

FONDO INVESTIGACION PESQUERA 2004

2003-01

Proyecto FIP 2003-01

Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y II Regiones, año 2003

ANEXO 3



Mayo, 2005



Sección Documentación,
Difusión y Bibliotecas

IFOP
Valparaíso
Chile