

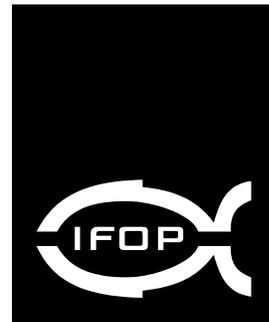


INFORME FINAL

FONDO INVESTIGACION PESQUERA
FIP Nº 2002-01

Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2002





INFORME FINAL

FIP 2002-01

**Monitoreo de las condiciones
bio-oceanográficas
en la I y II Regiones,
año 2002**

• Febrero, 2004 •



REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP

Presidente del Consejo:

Felipe Sandoval Precht

EJECUTOR

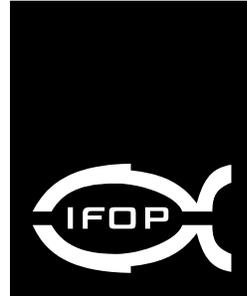
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera:

Jorge Farías Ahumada

Director Ejecutivo:

Guillermo Moreno Paredes



JEFE DE PROYECTO

MAURICIO BRAUN ALEGRÍA

AUTORES

**MAURICIO BRAUN A.
HERNÁN REYES R.
VIVIAN VALENZUELA C.
JORGE CASTILLO P.
JORGE OSSES R.
VICTOR CATASTI B.**

COLABORADORES

**HERNAN MILES U.
GUILLERMO GALINDO P.**

• Febrero, 2004 •



I. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, corresponde al preinforme final del proyecto FIP N° 2002-01 “**Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, Año 2002**”, presentándose los resultados de las condiciones oceanográficas físico-químicas; la distribución geográfica y abundancia de huevos y larvas de los recursos anchoveta, sardina, jurel y caballa y su variabilidad estacional; y la distribución de los recursos detectados por medio de técnicas hidroacústicas en la I y II regiones, registradas durante los cruceros estacionales de monitoreo **MOBIO 0205, MOBIO 0209, MOBIO 0212 y MOBIO 0301**, realizados en otoño, invierno y primavera de 2002 y verano de 2003, respectivamente. Entrega además la serie de tiempo mensual generada producto de la ocupación de las estaciones costeras de vigilancia localizadas frente a los puertos de Mejillones, Iquique y Arica para el período mayo **2002 - mayo 2003** y la abundancia y distribución mensual y estacional de los principales grupos constituyentes del zooplancton.

Los cruceros estacionales de monitoreo se realizaron a bordo de los B/I “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.

Las estaciones bio-oceanográficas se localizaron a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 millas de la costa. En ellas se obtuvieron registros de temperatura y salinidad hasta una profundidad de 500 m, contenido de oxígeno disuelto y clorofila-a hasta una profundidad máxima de 300 m, 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 211 estaciones planctónicas.

Cabe destacar que el crucero de invierno de 2002 – **MOBIO 0209** formó parte del Quinto 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. Por esta razón, se realizó una transecta adicional equidistante 40 mn al sur de Antofagasta, la cual se localizó frente a punta Tres Picos (24°20'S), prolongándose además, hasta las 190 mn las transectas ubicadas frente a punta Copaca y punta Lobos, con estaciones programadas a 130, 160 y 190 mn de la costa. 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 biólogo marino colombiano de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG), responsable del análisis de zooplancton del Programa ERFEN en Colombia, a cargo del centro Control de Contaminación del Pacífico (CCCP), y viajando a Colombia un planctólogo de Chile.

Las condiciones de viento encontradas en los cuatro cruceros se ajustaron a las condiciones normales y similares a las observadas en años anteriores en la zona. Las mayores intensidades de viento se registraron en los cruceros de invierno y primavera y justifican los mayores espesores de la capa de mezcla de esos períodos.



En otoño de 2002, la zona norte de Chile presentó a nivel superficial condiciones de temperatura (TSM) y salinidad (SSM), entre otras variables, dentro de los rangos considerados normales. Se destacó la presencia de anomalías positivas de estas variables, que fueron significativas en la parte sur de la zona y que serían provocadas por la extensión de agua subtropical hacia el sur. Anomalías negativas significativas de SSM se observaron entre Pisagua y punta Lobos, siendo éstas producto del transporte de agua de surgencia hacia el sector oceánico. El predominio de flujo geostrófico superficial con una componente hacia el norte desde Arica hasta Tocopilla, se ajustó al promedio histórico estacional, pero no el flujo hacia el sur, presente frente a Antofagasta. Un pequeño giro anticiclónico a 20 mn frente a Tocopilla sería la causa del aumento de la TSM y SSM a un rango no habitual en este sector.

Durante el mes de julio de 2002, las instituciones encargadas de los seguimientos de los eventos ENOS declararon iniciado El Niño 2002-2003, sin embargo, en el crucero de invierno se obtuvo información que indicó el mantenimiento de condiciones normales en la zona norte de Chile. La circulación geostrófica superficial mostró giros en el área de estudio, que si bien son poco habituales, no indican una condición anormal, pero que si originaron la presencia de anomalías en distintas variables. En la estación de invierno se presentó la mayor cantidad de giros oceánicos de todo el período de estudio. Los procesos de afloramiento costero se presentaron con una intensidad mayor frente a Mejillones, punta Copaca e Iquique.

En primavera del año 2002, y dadas las condiciones de evolución del evento ENOS en la zona ecuatorial durante los meses anteriores, era esperable el comienzo de condiciones cálidas también en la zona norte de Chile, sin embargo, lo anterior no ocurrió y las anomalías de TSM y SSM que se observaron en la mitad sur de la zona durante diciembre de 2002, no estuvieron asociadas a este proceso. El patrón de circulación geostrófica encontrado durante este período no se ajustó al patrón estacional. La surgencia costera del período se mantuvo como es habitual en la parte nerítica con una intensidad moderada.

A nivel regional, durante el mes de marzo de 2003, los distintos indicadores del fenómeno analizados por instituciones especializadas, indicaban que el evento cálido El Niño 2002-2003 se encontraba en su fase de declinación, con una posible finalización de las anomalías de TSM positivas hacia mediados del año 2003. Imágenes satelitales de anomalía de TSM de la NOAA de la zona norte de Chile, indicaron anomalías positivas registradas durante la última semana de enero y durante el mes de febrero, coincidiendo con lo observado en febrero en las estaciones fijas de vigilancia mensual, especialmente en Arica e Iquique. En estas semanas se manifestó el paso de una onda Kelvin por la costa norte, período en el cual el sector oceánico presentó anomalías positivas de hasta +2°C en el sector oceánico y de +3°C en el sector costero, con una notable disminución de los gradientes superficiales de temperatura habituales en la franja costera. Esta situación de calentamiento también fue observada en el notable hundimiento que experimentó la termoclina en las estaciones fijas de Arica e Iquique.

En marzo de 2003, la zona norte de Chile, presentó una condición de normalidad a lo largo de la franja costera y la mitad sur de la zona de estudio, sin embargo, en la zona oceánica norte del área de estudio, se presentaron valores de anomalía de TSM y SSM negativas. Lo anterior indicó una menor participación de agua subtropical en la mitad norte de la zona, situación que es contraria a lo esperado bajo una condición de El Niño y opuesta a lo observado durante el mes de febrero pasado. La surgencia costera en este período, se manifestó en forma más evidente con respecto a los otros tres períodos en estudio a lo largo de toda la franja costera, siendo el sector de mayor intensidad aquel situado entre Arica y punta Arenas con un máximo en punta Junín. El patrón de circulación geostrófica superficial hacia el norte, encontrado en esta oportunidad, es coincidente en dirección, pero de mayor intensidad en el sector oceánico en comparación con el patrón de circulación promedio. Un flujo geostrófico en dirección noroeste detectado frente a Arica, junto al transporte



Ekman de la surgencia costera chilena y peruana, serían las causas de la presencia de aguas de baja temperatura y salinidad, ubicadas hasta las 100 mn en ese sector, originando entonces anomalías negativas de TSM y SSM.

Las condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile a partir de mayo tenderían a mantenerse dentro de los rangos normales, como ha ocurrido entre los meses de marzo a mayo, o bien podrían acercarse a una condición fría, dada la tendencia de las condiciones ecuatoriales en el mes de mayo pasado, pero la aparición de condiciones cálidas en la zona serían una situación poco esperada.

En la vertical, en los cuatro períodos estacionales, las transectas de bahía Moreno, punta Lobos y Arica presentaron en la capa de los primeros 50 m de profundidad, valores de anomalía de temperatura y salinidad tanto negativos como positivos mayores a los del resto de la columna de agua. En particular, el nivel de 25 m se presentó como el nivel de mayor desviación estándar de los promedios históricos. Lo anterior, indica que este nivel tiene una fuerte variación térmica y salina intra estacional que depende de los procesos que determinan la presencia y espesor de la capa de AST en superficie y/o la presencia del núcleo de ASAA que se ubica a nivel subsuperficial. El período estacional que obtuvo los valores de temperatura de la columna de agua más cercanos a los promedios históricos fue el de invierno. En general, todas las anomalías bajo el nivel de 50 m son de baja magnitud y corresponden a valores no significativos.

Respecto de las masas de agua, el agua subtropical AST se ubicó en general en los primeros metros de la columna, llegando su porcentaje de participación de masa de agua de 10% (PPMA) hasta un nivel de profundidad relativamente constante, entre 30 y 40 m. El núcleo de esta masa de agua, ubicado en superficie, mostró variaciones estacionales notorias con los mayores valores de PPMA durante primavera y los menores en invierno. Espacialmente, los mayores PPMA se localizaron en el sector oceánico de la transecta 3, indicando con ello que esta masa de agua penetraría a la zona de estudio preferentemente desde el oeste o noroeste en esta latitud. El núcleo de AST disminuyó notoriamente también en la transecta 1 debido a la mayor participación de ASAA, principalmente en el sector oceánico. La participación de agua tipo AST en el área costera de las transectas disminuyó debido a los procesos de surgencia.

La ASAA, presentó los mayores PPMA hacia el sur de la zona de estudio, disminuyendo progresivamente hacia el norte. Hacia la costa su participación también decreció, en algunos casos asociados a la mayor participación de AESS en los procesos de surgencia más intensos. Sólo en el período de verano se observaron núcleos de PPMA menores a 40% muy próximos a la costa y a un nivel superficial en las transectas 1 y 3, respectivamente. Estacionalmente, el núcleo de ASAA se vio relativamente más fortalecido en verano y otoño, esto último es principalmente notorio hacia el sector norte de la zona.

La AESS presentó en las tres transectas y en los cuatro períodos un importante porcentaje de participación, superando en su núcleo un PPMA de 80% en todos los casos, y abarcando prácticamente toda la columna de agua. La variación estacional está dada por mayores PPMA en su núcleo en invierno y primavera, con valores que superaron el 90%, particularmente en las transectas del sector norte. A diferencia de las otras dos masas de agua, la AESS tiene una importante participación a nivel superficial en el sector costero.

En general, y de acuerdo a los resultados obtenidos, las tres masas de agua parecen tener variaciones estacionales de participación en sus núcleos, siendo mayor la participación de AST en primavera, la ASAA en otoño y la AESS en invierno y primavera. A niveles inferiores de PPMA, es decir, 40% para la AST, 30% para la ASAA y 60% para la AESS, se observó que éstos ocupan áreas similares a lo largo de cada transecta en los diferentes períodos. En el caso de la AESS, su participación en la zona costera es similar también en los



per3odos de invierno, primavera y verano y levemente inferior en oto3o, lo que puede traer consecuencias biol3gicas como menor producci3n primaria por la reducci3n del aporte de nutrientes durante ese per3odo.

En la zona costera la presencia de focos de aguas con bajo contenido de OD o sub3xicas, se observaron en las cuatro estaciones del a3o, sin embargo, es en verano cuando se manifiestan con m3s fuerza. En cuanto a la distribuci3n vertical de OD, se pudo apreciar un claro ascenso de las isol3neas hacia la zona costera pr3cticamente en todas las secciones; lo que se observa con mayor claridad en las transectas ubicadas entre punta Lobos (T3) y Arica (T5), donde los fuertes gradientes costeros en promedio no superaron los 25 m de profundidad, coincidiendo con importantes n3cleos de biomasa pigmentaria. Por otra parte, al igual que en el per3odo 2001-2002 la zona oce3nica present3 un aumento del espesor de la capa con valores mayores a 5 mL/L entre los 25 a 50 m, coincidiendo en general con gradientes 3xicos menos intensos y m3s profundos que los observados en la zona costera. Adem3s, nuevamente aparte de la disminuci3n oce3no-costa de la capa 3xica, se apreci3 una disminuci3n en sentido sur- norte.

La biomasa fitoplanct3nica durante las distintas estaciones del a3o correspondientes al per3odo 2002-2003, en el plano superficial se distribuy3 en franjas costeras productivas que no superaron las 20 mn, con la excepci3n de la transecta de Arica (T5), que en invierno abarc3 hasta aproximadamente las 40 mn. En general, no se observ3 una clara variaci3n estacional. Aunque la cloa superficial present3 altas concentraciones en las cuatro estaciones del a3o, se puede se3alar que los mayores valores se observaron en oto3o y verano con n3cleos que sobrepasaron los 5 $\mu\text{g/L}$, primavera fue una situaci3n intermedia dado que en invierno aunque los n3cleos se ven ampliamente distribuidos, las concentraciones son inferiores a 3 $\mu\text{g/L}$.

En cuanto a la distribuci3n vertical, se observaron n3cleos de altas concentraciones superficiales o subsuperficiales en las cuatro estaciones del a3o, pr3cticamente en todas las transectas, la 3nica excepci3n se present3 en el crucero de oto3o frente a bah3a Moreno. Se pudo apreciar, sin embargo, que las mayores agregaciones pigmentarias se presentaron en las transectas de la zona centro norte del 3rea de estudio: punta Lobos (T3), punta Jun3n (T4) y Arica (T5), con concentraciones que superaron ampliamente los 6 $\mu\text{g/L}$ durante todo el per3odo de estudio, con n3cleos que por lo habitual sobrepasaron los 10 m de profundidad. Esta situaci3n se reflej3 en la distribuci3n de clorofila integrada, la que durante las cuatro estaciones del a3o present3 n3cleos de altos valores, superiores a 100 mg/m^2 , que evidenciaron la tendencia de la cloa a distribuirse ampliamente en la columna de agua, lo que rompe el patr3n observado en el per3odo 2001-2002 cuando s3lo se detectaron altos valores entre primavera y verano.

Para el estudio de la temperatura superficial del mar satelital, se recepcionaron y procesaron 122 im3genes satelitales de alta resoluci3n de la TSM, provenientes de los sat3lites NOAA 14 y 16. En t3rminos globales se destaca que si bien el a3o 2002 fue m3s c3lido que a3os anteriores, la zona de estudio present3 una estructura t3rmica que se mantuvo dentro de rangos normales, incluso en el 3ltimo trimestre del a3o se presentan anomal3as negativas de TSM. Posteriormente, en los primeros meses de 2003 se produce el tradicional incremento de las TSM que se localiza preferentemente entre los 18° y 25°C, destac3ndose la intrusi3n de masas de aguas oce3nicas con altas temperaturas y un desplazamiento de las isotermas de mayores temperaturas hacia el borde costero; no obstante lo anterior, en este per3odo se evidenci3 un debilitamiento del Fen3meno El Ni3o en el Pac3fico Ecuatorial y Central.

Asimismo, fue posible apreciar una gran variabilidad de las TSM tanto espacialmente como temporalmente, en efecto, se advierte un claro enfriamiento en la medida que se avanza en direcci3n sur. Al igual que en a3os anteriores, se aprecian sectores t3picos donde se sit3an focos de surgencias: desde Arica hasta punta



Baquadano (18°35'S), al sur de Iquique (20°10'S-21°00'S) y en las proximidades de Mejillones (23°05'S), siendo la del sur de Iquique la más relevante con respecto a la extensión espacial y temporal, lo que es concordante con lo expresado por otros investigadores.

Los huevos y larvas de anchoveta exhibieron una distribución costera, presentándose mayoritariamente en áreas donde existen variaciones latitudinales negativas de la TSM (sectores donde la temperatura va descendiendo en el sentido norte-sur), las cuales a su vez se vinculan a zonas de gradientes térmicos moderados y a los bordes de áreas de surgencia. En términos generales, se puede apreciar que los mayores focos de huevos y larvas se concentran en tres áreas principales: frente al puerto de Arica, desde el sur de Iquique hasta Tocopilla y a la cuadra de Mejillones.

El ictioplancton de anchoveta fue quien dominó ampliamente la zona de estudio durante los cuatro períodos estacionales analizados, presentando la fase huevos las mayores concentraciones principalmente durante el invierno de 2002 y el verano 2003, lo cual es coincidente con los períodos de mayor actividad reproductiva que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie.

Sardina, jurel y caballa mostraron a lo largo del tiempo muy bajas abundancias. La presencia de los estadios tempranos de estos recursos ha sido escasa y con una incidencia no constante, presentándose en uno u otro período, señalando una muy moderada actividad reproductiva de estas especies, durante el período de estudio.

Los huevos de anchoveta, en general, adoptaron una distribución básicamente costera, encontrándose distribuidos en toda la extensión latitudinal de la zona. En invierno de 2002, se observó una mayor cobertura longitudinal de estos.

Una de las áreas de desove más intensas y persistentes a través del tiempo correspondió al sector ubicado frente a Punta Lobos durante el otoño, invierno y verano, además de Arica y Caleta Chipana en primavera y verano.

La intensidad del desove evidenció durante todo el período analizado, importantes incrementos en la concentración de huevos de anchoveta en relación al período 2001 y principios de 2002.

Sardina y jurel denotan una distribución principalmente costera, extendiéndose longitudinalmente hasta las 70 mn en invierno, mientras que caballa ha sido detectada en forma muy escasa durante los períodos estivales, es decir, primavera y verano, con una modalidad de postura más oceánica, entre las 20 y 100 mn.

En las estaciones costeras se observó también un amplio dominio en los niveles de abundancia de anchoveta respecto de sardina, caballa y jurel, lo que se viene corroborando desde mayo del año 1997, con abundancias máximas en la estación fija de Arica.

En el período analizado, anchoveta fue la especie más frecuente y abundante, representando entre el 42,4% y el 94,6% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en otoño y verano y menor en primavera. Esta especie se distribuyó según el patrón histórico, con un aumento de las concentraciones del recurso en las áreas costeras durante los períodos primaverales y estivales. En invierno se registró la típica forma de cuña invertida, extendiendo su límite occidental hasta 80 mn de la costa frente a Arica.



Este recurso presentó el mayor índice de cobertura (IC) de los cuatro cruceros analizados, variando entre 8,1% en otoño y 16,7% en primavera. Los índices de densidad (ID) registrados por anchoveta, fluctuaron entre 101,5 t/mn² en la primavera y 375,1 t/mn² en verano de 2003. En el sentido vertical, esta especie se localizó desde la superficie hasta las 40 m de profundidad, presentándose las mayores concentraciones en los primeros 20 m. Las isotermas límites de esta distribución variaron entre 13° y 18,5 °C en otoño e invierno, en primavera estuvo entre 14° y 19,5°C y en verano entre 13,9 y 16,4° C, centrándose para todos los casos entre 14° y 16° C. Las isolíneas límites de la distribución vertical de esta especie en otoño - verano fluctuaron entre los 34,4 y 34,9 psu., mientras que en invierno - primavera oscilaron entre los 34,7 y 35,05 psu . En todos los casos la anchoveta se localizó entre 34,7 y 34,9 psu.

El jurel representó entre el 4,7% y 15,1% de las lecturas acústicas totales de cada crucero, siendo el mayor en invierno y primavera y el menor en el otoño. En el período analizado el jurel se presentó en bajas densidades con algunos focos de densidad relativamente mayores en invierno y primavera. El índice de cobertura de esta especie (IC) fluctuó entre 2,3 y 12,3% siendo los menores en otoño y verano y el mayor en primavera, los Índices de Densidad fluctuaron entre 50 t/mn² en la primavera y 90,1 t/mn² en verano. Verticalmente, esta especie se detectó entre los 10 y 60 m, alcanzándose la profundidad máxima en otoño y primavera (135 m). Las isotermas que limitaron la distribución de jurel fluctuaron entre 12,4° y 22°C, con rangos similares para primavera y verano y entre 13° y 18° C en invierno. Las salinidades que limitaron la distribución de jurel variaron entre 34,5 y 35,2 psu, ubicándose preferentemente entre 34,7 y 34,9 psu.

El recurso caballa se registró sólo en invierno y verano en bajas densidades. El pez linterna se detectó en invierno y primavera, caracterizándose por su presencia esencialmente oceánica. El langostino se detectó en invierno, primavera y esporádicamente en verano, localizándose en invierno en sectores costeros desde Pisagua a caleta Chipana, mostrando un desplazamiento hacia el sur respecto a cruceros precedentes.



II. 3NDICE GENERAL

| | P3gina |
|---|--------|
| I. RESUMEN EJECUTIVO | 1 |
| II. 3NDICE GENERAL | 7 |
| III. 3NDICE DE FIGURAS Y TABLAS | 9 |
| IV. OBJETIVOS | 21 |
| 1. Objetivo general | 21 |
| 2. Objetivos espec3ficos | 21 |
| 3. Objetivo adicional | 21 |
| V. ANTECEDENTES GENERALES | 22 |
| VI. METODOLOG3A POR OBJETIVO | 22 |
| 1. Objetivo espec3fico N3 2.1 | 24 |
| 1.1 Colecta de muestras y registro de datos | 24 |
| 1.1.1 Medici3n de la clorofila-a y la penetraci3n de la luz | 24 |
| 1.1.2 Im3genes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) | 25 |
| 1.2 Procesamiento de la informaci3n | 26 |
| 1.2.1 Distribuci3n espacial y temporal de la TSM satelital | 29 |
| 1.2.2 Generaci3n de archivos din3micos (formato *.AVI) | 30 |
| 2. Objetivo espec3fico N3 2.2 | 31 |
| 2.1 Calibraci3n de fluj3metros TSK | 31 |
| 2.2 Colecta de muestras | 31 |
| 2.3 Tratamiento de las muestras a bordo | 32 |
| 2.3.1 Procedimiento en laboratorio | 32 |
| 3. Objetivo espec3fico N3 2.3 | 36 |
| 3.1 Calibraci3n del sistema ac3stico | 36 |
| 3.1.1 Calibraci3n electroac3stica | 36 |
| 3.1.2 Identificaci3n de especies | 38 |
| 3.2 Distribuci3n de los recursos | 38 |
| 3.2.1 Indices de cobertura y abundancia relativa | 38 |
| 4. Objetivo espec3fico N3 2.4 | 39 |
| 5. Objetivo espec3fico N3 2.5 | 40 |
| 5.1 Procesamiento y an3lisis de las muestras zooplanct3nicas | 40 |



| | | |
|--------------|---|------------|
| 6. | Objetivo espec3fico N° 2.6 ----- | 41 |
| 7. | Objetivo espec3fico N° 2.7 ----- | 41 |
| 7.1 | Exploraci3n de las relaciones entre la distribuci3n de huevos y larvas de anchoveta y las variables bio-oceanogr3ficas ----- | 41 |
| 7.2 | Procesamiento de la informaci3n ----- | 41 |
| 7.3 | An3lisis integrado ----- | 42 |
| 7.3.1 | An3lisis cartogr3fico entre la distribuci3n del ictioplancton y la TSM satelital----- | 42 |
| 7.3.2 | Relaci3n entre la distribuci3n espacial del ictioplancton y el gradiente t3rmico----- | 42 |
| 7.3.3 | An3lisis de la se1al latitudinal de huevos y larvas de Anchoveta y de la temperatura ----- | 42 |
| VII. | RESULTADOS ----- | 43 |
| 1. | Zona de estudio ----- | 43 |
| 2. | Cruceros ----- | 43 |
| A. | Objetivo espec3fico N° 2.1 ----- | 44 |
| B. | Objetivo espec3fico N° 2.2 ----- | 79 |
| C. | Objetivo espec3fico N° 2.3 ----- | 95 |
| D. | Objetivo espec3fico N° 2.4 ----- | 103 |
| E. | Objetivo adicional N° 3.1 ----- | 115 |
| F. | Objetivo adicional N° 3.2 ----- | 124 |
| G. | Objetivo adicional N° 3.3 ----- | 128 |
| VIII. | DISCUSI3N ----- | 132 |
| IX. | CONCLUSIONES ----- | 152 |
| X. | BASE DE DATOS ----- | 157 |
| XI. | REFERENCIAS BIBLIOGR3FICAS ----- | 164 |

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

- Anexo 1. Personal participante por actividad**
- Anexo 2. Calibraci3n de las im3genes satelitales**



III. 3NDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

- Figura 1. Posici3n geogr3fica de las estaciones bio-oceanogr3ficas. Cruceros estacionales 2002/2003. (a) Oto3o 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003.
- Figura 2. Ubicaci3n geogr3fica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0205. Oto3o 2002.
- Figura 3. Ubicaci3n geogr3fica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0209. Invierno 2002.
- Figura 4. Ubicaci3n geogr3fica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0212. Primavera 2002.
- Figura 5. Ubicaci3n geogr3fica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0301. Verano 2003.
- Figura 6. Direcci3n e intensidad del viento (m/s) predominante medido en las estaciones bio-oceanogr3ficas. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 7. Direcci3n e intensidad del viento (m/s) predominante registrado cada una hora sobre el track de navegaci3n. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 8. 3ndice de surgencia promedio del viento medido cada una hora sobre el track de navegaci3n. El promedio se obtiene con los 3ndices de surgencia individuales calculados de las observaciones de viento realizadas dentro de un grado de latitud y hasta 30 mn de la costa. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 9. 3ndice de turbulencia promedio del viento medido cada una hora sobre el track de navegaci3n. El promedio se obtiene con los 3ndices de turbulencias individuales calculados de las observaciones de viento realizadas dentro de un grado de latitud y hasta 30 mn de la costa. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 10. Distribuci3n horizontal de temperatura (°C). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 11. Anomal3as de temperatura superficial del mar (°C). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 12. Espesor de la termoclina (m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 13. Temperatura en la base de la termoclina (°C). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 14. Profundidad base de la termoclina (m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 15. Gradiente de temperatura promedio de la termoclina (°C/m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.



- Figura 16. Máximo gradiente de temperatura en la termoclina ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 17. Profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 18. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas 1 (bahía Moreno; $23^{\circ}40'\text{S}$), 2 (punta Copaca; $22^{\circ}20'\text{S}$) y 3 (punta Lobos; $21^{\circ}00'\text{S}$). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 19. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en la transecta 4 (punta Junín; $19^{\circ}40'\text{S}$) y 5 (Arica; $18^{\circ}25'\text{S}$). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 20. Profundidad de la isoterma de 15°C (m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 21. Anomalía de profundidad de la isoterma de 15°C (m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 22. Espesor de la capa de mezcla (m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 23. Distribución horizontal de salinidad (psu). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 24. Anomalía de salinidad superficial (psu). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003
- Figura 25. Distribución vertical de salinidad (psu) en las transectas 1 (Bahía Moreno; $23^{\circ}40'\text{S}$), 2 (Punta Copaca; $22^{\circ}20'\text{S}$) y 3 (Punta Lobos; $21^{\circ}00'\text{S}$). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 26. Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 4 (Punta Junín; $19^{\circ}40'\text{S}$) y 5 (Arica; $18^{\circ}25'\text{S}$). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 27. Anomalía vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas 1 (Bahía Moreno; $23^{\circ}40'\text{S}$), 3 (Punta Lobos; $21^{\circ}00'\text{S}$) y 5 (Arica; $18^{\circ}25'\text{S}$). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 28. Anomalía vertical de salinidad (psu) en las transectas 1 (Bahía Moreno; $23^{\circ}40'\text{S}$), 3 (Punta Lobos; $21^{\circ}00'\text{S}$) y 5 (Arica; $18^{\circ}25'\text{S}$). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 29. Densidad superficial del mar ($\sigma\text{-t}$) (kg/m^3). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 30. Distribución vertical de densidad ($\sigma\text{-t}$) (kg/m^3) en las transectas 1 (Bahía Moreno; $23^{\circ}40'\text{S}$), 2 (Punta Copaca; $22^{\circ}20'\text{S}$) y 3 (Punta Lobos; $21^{\circ}00'\text{S}$). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 31. Distribución vertical de densidad ($\sigma\text{-t}$) (kg/m^3) en la transecta 4 (Punta Junín; $19^{\circ}40'\text{S}$) y 5 (Arica; $18^{\circ}25'\text{S}$). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.



- Figura 32. Distribución superficial del contenido de oxígeno disuelto (mL/L). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 33. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas 1 (Bahía Moreno; 23°40'S), 2 (Punta Copaca; 22°20'S) y 3 (Punta Lobos; 21°00'S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 34. Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 4 (Punta Junín; 19°40'S) y 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 35. Diagramas **T-S** de todas las estaciones agrupadas por transecta. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 36. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua subtropical (AST) en las transectas 1 (Bahía Moreno; 23°40'S), 3 (Punta Lobos; 21°00'S) y 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 37. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua subantártica (ASAA) en las transectas 1 (Bahía Moreno; 23°40'S), 3 (Punta Lobos; 21°00'S) y 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 38. Distribución vertical del porcentaje de participación de la masa de agua ecuatorial subsuperficial (AESS) en las transectas 1 (Bahía Moreno; 23°40'S), 3 (Punta Lobos; 21°00'S) y 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 39. Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.
- Figura 40. Distribución espacial de promedios semanales de TSM satelital en la zona norte de Chile. Mayo-agosto de 2002.
- Figura 41. Distribución espacial de promedios semanales de TSM satelital en la zona norte de Chile. Septiembre-diciembre de 2002.
- Figura 42. Distribución espacial de promedios semanales de TSM satelital en la zona norte de Chile. Enero-abril 2003.
- Figura 43. Distribución espacial de promedios mensuales de TSM satelital en la zona norte de Chile. Enero 2002 – abril 2003.
- Figura 44. Distribución de la clorofila a superficial ($\mu\text{g/L}$) en a) Otoño 2002, b) Invierno 2002, c) Primavera 2002 y d) Verano 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002 - Marzo 2003.
- Figura 45. Distribución de los feopigmentos superficiales ($\mu\text{g/L}$) en a) Otoño 2002, b) Invierno 2002, c) Primavera 2002 y Verano 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002 - Marzo 2003.



- Figura 46. Distribución de la clorofila a integrada (mg/m^2) en a) Otoño 2002, b) Invierno 2002, c) Primavera 2002 y Verano 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002 - Marzo 2003.
- Figura 47. Distribución de los feopigmentos integrados (mg/m^2) en a) Otoño 2002, b) Invierno 2002, c) Primavera 2002 y Verano 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002 - Marzo 2003.
- Figura 48. Distribución vertical de clorofila a ($\mu\text{g}/\text{L}$) y feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{L}$) en la trasecta 1 (Bahía Moreno; Lat. $18^\circ 25' 23'' 40''\text{S}$). Cruceros estacionales. Mayo 2002 - Marzo 2003.
- Figura 49. Distribución vertical de clorofila a ($\mu\text{g}/\text{L}$) y feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{L}$) en la trasecta 2 (Punta Copaca; Lat. $22^\circ 20'\text{S}$). Cruceros estacionales. Mayo 2002 - Marzo 2003.
- Figura 50. Distribución vertical de clorofila a ($\mu\text{g}/\text{L}$) y feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{L}$) en la trasecta 3 (Punta Lobos; Lat. $21^\circ 00'\text{S}$). Cruceros estacionales. Mayo 2002 - Marzo 2003.
- Figura 51. Distribución vertical de clorofila a ($\mu\text{g}/\text{L}$) y feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{L}$) en la trasecta 4 (Punta Junín; Lat. $19^\circ 40'\text{S}$). Cruceros estacionales. Mayo 2002 - Marzo 2003.
- Figura 52. Distribución vertical de clorofila a ($\mu\text{g}/\text{L}$) y feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{L}$) en la trasecta 5 (Arica; Lat. $18^\circ 25'\text{S}$). Cruceros estacionales. Mayo 2002- Marzo 2003.
- Figura 53. Asociación entre la clorofila total ($\mu\text{g}/\text{L}$) versus la profundidad del disco Secchi (m) y el recíproco de ésta ($1/\text{m}$) para el período de otoño 2002, invierno 2002, primavera 2002 y verano de 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002 - Marzo 2003.
- Figura 54. Asociación entre la clorofila total ($\mu\text{g}/\text{L}$) versus la temperatura ($^\circ\text{C}$) y la salinidad (psu) para el período de otoño 2002, invierno 2002, primavera 2002 y verano de 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002 - Marzo 2003.
- Figura 55. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003.
- Figura 56. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003.
- Figura 57. Distribución y abundancia de Huevos de Sardina. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003.
- Figura 58. Distribución y abundancia de Larvas de Sardina. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003.
- Figura 59. Distribución y abundancia de Huevos de Jurel. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003.
- Figura 60. Distribución y abundancia de Larvas de Jurel. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003.



- Figura 61. Distribución y abundancia de Huevos de Caballa. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003.
- Figura 62. Distribución y abundancia de Larvas de Caballa. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003.
- Figura 63. Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta, para el período invierno 1995 – otoño de 2003. (línea negra : media móvil, 2 per).
- Figura 64. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2002.
- Figura 65. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2002.
- Figura 66. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Otoño Período 1993-2003.
- Figura 67. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Otoño Período 1993-2003.
- Figura 68. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en otoño del período 1986/2002.
- Figura 69. Estimación de la abundancia promedio de larvas para el período Invierno 1964-2002.
- Figura 70. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/2002.
- Figura 71. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/2002.
- Figura 72. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los años 1984/2002.
- Figura 73. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/2002.
- Figura 74. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/2002.
- Figura 75. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta – Arica, en primavera del período 1983/2002.
- Figura 76. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2003.



- Figura 77. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los a1os 1982/2003.
- Figura 78. Estimaci3n del 3ndice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta – Arica, en verano de los a1os 1987/2003.
- Figura 79. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES. Crucero MOBIO 0205. Oto1o 2002 – 452(2)02CP.
- Figura 80. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES. Crucero MOBIO 0209. Invierno 2002 – 456(3)02CP.
- Figura 81. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES. Crucero MOBIO 0212. Primavera 2002 – 457(4)02AM.
- Figura 82. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES. Crucero MOBIO 0301. Verano 2003 – 460(1)03AM.
- Figura 83. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales, temperatura, salinidad, densidad (σ_t) y ox3geno disuelto. Crucero MOBIO 0205 – Oto1o 2002.
- Figura 84. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales, temperatura, salinidad, densidad (σ_t) y ox3geno disuelto. Crucero MOBIO 0209 – Invierno 2002.
- Figura 85. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales, temperatura, salinidad, densidad (σ_t) y ox3geno disuelto. Crucero MOBIO 0212 – Primavera 2002.
- Figura 86. Distribuci3n de a) huevos y b) larvas de anchoveta en relaci3n a la circulaci3n superficial, obtenida en base a los valores de anomal3a geopotencial de superficie referida a 500 m en primavera 2002.
- Figura 87. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta y las variables superficiales, temperatura, salinidad, densidad (σ_t) y ox3geno disuelto. Crucero MOBIO 0303 – Verano 2003.
- Figura 88. Distribuci3n de a) huevos y b) larvas de anchoveta en relaci3n a la circulaci3n superficial, obtenida en base a los valores de anomal3a geopotencial de superficie referida a 500 m en verano 2003.
- Figura 89. Distribuci3n espacial de caballa en los cruceros de invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).
- Figura 90. Distribuci3n espacial de langostino y pez linterna en los cruceros de invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).



- Figura 91. Distribuci3n espacial de anchoveta en los cruceros de oto1o (0205), invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).
- Figura 92. Distribuci3n batim3trica (m) de la densidad ac3stica – Sa (m^2/mn^2) de jurel y anchoveta en los per3odos de oto1o (0205), invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).
- Figura 93. Distribuci3n de temperatura ($^{\circ}C$) de la densidad ac3stica – Sa (m^2/mn^2) de jurel y anchoveta en los per3odos de oto1o (0205), invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).
- Figura 94. Distribuci3n de salinidad (psu) de la densidad ac3stica – Sa (m^2/mn^2) de jurel y anchoveta en los per3odos de oto1o (0205), invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).
- Figura 95. Distribuci3n espacial de jurel en los cruceros de oto1o (0205), invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).
- Figura 96. Profundidades m3ximas, m3nimas y promedio de la distribuci3n vertical de jurel y anchoveta.
- Figura 97. Temperaturas m3ximas, m3nimas y promedio de la distribuci3n vertical de jurel y anchoveta.
- Figura 98. Salinidad (psu) m3ximas, m3nimas y promedio de la distribuci3n vertical de jurel y anchoveta.
- Figura 99. Indices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) estacionales de anchoveta y jurel, per3odo 1996-2002.
- Figura 100. Indices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) secuenciales de anchoveta y jurel, per3odo 1996-2003 (verano).
- Figura 101. Variabilidad temporal de la distribuci3n de temperatura ($^{\circ}C$) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a Mayo 2003.
- Figura 102. Variabilidad temporal de la distribuci3n de salinidad (psu) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 – Mayo 2003.
- Figura 103. Variabilidad temporal de la distribuci3n del ox3geno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Junio 1997 a Mayo de 2003.
- Figura 104. Variabilidad temporal de la distribuci3n de la biomasa fitoplanct3nica estimada como clorofila a ($\mu g/L$), en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Junio 1997 a Mayo de 2003.
- Figura 105. Variabilidad temporal de la distribuci3n y abundancia de huevos y larvas de anchoveta en las estaciones fijas de monitoreo. Abril 2001 – Julio 2003.
- Figura 106. Distribuci3n y abundancia estacional de cop3podos durante los per3odos de a) oto1o 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.



- Figura 107. Variación estacional de la distribución y abundancia de copépodos v/s la latitud y distancia de la costa durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.
- Figura 108. Distribución y abundancia estacional de quetognatos durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.
- Figura 109. Variación estacional de la distribución y abundancia de quetognatos v/s la latitud y distancia de la costa durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.
- Figura 110. Distribución y abundancia estacional de apendicularias durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.
- Figura 111. Variación estacional de la distribución y abundancia de apendicularias v/s la latitud y distancia de la costa durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.
- Figura 112. Distribución y abundancia estacional de eufáusidos durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.
- Figura 113. Variación estacional de la distribución y abundancia de eufáusidos v/s la latitud y distancia de la costa durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.
- Figura 114. Distribución y abundancia temporal de los principales grupos zooplanctónicos presentes en las estaciones fijas de monitoreo. Abril 2001 – Julio 2003.
- Figura 115. Distribución y abundancia temporal de los principales grupos zooplanctónicos presentes en las estaciones fijas de monitoreo. Abril 2001 – Julio 2003.
- Figura 116. Distribución y abundancia estacional de la biomasa zooplanctónica (ml zooplancton/1.000 m³ de agua filtrada). Cruceros de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.
- Figura 117. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica, cruceros de otoño período 1993 – 2003.
- Figura 118. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica, cruceros de invierno período 1993 – 2002.
- Figura 119. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica, cruceros de primavera período 1993 – 2002.
- Figura 120. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica, cruceros de verano período 1993 – 2002.



- Figura 121. Distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica promedio v/s la latitud en a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.
- Figura 122. Distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica promedio v/s la distancia a la costa durante los períodos estacionales de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.
- Figura 123. Biomasa zooplanct3nica promedio obtenida durante los períodos estacionales de otoño, invierno, primavera y verano entre los años 1993 – 2003.
- Figura 124. Distribuci3n y abundancia temporal de la biomasa zooplanct3nica en las estaciones costeras de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 – julio 2003.
- Figura 125. Distribuci3n espacial de la TSM satelital y de los huevos de anchoveta en la zona norte de Chile.
- Figura 126. Distribuci3n espacial de la TSM satelital y de las larvas de anchoveta en la zona norte de Chile.
- Figura 127. Distribuci3n espacial de la TSM satelital y de los huevos de sardina en la zona norte de Chile.
- Figura 128. Distribuci3n espacial de la TSM satelital y de las larvas de sardina en la zona norte de Chile.
- Figura 129. Relaciones entre la densidad de huevos de anchoveta y el gradiente térmico: a) crucero mayo 2002, b) crucero septiembre 2002, c) crucero diciembre 2002 y d) crucero marzo 2003.
- Figura 130. Relaciones entre la densidad de larvas de anchoveta y el gradiente térmico: a) crucero mayo 2002, b) crucero septiembre 2002, c) crucero diciembre 2002 y d) crucero marzo 2003.
- Figura 131. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relaci3n con la temperatura. Crucero MOBIO 0205.
- Figura 132. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relaci3n con la temperatura. Crucero MOBIO 0209.
- Figura 133. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relaci3n con la temperatura. Crucero MOBIO 0212.
- Figura 134. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relaci3n con la temperatura. Crucero MOBIO 0303.



TABLAS

- Tabla 1. Detalle de la información utilizada para el cálculo de los promedios históricos mensuales de temperatura y salinidad para las transectas 1 (Bahía Moreno) y 5 (Arica).
- Tabla 2. Valores de los pares **T-S** de las aguas tipo, utilizados en los triángulos de mezcla.
- Tabla 3. Clasificación del estatus trófico de la zona norte de Chile de acuerdo a la concentración de clorofila a.
- Tabla 4. Caracterización de las masas de agua por su contenido de oxígeno disuelto.
- Tabla 5. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0205 - Otoño 2002.
- Tabla 6. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0209 - Invierno 2002.
- Tabla 7. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0212 - Primavera 2002.
- Tabla 8. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0301 - Verano 2003.
- Tabla 9. Tasa de flujo bomba de huevos y volúmenes de agua filtrada por la red CalVET y sistema CUFES.
- Tabla 10. Categorías por densidad.
- Tabla 11. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de peces. Cruceros estacionales MOBIO 2002/2003.
- Tabla 12. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces. Cruceros estacionales MOBIO 2002/2003.
- Tabla 13. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de anchoveta, ***Engraulis ringens***. Cruceros trimestrales Otoño 2002 – Verano 2003.
- Tabla 14. Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros trimestrales Otoño 2002 – Verano 2003.
- Tabla 15. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de sardina, ***Sardinops sagax***. Cruceros trimestrales Otoño 2002 – Verano 2003.
- Tabla 16. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de jurel, ***Trachurus murphyi***. Cruceros trimestrales Otoño 2002 – Verano 2003.



- Tabla 17. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de caballa, ***Scomber japonicus***. Cruceros trimestrales Otoño 2002 – Verano 2003.
- Tabla 18. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en otoño de 1986 - 2002.
- Tabla 19. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en otoño de 1986 - 2002.
- Tabla 20. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en Invierno de 1984 - 2002.
- Tabla 21. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en Invierno de 1983 - 2002.
- Tabla 22. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en primavera de 1985 - 2002.
- Tabla 23. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en primavera de 1983 - 2002.
- Tabla 24. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en verano de 1987 - 2003.
- Tabla 25. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en verano de 1987 - 2003.
- Tabla 26. Calibraciones históricas del sistema EK-500 del B/I Carlos Porter en la frecuencia de 38 KHz
- Tabla 27. Resultados de las calibraciones hidroacústicas históricas del sistema Simrad EK-500 del B/I "Abate Molina", para la frecuencia de 38 KHz, por longitudes de pulso.
- Tabla 28. En las temporadas de otoño, invierno, primavera año 2002 y verano 2003 las variables profundidad (m), temperatura (°C), salinidad medias (psu) y densidad acústica (log Sa) para los recursos: anchoveta, jurel, caballa, sardina española y Vicingueria. Probabilidades de la prueba de Newman-Keuls de diferencias significativas entre las variables por especie.
- Tabla 29. Valor propio en análisis de componentes principales.
- Tabla 30. Densidad del ictioplancton de anchoveta y sardina en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Abril 2002- Julio 2003.
- Tabla 31. Abundancia de los grupos zooplanctónicos identificados durante los cruceros estacionales de otoño 2002, invierno 2002, primavera 2002 y verano 2003



- Tabla 32. Grupos zooplanctónicos dominantes en la zona costera u oceánica durante, los cuatro cruceros estacionales analizados.
- Tabla 33. Abundancia relativa estandarizada de los grupos zooplanctónicos analizados entre abril 2001 y agosto 2003 en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones.
- Tabla 34. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Otoño 1993/2003
- Tabla 35. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Invierno 1993/2002
- Tabla 36. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Primavera 1993/2002
- Tabla 37. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Verano 1993/2003
- Tabla 38. Valores mensuales de la biomasa zooplanctónica en las estaciones fijas de monitoreo. Mayo 2001- Agosto 2003



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 m.
- 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** Determinar la distribución y abundancia relativa estacional de los recursos pelágicos: anchoveta, sardina, jurel y caballa mediante índices de densidad y cobertura geográfica.
- 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.

3. Objetivo adicional

En forma adicional y como sobreoferta técnica se incluyen los siguientes objetivos específicos:

- 3.1** Determinar la distribución espacial y abundancia del zooplancton en el área de estudio en forma estacional y mensual.
- 3.2** Estimar la abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica en el área de estudio, en forma estacional y mensual.
- 3.3** Explorar las relaciones entre la distribución de huevos y larvas de anchoveta y sardina y variables oceanográficas.



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 (SERNAP, 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 influyen 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 estadios 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.

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 obtuvieron registros continuos de temperatura (°C) y salinidad (psu), a una profundidad máxima de 500 metros, mediante el uso de un CTD marca SEA BIRD 19, equipado con bomba en los dos primeros cruceros y un CTD Neil Brown MK3C en los dos últimos. En el crucero de verano 2003 se midió adicionalmente la fluorescencia en vivo con un fluorómetro SEATEC FL 3000.

En las estaciones ubicadas en cada una de las transectas, se colectaron muestras discretas en la columna de agua utilizando botellas Niskin de 1.7 L, mediante lances manuales en los dos primeros cruceros y en forma automática en los dos últimos, empleando una Roseta General Oceanics de 12 botellas de 5 Litros.

Los muestreos se efectuaron en las profundidades estándares 0, 10, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 y 300, agregándose el nivel de 5 m en las estaciones hasta las 20 mn desde la costa (**Fig. 1**).

Con las muestra de agua colectadas, se realizaron a bordo los análisis de concentración de oxígeno disuelto, mediante el método de Winkler modificado por Carpenter (1965). Los análisis de salinidad se llevaron a cabo en tierra en los laboratorios de IFOP y del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, utilizando para tales efectos, salinómetros de inducción marca TSK Modelo DIGI-AUTO y AUTOSAL. La determinación de la concentración de clorofila a se ejecutó también en tierra en los laboratorios de IFOP.

Los datos discretos de temperatura, obtenidos con termómetros de inversión, se utilizaron para la correspondiente corrección de profundidad del muestreo, efectuado en forma manual con botellas Niskin y el chequeo del sensor de temperatura de los CTD. El muestreo discreto para la revisión de los datos de temperatura y salinidad del CTD se realizó en la capa de mezcla a fin de disminuir el error debido al cambio de profundidad generado por el balance del buque.

1.1.1 Medición de clorofila-a y penetración de la luz

Las muestras de clorofila a fueron colectaron a las profundidades estándares antes mencionadas, pero sólo a una profundidad máxima de 100 m. Entre las estaciones costeras de 1 y 20 mn se agregó la profundidad de 5 m para captar de mejor manera el núcleo pigmentario.

Las muestras se filtraron *in situ* con un sistema de filtrado múltiple, usando filtros de fibra de vidrio, borosilicato (MFS/C75) o de acetato de celulosa (Millipore, HA), de tamaño inferior a 1,2 µm de poro y de 25 mm de diámetro, con un volumen estándar de filtrando de 50 mL. Las muestras así obtenidas fueron almacenadas a -20°C en ambiente anhidro, utilizando como desecante CaCl₂.



La clorofila fue extraída 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 un ambiente de baja luminosidad con la técnica fluorométrica con y sin acidificación, descrita por Parsons *et al.*, (1984), utilizando 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. Dada esta situación en condiciones ideales, significa que es posible medir el contenido gástrico de pigmentos vegetales en copépodos.

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/m³) 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.

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

En el crucero de verano se realizó una actividad adicional con el fin de mejorar la resolución del muestreo vertical. Para estos efectos, se colectaron muestras adicionales de clorofila en cada estación correspondiente a los picos principales del perfil de fluorescencia, agregándose estos niveles de profundidad a las profundidades estándares ya definidas. Además, todas las estaciones situadas en las intertransectas fueron muestreadas con el fin de mejorar la distribución de clorofila y feopigmentos integrados.

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

La profundidad del disco de Secchi nos da cuenta de la profundidad aproximada de la capa fótica y su relación con la clorofila en la zona costera, es inversamente proporcional, es decir, a menor profundidad de penetración de la luz mayor concentración de clorofila a, asociado a procesos de surgencia. En la zona oceánica la relación es inversa.

1.1.2 Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)

Para el análisis de la estructura térmica superficial, se recibieron y procesaron 122 imágenes satelitales de alta resolución de la temperatura superficial del mar (TSM), provenientes del radiómetro (AVHRR) a bordo de los satélites NOAA 14 y 16. Dichas imágenes fueron obtenidas en el sistema de recepción satelital SIRS-HRPT de la Universidad Católica de Valparaíso, que posee una antena parabólica y son analizadas preliminarmente con el software de recepción satelital y de procesamiento digital de imágenes PCI. Luego las cartas satelitales fueron transmitidas al Laboratorio SIG de IFOP.



1.2 Procesamiento de la información

La información del CTD fue procesada de acuerdo a procedimientos estándares recomendados por el fabricante. Para validar la información de temperatura y salinidad entregada por el CTD se utilizaron los datos del análisis discreto de salinidad y los datos de termómetros, como también, en el caso del CTD Sea Bird, se hicieron inter calibraciones con el CTD Neil Brown modelo MK3C del B/C Abate Molina. El funcionamiento de los equipos fue satisfactorio en todos los cruceros.

Con los datos ya procesados se confeccionaron cartas superficiales de distribución de las variables temperatura, salinidad, oxígeno y densidad (σ_t). Asimismo, se confeccionaron de estas mismas variables, gráficos de distribución vertical. De los datos de CTD se obtuvo información de la capa de mezcla (espesor) y termoclina (espesor, profundidad de la base, temperatura en la base, gradiente de temperatura promedio y máximo, profundidad del máximo gradiente). Se obtuvo, además, la anomalía geopotencial de superficie referida a 500 m. Con la información indicada se realizaron cartas para el análisis y comparaciones estacionales.

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).

$$\rho = \rho_0 + AS + BS^{3/2} + CS^2 \quad \text{donde:}$$

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

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

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

y ρ_0 es la densidad del agua

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

Unidades: temperatura en °C, Salinidad en psu, ρ en kg/m^3

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

Se define en este trabajo como termoclina a la capa de agua que tiene una variación de temperatura vertical igual o mayor a 0.1°C/m . La capa de mezcla (CM) se definió como la capa de agua que tiene una variación térmica vertical menor a 0.01°C respecto del valor observado en superficie, lo anterior utilizando los datos cada un metro medidos con el CTD. El espesor de la termoclina se define como la distancia vertical en metros entre el nivel donde comienza y termina esta capa. Para el análisis de las 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 2002. Los análisis



históricos indicados se realizaron en base a los datos de anomalía registrados y a su respectiva desviación estándar.

Para las transectas 1, 3 y 5 se calcularon las anomalías de temperatura y salinidad vertical referidos a los promedios históricos mensuales. Los promedios históricos mensuales en la vertical de la transecta 3, para ambas variables, corresponden a los obtenidos por Blanco (1996), los cuales no se recalcularon para efectos comparativos con cruceros anteriores. Los promedios históricos correspondientes a las transectas 1 y 5, 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. La información hidrográfica fue obtenida de la base de datos de IFOP, que consideró cruceros en el período 1964 a 2003.

La cantidad 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**.

Para el análisis estacional de las masas de agua se confeccionaron diagramas t-s para todas las transectas. Se realizaron también cartas verticales del porcentaje de mezcla obtenidos mediante método de triángulo de mezcla (Mamayev, 1973) a lo largo de la transecta 1 (23°40'S), 3 (21°S) y 5 (18°25'S) hasta el nivel de 300 metros. 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 T-S del 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 de temperatura y salinidad para la zona, un número importante de cruceros presentaron en el núcleo de esta masa de agua valores superiores a 34,9 psu en salinidad, por lo tanto, la elección del par T-S de la AESS es para efectos comparativos posteriores. Para obtener los pares T-S de primavera y otoño de las masas de agua, se promediaron los correspondientes a verano e invierno. Los pares T-S tipo utilizados para cada masa de agua y período se muestra en la **Tabla 2**.

Una vez cuantificadas las muestras de clorofila a, la información fue codificada, digitada y georreferenciada por profundidad de origen. Esta información permitió confeccionar cartas de distribución batimétrica 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.

Para la adecuada representación de la estructura biológica de toda la columna, se calculó la clorofila a y feopigmentos integrados (cloaint, feopint), utilizando la siguiente ecuación (Lohrenz *et al.*, 1988):

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

Donde:

- | | |
|-------------------|--|
| $\sum Cloa$ | es el valor de la cloaint |
| i | son las profundidades de muestreo discretas definidas en el punto 1.2 |
| C_i y C_{i+1} | son las concentraciones de clorofila (µg/L), en la profundidad i, desde superficie a la profundidad máxima de 100 m. |
| D_i y D_{i+1} | son las profundidades respectivas (m) |

Este cálculo permite representar la clorofila a de toda la columna en unidades de área (mg/m²), de esta forma se representan adecuadamente los máximos sub-superficiales de la biomasa fitoplanctónica, los que se



producen especialmente en los períodos estivales. Esto permitirá además, comparar adecuadamente la estructura biológica entre muestreos y de manera estacional, independientemente de la variabilidad física de la columna de agua.

La caracterización trófica de la zona de estudio se efectuará utilizando la distribución cuali y cuantitativa de la biomasa fitoplanctónica, utilizando como indicador la clorofila a (cloa). La clasificación sugerida en la **Tabla 3**, considerará 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.

Se realizará un análisis exploratorio de los datos de clorofila total (clot) superficial versus los datos de profundidad del disco Secchi, su recíproco, la TSM y salinidad superficial, evaluándose el coeficiente de determinación r^2 , entregado por el modelo de regresión dado por $y=ae^{bx}$ el que se utilizará para realizar comparaciones con resultados de proyectos anteriores.

En este trabajo se manejará la escala indicada en la **Tabla 4**, 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 bajos contenido de OD, se utilizará la isolínea de 1 mL/L como límite superior de la capa de mínima concentración.

Con respecto a la información meteorológica, en cada una de las estaciones oceanográficas realizadas en los cruceros trimestrales se registraron los siguientes datos de carácter básico: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), presión atmosférica, intensidad y dirección del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y dirección de las olas. Se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991). Los datos de viento corresponden al valor predominante observado durante la ejecución de cada estación y se obtuvieron con un anemómetro marca SIMRAD modelo IS-12.

Los datos meteorológicos registrados son incorporados en las bases de datos del proyecto a objeto de completar las bases de datos del CENDOC. Con los datos de viento, que corresponden a una observación discreta, se realizaron cartas de intensidad y dirección medido en las estaciones de cada crucero con el fin de ayudar a la interpretación de las condiciones oceanográficas superficiales.

Adicionalmente a los datos de viento obtenidos en las estaciones de muestreo se registró información de viento horario durante la navegación, lo que también corresponde a un dato discreto. Con los datos de viento señalados se realizaron también cartas de intensidad y dirección de esta variable. A estos registros de viento horario se les calculó el índice de turbulencia e índice de surgencia (Bakun y Parrish, 1982).

El índice de turbulencia corresponde al cubo de la velocidad del viento. El índice de surgencia se calcula 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 C_d v W $ |
| r_a | = densidad del aire (1.25 Kg/m ³) |
| c_d | = coeficiente de arrastre (0.0013) |
| v | = componente norte sur de la velocidad del viento |
| $ W $ | = magnitud de la velocidad del viento |
| f | = parámetro de Coriolis = $2 \omega \text{ Sen } (l)$ |
| ω | = velocidad angular de la tierra |
| l | = latitud del lugar |

Con los índice de surgencia e índice de turbulencia individuales se calculó un valor promedio considerando la información cada 1 grado de latitud y sólo hasta 30 mn de la costa.

1.2.1 Distribución espacial y temporal de la TSM satelital

Las cartas satélites son matrices de datos, con una resolución espacial aproximada de 1,1 x 1,1 km, que fueron corregidas atmosféricamente y posteriormente remuestreadas y 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). Por lo tanto, el número de imágenes de TSM sin nubosidad es mayor durante el período estival (primavera – verano) y menor durante otoño e invierno. Por ello y para abordar el problema, evitando que la presencia de nubosidad enmascare los eventos de surgencia, no se considerarán las cartas satelitales de alta cobertura nubosa en zonas costeras. En todo caso, Barbieri *et al.*, (1995), al analizar una serie de cartografías satelitales llega a la conclusión que la zona ribereña es la menos expuesta a los efectos de la nubosidad por lo que el descarte de cartografías no es significativo.

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 elaborará 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:

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



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 máscara de la TSM diaria (compuesta por valores “ceros” y “unos”).

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

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.

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.

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

$$TSM_{MM} = \frac{\sum_{n=1}^s TSM_{S_s}}{\sum_{n=1}^s MAS_{S_s}}$$

donde:

TSM_{S_s} : imagen semanal de TSM no contaminada por nubes.

MAS_{S_s} : imagen máscara de la TSM semanal (compuesta por “ceros” y “unos”).

1.2.2 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 2002 y marzo de 2003 fueron calibrados al oeste de Punta Angamos (22°43,7'S), Punta Paco (19°51,5'S) y en la bahiade Valparaíso, de acuerdo a la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979) y metodología estándar del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile.

Los datos del número de revoluciones por segundo y metros por segundo registrados para cada lance, fueron analizados mediante una regresión lineal simple y cuya ecuación de calibración fue igual a:

| | | |
|----------------------|----------------|------------------------------------|
| Crucero MOBIO - 0205 | TSK 5336 (A01) | $V = 0,13584317 * N - 0,153916808$ |
| Crucero MOBIO - 0209 | TSK 4771 (A02) | $V = 0,13441621 * N - 0,018918148$ |
| Crucero MOBIO - 0212 | TSK 6098 (A03) | $V = 0,14821515 * N + 0,019590154$ |
| Crucero MOBIO - 0301 | TSK 5271 (A04) | $V = 0,15467521 * N + 0,031130005$ |

2.2 Colecta de las muestras

Durante la ejecución de los cruceros estacionales de monitoreo se efectuaron 206 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 2002, el ángulo fluctuó entre 1° y 24° con una media igual a 10° en otoño; entre 0° y 30° con una media en los 11° en invierno; en primavera fluctuó entre 1° y 38° con una media en los 13° y entre 4° y 34° con una media de 18° en verano de 2003.

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 5, 6, 7 y 8**).

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 (**Figs. 2, 3, 4 y 5**).



El sistema CUFES colectó muestras cada 2,5 mn (app cada 20 minutos), a una profundidad de 3 m. Entregándose en la **tabla 9** 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 estacionalmente, 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); Chiechowski, (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 m²)
- d = profundidad máxima del lance (m).
- w = volumen de agua filtrado (m³).
- c = número de huevos o larvas en la muestra.

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

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

donde:

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

$$W = Q * t$$

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

donde:

- Q = volumen de agua filtrado por unidad de tiempo (m³/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 (m²).



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 $G_m(r)$ es una función de la varianza de la variable transformada a logaritmo, de la forma:

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

donde;

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

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



La varianza de la densidad media estimada viene dada por :

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

Para la 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, obtenidas para las estaciones de otoño, invierno, primavera y verano para la zona Antofagasta - Arica, desde la costa hasta una distancia máxima de 100 mn.

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:

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

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

siendo

L = Índice 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:

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

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,

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

La razón de hacerlo a través de toda la muestra, es porque no se conoce con exactitud el número total de áreas de 10m², 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:

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

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

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

Intervalos de confianza al 95% se obtienen mediante:

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

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

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

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

3. Objetivo específico N° 2.3

Determinar la distribución y abundancia relativa estacional de los recursos pelágicos: anchoveta, sardina, jurel y caballa mediante índices de densidad y cobertura geográfica

3.1 Calibración del sistema acústico

3.1.1 Calibración electroacústica

El procedimiento de calibración electroacústica del sistema de eointegración SIMRAD EK 500, consiste en un proceso iterativo, en que se mide las señales de la intensidad de blanco (TS) y eointegración (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.*, 1987). De acuerdo a este método es posible alcanzar un nivel de precisión de $\pm 0,5$ dB, siendo aceptable con ± 1 dB.

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

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

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

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

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

donde:

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

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

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

siendo:

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

donde:

| | | |
|------------|---|---|
| S_{bs} | = | sección dispersante de la esfera (dB). |
| r | = | profundidad de la esfera (m). |
| r_0 | = | profundidad de referencia (1 m). |
| ψ | = | ángulo equivalente del haz acústico (dB). |
| $Sa_{(t)}$ | = | salida teórica del econtegrador. |
| $Sa_{(m)}$ | = | salida medida del econtegrador. |



3.1.2 Identificaci3n de especies

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

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

donde:

- S_v = coeficiente volum3trico de dispersi3n de la agregaci3n 3 card3men.
- $C1$ = constante de calibraci3n electr3nica del equipo. En el caso del EK 500 est3 incluida en la salida calibrada del ecointegrador.
- L = longitud de la agregaci3n (m)
- D = altura media de la se3al remitida por la agregaci3n (m).
- V^2 = voltaje al cuadrado, equivalente a la lectura del ecointegrador.

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

3.2 Distribuci3n de los recursos

La informaci3n ac3stica por Intervalo B3sico de Muestreo (I.B.M.) ac3stico de 0,5 mn, separada por especie, es presentada en mapas de distribuci3n espacial, utilizando una escala de densidad (t/mn^2), determinada por la siguiente expresi3n $75 \cdot 2^{(n-1)}$, donde n representa el nivel de la categor3a, siendo $0 < n \leq 4$ (Tabla 10).

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

3.2.1 3ndices de cobertura y abundancia relativa

El 3ndice de cobertura indica el porcentaje del 3rea ocupada efectivamente por la especie, dando una idea acerca del grado de agregaci3n presentado por la especie en el momento de la prospecci3n, su c3lculo fue realizado de acuerdo a:

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



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

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

donde:

- k = observaciones acústicas con presencia de recurso.
- z = número total de observaciones acústicas en el crucero.
- S_{ai} = lecturas acústicas en la i-ésima I.B.M.
- C = factor de ecointegraci3n, obtenido en base a un TS_{kg} de -32,5 dB/Kg.
- I.C. = índice de cobertura (%).
- I.D. = índice de densidad en t/mn².
- FE = factor de estandarizaci3n, que relacionará en la serie histórica los distintos tamaños de área prospectada, distancias navegadas, tamaños de las IBM y distancias entre transectas.

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

El TS_{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 compilaci3n 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 señaadas 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 2002 y mayo de 2003. De los trece muestreos, nueve de ellos se realizaron a bordo de embarcaciones pesqueras y los cuatro restantes a bordo de los B/I “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 inversi3n. 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

Determinar la distribución espacial y abundancia del zooplancton en el área de estudio, en forma estacional y mensual

5.1 Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas

Con posterioridad a la extracción del ictioplancton se realizaron los análisis cualitativos y cuantitativos del zooplancton, mediante el empleo de microscopios estereoscópicos marca Zeiss y Nikon con aumentos de 8 a 50 veces. A cada grupo zooplanctónico presente se le cuantificó su abundancia. El recuento de los organismos poco abundantes se realizó sobre la muestra total, y para la cuantificación de aquellos zooplanctones cuyas densidades eran muy grandes se utilizó para su subdivisión el submuestreador Folsom (Smith y Richardson, 1979; Boltovskoy, 1981 y Griffiths *et al.*, 1984).

La fracción de la muestra subdividida sobre la cual se realizó el recuento y clasificación de los organismos, fue extrapolada posteriormente al total de la muestra. La abundancia del zooplancton cuantificado se estandarizó y se expresa en número de individuos presentes en 1000 m³ de agua de mar filtrada.

Los grupos zooplanctónicos se clasificaron en base al ordenamiento sistemático formulado por Bougis (1974) y Barnes (1986), utilizándose como ayuda descriptiva para la determinación de los grupos trabajos como los de Newell *et al.*, (1966), Vidal (1968), Arcos (1975), Boltovskoy (1981), Palma y Kaiser (1993) y Aravena (1999).

La representación gráfica de la densidad del zooplancton se realizó en base a la escala métrica log² que permite determinar clases de abundancia con valores equidistantes (Frontier, 1980) y el software SURFER 7.0.

Para realizar el análisis de los parámetros poblacionales de los diferentes grupos zooplanctónicos, estos fueron agrupados en dos zonas, correspondientes a la zona costera y a la zona oceánica, lo que permitirá determinar las diferencias cualitativas y cuantitativas de los grupos en ambos sectores.

La zona costera se limitó hasta las 20 mn, considerando para ello el área de influencia de la surgencia costera, sector que está dentro del rango señalado por Hill *et al.*, 1998.



6. Objetivo específico N° 2.6

Estimar la abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica en el área de estudio, en forma estacional y mensual

La determinación del volumen del zooplancton se realizó con posterioridad a la extracción de los estadios tempranos de peces, a objeto de evitar posibles daños a los huevos y larvas de anchoveta, sadina, jurel y caballa, que pudieran dificultar su identificación y/o clasificación. Para la medición de los biovolúmenes se utilizó el método volumétrico de desplazamiento de volúmenes húmedos (Postel *et al.*, 2000). El volumen se determinó dos veces para cada una de las muestras y el resultado corresponde al promedio de ambas determinaciones. Se excluyeron solamente de las mediciones aquellos organismos cuyo volumen excedía los 5 ml.

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

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

donde:

| | | |
|---|---|--|
| Y | = | ml de zooplancton por 1.000 m ³ |
| X | = | ml de zooplancton |
| W | = | Volumen de agua filtrada por la red (m ³). |

7. Objetivo específico N° 2.7

Explorar las relaciones entre la distribución de huevos y larvas de anchoveta y sardina y variables oceanográficas

7.1 Exploración de las relaciones entre la distribución de huevos y larvas de anchoveta y las variables bio-oceanográficas.

Para el análisis integrado de las variables consideradas en el proyecto, se realizó un estudio espacio-temporal de la distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta y sardina en relación a tales variables oceanográficas. Para ello se consideraron los registros ictioplanctónicos obtenidos en los 4 cruceros establecidos en el proyecto FIP N° 2002-01. La información considera los siguientes datos: fecha, latitud y longitud de las lecturas de huevos y larvas de anchoveta y sardina y su correspondiente valor de densidad (referido a individuos/ 0,05m²). Asimismo, se utilizó información de temperatura (°C) proveniente de imágenes satelitales.

7.2 Procesamiento de la información

A partir de la información se elaboraron para cada variable, archivos vectoriales compatibles con los SIG. Para realizar una descripción espacial y temporal de las variables ictioplanctónicas y oceanográficas se configuraron cartografías de cada una de dichas variables.



Para ello, previamente se realiz3 la georreferenciaci3n de la costa, desde las cartas n3uticas electr3nicas (CNE) del SHOA, mediante la t3cnica de Control de Puntos (Buttler *et al.*, 1990). Luego se crearon los archivos de vectores bases en formato SIG, los que contemplan para cada variable, la georreferencia con sus respectivos datos.

7.3 An3lisis integrado

Para el an3lisis integrado de las variables se us3 como plataforma de trabajo el SIG IDRISI. Con dicho SIG y para detectar la posible asociaci3n entre la distribuci3n de las variables ictiopl3nctonicas y los par3metros ambientales, se emplearon tres enfoques: a) se elabor3 un estudio espacial y visual de la informaci3n, realizando la cartograf3a de la TSM satelital y de los huevos y larvas de las especies; b) se estableci3 una relaci3n funcional entre la repartici3n espacial del ictiopl3ncton y el gradiente t3rmico y c) se calcul3 la se3al latitudinal para la distribuci3n y abundancia de los huevos y larvas de anchoveta en relaci3n a la TSM satelital.

7.3.1 An3lisis cartogr3fico entre la distribuci3n del ictioplancton y la TSM satelital

Con el prop3sito de superponer la distribuci3n de huevos y larvas con la TSM satelital, fue necesario que las cartas estuviesen en una id3ntica escala espacial, de este modo las cartograf3as poseen una misma resoluci3n y cobertura geogr3fica. Lo anterior significa generar im3genes en rasters que posean similar cantidad de filas y columnas, esto se hizo mediante el m3dulo RESAMPLE del SIG.

Para esto se procedi3 a realizar un an3lisis entre la distribuci3n de los huevos y larvas y las variables oceanogr3ficas. De esta manera se pueden determinar rangos de preferencia del recurso en relaci3n a dicha variable ambiental y si est3 relacionado con alguna estructura superficial.

7.3.2 Relaciones entre la repartici3n espacial del ictioplancton y el gradiente t3rmico

Se efectu3 un an3lisis a trav3s de modelos de regresi3n. Para ello, de cada uno de los pixeles se calcul3 la densidad de los huevos y larvas de anchoveta y se estimaron los diferenciales de temperatura mediante los comandos del SIG. La prueba de la hip3tesis se realiz3 mediante modelos de regresi3n m3ltiple "paso a paso" (stepwise). Cabe se3alar que dicha metodolog3a es similar a la propuesta por Oliva *et al.*, (2002) y Power y May (1991).

7.3.3 An3lisis de la se3al latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y de la temperatura

Para establecer las asociaciones entre las variables respecto de la posici3n latitudinal y con el fin de conocer si la distribuci3n y abundancia de los huevos y larvas del recurso se encuentra asociado a ciertas estructuras superficiales (eventos de surgencia y/o gradientes t3rmicos), se estim3 la se3al latitudinal (en el sentido nortesur) de las variables biol3gicas y de la TSM satelital. Para tal efecto, se generaron dos se3ales: la primera denominada costera (que se localiza entre la costa y las primeras 10 mn) y la segunda situada entre las 11 mn y 20 mn de la costa.



VII. RESULTADOS

1. Zona de estudio

El área de estudio comprende la zona que se extiende desde Antofagasta ($23^{\circ}40'S$ – II Región) hasta Arica ($18^{\circ}25'S$ – 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 ($23^{\circ}40'S$), punta Copaca ($22^{\circ}20'S$), punta Lobos ($21^{\circ}00'S$), punta Junín ($19^{\circ}40'S$) y Arica ($18^{\circ}25'S$).

2. Cruceros

Durante el período comprendido entre mayo de 2002 y marzo de 2003, el Instituto de Fomento Pesquero – IFOP – realizó a bordo de los B/I “Carlos Porter” y “Abate Molina” los siguientes cruceros estacionales de monitoreo:

- Otoño : **MOBIO 0205** (21 al 30 de mayo de 2002),
- Invierno : **MOBIO 0209** (15 de septiembre al 03 de octubre de 2002),
- Primavera : **MOBIO 0212** (10 al 17 de diciembre de 2002), y
- Verano : **MOBIO 0301** (11 al 19 de marzo de 2003).

Se efectuaron además, las estaciones costeras de vigilancia de frecuencia de observación mensual durante el período comprendido entre mayo de 2002 y mayo de 2003, frente a los puertos de Mejillones, Iquique y Arica y estaciones bio-oceanográficas durante la navegación intertransectas en cada uno de los cruceros (**Fig. 1; Tablas 1, 2, 3 y 4**).

Cabe destacar que el crucero de invierno de 2002 – **MOBIO 0209** formó parte del Quinto 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. Por esta razón, se realizó una transecta adicional equidistante 40 mn al sur de Antofagasta, la cual se localizó frente a punta Tres Picos ($24^{\circ}20'S$), prolongándose además, hasta las 190 mn las transectas ubicadas frente a punta Copaca y punta Lobos, con estaciones programadas a 130, 160 y 190 mn de la costa. 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 biólogo marino colombiano de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG), responsable del análisis de zooplancton del Programa ERFEN en Colombia, a cargo del centro Control de Contaminación del Pacífico (CCCP), viajando a Colombia un planctólogo de Chile.



A. Objetivo espec3fico N° 2.1

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

3. Condiciones oceanogr3ficas

3.1 Vientos

3.1.1 Vientos predominantes en estaciones y mediciones horarias

En otoño de 2002, de los vientos medidos en estaciones (48 datos) (**Fig. 6a**) el 29% corresponde a calma y total de los vientos son de intensidad menor a 5 m/s. En direcci3n los porcentajes de los cuadrantes 1 a 4 son 4%, 44%, 19% y 4%, respectivamente.

De los vientos horario (155 datos) (**Fig. 7a**) el 99% de los registros son menores a 5 m/s y el 14% corresponde a calma. El registro de viento de mayor intensidad fue 5,6 m/s, proveniente del segundo cuadrante y es el 3nico dato mayor a 5 m/s, y se ubic3 en la latitud 19°40'S a 50 mn de la costa. En lo que respecta a la direcci3n, el 80 % del total de registros proviene del segundo y tercer cuadrante. S3lo un 6% de las direcciones provienen de los cuadrantes 1 y 4. En este mismo sentido, el 30% de los registros (49 datos) vienen de direcciones entre el SSE (155°) y SSW (202°), y de estos, 29 datos tienen intensidad > 3 m/s.

En general, vientos de moderados a fuertes (> 3 m/s) se midieron durante la realizaci3n de la transecta de Pta. Jun3n (T4) y en la inter-transecta T4 a T5 (Arica) y tambi3n a largo de la transecta de Antofagasta (T1). Los registros obtenidos entre Pisagua y Mejillones muestran los vientos m3s d3biles del per3odo (< 3 m/s), observ3ndose varias horas de calma en la inter-transecta T1 - T2.

En invierno de 2002, los datos de viento obtenidos en las estaciones (**Fig. 6b**) de muestreo son, en el 90% de los registros, de una intensidad menor a 5 m/s; con el 37% correspondiente a calma y s3lo el 8% fue mayor a 5 m/s (entre 5 y 8 m/s). En direcci3n de estos registros, un 3% de los datos provenientes del 1er cuadrante, 47% del segundo, 11% del tercero y 0% del cuarto.

De los datos de viento horario registrados durante la navegaci3n (234 datos) (**Fig. 7b**) se obtuvo resultados que indican intensidades con s3lo el 10% de ellos correspondientes a calma, 79% de los datos son de intensidad < 5 m/s (incluye calma) y un 20% entre 5 y 10 m/s. Un solo dato registr3 intensidad mayor a 10 m/s, lo que representa el 0,5%. De los datos horario se desprende que el sector de m3ximas intensidades de viento es el oce3nico de la transecta 1 (Bah3a Moreno), con un promedio de intensidad de 5 m/s y con el m3ximo de 10,7 m/s a 60 mn de la costa. El sector con bajas intensidades de viento fue el centro de la zona de estudio, transectas 2 (punta Copaca) y 3 (punta Lobos), con un promedio de intensidad de 2,7 m/s, principalmente hacia el sector oeste de ambas transectas. En los cortes 4 (punta Jun3n) y 5 (Arica) los vientos fueron de una intensidad moderada con 3,2 m/s en promedio. Respecto a la direcci3n de los vientos horario, se registr3 un porcentaje de 6% para el 1er cuadrante; un 48% para el 2° cuadrante; 26% para el 3er; para el 4° cuadrante fue de 10%.

En el per3odo de primavera de 2002, los registros de viento obtenidos durante la realizaci3n de las estaciones oceanogr3ficas (**Fig. 6c**) indican que el 64% de los datos tienen una intensidad menor a 5 m/s y el 35%



restante corresponde a intensidades de viento entre 5 y 10 m/s. No se registraron vientos mayores a 10 m/s y el total de estaciones con calma fueron 5 lo que es un 9%. La intensidad m3xima fue de 7,5 m/s medido en las estaciones a 5 y 100 mn en el extremo norte (T5) y la 3ltima a 100 mn en la transecta 1. La direcci3n predominante del viento fue del segundo y tercer cuadrante con un 80% de los registros.

Los datos de viento horario medidos a bordo (162 datos) durante el crucero (**Fig. 7c**) indican un 80% de los datos con intensidad menor a 5 m/s y el 6% con calma. El m3ximo medido fue de 7 m/s en varios sectores de la zona, principalmente en la transecta 1 y 5, extremos sur y norte respectivamente. El sector central, en la transecta 3 frente a punta Lobos, muestra las menores intensidades de viento. Las transectas 2 y 4 tambi3n presentan bajas intensidades de viento pero tienen algunas de ellas mayores hacia el centro y sector oeste de la transecta, respectivamente. En direcci3n, el 90% de los vientos proviene del segundo y tercer cuadrante, porcentaje levemente mayor a lo mostrado por los vientos medidos en las estaciones.

Durante el verano 2003 los vectores de vientos medidos en las estaciones (53 datos) (**Fig. 6d**) indicaron un 91% de los casos provenientes del segundo y tercer cuadrante, mientras que los vientos horarios (177 datos) (**Fig. 7d**) indicaron un total de 93%. Con respecto a la intensidad, el 56% de los vientos medidos en las estaciones fueron menores a 5 m/s, mientras que en los registros horarios el porcentaje alcanz3 el 65% de los casos, consider3ndose estos como vientos d3biles. Los porcentajes de datos de intensidad cero fueron de 4% y 0% para los registros en las estaciones y de frecuencia horaria, respectivamente.

3.1.2 3ndice de surgencia

En oto3o se observ3 un 3ndice de surgencia con un rango de -80 a 515 m³/s/1000 m de costa, donde solamente 4 datos son negativos. El m3ximo valor observado se present3 a 15 mn frente a Pisagua, siendo este 3ltimo sector, junto a Tocopilla y Antofagasta, los que presentaron los mayores 3ndices relativos para el per3odo (**Fig. 8a**). La mayor3a de los datos observados estuvieron en el rango de 200 a 300 m³/s/1000 m de costa. En los sectores costeros de Arica a Pisagua y Pta Copaca a Mejillones no se obtuvo registros de viento y por esa raz3n no se muestra informaci3n en la carta de la **Fig. 8a**.

El muestreo de Invierno (**Fig. 8b**) no registr3 IS negativos en el 3rea costera y el m3ximo alcanz3 un valor de 2574 m³/s/1000 m de costa en las primeras 5 mn frente a Arica. Los valores m3ximos fueron s3lo registros puntuales y no indican la tendencia general del per3odo, ya que la mayor3a de los registros estuvieron entre 200 y 300 m³/s/1000 m de costa. Un segundo m3ximo relativo se midi3 frente a Iquique con un 3ndice de 1807. El sector de Antofagasta tiene tambi3n valores de IS relativamente altos. El sector de menores valores estuvo frente a la pen3nsula de Mejillones.

En primavera (**Fig. 8c**), los valores de 3ndice fueron mayores a los registrados en los dos per3odos pasados, con una fuerte tendencia de valores cercanos a los 500 m³/s/1000 m de costa. El m3ximo valor de IS positivo fue de 1729 m³/s/1000 m de costa medido tambi3n frente a Arica, siendo el sector de Mejillones el que presenta la segunda 3rea de valores m3ximos para el per3odo. El 3rea con menores valores fue Tocopilla y Pisagua.

En Verano 2003 (**Fig. 8d**), la mayor3a de los datos de IS est3n en el orden de 500 m³/s/1000 m de costa, con un m3ximo de 1521 frente a Pisagua. Las 3reas con mayores valores relativos del muestreo fueron Pisagua, Iquique y Mejillones, mientras que el de menores registros fue notoriamente el sector de Arica. El per3odo de verano registr3 los mayores IS de los cuatro en estudio, seguido por el per3odo de primavera.



3.1.3 Índice de Turbulencia

El período de otoño (**Fig. 9a**) presentó valores de turbulencia en el rango de 0 a 180 m³/s³. Los índices de turbulencia, debido a las menores magnitudes del viento en este período, fueron también bajas con más del 50% de los datos menores a 50 m³/s³. Las transectas con los más bajos registros de IT fueron Arica (T1), Pta Lobos (T3) y Pta. Copaca (T2). Los sectores con los máximos relativos corresponden a la transecta de Pta. Junín (T4) y a la intertransecta T4 -T5.

El IT medido en invierno (**Fig. 9b**) estuvo en el rango de 0 a 1218 m³/s³, si embargo, al igual que en otoño los valores estuvieron mayoritariamente bajo los 50. El máximo medido se ubicó a 70 mn frente a Antofagasta y corresponde al mayor de los cuatro períodos. El área con mayor turbulencia es principalmente el área oceánica de Antofagasta, seguido de Arica y punta Lobos en el sector costero. Las áreas de más baja turbulencia correspondieron a las transectas de punta Copaca (T2) y Pta Junín (T4).

El muestreo de primavera (**Fig. 9c**) registró un valor de IT máximo de 343 m³/s³, sin embargo la mayoría de los datos fueron menores a 100. En la costa, los valores más altos se registraron en el sector de Arica y en la península de Mejillones, mientras que en el sector oceánico estas áreas fueron las de la intertransecta T4-T5 y Antofagasta, ambas a 100 mn de la costa. El sector centro, particularmente el sector costero entre Pisagua y Pta. Grande, registró los valores de IT más bajos de este muestreo.

Finalmente, el muestreo de verano 2003 (**Fig. 9d**) registró valores de IT en general mayores a los otros períodos, ya que, si bien el máximo es de solo 745 m³/s³, al menos un 40% de los datos está sobre el valor de 100. Los sectores de mayores valores fueron el área costera de Pisagua, Mejillones y Antofagasta, en este último lugar tanto en el sector costero como a 100 mn. El área de menor IT relativo fue la transecta de punta Lobos (T3).

3.2 Temperatura

3.2.1 Temperatura superficial

En otoño de 2002, la zona de estudio presentó una distribución de temperatura superficial típica de la estación con valores dentro del rango de 15° a 20,9°C (**Fig. 10a**). El máximo térmico se ubicó en la transecta de punta Junín (T4) a 100 mn de la costa asociado a un sector de agua más cálida (> 20°C) que abarcó el área de 40 a 100 mn entre Arica y Tocopilla. El valor mínimo se ubicó en la estación de 1 milla en la transecta de punta Copaca (T2) asociada a la franja de bajas temperaturas relativas que cubre las primeras 40 mn de la costa, con registros < 19°C, producto de procesos de surgencia. Dado que la temperatura superficial en el sector oceánico no superó los 20°C se produjo un gradiente térmico este-oeste moderado con el sector más costero.

El rango de anomalías térmicas superficiales en otoño fue de -2,5 a 2,8°C. El máximo negativo se ubicó en la costa a 1 mn sobre la transecta de punta Copaca y el máximo positivo a 20 mn frente a Antofagasta en la Transecta 1 (**Fig. 11a**). En este crucero hubo un predominio de valores negativos en anomalía térmica para la mitad norte de la zona y valores positivos para la mitad sur pero estos valores de desviación cayeron en general dentro del rango ± 1°C. La mitad norte se encontró en general con anomalías negativas de esta variable. En la mitad sur, la estación de 20 mn frente a Antofagasta presentó una anomalía positiva de +2°C.

La temperatura superficial registrada en invierno durante el crucero (**Fig. 10b**) tuvo valores y distribución habituales para el mes, con un bajo gradiente térmico costero y en general para toda el área, situación



también habitual para la época invernal. La franja costera de las primeras 20 mn registró un valor mínimo de 14,4°C ubicado a 2 mn al oeste de la punta norte de la península de Mejillones, mientras que la máxima fue de 17,7°C a 20 mn frente al puerto de Pisagua (19°40'S). El área con la más alta temperatura registrada en el crucero, > 17°C, se ubicó en la parte norte de la zona oceánica, abarcó desde Arica a Iquique y se prolongó hacia el sur en forma de una extensa lengua cálida mayor a 17°C y de 20 mn de ancho, que alcanzó hasta punta Grande (sur de Tocopilla) centrada entre las 40 y 50 mn de la costa. Los menores valores de temperatura en el sector oceánico se localizaron hacia el extremo sur de la zona, con temperaturas menores a 16°C entre Antofagasta y punta Tres Picos, valores que alcanzaron también hasta la costa.

En el período de invierno el rango de valores de anomalía estuvo entre -1,4° y +1,8 °C, ubicándose el primero en la estación fija de Iquique y la segunda a 1 mn frente a Antofagasta sobre la transecta 1 (**Fig. 11b**). En general los valores de anomalía tuvieron para la zona desviaciones en torno al promedio entre $\pm 1^\circ\text{C}$, con un amplio sector con valores que oscilaron en $\pm 0,5^\circ\text{C}$, situación que ocurrió tanto en la franja costera como en el sector oceánico. Una excepción a lo anterior ocurrió en el área oceánica ubicada al oeste de las 160 mn (transectas de 200 mn), donde el valor de anomalía fue levemente mayor a +1°C. El sector oceánico al norte de los 20°30'S tiene valores de anomalía negativa que se extienden hacia la costa y abarcan el área entre caleta Camarones (19°10'S) y punta Grande (22°30'S). En este sector costero se presentaron algunos núcleos de anomalía negativa mayores a 0,5°C, los que abarcaron el área entre Pisagua e Iquique y desde punta Lobos hasta Tocopilla. Los valores de anomalía positiva registrados en el sector oceánico desde los 20°30'S hacia el sur son menores a 1°C. El sector costero desde Antofagasta hasta punta Tres Picos (24°20') registró anomalías positivas pero menores a 1°C.

En el período de primavera la TSM mostró el calentamiento estacional habitual en el sector oceánico (**Fig. 10c**), después del período de invierno más frío, con la aparición de gradientes térmicos costeros producto de los procesos de surgencia en la costa y de las mayores temperaturas del agua subtropical que ingresó desde el sector noroeste y oeste al área oceánica de la zona. El máximo térmico se registró a 20 mn de la costa en los 20°20'S con 22,4°C y el mínimo fue de 15,4° a 1 mn en la latitud 22°10'S. Aguas con temperaturas sobre 21°C se acercaron más a la costa frente a Pisagua, punta Patache y punta Grande.

En primavera, el máximo de anomalía térmica negativa de -2,9°C se ubicó en la costa a 1 mn frente a punta Lobos y la máxima positiva de +2,6°C estuvo a 10 mn frente a punta Junín (**Fig. 11c**). La anomalía de temperatura en este período mostró a la zona de estudio dividida en dos partes. La mitad norte presentó valores de anomalía negativos y la mitad sur valores positivos, sin embargo, en general ambos sectores tienen anomalías no significativas ya que oscilan entre $\pm 1^\circ\text{C}$. Tal condición de anomalías se considera normal, exceptuando a esta situación el sector oceánico de anomalías superiores a +1°C que se ubicó entre Tocopilla y Antofagasta.

La temperatura superficial en verano (**Fig. 10d**) se caracterizó por registrar en el área oceánica norte valores inferiores a los habituales para la época manteniendo, sin embargo, los gradientes térmicos costeros en sentido este-oeste producto de procesos de surgencia que aportan aguas frías en la costa. El valor mínimo de temperatura fue de 14,5°C y se registró a 5 mn de la costa frente a punta Junín (T4), mientras que el máximo fue de 24,15°C a 40 mn también de punta Junín. En general, la zona oceánica presentó valores mayores a 20°C desde las 20 mn hacia el oeste, entre Arica y los 21°S, extendiéndose las isotermas hacia el sur-oeste bajo esta latitud, dejando por lo tanto, menores temperaturas relativas en el área sur. El sector con mayores temperaturas relativas, (> 23°C), se ubicó en forma de lengua por sobre las 70 mn entre Arica y la latitud 22°S, señalando con ello una entrada de agua cálida desde el oeste. Los mínimos valores de temperatura,



asociados a la costa, mostraron los sectores de surgencia más intensa que correspondieron al área frente a Pisagua, punta Lobos y el área que rodea la Península de Mejillones.

En el período de verano, el rango de valores de anomalías de temperatura superficial (**Fig. 11d**) fue de $-3,6^{\circ}$ a $+1,8^{\circ}\text{C}$. El máximo negativo se registró a 1 mn de la costa frente a punta Lobos (T1), mientras que el máximo positivo se localizó a 10 mn al oeste de punta Copaca (T2). Las anomalías de temperatura indicaron una tendencia general a valores negativos en toda la zona de estudio, predominando valores entre 0 y -1°C en el sector oceánico central, mientras que en el extremo norte (Arica-Pisagua) son mayores a -1°C y hacia el sector sur (punta Grande – Antofagasta) se presentan entre -2° y -3°C ubicadas en la costa.

3.2.2 Termoclina

En otoño, el espesor de la termoclina (ET) (**Fig. 12a**) estuvo en el rango de 2 a 30 m, ubicándose el valor mínimo en dos estaciones costeras, una en la transecta de punta Lobos (T3) y la otra en bahía Moreno (T1), mientras el máximo se registró a 40 mn en la transecta de Arica (T5). Los menores ET se encontraron, en general, en el sector costero, destacándose en este aspecto el sector entre Iquique y Antofagasta con valores inferiores a 10 m, mientras que espesores mayores a 20 m se encontraron a lo largo de una franja oceánica en la mitad norte de la zona.

La temperatura en la base de la termoclina (TBT) presentó un rango de valores entre $13,4^{\circ}$ y $17,5^{\circ}\text{C}$. El máximo se registró a 20 mn frente a bahía Moreno (T1) y el mínimo a 2 mn de la costa en los $21^{\circ}30'S$ (**Fig. 13a**). La termoclina, en general, finalizó con temperaturas entre 14° y 15°C , según se desprende de los datos de cada estación. Se puede señalar que hay una tendencia a presentar menores TBT hacia la costa y que el máximo valor térmico se ubicó en el sector intermedio en la mitad sur de la zona asociado a una profundización de la termoclina. El nivel de profundidad de la base de la termoclina (PBT) (**Fig. 14a**) se caracterizó por presentar profundidades menores a 5 m en la costa, aumentando hacia el oeste hasta valores mayores a 40 m. Sin embargo, la máxima profundidad base de la termoclina estuvo sólo a 20 mn frente a punta Copaca (T2) con 63 m y a 100 mn frente a Mejillones.

El gradiente promedio de la termoclina (GPT) en otoño estuvo en el rango de $0,11^{\circ}$ a $0,57^{\circ}\text{C/m}$, ubicándose los máximos valores promedio ($>0,3^{\circ}\text{C/m}$) en el sector Tocopilla y Antofagasta y también en el sector oceánico por sobre las 70 mn desde Pisagua al sur (**Fig. 15a**). Los máximos gradientes térmicos de la termoclina MGT, correspondientes a la máxima variación térmica medida en un intervalo de 1 m, se presentaron con una distribución similar a la indicada para los gradientes promedio (**Fig. 16a**). Los valores extremos son de $0,11^{\circ}$ y $1,63^{\circ}\text{C/m}$, con el mínimo a 1 mn frente a punta Copaca (T2) y el máximo a 100 mn frente a Pisagua, además de otros dos máximos relativos de $1,3^{\circ}$ y $1,4^{\circ}\text{C/m}$ en la estación 8 y 14, respectivamente. El máximo gradiente de la termoclina se ubicó a una profundidad de 25 m (**Fig. 17a**) mientras los otros dos máximos relativos, ubicados más al sur, lo hicieron bajo el nivel de 40 m. El mínimo de $0,11^{\circ}\text{C/m}$, presente en punta Copaca, se ubicó a 6 m de profundidad. En general, se puede indicar que los GMT de cada estación se ubicaron a una mayor profundidad hacia el sector oceánico en relación a las estaciones de las primeras 40 mn de la costa.

Durante el muestreo de invierno, el ET estuvo en el rango de 2 a 23 m. El mínimo se ubicó en la costa en la estación de 1 mn (T0, punta Tres Picos) y el máximo en la estación a 4 mn de la costa sobre la transecta 4 (punta Junín) (**Fig. 12b**). La mayor parte del área central, que abarca desde Iquique hasta Antofagasta, tiene un espesor de 10 a 15 metros. Los sectores de menor espesor de la termoclina fueron los extremos NO con



una profundidad de 5 a 10 m y el sector SE, en la franja costera entre Antofagasta y punta Tres Picos, con un espesor menor a 10 metros.

La TBT en invierno estuvo en el rango de 12,6° a 16,9°C. El m3nimo valor se localiz3 a 70 mn sobre la transecta de bah3a Moreno (T1) y el m3ximo a 60 mn de la costa sobre la inter-transecta 4-5 (**Fig. 13b**). La ubicaci3n del m3ximo y m3nimo de la temperatura base es coincidente con una disminuci3n de la temperatura en un sentido norte – sur. El m3ximo indicado, > 16°C, se present3 en s3lo una estaci3n, originando entonces un foco c3lido, pero la mayor parte de la zona de estudio present3 temperaturas entre 13° y 15°C. La PBT en invierno tuvo un rango de profundidad de 8 a 103 m con un marcado gradiente de profundidad en sentido este-oeste (**Fig. 14b**). El valor m3nimo se ubic3 a 1 mn en la T1 y el m3ximo en la estaci3n oce3nica a 160 mn sobre la transecta 3. El 3rea de menores profundidades estuvo en el sector costero entre Arica y Pisagua, pues los niveles de PBT fueron en general menores a 30 m hasta las 70 mn. En este per3odo se presentaron dos 3reas con mayores profundidades, la primera en la franja oce3nica sobre la transecta de punta Lobos (T3), asociada a las estaciones entre 130 y 190 mn de la costa y donde la capa de mezcla tambi3n fue m3xima: la segunda 3rea se ubic3 m3s cercana a la costa sobre la transecta de bah3a Moreno (T1), y que estuvo asociada a la entrada de agua m3s c3lida desde el NO y que tambi3n profundiz3 las isotermas.

En invierno, el rango de valores del GPT fue de 0,1 a 0,55°C/m y al igual que la profundidad base de la termoclina present3 en general un gradiente este – oeste (**Fig. 15b**). Los m3ximos gradientes promedio se localizaron en el sector oce3nico de la transecta de punta Jun3n (T4) a 100 mn de la costa, sin embargo, cabe destacar que s3lo dos estaciones presentaron valores mayores a 0,4°C/m, 3stas son la estaci3n de 100 mn en la T4 con el m3ximo indicado y la estaci3n costera de 1 mn de la costa en la T1 con 0,53°C/m, formando un n3cleo muy localizado en la costa frente a Antofagasta. En general, en el 3rea se registr3 un valor promedio entre 0,1 a 0,3 °C/m. El MGT en invierno estuvo en un rango de 0,15 a 1,06°C/m. La mayor3a de los datos, sin embargo, estuvieron entre 0,3 a 0,5 °C/m mostrando una similitud en las 3reas de distribuci3n de este gradiente (**Fig. 16b**) con aquellas del gradiente promedio de 0,1 a 0,3°C/m (**Fig. 15b**). Dado que los valores de gradiente m3ximo y promedio son similares en esta 3rea se puede suponer que la termoclina se present3 con un valor de gradiente relativamente constante a lo largo de la capa lo que se aprecia visualmente en los perfiles de temperatura de cada estaci3n. Los gradientes m3ximos m3s altos se ubicaron en las mismas estaciones de los mayores valores de GPT, formando peque3os focos de m3ximos en el sector oce3nico y costero. La profundidad del MGT en invierno fue similar, en cuanto a la distribuci3n de las is3batas, a la PBT, teniendo en este caso 5 m menos la primera profundidad respecto de la segunda, y adem3s, dado el valor encontrado de 5 a 15 m de espesor de la termoclina, se puede sugerir que el m3ximo gradiente se localiz3 relativamente centrado en la termoclina (**Fig. 17b**).

En primavera el ET present3 un rango de 3 a 45 m (**Fig. 12c**). El m3nimo se ubic3 en la costa a 1 mn frente a punta Copaca (T2) y el m3ximo se ubic3 en la estaci3n oce3nica a 70 mn de punta Lobos. En la zona oce3nica central se localiz3 un foco de mayor espesor en comparaci3n al resto del 3rea. Tambi3n se observ3 un foco de mayor espesor a 20 mn frente a Pta Copaca (T2) (22°20'S).

En primavera la TBT tiene un valor relativamente homog3neo, en general cercano a los 15°C (**Fig. 13c**). El m3nimo fue de 13,8°C a 100 mn en la T2 y el m3ximo de 17,8° en la estaci3n a 100 mn de la costa frente a la pen3nsula de Mejillones (23°S). En general, las mayores TBT se localizaron hacia el extremo sur-oeste de la zona. No se aprecia en este caso patrones de distribuci3n este-oeste y no existen gradientes costa-oc3ano. La PBT present3 un amplio rango de valores, el m3nimo fue de 6 m y se ubic3 en la estaci3n fija de Mejillones y en la estaci3n a 2 mn de la punta sur de la Pen3nsula de Mejillones, mientras que el m3ximo fue de 73 m en la estaci3n a 100 mn en la transecta de punta Lobos (T3). La distribuci3n de PBT fue similar, en su forma, a la



del espesor de la termoclina, presentando los m3nimos en la costa y un 3rea de m3ximo en el 3rea oce3nica central (**Fig. 14c**).

El GPT en primavera mostr3 un valor relativamente homog3neo en toda el 3rea de estudio promediando los 0,25°C/m (**Fig. 15c**). El m3ximo de 0,12°C/m se ubic3 en la estaci3n a 2 mn de la costa frente a Tocopilla y el m3ximo fue de 0,83°C/m. Este 3ltimo valor, ubicado en la estaci3n fija de Mejillones (100), represent3 un valor aislado ya que la mayor3a de los datos son menores a 0,4°C/m. Los m3ximos gradientes (**Fig. 16c**) se presentaron en un amplio rango de valores, con un m3ximo de 0,18°C/m en la estaci3n a 2 mn de la costa frente a la punta sur de la Pen3nsula de Mejillones y el m3ximo de 1,67°C/m en la estaci3n a 100 mn en la transecta de punta Lobos. Los valores m3s bajos de gradiente se presentaron en el 3rea costera mientras que los mayores a 1°C/m se ubicaron en el extremo oeste de la zona y en un peque3o foco costero frente a Pisagua. La profundidad del MGT (**Fig. 17c**) tuvo tambi3n un amplio rango de valores, los que estuvieron entre 2 y 36 m. Los menores valores se ubicaron hacia la costa, situaci3n que est3 acorde con las menores profundidades de la base y el espesor de la termoclina. Los mayores valores, en cambio, se ubicaron hacia el sector oce3nico ocupando una importante 3rea con profundidades sobre 20 metros.

El ET en verano tuvo un rango de 2 a 41 m (**Fig. 12d**), encontr3ndose el m3ximo a 2 mn frente a Tocopilla, mientras que el m3ximo se localiz3 a 90 mn de la pen3nsula de Mejillones. En general, el sector costero tuvo un espesor menor a 15 m, el 3rea central (en sentido longitudinal) entre 20 a 30 m, mientras que los m3ximos se ubicaron en el borde oeste de la zona frente a Pisagua y Antofagasta con un espesor mayor a 35 metros.

La TBT correspondiente a verano estuvo en el rango de 12,9 a 16,2°C, sin embargo, en la mayor3a de los casos la temperatura fue de 14° a 15°C, ubic3ndose los valores m3nimos en la costa y hacia el sector sur de la zona, mientras que los m3ximos lo hicieron en el sector oce3nico central y sector norte (**Fig. 13d**). En verano, la PBT registr3 niveles de profundidad en el rango de 6 a 60 m, nivel que aument3 en sentido este-oeste. La termoclina en el sector costero tuvo una profundidad en su base inferior a 20 m, mientras que las m3ximas profundidades se localizaron en la franja central oce3nica frente a punta Lobos, punta Jun3n y tambi3n en el extremo sur-oeste de la zona con m3s de 50 m de profundidad (**Fig. 14d**).

Los valores de GTP de este per3odo se encontraron en el rango de 0,12 a 0,67°C/m, present3ndose los valores m3ximos asociados a los m3ximos t3rmicos relativos de superficie localizados en el sector oce3nico frente a punta Lobos y sector costero frente a punta Grande (22°30'S); los m3nimos de GPT estuvieron asociados al m3ximo t3rmico superficial que se encontr3 a 40 mn frente a punta Copaca (T2) (**Fig. 15d**). El sector oce3nico en la mitad norte de la zona present3, en general, valores de gradiente promedio mayores que en la mitad sur, debido a que tiene los valores de temperatura m3s altos en superficie. Los MGT del per3odo estuvieron en el rango de 0,2 a 2,2°C/m y presentaron una distribuci3n similar al gradiente promedio, es decir, con m3ximos en el sector oce3nico frente a punta Lobos, caleta Camarones (19°10'S) y tambi3n en el sector costero frente a punta Grande (22°30'S), mientras que el m3ximo se ubic3 en el sector costero frente a Pisagua (**Fig. 16d**). La profundidad del MGT estuvo en el rango de 4 a 29 m, localiz3ndose el m3ximo en las estaciones costeras de 1 y 5 mn frente a Pisagua y Arica, respectivamente y el m3ximo a 70 mn frente a punta Jun3n (T4) (**Fig. 17d**). El sector costero present3 las menores profundidades en la ubicaci3n del m3ximo gradiente, encontr3ndose en general a menos de 10 m de la superficie, mientras que en el sector oce3nico se ubic3 a m3s de 20 metros.



3.2.3 Distribución vertical de temperatura

En otoño (**Figs. 18 y 19**), la distribución de temperatura vertical en las transectas señala para la capa de los primeros 50 m la presencia de una termoclina definida de espesor e intensidad variable y que finaliza en la isoterma de 14° o 15°C. Todas las transectas muestran el ascenso de las isotermas en la zona costera, siendo la transecta 1 y 2 las localidades con mayor pendiente en las primeras 20 millas náuticas. La situación indicada anteriormente para la transecta 1 se vio reforzada por la presencia de aguas de mayor temperatura relativa en la capa superficial del sector oceánico y central, tal como fue explicado en la sección de TSM, y que llegaron hasta las 20 mn de la costa profundizando la termoclina. Las isotermas de los primeros 50 m en las transectas 3 a 5 se ubicaron con una menor pendiente hacia la costa, siendo la transecta 3 la que presentó un levantamiento más gradual desde las 70 mn, seguido por las transectas 4 y 5 que tienen un levantamiento desde los 40 metros. La transecta 5, si bien presentó un ascenso de las isotermas en la costa ésta es menor que en las otras secciones.

La profundidad de las isotermas por sobre el nivel de la termoclina en la transecta 1 se aprecia más variable que en las otras transectas. En esta transecta se registró el gradiente vertical más intenso de las 5 transectas, ya que entre la costa y las 20 mn el gradiente promedio es de 0,25°C/mn. Bajo los 50 m de profundidad las isotermas se ubicaron paralelas a la superficie, con la presencia de pequeñas inversiones térmicas en la transecta 1 y 2 observables en los núcleos formados por las isotermas de 12° y 13°C, respectivamente.

En invierno, la temperatura (**Figs. 18 y 19**) mostró una termoclina débil en las cinco transectas analizadas. La isoterma de 15°C se ubicó sobre la termoclina en las transecta 1, dentro de la termoclina en la transecta 2 y 3, y bajo la termoclina en las transectas 4 y 5. En todas las transectas se observó un ascenso de las isotermas ubicadas entre la superficie y los primeros 100 m en la costa. Bajo los 100 m de profundidad las isotermas se ubicaron en forma paralela a la superficie, sin embargo algunas registraron descensos o ascensos. Es así como en la transecta 2 se presentó centrado en la estación a 100 mn un levantamiento de 50 m de la isoterma de 10° a 12 °C, y en la transecta 3 a 1 mn existe un hundimiento de 30 m de la isoterma de 11° y 12°C.

En el período de primavera se observó una marcada termoclina estacional en las 5 transectas (**Figs. 18 y 19**) con una profundidad variable a lo largo de ellas y muy delgada en la costa y más profunda en el sector oceánico, manteniéndose restringida principalmente a los primeros 50 m de profundidad. En general la termoclina se observó menos intensa hacia la transecta 1 y 2, pero en las transecta 3 a 5 ésta se hizo más fuerte, lo que es avalado por la proximidad de las isotermas, siendo la transecta 5 entonces la que presentó mayor homogeneidad en su profundidad a lo largo de toda la sección.

Las isotermas ubicadas en los primeros 100 m tuvieron una pendiente positiva hacia el sector costero indicando con ello que los procesos de surgencia se manifestaron al menos a lo largo de los cinco puntos de muestreo en las primeras 20 mn de la costa disminuyendo la temperatura superficial hasta las 40 mn, tal como se observó claramente en la transecta 3. Bajo los 100 m de profundidad las isotermas en general presentaron una pendiente negativa hacia la costa produciéndose mayores temperaturas subsuperficiales en la columna de agua del sector respecto del sector oceánico. La situación anterior se observa más marcada en las transectas 3 y 5.

En verano, las isotermas de las transectas (**Figs. 18 y 19**) mostraron una capa superficial inferior a 20 m de bajo gradiente térmico en el sector oceánico y que se adelgazó aun más hacia la costa. Bajo esta capa se ubicó la termoclina definida en su intensidad por la mayor cercanía de las isotermas, por lo tanto fue más



intensa hacia las transectas 4 y 5, y est1 generalmente limitada en su base por la isoterma de 15°C. Todas las transectas mostraron ascensos de las isotermas en la franja de las primeras 20 mn de la costa. Ascensos de las isotermas hacia la superficie se observaron tambi3n en el sector oce1nico de la transecta 2 a 40 mn, y en las transectas 4 y 5 a 70 mn de la costa, las que se1alaron aguas de menor temperatura en esos sectores, originando las anomal1as negativas descritas en la carta superficial. En el nivel subsuperficial de las transectas 1 y 2 y bajo la termoclina, se present3 un levantamiento de las isotermas a 40 mn y otra a 20 mn de la costa, respectivamente. As1 tambi3n se observ3 una profundizaci3n de las isotermas a nivel subsuperficial en el sector costero. La transecta 5 por su parte es la que present3 una distribuci3n m1s vertical de sus isotermas subsuperficiales.

3.2.4 Profundidad de la isoterma de 15°C

En oto1o de 2002, la profundidad de la isoterma de 15°C present3 su patr3n caracter1stico de distribuci3n general con un aumento de la profundidad desde la costa hacia el sector oce1nico (**Fig. 20a**). La m1nima profundidad de esta isoterma fue de 0 m y se localiz3 a 1 mn de la costa frente a punta Copaca, mientras que el m1ximo de 61 m se midi3 en la misma transecta a 40 mn de la costa. La ubicaci3n de profundidades mayores a 50 m se encontr3 preferentemente en el sector oce1nico por sobre las 70 mn de la costa, excepto a lo largo de la transecta realizada frente a punta Lobos (T3) en que esa profundidad se extendi3 hacia el este hasta las 20 mn de la costa. Los valores de anomal1a de profundidad estuvieron en general dentro del rango ± 10 m (**Fig. 21a**). La anomal1a es de tipo negativa entre Arica y Tocopilla y positiva desde esa 1ltima localidad al sur a trav3s en una franja intermedia entre 20 y 40 millas n1uticas. La m1xima anomal1a negativa, -20 m, se encontr3 a 20 mn frente a punta Copaca (T2) formando un peque1o foco.

En invierno se present3 un amplio rango de profundidades de esta isoterma, 3l que estuvo entre 3 y 91 m, aumentando siempre desde el sector costero hacia el oce1nico (**Fig. 20b**). El m1nimo de profundidad, 3 m, se registr3 a 10 mn frente a Antofagasta. El m1ximo de profundidad se encontr3 a 160 mn al oeste de la costa frente a punta Copaca (T2). La franja costera de 20 mn present3 valores de profundidad menores a 20 metros. En la franja oce1nica, que va desde las 20 a 100 mn, la profundidad fue de 20 a 60 m y el sector oce1nico de 100 a 190 mn en la transecta de punta Copaca (T2) fue el que present3 mayores profundidades, con registros superiores a 80 m (**Fig. 23b**). Centrado en las 70 mn, uno frente a Pisagua y otro frente a Tocopilla, se encontraron focos de menor profundidad que se manifiestan por la separaci3n de las is3batas de 20 y 30 m en el primero y por las de 30 y 40 m en el segundo. A lo largo de la transecta N°1 las is3batas de 40 a 70 m se acercaron a la costa formando un foco de mayor profundidad relativa a lo encontrado m1s al norte. Este per1odo se present3 con un predominio de valores negativos de anomal1a en gran parte del 1rea (**Fig. 21b**). Los valores extremos de anomal1a correspondieron a -39 m en el punto de 70 mn en la transecta de punta Jun1n (T4) y de +23 m a 100 mn en la transecta de bah1a Moreno (T1). Los valores de anomal1a negativa formaron al menos tres focos, correspondientes a levantamientos de la isoterma que son: el primero frente a Pisagua y un segundo foco frente a punta Camarones, ambos centrados en las 70 mn, y un tercero en el sector oce1nico a 170 mn entre las transectas de punta Copaca y punta Lobos (T2 y T3).

En primavera de 2002, la isoterma de 15°C alcanz3 una profundidad m1nima de 4 m localizada a 5 mn frente a bah1a Moreno y una m1xima de 67 m tambi3n ubicada en la T1 pero a 70 mn de la costa. En el 1rea costera la profundidad fue en general menor a 30 m mientras que en el sector oce1nico este estuvo entre 40 y 60 m (**Fig. 20c**). Frente a punta Lobos (21°S) la isobata de 30 m se proyect3 hacia el sector oce1nico alcanzando las 50 millas n1uticas. El sector costero con mayores profundidades correspondi3 al 1rea frente a Tocopilla, con valores de 10 a 40 m desde la costa hasta las 20 mn. El sector oce1nico con los mayores valores de profundidad correspondi3 al extremo sur oeste de la zona con niveles de la isoterma de 15°C entre 50 y 70



metros. La anomalía de profundidad de la isoterma de 15°C presentó a la zona dividida en dos áreas, la mitad sur con predominancia de valores positivos y la mitad norte con anomalías negativas (**Fig. 21c**), sin embargo, estas anomalías se encuentran dentro del rango de ± 10 m respecto del valor histórico. El máximo de anomalía negativa fue de -28 m a 40 mn frente a punta Lobos.

En el período de verano, la isoterma de 15°C mostró sus isobatas paralelas a la costa (**Fig. 20d**), aumentando la profundidad gradualmente en sentido este a oeste, con un rango de valores de 4 a 52 m. El mínimo indicado se ubicó a 1 mn frente a punta Junín (T4) y el máximo en el sector oceánico frente a punta Lobos (T3) y punta Junín (T4). En general, el área costera presentó profundidades menores a 20 m, mientras que en el área oceánica las profundidades sobre 40 m estuvieron al oeste de la línea de 70 millas náuticas. Las anomalías estuvieron dentro del rango de valores de -37 m a +9 m (**Fig. 21d**). El máximo positivo se localizó a 50 mn al oeste de caleta Patillo (22°40'S), mientras que el máximo negativo lo hizo a 100 mn de punta Copaca (T2). Los valores de anomalía mostraron un predominio de valores negativos en toda la zona de estudio, pero una excepción fue el sector central de la zona, influenciado por la entrada de aguas cálidas desde el oeste, donde las anomalías están sólo entre 0 y -10 m. Las áreas de Arica a Pisagua y desde punta Chipana hasta Antofagasta presentaron anomalías negativas mayores a 10 m, alcanzando incluso en algunos sectores anomalías de -20 y -30 m, como es el caso del área ubicada desde Tocopilla al sur.

3.3 Capa de mezcla

En otoño, el ECM se caracterizó por presentar tres sectores definidos (**Fig. 22a**). El primer sector se ubicó en el área oceánica hacia el norte de la zona de estudio, abarcando el área entre 20 y 100 mn desde Arica a Iquique y correspondió al área con espesores mayores a 5 m con un máximo de profundidad entre 15 y 20 m. El segundo sector se caracterizó por presentar un ECM menor a 5 m, situación que cubrió el sector costero desde Arica hasta Mejillones y abarcó también el área oceánica entre Iquique y punta Arenas (21°50'S). El tercer sector abarcó desde el paralelo 21°S hacia el sur, donde el ECM nuevamente fue mayor a los 5 m pero con máximos que superaron los 30 m, destacando la estación de 20 mn frente a punta Copaca (T2) con 23 m y la estación de 100 mn en la Intertransecta 1 y 2 con un espesor máximo de 34 m. En el último sector indicado, la existencia de estaciones con ECM superiores a 20 m originó dos focos de alta profundidad muy localizados, uno a 100 mn y el otro a lo largo de la transecta 2 pues, tal como se observó en la figura, las estaciones oceánicas hasta las 70 mn de la transecta de bahía Moreno (T1) tuvieron un ECM menor a 10 metros.

En invierno de 2002, el ECM se presentó con un espesor en el rango de 0 a 36 m (**Fig. 22b**). El mínimo valor se encontró en varias estaciones del sector central mientras que el máximo se localizó a 100 mn en la transecta 1. Desde la costa y hasta las 100 mn el ECM tuvo en general un espesor de 0 a 10 m, destacándose un núcleo de mayores profundidades en el sector oceánico entre Arica y Pisagua que llegó hasta 25 m, y otro núcleo frente a Antofagasta a 70 mn en donde éste fue de 30 metros. La franja costera entre Arica y Mejillones presentó las menores profundidades, no superando en general los 5 metros.

La CM en primavera fue delgada en gran parte del área con un espesor que no fue superior a 5 m (**Fig. 22c**). Se destaca como foco de máximas relativas del período el sector oceánico ubicado entre Pisagua y caleta Chipana con espesores mayores a 10 m. El valor máximo de profundidad de 17 m se ubicó como un punto aislado a 100 mn de punta Grande (22°20'S).

En verano la CM se presentó también delgada con un espesor en general inferior a 5 m, prácticamente en toda el área (**Fig. 22d**). Sólo destaca un foco de máximo valor, superior a 15 m, el que se ubico en el área oceánica entre Tocopilla y Mejillones y otro foco de máximo valor, pero de menor tamaño, localizado frente a



caleta Camarones a 100 mn de la costa. El ECM máximo de 21 m se presentó a 70 mn de la costa sobre la transecta de punta Copaca (T2).

3.4 Salinidad

3.4.1 Salinidad superficial

Para el período de Otoño, la salinidad superficial estuvo dentro de un rango de 34,5 a 35,2 psu (**Fig. 23a**) con un gradiente principalmente longitudinal, ubicándose el máximo en la estación costera de 20 mn en la transecta de punta Junín (T4), y el mínimo en la estación de 5 mn en la transecta realizada frente a bahía Moreno (T1). La salinidad indicó también los efectos de la surgencia costera ya que las menores salinidades se localizaron en las primeras 20 a 40 mn ($< 34,8$ psu). El avance hacia el oeste de agua de surgencia menos salina en la mitad norte de la zona, se evidenció por el retroceso hacia el oeste de la isohalina de 35,0 psu frente a Pisagua. El rango de anomalías de ésta variable fue de $-0,3$ a $+0,4$ psu. El máximo negativo estuvo a 25 mn frente a Iquique y el máximo positivo a 20 mn frente a Antofagasta. Anomalías negativas de salinidad de $-0,3$ y $-0,2$ psu formaron un núcleo de valores levemente significativos en el sector costero y central entre Pisagua y punta Lobos. Asimismo, la extensión hacia el sur de agua más salina en la franja central entre Tocopilla y Antofagasta se muestra por el desplazamiento hacia el sur de la isohalina de 35,0 psu. Lo anterior originó anomalías de salinidad positivas de hasta $+0,4$ psu, las que están asociados a anomalías de temperatura $+2^{\circ}\text{C}$, pero sólo en un pequeño sector de la transecta 1.

La salinidad superficial presentó en invierno máximos valores al noroeste de la zona oceánica, lugar desde donde se observó la entrada de aguas de mayor salinidad en un sentido sureste (**Fig. 23b**). El máximo salino de 35,18 psu se registró en la estación a 100 mn frente a Arica y el mínimo de 34,63 psu en la estación a 100 mn frente a punta Tres Picos ($24^{\circ}20'\text{S}$). La franja costera de las primeras 25 mn no presentó un gradiente salino importante, mostrando esta variable un comportamiento similar a la temperatura en lo que se refiere a tendencia de homogeneidad de los valores superficiales. Los valores extremos de anomalía fueron de $-0,2$ a $+0,3$ psu, ubicados a 60 mn de la costa en la latitud $19^{\circ}10'\text{S}$ y a 190 mn de la costa en los $21^{\circ}30'\text{S}$, respectivamente. La anomalía de salinidad (**Fig. 24b**) exhibe valores negativos entre Arica y punta Grande con un valor levemente significativo mayor a 0,1 psu (absoluto) en el sector central de esta área. Al oeste de las 100 mn los valores de salinidad muestran anomalías positivas, las que alcanzan hasta $+0,2$ psu al oeste de las 170 mn, coincidiendo con las anomalías térmicas de $+1^{\circ}\text{C}$. Desde Antofagasta hacia el sur las anomalías son negativas nuevamente, alcanzando los $-0,1$ psu en las estaciones más oceánicas.

En primavera, la salinidad superficial tuvo una distribución similar a la de temperatura, con presencia de gradientes costeros debido a menores valores de salinidad en la costa en comparación de aquellas que ingresaron desde el noroeste (AST) (**Fig. 23c**). Los valores más altos, superiores a 35,1 psu, se ubicaron en el sector oceánico sobre las 40 mn de la costa, principalmente entre Iquique y caleta Chipana. El máximo de salinidad de 35,28 psu se registró a 100 mn de la costa en la latitud $23^{\circ}20'\text{S}$ y el mínimo de 34,68 psu se localizó a 10 mn frente a bahía Moreno. El rango total de anomalías de salinidad fue de $\pm 0,3$ psu, localizado su máximo negativo a 40 mn frente a punta Lobos (T3) y el positivo a 20 mn frente a punta Copaca (T2). La anomalía de salinidad tuvo el mismo esquema de distribución de valores positivos y negativos mostrado por la anomalía de TSM, con valores en general no significativos que oscilaron entre $\pm 0,1$ psu (**Fig. 24c**). Un foco de anomalía de salinidad mayor a 0,2 psu se ubicó en el sector oceánico frente a punta Grande ($22^{\circ}30'\text{S}$) asociado a aguas de salinidad superior a 35,0 psu que han ingresado hacia el sur.



La salinidad superficial en verano presentó un máximo valor de 35,34 psu a 100 mn de la costa frente a punta Lobos (T3) y el mínimo salino fue de 34,47 psu y se registró a 40 mn de bahía Moreno (T1) (**Fig. 23d**). Las mayores salinidades se detectaron en el sector oceánico hacia la mitad norte de la zona, con valores superiores a 34,9 psu, mientras que las salinidades inferiores se ubicaron hacia la costa y en el extremo sur de la zona con valores superficiales menores a 34,8 psu. No se observa un gradiente salino importante en el área costera, ya que toda esta franja se encuentra en general con valores de 34,7 a 34,9 psu. En el área oceánica frente a punta Lobos se observaron las salinidades más altas con registros que superaron los 35,3 psu, señalando con ello la entrada de aguas oceánicas de mayor salinidad y temperatura. La máxima anomalía positiva fue de +0,15 psu y se localizó a 40 mn de la costa frente a punta Junín (T4) y la máxima negativa fue de -0,4 psu a 70 mn en la misma transecta. Las anomalías de salinidad superficial mostraron para la zona, la existencia de valores negativos en gran parte del área de estudio, con la presencia de una pequeña franja central de anomalías positivas asociada a la entrada de aguas oceánicas a la altura de la latitud 21°S (**Fig. 24d**) y que alcanzaron hasta las 50 millas náuticas. En el sector oceánico al norte de Iquique y al sur de Tocopilla se presentaron anomalías de salinidad de hasta -0,2 psu, valor que es levemente significativo. El sector costero presentó valores de anomalía negativa menores a 0,1 psu.

3.4.2 Distribución vertical de salinidad

En otoño (**Figs. 25 y 26**), todas las transectas mostraron salinidades mayores a 35,0 psu en una capa superficial de 25 m de espesor, sin embargo, su ubicación y extensión a lo largo de la sección fue variable. En las transectas 1 y 2 hubo una salinidad sobre 35,0 psu sólo entre las 20 y 70 mn, pero en la transecta 2 alcanzó una profundidad mayor que llegó hasta los 50 metros. En las restantes secciones este núcleo salino superficial llegó hasta las 100 mn, partiendo en la transecta 3 desde las 50 mn, en la transecta 4 desde las 80 mn y la transecta 5 desde las 40 millas náuticas.

El núcleo del mínimo salino subsuperficial de valores entre 34,4 y 34,6 psu se observó también en las 5 transectas, ubicado entre los niveles de 25 y 100 m de profundidad bajo el máximo salino superficial antes mencionado. El núcleo observado a lo largo de las transectas 1 y 2 registró un ascenso en la franja de las primeras 10 mn, lo que profundizó el núcleo salino subsuperficial ubicado bajo él. En la transecta 3 el núcleo de mínima fue más delgado con valores entre 34,5 y 34,6 psu, y abarcó también toda la transecta. Salinidades comprendidas entre 34,6 y 34,7 psu se localizaron en superficie entre las 5 y 40 mn formando una capa superficial costera de baja salinidad. En la transecta 4 se localizó un núcleo de mínima centrado en las 70 mn con valores inferiores a 34,7 psu que abarcó también toda la transecta, pero fue más grueso que en la transecta 3. En la transecta 5 el mínimo salino subsuperficial fue menos intenso y presentó un valor de 34,6 psu en un pequeño núcleo ubicado a 50 m y a 40 millas náuticas. El núcleo indicado abarcó toda la sección 5, sin embargo, su participación estuvo limitada a una capa más delgada que en las transectas anteriores y su presencia en la costa fue también menor ya que se encontraron salinidades > 34,8 psu en las primeras 10mn.

Núcleos de máxima salinidad subsuperficial (> 34,8 psu), se encontraron a lo largo de las cinco transectas. Los núcleos indicados se localizaron bajo los núcleos de mínima, desde una profundidad promedio de 100 m hasta los 300 m. En la transecta 1 la presencia del núcleo de >34,8 psu fue menor que en las restantes secciones y se ubicó muy próximo a la costa dentro de las primeras 20 mn y entre 100 y 200 m de profundidad. En la transecta 2, el núcleo salino tampoco se encontró desarrollado en la costa, sin embargo, se registró a lo largo de toda la sección restante ocupando una capa de agua más ancha que va de los 100 a 220 metros. En las transectas 3 y 4, el núcleo de máxima salinidad también se localizó en toda la transecta con un espesor de hasta 200 metros. En las transectas 3 y 4 el núcleo se encontró en la capa superficial costera, principalmente en las primeras 10 mn, mientras que en la transecta 5 abarcó sólo las primeras 20 millas náuticas.



Durante el Invierno (**Figs. 25 y 26**), el núcleo de mínima salinidad de la transecta 1 presentó valores entre 34,4 y 34,7 psu, encontrándose en superficie entre las 5 y 25 mn de la costa y hacia el oeste lo hizo a nivel subsuperficial. En la transecta 2 el núcleo de salinidades entre 34,5 y 34,7 psu se ubicó entre las 10 mn y 100 millas náuticas. En la transecta 3 el núcleo se adelgazó y se presentaron dos núcleos, No obstante lo anterior las isohalinas de 34,8 psu indican aun la presencia de parte importante de agua de baja salinidad hacia la costa en esta sección y una ubicación similar a la observada en la transecta 2. En la transecta 4 no se observó un núcleo de mínima salinidad y en la transecta 5 sólo se aprecia un pequeño núcleo con valores de salinidad menores a 34,9 psu a 70 m de profundidad en las 100 millas náuticas.

El núcleo salino subsuperficial del período, mayor a 34,9 psu, se presentó de forma más importante hacia las transectas 4 y 5 donde ocupó parte importante de los primeros 200 metros. En la transecta 3 hay dos núcleos, uno costero hasta las 60 mn y otro pequeño en las 100 millas náuticas. En la transecta 1 y 2 el núcleo salino se hizo más pequeño y se localizó muy próximo a la costa. No obstante lo anterior, hacia las secciones del sur siempre se encuentra presente pero con menor salinidad, > 34,8 psu. Finalmente, en la transecta 1 se observó el núcleo con valores entre 34,8 psu y 34,9 psu a lo largo de toda la transecta.

En lo que respecta al núcleo salino superficial, asociado a agua subtropical (AST), éste tuvo valores de salinidad mayores a 34,9 psu. El núcleo salino en la transecta 4 alcanzó hasta la costa, siendo su participación menor en las transecta 1 donde se presentó entre las 70 y 100 mn avanzando hacia la costa, lo que es avalado por el ingreso de la isohalina de 34,8 psu, condición que concuerda con el patrón de circulación superficial de aquel sector.

En primavera (**Figs. 25 y 26**), la distribución de salinidad vertical de las transectas 1 y 2 presentó un mínimo subsuperficial entre los 50 y 100 m que tuvo un valor mínimo de 34,3 psu en la transecta 1 y de 34,5 psu en la transecta 2. La capa de mínima salinidad indicada anteriormente se localizó desde el límite oeste hasta las 20 mn de la costa sin llegar a participar en la surgencia costera ya que se mantuvo sólo a nivel subsuperficial. Las transectas 3 a 5 no presentaron el mínimo salino tan marcado, ya que se registraron valores mayores a 34,8 psu, apareciendo un núcleo de valor superior a 34,9 psu próximo a la costa y que es máximo en la transecta 5. En las transectas 4 y 5 se ubicó también un núcleo de mínima subsuperficial en el sector oeste centrado en los 75 m, sin embargo, su salinidad no fue tan baja como en los núcleos de mínima observados más al sur.

La capa de salinidad máxima superficial se localizó en los primeros metros de las secciones 2 a 5 con registros mayores a 34,9 psu, presentándose en general con un bajo espesor de sólo 25 m y de máximo 40 m en la transecta 4 a 100 millas náuticas

El período de verano (**Figs. 25 y 26**) mostró núcleos de baja salinidad, entre 34,4 a 34,7 psu, ubicados hacia la costa a nivel superficial en las transectas 1 a 3 y también en el sector oceánico a nivel subsuperficial, centrado en el nivel de 50 m, en las transectas 1 a 4. A 40 mn sobre la transecta 2 se produjo un notorio levantamiento de las isohalinas hacia la capa superficial.

El núcleo salino subsuperficial, en el rango de 34,8 a 35,0 psu, se localizó principalmente a nivel subsuperficial centrado entre los 100 y 150 m, sin embargo, en el sector costero de las transectas 3 a 5 participó en los procesos de surgencia y alcanzó la superficie. El núcleo indicado se presentó con mayores salinidades (> 34,8 psu) y bien desarrollado en la transecta 5, disminuyendo el valor de salinidad y haciéndose más delgado hacia el sur, con dos núcleos menores en la transecta 1.



En la capa superficial de las secciones 2 a 5, se observ3 un n3cleo de m3xima salinidad, > 35 psu, que se debilit3 en la transecta 2 y no se observ3 en la secci3n 1. La presencia de este n3cleo fue m3s importante en las secciones 3 y 4 ya que abarc3 buena parte de la secci3n central, mientras que en las transecta 2 y 5 esta capa se ubic3 s3lo hacia el extremo oeste de la zona.

3.5 Anomal3as de temperatura y salinidad frente a Bah3a Moreno (23°40'S), Punta Lobos (21°00'S) y Arica (18°25'S)

En Otoño de 2002 (**Fig. 27**), bajo el nivel de 50 m de profundidad las tres transectas mostraron un predominio de anomal3as negativas de temperatura. En la capa superficial de la transecta 1 las anomal3as fueron negativas en el sector oce3nico, y positivas hacia la costa, sin embargo, esta situaci3n se invirti3 en la transecta 3. La transecta 5 en cambio se present3 con anomal3as positivas pr3cticamente a lo largo de toda la secci3n, especialmente en el sector central. Las anomal3as positivas en esta capa superficial superaron levemente el valor de +1°C, y las negativas del sector costero de la transecta 3 llegaron a -2°C a 25 m y a 20 mn. Bajo los 100 m de profundidad las anomal3as fueron negativas, pero no superaron la unidad. En el nivel de 200 m de la transecta 5, centrado en las 70 mn, apareci3 un n3cleo positivo pero de baja magnitud.

En las anomal3as de salinidad del per3odo (**Fig. 28**) se observ3 un predominio de valores negativos en gran parte de la columna de agua. En la capa entre 25 y 50 metros de profundidad en las transectas 3 y 5 estas anomal3as alcanzaron los -0,2 a -0,3 psu, convirti3ndose en los m3ximos valores de desviaci3n para la 3poca. La transecta 1 en cambio mostr3 valores positivos y levemente significativos entre las 10 y 70 mn de la costa y a nivel subsuperficial se ubic3 un n3cleo en los 100 m pero con valores bajos que no son significativos.

El per3odo de invierno (**Fig. 27**) mostr3 valores de anomal3as negativas relativamente bajos que se encontraron asociados al sector costero o central a un nivel de 25 m. Anomal3as de -2°C se registraron en la transecta 5 entre las 40 y 70 mn de la costa, pero en la misma ubicaci3n en la transecta 3 los valores disminuyeron a s3lo -1°C, para luego descender en magnitud a valores entre +1° y -1°C en la transecta 1. Bajo el nivel de 100 m predominaron los valores positivos pero no significativos en las tres transectas.

En invierno (**Fig. 28**), la capa superficial de los primeros 50 metros de las transectas 3 y 5 se present3 con anomal3as negativas de salinidad de un valor m3ximo de -0,2 psu. En la transecta 1 las anomal3as negativas llegaron s3lo hasta las 50 mn de la costa. Bajo el nivel de 50 m las anomal3as fueron positivas en las tres transectas pero no superaron el valor de +0,1 psu, excepto en un pequeño n3cleo centrado en el nivel de 100 m y a 40 mn de la costa en la transecta 1.

Las transectas correspondientes a primavera (**Fig. 27**) mostraron un aumento de las magnitudes de las anomal3as t3rmicas en la capa de los primeros 50 m, tanto positivas como negativas. Se observ3 en las transectas 3 y 5, la habitual localizaci3n de las anomal3as positivas en el sector oce3nico y negativas en el costero, sin embargo, en la transecta 1 predominaron las anomal3as positivas de hasta +2°C en un n3cleo centrado en las 40 mn desde la superficie hasta los 25 m de profundidad. Los sectores de surgencia de las transectas 3 y 5 mostraron valores de -1°C, sin embargo, hacia el sector oce3nico centrado en las 40 mn se alcanzaron valores de -2°C. Bajo los 100 m de profundidad las anomal3as tuvieron predominancia de valores positivos pero menores a +1°C, lo que no es significativo.

En el per3odo (**Fig. 28**) se observaron anomal3as positivas de salinidad en los primeros 50 m en la transecta 1 y negativas en las transectas 3 y 5. En la capa superficial de la transecta 1 s3lo alcanzan a +0,2 psu en un pequeño n3cleo a 40 mn; en la transecta 3 a -0,3 psu en un n3cleo superficial tambi3n en las 40 mn y en la



transecta 5 los valores de desviación negativos no superaron los -0,1 psu. Bajo el nivel de 100 m en la transecta 1 los valores de anomalía no superaron los 0,1 psu, sin embargo, en las transectas 3 y 5 se encontraron valores negativos levemente significativos en un núcleo centrado en las 70 mn entre los 200 y 400 m de profundidad, y otro núcleo de valores positivos, +0,1 psu, centrado a 40 mn entre los niveles de 300 y 450 metros.

En verano de 2003 (**Fig. 27**) la capa superficial de los primeros 50 m mostró las mayores anomalías térmicas, positivas y negativas, de los cuatro períodos. La transecta 1 y 3 mostraron anomalías negativas a lo largo de toda la sección formando núcleos de -4°C en el nivel de 25 m en el sector costero de la transecta 1 y en el sector central de la transecta 5. Las anomalías positivas se encontraron en el sector oceánico de la transecta 3 con valores de $+3^{\circ}\text{C}$ también en el nivel de 25 metros. Bajo los 100 m de profundidad se registraron las mismas situaciones de los otros períodos, es decir, valores bajos de anomalía, menores a 1°C tanto positivos como negativos.

Este período de verano (**Fig. 28**) tuvo valores de anomalías de salinidad más altos en relación a los otros tres, los que llegaron en el sector central de 20 a 40 mn de la transecta 1 hasta $-0,4$ psu, haciéndose estas anomalías menores hacia la costa y hacia el sector este. Un núcleo con valores positivos levemente significativos se localizó en el sector oceánico de esta sección, centrado en las 100 mn y a 100 m de profundidad, que alcanzó hasta $+0,2$ psu. El resto de la columna de la sección 1 tuvo valores de anomalía entre $+0,1$ y $-0,1$ psu. En la transecta 3 los valores significativos fueron menores tanto en valor como en el tamaño del núcleo, alcanzando sólo $-0,2$ psu en la costa y $+0,3$ en el sector oeste pegado a la superficie; mientras el resto de la columna de agua mostró valores no significativos menores a $0,1$ psu de desviación respecto del promedio. La transecta 5 tuvo valores de anomalía menores en comparación con las otras dos transectas, los que fueron negativos en hasta $0,2$ psu en la capa superficial de los primeros 25 m del sector oceánico entre 40 y 100 mn de la costa. Bajo los 100 m de profundidad los valores fueron positivos hasta los 150 m y negativos en el resto de la columna, pero en ambos casos no fueron valores significativos.

3.6 Densidad

3.6.1 Densidad superficial

La densidad superficial en otoño se presentó en la zona con valores de $24,5$ a $25,8$ kg/m^3 (**Fig. 29a**). El máximo registro estuvo frente a punta Copaca (T2) a 1 mn de la costa, mientras el mínimo se presentó en la zona oceánica a 100 mn frente a punta Lobos (T3). El gradiente de densidad costero típico para la zona en las primeras 20 mn fue de $0,01$ $\text{kg}/\text{m}^3/\text{mn}$ alcanzando un máximo de $0,02$ $\text{kg}/\text{m}^3/\text{mn}$ frente a las localidades de punta Copaca y punta Lobos. En el sector oceánico la densidad presentó un patrón de distribución similar a la temperatura, así en los 23°S la isopicna de $25,0$ kg/m^3 tiene una extensión hacia el sur y hacia la costa siguiendo la isoterma de $19^{\circ}\text{Centígrados}$.

En invierno las isopicnas presentaron un débil gradiente en sentido este oeste (**Fig. 29b**), lo que es producto de la baja diferencia térmica costa-océano habitual para el período de invierno. Esta variable tuvo un mínimo de $25,28$ kg/m^3 a 40 mn de la costa (T3, punta Lobos) asociado a la lengua de agua relativamente más cálida ($> 17^{\circ}\text{C}$) que se extiende hacia el sur desde los 20°S , y que forma un núcleo de agua de menor densidad relativa entre $25,2$ a $25,4$ kg/m^3 entre caleta Patillos y punta Grande centrado en las 50 millas náuticas. Otro foco de mínima densidad ($25,2$ a $25,4$ kg/m^3) se observó más pegado a la costa entre caleta Camarones y



Pisagua en el sector norte de la zona. Las m3ximas densidades, producto de menores temperaturas relativas en la franja costera (14° a 16°C) originaron densidades superiores a 25,8 kg/m³, con un m3ximo de 25,9 kg/m³ en la estaci3n a 2 mn frente a la península de Mejillones (23°20'S – 70°40'S). Una extensa 3rea de la zona oce3nica registr3 densidades intermedias entre 25,4 a 25,6 kg/m³.

La densidad superficial en primavera present3 una distribuci3n similar a la mostrada por las isotermas, con la aparici3n de gradientes costeros importantes (**Fig. 29c**), evidenciando con ello los habituales procesos de surgencia que afectan hasta las 20 a 30 mn de la costa. El m3nimo de densidad fue de 21,19 kg/m³ a 25 mn frente a Iquique y el m3ximo de 25,77 kg/m³ a 1 mn de punta Copaca (T2). Producto de las aguas de surgencia de bajas temperaturas relativas que se extendieron hacia el sector oeste entre punta Lobos y Tocopilla y frente a Mejillones, origin3 que los gradientes este-oeste de densidad se localizaran hasta las 40 mn de la costa en ambos sectores. Los mayores gradientes de densidad este-oeste se ubicaron frente a Iquique con 0,025 kg/m³/mn y en punta Grande con 0,03 kg/m³/mn. El foco de densidad 24,4 kg/m³ en el sector oce3nico del 3rea central indica la presencia de aguas con las mayores temperaturas superficiales.

En el per3odo de verano de 2003, las isopicnas mostraron una franja costera con fuertes gradientes de densidad que llegaron hasta las 30 mn de la costa (**Fig. 29d**). El m3ximo de densidad fue de 25,9 kg/m³ y se ubic3 a 5 mn de la costa frente a punta Jun3n, mientras que el m3nimo fue de 23,7 kg/m³ a 100 mn de caleta Camarones (19°10'S). Los mayores gradientes horizontales de densidad se presentaron en la mitad norte de la zona con 0,07 kg/m³ /mn frente a Pisagua y 0,06 kg/m³ /mn en punta Lobos. Los m3ximos gradientes se presentaron rodeando la península de Mejillones, con 0,015 kg/m³/mn, sin embargo, el gradiente indicado muestra la salida de aguas fr3as desde la costa hasta las 80 mn del sector oce3nico, condici3n que no fue observada en otros lugares de la zona. En el sector oce3nico central la isopicna de 24 kg/m³ mostr3 la presencia de aguas subt3picales en direcci3n este.

3.6.2 Distribuci3n vertical de densidad

En otoño (**Figs. 30 y 31**), las isopicnas en los primeros 100 m se distribuyeron a lo largo de las transectas como lo hicieron las isotermas. La estratificaci3n vertical es menos intensa en la secci3n 1 en comparaci3n a las restantes transectas, las que ven formada la picnoclina por isopicnas entre 25,0 y 26,0 kg/m³. En las transectas 2 a 5 la picnoclina en el sector oce3nico se ubic3 entre los 20 y 80 m, sin embargo el ascenso de isopicnas hacia la costa por la surgencia hizo que la picnoclina ascendiera, formando tambi3n una estratificaci3n horizontal superficial en las primeras 20 mn. Bajo la picnoclina la distribuci3n de las isopicnas tendi3 a ser horizontal, excepto hacia la costa en donde la ubicaci3n del n3cleo salino y fr3o profundiz3 las isopicnas de 26,4 y 26,8 kg/m³.

En invierno (**Figs. 30 y 31**), la picnoclina as3 como la termoclina present3 gradientes m3s d3biles y m3s profundos, con 0,01 kg/m³/m bajo los 50 m en el sector oce3nico en las transectas 1 a 3. En las transectas 4 y 5 la picnoclina tuvo un gradiente promedio un poco mayor, 0,015 kg/m³/m a un rango de profundidad de 20 a 60 metros. Las isopicnas no ascendieron a la superficie en las transectas 1 y 5, lo que indica que la surgencia fue m3s d3bil en estas dos secciones en relaci3n a las transectas 2 a 4, que si mostraron a las isopicnas llegando hasta la superficie.

En primavera (**Figs. 30 y 31**) la picnoclina se encontr3 bien desarrollada en todas las transectas y a lo largo de toda la secci3n, pero 3sta fue m3s intensa y superficial hacia las transectas 3 a 5 con promedios de hasta 0,05 kg/m³/m entre 5 y 30 m de profundidad. En cambio, en las transectas 1 y 2 la capa de m3ximo gradiente alcanz3 en algunos sectores oce3nicos los 0,016 kg/m³/m con un espesor de la picnoclina de 60 m, tal como



ocurrió en la estación de 70 mn de la transecta 1. Las isopícnas subsuperficiales desde los 100 a 150 m se profundizaron hacia la costa. En los primeros 100 m de profundidad en la costa las isopícnas ascendieron hasta la superficie mostrando los procesos de surgencia habituales, involucrando aguas desde este nivel.

La densidad vertical en el período de verano (**Figs. 30 y 31**) se caracterizó por una pícnoclina con gradientes intensos en todas las transectas, los que alcanzaron hasta un máximo de $0,04 \text{ K/m}^3/\text{m}$ y originaron una columna de agua fuertemente estratificada entre los niveles de 5 a 50 metros. Gradientes menores de densidad vertical se presentaron en la transecta 1, con $0,02 \text{ k/m}^3/\text{m}$, producto también de menores temperaturas en superficie en comparación al resto de la zona. El ascenso de las isopícnas hacia la superficie en la costa evidenció los procesos de surgencia, mientras que a nivel subsuperficial, bajo el nivel de 100 metros.

3.7 Distribución del contenido de oxígeno disuelto (OD)

3.7.1 Distribución superficial de OD en Otoño de 2002

En Otoño, de la distribución superficial del OD (**Fig. 32a**), se puede indicar que los valores $> 5 \text{ mL/L}$ dominaron prácticamente toda el área de muestreo. Las mayores concentraciones de OD ($> 6 \text{ mL/L}$) se localizaron en el sector centro norte, con una gran cobertura, desde punta Copaca (T2; $22^\circ 20'S$) con un núcleo a 10 mn, hasta Arica (T5; $18^\circ 25'S$) donde no superó las 20 mn, la máxima extensión se observó en punta Junín (T4; $19^\circ 40'S$) donde alcanzó las 70 millas náuticas. Dos focos de alta concentración de OD ($> 7 \text{ mL/L}$) se registraron en la estación fija de Iquique y en la estación frente a punta Arenas. Por otra parte sólo se detectaron dos focos subóxicos en las estaciones costeras de punta Lobos (T3; $21^\circ 00'S$) con un valor de $3,8 \text{ mL/L}$ a 1 mn y una fuerte influencia hasta las 5 mn y la estación costera de punta Copaca (T2) donde el valor superficial fue de $4,2 \text{ mL/L}$. En bahía Moreno (T1; $23^\circ 40'S$) la distribución es uniforme con valores $> 5 \text{ mL/L}$.

La distribución superficial del OD en el invierno de 2002 (**Fig. 32b**), indica que los valores $> 6 \text{ mL/L}$ dominaron gran parte del área de estudio. En la zona costera los valores inferiores a 5 mL/L se registraron en la estación fija de Iquique, a 1 mn en punta Copaca (T2; $22^\circ 40'S$), en la estación fija de Mejillones y en la estación ubicada a 2,5 mn de la punta sur de la península de Mejillones.

Durante la primavera de 2002, la distribución superficial del OD (**Fig. 32c**), presentó altos valores ($> 6 \text{ mL/L}$) dominando la zona norte del área de estudio, abarcando hasta casi las 100 mn en la transecta de Arica (T5), las mayores tensiones del gas se detectaron en la zona costera donde sobrepasaron los 8 mL/L . Un segundo foco de alto OD se detectó en punta Lobos (T3) donde valores superiores a 6 mL/L sobrepasaron las 40 mn.

En la zona costera se presentaron cuatro focos subóxicos, uno en la estación fija de Iquique, un segundo ubicado a 1 mn de punta Copaca (T2) y un tercero a 2,5 mn de la punta norte de la península de Mejillones, en tanto que la menor concentraciones de OD ($3,1 \text{ mL/L}$) fue detectado en la estación 31 ($22^\circ 44,5'S$).

Durante el verano de 2003, la distribución superficial del OD (**Fig. 32d**), presentó altos valores ($> 5 \text{ mL/L}$) dominando la mayor parte del área de estudio. Las concentraciones $> 6 \text{ mL/L}$ se ven más restringidos que en los muestreos anteriores, apreciándose en la zona norte, la principal intrusión de agua con altos niveles de OD abarcando desde la costa hasta casi las 100 mn en la transecta de Arica (T5), las mayores tensiones del gas se detectaron en la zona costera donde sobrepasaron los 8 mL/L . Un segundo foco pero de menor extensión que el de Arica se detectó entre las 5 y las 60 mn en bahía Moreno (T1), un tercer foco se ubicó en punta Lobos (T3) entre las 5 y 10 mn, un cuarto foco se ubicó a 40 mn de punta Copaca (T2), y el último en las inmediaciones de Mejillones.



En la zona costera se observó una franja con concentraciones inferiores a 4 mL/L entre punta Junín (T4) y punta Lobos (T3), además de dos focos ubicados, en las estaciones 2 a 2,5 mn de la punta norte de la península de Mejillones y 22 a 2 mn de punta Arenas. El menor valor se midió a 5 mn en punta Junín (T4) < 2 mL/L.

3.7.2 Distribución vertical de OD

3.7.2.1 Distribución vertical de OD en la transecta de bahía Moreno (T1; 23° 40'S)

En otoño de 2002 la transecta de bahía Moreno (T1) (**Fig. 33**), presentó dos focos superficiales con altas concentraciones de OD (> 6 mL/L) a 5 y 100 mn. En la costa el gradiente óxico típico (1 a 5 mL/L) se desarrolló entre los 10 y 50 m, manteniéndose estable hasta las 5 mn desde donde comienza a profundizarse. Entre las 10 y 20 mn la capa óxica aumenta su espesor manteniéndose homogénea en aproximadamente 50 m hasta las 100 mn. Por otra parte, la isolínea de 1 mL/L de OD se mantiene bajo los 50 m en la zona costera profundizándose hasta los 120 m a 100 mn de la costa.

En invierno, las concentraciones de OD > 6 mL/L aumentaron su presencia con respecto al período anterior, detectándose en los primeros metros de gran parte de la transecta. La capa óxica (> 5 mL/L) se mantiene entre las 100 y 40 mn, con un espesor que supera los 50 m, desde este punto hacia la costa, la capa subóxica se acerca a la superficie, llegando la isolínea de 1 mL/L hasta los 25 m de profundidad en la estación de 1 mn. A lo largo de toda la transecta se observa una mayor estratificación que en otoño, principalmente en la zona costera donde el gradiente se desarrolla desde la superficie hasta los 25 m, profundizándose gradualmente hasta detectarse entre los 60 y 100 m a 100 millas náuticas.

En primavera, la capa óxica mantiene un espesor de más de 50 m, entre las 100 y 40 mn, con un núcleo subsuperficial de altas concentraciones de OD (> 6 mL/L) centrado a 70 millas náuticas. Desde las 40 mn hacia la costa la capa subóxica se acerca bruscamente a la superficie, detectándose valores de 1 mL/L a 10 m de profundidad en la estación de 5 millas náuticas. El gradiente óxico, se observa fuertemente estratificado, desarrollándose entre la superficie y los 20 m en la zona costera y profundizándose gradualmente hasta ubicarse entre los 60 y 100 m a 100 millas náuticas.

En verano, la capa óxica presentó un aumento de su espesor en la estación de 70 mn donde alcanzó los 75 m, y por tanto del gradiente óxico. Desde las 40 mn hacia la costa ésta capa no supera los 15 m de profundidad. Las concentraciones de OD mayores a 6 mL/L se detectaron dentro de los primeros metros de la columna de agua entre la costa y las 55 millas náuticas. Entre las 70 y 40 mn se produjo una importante aproximación de la capa subóxica hacia la superficie, produciéndose una fuerte estratificación, desde la superficie hasta los 20 m, encontrándose la isolínea de 1 mL/L cerca de los 25 m de profundidad ente las 20 mn y la costa.

3.7.2.2 Distribución vertical de OD en la transecta de punta Copaca (T2; 22° 40'S)

En otoño, la transecta de punta Copaca (T2) (**Fig. 33**) presentó una capa óxica de aproximadamente 50 m de espesor entre las 100 y 20 mn, desde este punto las concentraciones subóxicas se acercan a la superficie formando un fuerte gradiente horizontal entre las 20 y 10 mn, interceptando la superficie en la zona costera. La capa de mínimo OD se detectó desde los 25 m en la costa a 90 m en la estación de 20 mn, manteniéndose en éste nivel hasta el sector oceánico.



En invierno, el OD muestra una distribución bien estratificada con altas concentraciones superficiales > 6 mL/L entre las 5 y 100 millas náuticas. En la estación costera, los valores subóxicos (< 5 mL/L) interceptan la superficie. En tanto que el gradiente óxico se desarrolla entre los 10 y 25 m en la costa, permaneciendo sin grandes variaciones entre las 20 y 100 millas náuticas.

En primavera, desaparece la capa de altos valores de OD (> 6 mL/L) vista en invierno. La capa óxica presentó un máximo espesor de 50 m a 40 mn, profundizando las isolíneas de OD. El gradiente óxico se desarrolló entre los 5 y 20 m en la costa, profundizarse gradualmente hasta llegar a una profundidad máximo de entre 50 y 100 m a 40 millas náuticas. Desde este punto el gradiente se eleva progresivamente, ubicándose entre los 25 y 50 m en la estación de 100 millas náuticas. La capa de mínimo OD se mantiene entre los 50 y 100 m de profundidad aproximadamente.

En verano, la capa óxica se profundizó gradualmente desde la costa hacia las 100 mn donde alcanzó un máximo espesor de 30 metros. Siguiendo la misma distribución que la capa óxica, el gradiente óxico y la isolínea de 1 mL/L tendieron a profundizarse gradualmente, ubicándose ésta última entre los 25 m a 10 mn y los 75 m a 100 millas náuticas. En el sector costero si bien se presenta un fuerte gradiente, en esta oportunidad las isolíneas de bajo OD no llegan a la superficie, incluso la isolínea de 1 mL/L tiende a profundizarse desde las 10 mn hacia la costa.

3.7.2.3 Distribución vertical de OD disuelto en la transecta de punta Lobos (T3; 21° 00'S)

En otoño, la transecta de punta Lobos (T3) (**Fig. 33**) mantuvo un espesor aproximado de 30 m entre las 100 y 40 mn, desde este último punto las aguas subóxicas ascendieron suavemente hasta interceptar la superficie en la costa. El gradiente se presentó fuerte entre las 10 y 20 mn desde donde se profundiza y debilita hasta situarse entre los 30 y 75 m a 100 mn. En la zona costera se midieron concentraciones < 5 mL/L dentro de las 5 millas náuticas.

En invierno, las isolíneas se presentaron ascendentes a través de toda la transecta hasta la costa. Altas concentraciones superficiales (> 6 mL/L) se midieron desde las 100 a las 25 millas náuticas. Por otro lado el fuerte gradiente óxico se situó entre los 5 y 25 m en la costa, mientras que en el sector oceánico estuvo entre los 50 y 100 m aproximadamente. En la costa a pesar de la fuerte pendiente de las isolíneas se observaron altas concentraciones de OD superficiales (> 6 mL/L).

En primavera, a diferencia del invierno la capa óxica se mantiene estable en 25 m entre las 100 y 70 mn, desde aquí las isolíneas ascienden hasta la superficie en la costa. Dentro de esta capa se detectaron altas concentraciones de OD (> 6 mL/L) entre las 70 mn y la zona costera, los mayores valores superan los 8 mL/L a 10 mn de la costa. Producto de las altas concentraciones superficiales, se forma un fuerte gradiente somero a través de toda la transecta, fluctuando entre 20 y 50 m a 100 mn y entre 0 y 15 m en la costa.

En verano, la capa óxica (> 5 mL/L) presenta un espesor de 25 m aproximadamente, desde las 100 a las 40 mn, en esta oportunidad las concentraciones > 6 mL/L están limitadas a los primeros metros de la columna de agua entre las 10 y 20 millas náuticas. Desde las 40 mn, las isolíneas ascienden progresivamente hasta interceptar la superficie en la estación costera, donde se produce un fuerte gradiente vertical, con una mínima concentración superficial de 3,9 mL/L, en tanto que la isolínea de 1 mL/L fluctuó entre los 10 m en la costa y los 50 m en la estación más oceánica.



3.7.2.4 Distribuci3n vertical de OD en la transecta de punta Jun3n (T4; 19° 40'S)

En otoño, la transecta de punta Jun3n (T4) (**Fig. 34**) presenta altas concentraciones superficiales, con una capa 3xica de espesor variable entre 25 y 35 metros. Esta capa presenta las mayores concentraciones (> 6 mL/L) entre las 85 y 10 millas n3uticas. El gradiente se presenta bastante estable a trav3s de la transecta, y aunque se acerca a la superficie en la costa los valores sub3xicos no la interceptan. La isol3nea de 1 mL/L se ubic3 entre los 25 m en la costa y los 50 m en el sector oce3nico.

En invierno, la capa 3xica en gran parte de la transecta no supera los 10 m, profundiz3ndose s3lo en la estaci3n de 100 mn, donde alcanza un m3ximo de 25 m de espesor. Las concentraciones > 6 mL/L s3lo se detectaron entre las 10 y 20 mn de la costa. El fuerte gradiente 3xico se mantuvo cercano a la superficie en gran parte de la transecta, profundiz3ndose en la estaci3n de 100 mn donde se desarroll3 entre los 25 y 50 m. El l3mite superior de la capa de m3nimo OD (1 mL/L) sigui3 la tendencia manteni3ndose en alrededor de 25 m entre las 10 y 70 mn, para descender a 50 m en la estaci3n de 100 millas n3uticas. En la estaci3n costera de 1 mn se rompe la tendencia al aumentar las concentraciones de OD dentro de los primeros 25 metros.

En primavera, las concentraciones > 6 mL/L se detectaron en la capa superficial a 100 mn y en la costa. La capa 3xica se extiende desde superficie hasta los 25 m entre las 100 y 75 mn, desde este punto la capa sub3xica se acerca a la superficie. El gradiente se manifiesta menos intenso que en invierno y otoño, fluctuando entre 25 y 75 m a 100 mn, elev3ndose suavemente hacia la costa, donde se intensifica ubic3ndose entre superficie y 25 metros.

En verano, la capa 3xica present3 un espesor m3ximo de 30 m a 100 mn, disminuyendo progresivamente hasta desaparecer a 10 mn de la costa. Las concentraciones > 6 mL/L se restringieron s3lo en el sector oce3nico. El gradiente 3xico presenta una marcada pendiente, ubic3ndose entre 25 y 75 m a 100 mn y entre la superficie y 10 m en la estaci3n de 10 mn, en la estaci3n de 5 mn se midi3 un valor m3nimo de 1,2 mL/L, debido a lo cual se produjo un fuerte gradiente horizontal entre las 5 y 10 millas n3uticas. En la estaci3n de 1 mn los valores de OD aumentan levemente en la superficie, por lo que las isol3neas tendieron a descender. Por otra parte la isol3nea de 1 mL/L siguiendo el patr3n anterior se detect3 entre los 65 m en la estaci3n de 100 mn y a tan s3lo 10 m en la de 1 millas n3uticas.

3.7.2.5 Distribuci3n vertical de OD en la transecta de Arica (T5; 18° 25'S)

En otoño, la transecta de Arica (T5) (**Fig. 33**) mostr3 una capa 3xica de un espesor promedio de 25 m desde las 100 a las 40 millas n3uticas. El gradiente se desarrolla entre los 20 y 50 m a 100 mn, ampliando el rango a 25 y 75 m a 40 mn, desde donde comienzan a elevarse las isol3neas hacia la superficie. En la zona costera el gradiente se fortalece ubic3ndose entre la superficie y los 20 m, sin embargo los valores superficiales permanecen altos (> 6 mL/L).

En invierno, a diferencia de la distribuci3n observada en otoño, mostr3 una capa 3xica con un espesor m3ximo de 50 m a 100 mn, disminuyendo dr3sticamente a 20 m en la estaci3n de 70 mn, manteni3ndose constante hasta las 20 mn de la costa. Altos valores de OD superficiales (> 6 mL/L) se midieron entre la costa y las 80 mn, con m3ximos > 7 mL/L en la estaci3n de 10 mn intensificando el gradiente 3xico, el que se desarroll3 entre los 5 y 10 metros. En las estaciones costeras (5 y 1 mn) se observ3 un aumento en los valores de OD de los primeros metros de la columna de agua. Por otra parte la isol3nea de 1 mL/L se detect3 a 25 m en la costa profundiz3ndose hasta los 75 m en la estaci3n de 100 millas n3uticas.



En primavera, a diferencia de las distribuciones anteriores se observan altas concentraciones superficiales, sobrepasando los 6 mL/L a lo largo de toda la transecta, principalmente entre las 5 y 10 mn con m3ximos, donde los valores superficiales de OD superaron los 8 mL/L. Por otra parte, el gradiente se desarroll3 pr3cticamente desde la superficie hasta los 50 m, entre las 100 y 40 mn, para luego elevarse progresivamente hacia la costa, donde se intensific3 ubic3ndose entre superficie y 25 metros.

En verano, las concentraciones superficiales > 6 mL/L se detectaron s3lo entre las 75 y 10 mn, y al igual que en primavera el gradiente 3xico se desarroll3 pr3cticamente desde la superficie a lo largo de la transecta, situ3ndose entre 10 y 60 m en la estaci3n de 100 mn y entre la superficie y los 20 m en la estaci3n costera. A pesar de la somera posici3n del gradiente, los valores sub3xicos no interceptaron la superficie en la estaci3n costera.

3.8 Masas de agua

3.8.1 Agua Subtropical (AST)

En general se puede indicar que la AST tiene una participaci3n netamente superficial a lo largo de las tres transectas (**Figs. 35 y 36**). El n3cleo se ubic3 generalmente en la superficie del sector oce3nico, mientras que el nivel de 10% de porcentaje de participaci3n de masa de agua (PPMA) lleg3 en el sector oce3nico hasta una profundidad de 40 m, y en el sector costero de 10 a 20 metros.

En las tres transectas las isol3neas de PPMA ascendieron hacia la costa, lo que indica que la AST disminuye su participaci3n en este sector, situaci3n que es originada por los procesos de surgencia que aportan ASAA y/o AESS desde niveles de profundidad inferiores, desplazando entonces la AST hacia el sector oce3nico. Tal situaci3n ocurri3 m3s notoriamente en las transectas 1 y 3 y durante los per3odos de primavera y verano.

Longitudinalmente (sentido norte-sur), los PPMA mayores se encontraron en la transecta 3, disminuyendo en la transecta 2 y con los menores PPMA en la transecta 1, excepto en el per3odo de invierno en que la transecta 5 tuvo mayores porcentajes de participaci3n en comparaci3n a las otras dos. Estacionalmente, se observan los mayores PPMA en primavera y verano con niveles de hasta 90%, ocupando este nivel de porcentaje en la transecta 3 una delgada capa superficial no mayor a 10 m de profundidad. La capa m3s delgada de AST se registr3 en la transecta 1 en el per3odo de verano, con un espesor de s3lo 25 m hasta el nivel de 10%. A nivel superficial, los menores PPMA se registraron en invierno con s3lo un m3ximo de 50% en la transecta 1.

3.8.2 Agua Subant3rtica (ASAA)

La ASAA (**Figs. 35 y 37**) tambi3n se present3 en superficie ocupando una capa m3s gruesa que la AST, espesor que super3 los 100 m en la mayor3a de los casos y que incluso lleg3 en algunas ocasiones con su nivel de 10 PPMA hasta los 200 metros.

El n3cleo de la ASAA se ubic3 a nivel subsuperficial centrado entre los 25 y 50 m, mostrando variabilidad en los valores m3ximos de PPMA seg3n sea la transecta y per3odo de estudio. En general se puede indicar que la ASAA tuvo los mayores porcentajes de participaci3n hacia la transecta 1, los que disminuyeron gradualmente hacia el norte. Su n3cleo hacia el oeste fue m3s grueso y de mayor PPMA, haci3ndose m3s delgado y superficial hacia la costa. En la mayor3a de los casos el n3cleo lleg3 hasta la superficie en el sector



costero y en otros el núcleo se presentó más desarrollado en esa área, tal como ocurrió en la transecta 3 del período de verano.

Estacionalmente, la ASAA participó menos en la columna de agua durante el período de invierno. Lo anterior se desprende de los menores valores de porcentaje que tiene su núcleo, los que llegaron sólo a 40% en la transecta 1 y disminuyeron drásticamente hacia el norte, presentando valores de sólo 10 a 20% en la transecta 5. Los períodos de verano y otoño, por el contrario, presentaron los mayores PPMA con valores en los núcleos que llegaron al 60% hacia el sector costero de la transecta 1 y a entre 30% y 40% en la transecta 5.

3.8.3 Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS)

La masa de agua AESS tiene su núcleo mayor a 80 de PPMA centrado en los 100 y 250 m de profundidad (**Figs. 35 y 38**). El nivel de 10%, junto a otras isolíneas de porcentaje mayor, sólo llega a la superficie en el sector costero, lo que señala la mayor participación de esta masa de agua en aquel sector, tanto a nivel superficial como subsuperficial. En los niveles inferiores de la columna de agua se observa que a 500 m de profundidad aún se presentan importantes PPMA con niveles que llegan a 40 y 50. Longitudinalmente, el núcleo de AESS se hizo más débil de norte a sur, lo que se traduce en menores valores de PPMA y también menores espesores en la transecta 1 de todos los períodos, en comparación con la transecta 5.

Tanto en las tres transectas del período invernal como en la transecta 1 de otoño, se observaron valores de 20 y 30 PPMA hasta el nivel de cero metros en el sector oceánico, mientras que en las otras ocasiones la isolínea de 10 llega solamente a niveles entre 5 y 20 m desde la superficie.

El núcleo de la AESS se observó más desarrollado en los períodos de invierno y primavera, ocasiones en que agua con más de 80 PPMA se extienden a lo largo de todas las transectas. A lo largo de la transecta 5, en el período de Invierno en particular, se ven anchos núcleos de porcentaje mayor a 90. En primavera, para la misma transecta 5, el núcleo de 80 y 90 se hace particularmente grueso, alcanzando la isolínea de 90 hasta los 300 m, lo que profundizó las demás líneas de PPMA. En los períodos de otoño y verano de la transecta 1 se aprecia una división del núcleo de 80%, indicando con ello que en estos períodos la AESS tiene una menor participación bajo el nivel de 100 m en la columna de agua. Sin embargo, en todos los períodos las isolíneas de 70 PPMA de la parte superior de cada sección mostraron una ubicación a niveles relativamente similares, centrado en los 100 m en la transecta 1, 70 m en la transecta 3 y entre 50 y 70 m en la transecta 5.

3.9 Circulación geostrófica superficial

El otoño de 2002 (**Fig. 39a**) mostró desde Arica hasta Tocopilla un predominio de circulación geostrófica en superficie hacia el norte, lo que fue más intenso en el sector costero de las primeras 20 mn frente a Tocopilla e Iquique, en donde las líneas de flujo se acercaron. El sector costero sobre las 10 mn desde Iquique a Mejillones tuvo flujos en dirección nor-oeste. Entre Pisagua e Iquique se observó un flujo intenso hacia el nor-este, ubicándose al norte de este flujo, y centrado en las 40 mn, un pequeño y débil giro anticiclónico. Al sur de punta Copaca (T2) se presentó un flujo con una componente sur entre las 20 y 100 mn de la costa.

Durante el invierno (**Fig. 39b**) se registró un predominio de flujos hacia el norte, principalmente en la parte central de la zona comprendida por el área Pisagua – Antofagasta. Se observaron claramente dos giros ciclónicos, uno muy desarrollado frente a caleta Camarones, y otro muy débil y pequeño frente a Tocopilla, ambos a 50 mn de la costa. Parte de un tercer giro se alcanzó a observar a 190 mn frente a Tocopilla. Dos



giros anticiclónicos, más pequeños y de menor velocidad que los anteriores mencionados (indicado por la separación de las isolíneas de anomalía), se localizaron en la mitad sur de la zona. El primero de estos giros se ubicó a 20 mn frente a Tocopilla y el segundo a 70 mn frente a Antofagasta.

En primavera de 2002 (**Fig. 39c**) se registró una circulación geostrófica superficial en general hacia el sur donde el acercamiento de las líneas de flujo en el sector oeste indicaron una mayor velocidad, y por el contrario, en el sector costero y central ésta fue menor dada la separación de las líneas de altura dinámica. El único sector que presentó un flujo hacia el norte se encontró en el sector costero desde Tocopilla hasta Antofagasta. Sólo dos pequeños giros anticiclónicos se observaron frente a Pisagua y otro frente a Antofagasta, centrados a 20 y 70 mn, respectivamente.

En el verano de 2003, se observó un predominio de flujos paralelos a la costa en dirección norte (**Fig. 39d**). En el área oceánica frente a punta Lobos se observó un flujo hacia la costa que aportó agua de origen AST, como también lo indicaron las variables de temperatura y salinidad. El acercamiento de las isolíneas de anomalía geopotencial, en el sector sur de la zona, mostró que el flujo es más intenso que aquel que estuvo presente en la costa y en el sector oceánico, siendo también más débil la circulación geostrófica en la mitad norte, donde incluso se invierte hacia el sur en un pequeño foco a 40 mn frente a Pisagua.

3.10 Distribución espacio-temporal de la TSM satelital

3.10.1 Distribución espacial y semanal de la TSM satelital

En las dos primeras semanas de mayo (días 1 a 12) hay una alta cobertura de nubes, especialmente desde la longitud 71°O hacia el sector oceánico; en los sectores sin nubes se aprecia que la TSM oscila entre 14° y 23°C, observándose un foco de aguas cálidas al noroeste de Iquique y la presencia, normal para la época, de una franja de aguas frías producto del afloramiento de aguas que ocupan las primeras 20 mn. En este período se aprecian filamentos de agua fría (en color verde) con temperatura de 17 a 18°C, extendiéndose desde la costa hacia el oeste. La tercera semana muestra un aumento de la temperatura en la franja costera en un $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$ aproximadamente, que se puede atribuir a una disminución de los procesos de surgencia, dicho fenómeno también se advierte claramente por el desplazamiento hacia la costa de aguas de temperatura mayor a 19°C. La cuarta y quinta semana (20 al 31 de mayo), se presentan mayoritariamente despejadas, siendo posible apreciar aguas cálidas en el sector oceánico entre Arica y Tocopilla con TSM superiores a 20°C, especialmente en la última semana, en la que se advierte la presencia de aguas de 19°C hasta Antofagasta y la desaparición de aguas menores a 17°C en la franja costera. Por otro lado, existe un afloramiento de aguas desde el sur de Arica hasta las proximidades del río Loa, no observándose filamentos de agua fría extendiéndose hacia el oeste (**Fig. 40**).

Junio continúa exhibiendo temperaturas entre 20° y 21°C en el área oceánica durante la primera semana (**Fig. 40**), condición similar a la última semana de mayo y que originaron anomalías negativas menores a 1°C, lo que significa que para el mes de junio éstas deben estar más cercanas al valor promedio o incluso levemente positivas. Por otra parte, se mantiene el desarrollo de gradientes longitudinales que producen frentes térmicos en las primeras 20 mn de la costa indicando procesos de surgencia. También se aprecia un extenso filamento de agua fría que llega hasta los 71°30'S (70 mn de la costa) frente al río Loa. La segunda semana presentó una alta cobertura de nubes que cubrió un amplio sector oceánico, sin embargo se pudo observar que la TSM tiene valores menores en aproximadamente 0,7°C en el área oceánica en comparación a la semana anterior, esta notable disminución de las TSM tiene relación con el paso de la estación otoñal a invierno. El extremo norte Arica–Pisagua presentó una temperatura general de 19°-20°C y



desde Iquique al sur ésta disminuyó de 19° a 17°C. La tercera y cuarta semana (17 a 30 de junio) presentaron una situación similar a la encontrada durante la segunda semana por lo que la intensidad de los frentes térmicos costeros disminuyó, sin embargo la franja costera de las primeras 20 mn continúan presentando menores temperaturas indicativas del desarrollo de procesos de surgencia, observándose claramente eventos de este tipo entre Pisagua y el Río Loa.

Durante la primera semana de julio, se produce un leve incremento de la TSM respecto de las últimas semanas de junio, destacándose el desplazamiento de la isoterma de 19-20°C que se ubica hacia la costa implicando la aparición de gradientes laterales, además se observa un foco cálido con temperaturas superiores a los 20°C (en color naranja) a unas 10 mn frente a Pisagua. La segunda semana presenta una estructura térmica similar a la semana anterior, no obstante que el foco de aguas cálidas que se localizó frente a Pisagua, se desplaza hacia el norte alcanzando TSM de más de 21°C (en color rojizo) a unas 50 mn frente a las costas de Arica. También se aprecia un fuerte gradiente norte-sur y el afloramiento de un foco de aguas surgentes frente a Mejillones.

En la tercera semana de julio se produce una disminución de las TSM en aproximadamente 1°C, destacándose un comportamiento más homotermo de la condición térmica superficial por lo que la intensidad de los frentes térmicos costeros también decrece. Asimismo, sigue presente el núcleo de aguas frías frente a Mejillones.

En la primera semana de agosto predominan mayoritariamente las TSM entre 14 y 18°C, lo cual es muy similar a lo observado en el área de estudio durante las últimas semanas de julio. En dicha semana se destaca una condición térmica homogénea por lo que no existen grandes gradientes este-oeste. La segunda semana vuelve a exhibir una distribución térmica similar a la semana anterior, no obstante se produce una disminución de las TSM en aproximadamente $\pm 0,7^\circ\text{C}$, destacándose un comportamiento mucho más homotermo de la temperatura superficial; no obstante lo anterior, se aprecia un foco de aguas de 18-19°C (en color amarillo) en el sector norte de la zona de estudio. En las semanas tercera y cuarta se vuelve a producir una reducción en los registros de TSM, lo que implica que las TSM se sitúen principalmente entre los 14 y 17°C entre la costa y el sector oceánico, destacándose la aparición de aguas surgentes frente a Iquique y en las proximidades de Mejillones. Asimismo, se reporta un brusco gradiente latitudinal al sur del río Loa. En la última semana, la estructura térmica se presenta similar a las semanas anteriores con aguas en el rango de valores entre 15 y 17°C, observándose también el debilitamiento de los frentes térmicos frente a Iquique y Mejillones (**Fig. 40**) lo que no significa, necesariamente, un debilitamiento de la surgencia costera.

En la primera semana de septiembre no se obtuvieron registros de la temperatura satelital debido a la alta nubosidad que afectó la zona de estudio en dicho período. Las semanas segunda y tercera presentan una estructura térmica muy similar a la registrada durante el mes de agosto, es decir existe un predominio de aguas entre 14 y 18°C, asimismo se observa una situación térmica en general homogénea, lo que origina que no existan grandes gradientes térmicos intensos, principalmente en el sector costero. No obstante lo anterior se advierte un núcleo de aguas más cálidas de 18 a 19°C (en color amarillo) localizado al noroeste del puerto de Iquique. En la franja costera desde el Loa hasta Antofagasta se presentaron bajas temperaturas superficiales, lo que indica que están ocurriendo procesos de surgencia (**Fig. 41**).

En la cuarta semana de septiembre continúan presentes condiciones similares a las de las semanas anteriores, con un claro dominio de aguas de 16° a 18°C en la zona, destacándose la desaparición del foco de aguas cálidas (en color amarillo) que se ubicaba al noroeste de Iquique y la del núcleo de aguas frías al frente de Mejillones, lo que indicaría una relajación de los eventos de surgencia desde el río Loa al sur.



Finalmente, se señala el desplazamiento de la isoterma de 17°C (color verde oscuro) hacia el oeste de la zona de estudio, lo que indica un leve aumento de la temperatura en la mitad sur de la zona en comparación a la segunda y tercera semana.

Durante las dos primeras semanas de octubre, la estructura térmica prosigue la tendencia hacia el incremento de las TSM, con un dominio mayoritario de TSM entre 15 y 18°C, lo cual es similar a lo observado en el área de estudio durante las últimas semanas de septiembre. En estas semanas se distingue un núcleo de aguas más cálidas de 18-19°C (en color amarillo) localizado al noroeste del puerto de Iquique. Además, se aprecia un gradiente latitudinal importante con un gran descenso de las temperaturas al sur del río Loa, no advirtiéndose un afloramiento importante de aguas en esta área. La tercera semana vuelve a mostrar un incremento en los registros de temperatura en aproximadamente 0,5°C en el área oceánica. En este período se destaca el desplazamiento de la isoterma de 18°C (color amarillo) en dirección sureste, alcanzando la cuadra del Loa y la disminución del área ocupada por aguas con temperaturas menores a 16°C en el sector oceánico. Asimismo se aprecia un filamento de aguas relativamente frías frente al puerto de Antofagasta. Las semanas posteriores (21- 31 mayo) presentan un importante aumento de las TSM, condición normal para la época, especialmente en el sector norte del área de estudio, destacándose la intrusión de una franja de aguas cálidas (naranja fuerte), Por otra parte, se aprecia la desaparición de aguas con registros menores a 15°C. Finalmente, se señala el gran corrimiento de la isoterma de 18°C (color amarillo) hacia el sur alcanzando la cuadra de Tocopilla (**Fig. 41**).

La primera semana de noviembre presenta una distribución térmica semejante a la observada en la última semana de octubre, es decir predominan las TSM entre 17 y 21°C, apreciándose la desaparición de aguas de menos de 15°C en el sector sur-oeste. También se destaca la intrusión de aguas de 20-21°C a unas 100 mn a la cuadra de Arica-Pisagua, y el aumento de la intensidad de los frentes térmicos costeros debido a procesos de surgencias en las primeras 20 mn de la franja costera, principalmente entre Pisagua y el Loa, y del aumento de las temperaturas oceánicas. En la segunda semana se produce un leve incremento en los registros de temperatura en aproximadamente +0,5°C. Cabe destacar que, durante esta semana, las temperaturas de 20° a 21°C indicadas para el sector oceánico en el área norte presentaron un leve aumento. Por otra parte, se destaca el desplazamiento de la isoterma de 19°C (color naranja) en dirección sur sobrepasando la latitud de Tocopilla y el adelgazamiento de la franja fría costera, no obstante se observan focos de aguas frías en la zona próxima a Mejillones. La tercera semana nuevamente presenta un aumento de las TSM, especialmente al norte de Iquique debido a la intrusión de aguas cálidas (rojo claro). Por otro lado, se mantiene la banda costera de aguas frías y se distinguen tres importantes focos surgentes (Pisagua, sur de Iquique y Tocopilla-Mejillones) lo que provoca la aparición de fuertes gradientes térmicos. La cuarta semana vuelve a presentar un sostenido crecimiento de las TSM, lo que es habitual como calentamiento de cambio de estación. En el sentido de lo anterior, es notorio un alza mayor a +0,5°C promedio en las áreas oceánicas. Asimismo, en este período se advierte un relajamiento de las surgencias lo que provoca un decrecimiento en la intensidad de los frentes térmicos (**Fig. 41**).

En la primera semana de diciembre se observa una estructura térmica similar a semanas anteriores, con una intrusión de aguas de 21°C en el sector oceánico (color rojo claro) y el mantenimiento de una banda costera de aguas frías en las 10 primeras mn de la costa con tres núcleos surgentes importantes (Pisagua, sur de Iquique y Tocopilla-Mejillones) lo que implica fuertes gradientes térmicos. La segunda semana muestra una alta cobertura de nubes, que cubrió un amplio sector oceánico, no obstante dicha condición no afectó las primeras 50 mn de la costa, la cual vuelve a exhibir una franja de aguas frías con TSM que oscilan entre los 16-18°C (color verde). En las semanas posteriores, hay un aumento de la TSM, especialmente en el área oceánica debido a la penetración de aguas con más de 22-23°C, sin embargo lo anterior no se advierte de



manera nítida debido a la nubosidad imperante en la zona de estudio. En estas semanas se observa una atenuación de las surgencias lo que provoca un decrecimiento en la intensidad de los frentes térmicos, a excepción de la zona de Mejillones (**Fig. 41**).

Durante las dos primeras semanas de enero del 2003, la estructura térmica costera en general es similar a las últimas semanas del mes anterior, sin embargo en el área oceánica norte se observa una nítida penetración de aguas oceánicas en forma de lenguas de agua con TSM superiores a los 24°C. Asimismo, se evidencia por los frentes térmicos costeros la presencia de focos de surgencias, especialmente frente a Pisagua y a la cuadra de la península de Mejillones. En la tercera semana, la TSM oceánica norte disminuye notablemente y no se registran aguas con temperaturas mayores a los 24°C. En este mismo sentido también se aprecia una disminución de la intensidad de los frentes térmicos costeros, probablemente debido a un relajamiento de los procesos de surgencias en esa semana, según se observa también de los datos en la columna de agua de temperatura, salinidad y oxígeno de las estaciones de vigilancia mensual. Las dos últimas semanas del mes exhiben una clara disminución de la TSM oceánica en el sentido longitudinal respecto de las dos primeras; de esta manera se observa un bolsón de aguas cálidas en el área oceánica norte, Arica-Tocopilla, con una temperatura de 23° a 24°C, y de Tocopilla al sur con sólo 20° a 22°C. La quinta semana se destaca por presentar una condición oceánica similar a la anterior, sin embargo en la costa los gradientes térmicos superficiales son más débiles, registrándose valores sobre 21°C en Arica, Iquique, Tocopilla y Antofagasta, valores que no son típicos de la franja costera. La situación anteriormente indicada puede ser el comienzo de una condición cálida para la zona norte, tal como se presentó en la costa peruana en enero y que, durante el actual evento El Niño, no se habían visto para la zona norte de Chile.

En febrero se observa, en general, un aumento de las TSM en aproximadamente 1°C respecto a la última semana de enero; asimismo, se observa la desaparición de la banda costera de aguas frías, lo que sería indicativo de un relajamiento de los eventos de surgencias o bien que en la surgencia costera están participando aguas más cálidas, como ocurre en la zona cuando se está bajo el efecto de un evento El Niño. En este mismo sentido se destaca la presencia frente a Pisagua y pegado a la costa de aguas cálidas de 25°C, las que generan un frente térmico, sin embargo éste se forma con aguas de temperatura mayores a las habituales para el sector costero. Durante la segunda semana prosigue el incremento en las TSM, principalmente en el sector oceánico norte de la zona de estudio, debido a una gran intrusión de aguas cálidas oceánicas en forma de lenguas con valores de TSM superiores a 23°C e incluso a 25°C. También durante esta semana se advierte la presencia de estrechos focos de surgencias con agua fría, especialmente en el borde sur del río Loa y frente a Mejillones que provocan la formación de angostos gradientes térmicos en las primeras millas de la costa. En las semanas tercera y cuarta se presenta una elevación de las TSM en un amplio sector oceánico, registrándose alzas de temperatura de 1° a 2°C en comparación a la semana anterior; así el sector norte que comprende Arica - Río Loa presentó una temperatura general de más de 24°C y desde el Loa al sur ésta disminuyó en 1° o 2°C. Los valores de temperatura encontrados en este período originan anomalías térmicas positivas para toda la zona de estudio que están entre +1° a +2°C. Finalmente se destaca para estas dos últimas semanas la disminución, nuevamente, de los gradientes térmicos costeros (**Fig. 42**).

Durante las dos primeras semanas de marzo se produce un descenso en la TSM de aproximadamente 1° a 2°C respecto de las últimas semanas de febrero. En la franja costera se advierte la presencia de aguas frías que son indicativas de participación de aguas frías en los eventos de surgencias, con dos focos principales; el primero ubicado entre Iquique y la desembocadura del río Loa y el segundo localizado a la cuadra de la bahía de Mejillones, generando frentes térmicos relevantes. Por otro lado, en la mitad sur de la zona se aprecia la influencia de aguas frías de surgencia hacia el sector oceánico, especialmente frente a la Península de



Mejillones. La tercera semana presenta un leve incremento en las temperaturas, especialmente en el sector central del 1rea de estudio, debido a una intrusi3n de aguas oce1nicas en forma de lenguas desde el oeste. En esta semana se contin1a observando la presencia de focos de surgencias de escasa extensi3n espacial en el 1rea norte pero se mantiene el desplazamiento de aguas fr1as hacia el sector oce1nico frente a Mejillones. La cuarta semana del mes se caracteriza por una baja de las TSM, principalmente desde Tocopilla al sur, destac1ndose un desplazamiento de la isoterma de 20° C en direcci3n noroeste, dejando una extensa 1rea oce1nica con bajas temperaturas (19 a 20° C). Por otra parte, el 1rea norte que comprende Arica a Iquique, present3 una temperatura general superior a los 21° C con un brusco diferencial t3rmico en direcci3n norte-sur. Finalmente se destaca una leve disminuci3n de los gradientes t3rmicos costeros en la mitad norte de la zona (**Fig. 42**).

Durante las dos primeras semanas de abril se produce un notable descenso en la TSM de aproximadamente 1°C respecto de las 1ltimas semanas del mes anterior; asimismo, se observa un fortalecimiento de la franja costera de aguas fr1as especialmente entre el r1o Loa y Mejillones, adem1s se establece un notable gradiente t3rmico en la direcci3n norte-sur. En la tercera semana, la zona de estudio sigue presentando un claro descenso de las temperaturas las cuales fluct1an entre los 13 y 23°C, con un fortalecimiento de la banda de aguas fr1as en las cercan1as de la costa y un importante desplazamiento de la isoterma de 20°C hacia el oeste, lo que se debe, fundamentalmente, al cambio estacional entre verano y oto1o. Posteriormente se destaca la presencia de filamentos de gran amplitud –sobre las 100 mn– preferentemente al sur del Loa, que dan origen a gradientes laterales relevantes; asimismo se observa la gran extensi3n (sobre las 40 mn) que alcanza la banda costera de aguas fr1as, paralelamente se aprecia un notable gradiente t3rmico en el sentido latitudinal.

3.10.2 Distribuci3n espacial y mensual de la TSM satelital

En enero-febrero de 2002 las TSM satelitales se localizan entre los 18 y 26°C, con un marcado predominio de aguas superiores a los 21°C y un desplazamiento de las isotermas con mayores temperaturas hacia el litoral, tambi3n se destaca la virtual desaparici3n de las aguas menores a 18° C. Lo anterior se debe a la intrusi3n de aguas oce1nicas y al aumento general de las TSM en la zona de estudio, adem1s se distingue, hacia mediados de febrero, una consolidaci3n de las surgencias que se manifiestan en importantes filamentos en el 1rea costera principalmente frente a Iquique y Mejillones. En los meses siguientes (marzo-mayo) se advierte el tradicional decrecimiento de las TSM, las que se ubican entre los 14 y 25°C, tambi3n existe una migraci3n de la isoterma de 20°C hacia sectores m1s oce1nicos y se manifiesta n1tidamente una franja costera de aguas fr1as y surgentes que recorre toda la costa y que provoca fuertes gradientes t3rmicos, adem1s de focos de aguas c1lidas en el extremo norte de la zona de estudio y n1cleos de surgencia especialmente entre el r1o Loa y Mejillones.

Los meses de junio y julio se caracterizan por la disminuci3n de las temperaturas, con valores en el rango de 14 a 19°C debido a la transici3n entre oto1o e invierno. Tambi3n se comienza a observar una distribuci3n espacial m1s homog3nea que implica una dr1stica disminuci3n en la intensidad de los gradientes t3rmicos. Finalmente se destaca la mayor presencia de nubes en la zona, especialmente en los sectores semi-oce1nicos y oce1nicos. Durante los meses de agosto y septiembre, los registros de TSM disminuyen notablemente y oscilan entre los 12°C y los 18°C, no obstante lo anterior se aprecian peque1os focos de aguas de 18-19°C (en color amarillo) en el sector norte de la zona de estudio. En este per1odo tambi3n se destaca el desplazamiento de la isoterma de 15°C en el sentido este; asimismo, se aprecia una distribuci3n m1s homog3nea de las TSM por lo que no se observan grandes gradientes laterales.



En los meses de octubre-diciembre, con el comienzo de la estación de primavera se produce un aumento en los registros de temperatura los que alcanzan los 22-23°C, especialmente en el sector oceánico norte, además se aprecia un fortalecimiento de la banda costera de aguas frías con tres importantes focos surgentes (Pisagua, sur de Iquique y Tocopilla-Mejillones) lo que provoca la aparición de fuertes gradientes laterales (**Fig. 43**).

En enero del presente año continúa el notable incremento de las TSM satelitales que se localizan entre los 18 y 25°C, con un marcado predominio de aguas superiores a los 20°C y un desplazamiento de las isotermas con mayores temperaturas hacia el litoral. También se advierte que en el área oceánica norte existe una nítida penetración de aguas oceánicas en forma de lenguas de agua con TSM superiores a los 24°C. Asimismo, continúa la presencia de focos de surgencias, especialmente frente a Pisagua y a la cuadra de la península de Mejillones. Hacia finales de enero se observan valores de más de 21°C en Arica, Iquique, Tocopilla y Antofagasta, valores que no son típicos de la franja costera y que indicarían el inicio de una condición cálida para la zona norte, tal como se presentó en la costa peruana. En febrero, se vuelve a observar un aumento de las TSM en aproximadamente 1°C respecto de las últimas semanas de enero, dicha elevación de las TSM en un amplio sector oceánico generó anomalías térmicas positivas para toda la zona de estudio que están entre +1° a +2°C.

Posteriormente, en marzo y abril hay un característico decrecimiento de las TSM, las que se ubican en el rango de 16 a 25°C, destacándose un desplazamiento de la isoterma de 20°C en dirección noroeste que deja una extensa área oceánica con bajas temperaturas (19 a 20° C) en la mitad sur de la zona. Por otra parte, el área norte (Arica-Iquique) presentó una temperatura general superior a los 21°C con un brusco diferencial térmico en dirección norte-sur y con la presencia de aguas frías en la costa que son indicativas de un fortalecimiento de eventos de surgencias, formando dos focos principales; el primero ubicado entre Iquique y el Loa y el segundo localizado a la cuadra de la bahía de Mejillones. Por otro lado se destaca la presencia de filamentos de gran amplitud –sobre las 100 mn– preferentemente al sur del Loa, que dan origen a gradientes laterales relevantes (**Fig. 43**).

3.11 Análisis de pigmentos vegetales

3.11.1 Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica

En el crucero de otoño, las agregaciones superficiales de biomasa fitoplanctónica, expresadas como cloa (**Fig. 44a**), se presentaron muy pegadas a la costa. Las concentraciones típicas de sistemas productivos o eutróficos (valores de concentración mayores de 1 µg/L) formaron una franja costera entre Arica (T5; 18° 5'S) y punta Lobos (T3; 21°0'S), la que se interrumpe entre caleta Chipana y Tocopilla donde los valores fueron mesotróficos, más al sur en la transecta de punta Copaca (T2; 22° 20'S) se presentó un segundo núcleo productivo con concentraciones > 4 µg/L, el que se extendió hasta la estación fija de Mejillones. Por otro lado, en bahía Moreno (T1; 23° 40'S), la intrusión de aguas características de sistemas entre oligo y ultraoligotróficos (< 0,2 µg/L), abarcaron toda la transecta.

El valor mas alto se midió en la estación costera de Arica, donde la cloa superó los 7 µg/L, en tanto que en general desde las 20 mn hacia el oeste, los valores fueron característicamente ultraoligotróficos. Los productos de degradación, o feop (**Fig. 45a**), no presentaron ninguna agregación o distribución característica en toda la zona de muestreo, y el rango fluctuó entre oligo y ultraoligotrófico.

La biomasa fitoplanctónica durante el invierno de 2002 (**Fig. 44b**), presentó las más altas concentraciones de cloa (> 3 µg/L) en las transectas de Arica (T5), punta Lobos (T3), bahía Moreno (T1) y la estación fija de Iquique. Mientras que en las transectas de punta Junín (T4) y punta Tres Picos (24° 20'S) las concentraciones



fueron típicamente oligotróficas ($> 0,2 \mu\text{g/L}$), con la excepción de las estaciones costeras de 1 y 5 mn en punta Junín y un único valor a 20 mn de la costa frente a punta Tres Picos que corresponden a valores mesotróficos ($< 1 \mu\text{g/L}$).

En la transecta de Arica (T5), la biomasa fitoplanctónica presentó una distribución bastante amplia, la que sobrepasó las 20 mn con valores $> 1 \mu\text{g/L}$, mientras que concentraciones superiores a $0,5 \mu\text{g/L}$ sobrepasaron las 70 mn, probablemente debido a un pequeño núcleo de $1 \mu\text{g/L}$ a 70 mn. En las inmediaciones de Iquique se presentó un segundo núcleo, el que se prolongó hasta punta Copaca (T2), formando una franja costera con concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$ que no superó la 5 mn, en tanto que en punta Lobos (T3) los valores mesotróficos superaron las 40 millas náuticas. Un tercer núcleo se ubicó en la punta norte de la península de Mejillones extendiéndose hasta bahía Moreno (T1) con concentraciones que superaron los $2 \mu\text{g/L}$. La zona oceánica se presentó típicamente ultraoligotrófica.

Los feop (**Fig. 45**) en general formaron un patrón de distribución espacial similar al de la cloa, aunque con concentraciones más bajas en toda el área de estudio. Las mayores concentraciones ($> 1 \mu\text{g/L}$) se detectaron en la zona costera de Arica y bahía Moreno, lo que indicaría intensos procesos de degradación de la cloa en esos sectores por pastoreo.

Durante la primavera de 2002 la cloa superficial (**Fig. 44**), presentó una franja productivas ($> 1 \mu\text{g/L}$) entre Arica (T5) y punta Copaca (T2), sin embargo los mayores valores se encontraron en las transectas de: Arica (T5), punta Junín (T4) y punta Lobos (T3), formando a la vez una franja costera de más de $2 \mu\text{g/L}$.

En Arica (T5), la biomasa fitoplanctónica tubo una amplia distribución, la que sobrepasó las 10 mn con valores $> 1 \mu\text{g/L}$, mientras que concentraciones superiores a $0,5 \mu\text{g/L}$ sobrepasaron las 70 mn. En esta transecta, además se midió el valor más alto de cloa superficial el que superó $5 \mu\text{g/L}$. En punta Junín (T4) se observó un segundo núcleo de altas concentraciones ($> 3 \mu\text{g/L}$) entre la costa y las 5 mn, en tanto que en punta Lobos (T3) las concentraciones productivas se extendieron hasta las 15 mn, sin embargo los valores más altos ($> 4 \mu\text{g/L}$) se limitaron a la zona costera, en Tocopilla un nuevo núcleo se detectó con valores $> 2 \mu\text{g/L}$. La franja productiva es interrumpida a los $22^{\circ}44,5'S$ donde la concentración de cloa tiene características oligotróficas, para continuar desde Mejillones hacia el sur, formando un núcleo de concentraciones eutróficas. En la transecta de bahía Moreno (T1) los valores productivos están sólo entre las 5 y 10 mn, a partir de este punto y hacia el oeste son ultraoligotróficos.

Los feop (**Fig. 45**), en general formaron un patrón de distribución espacial muy similar al de la cloa, pero con menores valores en toda el área de estudio. Las mayores concentraciones de feop $> 1 \mu\text{g/L}$ se detectaron en la zona costera de punta Lobos (T3), lo que indicaría intensos procesos de degradación en el sector.

En el verano de 2003 la cloa superficial (**Fig. 44**), presentó concentraciones productivas ($> 1 \mu\text{g/L}$) en las estaciones costeras de casi todas las transectas, la excepción fue la transecta de punta Copaca (T2), los mayores valores se encontraron en las transectas de: Arica (T5), punta Junín (T4) y punta Lobos (T3) donde se formó una franja costera de más de $1,5 \mu\text{g/L}$.

En la transecta de Arica, la biomasa fitoplanctónica estuvo ampliamente distribuida, sobrepasando las 20 mn con valores $> 1 \mu\text{g/L}$, observándose un segundo núcleo productivo ($> 1 \mu\text{g/L}$) de menor tamaño a las 70 mn. En esta transecta se midieron los valores más alto de la zona de muestreo, los que además se extienden hasta las 10 mn con concentraciones entre 6 y $> 9 \mu\text{g/L}$, ésta última en la estación costera de 1 mn, mientras que en la estación fija de Arica el valor del pigmento superó los $11 \mu\text{g/L}$. En punta Junín (T4) altas



concentraciones productivas se situaron entre las 5 y 10 mn, con un valor máximo de 8,7 $\mu\text{g/L}$, situación poco habitual ya que esta transecta se ha caracterizado por bajos valores costeros. En Iquique aunque las concentraciones están en el rango productivo, son muy inferiores a los detectados más al norte. En punta Lobos (3) las concentraciones productivas, se extendieron hasta cerca de las 10 mn, y los valores más altos superaron los 3 $\mu\text{g/L}$. Hacia el sur se detectó un nuevo núcleo de 5 $\mu\text{g/L}$ en la estación de 2 mn frente a caleta Chipana.

La franja eutrífica que se extendió desde Arica, hasta Tocopilla, luego es interrumpida en la transecta de punta Copaca donde las concentraciones pigmentarias tienen características oligo y mesotróficas, siendo el valor más alto de 0,8 $\mu\text{g/L}$ a 40 mn de la costa. Entre los 22° 44,8' S y la estación fija de Mejillones la cloa presentó un núcleo con valores > 3 $\mu\text{g/L}$, disminuyendo hacia el sur. En la transecta de bahía Moreno (T1) los valores productivos están entre la costa y las 10 mn, pero con concentraciones muy inferiores a los detectados en la parte norte de la zona de muestreo.

Los feop (**Fig. 45**), formaron un patrón de distribución espacial similar al de la cloa, aunque manteniéndose en menor magnitud de concentración. Los valores de feop > 1 $\mu\text{g/L}$ se detectaron en los mismos lugares donde la cloa fue alta, lo que indica el buen estado fisiológico de las células fitoplanctónicas. La mayor concentración (> 3 $\mu\text{g/L}$) se detectó en la estación costera de Mejillones, lo que indicaría intensos procesos de degradación de cloa en ese sector.

3.11.2 Distribución de la biomasa fitoplanctónica integrada

En otoño, la cloaint para toda la columna muestreada (**Fig. 46a**), presentó los valores más altos en las localidades de punta Lobos (T3) con concentraciones significativas > 280 mg/m^2 y punta Junín (T4) donde superó los 100 mg/m^2 . Estas altas concentraciones corresponden a la presencia de máximos subsuperficiales de cloa discreta en la zona.

En las restantes localidades los valores de cloaint son levemente superiores a 50 mg/m^2 , siempre en las inmediaciones de la zona costera. Estos valores de cloaint que pueden ser considerados bajos, se deben a que la biomasa fitoplanctónica se distribuyó en forma homogénea desde la superficie y no más allá de los 10 m de profundidad. En la transecta de bahía Moreno al igual que en el área oceánica, todos los valores de cloaint son inferiores a 20 mg/m^2 , indicando aguas de características oligotróficas en toda la columna.

Los feopint (**Fig. 47a**) no presentaron ninguna distribución especial y el valor promedio estuvo en alrededor de 20 mg/m^2 para toda el área muestreada. Esto fue provocado por que los valores de concentración de los feop discretos sólo llegaron a ser cercanos a 0,2 y no mayores de 0,5 $\mu\text{g/L}$ en toda la columna.

En invierno, las mayores concentraciones de cloaint (**Fig. 46b**) se encontraron en las transectas de punta Junín (T4), punta Lobos (T3) y la estación fija de Iquique, con valores que superaron los 100 mg/m^2 , aunque su extensión no superó la primera milla.

Si bien la distribución espacial de la cloaint es similar a la de cloa, se observa una franja continua con valores mayores a 40 mg/m^2 desde Arica (T5) hasta bahía Moreno (T1). La presencia de altas concentraciones en punta Junín (T4), lugar que no evidencia altas concentraciones de cloa superficiales, indica que la biomasa fitoplanctónica se distribuyó subsuperficialmente.



En general desde las 40 mn hacia el límite oeste de la zona de muestreo, los valores de cloaint disminuyen a menos de 20 mg/m², la excepción es Arica (T5) donde las concentraciones > 20 mg/m² superan las 70 mn, y punta Tres Picos (24° 20'S) donde los bajos valores indica la ausencia de valores significativos de clorofila en toda la transecta.

Los feopint (**Fig. 47b**) no presentaron ninguna distribución especial y el valor promedio fue de 20 mg/m² para toda el área muestreada. Esto debido a que los valores de las concentraciones de los feop discretos sólo llegaron a ser cercanos a 0,2 µg/L y mayores a 0,5 µg/L en algunas estaciones costeras.

En primavera, Las mayores concentraciones de cloaint (**Fig. 46c**) se encontraron en las transectas de punta Junín (T4) y punta Lobos (3), con valores que superaron los 100 mg/m² y 200 mg/m² respectivamente, aunque su influencia fue sólo costera.

Esta distribución es similar a la descrita en el invierno pasado, con una franja continua de valores mayores a 40 mg/m² desde Arica (T5) hasta bahía Moreno (T1). En Arica los valores de cloaint fueron moderados y sin embargo los de cloa fueron altos, lo que significa que ésta última se distribuyó principalmente en los primeros metros de la columna de agua.

En general desde las 20 mn hacia el límite oeste de la zona de muestreo, los valores de cloaint disminuyen a menos de 20 mg/m², la excepción es Arica donde las concentraciones > 20 mg/m² llegan hasta las 40 mn.

Los feopint (**Fig. 47c**) en general no presentaron ninguna distribución espacial determinada y el valor promedio fue de 20 mg/m² para el área muestreada, salvo una angosta franja de 40 mg/m². Esto debido a que los valores de las concentraciones de los feop discretos sólo llegaron a ser cercanos a 0,2 µg/L y mayores a 1 µg/L en algunas estaciones costeras.

En verano, la distribución espacial de la cloaint (**Fig. 46d**), es muy similar a la de cloa superficial formándose varios núcleos con concentraciones significativas (> 100 mg/m²): el primero ubicado en el sector costero de Arica (T5) entre las 5 y 10 mn incluyendo la estación fija con valores entre 100 y 200 mg/m², un segundo núcleo a 10 mn en punta Junín (T4) (>140 mg/m²), un tercero entre la estación costeras de punta Lobos (T3) y la estación a 2 mn de caleta Chipana (> 150 mg/m²) y un cuarto en la estación fija de Mejillones (> 100 mg/m²).

La distribución de cloaint se corta en Iquique, con un valor > 20 mg/m² lo que significa que en este punto las concentraciones fueron moderadas en toda la columna de agua. Una segunda interrupción se produce en punta Copaca (T2) al igual que en la distribución superficial, ya que sólo en la estación costera la concentración fue > 20 mg/m². Hacia el sur de Mejillones y hasta bahía Moreno (T1) las concentraciones no superan los 60 mg/m² lo que implica moderadas concentraciones en la columna.

En general desde las 20 mn hacia el límite oeste de la zona de muestreo, los valores de cloaint disminuyen a menos de 20 mg/m². Los feopint (**Fig. 47d**) presentaron en promedio un valor superior a 20 mg/m² para gran parte del área muestreada, destacando altas concentraciones > 80 mg/m², frente a caleta Chipana y en la estación de 10 mn en punta Junín (T4), los que correspondieron con altos valores de cloaint.



3.11.3 Distribuci3n vertical de la biomasa fitoplanct3nica

3.11.3.1 Distribuci3n vertical de la biomasa fitoplanct3nica en la transecta de bahía Moreno (T1; 23° 40'S)

En otoño la transecta de bahía Moreno (T1) (**Fig. 48**), tuvo una distribuci3n propia de sistemas entre oligo ($> 0,2$ a $< 0,5$ $\mu\text{g/L}$) y ultraoligotrófico ($< 0,2$ $\mu\text{g/L}$). Las agregaciones de cloa presentaron un único núcleo cercano a $0,5$ $\mu\text{g/L}$, ubicado subsuperficialmente entre los 5 y 10 m de profundidad. Los feop al igual que la cloa presentaron valores muy bajos, los que fluctuaron alrededor de $0,2$ $\mu\text{g/L}$.

En invierno la situaci3n cambi3, se observ3 un núcleo subsuperficial entre los 5 y 10 m dentro de las 5 mn, con concentraciones pigmentarias importantes que superaron los 4 $\mu\text{g/L}$, mientras que los valores mayores a 1 $\mu\text{g/L}$ sobrepasaron las 10 millas náuticas. En esta transecta los valores de feop fluctuaron al rededor de $0,2$ $\mu\text{g/L}$. Las concentraciones de feop en el núcleo productivo no superaron los $0,5$ $\mu\text{g/L}$, lo que indica que la biomasa fitoplanct3nica estuvo bajo un óptimo estado fisiol3gico. La mayor concentraci3n se present3 en la parte superficial de la estaci3n costera, donde los feop superaron 3 $\mu\text{g/L}$, siendo éste valor incluso mayor al de cloa, lo que podría estar señalando intensa degradaci3n pigmentaria producto de un activo pastoreo superficial en ese lugar.

En primavera, al igual que en invierno se observ3 un núcleo productivo aunque de menor envergadura, el que se situ3 entre superficie y 10 m a 10 mn, con concentraciones pigmentarias que superaron los 3 $\mu\text{g/L}$, mientras que en la costa los valores sobrepasaron levemente el 1 $\mu\text{g/L}$. En esta transecta los valores de feop se distribuyeron similares a la cloa, llegando a valores > 1 $\mu\text{g/L}$ en el sector del núcleo pigmentario. En profundidad los feop tienden a aumentar levemente su valor con respecto a la cloa.

En verano, se detect3 una franja productiva entre la estaci3n costera y las 10 mn, con un espesor variable entre superficie y 10 m de profundidad y con concentraciones pigmentarias que superaron los 2 $\mu\text{g/L}$ en dos focos a 1 y 10 mn, desde este punto y bajo los 10 m, los valores se mantuvieron entre oligo y ultraoligotróficos. En esta transecta los valores de feop no siguen una distribuci3n específica, a la vez que son muy bajos no sobrepasando los $0,5$ $\mu\text{g/L}$.

3.11.3.2 Distribuci3n vertical de la biomasa fitoplanct3nica en la transecta de punta Copaca (T2; 22° 40'S)

En otoño, la transecta de punta Copaca (T2) (**Fig. 49**) se caracteriz3 por un núcleo de distribuci3n espacial restringido entre la zona costera y las 10 millas náuticas. El núcleo levemente subsuperficial cuyo máximo valor super3 los 10 $\mu\text{g/L}$ a 1 mn, estuvo ubicado a 5 m de profundidad, bajo los 10 m los valores fluctuaron alrededor de los $0,2$ $\mu\text{g/L}$. Los feop sin una distribuci3n clara no sobrepasaron los $0,5$ $\mu\text{g/L}$, lo que significa que el sector costero se encontraba en pleno crecimiento algal.

En invierno, las mayores agregaciones pigmentarias se encontraron a 10 m entre la costa y las 5 mn, con concentraciones típicas de un sistema productivo, las que superaron los 2 $\mu\text{g/L}$. Los valores > 1 $\mu\text{g/L}$ se distribuyeron en forma de lengua profundizándose a 10 mn alcanzando los 25 m de profundidad. Esto provoc3 la formaci3n de un gradiente oligotrófico ($> 0,2$ $\mu\text{g/L}$), el que lleg3 hasta las 40 millas náuticas. A partir de este punto, las concentraciones pigmentarias son ultraoligotróficas. Los feop también evidencian un núcleo subsuperficial aunque con concentraciones de 1 $\mu\text{g/L}$, lo que indica una activa degradaci3n de cloa.



En primavera, al igual que en invierno punta Copaca (2) presentó un núcleo costero subsuperficial, aunque más ampliamente distribuido, con concentraciones típicas de un sistema productivo ($> 1 \mu\text{g/L}$) entre la costa y las 10 mn, sobrepasando los 25 m de profundidad, bajo este nivel los valores son típicos de sistemas oligotrófico. Las máximas concentraciones subsuperficiales superaron los $2 \mu\text{g/L}$, entre 5 y 10 mn. Los feop presentaron bajas concentraciones en toda la transecta lo que indica que la biomasa fitoplanctónica estaba bajo un óptimo estado fisiológico.

En verano, se obtuvieron las menores concentraciones del año para esta transecta, siendo además la más pobre del crucero de verano. Los valores más altos se restringieron a los primeros metros de la estación costera y no superaron los $2 \mu\text{g/L}$, sin embargo la distribución de los valores mesotróficos presentan una mayor extensión sobrepasando las 40 mn. Los feop muestran bajas concentraciones en toda la transecta sin un patrón definido.

3.11.3.3 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en la transecta de punta Lobos (T3; 21° 00'S)

En otoño la transecta de punta Lobos (T3) (**Fig. 45**), presentó la agregación más significativa de cloa de todo el período de muestreo 2002-2003, con un núcleo subsuperficial ubicado a 10 m en la estación de 10 mn, en donde se midió una concentración $> 26 \mu\text{g/L}$. Los feop no presentaron agregaciones importantes manteniéndose $< 0,5 \mu\text{g/L}$ por lo que las células fitoplanctónicas se encontrarían en una etapa de crecimiento explosivo.

En invierno, se observa al igual que en el periodo anterior un núcleo productivo, aunque con valores muy inferiores, abarcando desde la superficie hasta los 10 m entre la costa y las 5 millas náuticas. Las mayores concentraciones superan los $7 \mu\text{g/L}$ en la estación costera, mientras que la formación de una franja mesotrófica, superó las 40 millas náuticas. Los feop se mantuvieron en concentraciones bajas y sólo en el sector costero bajo los 5 m tuvieron características mesotróficas ($> 0,5 \mu\text{g/L}$), lo que indica que la biomasa fitoplanctónica estaba bajo un óptimo estado fisiológico.

En primavera, se observó al igual que en los dos casos anteriores un núcleo productivo, el que sobrepasó incluso los 25 m de profundidad. Las mayores concentraciones superan los $7 \mu\text{g/L}$ en la costa entre los 5 y 25 metros. La influencia del núcleo se puede apreciar hasta las 20 mn con concentraciones de más de $1 \mu\text{g/L}$, mientras que valores mesotróficos sobrepasaron las 40 millas náuticas. Los feop presentaron un núcleo de altas concentraciones ($> 2 \mu\text{g/L}$) a 5 mn, que supera al valor de cloa entre superficie y 5 m, esto sugiere que en esta estación hay una fuerte actividad de pastoreo.

En verano, al igual que en los períodos anteriores se observa un núcleo productivo con concentraciones que superan los $6 \mu\text{g/L}$ en la costa. La influencia del núcleo sobrepasa incluso los 25 m de profundidad y en sentido horizontal, se puede apreciar concentraciones de más de $1 \mu\text{g/L}$ hasta las 10 mn, mientras que valores mesotróficos $> 0,5 \mu\text{g/L}$ se detectaron hasta más allá de 20 millas náuticas. Los feop presentaron altas concentraciones ($< 2 \mu\text{g/L}$) a 5 millas náuticas. Esto sugiere que al igual que en primavera, a 5 mn hay importante actividad de pastoreo.

3.11.3.4 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en la transecta de punta Junín (T4; 19° 40'S)

En otoño, la transecta de punta Junín (T4) (**Fig. 51**), presentó las agregaciones más significativas de cloa a 10 millas náuticas. La formación de una capa homogénea de 10 m de espesor con concentraciones $> 2 \mu\text{g/L}$, dio paso a la profundización de un núcleo en cuyo centro se midió valores de concentración $> 5 \mu\text{g/L}$. Los feop se



mantuvieron en valores bajos, alrededor de 0,2 $\mu\text{g/L}$ salvo en la estaci3n costera entre la superficie y los 10 m donde el valor promedio fue de 0,6 $\mu\text{g/L}$, lo que implica el 3ptimo estado fisiol3gico de las c3lulas.

En invierno, las agregaciones pigmentarias a diferencia de otoño se centraron en la zona costera. El n3cleo subsuperficial abarc3 desde los 5 a 25 m con concentraciones que superaron los 6 $\mu\text{g/L}$. La influencia de 3ste n3cleo est3 muy restringida hasta las 5 mn, desde donde los valores $> 0,2$ ocupan toda la capa superficial hasta 100 mn de la costa. Los feop no tienen una distribuci3n definida, en tanto que los valores fluctuaron alrededor de 0,2 $\mu\text{g/L}$.

En primavera, el foco productivo se ve fuertemente restringido a las primeras 5 mn, abarcando desde superficie a 10 m de profundidad con concentraciones que superaron los 9 $\mu\text{g/L}$, estos son los valores m3s altos detectados en toda el 3rea del muestreo de primavera. Los feop presentan altos valores ($> 2 \mu\text{g/L}$) s3lo en el sector costero, siguiendo el patr3n de distribuci3n de la cloa, lo que indica un proceso de degradaci3n de cloa.

En verano, el foco productivo se observ3 entre las 5 y 10 mn, abarcando desde superficie a 10 m de profundidad con una concentraci3n m3xima de 9,9 $\mu\text{g/L}$, al igual que en primavera 3sta es la transecta que contiene las mayores concentraciones del 3rea de muestreo para esta estaci3n del año. Los feop presentaron altos valores ($> 2 \mu\text{g/L}$) s3lo a 5 mn, siguiendo el patr3n de distribuci3n de la cloa, lo que indica un proceso de degradaci3n del pigmento.

3.11.3.5 Distribuci3n vertical de la biomasa fitoplanct3nica en la transecta de Arica (T5; 18° 25'S)

En otoño la transecta de Arica (T5) (**Fig. 52**), present3 las mayores agregaciones de cloa entre la costa y las 10 mn, desde la superficie hasta los 10 m, con una concentraci3n m3xima de 7,2 $\mu\text{g/L}$ en la capa superficial de la zona costera. Los feop no presentaron agregaciones importantes, fluctuando en alrededor de 0,2 $\mu\text{g/L}$, lo que implica un 3ptimo estado celular.

En invierno, esta es la transecta que present3 las mayores concentraciones pigmentarias del crucero debido a la presencia de dos n3cleos subsuperficiales, el primero con concentraciones que superaron los 9 $\mu\text{g/L}$ a 1 mn en el sector costero y el segundo con un valor superior a 6 $\mu\text{g/L}$ ubicado a una profundidad de 10 m en la estaci3n de 10 mn de la costa, su influencia es detectada en la capa superficial, incluso hasta las 30 mn con valores $> 1 \mu\text{g/L}$, adem3s se observ3 un pequeño n3cleo superficial a 70 mn de la misma concentraci3n. Por otra parte los valores mesotr3ficos formaron una banda continua que sobrepas3 las 80 mn de la costa. Los feop presentan valores altos en el sector costero $> 1 \mu\text{g/L}$, lo que podr3a estar evidenciando pastoreo.

En primavera, al igual que en los casos anteriores se ve la presencia de un n3cleo pigmentario con concentraciones m3ximas que superaron los 6 $\mu\text{g/L}$ dentro de las primeras 5 millas n3uticas. La profundidad de este n3cleo no super3 los 10 m, en tanto que las concentraciones eutr3ficas sobrepasaron las 20 mn de la costa, detect3ndose adem3s valores mesotr3ficos incluso a 70 mn de la costa. Los feop presentan valores m3nimos en toda la transecta, fluctuando alrededor de 0,2 $\mu\text{g/L}$ lo que evidencia el 3ptimo estado fisiol3gico de los organismos fitoplanct3nicos.

En verano, el n3cleo pigmentario se encontr3 m3s extenso, con concentraciones que superaron los 6 $\mu\text{g/L}$ entre la costa y las 10 mn, su profundidad sobrepas3 los 13 m y los valores m3s altos superaron los 9 $\mu\text{g/L}$. Al igual que en primavera un segundo n3cleo de menor envergadura se detect3 a 70 mn de la costa, donde la concentraci3n superficial fue de 1,5 $\mu\text{g/L}$. Los feop presentaron concentraciones $> 1 \mu\text{g/L}$ tanto a 1 y a 10 mn,



esto significa que los organismos fitoplanctónicos que están óptimo estado fisiológico. Por otra parte, a 70 m se observó un segundo núcleo mesotrófico por debajo de núcleo de cloa.

3.11.4 Asociación entre la biomasa fitoplanctónica y las variables físicas Otoño 2002 – Verano 2003

3.11.4.1 Biomasa fitoplanctónica versus la profundidad del disco de Secchi y su recíproco

En otoño, la asociación entre la *chl a* y la transparencia de la columna de agua (**Fig. 53a**) presentó un coeficiente de determinación $r^2= 0,59$, la pendiente de la curva en esta oportunidad fue $-0,1289$ y el intercepto $2,09$, éste último corresponde al valor de *chl a* superficial estimado por el modelo y que en este caso fue el intercepto observado más bajo del período de estudio. De la gráfica, se puede observar que a profundidades del disco mayores a los 8 m, las concentraciones se mantuvieron muy bajas, correspondiendo a estaciones oceánicas, el rango intermedio entre los 6 y 7 m coincidió con valores mesotróficos de *chl a* ($< 1 \mu\text{g/L}$), mientras que los valores eutróficos se asociaron a profundidades menores a los 6 metros.

En invierno (**Fig. 53b**), se obtuvo un mayor nivel de asociación al observado en otoño, con un $r^2= 0,66$, una pendiente de $-0,1797$ y un intercepto de $3,6$. En esta oportunidad los valores de *chl a* eutróficos abarcaron un mayor rango de profundidad, encontrándose hasta 9 metros.

En primavera (**Fig. 53c**) la asociación entre la *chl a* y la profundidad del disco Secchi, mantiene un alto nivel de asociación para estas variables, con un coeficiente de determinación r^2 de $0,70$. La pendiente fue $-0,229$ y el intercepto $4,66$, este último valor representa el valor de *chl a* superficial observado más alto estimado por el ajuste en el período. De la gráfica se puede deducir que tanto las concentraciones eutróficas como mesotróficas coincidieron con profundidades entre 3,5 y 7 m, y que desde los 9 m las concentraciones de *chl a* son inferiores a $0,2 \mu\text{g/L}$.

En verano (**Fig. 53d**), se mantiene el nivel de asociación, con un r^2 de $0,68$, observado desde invierno. La pendiente en esta oportunidad correspondió a $-0,1813$ y el intercepto a $3,15$. Los valores eutróficos de *chl a* se ubicaron en capas de visibilidad con profundidades inferiores a 6 m, igual al rango observado en otoño, en tanto que los valores mesotróficos coincidieron con el rango entre 6 y 8 m, mientras que a mayor profundidad de visibilidad del disco la concentración pigmentaria superficial fue típica de sistemas oligotróficos oceánicos.

Por otro lado, la relación entre la *chl a* y el inverso de la profundidad ($1/m$) (**Fig. 53e,f,g,h**) mostró similares niveles de asociación a través de todo el período de estudio, el mayor coeficientes de determinación se observó en verano ($r^2= 0,79$) y el menor en invierno ($r^2= 0,60$). En este caso el valor del intercepto indicó que el menor valor de biomasa que se espera observar con este ajuste en superficie, en promedio fue igual a $0,08 \mu\text{g/L}$ de *chl a*.

3.11.4.2 Biomasa fitoplanctónica versus temperatura y salinidad

En otoño, la asociación entre la *chl a* y la TSM (**Fig. 54a**), medida a través del coeficiente de determinación mostró un $r^2 =0,44$. Por otra parte, de la gráfica se puede observar que, a temperaturas mayores de 18°C los valores de *chl a* se mantuvieron muy bajos, característico de masas de aguas oceánicas oligotróficas. La salinidad superficial (**Fig. 54e**), no presentó una asociación en particular con la biomasa fitoplanctónica superficial. Sin embargo, es posible rescatar el hecho que a valores menores de $34,6$ y mayores de $34,8$ psu, la cloa es típica de sistemas oligotróficos. Las agregaciones de cloa más importantes se asociaron a valores de salinidad $> 34,7$ psu con temperaturas superiores a los 17°C , y correspondieron a las estaciones costeras de Arica, en tanto que las menores salinidades correspondieron a las estaciones costeras de bahía Moreno (T1).



En invierno, no se aprecia un grado de asociación importante de la biomasa pigmentaria con la temperatura, ni con la salinidad. En el caso de la temperatura (**Fig. 54b**), se puede observar que la clot se distribuyó indistintamente en el rango termal medido entre 14 y 18°C, sin ningún patrón de distribución definido. En relación a la clot v/s salinidad (**Fig. 54f**), la clot se distribuyó en el rango de salinidad entre 34,6 y 35,2 psu, de la gráfica se puede apreciar que las mayores concentraciones pigmentarias se encontraron entre 34,8 y 35 psu, rango más salino que en otoño. Las bajas concentraciones de clot observadas a salinidades mayores a los 35 psu están asociadas a masas de agua oligotróficas oceánicas, en tanto las menores de 34,8 psu corresponden a estaciones costeras de bahía Moreno (T1) y punta Tres Picos.

En primavera (**Fig. 54c**), la biomasa fitoplanctónica mejoró notablemente el nivel de asociación con la temperatura, con un r^2 de 0,68, en relación a lo observado en los períodos anteriores. Las temperaturas mayores a 19°C se asociaron a valores bajos de clot ($< 1 \mu\text{g/L}$), lo que corresponde a aguas oceánicas pobres en pigmento, mientras que los valores productivos se distribuyeron a temperaturas menores. Al igual que en otoño, la excepción es Arica (T5), esta es una situación particular que no sigue la tendencia del resto de los datos, ya que presentó a 5 mn alta concentración pigmentaria asociada a alta temperatura (19°C). La relación clot v/s salinidad (**Fig. 54g**), también muestra una mayor asociación que en los períodos anteriores con un coeficiente de determinación r^2 de 0,47. El rango donde se concentraron los mayores valores de cloa estuvo entre los 34,7 y 34,9 psu, levemente menos salino al rango encontrado en invierno (34,8 y 35 psu). Los valores mayores a 35 psu son característicos de aguas oceánicas oligotróficas con concentraciones pigmentarias menores a $0,5 \mu\text{g/L}$, en tanto que las salinidades $< 34,7$ psu correspondieron a las estaciones costeras de bahía Moreno (T1), las que en esta oportunidad presentaron altas concentraciones pigmentarias.

En verano (**Fig. 54d**), la biomasa fitoplanctónica muestra un nivel de asociación con la temperatura similar al de primavera, con un r^2 de 0,623. De la figura, se puede observar que las agregaciones pigmentarias mayores a $1 \mu\text{g/L}$, se localizaron en el rango 14,5°C y 18,4°C, mientras que hacia temperaturas más altas, en general las concentraciones de cloa fueron menores a los $0,5 \mu\text{g/L}$, características de masas de agua oligotróficas. En relación a la clot v/s salinidad (**Fig. 54h**), el coeficiente de determinación r^2 fue de 0,223 lo que es habitual para esta variable, sin embargo del gráfico se puede extraer que el rango donde se concentraron los mayores valores de cloa estuvo entre los 34,5 y 34,9 psu. Al igual que en los períodos anteriores, las salinidades inferiores a 34,7 psu corresponden principalmente a las estaciones del sector sur de la zona de muestreo, en este caso entre las estaciones costeras de punta Copaca (T2) y la transecta de bahía Moreno (T1).

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

El procesamiento y análisis de las 206 muestras de zooplancton colectadas durante el transcurso de los cruceros estacionales 2002 - 2003, permitió verificar la presencia de 1.615.659 huevos y 384.785 larvas, lo que representó una frecuencia de 64,6% y 98,5% para cada una de las respectivas fases de desarrollo. De éstos, 1.453.994 huevos (89,9%) y 289.472 larvas (75,2%) correspondieron a las especies objetivo del presente estudio. El detalle del número de huevos y larvas por especie, correspondientes a la totalidad de las muestras procesadas se entrega en las **Tablas 11 y 12**.



Cabe se~alar que durante las prospecciones de oto~o y primavera de 2002, no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de sardina, verific~andose adem~as ausencia de larvas en invierno de 2002. De la misma manera, durante el crucero de oto~o de 2002 no se reconocieron registros positivos a huevos y larvas de jurel, constat~andose la ausencia de las fases larv~arias de esta especie en primavera de 2002 y verano de 2003. Con respecto a caballa, no se determinaron registros positivos para ambos estadios de desarrollo en oto~o e invierno de 2002, evidenci~andose en verano de 2003 la ausencia de larvas de esta especie.

4.1 Anchoqueta, *Engraulis ringens*

Con excepci3n de los estadios de desarrollo agrupados bajo la denominaci3n de "otras especies", en el curso de los 4 crueros estacionales, anchoqueta aparece como la especie m~as abundante en t~erminos de dominancia num~erica con valores de 89,5% para los huevos y de 75,1% en el caso de las larvas, reconoci~endose 70 registros positivos para huevos y 106 para larvas, lo que represent3 una frecuencia de 34,0% y 51,5% y una dominancia num~erica igual a 80,4% y 58,0% para cada una de las respectivas fases de desarrollo, identific~andose un total de 1.445.529 huevos y 288.990 larvas, se~alando para la especie una importante actividad reproductiva especialmente durante las estaciones de invierno y verano para ambos estadios de desarrollo (**Tablas 11 y 12**).

4.1.1 Oto~o 2002

El procesamiento de las 47 muestras colectadas en oto~o de 2002, permiti3 identificar la presencia de 102.113 huevos y 84.713 larvas, de los cuales 99.117 huevos (97,1%) y 66.566 larvas (78,6%) correspondieron a las especies objetivo del estudio y espec~icamente al recurso anchoqueta. El detalle del n~umero de huevos y larvas de la especie correspondientes a la totalidad de las muestras procesadas se entrega en la **Tabla 13**. En el transcurso de la exploraci3n se verific3 la presencia de 12 estaciones positivas para huevos (25,5%) y 14 a larvas (29,8%), identific~andose un total de 99.117 y 66.566 espec~menes para cada una de dichas fases de desarrollo, respectivamente.

La media de huevos por estaci3n positiva en oto~o de 2002, alcanz3 a 8.260huevos/10m² (DS= 15749,37), cifra 5,7% menor respecto a la obtenida en verano de 2002.

El patr3n de distribuci3n espacial de los huevos de anchoqueta (**Fig. 55 a**), compromete toda la extensi3n latitudinal de la zona explorada y se presenta preferentemente asociado a la zona ner~tica, concentr~andose el 99,8% de los huevos de la especie en la franja comprendida entre la costa y las 10 mn, exhibiendo una cobertura longitudinal m~axima de 20 mn frente a Punta Gruesa (20°22,5"S).

El desove m~as intenso se localiz3 en el sector costero frente a Punta Lobos (1-10mn), localidad donde se registraron las mayores abundancias (> 15.000 huevos/10m²)

En relaci3n a las densidades de huevos, el oto~o de 2002 present3 con respecto al 2001, un importante incremento exhibiendo un porcentaje de cambio igual a 93%, constituy~endose en el primer registro m~as importante de la serie 1983-2002.

Las larvas de anchoqueta (**Fig. 56a**) presentan una distribuci3n acorde con la anteriormente descrita para la fase de huevos, aunque adoptando una menor cobertura latitudinal y una cobertura longitudinal un poco m~as amplia, lo que se expresa en un leve incremento en la frecuencia de estaciones positivas presentando una diferencia porcentual igual a 16,7%. El aumento en la frecuencia se encuentra asociado a una disminuci3n en



la densidad promedio por estaciones positivas que alcanza un orden de magnitud de - 42,4% respecto de la fase huevos.

La media de larvas por estación positiva en el otoño de 2002, alcanzó a 4.755 larvas/10m² (DS= 8062,14), cifra 40,6% mayor respecto a la obtenida en otoño de 2002. Respecto a las densidades larvianas, éstas fluctuaron entre 59 y 26.129 larvas/10m², con una densidad promedio igual a 1.416 larvas por estaciones totales. Las estaciones con las mayores abundancias (> 7.000 larvas) se localizaron a 5 mn de Punta Arenas (21°40'S) y a 1,5 y 10 mn frente a Punta Lobos, las que en conjunto contribuyeron con el 89,9% al total de larvas de anchoveta censadas.

En relación al número de larvas, el otoño de 2002 presentó con respecto al otoño de 2001, una tasa de cambio negativa igual a 10,5%, constituyéndose el otoño del año en curso en el segundo registro más alto para las fases larvianas de la serie 1983 -2002.

4.1.2 Invierno 2002

En invierno de 2002 se determinó la presencia de 811.822 huevos y 134.892 larvas, de los cuales 786.886 huevos (96,9%) y 109.913 larvas (81,5%) correspondieron a las especies objetivo del estudio y específicamente al recurso anchoveta, señalando para la especie una importante actividad reproductiva, lo cual es coherente con el pico principal de desove de esta especie.

Se reconocieron 28 registros positivos para huevos y 48 para larvas lo que representó una frecuencia de 47,5% y 81,4% y una dominancia numérica igual a 96,6% y 81,5% para cada una de las respectivas fases de desarrollo (**Tabla 13**), verificándose la presencia de 784.122 huevos/10m², con abundancias que fluctuaron entre 42 y 307.001 huevos/10m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 28.004 (DS= 70979,85), cifra 220% y 239% mayor respecto a la obtenida en verano y otoño de 2002.

La distribución espacial del desove de acuerdo a lo observado para la fase de huevos, señala que el desove se verificó en todo el rango latitudinal de la zona explorada y longitudinalmente estuvieron presentes hasta una distancia de 70 y 130 mn al oeste de Arica y Punta Lobos (21°00'S), respectivamente (**Fig. 55b**). No obstante lo anterior, la mayor frecuencia de estaciones positivas (>21) se registró en la franja de estaciones comprendida entre la costa y las 40 mn, zona que albergó a más del 91% de ellos.

En relación a los focos de desove cuantitativamente importantes (>57.000 huevos), destacan claramente los ubicados a 1 mn frente a Punta Lobos, Bahía Moreno, Punta Yapes y Punta Gruesa, los que en conjunto importan más del 85% al total de huevos de la especie. En este contexto, la estación con la densidad más importante (307.001 huevos/10m²) se localizó a 1 mn al oeste de Punta Lobos.

Con respecto al número de huevos, el invierno de 2002 presentó respecto al crucero de invierno precedente una tasa de cambio positiva igual a 173%, constituyéndose el invierno de 2002 en el tercer registro más importante de la serie 1981 – 2002.

Las fases larvianas se presentaron en un total de 48 registros positivas con una abundancia total e igual a 109.877 especímenes/10m².



Respecto a las densidades larvianas, éstas fluctuaron entre 38 y 30.801, con una densidad promedio igual a 1.862 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva alcanzó a 2.289 (DS= 5148,77), cifra 51,9% menor y 74,7% mayor respecto a otoño y verano de 2002, respectivamente.

Las fases larvianas presentan una distribución geográfica acorde a la descrita para el estadio de huevos, exhibiendo una cobertura latitudinal máxima 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 71,4% y en una disminución en su densidad promedio por estaciones positivas igual a -91,8% (**Fig. 56b**).

Las áreas de desove más significativas se corresponden en general con las descritas para el estadio de huevos, registrándose tres focos cuantitativamente importantes (> 12.000 larvas) los que se localizaron a 1 mn al oeste de Punta Gruesa y Punta Yapes y a 40 mn frente a Punta Lobos. La estación con la mayor densidad, 30.801 larvas/10m² se ubico a 1 mn frente a Punta Yapes (20°40'S)

En relación al número de larvas y al igual que lo señalado para el estadio de huevos, el invierno de 2002 presentó respecto al crucero de invierno precedente un significativo incremento, el que se traduce en una tasa de cambio igual a 115%, constituyéndose el invierno de 2002 en el noveno registro más importante de la serie 1981 -2002.

4.1.3 Primavera 2002

En primavera de 2002 se determinó la presencia de 175.142 huevos y 36.790 larvas, de los cuales 135.370 huevos (77,3%) y 13.097 larvas (35,6%) correspondieron a las especies objetivo del estudio, entregándose en la **Tabla 13** el detalle del número de huevos y larvas de la especie.

En la primavera de 2002, se reconocieron 20 registros positivos para huevos y 24 para larvas lo que representó una frecuencia de 40,0% y 48,0% y una dominancia numérica igual a 74,6% y 35,4% para cada una de las respectivas fases de desarrollo, identificándose un total de 130.694 huevos y 13.035 larvas de anchoveta.

La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 27 y 70.138 huevos/10m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 6.535 (DS= 17376,63), cifra 25,4%, 20,8% y 76,6% menor respecto a la obtenida en verano, otoño e invierno de 2002.

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta (**Fig. 55c**), comprometió latitudinalmente la transecta realizada frente a Arica y la zona comprendida entre Punta Lobos (21°00'S) y Bahía Moreno (23°40'S). Frente a Punta Junín (19°40'S) no hubo registros de estaciones positivas para esta fase de desarrollo. En general éstos se presentaron preferentemente asociados a la zona nerítica, concentrándose el 97,5% de ellos en la franja comprendida entre la costa y las 10 millas náuticas, mostrando una cobertura longitudinal máxima frente a la localidad de Arica y de 40 y 100 mn frente a Punta Lobos y Mejillones, respectivamente.

Los focos de desove más intensos (> 39.000 huevos/10m²) se localizaron en el sector costero frente a Arica y Punta Chipana (21°20'S), cuyas abundancias en conjunto representaron el 84% respecto del total de huevos de anchoveta cuantificados.



En relación a las abundancias de huevos, la primavera de 2002 presentó con respecto al 2001, un importante incremento exhibiendo un porcentaje de cambio igual a 120%, constituyéndose en el sexto registro más importante de los últimos 20 años (serie 1983/2002).

Las fases larvarias se presentaron en un total de 24 registros positivos con una abundancia total e igual a 13.035 especímenes/10m².

Respecto a las densidades larvarias, éstas fluctuaron entre 22 y 4.002, con una densidad promedio igual a 261 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva alcanzó a 543 (DS= 825,10), cifra 58,5%, 88,6% y 76,3% menor respecto a verano, otoño e invierno 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 máxima 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 20% y en una disminución en su densidad promedio por estaciones positivas igual a 91,7% (**Fig. 56c**).

Las áreas de desove más significativas (> 1.100 larvas) se localizaron a 70 mn al oeste de Arica y a 1 mn frente a Punta Chipana y Bahía Moreno, respectivamente. En este contexto, la estación con la mayor densidad, 4.002 larvas/10m² se ubicó a 1 mn frente a Punta Chipana (21°20'S).

En relación al número de larvas y a diferencia de lo señalado para el estadio de huevos, la primavera de 2002 presentó respecto al crucero de primavera precedente una significativa disminución que se traduce en una tasa de cambio igual a -27%, constituyéndose ésta primavera en el décimo registro más importante de la serie 1983 - 2002.

4.1.4 Verano 2003

El procesamiento y análisis de las 50 muestras colectadas durante el crucero de verano de 2003, permitió determinar la presencia de 526.582 huevos y 128.390 larvas, de los cuales 432.622 huevos (82,2%) y 99.895 larvas (77,8%) correspondieron a las especies objetivo del estudio.

En el verano de 2003, se reconocieron 10 registros positivos para huevos y 20 para larvas, lo que representó una frecuencia de 20,0% y 40,0% y una dominancia numérica igual a 82,0% y 77,5% para cada una de las respectivas fases de desarrollo, identificándose un total de 431.596 huevos y 99.512 larvas de anchoveta (**Tabla 13**).

La fase de huevos exhibió abundancias que fluctuaron entre 33 y 285.471 ejemplares/10m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 43.160 (DS= 89996,41), cifra 423%, 54,1% y 1551% mayor respecto a la obtenida en los cruceros MOBIO de otoño, invierno y primavera de 2002.

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta, compromete latitudinalmente la zona comprendida entre Punta Arenas (21°40'S) y Arica. Frente a Punta Copaca (22°20'S) y Bahía Moreno (23°40'S) no se registraron estaciones positivas a esta fase de desarrollo. En general éstos se presentaron preferentemente asociados a la zona nerítica, concentrándose el 99,8% de ellos en la franja comprendida entre la costa y las 5 millas náuticas, exhibiendo una mayor cobertura longitudinal frente a la localidad de Punta Lobos (21°00'S) donde se distribuyeron hasta las 70 mn (**Fig.55 d**).



Los focos de desove m1s intensos (> 35.000 huevos/ $10m^2$) se localizaron en el sector costero frente a Arica, Punta Lobos y Punta Chipana ($21^{\circ}20'S$), cuyas abundancias en conjunto representaron el 95,9% respecto del total de huevos de anchoveta cuantificados. En este contexto, la estaci3n con la mayor abundancia 285.471 huevos/ $10m^2$ se registr3 a 1 mn de Punta Chipana.

En relaci3n a los niveles de abundancia de huevos, el verano de 2003 present3 con respecto al 2002, un importante incremento, exhibiendo un porcentaje de cambio igual a 229%, constituy3ndose en el registro m1s importante de los 22 a1os, serie 1982/2003.

Las fases larvarias en el verano de 2003, se presentaron en un total de 20 registros positivos con una abundancia igual a 99.512 larvas/ $10m^2$.

Respecto a las densidades larvarias, 3stas fluctuaron entre 28 y 34.925, con una densidad promedio igual a 1990 larvas por estaciones totales. La media de larvas por estaci3n positiva alcanz3 a 4.976 (DS= 10269,04), cifra 4,6%, 117,4% y 1807% mayor respecto a la obtenida en los cruceros MOBIO de oto1o, invierno y primavera de 2002.

Las fases larvarias presentaron en general una distribuci3n geogr1fica acorde a la descrita para el estadio de huevos, exhibiendo una cobertura latitudinal m1xima y longitudinal m1s amplia respecto de aquellos, lo que se expresa por una parte, en un incremento en la frecuencia de estaciones positivas igual a 100% y en una disminuci3n en su densidad promedio por estaciones positivas igual a 88,5% (**Fig. 56d**).

Las 1reas de desove m1s significativas (> 12.000 larvas) se localizaron a 1 mn al oeste de Arica, Punta Lobos y Punta Chipana y a 5 mn frente a Punta Lobos, respectivamente. En este contexto, la estaci3n con la mayor densidad, 34.925 larvas/ $10m^2$ se ubico a 1 mn frente a Punta Chipana ($21^{\circ}20'S$).

En relaci3n al n1mero de larvas y al igual que lo se1alado para el estadio de huevos, el verano de 2003 present3 respecto al crucero de verano precedente un significativo incremento, el que se traduce en una tasa de cambio igual a 262%, constituy3ndose 3ste verano para la fase de larvas, en el registro m1s importante de la serie 1982 - 2003.

Respecto a las estimaciones de la densidad media, varianza y coeficientes de variaci3n de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta en oto1o, invierno, primavera de 2002 y verano de 2003, 3stas se presentan en la **tabla 14**. En ella se aprecia en general, que los mayores coeficientes de variaci3n para ambas fases de desarrollo y para las cuatro estaciones del a1o se obtuvieron para la estimaci3n mediante la distribuci3n Log-normal, a excepci3n de la fase de larvas en la primavera de 2002.

4.2 Sardina, *Sardinops sagax*

Para sardina se determin3 la presencia de 5 registros positivos para huevos y uno para larvas, en los cuales se colectaron 2.215 huevos y 383 larvas/ $10 m^2$. Estos niveles de abundancia se1alan que durante el per3odo de estudio la especie present3 una baja actividad reproductiva (**Tablas 11 y 12**).



4.2.1 Otoño 2002

Cabe mencionar que durante el crucero de otoño de 2002, no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de sardina.

4.2.2 Invierno 2002

Para esta especie se determinó la presencia de 4 registros positivos para huevos y ausencia de larvas, en los cuales se colectaron 2.071 huevos/10 m². Estos niveles de abundancia señalan que la especie presentó en la zona de estudio una baja actividad reproductiva (**Tabla 15**).

Los registros positivos a huevos se localizaron a 1 y 10 mn frente a Bahía Moreno y en el sector costero frente a Punta Copaca y Punta Lobos, siendo el más significativo el ubicado a 1mn al oeste de Bahía Moreno con un total de 1.597 huevos/10m² (**Fig 57b**).

4.2.3 Primavera 2002

En primavera de 2002 no hubo registros positivos para huevos y larvas de sardina.

4.2.4 Verano 2003

Durante el verano de 2003, se reconoció 1 registro positivo para huevos y larvas de esta especie, con densidades iguales a 144 huevos y 383 larvas/10m², los que se ubicaron a 1 mn frente a la localidad de Arica (**Figs. 57d y 58d**).

4.3 Jurel, *Trachurus symmetricus murphyi*

El procesamiento y análisis de las 206 muestras de zooplancton colectadas durante el transcurso de los cruceros estacionales 2002 - 2003, permitió verificar la presencia de 1.596 huevos y 36 larvas, lo que representó una frecuencia de 8,3% y 0,5% para cada una de las respectivas fases de desarrollo **Tablas 11 y 12**.

4.3.1 Otoño 2002

En otoño de 2002 no hubo registros positivos para huevos y larvas de jurel.

4.3.2 Invierno 2002

Durante el invierno del año en curso se reconocieron 10 registros positivos a huevos y 1 a larvas, en los cuales se colectaron 693 huevos y 36 larvas/ 10m² (**Tabla 16**).

La distribución geográfica de huevos de jurel señala que estos estuvieron presentes prácticamente en todo el rango latitudinal de la zona explorada, a excepción de la transecta realizada frente a la localidad de Arica y longitudinalmente no sobrepasan la línea de las 70 mn. Cabe hacer notar que la zona comprendida entre Punta Copaca y Punta Tres Picos presenta una mayor frecuencia de estaciones positivas respecto a la zona Punta Copaca – Arica (**Fig. 59b**).



Con respecto a sus abundancias, el registro más importante se observó a una milla náutica de Punta Copaca cuya densidad 216 huevos/10 m², importó al total de la especie un 31,1%. El único registro positivo a larvas de esta especie se observó a 70 mn de Bahía Moreno con una muy baja densidad, 36 larvas/10m² (**Fig. 60b**).

4.3.3 Primavera 2002

Durante la primavera de 2002, se reconocieron 4 registros positivos a huevos en los cuales se colectaron 342 huevos (**Tabla 16**).

La distribución geográfica de huevos de jurel señala que estos estuvieron presentes prácticamente en todo el rango latitudinal de la zona explorada, a excepción de la transecta realizada frente a la localidad de Arica y longitudinalmente no sobrepasaron la línea de las 20 mn, presentando una modalidad nerítica en la postura (**Fig. 59c**).

Con respecto a sus abundancias, el registro más importante se observó a una milla náutica de Punta Chipana cuya densidad 158 huevos/10 m², importó al total de la especie un 46,1%.

No se determinó la presencia de estaciones positivas a fases larvarias de jurel.

4.3.4 Verano 2003

En el verano de 2003, se reconocieron 3 registros positivos a huevos en los cuales se colectaron 561 huevos, no determinándose la presencia de estaciones positivas a las fases larvarias de jurel (**Tabla 16**).

La distribución geográfica de huevos de jurel señala que estos estuvieron presentes en el rango latitudinal comprendido entre Arica y Punta Lobos y longitudinalmente no sobrepasaron la línea de estaciones de las 5 mn, presentando una modalidad nerítica en su postura (**Fig. 59d**).

Con respecto a sus abundancias, el registro más importante se observó a una milla náutica al oeste de Arica cuya densidad 479 huevos/10 m², importó al total de la especie un 85,4%.

4.4 Caballa, *Scomber japonicus*

4.4.1 Otoño 2002

En otoño de 2002 no hubo registros positivos para huevos y larvas de caballa.

4.4.2 Invierno 2002

En invierno de 2002 no hubo registros positivos para huevos y larvas de caballa.

4.4.3 Primavera 2002

Para caballa se determinó la presencia de 8 registros positivos para huevos y 2 para las fases larvarias, en las cuales se colectaron 4.333 huevos y 63 larvas/10m². Estos niveles de abundancia señalan para la especie una moderada actividad reproductiva (**Tabla 17**).



Las estaciones positivas a huevos se localizaron entre Arica y Punta Lobos, presentando éstos una modalidad oceánica en la postura, registrándose en la franja de estaciones comprendida entre las 20 y las 100 mn (**Fig. 61c**). La densidad más importante fue registrada a 100 mn al oeste de Arica con 2.685 huevos/10m².

Con respecto a las fases larvianas, estas presentaron densidades muy bajas localizándose en la línea de estaciones de las 100 mn en la zona comprendida entre Arica y Punta Junín (**Fig. 62 c**).

4.4.4 Verano 2003

Para caballa se determinó la presencia de 1 registro positivo para huevos con una densidad igual a 321 huevos /10m², el que se localizó a 100 mn de Caleta Vitor (18°44'S), señalando para la especie una baja actividad reproductiva (**Fig. 61d, Tabla 17**).

No se determinó la presencia de estaciones positivas a fases larvianas de caballa.

4.5 Variación temporal de la intensidad de desove de anchoveta

La variación temporal de la intensidad del desove de anchoveta, estimada a través del seguimiento del parámetro poblacional densidad promedio por estaciones positivas, muestra para el período invierno de 1995 - otoño de 2003, la misma tendencia creciente para las respectivas fases de desarrollo. Sin embargo, en otoño de 2003, ambos estadios exhiben con respecto al verano, significativas disminuciones en sus niveles de abundancia lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 76,4% para huevos y 71,7% para larvas (**Fig. 63**). Para el período precitado, es decir, invierno de 1995 - otoño de 2003, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general ascendente, con siete picos de abundancias significativamente importantes (> 18.000huevos/10m²) 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 larvianas, estas muestras una tendencia similar a la exhibida por el estadio de huevos, con abundancias superiores a 4700 larvas/10m², las que han sido reportadas en verano de 1999, 2000 y 2001, otoño de 2002 y verano de 2003, respectivamente.

4.6 Análisis estacional de huevos y larvas de peces

4.6.1 Desove de otoño

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los años 1983-2002, 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 (**Figs. 64 y 65**).

Al contrastar los resultados obtenidos en otoño de 2002 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 un significativo incremento en la cobertura geográfica de huevos y una leve disminución de las fases larvianas, lo que se reflejó en tasas de cambio respecto al otoño de 2001 iguales a 93% y -10,5% para las respectivas fases de desarrollo; constituyéndose el otoño de 2002 en el primer registro más importante en cuanto a extensión del



desove, de la serie 1983-2002 para el estadio de huevos y en el segundo de mayor relevancia para las fases larvianas. En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas señalaron con respecto al otoño de 2002 situaciones distintas para los respectivos estadios de desarrollo. Es así, como los huevos de esta especie exhibieron una leve disminución en su intensidad igual a -5,7%, mientras que las fases larvianas incrementaron su intensidad en un 263%.

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 (**Fig. 66**).

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 (**Fig. 67**).

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 larvianas.

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 condiciones normales se produciría durante los meses de julio a septiembre. Cabe señalar que en otoño de 2002, no hubo presencia de registros positivos a huevos y larvas de esta especie.

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 2002, 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 1993-2002 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.

El estimado del índice de abundancia larval para anchoveta durante otoño de 2002, exhibió una importante disminución respecto al otoño de 2001, lo que se tradujo en una tasa de cambio negativa igual a 34,6%. Con posterioridad al otoño de 1998, este índice ha presentado en general una



tendencia ascendente, experimentando en otoño de 2000 una disminución igual a 57,6% respecto al año 1999. Con respecto a sardina, el índice larval para la serie 1986-2002, presenta 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/10m² (**Fig. 68; Tablas 18 y 19**).

4.6.2 Desove de invierno

La **figura 69** muestra la variación de la estimación de la abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para el período de invierno de los años 1964 – 2002. En ella se aprecia que 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 estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en invierno de 2002, respecto a las reportadas en inviernos precedentes para la serie 1981/2002, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta un importante incremento en sus respectivas fases de desarrollo, siendo éste particularmente significativo para el estadio de huevos, traduciéndose en porcentajes de cambio iguales a 182% y 122% para huevos y larvas, respectivamente (**Figs. 70 y 71**).

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 2001 un incremento para la fase de huevos y larvas, con tasas de cambio iguales a 36,5% y 25,4% para los respectivos estadios.

Con respecto al índice de abundancia larval para anchoveta, las más altas estimaciones se han obtenido en los inviernos de 1985, 1994 y 1989 y los más bajos han estado asociados a la presencia del fenómeno de El Niño registrados durante los años 1987, 1991 y 1998. Durante los inviernos de 1995, 1996 y 1997 el índice se mantuvo prácticamente constante, fluctuando entre 5 y 7 para disminuir drásticamente en 1998. A partir de 1998 se observa una tendencia general ascendente en sus valores para experimentar una nueva disminución en el invierno de 2001 e incrementarse significativamente en invierno de 2002, situación que se traduce en un porcentaje de cambio igual a 132% con respecto al 2001 (**Fig. 72, Tabla 20 y 21**).

En invierno de 2002, no hubo presencia de larvas de sardina y los niveles de abundancia promedio exhibidos por el estadio de huevos respecto a cruceros precedentes presentan un incremento en su intensidad y en su cobertura geográfica, lo que se reflejó en porcentajes de cambio iguales a 92,5% y 169%, 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 en curso, exhibiendo con respecto al invierno de 1999 una disminución en la cobertura geográfica de ambas fases iguales a 14% y 50%, respectivamente. De la misma manera, la intensidad del desove exhibe tasas de cambio negativas iguales a 42% y 12,2%.

En relación a caballa, en invierno de 2002 no hubo registros positivos a huevos y larvas de esta especie.

4.6.3 Desove de primavera

En primavera de los años 1983-2002, 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 74,6% para la fase de huevos y 35,4% para las fases larvianas.

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 2002 se detectó una situación diferente para ambas fases de desarrollo. La fase de huevos experimentó un significativo decremento en sus densidades promedio por estaciones totales y positivas, exhibiendo porcentajes de cambio respecto a 2001 iguales a 107,3% en su cobertura geográfica y 21,2% en su intensidad, constituyéndose la primavera de 2002 en el sexto registro en términos de abundancia total de huevos más importante de la serie 1983-2002 (**Fig. 73 y 74**).

La cobertura geográfica e intensidad de desove exhibida por las fases larvianas en primavera de 2002, señala que respecto a la primavera precedente, una disminución igual a 31,3% y 36,2%, respectivamente.

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 apreció 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%. Con respecto al año 2001, el índice de abundancia larval disminuyó en un 31,4% (**Tabla 22; Fig.75**).

En primavera de 2002, no hubo registros positivos a huevos y larvas de sardina, situación que también se presentó en primavera de 1996 y 2001.

Con respecto a la estimación del índice de abundancia larval de sardina para la estación de primavera, durante los años 1986 y 1987 se registran los más altos valores del índice de la serie analizada (**Tabla 23**). A partir de 1990 y a excepción de la primavera de 1999, el índice larval se ha mantenido en un nivel muy bajo con valores comprendidos entre 0 y 1, y al igual que lo reportado para anchoveta, este disminuye drásticamente en la primavera de 2000 (**Fig. 75**).

En relación a jurel, el estadio de huevos muestra un porcentaje de cambio positivo a 7,6% en su cobertura geográfica. Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto al año 2001, un incremento igual a 126%.



No obstante, que para el recurso caballa se dispone de una serie menor, 1996-2002, ambas fases de desarrollo muestran niveles de abundancia muy bajos respecto a anchoveta y sardina, exhibiendo en esta oportunidad un incremento en la intensidad del desove de acuerdo a lo señalado por los huevos (642%) y una importante disminución en la concentración de las fases larvarias (-87%).

4.6.4 Desove de verano

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de las especies objetivo realizadas en prospecciones precedentes para la estación de verano en el transcurso de los años 1982-2003 se muestran en las **Figuras 76 y 77**. El análisis de esta serie revela que durante el verano de 2003, persiste el predominio de anchoveta respecto de sardina, jurel y caballa, situación que se ha mantenido sin alteraciones a partir del verano de 1990.

Al contrastar los resultados obtenidos en verano de 2003 con los reportados en cruceros anteriores, se determina que los niveles de abundancia del ictioplancton de anchoveta analizados en base a la densidad promedio por estaciones totales, señala que en ésta oportunidad se produce un significativo incremento en la cobertura geográfica de huevos y larvas, lo que se refleja en tasas de cambio respecto al 2002 iguales a 208,8% y 240,1% para los respectivos estadios. El verano de 2003, se constituye en el registro de mayor relevancia cuantitativa en cuanto a cobertura geográfica de la serie 1982-2003 para huevos y larvas de esta especie.

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas, señalan con respecto al verano de 2002, la misma situación descrita con antelación, es decir un significativo incremento en la concentración del desove tanto para huevos como para larvas iguales a 392,9% y 279,8%, respectivamente.

Con respecto a la estimación del índice de abundancia larval para la estación de verano, en la **Figura 78** se aprecia que las más altas estimaciones se han obtenido durante el período 1999/2003. Con posterioridad al verano de 1988 y hasta el 2000, el índice exhibía una tendencia general ascendente experimentando en los veranos de 2001 y 2002 disminuciones iguales a 58% y 19%, respectivamente (**Tabla 24**). En verano de 2003, se registra el valor más alto de la serie analizada, cifra 264% mayor respecto de la obtenida en el 2002. Con respecto a las más bajas estimaciones, éstas se han obtenido en los veranos de los años 1987 y 1998, asociados a eventos de El Niño.

La extensión del desove en sardina, señala con respecto al verano de 2002, una mayor cobertura geográfica para ambos estadios igual a 200% y 700%, respectivamente. En cuanto a la intensidad y concentración del desove, las densidades promedio por estaciones positivas indican con referencia al 2002, un incremento del orden de 140% para el estadio de huevos y de 538% para las fases larvarias.

El índice larval estimado presenta una tendencia a incrementar sus valores a partir del verano de 1997, pero al igual que anchoveta decrece considerablemente desde el 2000 a la fecha, obteniéndose en verano de 2002 el registro más bajo de la serie 1987/2002. Con respecto al verano precedente este índice señala un incremento respecto al verano precedente igual a 260% (**Tabla 25, Fig. 78**).

En relación a jurel, la comparación de resultados respecto al 2002, señala un incremento para la fase de huevos y ausencia de los estadios larvarios, exhibiendo en esta oportunidad la fase de huevos un porcentaje de cambio igual a 1.000% en su cobertura geográfica. Con respecto a la intensidad del desove, las



densidades promedio por estaciones positivas a huevos acusan con respecto al crucero precedente, un aumento igual a 450%.

Para el recurso caballa se dispone de una serie menor, 1991-2003, exhibiendo ambas fases de desarrollo niveles de abundancia muy bajos respecto a anchoveta y sardina pero superiores a jurel. En verano de 2003, no se registran estaciones positivas a larvas de caballa y sólo una estación positiva a huevos de esta especie.

4.7 Sistema CUFES (Continuos Underway Fish Egg Sampler)

En forma simultánea a los cruceros estacionales de monitoreo, operó el sistema CUFES o bomba de huevos, con el objeto de realizar un muestreo continuo en ruta de huevos de anchoveta en la zona comprendida entre la costa y las 40 mn.

En otoño de 2002 (**Fig. 79**), los huevos de anchoveta se encontraron en 51 estaciones positivas de un total de 179, identificándose 3.611 huevos, con abundancias que fluctuaron entre 1 y 518 ejemplares. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 71 (DS= 125,95). La distribución espacial del desove señala que este se verificó en el rango latitudinal comprendido entre Arica y el sur de Punta Arenas y longitudinalmente estuvieron presentes desde la costa hasta las 20 mn frente a Punta Gruesa, observándose la mayor frecuencia de registros positivos desde Pisagua hacia el sur, destacando cuantitativamente la zona de Punta Lobos y áreas adyacentes.

En otoño de 2002 no hubo registros positivos a huevos de sardina.

Durante el invierno de 2002 (**Fig.80**) la presencia de huevos de anchoveta y sardina se consignó en 8 y 74 registros positivos respectivamente, de un total de 151 estaciones realizadas; cuantificándose 51 huevos de sardina y 17.711 huevos de anchoveta, con una media por estación positiva igual a 6 y 239 ejemplares, respectivamente.

La distribución espacial exhibida por los huevos de anchoveta mostró un dominio casi total de la franja costera, ausentándose principalmente en el extremo sur, desde el área lindante sur de la península de Mejillones hasta el sur de Antofagasta, aunque frente a esta última localidad esta fase fue detectada hasta las 25 mn. Las concentraciones más densas y más frecuentes fueron localizadas en el centro del área de estudio, entre Punta Gruesa y Tocopilla. Longitudinalmente los huevos se observaron a diferentes distancias de la costa, aunque su presencia en este sentido no fue muy contagiosa, destacando solo la transecta al oeste de Punta Lobos, con una cobertura longitudinal prácticamente máxima.

En primavera de 2002 se realizaron 149 muestreos, verificándose la presencia de huevos de sardina y anchoveta en 1 y 48 registros positivos, respectivamente; identificándose un total de 3.311 huevos de anchoveta, con abundancias que fluctuaron entre 1 y 471 ejemplares. La media de estos por estación positiva alcanzó a 69 (DS= 123,92). La distribución geográfica exhibida por los huevos de anchoveta mostró una cobertura latitudinal máxima, pero denotó una disminución en su cobertura longitudinal respecto del período invernal, revelando una reducción de estaciones positivas hacia el oeste, exhibiendo en esta oportunidad una modalidad de desove costero, a excepción de la transecta realizada frente a Bahía Moreno (**Fig. 81**).

Durante el verano de 2003 se colectaron 150 muestras, de las cuales 35 fueron positivas a huevos de anchoveta y 2 a huevos de sardina, con abundancias totales de 8.033 y 2 huevos, respectivamente (**Fig. 82**).



La media de huevos de anchoveta fue igual a 230 (DS= 440,68) fluctuando sus abundancias entre 2 y 1.802. Geográficamente los huevos se distribuyeron en la franja costera entre Arica y Mejillones, sin embargo, estos se presentaron en 4 sectores muy focalizados, el primero de ellos entre Arica y sus alrededores, el segundo entre Pisagua y Caleta Buena, un tercero se extendió desde Punta Lobos hasta el norte de Punta Arenas y finalmente un cuarto foco se observó desde las inmediaciones de Punta Hornos hasta la península de Mejillones.

4.8 Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de anchoveta con variables oceanográficas.

4.8.1 Otoño 2002

La abundancia de huevos y larvas de anchoveta no presenta relaciones o tendencias claras con los registros superficiales de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto (**Fig. 83**).

Respecto de la fase de huevos se puede apreciar que éstos, se distribuyeron en aguas cuyos rangos de temperatura superficial fluctuaron entre 14,997°C y 18,332°C, observándose que las mayores abundancias (> 100 huevos) se presentaron en aguas con temperaturas comprendidas entre 15,765°C y 16,872 °C. Con respecto a la salinidad, los huevos de anchoveta se encontraron en aguas cuyo rango de salinidad fue igual a 34,551 -34,791 ups, donde las mayores densidades se detectaron en aguas con salinidades comprendidas entre 34,621 y 34,784 ups. Análogamente, en cuanto a la variable densidad, los huevos de esta especie se presentan en densidades fluctuantes entre 24,949 y 25,776 y observándose las máximas concentraciones en densidades cuyo rango fue de 25,27 y 25,63. En cuanto al oxígeno disuelto superficial no se observa ninguna tendencia o relación clara de esta variable con la abundancia de huevos de anchoveta. Con respecto a las fases larvares, la situación es similar a la descrita para los huevos en cuanto a rangos distribucionales de las variables y a sus máximas abundancias (**Fig.83**).

4.8.2 Invierno 2002

La abundancia de huevos y larvas de anchoveta no presenta una correspondencia clara con los registros superficiales de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto (**Fig. 84**). No obstante lo anterior, se puede observar que los huevos de esta especie, se distribuyeron en aguas cuyos rangos de temperatura superficial fluctuaron entre 14,468°C y 17,478°C, observándose que las mayores abundancias (> 100 huevos/10 m²) se encontraron en aguas con temperaturas comprendidas entre 15,627°C y 16,520 °C. Con respecto a la salinidad, los huevos de anchoveta se detectaron en aguas con salinidades entre 34,797 -35,097 ups y donde las mayores densidades fueron observadas en aguas con valores extremos de 34,797 y 34,911 ups. Similarmente, en cuanto a la variable densidad, los huevos de este recurso se presentaron en rangos comprendidos entre 25,287 y 25,916, con las más altas abundancias entre 25,287 y 25,700. En cuanto al oxígeno disuelto superficial las mayores abundancias de huevos se asociaron a aguas cuyo contenido de oxígeno fluctuó entre 4,89 y 6,67 mL/L, no observándose ninguna tendencia clara de esta variable con la abundancia de huevos de esta especie. La fase larvaria denotó un contexto acorde al enunciado para huevos en cuanto a las diferentes variables observadas.

4.8.3 Primavera 2002

Al igual que los dos períodos anteriores, la abundancia de ambas fases de desarrollo de anchoveta no presenta ninguna relación categórica con los registros superficiales de las variables oceanográficas descritas anteriormente (**Fig. 85**). A pesar de ello se pudo observar que los huevos de esta especie, se distribuyeron en aguas cuyos



rangos de temperatura superficial fluctuaron entre 15,41°C y 21,67°C y donde las mayores abundancias (> 82 huevos/10 m²) se detectaron en aguas con valores entre 17,63°C y 19,03 °C. Con respecto a la salinidad, los huevos de anchoveta se localizaron en áreas con rangos comprendidos entre 34,72 - 35,29 ups, donde las mayores densidades estuvieron asociadas a aguas con salinidades fluctuantes entre 34,83 y 34,86 ups. Respecto a la variable densidad, los huevos se presentaron en densidades comprendidas entre 24,34 y 25,78, con las mayores concentraciones en valores fluctuaron entre 24,90 y 25,28. En cuanto al oxígeno disuelto superficial las mayores abundancias de huevos se asociaron a aguas cuyo contenido de oxígeno fluctuó entre 3,11 y 8,67 mL/L, no observándose ninguna tendencia clara de esta variable con la abundancia de huevos de esta especie. Las larvas adoptan una situación similar a la exhibida por los huevos respecto de todas estas variables.

La distribución que adoptan los huevos y larvas de anchoveta en la zona parece estar relacionada con la dinámica de la circulación geostrofica superficial. La **Figura 86 a y b**, muestra que ambas fases de desarrollo se distribuyen en áreas donde la circulación es de intensidad media y en dirección hacia la costa, especialmente entre Punta Lobos y Bahía Moreno, localidades donde estas fases se presentaron con mayor frecuencia. Lo anterior permite afirmar que tal condición en la circulación permitiría concentrar importantes cantidades de alimento (fitoplancton y zooplancton) para las larvas, situación que es avalada por las altas concentraciones de clorofila encontradas a lo largo de toda la costa y que es un factor importante en la alimentación de muchos grupos zooplanctónicos y de las larvas de peces en general. Una mayor estabilidad relativa del sistema en estos sectores ayudaría a mantener una disponibilidad de alimento para la sobrevivencia larval, al no sufrir éstas mayores desplazamientos en forma vertical y horizontal. Por el contrario, en el área de Pisagua se advierte en las primeras 20 mn un movimiento circulatorio intenso, que estaría provocando un desplazamiento del alimento y posiblemente de las larvas y huevos hacia otras zonas, situación similar a la que se observa a 100 mn frente a Mejillones, que muestra un foco aislado de huevos de anchoveta, los que posiblemente habrían sido transportados por la corriente superficial. Una condición interesante y que ratifica el hecho de la influencia de la circulación sobre la distribución de los huevos y larvas, se observa a lo largo de la transecta de Arica, donde se encuentran larvas de anchoveta dentro de las estaciones oceánicas, respecto de Arica; pero que son relativamente costeras en relación a la línea de costa de Perú. En esta área la circulación es hacia el sur, lo que podría indicar que las larvas fueron transportadas desde el sector norte y costero de Perú por la circulación superficial (**Fig. 86 a, b**).

4.8.4 Verano 2003

Durante este período y al igual que los anteriores, la abundancia de huevos y larvas de anchoveta no presentó correspondencia con los registros superficiales de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto (**Fig. 87**). Pese a ello, se comprobó que los huevos de esta especie, se distribuyeron en aguas cuyo rango de temperatura superficial fluctuó entre 15,09°C y 23,95°C, observándose que las mayores abundancias (> 305 huevos/10 m²) se registraron en aguas con temperaturas comprendidas entre 15,94°C y 17,07°C. Con respecto a la salinidad, los huevos de anchoveta se encontraron en aguas con rangos iguales a 34,75 - 35,27 ups y donde las mayores densidades se detectaron entre 34,81 y 34,82 ups. En relación a la variable densidad, los huevos se presentaron en densidades extremas de 23,86 y 25,86 y las más altas abundancias en densidades fluctuantes entre 25,35 y 25,62. En cuanto al oxígeno disuelto superficial las principales concentraciones de huevos se asociaron a aguas cuyo contenido de oxígeno fluctuó entre 3,93 y 5,28 mL/L, no se observó ninguna tendencia clara de esta variable con la abundancia de huevos de esta especie. Con respecto a las fases larvianas, la situación es similar a la descrita para los huevos.

La orientación geográfica exhibida por la fase huevos en la zona, parece estar nuevamente relacionada con el patrón de circulación geostrofica superficial, por un lado éstos sólo son detectados desde Tocopilla al norte y



en general, se ubican en las 1reas donde la circulaci3n no es muy intensa como lo que se observa tambi3n en las estaciones costeras frente a Arica y Pisagua. El flujo de mayor intensidad que domina la zona sur estaría impidiendo la permanencia de huevos en ese sector, permitiendo dada la direcci3n que adopta la din1mica de circulaci3n, una mayor retenci3n de huevos en las estaciones costeras comprendidas entre Punta Patache y Punta Arenas, sector donde la circulaci3n se muestra con una orientaci3n hacia la costa (**Fig. 88 a**). La distribuci3n de las fases larv1rias tambi3n estaría relacionada a la circulaci3n, pero estas a diferencia de la fase huevos al tener la capacidad de nadar, pueden dominar sectores donde los huevos son arrastrados por la corrientes, como lo fueron las 1reas entre Antofagasta y Tocopilla (**Fig. 88b**). Las mayores concentraciones de larvas fueron detectadas en Arica y, entre Punta Lobos a Tocopilla, lo que se corresponde con la presencia de un flujo m1s d3bil y que por su direcci3n posiblemente participe adem1s en la acumulaci3n de alimento para las larvas de anchoveta. Esto es corroborado por las importantes concentraciones de clorofila detectadas principalmente frente a Arica, Pisagua y entre Punta Lobos a Punta Arenas.

En el sector oce1nico comprendido entre Arica y el norte de Punta Lobos, no se advirti3 la presencia de ninguna de las dos fases, esto puede explicarse debido al efecto que estaría provocando la circulaci3n en su distribuci3n, ya que la direcci3n de esta variable en este sector va desde la costa a mar afuera, provocando en este sentido, un transporte de los productos del desove hacia aguas m1s oce1nicas y que a diferencia de lo observado durante la primavera del a1o 2002, la corriente venía en direcci3n norte-sur, lo que explicaría la presencia de larvas en este sector, las que provenían de los centros de desove localizados en aguas peruanas.

C. Objetivo especíico N° 2.3

Determinar la distribuci3n y abundancia relativa estacional de los recursos pel1gicos: anchoveta, sardina, jurel y caballa mediante índices de densidad y cobertura geogr1fica.

5. Calibraci3n electroacústica

5.1 Calibraci3n electroacústica

Los resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 de los B/I Carlos Porter y Abate Molina presentan variaciones inferiores a $\pm 0,2$ dB confirmando la estabilidad hist3rica de ambos equipos (**Tabla 26 y 27**).

5.2 Distribuci3n espacial de los recursos

5.2.1 Total de especies

Durante los tres cruceros realizados en el a1o 2002 (MOBIO 0205, MOBIO 0209; MOBIO 0212) y en el verano de 2003 (MOBIO 0302), la anchoveta fue la especie m1s frecuente y abundante, representando entre el 42,4 y 94,6% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporci3n en el oto1o (MOBIO 0205) con 94,6% y verano (MOBIO 0302) con 74,6% y la menor en primavera (MOBIO 0212) (42,4%) e invierno (MOBIO 0209) (48,6%).



El jurel representó entre el 4,7% y el 15,1% de las lecturas acústicas totales de cada crucero, siendo los mayores en invierno (MOBIO 0209) y primavera (MOBIO 0212) con 14,7% y 15,1 %, respectivamente, siendo levemente superior a la fracción registrada en el verano (MOBIO 0302), oportunidad que representó el 13,9% de las lecturas totales, mientras que el menor se presentó en el otoño (MOBIO 0205) con el 4,7% del total.

La caballa estuvo ausente en el verano, registrándose en forma esporádica en los otros cruceros, representando entre el 0,04% en la primavera (MOBIO 0212) y el 1,6% de las lecturas acústicas totales en el invierno (MOBIO 0209) (**Fig. 89**).

Las otras especies detectadas en los cruceros del período analizado fueron el pez linterna, que en la primavera (MOBIO 0212) tuvo un importante aporte con el 35% de los registros acústicos y en el invierno (MOBIO 0209) con el 9,5% y sólo el 1,5% en el verano (MOBIO 0302) (**Fig. 90**). El langostino (*Pleuroncodes sp*) estuvo ausente en verano, variando entre 0,7% y 23,4% de las lecturas acústicas totales por crucero, presentando el mayor aporte en invierno (MOBIO 0209) con el 23,4% y el menor en el otoño (MOBIO 0205) con el 0,7% , mientras que en primavera esta especie aportó con el 7,5% de las lecturas acústicas. También se detectó la presencia de sardina española, que se presentó en el verano (MOBIO 0302), con un 9,1% de las lecturas acústicas del crucero después de haber permanecido ausente en todos los otros cruceros.

5.2.2. Anchoqueta

El patrón típico de distribución espacial de la anchoqueta en el período 96-99 (Braun *et al.*, 1998; 1999a,b) se ha caracterizado por presentar altas concentraciones del recurso en áreas costeras que han aumentado su vinculación con la costa en los períodos 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 (**Fig. 91**), especialmente en el invierno que extendió su límite occidental hasta la 80 mn de la costa. Específicamente, durante el otoño (MOBIO 0205) la anchoqueta se localizó preferentemente en una franja costera que no superó las 18 millas náuticas en agregaciones de baja densidad, con focos aislados de alta concentración, donde destacan los sectores de Antofagasta (24°S), que registró la mayor agregación del crucero; caleta Chipana (21°S) y Arica (18°30'S), en los cuales se registró operación de la flota industrial.

En invierno (MOBIO 0209) el mapa de distribución de anchoqueta presenta la típica forma de cuña en que la base se extiende hasta las 80 mn frente a Arica, disminuyendo hasta las 45 mn de punta de Lobos (21° 00'S); 35 mn del paralelo 22° 20'S y con el vértice en las primeras 10 mn de Antofagasta. El patrón de distribución espacial de anchoqueta en este crucero sugiere un desplazamiento en el sentido sureste, registrándose sectores de alta concentración entre las 45 y 85 mn desde Arica a punta Camarones (19° 10'S); entre la costa y las 35 mn desde punta Camarones a punta Barrancos (20° 40'S) y entre las 15 y 45 mn desde punta de Lobos (21° 00'S) a punta Grande (22° 20'S), también destacan los sectores costeros entre punta Grande y Mejillones (**Fig. 91**).

En primavera (MOBIO 0212) la anchoqueta se distribuyó principalmente asociada a la costa, con algunos registros aislados y de baja densidad a 100 mn a la cuadra de Arica y las 50 mn a la cuadra de punta de Lobos (21°00'S). Las mayores concentraciones de esta especie se presentaron en las primeras 8 mn del sector costero a Arica; desde punta de Lobos (21°00'S) a punta Chileno (21°30'S); entre punta Blanca (22°10'S) a punta Bandurria del sur (22°25'S) y a la cuadra de Antofagasta.



En el verano (MOBIO 0302) esta especie se distribuyó en focos de alta densidad entre la costa y las 17 millas (**Fig. 91**), destacándose los sectores localizados en las primeras 6 millas entre Arica y Pta. Argolla ($18^{\circ} 50'S$); desde Pisagua ($19^{\circ}35'S$) a Cta. Buena ($19^{\circ} 53'S$); a la cuadra de Cta. Chipana y en las primeras 17 millas desde Pta. Grande ($22^{\circ} 27'S$) a Pta. Hornos ($22^{\circ} 55'S$).

En el sentido vertical en los cuatro cruceros la anchoveta se localizó en los primeros 40 m de profundidad, disminuyendo su límite superior a 22 m en el verano (MOBIO 0302), en todos los casos el mayor número de registros estuvo localizado en el estrato 10-20 m (>80%) (**Fig. 92**)

Las isotermas que limitaron esta distribución vertical en los cruceros de otoño e invierno variaron entre 13 y $18,5^{\circ} C$, mientras que en primavera el rango estuvo entre 14 y $19,5^{\circ} C$ y en verano estuvo entre $13,9$ y $16,4^{\circ} C$, centrándose el mayor número de agregaciones (>50%), para todos los casos entre 14 y $16^{\circ} C$ (**Fig. 93**)

Las isohalinas límites de la distribución vertical de esta especie en otoño (MOBIO 0205) y verano (MOBIO 0302) fluctuaron entre los 34,4 y 34,9 psu., mientras que en invierno y primavera se registró un aumento de las salinidades límites fluctuaron entre los 34,7 y 35,05 psu. El mayor número de agregaciones de anchoveta (>50%) en todos los casos estuvieron localizados entre 34,7 y 34,9 psu., registrándose en la primavera una segunda moda entre 34,6 y 34,7 psu (**Fig. 94**)

5.2.3. Jurel

En términos generales, desde 1996 a 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. En el período analizado en el presente caso (otoño, invierno y primavera de 2002 y verano de 2003), el jurel quiebra este patrón general, puesto que en el otoño tuvo una pobre presencia localizándose en sectores oceánicos, con una cobertura espacial relativamente mayor en invierno y primavera. (**Fig. 95**). Específicamente en el otoño este recurso se registró en concentraciones aisladas y de baja densidad localizadas en el sector oceánico a más de 50 millas náuticas de la costa, con la excepción de dos agregaciones de baja densidad registradas en los extremos de la península de Mejillones.

En invierno esta especie se localizó en prácticamente toda la zona de estudio en agregaciones de baja densidad (**Fig. 95**), con algunos focos de densidades relativamente mayores entre las 30 y 75 mn desde Arica a Iquique y en las cercanías de punta Pichalo ($19^{\circ} 40'S$) y de Antofagasta. En primavera esta especie se detectó en casi toda la zona de estudio, con un patrón de distribución caracterizado por sus bajas densidades, con algunas agregaciones aisladas de densidad relativamente mayor localizadas a 64 y 90 mn a la cuadra de Arica; 30 mn al oeste de punta Sarmenia ($20^{\circ}30'S$) y 50 mn de punta Junin ($19^{\circ}30'S$). En verano el jurel presentó el patrón de distribución espacial característico observado en cruceros anteriores, con agregaciones de baja densidad en toda la zona de estudio y con cardúmenes aislados de densidad relativamente mayor ubicadas 15 millas frente a Punta Gualaguala ($22^{\circ} 40'S$); 35 mn a la cuadra de Punta Barranco ($20^{\circ} 30'S$) y a 80 mn frente Arica.

Verticalmente en invierno y verano el jurel se registró en el rango típico variando entre los 10 y 60 m, mientras que en el otoño y primavera el límite superior de profundidad aumentó llegando hasta los 95 m y 135 m, respectivamente. Las mayores frecuencias de cardúmenes de jurel estuvieron en el estrato de 10 a 20 m (**Fig. 92**).



Las isotermas límites de esta distribución en otoño, primavera y verano variaron entre 12,4 y 22° C, cambiando en invierno entre 13 y 18° C, centrándose en todos los casos las mayores frecuencias entre los 14 y 16° C (**Fig. 93**).

El rango de salinidad de distribución del jurel para todos los casos fluctuó entre 34,5 y 35,2 psu, ubicándose las mayores concentraciones acústicas (>50%) entre 34,7 y 34,9 psu (**Fig. 94**).

5.2.4. Caballa

Esta especie se registró sólo en los cruceros de invierno (MOBIO 0209) y verano (MOBIO 0302) en bajas densidades, estando en el invierno entre la costa y las 85 mn desde Arica a punta Grande (22° 20'S), mientras que en el verano la caballa estuvo bastante ligada a la presencia de jurel, ubicándose preferentemente sus agregaciones por fuera de las 30 mn de la costa (**Fig. 89**).

En el sentido batimétrico en invierno la caballa se registró en los primeros 20 m de profundidad, con una marcada preferencia por el estrato de los 20 m, donde se presentó el 76% de los registros, mientras que en el verano se ubicó en un reducido estrato, limitado entre 9 a 16 m de profundidad.

Las isotermas que limitaron la distribución de caballa en invierno variaron entre 14 y 18° C, con modas principales en 15 y 17° C y en verano entre 18 y 21° C con un registro aislado en 14,7° C. Las isohalinas variaron entre 34,6 y 35,2 psu, ubicándose preferentemente en 34,7 y 34,8.

5.2.5. Pez linterna

El pez linterna se detectó en invierno y primavera caracterizándose por su presencia esencialmente oceánica, ubicándose en el invierno entre las 70 y 195 mn de la costa, distribuyéndose en dos focos de densidad media y alta entre las 190 y 195 mn al oeste de punta Chileno (21° 30'S) y entre las 70 y 100 mn al oeste del paralelo 24° 20'S, y; en primavera entre las 25 y 100 mn de la costa desde Pisagua a Antofagasta, con registros aislados y de baja densidad a 30 mn a la cuadra de Arica, en este crucero las mayores agregaciones se presentaron entre las 60 y 80 mn al oeste de punta Lobos (21°00'S); 20 mn de punta Gruesa (20°22'S) y ; 85 mn al oeste punta Junín (19°30'S) (**Fig. 90**).

En el sentido vertical, el pez linterna tuvo una amplia distribución, ubicándose en invierno entre los 10 y más de 100 m, con una leve tendencia a localizarse en los estratos de 10 m (25%) y entre 40 y 50 m (30%). En primavera esta especie estuvo entre los 100 y 250 m de profundidad, con un patrón heterogéneo en el número de registros acústicos, respecto a la profundidad, cubriendo toda la columna de agua señalada con frecuencias cercanas al 10%, las mayores densidades acústicas (>4.000) se presentaron entre 140 y 245 m.

Las temperaturas límites de la distribución de pez linterna, variaron en invierno entre 13,5 y 16,5° C con modas principales en 14 y 16° C, con el 33 y 52% de los registros, respectivamente y en primavera entre 11 y 13° C con la mayor frecuencia (85%) entre 10 y 13° C.



5.2.6. Langostino (*Pleuroncodes sp*)

Esta especie se detect3 en invierno, primavera y espor3dicamente en el verano.

Localiz3ndose en invierno en sectores costeros desde Pisagua a caleta Chipana (21° 20'S), mostrando un desplazamiento hacia el sur respecto a cruceros anteriores, en que se detectaba frecuentemente en las cercanías de caleta Camarones (19° 10'S) (cruceros MOBIO 0205 y 0109). En primavera se observa un patr3n de distribuci3n similar a otras oportunidades restringida a las primeras 5 mn entre Arica y Pisagua, en dicha oportunidad las mayores densidades de registraron desde el sur de caleta Camarones (19°12'S) hasta el norte de Pisagua (**Fig. 90**).

Las profundidades en que se distribuy3 esta especie variaron entre 10 y 40 m, en temperaturas entre 13 y 17° C y salinidades desde 34,75 a 34,95 psu.

5.2.7. Sardina española

La sardina estuvo presente solo en el verano (MOBIO 0302), presentando una distribuci3n espacial similar a la exhibida por anchoveta, pero con una leve tendencia a ubicar sus agregaciones hacia el sector oeste, alcanzando en algunos sectores las 15 y 40 mn de la costa. Es as3 que, el m3s alto valor de densidad ac3stica se observ3 principalmente frente a Pisagua hasta las 15 mn de la costa, en tanto densidades ac3sticas menores se registraron entre 5 y 40 mn al norte de Punta Grande (22° 20'S) y a 15 mn frente a Antofagasta.

En relaci3n a la profundidad, la sardina present3 una distribuci3n estrecha con un intervalo que va desde los 9 a 16 m de profundidad, donde se ubicaron los mayores niveles de densidad ac3stica registrados en el crucero.

5.2.8. An3lisis estacional de los recursos y las variables abi3ticas

Para las estaciones de otoño, invierno, primavera del año 2002 y verano de 2003 se estim3: i) la densidad ac3stica media, expresada como el logaritmo del S_a , de los recursos anchoveta, jurel, caballa sardina española y pez linterna; ii) la profundidad media en metros, la temperatura en °C y la salinidad en psu donde se reportaron los recursos. Estos se compararon entre los diferentes cruceros a trav3s de un an3lisis de varianza y un an3lisis post-hoc-Newman-Keuls para detectar las diferencias significativas.

- Para la anchoveta la prueba estadística indica que la densidad ac3stica del recurso y su profundidad en otoño y verano fueron significativamente diferentes ($F_{\text{estaci3n}} = 84$; $p < 0,05$), mientras que en invierno y primavera fueron significativamente semejantes. La temperatura del otoño fue significativamente diferente de las otras estaciones y la salinidad fue diferente en invierno y otoño, siendo similar en primavera y verano (**Tabla 28**).
- Para el jurel el an3lisis indica que la densidad ac3stica y la temperatura fueron significativamente diferentes en todas las estaciones. Mientras que la profundidad del recurso fueron significativamente diferentes en otoño e invierno ($F_{\text{estaci3n}} = 46,24$; $p < 0,05$), siendo similar en primavera y verano donde el jurel se present3 en profundidades promedio similares. La salinidad no present3 diferencias significativas entre estaciones (**Tabla 28**).



- La caballa se present3 en la zona de estudio en tres estaciones: otoño, primavera y verano; el análisis indica que las diferencias entre estaciones fueron significativas ($F_{\text{estaci3n}} = 28,8$; $p < 0,05$), para las variables densidad acústica y temperatura. La profundidad fue diferente en las tres estaciones. La salinidad en el área que se present3 la caballa no present3 diferencias significativas entre las estaciones (**Tabla 28**).
- La sardina española se report3 s3lo en otoño y primavera, el análisis de varianza indica que se presentaron diferencias significativas entre las estaciones ($F_{\text{estaci3n}} = 6,89$; $p < 0,05$), para la variable profundidad. Mientras que la densidad acústica, temperatura y salinidad fueron semejantes en todos los casos (**Tabla 28**).
- El pez linterna se present3 s3lo en primavera y verano, los análisis muestran que existieron diferencias significativas ($F_{\text{estaci3n}} = 323$; $p < 0,05$) entre estaciones, para las variables profundidad, temperatura y salinidad, mientras que la densidad acústica no report3 diferencias.

5.2.9 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales indica que el primer factor explic3 el 28,97% de la varianza, el segundo el 21,49% y el tercero el 12,25%, acumulado los tres factores explicaron el 62,72% de la varianza. Los valores propios fueron de 3,476, 2,579 y 1,470 respectivamente (**Tabla 29**).

Al primer factor aportaron las variables relacionadas con la caballa (profundidad, temperatura y salinidad), al segundo factor el jurel y las variables relacionadas con este y al tercer factor aportaron las variables relacionadas con la anchoveta.

Posteriormente se efectu3 un análisis de regresión múltiple, los resultados indicaron que para la caballa su densidad estuvo relacionada con la temperatura, la salinidad y la profundidad ($F = 6709$, $p < 0,05$; $R^2 = 0,944$). Para el jurel su densidad estuvo relacionada con la temperatura y la salinidad ($F = 1257$, $p < 0,05$; $R^2 = 0,7607$). Mientras que para la anchoveta su densidad acústica fue explicada débilmente por la salinidad y la profundidad ($F = 27,09$, $p < 0,05$; $R^2 = 0,27537$).

Es importante dejar expresado que estos resultados deben ser considerados a nivel exploratorio y es necesario ampliar el análisis a un mayor número de cruceros para aumentar su consistencia, un factor que puede afectarlos se relaciona con el diseño de muestreo empleado, suficiente para realizar una vigilancia estacional de las condiciones oceanográficas, pero insuficiente para efectuar un adecuado seguimiento de los recursos, esto puede ser particularmente relevante en recursos costeros de comportamiento altamente gregario como es el caso de la anchoveta en que puede ser determinante fenómenos oceanográficos más complejos que las variables por si mismas, entre ellos se pueden mencionar las surgencias ó los frentes térmicos y salinos, aspecto que ya ha sido señaado por otros autores como Castillo et al., (1996).



5.3 Distribución vertical estacional de anchoveta y jurel respecto a las variables hidrográficas, período 1996-2003.

5.3.1. Distribución vertical

Las profundidades medias en las que se ha distribuido la anchoveta en el período 1996-2003, exceptuando el período 1997-1999, han variado entre 10,8 y 15,1 m en verano, 13,1-19,9 m en otoño, 13,8-16,5 m en invierno y 11,2-13,3 m en primavera. Los límites mínimos de estos rangos han fluctuado entre 3,5-7 m en el verano, 6-8 m en otoño, 5,5-8 m en invierno y 7-7,5 m en primavera, mientras que el límite superior de estos rangos han variado entre 15,5-34,0 m en verano, 26-31,5 m en otoño, 22-41,5 m en invierno y 20,5-39,0 m en primavera (**Fig 96**).

Por efecto de El Niño 1997-98, la anchoveta se localizó en mayores profundidades, efecto que se empezó a presentar a partir del otoño de 1997 llegando hasta el verano de 1999. Es así como las profundidades medias de la anchoveta fue aumentando desde 22,7 m en el otoño, 31,4 m en el invierno y 50,8 m en la primavera de 1997, alcanzando un máximo de 58,2 m en el verano de 1998 y 52,2 m en el otoño de 1998, en el invierno y primavera de ese año 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.

El jurel en períodos normales tiende a ubicarse en profundidades medias levemente superiores en otoño siendo entre 15,2 y 24,1 m en verano (**Fig. 96**), 21,3 y 58,5 en otoño, 15 y 32,9 m en invierno y 14,2 y 36 m en primavera. 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 otoño e invierno de 1997, con un aumento en las profundidades medias, las que variaron entre 72,7 m y 69,2 m en dichas estaciones a 81,9 m en la primavera de aquel año, llegando a un máximo de 135,7 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.

5.3.2. Temperatura

Las temperaturas promedio de anchoveta, en períodos normales, presentan una leve estacionalidad, siendo menores en invierno, variando entre 14,7 y 15,2° C (**Fig. 97**) con rangos entre 13,0 y 18,2° C, mientras que en verano, otoño y primavera las medias fueron entre 14,7 y 19,2 ° C, con rangos de 12,9 y 25,5° C. El efecto de El Niño 1997-98 fue casi imperceptible en las temperaturas de distribución de la anchoveta, apreciándose un leve aumento en los niveles extremos del rango en el otoño, invierno y primavera de 1997 y verano de 1998 con 13,3-21,4; 14,4-19,9; 16,3-22,2° C y 13,3-23,7° C, respectivamente. Llama la atención las situaciones registradas en los veranos de 2001 y 2002, en que las temperaturas promedio y los rangos aumentaron en el primer caso a 19,2° C (16,4-25,5° C) y disminuyeron notablemente en el segundo a 15,4° C (13,4-20,5° C), respectivamente.



En el caso del jurel, las temperaturas promedio son levemente mayores en el verano, variando entre 15,6° C y 21° C (**Fig. 97**), mientras que en las otras estaciones, exceptuando la primavera de 1997 y el otoño de 1998, las medias fluctúan entre 15,2 y 16,7° C. Las excepciones se producen debido a que en la primavera de 1997 los valores medios fueron mayores que la tendencia, registrando 18° C, disminuyendo a 13° C en el otoño, situación similar a la observada en la misma estación del 2002, en que se presenta una reducción relativa a 14,7° C.

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 25,2° C ; 12,5 a 20,7° C y entre 12,1 y 21° C, respectivamente, en comparación a los inviernos en que son notablemente más estrechos con valores entre 12,1 y 18,3° C. En este caso El Niño 1997-98 se manifestó en los promedios con un aumento en la primavera de 1997 (23,3° C), una disminución en el otoño de 1998 (13° C) y una ampliación del rango en esas dos estaciones.

5.3.3. Salinidad

Las salinidades promedio típicas en que se distribuye la anchoveta presentan leves diferencias estacionales, variando entre 34,5 y 34,7 psu en verano-primavera y 34,6-34,8 en otoño-invierno. Los datos atípicos, se presentaron durante todo 1997 hasta el invierno de 1998, con aumentos en los promedios, los que se ubicaron entre 34,9 en los otoños de 1997 y 1998, llegando a un máximo de 35,2 psu en la primavera de 1997 (**Fig. 98**). 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 períodos excepcionales los rangos estuvieron entre 34,6 y 35,6 psu, siendo mayores en el otoño e invierno de 1998.

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 (**Fig. 98**). 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).

5.4 Índices de cobertura y densidad

Entre 1996-2002, los índices de cobertura (IC) de anchoveta presentan tres períodos: entre los inviernos de 1996 y 1997 que se caracterizó por su relativa estabilidad en sus valores variando entre 11 y 18,1%; un período de crecimiento entre el otoño y primavera de 1998 en que varió desde 24,2 hasta un máximo de 47,3% en el otoño de 1998 y 30,8% en la primavera de ese mismo año y una caída a valores entre 1,8 y 11,5 entre 1999 y 2002 (**Fig. 99**). A partir del invierno del 2002 (MOBIO 0209) se registra una leve tendencia de crecimiento 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 0205, 0209, 0212 y 0302) el índice de cobertura (IC) de anchoveta, varió entre 8.1 % en otoño (MOBIO 0205) y 16,67% en la primavera (MOBIO 0212), apreciándose que el IC de invierno superó a los obtenidos en los tres años anteriores.

Los índices de densidad (ID) de anchoveta también presentan tres períodos, 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/mn². Entre el invierno del 2001 (MOBIO 0109) y el invierno del 2002 (MOBIO 0209) se aprecia un



período de estabilidad en este indicador, fluctuando entre 179,3 t/mn² y 230 t/mn². En el verano del 2003 (MOBIO 0302), se vuelve a registrar un incremento en el ID, alcanzando un valor de 375,1 t/mn² (**Fig. 99**).

Los IC de jurel en el período 1996-2003 presentan dos etapas (**Fig. 99**), 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 caracterizaron por la desaparición de los valores más 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 2,3 % en el otoño (MOBIO 0205) y 12,3% en la primavera del 2002 (MOBIO 0212).

El ID de jurel en el período analizado, 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/m², con un máximo de 110,7 t/m²; 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/mn², la tercera etapa se presentó a partir del invierno del 2000 con ID que fluctuaron entre 80,2 y 195,4 t/mn² y finalmente una cuarta etapa que se presenta a partir del de la primavera del 2001 (MOBIO 0112), que se caracteriza por una tendencia decreciente en los ID, variando entre 124,6 t/mn² en la primavera del 2001 y 50,0 t/mn² en la primavera del 2002 (MOBIO 0212).

Estacionalmente los espectros de las señales de los IC e ID (**Fig. 100**) 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

La serie de temperatura de las tres estaciones fijas se muestra en la **Figura 101**. El análisis siguiente se realiza para el año 2002 a mayo 2003

El calentamiento estacional de verano 2002 en la zona norte de Chile se observó desde diciembre 2001 en adelante con un máximo superficial (relativo) en el mes de febrero para Arica y fines de marzo para Iquique y Mejillones. Las tres estaciones costeras presentaron a fines de marzo un



importante y simultaneo hundimiento de las isotermas, lo que estuvo originado por el paso de una onda Kelvin por la zona de estudio. Esta onda se generó en el Pacífico central en diciembre del 2001, ocasionó el hundimiento de la termoclina ecuatorial en 40 m y llegó a las costa sudamericana en febrero (BAC 137). El paso de la onda por la costa chilena en marzo originó el hundimiento de la isoterma de 15°C a un nivel de 40 m en Arica y 30 m en las otras dos localidades, lo que significa una profundidad de 2 y 3 veces el valor esperado para el mes y que es de sólo 20 y 10 m, respectivamente. En el muestreo correspondiente al mes de abril las isotermas presentaron un ascenso hacia un nivel de 25 m, lo que significa el proceso de normalización de las temperaturas de la capa superficial. Finalmente en el mes de mayo, la isoterma de 15°C alcanzó una profundidad de 10, 15 y 5 m en las estaciones fijas en un sentido norte sur, respectivamente. El hundimiento de la termoclina en este período es el mayor observado desde diciembre de 1998, ocasión en que aún se observaban efectos del calentamiento producido por El Niño 1997-98 en Arica e Iquique, sin embargo la profundización de las isotermas para aquella ocasión no se observa simultanea para las tres estaciones.

En general, las temperaturas observadas en las tres estaciones en el mes de junio, son valores esperados para el período, excepto en la estación de Arica que a nivel superficial presentó cifras 2°C mayores al mismo mes de 2000 y 2001, considerados períodos normales. Lo anterior puede estar asociado a las temperaturas sobre 20°C que se registraron en el área oceánica, observado en cartas satelitales de TSM del período, obtenidas por la NOAA (NOAA, 2002a) y que desde la segunda semana de junio disminuyeron en 1 a 2 °C. En relación a los años 1998 y 1999, períodos post El Niño 1997-1998, se observa claramente que las estaciones fijas tuvieron en promedio 3°C menos en toda la columna de agua.

A nivel subsuperficial, la columna de agua de los primeros 10 m de la estación de Arica (muestreada el día 9 de junio) estuvo también levemente más cálida en comparación al mismo mes del 2000 y 2001, lo que debe estar asociado también a la influencia de condiciones superficiales más cálidas como se indicó anteriormente. No obstante lo anterior, en esta misma estación, el ascenso de las isotermas de 12°C hacia el nivel de 20 m muestra que entre los niveles de 10 y 50 m el agua estuvo más fría que lo encontrado en igual período de los años 2000 y 2001. Por su parte, las estaciones de Iquique y Mejillones presentaron temperaturas similares a las de junio de los años 2000 y 2001 en toda la columna hasta el nivel máximo de muestreo.

En julio se observó en general un descenso de los valores de temperatura en la columna de agua de las estaciones de Arica y Mejillones, en comparación al mes anterior, mientras que en Iquique se produjo un ligero aumento en la temperatura en los primeros 10 m, manteniendo valores similares entre los 10 y 50 m. En particular, Arica mostró en superficie un valor 1,5°C menor al valor superficial de Junio, lo que señala un descenso térmico después que en la primera semana de junio se presentaron valores de temperatura relativamente altos en el sector oceánico, como ya se indicó. La temperatura en la vertical de esta estación descendió a 13,8°C en los 10 primeros metros, manteniendo un valor similar hasta los 50 m de profundidad. En comparación a los años anteriores, en el mismo período se observa que en el 2000 y 2001 se presentaron en los primeros 10 m valores levemente superiores. Sin embargo en comparación al año 1998 y 1999, la temperatura superficial es 2° a 3 °C menor en toda la columna de agua.



La estaci3n fija de Iquique, que tuvo una temperatura cercana a los 15°C en los primeros 10 metros, present3 un valor similar en superficie en comparaci3n al mes anterior, pero 1°C m3s alto en los 5 y 10 m. En este sentido, los meses de julio del 2000 y 2001 muestran un aumento menor a 1°C o incluso un valor similar, en comparaci3n a los meses de junio, en toda la columna de agua. En julio de 1998 y 1999 la temperatura fue mayor en toda la vertical respecto de julio 2003, lo que parece sugerir aun la influencia del evento c3ldido El Ni3o 1997-1998. En particular, la serie de temperatura presentada indicaría que esos per3odos correspondieron a inviernos m3s c3ldidos que en los siguientes 3 a3os, sin presentar por lo tanto efectos de La Ni3a 1998-1999.

La estaci3n fija de Mejillones mostr3 en julio una temperatura superficial del orden de 13°C, manteniendo un valor relativamente parejo en toda la columna de agua. Esto significa alrededor de 1°C menos a lo registrado en el mes de Junio anterior y lo mismo en relaci3n a las temperaturas del mismo mes de los a3os 2000 y 2001.

En agosto, las temperaturas de la columna de agua han disminuido en comparaci3n a la de meses anteriores, y s3lo Arica registr3 valores mayores a 15°C en la capa de los primeros 5 m. La situaci3n anterior ser3a efecto del enfriamiento estacional de invierno, no obstante las temperaturas de los primeros 10 m, en una comparaci3n inter-anual en la misma serie, son menores a los registrados en los a3os 1999 a 2001. En este sentido, el definir la zona costera como m3s fr3a durante el actual mes de agosto es s3lo en forma relativa a los a3os anteriores y no puede asegurarse como propio de un per3odo fr3o, ya que s3lo se cuenta con solamente un muestreo en el mes, y por lo tanto, esto se deber3a a la variabilidad de 3rea costera. No es as3 en el caso del per3odo c3ldido registrado entre mayo 1997 y agosto 1998 en que se mantuvieron altas temperaturas durante todo el per3odo indicado.

En septiembre, la temperatura superficial en la estaci3n de Arica fue de 17°C, valor m3s alto de las tres estaciones fijas para el mes, levemente mayor a lo medido en el mismo mes de los a3os 2000 y 2001 y similar a la de los a3os 1998 y 1999. La situaci3n descrita anteriormente se deber3a a una mayor presencia de agua oce3nica en la costa por disminuci3n de la intensidad de la surgencia costera, situaci3n observada tambi3n en la distribuci3n de la TSM obtenida del crucero oceanogr3fico del mes. En la estaci3n fija de Iquique se registr3 el menor valor de TSM de las tres estaciones, que fue de 15°C. Como se vio en los gradientes de temperatura superficial obtenidos en el crucero, la estaci3n de Iquique present3 una surgencia costera m3s intensa que en Arica. En comparaci3n con los a3os 1998, 2000 y 2001 la distribuci3n de temperatura en la columna de agua en Iquique fue similar a lo registrado en superficie en 1999.

En las tres estaciones fijas se observa a partir del mes de octubre el comienzo del aumento de temperatura estacional correspondiente a primavera, principalmente en los primeros 10 m de profundidad y que se traduce en un descenso de las isoterms. No se aprecian evidencias de anomal3as t3rmicas positivas que indiquen la aparici3n de condiciones c3ldidas en la zona producto del desarrollo de El Ni3o 2002, evento que se est3 manifestando en la regi3n ecuatorial desde el primer semestre. Los valores de temperatura de la estaci3n fija de Arica en este mes son similares a los del mismo mes de los a3os 1998 a 2001. La TSM de esta misma estaci3n se mantuvo sobre los 17°C desde septiembre, y si bien los datos corresponden a un solo muestreo se observa que este valor es habitual para el per3odo de comienzo de primavera. Mejillones present3 valores levemente inferiores a Octubre de 1998, pero similares a los de los a3os 1999 a 2001

Durante Noviembre continua en las tres estaciones fijas el aumento de temperatura estacional correspondiente a primavera sin indicios de condiciones c3ldidas anormales. La temperatura superficial para el mes de diciembre, en comparaci3n con los a3os 2000 y 2001, no present3 diferencias importantes en el



comportamiento de las isotermas en las tres estaciones. En este sentido sólo la temperatura de Arica aparece de menor magnitud de aquella tomada en diciembre del 2000, momento en que la isoterma de 15° llegó hasta el nivel de 25 m. En comparación a los años cálidos 1997 y 1998, se observa una diferencia importante tanto a nivel superficial como subsuperficial, ya que la temperatura en esos períodos fue > 19°C hasta el nivel de 50 m.

En enero, la temperatura de las tres estaciones fijas mostró un rango de valores que en general fue similar a años anteriores. En general, la temperatura en superficie para las tres estaciones fue mayor a 18°C, y en particular en la estación de Arica registró aproximadamente 20°C. Las estaciones de Iquique y Mejillones registraron una mayor temperatura superficial en comparación a los años 2001 y 2002, puesto que en esos períodos sólo se detectaron valores entre 15° y 17°C. En la localidad de Iquique, en los primeros 50 m de la columna de agua se presentó la isoterma de 15°C, observándose 10 m más profunda que en los meses de enero de los años 1999 a 2002. Mejillones, en cambio, se presentó con una condición similar a nivel subsuperficial a los años 1999 a 2001, mientras que en 2002 fue menor en 2°C en superficie.

En el mes de febrero, la TSM de la estación de Arica fue de 23°C, valor que se considera particularmente alto para el área costera, que bajo condiciones de surgencia no supera los 20°C. La estación de Iquique también registró en superficie un valor de temperatura no habitual para el sector costero, de 21,3°C, asimismo la estación de Mejillones que por su parte registró en superficie una temperatura de 20,6°C.

El importante aumento de temperatura en la capa de los primeros 50 m de Arica, como también la notoria profundización de la isóclina de 1 mL/L de oxígeno más abajo de los 50 m de profundidad, indican la importante participación de aguas cálidas de origen subtropical AST, situación que estaría originada por el paso de una onda Kelvin por la zona norte. Sin embargo, los efectos de esta onda se observan medianamente en Iquique y sólo se observa una alta temperatura superficial en Mejillones. Tanto en Iquique como en Mejillones la capa de mayor temperatura está restringida entre los 5 a 10 m de profundidad, produciéndose un importante gradiente vertical que forma una termoclina intensa en los primeros metros.

Se destaca, en este sentido, que las altas temperaturas registradas en la columna de agua de las tres estaciones durante febrero, principalmente en las estaciones de Arica e Iquique, superaron los valores típicos estacionales observados en períodos estivales anteriores (1999 a 2002) considerados como normales en la zona. Los valores obtenidos en febrero a nivel superficial en estas dos estaciones, 23° y 21°C respectivamente, afectaron considerablemente la distribución de temperatura en la vertical, pues la isoterma de 15°C llegó hasta los 50 m en Arica y 25 m en Iquique. La situación térmica descrita anteriormente se produjo por el paso de una onda Kelvin en la zona norte.

Respecto a lo señalado, las imágenes satelitales de TSM de la NOAA disponibles en Internet, correspondientes a las últimas 2 semanas de enero y durante al menos las dos primeras de febrero, indicaron anomalías positivas en el sector oceánico de hasta +2°C y en el sector costero de +3°C (anomalías obtenidas de la temperatura de imágenes satelitales y de las temperaturas promedio mensuales obtenidas por IFOP), con una notable disminución de los gradientes superficiales de temperatura habituales en la franja costera de las primeras 25 mn.

En el mes de marzo, la temperatura de las tres estaciones fijas muestra la columna de agua con valores considerablemente menores a los registrados durante el mes de febrero, por lo tanto, en el mes de marzo las tres estaciones costeras muestran el retorno a valores considerados normales en la costa, es decir, valores menores a 19°C en las primeras 25 mn. En particular, el mes de marzo de 2003 difiere notoriamente del



mismo período mensual del año 2002, debido a que en aquella oportunidad, la zona norte se vio afectada por el paso de otra onda Kelvin que profundizó notoria y simultáneamente las isotermas en las tres estaciones fijas.

Durante abril de 2003, las tres estaciones fijas presentaron una disminución de las temperaturas en toda la columna de agua respecto a los meses de enero y febrero, lo que es condición propia de fines del verano y comienzo del período de otoño. La isoterma de 15°C se ubicó en general dentro de los primeros 15 m, lo que significa un ascenso importante respecto a lo registrado en el mes de febrero último. Respecto al mes de marzo anterior no se observan cambios significativos en las tres estaciones de vigilancia. Las condiciones de temperatura observadas durante el mes de Abril se pueden indicar como normales para la época. La única condición atípica para el mes radica en la falta de gradientes costeros desde Arica a río Loa (observados en imágenes de TSM satelital) y en menor grado en el sector de Mejillones, lo que sugiere un debilitamiento de los vientos en la mitad norte de la zona durante el mes de Abril, en comparación con el verano, lo que pudo disminuir la intensidad de la surgencia en el área indicada.

En particular para Arica, la TSM estuvo dentro del rango habitual de 17° a 19°C, como se ha observado en los mismos meses dentro de la serie de tiempo. Con el único período de Abril que se encuentran notables diferencias es con el correspondiente al año 1998, el que tiene mayor temperatura debido a que se manifestaban en la zona, aunque en declinación, los efectos de El Niño 1997-98.

La estación de Iquique presentó en superficie el valor más bajo de temperatura de las tres estaciones con sólo 16°C. La isoterma de 15°C se ubicó cercana a los 2 m, notablemente más arriba que el mes de abril del 2002, sin embargo aquel mes la zona estaba afectada por el paso de una onda kelvin que a fines de marzo profundizó todas las isotermas en la columna de agua. Respecto a los años 2000 y 2001 se ve un comportamiento similar ya que la isoterma se ubicó en los primeros 10 m en la vertical.

La estación fija de Mejillones, con 18,8 °C es la estación que presentó la mayor temperatura superficial. La isoterma de 15°C, al igual que en la estación de Iquique, se localizó en los primeros 10 m, condición similar a lo presentado en igual período de los años 2000 y 2001. El Abril del año 2002, en cambio, este sector se encontraba bajo los efectos del paso de una onda kelvin, como ya se mencionó anteriormente, por lo tanto en aquel mes la isoterma de 15°C se encontró profundizada hasta los 30 m.

En mayo, la localidad de Arica registró el día de muestreo un valor de TSM de 17°C, valor que es habitual y típico del sector costero afectado por surgencias en la zona. Durante este mes continua el enfriamiento estacional de otoño en la vertical, después del período estival más cálido. Sin embargo, la temperatura en la columna de agua es similar a la del muestreo de abril pasado. La isoterma de 15°C se localizó en los 14 m de profundidad, nivel que es similar a los del mismo mes de los años 1999 a 2002 y que son períodos considerados normales.

La estación fija de Iquique en mayo, muestreada el día 15, presentó una TSM de 17,3°C, valor similar a la temperatura encontrada en Arica, pero mayor en más de 1°C a lo registrado en los muestreos de los meses de marzo y abril. La condición anterior estaría dada probablemente por una menor intensidad de la surgencia en la zona durante el actual mes. La temperatura subsuperficial de la columna de agua muestra valores similares a los registrados durante el mes de abril anterior. La isoterma de 15°C se ubicó a 15 m de profundidad, lo que es más profundo a lo observado en 1999 con 8 m, 2000 y 2001 con 2 m y el 2002 con 5 m. Lo anterior significa una condición levemente más cálida en la columna de agua, situación que puede ser muy local, breve y dada sólo por la variabilidad que se presenta en la zona.



La estación de Mejillones registró el día 21 una TSM de sólo 14,4°C, siendo el menor valor de las tres estaciones. La columna de agua se presentó relativamente homogénea, con baja temperatura y sin termoclina hasta los 50 m. Bajo los 12 m la temperatura fue menor a 14°C y alcanza los 13,3°C en el máximo nivel de muestreo de 50 m. La notoria participación en esta localidad de aguas más frías durante el muestreo de mayo correspondería a una situación de surgencia intensa. Condiciones similares se observaron también en los meses de mayo de 2000 y 2002. En los años 1999 y 2001 la isoterma de 15°C se localizó a 20 y 10 m de profundidad, respectivamente, mostrando la variabilidad térmica de la columna de agua de este sector.

6.1.2 Salinidad

La serie de salinidad de las tres estaciones fijas se muestra en la **Figura 102**. El análisis siguiente se realiza para el año 2002 a mayo 2003.

La salinidad en las tres estaciones fijas se presentó en general durante el verano con valores de 34,8 a 34,9 psu, los que son relativamente altos durante esta estación para el sector costero. Los valores de salinidad en enero y febrero son mayores en la estación de Arica respecto a las otras dos que presentan valores similares. Asimismo, en las tres estaciones se registraron mayores valores de salinidad hacia los niveles más profundos, con un registro superior a 34,9 psu en el nivel de 50 m.

A fines de marzo la salinidad disminuyó notoriamente en las tres estaciones, sin embargo, y contrario a lo esperado, no se aprecia un aumento de la salinidad asociado en forma tan clara al paso de la onda detectada, como ocurre en el caso de la temperatura. En este sentido, la profundización de las isotermas en marzo hacía esperar también un aumento de la salinidad en la capa superficial producto de una mayor presencia de agua subtropical transportada por la onda Kelvin, sin embargo, esto no es evidente en los datos obtenidos y, por el contrario, esta variable muestra un descenso de sus valores, hasta < 34,7 psu, en forma simultánea para las tres estaciones, con una disminución también en sentido norte sur, condición que se mantiene hasta mayo.

La condición de baja salinidad para los meses abril y mayo ocurrió también en el mismo período del año 2001, especialmente en la estación de Mejillones, sin embargo esto no sucede en los años 1999 y 2000, períodos que por el contrario tuvieron salinidades mayores a 34,8 psu en Arica e Iquique. En Junio, la salinidad comenzó a aumentar nuevamente a valores mayores a 34,7 psu en los niveles de 0 a 25 m y a 34,8 psu desde 25 a 50 m.

Se puede indicar que el trimestre mayo-julio presentó entre las estaciones costeras una similitud en el comportamiento general de esta variable a lo largo de la serie, es decir, las estaciones de monitoreo tienen una tendencia a tener valores altos o bajos, relativos a la misma estación, en forma simultánea, principalmente entre Arica e Iquique. Lo anterior no es válido para Mejillones en los años 1998 y 1999. En una observación interanual en una misma serie se ven diferencias en el comportamiento de la variable, es decir el trimestre del 2002 en general no es similar a los mismos trimestres de los años 1998 a 2001, no obstante hacia los meses de Julio se observa una mayor similitud en los valores de salinidad para la misma estación.

En agosto, se observó en la vertical de cada estación una tendencia a la homogeneidad en los valores de salinidad. Así también los valores fueron similares entre las tres estaciones (34,8 a 34,9 psu). Un aumento gradual de la salinidad hacia Agosto se observó en las estaciones fijas después de presentarse en Abril y Mayo un mínima para lo que va del año 2002. Los valores y distribución de salinidad observados en el mes



indicaron para esta variable una situación de normalidad que, al igual que la temperatura, tampoco muestra indicios de una presencia mayor de agua subtropical en la franja costera propia de un evento cálido El Niño.

La salinidad en Arica en los meses de septiembre y octubre indicó una situación similar en ambos meses, la que es también similar a octubre del 2000 y 2001. En Mejillones se observó para octubre 2003 sólo una similitud en los valores de la columna de agua para el mismo mes del año 2000, mientras que en comparación con los períodos 1998, 1999 y 2001 es notoriamente mayor en hasta 0,3 psu. En este sentido se puede indicar que en el área oceánica entre Arica y Antofagasta y hasta las 100 mn de la costa presentó en general, desde 1998 hasta el 2001, anomalías negativas de salinidad superficial en forma sostenida, aunque en su mayoría no son significativas, por lo tanto esta tendencia hacia valores negativos en esta variable pueden ser un efecto de La Niña, no obstante en los valores de TSM no se registró claramente este evento frío.

Los valores presentados en noviembre significaron para la localidad de Arica una condición similar a la encontrada durante el mes de octubre de 2001, con una disminución en el valor superficial de 0,2 psu, mientras que bajo este nivel fue de 0,1 psu mayor. En comparación con el año 2000, la diferencia fue levemente mayor en la columna de agua, 0,1 psu. Iquique mantuvo un similar rango de valores desde septiembre y en comparación con noviembre de años anteriores, hay en la columna una diferencia promedio de 0,1 psu mayor que en el 2001, y aumenta a 0,2 con respecto al año 2000. En Mejillones, con respecto al año 2000, hay una diferencia de 0,1 psu, mientras que en comparación con el período 1999 ésta es notoriamente mayor en hasta 0,4 psu. En cuanto al actual evento cálido en desarrollo en la zona ecuatorial durante noviembre, si bien la salinidad en las tres localidades indicó un aumento de los valores hacia el último bimestre, esto no sería suficiente para señalarlo como un efecto de El Niño en la zona norte de Chile.

En general, la salinidad de las tres estaciones fijas en Diciembre presentó valores superiores a 34,8 psu, lo que es similar a las condiciones del año anterior, excepto en la estación de Mejillones, en que el valor encontrado es levemente mayor al del año 2001. Respecto de los años 1998 a 2000, los valores encontrados en diciembre 2002 son mayores a 0,1 psu y en el caso de Mejillones es de hasta 0,25 psu mayor al de 1999. La situación descrita anteriormente puede deberse a una mayor presencia de agua tipo ecuatorial subsuperficial participando a nivel costero durante el último muestreo. No obstante lo anterior, dada la condición de simultaneidad para las tres estaciones se puede sugerir que esto es una posible consecuencia de la fase fría La Niña durante 1999, pues la baja salinidad en la columna estaría asociada también a la condición de baja salinidad superficial observada en general en aguas oceánicas de la zona norte durante el período 1998 a 2000, principalmente, sin presentar no obstante condiciones de baja temperatura superficial.

De los valores y distribución encontrados en las tres estaciones de vigilancia y durante el trimestre octubre – diciembre, se puede indicar que no se observó alguna condición de aumento de salinidad significativo producto de la presencia anómala de aguas subtropicales, tal como se observó en 1997 en que los valores superaron los 34,9 psu en toda la columna de agua desde marzo a diciembre de aquel año.

En el muestreo del mes de enero para la localidad de Arica, el valor superficial de salinidad fue >34,8 psu, lo que junto con el elevado valor de temperatura y oxígeno, indicarían para ese nivel una participación importante de agua oceánica de origen subtropical. Sin embargo, los menores valores de contenido de oxígeno y alta salinidad relativa a nivel subsuperficial sugieren la presencia de agua de origen ecuatorial subsuperficial. En comparación con los meses de enero de 1998 a 2001, la salinidad superficial y vertical es mayor en aproximadamente 0,1 psu, mientras que con respecto al año 2002 es levemente inferior en la misma cantidad. Tanto Iquique como Mejillones no presentarían en forma importante agua salina de origen subtropical AESS en los primeros 25 m de profundidad, implicando que los procesos de surgencia son de



intensidad moderada o débil en estas dos localidades. Esta última condición se presentó especialmente en la localidad de Mejillones.

La mayor participación relativa de agua de baja salinidad en la columna de agua de las estaciones de Iquique y Mejillones, en comparación con Arica y con años anteriores, no es suficiente como para indicar en general una situación de baja salinidad anormal en la zona costera. En este sentido, la salinidad en la vertical es mayor en 0,1 psu que los años 1998 a 2001, pero similar al año 2002. La participación de agua salina, de baja temperatura y de baja concentración de oxígeno disuelto en las estaciones fijas de Iquique y Mejillones es una situación habitual, lo que está asociado principalmente a procesos de surgencia de agua con características de ecuatorial subsuperficial, sin embargo, la participación de agua de origen subantártico de baja salinidad en los afloramientos a sido observado también en otras ocasiones y, por lo tanto, no indica una situación anormal.

En el mes de febrero, los valores de salinidad registrados en la superficie de Arica, junto a los valores altos de temperatura y oxígeno disuelto, sugieren una participación importante de agua de origen subtropical en los primeros metros de la columna de agua. Tal como se indicó anteriormente para la temperatura, la condición cálida de la costa de Arica en este mes, junto a los valores de salinidad y oxígeno encontrados en esta estación fija son indicativas del paso de una onda Kelvin por el sector.

En el mes de marzo, los valores de salinidad en Iquique y Mejillones, junto a las bajas TSM asociadas, evidencian el desarrollo de procesos de surgencia de intensidad variable en las tres localidades de estudio. Los valores medidos en estas dos estaciones indicarían la participación de agua salina y baja temperatura en Iquique y de agua con baja salinidad de origen subantártico en la estación de Mejillones. La temperatura y salinidad relativamente alta medida en Arica en el muestreo del mes sugiere una intensidad de surgencia débil. Los valores de salinidad para las tres estaciones está dentro del amplio rango habitual para la zona, que es de 34,6 a 34,9 psu aproximadamente.

En el mes de abril, la estación de Arica presentó un valor de salinidad superficial de 34,7 psu, que junto a alta temperatura relativa (18,4°C) y alto oxígeno disuelto (> 5 mL/L), sugieren una intensidad débil de la surgencia, condición que es concordante con la falta de gradientes térmicos superficiales en el sector costero de Arica durante la primera semana de Abril, como fue observado en imágenes de TS satelital. La participación de agua de origen ecuatorial subsuperficial bajo los 10 m de profundidad es notoria dados los valores de salinidad que llegan a 34,8 psu, mientras que el oxígeno disuelto cae rápidamente a valores inferiores a 1 mL/L.

La estación fija de Iquique registró un valor de salinidad de 34,84 psu, lo que indica junto al valor de temperatura de 15,9°C la participación de agua tipo ecuatorial subsuperficial, pues el valor de oxígeno disuelto a los 5 m ya está en un valor de sólo 1,7 mL/L. Los valores de salinidad se mantienen por sobre 34,83 psu en la columna de agua hasta los 50 m. En las imágenes de TSM superficial para la primera semana de Abril, fecha de muestreo en Iquique, se observó también ausencia de aguas frías en la franja costera de aquella localidad, lo que indica al igual que para Arica, una disminución de la intensidad de la surgencia. La estación de vigilancia mensual de Mejillones presentó una condición similar a la de Arica, con valores de salinidad relativamente bajos en superficie, menores a 34,8 psu, al menos en la capa de los primeros 10 m, y valores de oxígeno disuelto por sobre los 3 mL/L.



En mayo, la estación fija de Arica, muestreada el día 16, tuvo una salinidad superficial de 34,8 psu. El valor de esta variable disminuyó a 34,74 psu a los 10 m y luego aumentó a 34,8 psu a 25 m. Los valores de salinidad obtenidos en la vertical sugieren un importante grado de participación de Agua Subtropical (AST), lo que justifica los valores relativamente altos ($> 34,7$ psu). Debido al valor relativamente alto de concentración de oxígeno disuelto en la capa superficial de los primeros 10 m, se considera probable también una participación de agua tipo subantártica en la mezcla costera. La mayor salinidad relativa, 34,8 psu, en el nivel de 25 m se asocia con una participación de agua de origen ecuatorial subsuperficial. Los valores de salinidad encontrados el día de muestreo indican el desarrollo de una surgencia de intensidad moderada en esta área costera. Respecto a Abril pasado los valores de salinidad en la columna de agua son similares, y así también con las condiciones encontradas en mayo de los años 1999 a 2002.

En Iquique, la estación fija tuvo una salinidad en superficie de 34,8 psu mostrando, por lo tanto, una situación similar a la de Arica en relación a la disminución subsuperficial de la salinidad hasta los 15 m y luego el aumento hasta los 50 m. Si bien se presentó una condición similar a la de Arica, agua de origen AESS se ubicó más profunda ya que el mínimo de oxígeno (1 mL/L) comienza desde los 34 m.

Mejillones, registró desde la superficie hasta los 25 m en la columna de agua los valores de salinidad más bajos de las tres estaciones. En superficie se observó una salinidad de sólo 34,68 psu, manteniendo un valor similar hasta los 10 m para luego aumentar hasta 34,84 psu a 50 m. La condición indicada para la capa superficial estaría asociada a la presencia de agua de origen subantártico, lo que explica la baja salinidad medida. El límite superior del mínimo de oxígeno se ubicó a 10 m de la superficie, indicando con ello la participación de AESS en la columna de agua desde los 10 a 50 m.

6.1.3 Distribución del oxígeno disuelto

En Arica (**Fig. 103a**), durante el período de estudio mayo 2002 a mayo 2003, la capa óxica (> 5 mL/L) fue característica de los primeros metros de la columna de agua. Entre mayo y junio esta capa presentó altos valores (> 6 mL/L), mientras que prácticamente desapareció entre julio y agosto, permitiendo que el gradiente óxico típico (5 a 1 mL/L) se desarrollara entre la superficie y los 10 m aproximadamente. La capa óxica reaparece en septiembre y se mantiene con un espesor variable hasta abril, en este período se observaron altas concentraciones superficiales (> 8 mL/L), principalmente en el trimestre febrero-abril cuando los altos valores de OD coincidieron con altas concentraciones de clorofila. Los mayores espesores de la capa óxica alcanzaron los 10 m en septiembre y febrero, lo que está dentro de los niveles observados en períodos previos. En mayo de 2003, la capa óxica desaparece midiéndose una concentración máxima de 4,3 mL/L en superficie, en esta oportunidad los valores subóxicos ocuparon la capa superficial hasta los 10 m, desde donde se detectó el límite superior de la capa de mínimo OD.

En este período el límite superior de la capa de mínimo OD se observó generalmente entre los 10 y 25 m. Las excepciones fueron en agosto y febrero, cuando no fue detectado en la columna muestreada. Estas profundizaciones coincidieron con un aumento de los niveles de OD en la capa óxica.

En Iquique (**Fig. 103b**) durante el período de estudio mayo 2002 a mayo 2003, a diferencia de Arica, la tónica fue la presencia de aguas subóxicas en superficie, producto de una mayor frecuencia en los eventos de surgencia. En mayo de 2002, la capa óxica contiene altos valores superficiales (> 7 mL/L) y su espesor superó los 10 m de profundidad, sin embargo desaparece entre junio y diciembre. Por otra parte a pesar de esta ausencia la isolínea de 1 mL/L se mantiene a profundidades mayores de 15 m, siendo valores subóxicos entre 2 y 4 mL/L los que ocupan los primeros 10 m de la columna. Entre enero y febrero vuelve a



desarrollarse la capa óxica con altas concentraciones (> 7 mL/L) principalmente en superficie. En marzo los valores caen bruscamente hasta 3,3 mL/L en superficie, ocasión en que la capa de mínimo OD se detectó a partir de los 10 m, siendo ésta la menor profundidad registrada en el período muestreado. Entre abril y mayo de 2003 la capa óxica aumentó tanto en concentración como en su espesor, presentando una profundidad de 5 m en esta última fecha, en tanto que la isolínea de 1 mL/L se profundizó hasta los 38 m. En este sentido, la capa de mínimo OD se mantuvo sobre los 50 m durante gran parte período de muestreo, con una profundización de carácter estacional en los meses de mayo y junio de 2002, lo que vuelve a presentarse en mayo de 2003 aunque no en forma tan marcada.

En Mejillones (**Fig.103c**), durante el período de estudio mayo 2002 a mayo 2003 se da una situación intermedia, a las dos estaciones anteriores. La capa óxica, cuando estuvo presente, escasamente superó los 5 m de profundidad, sin embargo las concentraciones detectadas fueron muy altas. Entre mayo y septiembre la capa óxica desaparece, siendo los valores < 5 mL/L los que ocupan gran parte de la columna muestreada, ya que en este período se observó un importante hundimiento de la isolínea de 1 mL/L hasta cerca de los 50 m, esta situación fue observada en similar período del año 2000. En octubre de 2002 los valores de OD en la capa óxica superaron los 8 mL/L y corresponde a los más altos del período. Desde noviembre a abril de 2003, la capa óxica se mantuvo con un espesor variable, en tanto que la capa de mínimo OD que desde octubre se mantuvo entre los 15 y 23 m vuelve a profundizarse en enero de 2003, ésta vez por debajo de los 50 m. Cabe destacar que los hundimientos bajo los 50 m de la capa de mínimo OD, se han observado a lo largo de toda la serie aunque sin una periodicidad clara. En mayo de 2003 las concentraciones subóxicas llegaron hasta la superficie con un mínimo de 2,1 mL/L, producto de la intensa surgencia imperante en el sector, lo que permitió además que la capa de mínimo OD se detectara a partir de los 8 m de profundidad.

6.2 Distribución de la biomasa fitoplanctónica

En Arica (**Fig. 104a**), durante todo el período de estudio mayo 2002 a mayo 2003, la cloa mantuvo una capa productiva (> 1 $\mu\text{g/L}$) que en general superó los 10 m de profundidad. Entre el otoño y la primavera de 2002 las concentraciones se mantuvieron entre 1 y 3 $\mu\text{g/L}$, luego en el trimestre de verano, se aprecia el bloom estacional con dos núcleos de altas concentraciones, el primero en enero cuando la cloa superó los 6 $\mu\text{g/L}$ a 5 m de profundidad, en tanto que el segundo de mayor envergadura se observó en marzo 2003, con una capa eutrófica que abarcó 25 m, y cuya concentración máxima superó los 16 $\mu\text{g/L}$, posteriormente entre abril y mayo las concentraciones se mantienen dentro del rango eutrófico, pero con valores mucho menores a los observados anteriormente. Los valores oligotróficos en general, se detectaron bajo los 10 m de profundidad.

En la estación de Iquique (**Fig. 104b**), entre mayo de 2002 y enero de 2003 la capa eutrófica generalmente superó los 10 m, destacando los muestreos de junio y septiembre cuando superó los 35 m de profundidad. En este período se observó la presencia de tres núcleos de alta concentración (> 3 $\mu\text{g/L}$) en mayo, septiembre y enero, siendo éste último el más importante con un valor máximo de 6,5 $\mu\text{g/L}$. En febrero las concentraciones descienden notablemente a mesotrófica, con un máximo de 0,8 $\mu\text{g/L}$ a 5 m. En marzo, reaparece la capa eutrófica, sin embargo las concentraciones son < 2 $\mu\text{g/L}$ y a penas superaron los 5 m, en abril la situación es similar a la de marzo. En mayo las concentraciones de cloa vuelven a descender a mesotróficas desde la superficie hasta los 20 m desde donde descienden a oligo y ultraoligotróficas. Los valores oligotróficos aumentaron su presencia sólo en los cuatro últimos meses detectándose en general sobre los 20 m de profundidad.



La estaci3n de Mejillones (**Fig.104c**), present3 en el mes de mayo de 2002 una capa con altas concentraciones ($> 3 \mu\text{g/L}$) entre superficie y los 5 m, lo que signific3 la finalizaci3n del per3odo productivo mantenido desde junio de 2001. Posteriormente la presencia de masas de agua meso y oligotr3ficas entre junio y julio, corresponder3a a un patr3n estacional de pobreza pigmentaria. En Agosto se observ3 un leve repunte en los valores de cloa con una capa eutr3fica de 8 m ($> 1 \mu\text{g/L}$), situaci3n que se mantiene en septiembre al presentarse a 25 m un n3cleo con un m3ximo de $1,6 \mu\text{g/L}$. Desde octubre de 2002 hasta abril de 2003, la cloa se mantiene en concentraciones eutr3ficas importantes. Un persistente n3cleo subsuperficial centrado a 10 m, el que mantuvo concentraciones superiores a $7 \mu\text{g/L}$ se observ3 entre octubre y diciembre, en tanto que un segundo n3cleo con menor persistencia se detect3 en marzo de 2003 (verano) y que super3 los $9 \mu\text{g/L}$. En abril, el n3cleo pigmentario disminuy3 a la mitad la concentraci3n medida el mes anterior, mientras que para mayo de 2003 desapareci3 completamente, siendo los niveles mesotr3ficos los que ocuparon la columna en los primeros 10 m. Esta estaci3n fue la 3nica donde los valores oligotr3ficos llegaron hasta la superficie.

6.3 Huevos y larvas de peces en estaciones costeras de monitoreo para el per3odo abril 2002 - julio 2003

6.3.1 Anchoveta

Durante el per3odo comprendido entre abril 2002 – julio 2003, los huevos de anchoveta mostraron una mayor constancia temporal en la estaci3n fija de Mejillones (**Fig. 105**), localidad en la que nunca se ausentaron, mientras que en Iquique su presencia se detect3 en un n3mero reducido de registros mensuales, en tanto, en Arica s3lo desaparecieron durante julio 2002 y fue en esta 3ltima estaci3n donde exhibieron sus mayores niveles de abundancia, denotando concentraciones extremas comprendidas entre 45 – 73.041 huevos/10 m³, con un promedio mensual de 11.438 (**Tabla 30**).

Esta fase ha exhibido en Arica, a partir del mes de abril 2002 a la fecha un constante incremento en sus concentraciones, manifest3ndose alzas mayoritariamente entre los meses de diciembre de 2002 a julio 2003, meses en los cuales se presentaron las abundancias m3s altas de toda la serie analizada y particularmente durante marzo y abril del presente a3o, revelando densidades correspondientes a 73.041 y 28.296 huevos/10 m² respectivamente.

En Iquique la presencia de huevos fue bastante infrecuente, ausent3ndose en su mayor3a durante los meses que corresponden a los per3odos oto3ales (**Fig. 105**), no obstante, cuando estos reaparecieron dentro de estos per3odos fr3os, lo hicieron con la menor representatividad num3rica. Por otro lado, las m3ximas congregaciones fueron solo dos y correspondieron a los meses de septiembre 2002 y enero 2003, con abundancias respectivas de 168.291 y 9.932 huevos/10 m², en tanto, las densidades m3s bajas estuvieron entre 22 – 773 ejemplares (**Tabla 30**).

En la localidad de Mejillones los huevos exhiben el mismo patr3n de distribuci3n que en Arica, en el sentido de mostrar una tendencia a incrementar sus concentraciones con el tiempo, aportando con sus m3ximos niveles durante los meses de invierno, agosto- septiembre de 2002 con densidades de 32.234 y 27.676 respectivamente y en los meses de marzo y julio de 2003, donde se congregaron 15.948 y 24.070 huevos/10 m². El promedio que estos demostraron en cada per3odo mensual fue de 7.582 (**Tabla 30**).

Las larvas por su parte expusieron sus mayores frecuencias mensuales mayoritariamente en la estaci3n fija de Arica, pero la abundancia total alcanzada en esta estaci3n fue la m3s baja de las tres localidades, por lo



que fue en Mejillones donde estas en forma general demostraron sus más altas densidades, las larvas a diferencia de los huevos, sí mostraron ausencias durante algunos meses en Mejillones (**Fig. 105**). Además los valores exhibidos por ellas fueron mucho menores a la de los huevos, asimismo, como en el caso de estos, no denotan una clara tendencia a incrementar sus niveles de abundancia con el tiempo, sin embargo, los mayores registros fueron observados durante los meses de septiembre 2002 y julio 2003 con valores de 10.940 y 6.998 larvas/10 m².

En Arica esta fase se presentó con mayor frecuencia, pero menor a la de los huevos y con abundancias también inferiores a ellos. Su ausencia se observó durante los primeros meses de la serie analizada, esto es, entre abril a agosto 2002, exceptuando junio donde estas expusieron la segunda densidad más baja de esta serie. Sus mayores concentraciones fueron detectadas consecutivamente durante los meses de marzo, abril y mayo 2003, con valores de 6.284, 1.992 y 1.244 larvas/10 m² respectivamente, produciéndose durante el transcurso de este tiempo graduales reducciones hasta llegar al mínimo detectado en julio del presente año.

En Iquique se revelaron las mayores ausencias, similar situación a la de los huevos, pero a diferencia de ellos, sus concentraciones fueron notoriamente más bajas, su ausencia fue detectada principalmente durante los meses de otoño. Los picos más importantes se registraron en los meses de febrero y julio 2003, con valores de 7.939 y 2.845, mientras que los demás registros mensuales se mantuvieron dentro del rango comprendido entre 39 – 373.

6.3.2 Sardina

El ictioplancton de sardina ha estado prácticamente ausente durante todo el período comprendido entre la serie anual, abril 2002 y julio 2003, exceptuando la aparición de solo dos registros positivos en Arica e Iquique, contabilizándose 137 larvas en marzo 2003 y 36 huevos en diciembre 2002 en cada localidad respectiva.

Ambas fases han sido identificadas en forma muy escasa desde el año 2001 a la fecha. Contemplándose las mayores frecuencias de ocurrencia entre los años 1998 y 1999 en Arica y 1997 en Iquique, mientras que en Mejillones se han observado para ambos estadios, registros mensuales aislados.

6.3.3 Jurel

Esta especie no fue detectada durante los período mensuales analizados entre abril 2002 – julio 2003, observándose temporalmente los últimos registros positivos para huevos durante diciembre del año 2000 en Mejillones, mientras que en Arica fueron detectados durante algunos meses de los años 1998 y 1999 y en Iquique existe solo un registro en diciembre de 1997.

6.3.4 Caballa

En esta especie tampoco se encontraron registros positivos de ninguna fase de desarrollo, señalándose que los últimos valores detectados en caballa fueron en Arica para ambas fases durante el mes de marzo de 1999, en Iquique lo fueron las larvas en diciembre de 1998 y en Mejillones nuevamente ambos estadios en febrero de 1998.



E. Objetivo adicional N° 3.1

Determinar la distribución espacial y abundancia del zooplancton en el área de estudio, en forma estacional y mensual.

7. Composición y abundancia estacional del zooplancton

La exploración de la zona norte entre Arica y Antofagasta, durante los períodos estacionales de otoño, invierno, primavera de 2002 y verano de 2003, comprendió una diversidad de grupos zooplanctónicos entre 18 y 19, detectándose abundancias globales fluctuantes entre 16.623.707 – 46.211.146 individuos (**Tabla 31**). Las densidades observadas en cada uno de estos períodos fue incrementándose paulatinamente desde la estación de otoño de 2002, hasta llegar a un máximo en verano de 2003.

7.1 Otoño 2002

Durante el período otoñal 2002, se observó el menor número de grupos zooplanctónicos y la menor abundancia numérica (16.623.707 individuos), aportando con los porcentajes más importantes de la densidad total del área los copépodos (80,3 %), quetognatos (6.68 %), apendicularias (3.6 %), eufáusidos (1.85 %), poliquetos (1.39 %) y sifonóforos (1.2 %), los restantes grupos se presentaron con porcentajes de frecuencia y dominancia numérica inferiores a 91 % y 1,12 %, respectivamente (**Tabla 31**).

Al analizar la zona costera y oceánica en forma separada, se pudo constatar que la mayor diversidad de grupos zooplanctónicos fueron encontrados en la zona oceánica, detectándose allí la totalidad de los taxos identificados en otoño (18), mientras que en la zona costera, se contabilizó un total de 15, ausentándose las salpas, ctenóforos y estomatópodos. Los grupos que exhibieron las abundancias promedio más altas en la zona costera fueron entre los más importantes, los copépodos, eufáusidos, poliquetos y cladóceros, mientras que en la zona oceánica destacaron principalmente los quetognatos y apendicularias. En la (**Tabla 32**) se muestra la zona en que cada grupo exhibió sus mayores abundancias.

Copépodos

Este grupo ocupó el 100 % de las estaciones, con la dominancia numérica más alta, correspondiéndole un total de 13.345.148 copépodos y un promedio por estación de 283.939 individuos/1.000 m³ (**Tabla 31**). Especialmente las estaciones que concentraron el mayor número de copépodos (> 597.273), se localizaron en la zona de más al norte, entre Punta Lobos y Arica (**Fig. 106a**), siendo el más importante por la densidad albergada, el foco situado a 1 mn frente a Punta Lobos (908.259 copépodos/1.000 m³), también destaca la mayor frecuencia de estaciones con densidades comprendidas entre 597.273 – 653.358 copépodos/1.000 m³ a 40 mn frente a Punta Junín y en las estaciones más oceánicas al oeste de Arica.

Esto último se avala además con los valores promedio de la densidad por transecta con respecto a la latitud, apreciándose los picos más altos en la zona norte, con una tendencia a disminuir gradualmente hacia el extremo sur (**Fig. 107a**).

La distribución longitudinal denota en este grupo una tendencia a decrecer hacia aguas más oceánicas, alcanzando sus mayores concentraciones en la primera milla de la costa, a partir de la cual comienza a producirse una reducción de sus niveles de concentración hacia las 5 mn (**Fig. 107a**).



Quetognatos

El 96 % de las estaciones fueron ocupadas por este grupo, quien dominó en forma global en la zona con un 6,7 %, lo que se traduce en una densidad de 1.111.177 quetognatos, con un promedio por estación de 24.693 quetognatos/1.000 m³ (**Tabla 31**).

Geográficamente los quetognatos exhibieron una distribución de concentraciones bastante homogéneas en prácticamente toda la zona explorada, congregándose principalmente dentro de dos categorías de densidad, donde el 38 % estuvo concentrada entre 14.513 – 25.432 y el 40% entre 28.108 – 55.911, detectándose esta última categoría mayoritariamente desde Punta Lobos hacia el norte, situándose a 70 mn de Arica el foco con la máxima densidad (66.140 individuos/1.0000 m³). Las estaciones con las concentraciones más bajas de toda la zona fueron observadas a 1 mn de la inter transecta entre Punta Lobos y Punta Copaca (**Fig. 108a**).

Este grupo mostró un incremento en sus niveles de concentración promedio de sur a norte, observándose los picos máximos entre las latitudes 19°40 – 18°25 (Punta Junín y Arica) (**Fig. 109a**). En sentido longitudinal a la costa, las abundancias de este ítem tienden a incrementarse desde la primera milla hasta alcanzar sus niveles máximos entre las 70 y 100 mn (**Fig. 109a**).

Apendicularias

Es el tercer grupo de mayor relevancia en la zona, con una frecuencia de ocurrencia del 100 % y una dominancia que alcanzó al 3,6%, lo que corresponde a un total de 601.392 apendicularias, con un promedio por estación de 12.796 (**Tabla 31**).

Los rangos de densidad expuestos por este grupo, se presentaron más heterogéneos en la zona, fluctuando entre 302 – 106.695. Las mayores agregaciones se manifestaron entre las 20 y 100 mn de las latitudes 19°2.5 (Punta Madrid) y 18°25 (Arica) (**Fig. 110a**). A partir de Punta Lobos al sur los rangos de densidad que estuvieron presentes fueron los más bajos, destacándose valores mínimos en las estaciones más costeras de las transectas e intertransecta entre Punta Lobos y Punta Copaca.

Durante el período otoñal este grupo también adoptó la tendencia de incrementar sus niveles de abundancia latitudinalmente de sur a norte, constatándose el pico más sobresaliente a la altura de Punta Madrid (19°2.5'S) y en Arica, y en sentido longitudinal tienden a incrementarse hacia la zona oceánica, con máximos entre 20 y 40 mn (**Figs. 111 a**).

Eufáusidos

Los eufáusidos se concertaron en un total de 308.074 individuos, con un promedio por estación de 7.002, alcanzando un porcentaje de dominancia de 1,9% y una frecuencia en el área de 94% (**Tabla 31**).

Espacialmente sus concentraciones más altas fueron observadas desde Punta Lobos hasta Arica, zona dentro de la cual se alberga el 62 % de la densidad total para este grupo, sin embargo, a 10 mn frente a Punta Copaca se divisó el foco de máxima concentración, albergándose en él un total de 89.674 eufáusidos/1.000 m³. Hacia el sur de Punta Lobos hasta Antofagasta comenzó a observarse una disminución en los niveles de concentración de estos individuos (**Fig. 112a**), encontrándose dentro de este sector las estaciones menos representativas numéricamente. Esto se puede observar claramente en la **Figura 113a**, donde se muestran los picos más importantes de la densidad promedio por transecta, particularmente en la latitud 22°20 y a partir del 21°00'S hacia el norte.



Longitudinalmente los eufáusidos tienden a decrecer desde la costa hacia la zona oceánica, aunque exhiben sus niveles máximos entre las 10 y 20 mn (**Fig. 113a**).

7.2 Invierno 2002

Durante este período del año 2002, las concentraciones zooplanctónicas encontradas mostraron un alza de un 66 % en los niveles de abundancia respecto a otoño del mismo año, sin embargo, se ubicó como el segundo período más bajo de los cuatro analizados, así la densidad total acumulada fue de 27.627.490, siendo aportada por un total de 18 grupos zooplanctónicos, entre los que se destacan por sus mayores contribuciones a la abundancia general son en orden jerárquico los copépodos, apendicularias, sifonóforos, quetognatos y eufáusidos (**Tabla 31**).

La zona costera y oceánica concentraron igual número de taxas, ausentándose los estomatópodos y salpas en la costa y los cladóceros y foraminíferos en la zona oceánica, sin embargo, en la zona nerítica fue donde los grupos se concentraron mayormente, congregándose aquí el 64% de la abundancia total y encontrándose un número mayor de taxas cuyos porcentajes de dominancia numérica fueron superiores a las registradas por ellos mismos en la zona oceánica, mencionando principalmente a los copépodos, apendicularias, larvas decápodos, poliquetos, cladóceros, etc., en tanto en la segunda zona dominaron los quetognatos sifonóforos, eufáusidos, medusas, pterópodos y doliólidos (**Tabla 32**).

Copépodos

Este grupo domina el área con el 89 % de la densidad total, su presencia se verificó en el 100 % de las estaciones. El rango en el cual fluctuaron estuvo comprendido entre 104.041 – 2.216.972, con un promedio por estación de 570.833. Ellos mostraron con respecto al período otoñal un incremento de un 84%.

Espacialmente adoptan una distribución donde priman los focos con las mayores agregaciones hacia la zona norte, entre Punta Gruesa (20°22.5) y Arica, encontrándose en esta área la mayor frecuencia de focos, cuya predominancia numérica alcanza a cubrir el 64,5% de toda la zona prospectada.

Así mismo, en la transecta frente a Arica se detectaron las estaciones con el número más alto de copépodos, encontrándose otros aislados entre la línea de costa del área entre Punta Copaca y Antofagasta (**Fig. 106b**).

La abundancia promedio por transecta señala también una distribución tendiente a incrementarse desde la zona sur hacia el extremo norte (**Fig. 107b**). En otro sentido, longitudinalmente se aprecian máximos en las 5 primeras millas de la costa y 60 mn, sin embargo, la tendencia que adopta este grupo es menguar hacia aguas más oceánicas (**Fig. 107b**).

Quetognatos

Los quetognatos entregaron un aporte general a la abundancia zooplanctónica de 398.252, con un promedio de 10.764 individuos/1.000 m³ y una fluctuación comprendida entre 694 – 41.470 (**Tabla 31**). Estos colonizaron el 86 % de la zona, y un mayor porcentaje de esta estuvo dominada por focos que concentraron las densidades más bajas, esto se vió reflejado principalmente entre la zona de Punta Copaca y Arica, localizados preferentemente en la zona más costera y haciéndose más constantes hacia la zona norte, mientras que en la zona sur dominaron las estaciones cuyas concentraciones estuvieron por sobre los 11.370 quetognatos, detectándose principalmente entre Punta Copaca y Antofagasta, sobresaliendo las localizadas a 20, 70 y 100 mn frente a Antofagasta y 70 mn de Punta Copaca (**Fig. 108b**).



En términos generales el mayor porcentaje de las estaciones con las máximas abundancias, se observaron longitudinalmente entre las 70 y 100 mn. Este grupo a diferencia de la mayoría, tiende a incrementar sus niveles de abundancia a medida que se incrementa la latitud, es así que exhibe una densidad promedio máxima entre las latitudes 24° 20' y 23° 40' (Punta Tres Picos y Antofagasta) (**Fig. 109b**). Longitudinalmente también a diferencia de los restantes grupos, denotan un crecimiento en sus niveles de abundancia desde la zona costera hacia la oceánica (**Fig. 109b**).

Apendicularias

Es el segundo grupo de mayor dominancia en el área, 2.64 %, porcentaje que representa un total de 729.383 apendicularias, las que frecuentaron en forma total el área, con un promedio por estación de 16.962.

Especialmente existe una distribución más bien heterogénea en los rangos de concentración de este grupo, destacándose los tres focos más importantes y que acaparan el 40% de las apendicularias totales, a 1 mn entre Antofagasta y Punta Chacaya (23°00').

La transecta menos representativa en términos de abundancia correspondió a Punta Lobos, presentándose en toda su extensión los focos de menor densidad (**Fig. 110b**).

La distribución de la densidad promedio con respecto a la latitud, muestra claramente lo señalado anteriormente, donde las alzas más importantes se situaron en el extremo sur de la zona de estudio (**Fig. 111b**) y que estuvo dado por la presencia de una gran concentración de apendicularias en una estación en particular de ese sector.

Respecto de la distancia a la costa, las mayores congregaciones de estos zooplancteres se registraron en la primera milla, con abundancias secundariamente importantes en las 40 y 70 mn, pero en términos generales los valores promedios decrecen hacia la zona oceánica (**Fig. 111b**).

Eufáusidos

Los eufáusidos por su parte entregaron un aporte de 343.346 ejemplares, con un promedio para la estación de 7.985, con rangos límites entre 624 – 31.496 /1.000 m³ (**Tabla 31**) y su presencia se reveló en el 100% de las estaciones.

Geográficamente, este grupo se presentó con una distribución de rangos relativamente homogénea, ya que dominan en gran parte del área las estaciones con densidades entre los 1.387 – 11.373, focos con concentraciones mayores estuvieron aislados unos de otros a través de toda la extensión latitudinal, destacando entre ellos a aquellos situados a 20 mn de Arica y 70 mn de Punta Junín y Punta Copaca (**Fig. 112b**).

Este grupo al igual que los quetognatos y apendicularias, son de los pocos taxos que han demostrado incrementos de abundancia a medida que aumenta la latitud y además denota importantes conglomeraciones tanto en la zona costera como oceánica (**Figs. 113b**).

7.3 Primavera 2002

El plancton de la zona norte correspondiente al período estacional de primavera, demostró un notorio incremento con respecto a lo exhibido durante el invierno, denotando una tasa de cambio positiva de 45 %, contribuyendo con los mayores porcentajes de dominancia los copépodos, doliólidos,



apendicularias, poliquetos y quetognatos. Los eufáusidos, que en los dos períodos anteriores se habían presentado dentro de los primeros grupos de mayor dominancia, esta vez se ubican en el décimo lugar. La densidad global aportada por la totalidad de los grupos presentes fue de 40.074.817 zooplancteres.

La comparación entre la zona costera y oceánica, permitió observar que en ambas se presentó la misma diversidad de grupos, 19 en cada una, pero sin embargo, los aportes cuantitativos otorgados por estos fueron mayores en la zona costera, alcanzando a un 70%. Así se mencionan entre otros como los más dominantes de la zona costera a los copépodos, poliquetos, cladóceros, larvas de cifonautas, pterópodos, larvas de decápodos, salpas, etc., mientras que en la zona oceánica predominaron en número los doliólidos, apendicularias, quetognatos, sifonóforos, eufáusidos y medusas (Tabla 32).

Copépodos

Este grupo denota un importante incremento respecto al invierno precedente, de un 37%. Durante la primavera estos concentraron un total de 33.696.940 ejemplares, lo que representa el 84,09 % de la densidad zooplanctónica total, colonizando el 100 % de las estaciones, con un valor promedio de 673.939 copépodos/1.000 m³ (Tabla 31).

Especialmente revelan un cambio en la distribución de las concentraciones más altas exhibidas durante el invierno, detectándose en forma consecutiva focos costeros de densidades comprendidas entre 628.035 – 4.048.697 copépodos/1.000 m³, localizados entre Punta Lobos y Antofagasta. Encontrándose a lo largo de esta franja costera los focos más abundantes y que en conjunto aportaron con el 41% de la densidad de toda la zona. También fueron observados dos focos de altas concentraciones a 100 mn de Punta Madrid (19°2,5) y Punta Junín (19°40). Contrariamente las densidades más bajas fueron detectadas principalmente entre Punta Junín y Antofagasta, pero en las estaciones más oceánicas (Fig. 106c).

La tendencia que habían estado exhibiendo los copépodos con respecto a la latitud durante los dos períodos más fríos del año, comienza a invertirse durante la primavera, denotando una tendencia, aunque muy leve a decrecer sus niveles de abundancia hacia los sectores de mayor latitud (Fig. 107c), destacando dos transectas con los valores más altos, al oeste de Punta Chipana (21°20'S) y Arica (18°25). No obstante, permanece el mismo patrón mostrado por los dos períodos anteriores respecto a la distribución longitudinal, con densidades máximas entre las primeras 10 mn, decreciendo posteriormente de forma drástica hacia la zona oceánica (Fig. 107c).

Quetognatos

Este grupo exhibe un aumento bastante notorio respecto del invierno y que alcanza a una tasa de cambio de 68 %. Ellos reúnen una densidad total de 669.906 quetognatos, lo que corresponde a un 1,67% de la abundancia total y colonizaron el 88 % de las estaciones prospectadas (Tabla 31).

Especialmente este grupo muestra agregaciones bastante homogéneas, principalmente en las estaciones más oceánicas, dominando ampliamente en la mayoría de ellas los rangos de categorías más altos, mientras que asociados a la costa se observaron los focos de menores densidades. Las mayores agregaciones se hicieron más frecuentes hacia la zona sur del área de estudio, constatándose esto principalmente entre Punta Copaca y Antofagasta, incluyendo además una estación a 100 mn frente a Punta Junín, donde se albergó la densidad máxima (Fig. 108c).



Al analizar la densidad promedio por transecta se observ3 una propensi3n decreciente en sentido norte – sur, contempl3ndose los promedio mayores entre Punta Pinto (18°42'S) a Punta Barrancos (20°35.5'S).

Siguiendo la misma tendencia que los dos per3odos anteriores, este grupo se mantiene mayoritariamente entre la zona oce3nica, con picos m3ximos a partir de las 20 mn (Fig. 109c).

Apendicularias

Este grupo demuestra a diferencia del per3odo invernal un incremento de un 11,7 % en la densidad, congregando un total de 815.052 apendicularias, valor que representa al 2,03% de la abundancia total del 3rea, constat3ndose estas en el 90% de las estaciones muestreadas. Durante este per3odo denotan un cambio en el rango de concentraciones, evidenci3ndose un incremento en las categor3as de mayores agregaciones, fluctuando estas entre 11.374 – 135.000, destac3ndose las dos abundancias mayores a 100 mn de Punta Canave (19°21) y Punta Jun3n (19°40).

En t3rminos generales, los focos con las agregaciones secundariamente importantes, fueron los m3s frecuentes, siendo observados mayoritariamente entre las 70 y 100 mn (**Fig. 110c**) y los menores con una mayor asociaci3n costera.

A diferencia de los observado durante el invierno, se vuelve a repetir la misma situaci3n detectada en otoño, not3ndose una tendencia de este grupo a reducir sus abundancias promedio a medida que se incrementa la latitud, encontr3ndose el promedio por transecta m3s alto frente a Punta Canave (19°21'S), tambi3n vuelve a producirse un aumento de concentraciones desde la costa hacia la zona oce3nica, manifest3ndose las m3ximas agregaciones a partir de las 20 mn (**Fig. 111c**).

Euf3usidos

A diferencia de los dos per3odos estacionales precedentes, este grupo no estuvo durante la primavera dentro de los primeros 3tems de mayor importancia num3rica, sino que se ubic3 en el d3cimo lugar, ya que s3lo alcanz3 a reunir un total de 248.642 individuos, con una pobre dominancia de 0,62%.

Este fue uno de los pocos taxas, que a diferencia del resto, experiment3 disminuciones cuantitativas respecto al invierno 2002 y que fueron iguales a – 28%.

Geogr3ficamente estos se distribuyeron en 39 estaciones, las que representan el 78% del total, concentrando sus m3ximos valores en focos aislados unos de otros, destac3ndose aquel situado a 1 mn de Punta Lagarto (23°20'S), quien reuni3 un total de 33.361 euf3usidos/1.000 m³. Entre Arica y Punta Jun3n se congregaron focos de concentraciones m3s homog3neas (**Fig. 112c**).

Al observar la densidad promedio de este grupo respecto a la latitud, no se aprecia en forma clara cual es su directriz latitudinal, no obstante, sobresalen tres transectas en las que se congregaron los mayores valores, exhibi3ndose estos en la zona norte entre Punta Canave (19°21) y Punta Patache (20°47.5) y en el extremo sur frente a Punta Lagarto (23°20). Longitudinalmente los euf3usidos denotan un incremento desde aguas someras hacia aguas m3s oce3nicas, a pesar de existir una importante congregaci3n de individuos en la primera milla. (**Fig. 113c**).



7.4 Verano 2003

A medida que transcurre el período estival, la densidad zooplanctónica total se incrementa en un 13% respecto a la primavera. Aunque el 53% de los grupos experimentó alzas en sus niveles de abundancia, el 47% restante disminuyó respecto de la primavera, sin embargo, los taxas que siempre sobresalen por sus altas densidades como los copépodos, quetognatos y apendicularias son más abundantes en este período, además de ser los grupos zooplanctónicos más constantes en las estaciones (**Tabla 31**).

Al comparar la zona costera y oceánica, se desprende de los resultados que la mayor concentración de organismos se observó en la costa, congregándose allí el 74% de la densidad zooplanctónica total, a pesar de encontrarse aquí la menor diversidad, reflejándose ausencias de estomatópodos y radiolarios, quienes penetraron en aguas más oceánicas. Aquellos que aportaron con las mayores densidades en la costa fueron los copépodos, apendicularias, cladóceros, larvas de cifonautas, poliquetos, eufáusidos, larvas de decápodos, anfípodos, foraminíferos y ctenóforos, grupos que también la mayoría de ellos colonizó la zona oceánica, pero en menor grado.

En la zona oceánica se presentó el total de zooplancteres observados durante este período, siendo ampliamente dominantes en esta zona los quetognatos, sifonóforos, doliólidos, ostrácodos, pterópodos, medusas, salpas, radiolarios y estomatópodos (**Tabla 32**).

Copépodos

Este grupo otorgó un aporte numérico de un 87% a la zona, con una densidad de 40.193.919 copépodos y un promedio por estación de 803.878, siendo los únicos detectados en el 100% de las estaciones denotaron una tasa de cambio de un 15% respecto a la primavera. Espacialmente la zona costera estuvo dominada por sus mayores rangos de concentración, particularmente se presentaron en grandes aglomeraciones en el sector comprendido entre Punta Lobos y Antofagasta, detectándose en esta zona el 35% de los copépodos censados, pero siendo particularmente el más abundante aquel dividido a 1 mn de Arica. Esta misma transecta reunió el 22% de los copépodos y fue la única que albergó en toda su extensión longitudinal los dos rangos de mayores concentraciones. Las densidades de ellos se ven disminuidas hacia las estaciones oceánicas, principalmente en las 100 mn (**Fig. 106d**).

Latitudinalmente la densidad promedio muestra una leve tendencia a aumentar de norte a sur, con máximas entre Punta Chipana (21°20') y Punta Aña (22°00'). Longitudinalmente las máximas congregaciones de copépodos se detectaron en la primera milla, disminuyendo gradualmente, hasta que a partir de las 10 mn el descenso se hizo más drástico hacia la zona oceánica (**Figs. 107d**).

Quetognatos

Los quetognatos representan la tercera dominancia numérica más importante de la zona, entregando un aporte de un 2,94%, lo que equivale a un total de 1.359.413 individuos, con un promedio por estación de 28.924 quetognatos/1.000 m³. Estos experimentaron un incremento respecto del período estacional anterior de 103%. Es el grupo más abundante de la zona oceánica, sector en el cual dominan con un 73% respecto a un 27% de presencia en la zona costera.

Su incidencia se detectó en el 94% de las estaciones, en las que su distribución fue bastante homogénea, ya que un alto porcentaje de focos concentró agregaciones correspondientes a un mismo rango de densidad, comprendido entre 27.734 – 62.949, destacándose dos de ellos con las mayores



concentraciones, situados a 40 mn de Arica y 100 mn de Punta Madrid (19°2,5). Contrariamente las densidades más bajas fueron observadas cercanas a la costa (**Fig. 108d**).

Durante el período estival este grupo también demuestra una predisposición a incrementar sus niveles de abundancia promedio desde el extremo sur hacia la zona norte, encontrándose en las latitudes 20°35,5S y 19°2,5S, dos de los picos más importantes. Respecto a la distancia de la costa, se observa una creciente concentración de densidades desde la zona de aguas más someras hacia la zona oceánica, encontrándose los máximos entre las 40 y 100 mn (**Figs. 109d**).

Apendicularias

La dominancia de este grupo alcanzó a un 3,4%, superando a lo exhibido por ellas en primavera, mostrando una tasa de cambio respecto de ese período de 93% y encontrándose agregaciones extremas entre 298 – 985.678, con un promedio de 33.478 apendicularias/1.000 m³ por estación.

Geográficamente su presencia se detectó en el 94% de la zona, con las máximas concentraciones a 1 mn frente a Arica y Caleta Chipana. El segundo rango de mayor abundancia se localizó más frecuentemente entre las transectas de Punta Junín y Punta Copaca, donde los focos más abundantes se situaron a 1 y 5 mn de Punta Lobos. Las densidades más bajas fueron observadas con mayor frecuencia en cada uno de los extremos de la zona de estudio (**Fig. 110d**).

Las abundancias promedios por transecta demuestran una disminución de concentraciones desde la zona norte hacia la zona sur, detectándose dos picos máximos, uno en la latitud 18°23'S y el otro en los 21°20'S, correspondiendo a Arica y Punta Chipana, respectivamente (**Fig. 111d**). Longitudinalmente este grupo como la mayoría, concentra sus máximos en la primera milla de la costa, a partir de la cual reduce sus concentraciones drásticamente hasta llegar a su nivel mínimo en las 5 mn, permaneciendo con rangos de concentraciones similares hacia la zona oceánica (**Fig. 111d**).

8. Composición y abundancia mensual del zooplancton en las estaciones costeras de monitoreo

La mayor diversidad de grupos zooplanctónicos fue registrada en la estación de Iquique, 18 en total, mientras que en Arica y Mejillones se presentaron a lo largo de todos los períodos mensuales un máximo de 16, con ausencia total del grupo de los doliólidos y radiolarios. La mayor densidad de organismos zooplanctónicos censados a lo largo del período abril 2001 – julio 2003 fue encontrada en la estación de Arica, secundada por Iquique. Los zooplancteres principales, predominantes en número en las tres estaciones de vigilancia fueron los copépodos, apendicularias, larvas de decápodos y poliquetos (**Tabla 33**).

8.1 Arica

En Arica las densidades totales mensuales más altas se reconocieron en su mayoría desde diciembre de 2002 a mayo 2003, también una importante agregación fue vista en enero 2002. En esta estación los copépodos fueron los únicos con una presencia temporal siempre constante, los poliquetos y apendicularias denotaron también altas frecuencias mensuales. Los copépodos revelan una tendencia creciente en sus niveles de concentración a través del tiempo, exhibiendo sus máximos durante los meses de marzo, 2003, diciembre 2002, febrero 2003, enero 2002 y mayo 2003, siendo en el presente año donde se verificaron las densidades más importantes (**Fig. 114**).



Las larvas de decápodos se ausentaron de esta estación principalmente durante los meses de otoño, mostrando un patrón ascendente a través del tiempo, con un pico máximo en abril de 2003. Las apendicularias denotan una distribución temporal similar a la exhibida por las larvas de decápodos, ausentándose principalmente durante los meses de otoño y con un máximo numérico en mayo 2003. Los poliquetos colonizaron esta estación en forma más constante desde abril 2001 a noviembre 2002, a partir del siguiente mes en adelante, estos se han presentado ocasionalmente durante los dos últimos trimestres del año 2003 (**Fig. 115**).

8.2 Iquique

En esta estación las abundancias totales por mes que destacaron por sobre el resto fueron vistas en mayo y septiembre 2001 febrero y noviembre 2002 y al gran mayoría durante el primer y segundo trimestre del año en curso.

Los grupos de mayor frecuencia mensual corresponden a los copépodos, larvas de decápodos, eufáusidos, ostrácodos y apendicularias, quienes se presentaron en un período de 20 a 26 registros mensuales. La representación numérica de esta estación está ampliamente aportada por los copépodos, quienes dominan en un 95%. Su presencia temporal se observa levemente tendiente a incrementar con el tiempo, su mayor incidencia numérica se detectó en los meses de septiembre de 2001 y mayo de 2003 (**Tabla 33**).

Respecto al segundo grupo de mayor dominancia, las apendicularias presentaron a diferencia de los copépodos valores de abundancia bastante inferiores, sobre todo desde julio 2001 a marzo 2003, concentrándose sus niveles máximos en los dos extremos de la serie analizada, es decir, entre abril y junio 2001 y entre mayo a julio 2003. Las larvas de decápodos exhibieron a lo largo del tiempo un incremento constante, mostrando su mayor representatividad numérica durante diciembre 2001, agosto, diciembre 2002, abril, junio y julio 2003. Los poliquetos estuvieron totalmente ausentes entre abril a octubre 2002, las abundancias más bajas correspondieron a aquellas detectadas mayormente durante los meses de otoño (**Fig. 114**).

8.3 Mejillones

La estación costera de Mejillones reunió la menor densidad de organismos zooplanctónicos respecto de Arica e Iquique, quienes aportaron con los mayores porcentajes de dominancia fueron los copépodos, apendicularias, larvas de decápodos y poliquetos (**Tabla 33**).

Entre todo el período analizado del año 2001 los meses que estuvieron mayormente representados fueron abril, mayo y diciembre, posteriormente sus niveles comenzaron a incrementarse significativamente entre septiembre de 2002 a mayo 2003. En forma particular e igual que en las otras dos estaciones, el aporte total otorgado por los copépodos durante toda la serie analizada fue de 93,7% ampliamente dominante en cada período mensual y el de mayor frecuencia mensual, al que le siguen en mayor constancia y en orden de importancia larvas decápodos, sifonóforos, larvas de cifonautas, apendicularias, eufáusidos y poliquetos, correspondiendo además estos grupos quienes representaron también las mayores densidades después de los copépodos.

Los copépodos exhiben una tendencia temporal a reducir sus niveles de abundancia, concentrando sus mayores densidades durante los meses de diciembre 2001, noviembre 2002, abril y mayo 2001, a partir de marzo 2003 se aprecia claramente una paulatina disminución en su abundancia.



Las apendicularias siguen a los copépodos en abundancia, aunque con una dominancia bastante inferior a la de ellos, siendo igual a 1,3%, fue común no encontrar a este grupo especialmente durante los meses de primavera y verano, particularmente durante noviembre 2001 a abril 2002 y entre noviembre 2002 a enero 2003. Muestra niveles de abundancia que se mantienen constantes a través del tiempo, destacándose los meses de mayo, septiembre de 2001, agosto, septiembre de 2002 y mayo 2003 como los más importantes.

Las larvas de decápodos se agrupan como el tercero numéricamente más importante y al igual que las apendicularias tienden a permanecer constantes en sus niveles de abundancia a través del tiempo, con dos incrementos importantes que escapan a esta tendencia, detectados durante octubre 2001 y julio 2003.

Los poliquetos son un grupo dentro de los de mayor constancia en el tiempo, estos han sido observados con mayor frecuencia durante los meses más fríos, principalmente en los períodos otoñales, especialmente durante la mayor parte del año 2001, contrariamente sus mayores ausencias han sido detectadas a partir de marzo de 2002. El mismo patrón se reflejó para este ítem, en el sentido de encontrar las máximas abundancias durante los meses de diciembre 2001 y noviembre 2002 (**Fig. 115**).

F. Objetivo adicional N° 3.2

Estimar la abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica en el área de estudio, en forma estacional y mensual.

9. Abundancia relativa estacional de la biomasa zooplanctónica.

9.1 Otoño 2002

La estimación de la biomasa zooplanctónica durante el período otoñal 2002 presentó valores extremos comprendidos entre 71 – 2.449 ml de zooplancton/1.000 m³, exhibiendo un promedio general para la zona de estudio de 363, predominando los valores comprendidos en los rangos de densidad de 101 – 300 y 301 – 900, los que representaron el 46,8% y 38,3%, respectivamente. El resto del área prospectada se caracterizó por el predominio del rango de densidad comprendido entre 34 – 100, siendo detectado en el 10,6% de las estaciones, focalizándose las mayores biomásas (901 – 10.000) sólo en el 4,2% de las estaciones (**Fig. 116a**).

Las principales categorías de densidad, se presentaron principalmente entre Arica y Punta Lobos, desde la costa hasta las 100 mn, distribución que fue interrumpida por focos de biomasa categorizados dentro del rango 101 – 300, los que se ubicaron a 70 mn al oeste de Punta Junín y a 100 mn de Arica. Biomásas similares se registraron también frente a Punta Copaca y a 100 mn al oeste de Bahía Moreno.

El resto de la zona, vale decir, desde Punta Lobos hacia el extremo sur del área, exhibió biomasa comprendidas entre 101 – 300, destacándose dos focos cuantitativamente importantes con biomásas superiores a 1.300 ml a 10 y 100 mn de Punta Copaca y Antofagasta, respectivamente.

El mesozoplancton fue quien predominó en las estaciones, particularmente los copépodos, quetognatos y eufáusidos, consignándose también la presencia de salpas de pequeño tamaño y langostinos.



El análisis histórico realizado a la biomasa zooplanctónica desde el año 1993, permitió observar que a través del tiempo la zona norte ha sido dominada por el rango de categoría entre 100 – 300, pero ha mantenido valores altos principalmente en el borde costero, el cual se ha presentado generalmente casi sin interrupción en la zona más norteña, abarcando un mayor o menor número de transectas hacia el sur, pero casi siempre comprometiendo la zona de Arica (**Fig. 117**), a excepción del año 1999, que fue uno de los períodos anuales más pobres, junto con los años 1997 y 2001. Contrariamente los años que exhibieron las biomásas promedio más altas fueron detectadas durante los dos últimos períodos otoñales, 2002 y 2003 (**Tabla 34**), años en los cuales fueron detectadas las aglomeraciones zooplanctónicas más importantes, con volúmenes entre 2.449 y 3.875 individuos/1.000 m³, siendo estos valores observados a 10 mn frente a Punta Copaca en otoño 2002 y entre 1 y 20 mn de Bahía Lagarto (23°20') y Bahía Moreno (23°40') en el año 2003. Durante el período anual 2002 se apreció una basta zona con densidades altas de zooplancteres y que comprometió el área entre Arica a Punta Lobos, tanto de la zona costera como la oceánica; mientras que para el año 2003 esta banda se estrechó siendo invadida por densidades dentro de la categoría de 100 – 300 y justo en las estaciones intermedias entre la zona costera y oceánica, en tanto hacia la zona sur ambos períodos muestran una distribución de valores muy similares.

9.2 Invierno 2002

En invierno de 2002, la estimación de la biomasa zooplanctónica presentó valores extremos de 85 y 1.215 ml de zooplancton/1.000 m³, con un promedio general para la zona igual a 377, predominando los valores comprendidos en los rangos de densidad de 101 – 300 y 301 - 900 ml/1.000 m³, los que representaron el 40,6% y 54,2%, respectivamente. El 5% restante se categorizó dentro del rango de densidad comprendido entre 34 – 100, el que fue detectado en el 3,3% de las estaciones, registrándose las mayores biomásas (901 – 10.000) sólo en el 1,6% de las muestras (**Fig. 116b**).

Las mayores biomasa se presentaron prácticamente en todo el rango latitudinal comprendido entre Arica y Punta Tres Picos y longitudinalmente desde la costa hasta las 100 mn frente a Arica, disminuyendo hasta la estación de 1 mn al oeste de Pta. Junín. Desde esta última localidad hacia el sur, estas altas biomásas se asocian al sector comprendido entre la costa y las 70 mn, distribución que en general es interrumpida por focos de menor abundancia, los que se localizaron frente a Pta. Lobos y Bahía Moreno. De la misma manera, en el sector comprendido entre Arica y Pisagua se observa la intrusión de una lengua de menor biomasa zooplanctónica, que alcanza la costa frente al paralelo 19°40'S.

El elemento predominante en las muestras fue el mesozooplancton y particularmente los copépodos, quetognatos y eufáusidos, consignándose también la presencia de langostinos.

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 mayormente durante los inviernos, destacando principalmente los años 1994, 1998 y 2002, con valores iguales a 471, 431 y 382 ml de zooplancton/1.000 m³ (**Fig. 118**), sin embargo, y en general las agregaciones máximas han sido detectadas durante los períodos otoñales (**Tabla 35**). 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 m³, 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 (**Fig. 118**). 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.

9.3 Primavera 2002

En primavera del año 2002, la estimación de la biomasa zooplanctónica presentó valores extremos de 71 y 767 ml de zooplancton/1.000 m³, con un promedio general para la zona de estudio igual a 347, predominando los valores comprendidos en los rangos de densidad de 101 – 300 y 301 – 900 ml/1.000 m³, los que representaron el 36% y 60%, respectivamente. El 4% restante se caracterizó dentro del rango de densidad comprendido entre 34 – 100, el que fue detectado sólo en dos de las 50 estaciones realizadas (**Fig. 116c**).

El rango entre 101 – 300 presentó una distribución principalmente oceánica, particularmente entre Caleta Patillos y Antofagasta, aunque en la transecta realizada frente a Arica, su presencia se detectó indistintamente tanto en las estaciones costeras como en las oceánicas. Estos valores también se observaron en la zona nerítica comprendida entre Punta Arenas y Tocopilla.

La categoría entre 301-900, se presentó relativamente homogénea, comenzándose a detectar en la estación de 1 milla frente a Arica, hasta hacerse más constante hacia la zona oceánica frente a Caleta Camarones, dispersándose hacia la zona sur en gran parte del área.

De la serie histórica que contempla un total de 8 cruceros primaverales, se destacan los valores más altos durante los años 1996, 1997 y 1999, con biombras promedio de 585, 450 y 631 ml/1.000 m³, respectivamente. A su vez, los años que mostraron los mayores valores en la zona de estudio fueron 1996, 1997, 1999 y 2001, quienes exhibieron biombras iguales a 1.682, 1.331, 6.622 y 1.436 respectivamente (**Tabla 36**). Especialmente estos valores predominaron sobre la zona costera siendo variable su localización, pero insertos dentro de la zona comprendida entre Arica a Pta. Copaca. La intrusión de aguas más pobres en zooplancton se produjo durante los años 1998, 2000 y 1993 (**Fig. 119**).

9.4 Verano 2003

Los valores de la biomasa zooplanctónica obtenidos en verano de 2003, fluctuaron entre 75 – 3.193 ml de zooplancton/1.000 m³ de agua filtrada, con un promedio para la zona en general de 392. El zooplancton se concentró en cuatro categorías de densidad, pero con un amplio predominio de los rangos comprendidos entre 101 – 300 y 301 – 900, los que representan respectivamente un 40% y 50% de la biomasa total.

El dominio de la categoría de densidad entre 300 – 900 se vio interrumpida por focos de diferentes magnitudes y que conforman los centros de agregaciones entre 102 – 300, que se localizaron desde Tocopilla al sur, principalmente en las estaciones más cercanas a la costa y desde Pta. Lobos al norte, mayoritariamente en las estaciones oceánicas (**Fig. 116d**).

El único foco que concentró el mayor valor de la biomasa se localizó a 1 mn frente a Arica, albergándose allí el 2% del zooplancton total.



Los valores promedios históricos exhibidos durante los períodos estivales, muestran que estos han sido más bajos que los observados durante las estaciones primaverales, a excepción del año 2000, siendo el único registro superior (**Tabla 37**).

Los valores más altos en verano fueron encontrados en los años 2000 y 2003, exhibiendo este último año una tasa de cambio de 49% respecto del verano precedente. A su vez los períodos que denotaron los valores más elevados fueron en los años 1994, 1999, 2000 y 2003, con densidades zooplanctónicas fluctuantes entre 1.268 – 3.193 ml/1.000m³. Contrariamente los períodos más pobres, con muy bajas concentraciones de zooplancton fueron 1997 y 1998. En general la zona que mostró los mayores rangos de densidad y que permaneció constante en el tiempo desde 1999 fue el área comprendida entre Arica a Pta. Lobos (**Fig. 120**).

El análisis de la biomasa zooplanctónica promedio respecto a la latitud demostró durante los períodos de invierno, primavera y verano, una tendencia a concentrar mayores densidades de individuos hacia la zona sur, mientras que en otoño 2002, este patrón se invierte en sentido sur – norte (**Fig. 121**). Por otro lado la distribución presentada por los zooplancteres de acuerdo a la distancia de la costa, muestra una tendencia decreciente en los niveles de biomasa desde la costa hacia la zona oceánica en invierno y primavera 2002, mientras que en otoño 2002 y verano 2003, esta tiende a permanecer constante entre ambas zonas (**Fig. 122**).

El análisis conjunto de la biomasa promedio de los cuatro períodos estacionales analizados denota un incremento leve, pero constante de la biomasa a través del tiempo, detectándose los picos más altos durante los períodos de invierno de los años 1994 y 1998 y primavera de 1996, 1997 y 1999 y otoño 2003 (**Fig. 123**), fluctuando los valores de estos períodos entre 431 – 631 ml/1.000 m³.

10. Abundancia mensual de la biomasa zooplanctónica en estaciones costeras de monitoreo.

Los datos provenientes de las estaciones fijas de monitoreo mensual desde mayo de 1997 a la fecha, muestran en términos generales, que en Iquique se observó el mayor número de períodos mensuales donde las biomazas promedio superaron a los valores exhibidos en Arica y Mejillones, es decir, de un total de 75 observaciones mensuales, el 44% de ellas fue predominante en la estación fija de Iquique, el 32% fue mayor en Arica y los valores más bajos se registraron con mayor frecuencia en Mejillones. Es más durante los años 1998, 2000, 2001 y 2002 las biomazas mayores fueron más frecuentes en Iquique, mientras que en 1999 y 2003 ha dominado Arica, y Mejillones solo se ha mostrado dominante durante el período anual del año 1997.

Particularmente desde mayo 2001 a julio 2003, las mayores biomazas promedio registradas en Arica fueron observadas en febrero y marzo del presente año, con valores de 421 y 978 ml de zooplancton/1.000 m³, respectivamente, mientras que en Iquique los máximos se dieron en febrero 2002 y marzo 2003, con biomazas de 715 y 466, finalmente en Mejillones los máximos fueron de 780 en diciembre 2001 y septiembre 2002 (**Tabla 38**). En Arica, desde Enero 2003 se ha notado un notorio incremento en los niveles de concentración de organismos respecto a los períodos mensuales anteriores, a pesar de ello, en las tres estaciones de vigilancia se observa una tendencia descendente a través del tiempo de los valores de biomasa, aunque muy leve (**Fig. 124**).



G. Objetivo adicional N° 3.3

Explorar las relaciones entre la distribución de huevos y larvas de anchova y sardina y algunas variables oceanográficas.

11. Exploración de las relaciones entre la distribución de huevos y larvas de anchoveta y las variables bio-oceanográficas

11.1 Análisis cartográfico entre la distribución del ictioplancton y la TSM satelital.

En la figuras 1 a la 4 se presentan la distribución de huevos y larvas de anchoveta y sardina respecto de la TSM satelital correspondiente a los distintos cruceros realizados en el marco del proyecto FIP N° 2002-01.

En mayo del año 2002 se presenta una alta cobertura de nubes, en especial al oeste de los 71°W. Sin embargo, en los sectores sin nubes se aprecia que la TSM oscila entre 14° y 20°C, destacándose una masa de aguas cálidas a unas 20-30 mn en el sector oceánico entre Arica e Iquique y la aparición, normal para la época, de una franja de aguas frías producto de la surgencia que ocupa las primeras millas de la costa, también se aprecian filamentos de agua fría (en color verde) con temperaturas de 17 a 18°C, extendiéndose desde la franja de surgencia hacia el oeste. En cuanto a los huevos de anchoveta, éstos se presentan principalmente entre la latitud 21°S y Tocopilla en las primeras millas de la costa relacionados con la franja de aguas frías que recorre la costa y el borde interno de las aguas de 17°C (**Fig. 125**), por su parte las larvas de la especie poseen dos núcleos relevantes; el primero se localiza frente a Pisagua y abarca las 20 primeras millas en un sector de fuertes diferenciales térmicos, en tanto que el segundo foco se localiza entre la latitud 21°S y Tocopilla asociado a la banda costeras de aguas frías y a los bordes internos de las aguas de 17°C (**Fig. 126**). Con respecto a los huevos y larvas de sardina, éstos no presentan estaciones positivas en este período (**Fig. 127 y 128**).

Durante septiembre se observa una estructura térmica típica del mes con un predominio de aguas entre 14 y 17°C y una estructura térmica homogénea lo que implica que no existan grandes gradientes laterales, no obstante lo anterior se advierte un núcleo de aguas más cálidas de 18-19°C (en color amarillo) localizado al noroeste del puerto de Iquique. Además, desde el Loa hacia el sur se presentó una delgada franja costera de bajas temperaturas superficiales lo que indica que están efectuándose procesos de surgencia. Por su parte, la distribución espacial de los huevos de anchoveta se incrementa notablemente su repartición espacial apreciándose grandes concentraciones, en este período se advierten varios focos: frente al puerto de Arica, núcleo de escasa extensión geográfica y que esta relacionado con aguas frías y gradientes térmicos moderados; un segundo centro de medianas densidades se localiza a una 50-70 mn frente a Arica; el tercer núcleo se extiende desde Pisagua hasta la latitud 21°S, y esta vinculado con temperaturas frías y el borde interno de aguas de 17°C, este foco presenta las más altas densidades de huevos de la especie (**Fig. 125**), en tanto las larvas, al igual que los huevos de la especie, presentan una gran cantidad de estaciones positivas con altas concentraciones, en general se puede señalar que las mayores concentraciones se registran en las primeras millas de la costa relacionadas con temperaturas frías y diferenciales térmicos moderados (**Fig. 126**). En relación a los huevos de sardina, éstos se advierten solamente en tres estaciones con bajas concentraciones y muy apegados a la costa (**Fig. 127**), por su parte las larvas de sardina no presentan estaciones positivas (**Fig. 128**).



Diciembre del 2002 presenta una alta nubosidad que cubrió un amplio sector oceánico, no obstante dicha condición no afectó las primeras 50 mn de la costa por lo que es posible apreciar una masa de aguas cálidas en el área oceánica debido a la penetración de aguas con más de 22-23°C, sin embargo lo anterior no se advierte de manera nítida debido a la nubosidad imperante en la zona de estudio; en este período se aprecia una banda costera de aguas frías en las 10 primeras mn de la costa con tres núcleos surgentes importantes (Arica-Pisagua, sur de Iquique-río Loa y Tocopilla-Mejillones) lo que implica fuertes gradientes laterales. Respecto a la distribución espacial de huevos y larvas de anchoveta, se advierte una disminución en la cobertura geográfica respecto a septiembre, observándose dos núcleos relevantes que se sitúan frente a Arica y entre Punta Lobos (latitud 21°S) y Tocopilla, registrándose las mayores densidades en las primeras 10 millas de la costa en sectores de aguas surgentes y en gradientes térmicos intermedios (**Fig. 125 y 126**). Referente a los huevos y larvas de sardina, éstos no presentan estaciones positivas en este mes (**Fig. 127 y 128**).

En marzo del 2003 se presenta una franja costera de aguas frías que son indicativas de un fortalecimiento de eventos de surgencias, con tres focos principales; el primero ubicado entre Pisagua e Iquique, el segundo al sur de Iquique hasta Tocopilla y el tercero localizado en las proximidades de Mejillones, generando frentes térmicos relevantes en la franja costera. Relativo a los huevos de anchoveta, se destaca una fuerte disminución de la cobertura espacial y su distribución preferentemente costera que mayoritariamente no supera las 5 mn de la costa en sectores de aledaños a brotes de aguas surgentes (**Fig. 125**), en el caso de las larvas de anchoveta, éstas también disminuyen su extensión geográfica, aunque en menor medida que los huevos, las larvas se concentran preferentemente dentro de las 10 primeras millas de la costa con dos focos principales: frente a Pisagua y entre Punta Lobos (21°S)-Tocopilla asociada a focos de surgencia relevantes (**Fig. 126**). Relativo a los huevos y larvas de sardina, éstos se presentan solamente a la cuadra de Arica en un sector de fuertes diferenciales térmicos (**Fig. 127 y 128**).

11.2 Relaciones entre la densidad de huevos y larvas de anchoveta y el gradiente térmico.

La relación entre la densidad de huevos de anchoveta y el gradiente térmico se muestra en la **Figura 129**. En mayo de 2002 las densidades de huevos de anchoveta son altas especialmente las que se localizan en el rango de gradientes 0,5-1,0 °C/mn, en dicho mes se ajusta una regresión de tipo polinómica que da cuenta del 53% de la varianza, lo que implica una significativa asociación entre ambas variables (**Fig. 129a**).

En septiembre los huevos de la especie incrementan notablemente su cobertura geográfica y también sus concentraciones, en este período se advierten varios focos que se relacionan con temperaturas frías y a gradientes térmicos moderados, en este período las mayores concentraciones se vuelven a lograr entre los 0,5 y 1,0°C/mn, destacándose que en gradientes superiores a los 1,0°C/mn, las densidades de huevos disminuyen notablemente (**Fig. 129b**). Durante diciembre los huevos presentan una disminución tanto en su cobertura geográfica como en sus concentraciones, en este período se ajusta una regresión polinomial que explica solamente el 25% de la variabilidad, con un rango óptimo que se ubica entre los 0,6 y 1,0 °C/mn. (**Fig. 129c**).

Marzo del 2003 vuelve a presentar una fuerte disminución de los huevos en términos de la cobertura geográfica no obstante que se advierten grandes concentraciones de huevos en algunas estaciones, en este mes se ajustó un modelo polinómico que indica que los más altas densidades de huevos se registran en gradientes menores a los 0,5 °C/mn. (**Fig. 129d**).



En relaci3n a las larvas se indica que, en t3rminos globales, tambi3n muestran una preferencia por sectores de gradientes t3rmicos moderados (**Fig. 130**). En mayo las larvas de anchoveta poseen dos n3cleos relevantes que se asocian a la franja de aguas fr3as que recorre la costa, en este per3odo las larvas se localizan mayoritariamente en sectores de gradientes moderados con un rango 3ptimo de 0,5-1,0 °C/mn. (**Fig. 130a**). Durante septiembre, las larvas exhiben una gran cantidad de estaciones positivas con altas concentraciones, se puede se3alar que las mayores concentraciones se registran en las primeras millas de la costa relacionadas con temperaturas fr3as y diferenciales t3rmicos menores a los 1,0 °C/mn. (**Fig. 130b**).

Diciembre muestra una brusca disminuci3n en la cobertura geogr3fica respecto a septiembre y una fuerte ca3da en las densidades de las larvas, en este per3odo no se ajusta ning3n modelo no obstante se advierte que en gradientes mayores a 0,7 °C/mn las densidades de larvas disminuyen notablemente (**Fig. 130c**). Durante marzo de 2003, las larvas de anchoveta disminuyen su extensi3n geogr3fica, aunque est3n distribuidas en toda la franja costera y se alcanzan concentraciones bastante altas, en este per3odo se advierte claramente que las m3s altas densidades de larvas se logran en gradientes t3rmicos moderados (**Fig. 130d**).

11.3 An3lisis de la se3al latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y la temperatura.

Durante mayo de 2002, los huevos de anchoveta presentan una cobertura preferentemente costera alcanzando las mayores concentraciones en las primeras 10 mn entre la Punta Lobos (latitud 21°S) y Tocopilla en los alrededores de los focos de surgencias, lo anterior significa que los huevos se posicionarn en aguas fr3as y en las cercan3as de gradientes t3rmicos moderados; en el caso de la se3al latitudinal que abarca entre las 11-20 mn, se advierte que la densidad de los huevos disminuye significativamente con un solo foco relevante que se localiza entre la Punta Lobos (latitud 21°S) y Tocopilla en un sector con un fuerte diferencial t3rmico (**Fig. 131a**). En el caso de las larvas, 3stas poseen dos focos principales; el primero se localiza frente a Pisagua, con bajas concentraciones y ubicado en un sector donde ocurren eventos de surgencia con fuertes diferenciales t3rmicos, por otra parte el segundo foco se localiza entre Punta Lobos asociado a la banda costeras de aguas fr3as y en las cercan3as de n3cleos de aguas surgentes (**Fig. 131b**).

En septiembre los huevos de anchoveta incrementan vigorosamente su cobertura geogr3fica observ3ndose focos de grandes densidades, se destaca que nuevamente las mayores concentraciones se logran en las 10 primeras millas entre la Punta Lobos y Tocopilla en el borde interno de aguas de 17°C y en los bordes de zonas de surgencia que presentan gradientes moderados, en la franja de 11-20 mn, los huevos disminuyen tanto su cobertura espacial como sus registros, sin embargo se aprecian dos 3reas con densidades intermedias situadas frente a Arica y Punta Lobos en sectores de gradientes t3rmicos relevantes (**Fig. 132a**). Por su parte las larvas presentan una gran cantidad de estaciones positivas con altas concentraciones, no obstante lo anterior se destaca que las mayores densidades se alcanzan en las primeras millas de la costa entre Pisagua y Punta Lobos en un sector en que ocurren eventos de surgencia implicando la existencia de diferenciales t3rmicos; en la franja de las 11-20 mn se advierten dos focos: en las cercan3as de Iquique y frente a Punta Lobos relacionadas con gradientes t3rmicos modestos y variaciones latitudinales negativas de la TSM (**Fig. 132b**).

Diciembre exhibe una merma importante en la cobertura geogr3fica de los huevos respecto a septiembre, observ3ndose densidades relevantes solamente en las primeras 10 mn de la costa, con dos n3cleos principales ubicados a la cuadra de Arica y entre Punta Lobos-Tocopilla, registr3ndose las mayores densidades en lugares muy cercanos a eventos de surgencias y en gradientes t3rmicos intermedios (**Fig. 133a**). Referente a las larvas de la especie, tambi3n poseen focos importantes solamente en las 10 primeras



millas con un sector sobresaliente en cuanto a registros, ubicado en las cercanías de punta Lobos en un sector de aguas surgentes y cambios latitudinales negativos de la TSM (**Fig. 133b**).

Marzo del 2003 presenta una fuerte disminuci3n de la cobertura espacial tanto en huevos como en larvas; en el caso de los huevos, su distribuci3n es eminentemente costera con dos sectores relevantes como Arica y entre Punta Lobos-Tocopilla, respecto de dichos núcleos se destaca que est3n fuertemente asociados a zonas de surgencias y a fuertes gradientes latitudinales positivos; es decir, se encuentran en sectores donde la temperatura va aumentando en el sentido norte-sur (**Fig. 134a**). Por su parte las larvas de la especie tambi3n muestran al puerto de Arica y la zona Punta Lobos-Tocopilla como sitios de altas concentraciones de larvas relacionados con eventos de surgencias y a la banda costera de aguas frías, en tanto que en la franja de 11 a 20 mn se destaca el núcleo que se presenta frente al puerto de Arica (**Fig. 134b**).



VIII. DISCUSIÓN

Los períodos de primavera y verano presentaron las mayores intensidades de viento y los mayores porcentajes de frecuencia de dirección del segundo y tercer cuadrante. En este sentido los períodos indicados tienen un 36% y 44% de registros con intensidades mayores a 5 m/s, en contra de los 0 y 10% medidos en otoño e invierno. La condición de mayor intensidad de los vientos en primavera y verano es concordante con lo indicado por Montecinos (1991). En el caso de la dirección del viento, aquellos provenientes del segundo y tercer cuadrante en estos períodos fueron el 80 y 90% de las mediciones, contra sólo un 60% de otoño e invierno. Las condiciones de viento encontradas en los cuatro cruceros, si bien no corresponden a un análisis estacional de esta variable, se puede indicar que se ajustan a las condiciones normales observadas en años anteriores en la zona (Braun *et al.*, 2001, 2002).

Las mayores intensidades relativas de viento observadas en los períodos de invierno y primavera originaron por lo tanto una mayor mezcla turbulenta para la columna de agua en los primeros metros superficiales en la zona de estudio, esto dado por las intensidades de vientos mayores a 5 m/s (Simpson y Dickey, 1981), repercutiendo esto también en los mayores espesores de la capa de mezcla. Asimismo, las condiciones de viento indicadas anteriormente durante los períodos de primavera y verano, son causa de las mayores intensidades de la surgencia observadas en ambos períodos.

El análisis de los registros de vientos horarios observado en los cuatro períodos, indica que el correspondiente a otoño presentó la menor variación espacial en la intensidad. Los otros tres períodos, en particular el de verano, muestran intensidades más altas en el sector oceánico respecto del costero.

En un aspecto regional, en los meses de abril y mayo las anomalías de TSM en el Océano Pacífico oriental tropical presentaban valores positivos y los índices atmosféricos comenzaron en mayo a mostrar mayores evidencias de un comportamiento característico de las etapas previas a un desarrollo del evento El Niño. Durante mayo, la actividad de la Oscilación Madden-Julian se había intensificado considerablemente contribuyendo al debilitamiento del sistema de vientos a través del O. Pacífico y a un incremento en las anomalías positivas de las TSM en amplias zonas del O. Pacífico. Tal situación era similar a la que generó en diciembre de 2001 una onda Kelvin que llegó al continente sudamericano a comienzos de febrero de 2002 y afectó la costa chilena de la zona norte a fines del mes de marzo (Braun *et al.*, 2002).

La zona norte de Chile presentó a nivel superficial durante otoño (mayo), de acuerdo a los datos del crucero, condiciones de temperatura, salinidad y OD superficial, y profundidad de la isoterma de 15°C, dentro de los rangos considerados normales. No obstante lo anterior, se destacó en esa oportunidad la presencia de anomalías positivas significativas de temperatura y salinidad de +2°C y +0,3 psu, respectivamente, en un estrecho sector que abarcó desde las 10 a 40 mn en la transecta frente a Antofagasta (T1), lo que sería provocado por la extensión hacia el sur de agua subtropical, como así lo indica la extensión hacia el sur de la isoterma de 19°C y 35,0 psu y la concentración de OD superficial de 5 mL/L.

Las anomalías negativas significativas de salinidad de -0,2 a -0,3 psu que se ubicaron en superficie entre Pisagua y punta Lobos, serían producto del transporte de agua de surgencia, principalmente de tipo ASAA, hacia el sector oceánico hasta las 70 mn. Lo anterior es confirmado por los bajos valores de salinidad que fueron inferiores a 34,6 psu entre Iquique y punta Lobos. Sin embargo, en la zona costera inmediata a punta Lobos los bajos valores de OD (< 4 mL/L) indican la participación de agua tipo AESS en una estrecha franja detectada hasta las 5 mn, producto también de la surgencia costera.



Una condición similar en lo que respecta a la presencia de ASAA en la surgencia costera corresponde a la situación presente en las transectas 1 y 2. En esta área se ha encontrado en otoño de los años 1998 y 2001. (Braun *et al.*, 1999 b, 2001) participación mayoritaria de ASAA, y por lo tanto, no se puede indicar una situación anormal para el período. Una razón para la situación descrita estaría en el hecho de que en otoño ocurre una disminución de los vientos favorables a la surgencia respecto de primavera y verano (Montecinos, 1991), por lo tanto la AESS, que se ubica bajo la ASAA en la vertical, no puede ascender en forma importante a las capas superficiales por la menor intensidad de los afloramientos.

El predominio de flujos con una componente hacia el norte desde Arica hasta Tocopilla mostrado por la anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db, se ajusta al promedio histórico estacional (Blanco *et al.*, 2001), sin embargo el patrón de circulación presente en el extremo sur frente a Antofagasta por sobre las 20 mn de la costa, con predominio de flujos hacia el sur, no se ajusta al promedio histórico. Este flujo hacia el sur-este sería el responsable del transporte de agua oceánica AST que provocó las anomalías superficiales de temperatura y salinidad antes mencionadas en aquel sector. De los dos pequeños giros anticiclónicos observados en el período, el de mayor efecto aparente en la distribución superficial de las variables es el que se ubicó frente a Tocopilla, ya que centrado en él se presentó un aumento de la temperatura y salinidad costera no habitual en el sector que intensificó el frente térmico y salino.

El crucero de otoño en la variable clorofila a, presenta una situación especial respecto a los cruceros de otoño de los años 2000 y 2001, y corresponde a la ausencia altas concentración en bahía Moreno (T1), ya que en los años indicados, en este lugar las concentraciones fueron típicas de sistemas eutróficos, con una distribución hasta más allá de las 10 mn. La condición antes indicada puede estar originada en la participación de agua tipo ASAA en la surgencia costera como ya se indicó. A pesar de lo anterior, se puede señalar que en la zona de estudio y para el año 2002, las concentraciones de cloa fueron superiores a lo informado en otoño 2001 (Braun *et al.*, 2002). En cuanto a la asociación de cloa con el campo físico, se encontró que la distribución de las mayores agregaciones de cloa no estuvieron asociadas a la existencia de gradientes pronunciados de temperatura o salinidad, con la sola excepción de punta Copaca (T2), donde se formó un gradiente térmico muy intenso.

Durante el mes de julio de 2002, en el aspecto regional, las instituciones encargadas del seguimiento de los eventos ENOS declararon iniciado El Niño 2002 - 2003. Lo anterior se debió a que ese mes presentó, por cuarto mes consecutivo, un promedio mensual del IOS negativo, los vientos alisios continuaban debilitándose y las anomalías positivas de la TSM en los sectores Niño 3, 3.4 y 4 se presentaban por tercer mes consecutivo sobre el valor de 0.5°C (NOAA, 2002b; BAC 142). Hacia el mes de septiembre se encontraban en el sector Niño 3.4 condiciones de un período El Niño de carácter moderado con anomalías de TSM de más de +1 ° C (NOAA, 2002b) y un IOS negativo que se mantenía en esta fase desde el mes de marzo 2002 (BAC, 144). Durante el mes de septiembre en la zona costera sudamericana aún no se hacía sentir el efecto de un calentamiento superficial, sin embargo, hacia fines de octubre la costa ecuatoriana ya presentaba un calentamiento de +1° que llegaba hasta la costa norte del Perú (BAC, 144).

En tanto, en el crucero de invierno 2002 en la zona norte de Chile, las anomalías de TSM y salinidad superficial, junto a los valores de OD observados, indicaron el mantenimiento de condiciones normales. Las anomalías de ambas variables estuvieron en general en un rango de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $\pm 0,1$ psu. Los mayores valores de anomalía de tipo positivo, para ambas variables, se localizaban en el sector oceánico al oeste de las 150 mn.



La circulación geostrofica superficial mostró giros en el área de estudio, que si bien son poco habituales, no indican una condición anormal para la zona. No obstante lo anterior, originan la presencia de anomalías en distintas variables. En el sector oceánico central se presentó el patrón normal de circulación en dirección hacia el norte (Blanco *et al.*, 2001). Durante el muestreo de invierno se presentó la mayor cantidad de giros oceánicos de todo el período de estudio.

Los dos giros ciclónicos oceánicos centrados entre 60 y 70 mn provocaron anomalías negativas de la profundidad de la isoterma de 15°C, la que llegó a -30 m en ambos casos, como también anomalías negativas de salinidad. Dados los valores de salinidad observados en la columna de agua en las estaciones ubicadas en los giros, se puede indicar que el giro de más al norte participa en el afloramiento agua de tipo AESS, mientras que en el giro sur ésta es de tipo ASAA. Por otro lado, el pequeño giro anticiclónico localizado frente a Antofagasta a 70 mn originó las anomalías de +20 en la profundidad de la isoterma de 15°C, no observándose efectos sobre otras variables superficiales, pero si a nivel subsuperficial como se indicará más adelante.

Respecto a la aparente presencia de un giro ciclónico ubicado entre las 160 y 200 mn frente punta Lobos, que coincide además con la presencia de anomalías negativas de profundidad de la isoterma de 15°C de hasta -30 m, y un leve repunte de las concentraciones de cloa, se debe señalar que no se registraron anomalías negativas de temperatura y salinidad asociadas al ascenso de aguas subsuperficiales producto del mismo, sino por el contrario, éstas fueron positivas y levemente significativas, por lo tanto, es posible que lo señalado no corresponda precisamente a un giro. De igual forma, un aparente giro anticiclónico ubicado en la transecta de punta Copaca entre 20 y 40 mn de la costa, sería el responsable del aumento de temperatura y salinidad en el sector indicado, junto a la disminución de concentración de pigmentos y a una menor anomalía negativa de la profundidad de la isoterma de 15°C. Los sectores que no presentaron giros tuvieron una profundidad de la isoterma dentro de su rango normal.

En esta estación fría del año, donde disminuye considerablemente la TSM en el área oceánica, desaparecen los gradientes intensos de esta variable paralelos a la costa, como se observa en otros periodos, especialmente en verano. Sin embargo, se puede indicar que los procesos de afloramiento costero se mantienen durante esta estación del año, siendo observados principalmente en Mejillones, punta Copaca e Iquique, lo que es señalado por las bajas concentraciones de OD asociado a aguas de tipo AESS y el levantamiento de las isopícnas en las transectas paralelas a la costa. Sin embargo, dadas las menores intensidades de viento como es habitual en esta época (Montecinos, 1991), no se presenta un transporte Ekman importante hacia el sector oceánico, y dado que las TSM oceánicas son bajas (16 a 17°C), no es habitual encontrar anomalías de temperatura y/o salinidad proyectándose desde la costa hacia el sector oceánico, como se observó con la variable salinidad, frente a Punta Junín en el período pasado.

La distribución y concentración de la biomasa fitoplanctónica observada en este período mostró altas concentraciones en gran parte de la zona costera. El pequeño núcleo de concentraciones eutróficas detectado a 70 mn frente a Arica fue probablemente originado en las costas peruanas, sin embargo, las concentraciones mesotróficas que le rodean hasta caleta Camarones podrían ser el resultado del giro ciclónico presente en el lugar. A diferencia de lo anterior, el giro sur frente a punta Copaca presentó bajas concentraciones de cloa, debido a las características de agua ASAA que participarían en el afloramiento del giro.

Por otra parte, las concentraciones de cloa de la presente distribución son semejantes a lo observado en igual mes del año 2001, con la diferencia que en esa oportunidad la transecta con menor valor pigmentario en el



rango mesotrófico correspondió a punta Lobos (T3), mientras que en el 2003 fue punta Junín (T4). Respecto al año 2000, la distribución pigmentaria es distinta, pues durante ese período anual los valores productivos estuvieron presentes en todas las transectas. Según se indicó anteriormente, es posible señalar que los períodos de muestreo correspondientes a los inviernos de los años 2001 y 2002 tuvieron niveles inferiores de cloa en comparación a igual período del año 2000. Con respecto a la transecta de punta Tres Picos (T0), ésta sigue la misma tendencia descrita para el invierno del año 2001, caracterizándola en ambas oportunidades como una transecta oligotrófica.

La condición oceanográfica a escala regional, Pacífico Central y Ecuatorial, durante diciembre de 2002, continuaba mostrando características típicas de un evento El Niño de carácter moderado en su fase madura, condición que a fines de noviembre y comienzos de diciembre se vio robustecida debido a la actividad producida por una Oscilación de Madden-Julian (NOAA, 2002b). A fines de noviembre y comienzos de diciembre las temperaturas superficiales del mar en la mayor parte del Océano Pacífico ecuatorial central presentaron anomalías positivas cercanas a 2,5° C, con valores que llegaron en diciembre a +3° C en algunas áreas específicas. A fines de diciembre comenzaron a extenderse estas anomalías positivas de TSM hacia el sur de la costa sudamericana, sin alcanzar la zona norte de Chile.

Para primavera del año 2002, y dadas las condiciones de evolución del evento ENOS en la zona ecuatorial durante los meses anteriores, era esperable el comienzo de condiciones cálidas también en la zona norte de Chile, lo que estaría caracterizado principalmente por anomalías positivas de temperatura y salinidad superficial y profundidad de la isoterma de 15 °C, principalmente en la franja costera. Sin embargo, lo anterior no ocurrió y las anomalías de temperatura >1°C y salinidad > 0,1 psu superficial, observados en la mitad sur de la zona durante diciembre, no estuvieron asociadas a este proceso. Por otro lado, ambas variables aun muestran tendencia a valores bajo el promedio histórico, aunque no significativos, en la mitad norte de la zona. Sumado a lo anterior la anomalía de profundidad de la isoterma de 15°C no evidenció su profundización característica producto del paso de ondas Kelvin por la costa chilena. Las anomalías positivas de salinidad y temperatura superficial, como también de la profundidad de la isoterma de 15°C observadas en la mitad sur, responderían a un patrón de circulación hacia el sur, característica que no es habitual en la zona de estudio, aunque se han encontrado algunos sectores de la zona con circulación hacia el sur en otros períodos considerados como normales.

El patrón de circulación geostrofico encontrado en este crucero no se ajustó al patrón estacional (Blanco *et al.*, 2001), ya que el flujo estacional promedio tiene dirección hacia el norte y noroeste en gran parte de la zona, incluso con dirección oeste en el área central, mientras el observado durante diciembre 2002 tiene una clara tendencia de flujos hacia el sur, principalmente en el área oceánica, sin embargo, no con la suficiente intensidad como para transportar agua cálida y salina desde el norte que originen anomalías positivas en la mitad norte, sin embargo, este flujo parece ser el responsable de las anomalías positivas de temperatura y salinidad observadas desde Tocopilla hacia el sur, situación que ha sido favorecida por una delgada capa de mezcla dada la baja intensidad de vientos registrada en ese sector.

Respecto a la surgencia costera en esta estación se puede indicar que los procesos se encuentran desarrollados en la mayor parte de la costa con intensidad moderada, ya que se observan los habituales frentes térmicos y niveles de OD superficiales menores a 5 mL/L, destacándose en este caso el área de Iquique y el sector entre punta Hornos y Mejillones. Por otra parte, la zona de Punta Lobos presentó una surgencia que provoca el transporte de agua fría hacia el sector oceánico, originando las anomalías negativas de temperatura y salinidad que están entre las 20 y 40 mn frente a esta localidad. En este caso los altos valores de OD indicarían la participación de agua de tipo ASAA en esta surgencia.



En esta estación del año, la cloa superficial contiene valores de concentración superiores a los de invierno pasado. Por otra parte, a diferencia de otoño e invierno, la presente distribución está fuertemente influenciada por la temperatura superficial, observándose intrusiones de aguas con características oceánicas, es decir, de temperaturas superiores a 21 °C y concentraciones ultra oligotróficas, hacia la zona costera de punta Junín y punta Copaca. Es posible observar además un aumento relativo de las concentraciones de cloa oceánicas hasta las 70 mn, debido a la surgencia peruana, situación que es comprobada por la disminución de la temperatura y salinidad en la misma área con respecto a las detectadas a 100 mn.

En comparación con los dos años anteriores éste muestreo presentó mayores valores de cloa a lo observado durante el muestreo de primavera del año 2001 y similares a los del año 2000. Esto significa que el sistema, estuvo en plena producción biológica.

A nivel regional, durante el mes de marzo de 2003, las observaciones meteorológicas y oceanográficas en el Pacífico Ecuatorial realizadas por instituciones especializadas, indicaban que el evento cálido El Niño 2002-2003 se encontraba en su fase de declinación con una posible finalización de las anomalías positivas hacia mediados del año 2003 (NOAA, 2003).

De los resultados obtenidos en el crucero de verano se puede indicar que la zona norte de Chile durante el período de marzo presentó una condición de normalidad a lo largo de la franja costera y la mitad sur de la zona de estudio, sin embargo, en la mitad oceánica norte de la zona se presentaron valores de temperatura y salinidad superficial levemente inferiores, que se tradujeron en anomalías térmicas y salinas negativas. Lo anterior indicó una menor participación de agua subtropical en la mitad norte de la zona, situación que es contraria a lo esperado bajo una condición de El Niño y opuesta a lo observado durante el mes de febrero. A este respecto, las imágenes satelitales de anomalía de TSM (ATSM) de la NOAA disponibles en Internet (NOAA, 2003), donde se incluye la zona norte de Chile, indicaron anomalías positivas registradas durante la última semana de enero y durante el mes de febrero, coincidiendo con lo observado en febrero en las estaciones fijas de vigilancia mensual, especialmente Arica e Iquique. Para el mes de marzo, las imágenes de ATSM de la NOAA muestran hasta la tercera semana, condiciones con tendencia fría o neutra, lo que coincide también con lo encontrado durante el crucero estival, mientras que para la última semana de marzo muestran condiciones neutras o positivas pero sin ser significativas.

Respecto del paso de una onda Kelvin por el norte de Chile, se puede indicar que en la zona los efectos de esta onda se manifestaron claramente durante la última semana de enero y primera de febrero, período en el cual el sector oceánico presentó anomalías positivas de hasta +2°C y de +3°C en el sector costero (obtenidas de la temperatura de imágenes satelitales y de las temperaturas promedio de IFOP), con una notable disminución de los gradientes superficiales de temperatura habituales en la franja costera de las primeras 25 mn. Esta situación de calentamiento también es confirmada por el notable hundimiento de la termoclina y del mínimo de oxígeno en la estación de vigilancia mensual de Arica y en menor grado en Iquique, como fue observado en el muestreo realizado la primera semana de febrero.

Lo anterior significa que los efectos de El Niño 2002-2003 en la zona norte de Chile fueron los más débiles y breves observados desde 1982 (Blanco y Diaz, 1985; Blanco *et al.*, 1992; Blanco *et al.*, 2002)

La surgencia costera de este período se manifestó en forma más evidente que en los otros tres períodos en estudio. Esto dado por los mayores frentes térmicos que se ubican en la franja costera. En este aspecto, tanto el desarrollo de estos procesos como de las temperaturas y gradientes observados, indica una condición de



normalidad para el período. Los sectores de mayor intensidad observados en esta etapa corresponden al área entre Arica a punta Arenas con un máximo en punta Junín.

El patrón de circulación geostrofica superficial hacia el norte, encontrado en el actual muestreo, es coincidente en dirección, pero de mayor intensidad en el sector oceánico en comparación con el patrón de circulación promedio (Blanco *et al.*, 2001). El flujo geostrofico en dirección noroeste encontrado frente a Arica, junto al transporte Ekman de la surgencia costera frente a esta localidad, aunque de intensidad débil, sumado al transporte Ekman proveniente de la surgencia costera peruana, serían las causas de la presencia de aguas de baja temperatura y salinidad ubicadas hasta las 100 mn en ese sector, las que originan las anomalías negativas de TSM y SSM observadas. El giro anticiclónico oceánico, de un diámetro de más de 40 mn, encontrado frente a Punta Lobos sería la causa de la presencia de aguas oceánicas de mayor temperatura, salinidad, y de los niveles de cloa ultra oligotróficos del sector, produciendo también un gradiente térmico costero más intenso que mantiene las isolíneas de cloa pegadas a la costa, a diferencia de las demás localidades.

Por otra parte, en verano al igual que en primavera, la distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica se amplió hacia la zona oceánica. El núcleo de concentración >1 ug/l de cloa presente en el sector oceánico a 70 mn frente a Arica, correspondería a un parche costero generado por la surgencia peruana. Lo anterior se basa en las anomalías negativas de TSM y SSM encontradas en el mismo lugar y también en la distribución de TSM mostrada en las imágenes satelitales de la segunda semana de marzo.

El pequeño foco de TSM de 21°C y concentraciones ultraoligotróficas de cloa, ubicado en la zona costera entre las 10 y 20 mn frente a punta Copaca, correspondería a una parcela de agua oceánica que se ha desprendido del giro antes indicado.

En comparación con los dos años anteriores, las concentraciones de cloa en verano 2003 son superiores y se encontraron distribuidas más hacia el oeste que aquellas observadas durante los veranos del 2001 y 2002.

Finalmente, la condición oceanográfica a escala regional durante mayo de 2003 mostraba signos evidentes de normalización, aunque a partir de fines de mayo se observó un rápido tránsito hacia una condición fría (NOAA, 2003). En este sentido, las anomalías de TSM mostraron en la zona del Pacífico ecuatorial central desviaciones negativas de hasta 3°C . El Índice de Oscilación del Sur continuaba negativo en mayo, con un valor de $-0,6$ (BAC, 152). Lo anterior indica que las condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile desde mayo 2003 en adelante tenderían a mantenerse dentro de los rangos normales, como ha ocurrido entre marzo y mayo últimos, o bien podrían acercarse a una condición fría, dada la tendencia de las condiciones ecuatoriales en el mes de mayo pasado, pero la aparición de condiciones cálidas serían una situación poco esperada.

Respecto a otras variables, en un marco de comparación estacional se puede indicar lo siguiente:

El espesor de la capa de mezcla menor a 5 m que se presentó en general en los cuatro cruceros, se debería a las bajas intensidades de viento (< 5 m/s) que caracterizaron la zona en el período completo de estudio. En algunos sectores, el espesor de la CM presentó focos de mayor profundidad que llegaron en promedio a niveles de entre 10 y 15 m, tal como ocurrió en otoño y verano, situación que se encuentra asociada a mayores intensidades del viento en el sector en particular, tal como se observó en las figuras de vientos horarios y de estaciones. No obstante lo anterior, hay estaciones que presentan una columna de agua bien mezclada de hasta 30 m y no se observan, aparentemente, asociadas a los vientos de la estación respectiva



o al de horas previas, como es el caso del área frente a Mejillones en el muestreo de otoño. Cabe destacar que la condición de mayor mezcla ocurre en una sola estación.

Respecto a la termoclina en el período de estudio, el espesor variable de 10 a 30 m en el sector oceánico, con un máximo en primavera y verano, estaría asociado a las mayores temperaturas superficiales que se dan en estas épocas. Por la misma causa, se encontrarían en el período de verano los gradientes máximos de la termoclina más altos, con valores que superan los $0,8^{\circ}\text{C}/\text{m}$, mientras que en invierno los gradientes máximos, que son más bajos, se ubican a profundidades muy someras que van sólo de 10 a 30 m. Por la tanto, en verano aumentaron las intensidades de la termoclina, aumentaron los espesores de la capa de variación térmica y los máximos gradientes se ubicaron a profundidades menores a 30 m. El caso contrario ocurrió en invierno, cuando el nivel de profundidad de finalización de la termoclina, se dio principalmente entre 20 y 40 m en todos los períodos de estudio, con un máximo rango en otoño que llegó hasta los 50 m. El nivel de profundidad indicado se vio afectado en otoño y verano por los giros anticiclónicos, donde la profundidad de este nivel aumentó alrededor de 10 m con respecto a las zonas adyacentes, y por el contrario, en invierno y dado el giro ciclónico detectado frente a Arica y punta Grande, la profundidad descendió en igual cantidad. Respecto a la temperatura que se presentó en la finalización de la termoclina, que fue de un estrecho rango, alrededor de un 1°C de variación para toda la zona en cada período de estudio, se puede indicar que en invierno se presentó el mayor rango, con valores entre 13° y 14°C , mientras que el verano, otoño y primavera estuvieron entre 14° y 15°C y en primavera entre 14° y 16°C . La disminución de las temperaturas en la base de la termoclina sería también un efecto estacional de la disminución de las TSM.

La información oceanográfica en el sentido vertical, tomada en las transectas paralelas a la costa, permite discutir lo siguiente:

En los cuatro períodos estacionales, las transectas de bahía Moreno, punta Lobos y Arica (T1, T3 y T5) presentaron en la capa de los primeros 50 m de profundidad, en general, valores de anomalía de temperatura y salinidad tanto negativos como positivos que fueron mayores a los del resto de la columna de agua. En particular, el nivel de 25 m se presentó como el nivel de mayores desviaciones estándar de los promedios históricos, las que fueron de 1° a 2°C y de 0,1 a 0,2 psu. Lo anterior indica que este nivel tiene una fuerte variación térmica y salina intra estacional que depende de los procesos que determinan la presencia y espesor de la capa de AST en superficie y/o la presencia del núcleo de ASAA que se ubica a nivel subsuperficial. Por lo tanto, el nivel de 25 m corresponde a un nivel de transición y fuerte mezcla de AST y ASAA, principalmente. En este mismo sentido, la transecta de punta Lobos tuvo en todos los períodos, en relación a las otras transectas, las mayores anomalías en ambas variables en el nivel de 25 m. Lo anterior se debería a que la transecta T3 es el punto intermedio donde se encuentra presencia importante de ambas masas de agua.

En la capa entre superficie y los primeros 50 m las anomalías positivas, por lo general, se localizaron en el sector oceánico asociado a una mayor participación de AST, en cambio en el sector costero las anomalías son generalmente negativas, principalmente en temperatura y en menor grado salinidad, debido a los procesos de surgencia que aportan agua tipo ASAA y/o AEES que son más frías y de salinidad inferior respecto a la AST. El sector central de cada transecta (20 a 70 m) presentó, por lo general, anomalías negativas de temperatura y salinidad cuando éstas fueron también negativas en la costa. Lo anterior se debería a transporte de agua de surgencia desde la costa hacia el oeste.



La magnitud (en términos relativos a cada variable) y el signo de las anomalías de temperatura correspondió con las de salinidad a lo largo de toda la transecta. La capa de agua bajo el nivel de 50 m se caracterizó por presentar los menores valores de anomalía, los que en general no superan 1°C y 0,1 psu en temperatura y salinidad, respectivamente.

El crucero de verano de 2003 presentó en el nivel de 0 a 25 m las mayores anomalías negativas en ambas variables. Las anomalías negativas observadas en la transecta de bahía Moreno (T1) y Arica (T5) están asociadas a una menor presencia de AST. Tal situación, en el caso de la T5, estaría generada aparentemente por una condición de transporte de agua de surgencia desde el sector costero peruano, descartándose los procesos de mezcla como causa, ya que en el lugar la CM fue sólo de 5 a 10 m. En la T1 el origen de las anomalías sería el transporte hacia el oeste de agua de surgencia desde el sector costero de Mejillones. En la T5, la presencia de anomalías superficiales de hasta -2°C y -0.3 psu en superficie, asociadas a -4°C y 0,2 psu a 25 m de profundidad, no sería una condición habitual para la zona. En el sector oceánico de la transecta 3, en cambio, las anomalías positivas superficiales y subsuperficiales se deberían a la mayor presencia de agua tipo AST, como una capa levemente más profunda, acumulada por el giro anticiclónico detectado en el área.

El período estacional que tuvo los valores de temperatura de la columna de agua más cercanos a los promedios históricos fue el de invierno. Las anomalías negativas de este período que se encontraron en el nivel de 25 m fueron en general menores a 2°C, disminuyendo en superficie y en niveles de profundidad mayores a 50 m a valores menores a 1°C. El período de invierno tuvo también relativamente bajos valores de anomalías de salinidad en el nivel de 25 m. La disminución de las anomalías de los primeros 25 m, estaría dado por las menores temperaturas y salinidades superficiales que presenta la AST en esta estación, por lo tanto, ante procesos que afectan la distribución de las masas de agua en esta capa, los valores de estas variables se alteran en menor magnitud.

En general, todas las anomalías bajo el nivel de 50 m son de baja magnitud y corresponden a valores no significativos. El período de otoño se caracterizó por tener valores negativos en gran parte de la columna de agua en las tres transectas analizadas, en cambio, el período de invierno tuvo anomalías positivas en toda la columna bajo los 100 m. Primavera y verano, por su parte, presentaron en las tres transectas, una alternancia en el signo entre el sector costero y el oceánico, con valores positivos en el sector costero en primavera y negativos en verano.

Respecto de las masas de agua, si bien con cuatro cruces no se puede dar una conclusión respecto de la estacionalidad y comportamiento de la participación de estas en la zona de estudio, se pueden dar algunas indicaciones generales para los cuatro períodos en análisis.

El agua subtropical (AST), en todos los períodos y transectas, se ubicó en los primeros metros de la columna de agua, llegando su porcentaje de participación de masa de agua (PPMA) de 10 hasta un nivel de profundidad relativamente constante, entre 30 y 40 m. El núcleo de esta masa de agua, ubicado en superficie, mostró variaciones estacionales notorias con los mayores valores de PPMA durante primavera y los menores en invierno. Especialmente, los mayores valores de PPMA se localizaron en el sector oceánico de la transecta 3, indicando con ello que esta masa de agua penetraría a la zona de estudio preferentemente desde el oeste o noroeste en esta latitud, y no provendría directamente desde el norte. El núcleo de AST disminuyó notoriamente también en la transecta 1, debido a la mayor participación de agua subantártica (ASAA), principalmente en el sector oceánico. La participación de agua tipo AST en el sector costero de las transectas



disminuyó debido a los habituales procesos de surgencia que se desarrollaron en la zona, siendo desplazada esta masa de agua hacia el oeste por la ASAA y/o AESS (Ortiz, 1998).

La ASAA, presentó los mayores PPMA hacia el sur de la zona de estudio, disminuyendo progresivamente hacia el norte. El núcleo, principalmente subsuperficial y oceánico, se ubicó bajo el núcleo de AST. Hacia la costa su participación también disminuyó, en algunos casos, asociado a la mayor participación de AESS en los procesos de surgencia más intensos. Sólo en el período de verano se observaron núcleos de PPMA menores a 40% pegados a la costa y a un nivel superficial en las transectas T1 y T3. Estacionalmente, el núcleo de ASAA se vio relativamente más fortalecido en verano y otoño, esto último es principalmente notorio hacia la transecta 5, ya que en invierno y primavera el núcleo no superó el 30% de participación.

El agua ecuatorial subsuperficial (AESS) presentó en las tres transectas y en los cuatro períodos un importante porcentaje de participación, superando en su núcleo un PPMA de 80 en todos los casos, y abarcando prácticamente toda la columna de agua. La variación estacional está dada por mayores PPMA en su núcleo en invierno y primavera, con valores que superaron el 90%, particularmente en las transectas 3 y 5, sin embargo, tanto la ubicación de los niveles de porcentaje menores a 60%, tanto en la parte sobre como bajo del núcleo, parecen presentar una profundidad relativamente constante. A diferencia de las otras dos masas de agua, la AESS tiene una importante participación a nivel superficial en el sector costero.

En general, y de acuerdo a los resultados obtenidos en los cruceros, las tres masas de agua parecen tener variaciones estacionales de participación en sus núcleos, siendo mayor la participación de AST en primavera, la ASAA en otoño y la AESS en invierno y primavera. A niveles inferiores de PPMA, 40 para la AST, 30 para la ASAA y 60 para la AESS, se ve que éstos ocupan áreas similares a lo largo de cada transecta en los diferentes períodos. En el caso de la AESS, su participación en la zona costera es similar también en los períodos de invierno, primavera y verano y levemente inferior en otoño, lo que puede traer consecuencias biológicas como menor producción primaria por la reducción del aporte de nutrientes durante ese período.

En cuanto a la distribución vertical de OD, en la mayoría de las transectas de los cuatro muestreos estacionales se puede observar una clara ascensión de las isolíneas hacia las capas superficiales del sector costero, aunque con distinta pendiente, producto de los procesos de surgencia. Lo anterior se traduce en un ascenso de la capa del mínimo de OD y en una barrera para los organismos que necesitan el OD para sobrevivir (Morales *et al.*, 1996).

En la transecta de bahía Moreno (T1), durante todo el período ocurre lo indicado arriba, sin embargo en ninguna de las estaciones del año, las isolíneas subóxicas interceptaron la superficie. Por otra parte, los gradientes costeros fueron más intensos y cercanos a la superficie en primavera y verano, lo que es producto de una intensificación en la surgencia y con ello una mayor participación del agua tipo AESS en las estaciones costeras, al menos a nivel subsuperficial.

En particular y una excepción a lo anterior, esta transecta en otoño aumentó notoriamente la participación de ASAA, situación mostrada en la ubicación del mínimo de OD bajo los 50 m. Por lo tanto, el agua tipo AESS, rica en nutrientes, se encontraría poco disponible para los organismos fitoplanctónicos, lo que finalmente se reflejó en las bajas concentraciones de cloa de ese período.

En la transecta de punta Copaca (T2), las mayores concentraciones de OD se dieron en invierno (> 6 mL/L), debido a una disminución de la surgencia costera lo que aumentó la participación de la ASAA en toda la transecta (Montecinos 1991; Ortiz, 1996). Por otra parte, en otoño y primavera, la surgencia de intensidad



moderada, favoreció la participación de AEES en la capa superficial de las estaciones costeras, situación que se presentó con similares condiciones en el verano del 2002. En una comparación del período anual otoño 2001-verano 2002 con el período otoño 2002-verano 2003, las capas óxicas, en el primero de estos, se presentaron en general más profundas, lo que llevó a que en el sector oceánico la isolínea de 1 mL/L se ubicara entre 50 y 100 m más abajo, en tanto que en el sector costero, aunque con diferencias mucho menores, también se aprecia una mayor profundidad en relación a lo observado en el presente período de muestreo.

En la transecta de punta Lobos (T3), las mayores concentraciones se midieron en primavera con valores que superaron los 8 mL/L en la zona costera, lo que coincidió con un núcleo de alta biomasa pigmentaria. Por otra parte, si bien en las cuatro estaciones del año se observan los procesos de afloramiento, sólo en otoño y verano las isolíneas subóxicas interceptaron la superficie, lo que evidencia un aumento de la participación de agua tipo AEES en esas estaciones. La distribución de OD es similar a la observada en la misma transecta en el período 2001-2002. En general, en ambos períodos anuales la isolínea de 1 mL/L se encontró sobre los 50 m en la zona costera, y entre 50 y 100 m en la zona oceánica.

En la transecta de punta Junín (T4) y durante las estaciones de invierno y primavera, con una surgencia costera de intensidad débil, los valores de OD se mantuvieron altos en superficie lo que evidencia la participación de agua tipo ASAA en este proceso, sin embargo, bajo el nivel de 25 m la participación de AEES es notoria también por los valores de OD inferiores a 1 mL/L. En otoño, los altos niveles de OD observados en la capa superficial de los primeros 20 m entre las 20 y 70 mn corresponderían a agua tipo ASAA transportada desde la costa. Tanto en otoño como en verano, las concentraciones subóxicas llegaron a la superficie, observándose en ésta última la mayor intensidad.

En general, en el período 2002-2003, en comparación con el 2001-2002, hubo una disminución del espesor de la capa óxica y una ubicación más somera de la isolínea de 1 mL/L, la que se encontró en promedio 25 m más superficial.

En la transecta de Arica (T5), sólo en los períodos de otoño e invierno la capa óxica superó los 5 m, manteniendo altos valores superficiales en éste último. Por el contrario, en primavera y verano la capa óxica disminuyó su presencia drásticamente, comenzando el gradiente óxico típico (5 a 1 mL/L) prácticamente desde la superficie abarcando hasta una profundidad no superior a 60 m. En las cuatro estaciones hubo evidencia de surgencia, sin embargo, sólo en verano las isolíneas subóxicas llegaron a la superficie. Esta transecta, por lo tanto, tuvo este año una notable disminución en el espesor de la capa óxica en comparación con el período 2001-2002, que presentó en promedio un espesor de 25 m en las cuatro estaciones del año.

Una característica de las transectas entre punta Lobos y Arica en todo el período fueron los fuertes gradientes verticales en el sector costero, los que en promedio no superaron los 25 m de profundidad y que coincidieron con importantes núcleos de biomasa pigmentaria. Lo anterior indicaría que los afloramientos débiles de todas formas permiten la cercanía de agua tipo AEES a la zona eufótica, facilitando el acceso del fitoplancton a fuentes de alto contenido de nutrientes inorgánicos, los que serían advectados desde bajo la oxiclina, permitiendo la fertilización de ésta (Braun *et al.*, 2002). Por otra parte, aunque es difícil establecer algún nivel de relación entre la biomasa fitoplanctónica y el OD, se midió concentraciones de OD en el rango > 6 a 8 mL/L asociadas a núcleos mayores de 3 µg/L de biomasa fitoplanctónica en algunas estaciones costeras, como el caso de Arica. De esta asociación podría deducirse el efecto importante de la actividad fitoplanctónica sobre las tensiones locales de OD en la zona, sin embargo, esta asociación no es lineal debido al efecto del muestreo nocturno donde la columna de agua está bajo un sistema metabólico oxidativo.



Bajo los 25 metros en la zona costera, las condiciones de hipoxia son características de un ecosistema constituido por organismos autotróficos, tales como bacterias fotoautotróficas o quimioautotróficas, que eventualmente pueden ser utilizadas como fuente de alimentación. La composición de los pigmentos fotosintéticos en esta zona no está dilucidada en la actualidad y solo es posible observar un incremento significativo en los productos de degradación o feopigmentos. No obstante lo anterior, se debe destacar que las asociaciones antes descritas entre el OD y el plancton fotosintético son siempre locales y que en términos generales el OD no presentó ninguna asociación funcional con la clorofila a (Braun *et al.*, 2002).

Al igual que en el período 2001-2002, en el sector oceánico el gradiente vertical de OD fue en general menos intenso y más profundo a la vez que presentó un mayor espesor de la capa óxica que lo observado en la zona costera. Por otra parte, nuevamente se apreció una disminución del espesor de la capa óxica desde sur a norte, lo que responde al aumento de la participación de AEES en las capas menos profundas. Los valores máximos de OD observados en la zona superficial oceánica, deberían estar asociados casi en su totalidad a mecanismos de interacción océano-atmósfera, debido a que la actividad biológica en ambientes oligotróficos no alcanza a aumentar los valores de OD por sobre los niveles de saturación, dadas las características físicas de la masa de agua (Braun *et al.*, 2002).

La cloaint durante las cuatro estaciones del año, presentó núcleos de altos valores, superiores a 100 mg/m², que evidencian la tendencia de la cloa a distribuirse ampliamente en la columna de agua, lo que rompe el patrón observado en el período 2001-2002, cuando sólo se detectaron altos valores entre primavera y verano. La distribución de cloaint es bastante similar a la de cloa, especialmente en verano, en cambio en otoño la correspondencia no es tan clara, debido a que los núcleos más importantes se centraron entre los 10 y 25 m en punta Lobos (T3) y punta Junín (T4) respectivamente, en tanto que los mayores valores superficiales se dieron en Arica (T5) y punta Copaca (T2) y no se reflejaron en la cloaint, debido a que estos núcleos no superaron los 5 m de profundidad. Los feopigmentos integrados aumentaron sus concentraciones en primavera y verano, aunque siempre manteniéndose por debajo de los valores de la cloaint.

En cuanto a la distribución vertical de clorofila, se observaron núcleos de alta concentración en las capas superficiales o subsuperficiales en las cuatro estaciones del año y prácticamente en todas las transectas, la única excepción se dió en el crucero de otoño en la transecta de bahía Moreno (T1), que no presentó valores eutróficos, lo que coincidió con una profundización de la capa de mínimo OD, asociado a un aumento de la participación de ASSA, debido a la disminución de la intensidad de la surgencia costera. Desde invierno a verano esta transecta mantuvo núcleos de cloa con concentraciones entre 2 y 4 µg/L, dándose las mayores en invierno. En el período 2001-2002 a diferencia del presente, se observaron valores productivos de cloa en las cuatro estaciones, midiéndose los mayores en verano.

La transecta de punta Copaca (T2), al contrario de bahía Moreno (T1), presentó los mayores valores en otoño (> 10 µg/L), disminuyendo progresivamente entre invierno y verano con máximos que aunque importantes, no superaron los 3 µg/L. Situación inversa se observó en el período 2001-2002, cuando la menor agregación pigmentaria se informó para otoño de 2001, mientras que las mayores se encontraron en el verano de 2002.

En general se puede apreciar que las mayores agregaciones pigmentarias se presentaron en las transectas de la zona centro norte del área de estudio: punta Lobos (T3), punta Junín (T4) y Arica (T5), con concentraciones que superaron ampliamente los 6 µg/L durante todo el período de estudio, y núcleos que habitualmente superaron los 10 m de profundidad, situación que fue reflejada en la distribución de clorofila integrada.



La concentración más elevada de todo el período de estudio, se midió en el crucero de otoño (donde se observaron también los más bajos valores) en la transecta de punta Lobos (T3) donde el valor de cloa superó los 26 $\mu\text{g/L}$. Cabe destacar que para la misma localidad y para el período precedente (verano 2002), se reportó una concentración de similar magnitud (27 $\mu\text{g/L}$). Tomando en cuenta además, que se observaron núcleos de alta cloa ($> 6 \mu\text{g/L}$) entre invierno y verano, se puede considerar que en este período las concentraciones fueron más altas que las observadas en igual estación de la serie 2001-2002.

En la transecta de punta Junín (T4), se destaca en otoño, también una condición poco habitual en la zona y que es la presencia de un núcleo subsuperficial a 20 mn y 25 m de profundidad, que correspondió al más alejado de la costa y el de mayor profundidad que se halla observado durante todo el período de estudio. Esto podría indicar al menos dos escenarios, en el primero se trataría de una fuente continua de cloa que estaría siendo generada en las inmediaciones de la zona costera y transportada hasta las 20 mn por mecanismos de advección, mientras que el segundo podría corresponder a una alta producción biológica in situ.

La transecta de Arica a lo largo de todo el período de estudio presentó agregaciones de importancia, destacándose el gran núcleo de verano que se ubicó entre la costa y las 10 mn, con concentraciones que superaron los 6 $\mu\text{g/L}$. En esta transecta, tanto en invierno como en verano, se detectó un segundo núcleo eutrófico alejado de la costa (70 mn). En primavera también se detectó un núcleo, pero con concentraciones mesotróficas. Estos aumentos en las concentraciones de cloa tan alejadas de la costa, probablemente correspondan al borde de la distribución costera peruana que generalmente es mucho más extensa que la chilena (Calienes *et al.*, 1985), o pueden deberse al desplazamiento de parches costeros generados en los centros de surgencia de la costa del Perú, especialmente punta San Juan, por efecto de la circulación del sector o por la formación de remolinos de pequeña escala típicos de la zona del codo de la frontera Chile-Perú (Hormazábal, com. pers). Esta situación fue descrita también entre invierno y verano del período 2000-2001, aunque con núcleos mesotróficos subsuperficiales.

Una característica de la zona de estudio son las intrusiones de masas de agua pobres en pigmento hacia la zona costera cortando la franja productiva. Esta situación se observó claramente en otoño cuando la franja mesotrófica que caracteriza estas distribuciones a lo largo de la costa desaparece en bahía Moreno (T1). Detectándose además tal situación, aunque con menor fuerza, en la transecta de punta Junín (T4) en invierno; en la estación 31 (22° 44,5'S) en primavera y en punta Copaca (T2) en verano.

En general, el período de estudio 2002-2003 estuvo en un estado permanente de alta producción biológica, sin presentar un ciclo estacional claro. Esto implica un aumento en las concentraciones de cloa en comparación con lo observado en los períodos 2001-2002 y 2000-2001 en las cuatro estaciones del año (Braun *et al.*, 2001; Braun *et al.*, 2002).

Con respecto a la asociación de la cloa con las variables físicas, los tamaños de muestra difieren para cada una de ellas y, en algunos casos estos tamaños pudieran no ser suficientemente representativos como para formalizar la estructuración de un modelo en particular y, por lo mismo, los resultados tampoco pudieran ser estadísticamente significativos. Lo anterior se debe a que existen dificultades prácticas como para disponer de una adecuada cantidad de información.

Cabe hacer notar que en las figuras, se observaron datos que escaparon a la conducta que sugiere el modelo. Sin embargo esto es una situación perfectamente esperable que ocurra atendiendo al efecto de algunas variables, directas o indirectas, que están relacionadas con el proceso biológico, pero que no se encuentran explícitamente modeladas. Es importante destacar esta situación, toda vez que la incorporación



de estos datos en la modelación del proceso biológico en estudio se ve reflejada en el valor observado de los indicadores que tienen que ver con el grado de ajuste, como ocurre con el coeficiente de determinación. Situación observada principalmente en las figuras de *clot* v/s TSM y salinidad.

Según el modelo utilizado, la mejor asociación se da entre la *clot* y la profundidad del disco de Secchi, lo que es esperable al observar las gráficas. De estas correlaciones se puede deducir además que las mayores concentraciones de *clot* se encontraron relacionadas con profundidades de transparencia de las columnas inferiores a 9 m.

Por otra parte, se constata la similitud de las pendientes de las curvas a través de los dos últimos años (Braun, *et al.*, 2001; Braun, *et al.*, 2002). El valor del intercepto que representa el valor superficial de *clot* estimado por el modelo indicó cierta estacionalidad en el período 2002-2003, correspondiendo el valor más bajo a otoño, mientras que la mayor concentración de *clot* se detectó en primavera, doblando el valor observado en otoño. Sin embargo, de la distribución superficial de *clot* se observó que las mayores concentraciones se midieron en verano. Esta diferencia se debe a que en esta relación sólo se toman en cuenta los datos del muestreo de día, lo que en este caso afectó el resultado.

En comparación con los dos años anteriores, en el período 2001-2002 la mayor concentración se dio en primavera y la menor en verano, en un rango similar al del presente período. Sin embargo, en el período 2000-2001, la mayor concentración se reveló en invierno y fue excepcionalmente alta (6,59 $\mu\text{g/L}$), mientras que la menor se manifestó en primavera, por lo que no hay una estacionalidad clara al menos en estos tres últimos años.

Con respecto a la temperatura, se observó un ciclo estacional con un bajo valor del coeficiente de determinación en otoño, lo que es esperado para esta variable en esta época, y que disminuye aún más en invierno al no verse asociación, debido a un estrecho rango de TSM que no permite ver una separación entre valores costeros y oceánicos de temperatura y por lo tanto, los altos valores de *clot* se distribuyeron en todo el rango termal. La mejor asociación se observó en primavera, quedando de manifiesto que a temperaturas superiores a 19°C, la concentración de *clot* es típica de aguas oceánicas (< 2,2 $\mu\text{g/L}$). En verano la asociación es un poco más baja que en primavera pero mantiene la tendencia. En el período 2001-2002, se mantiene la escasa relación en invierno, sin embargo, la mejor asociación se dio en otoño.

En cuanto a la asociación de la *clot* con la salinidad, es claro que el modelo no representa la distribución observada, y lo único que se puede decir es que en general las mayores concentraciones de *clot* se asociaron a un rango de entre 34,7 y 34,9 psu, correspondiente a una importante participación de AESS, en tanto que a salinidades superiores a 34,9 psu características de AST oceánica, las concentraciones de *clot* en general fueron inferiores a 0,2 $\mu\text{g/L}$, mientras que a salinidades inferiores a 34,7 psu, que es característica de ASAA, se asociaron a concentraciones inferiores a 4 $\mu\text{g/L}$, correspondientes a las estaciones de la parte sur de la zona de estudio, principalmente bahía Moreno.

Teniendo en cuenta la distribución de las variables y la escasa data de algunas de ellas, los resultados de la asociación de clorofila con variables ambientales, sólo pretende entregar una visión de cómo se comportó el sistema en los períodos puntuales en que se realizaron los muestreos y describir con ellos alguna tendencia que podría ser corroborada en estudios posteriores, dada la no necesaria correspondencia entre los períodos calendarios utilizados para definir el momento de la toma de muestra con el tiempo propio de la naturaleza. Por otra parte, queda de manifiesto que el modelo, al menos en lo referente a temperatura y salinidad, no explica adecuadamente la distribución presentada, por lo que a futuro habrá que explorar diferentes relaciones.



En relación a la presencia de estadios de desarrollo de las especies de importancia para este análisis, en otoño de 2002, no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de sardina, jurel y caballa.

La intensidad del desove de anchoveta estimada a través de la densidad promedio por estaciones positivas, muestra en otoño de 2002, la misma tendencia creciente para las respectivas fases de desarrollo. No obstante lo anterior, los huevos y larvas exhiben una situación distinta con respecto al verano de 2002. Es así, como la fase de huevos presentó una leve disminución en sus niveles de abundancia lo que se traduce en un porcentaje de cambio negativo igual a 5,7%. Por su parte las larvas mostraron un significativo incremento igual a 263%. Cabe señalar que para el periodo comprendido entre el invierno de 1995 y otoño de 2002, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general levemente ascendente, con cinco picos de abundancias significativamente importantes (> 18.000 huevos/10 m²), los que se han registrado en el periodo de primavera de 1996 y 1997, invierno de 1998, primavera de 2000 e invierno de 2001. Al mismo tiempo se han observado drásticas disminuciones en la intensidad del desove durante los periodos de verano - otoño de 1997, otoño de 1999 y 2000.

Con relación a las fases larvianas, estas muestran una tendencia general ascendente y superior respecto de los huevos, con mínimos de magnitudes similares los que han sido registrados durante los periodos de verano - otoño de 1996, 1997 y 1998, observándose que las máximas abundancias (> 1.490 larvas/10 m²) se reportan en invierno de 1995, 1996, 1997, 1999 y 2000, lo que es coherente con el pick primario del desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie, registrándose además abundancias significativas durante los periodos de primavera de 1999 y verano de 2000 y 2001. Cabe destacar que el otoño de 2002, se constituyó en el registro más alto de la serie invierno 1995 – otoño 2002. Para esta fase de desarrollo, las mayores frecuencias de estaciones positivas (>30), se registran durante el verano, otoño, invierno de 1999 e invierno de 2000; siendo significativas también (>20) las detectadas en el resto de los cruceros.

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de las especies objetivo realizadas en el transcurso de los años 1983 – 2002, para la estación de otoño señala que durante el otoño de 2002, persiste el predominio de anchoveta respecto de sardina, jurel y caballa, situación que se ha mantenido sin alteraciones a partir del año 1987.

Al contrastar los resultados obtenidos en otoño de 2002 con los reportados en cruceros anteriores, se determina que los niveles de abundancia del ictioplancton de anchoveta analizados en base a la densidad promedio por estaciones totales, señala que en ésta oportunidad se produce un significativo incremento en la cobertura geográfica de huevos y una leve disminución de las fases larvianas, lo que se refleja en tasas de cambio respecto al 2001 iguales a 93% y -10,5% para las respectivas fases del desarrollo. El otoño de 2002, se constituye en el primer registro más importante en cuanto a cobertura geográfica de la serie 1983-2002 para el caso de los huevos y en el segundo de mayor relevancia, para el estadio de larvas.

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas, señalan con respecto al otoño de 2002, una situación diferente para las respectivas fases de desarrollo. Es así, como los huevos de esta especie muestran una leve disminución en su intensidad y concentración igual a -5,7%, mientras que las fases larvianas incrementan su intensidad en un 263%.

Las estimaciones más altas del índice de abundancia larval de anchoveta para la estación de otoño se han obtenido durante los dos últimos años, 2001/2002. Con posterioridad al otoño de 1998, el índice ha exhibido una tendencia general ascendente experimentando en el año 2000 y 2002 disminuciones iguales a - 57,6% y - 34,6%, respectivamente.



En invierno de 2002, no se registraron estaciones positivas a huevos de caballa y larvas de sardina y caballa. En relaci3n a los focos de desove cuantitativamente importantes (>57.000 huevos de anchoveta), destacan claramente los ubicados a 1 mn frente a Punta Lobos, Bahía Moreno, Punta Yapes y Punta Gruesa, los que en conjunto importan más del 85% al total de huevos de la especie. Con respecto al número de huevos, el invierno de 2002 presentó respecto al crucero de invierno precedente una tasa de cambio positiva igual a 173%, constituyéndose el período 2002 en el tercer registro más importante de la serie 1981 – 2002.

Las áreas de desove más significativas de las fases larvárias, se corresponden en general con las descritas para el estadio de huevos, registrándose tres focos cuantitativamente importantes (> 12.000 larvas) los que se localizaron a 1 mn al oeste de Punta Gruesa y Punta Yapes y a 40 mn frente a Punta Lobos. En relaci3n al número de larvas y al igual que lo señalado para el estadio de huevos, el invierno de 2002 presentó respecto al crucero de invierno precedente un significativo incremento el que se traduce en una tasa de cambio igual a 115%, constituyéndose esta vez en el noveno registro más importante de la serie 1981 -2002.

La intensidad del desove de anchoveta, estimada a través de la densidad promedio por estaciones positivas, muestra con respecto a 2001 un incremento para la fase de huevos y larvas, con tasas de cambio iguales a 36,5% y 25,4% para los respectivos estadios.

Con respecto al índice de abundancia larval para anchoveta, las más altas estimaciones se han obtenido en los inviernos de 1985, 1994 y 1989 y los más bajos han estado asociados a la presencia del fenómeno de El Niño registrados durante los años 1987, 1991 y 1998. Durante los inviernos de 1995, 1996 y 1997 el índice se mantuvo prácticamente constante, fluctuando entre 5 y 7, para disminuir drásticamente en 1998. A partir de 1998 se observa una tendencia general ascendente en sus valores para experimentar una nueva disminuci3n en el invierno de 2001 e incrementarse significativamente en invierno de 2002, situaci3n que se traduce en un porcentaje de cambio igual a 132% con respecto al 2001.

En primavera de los años 1983-2002, se aprecia nuevamente la predominancia del desove de anchoveta sobre sardina, jurel y caballa, situaci3n que se ve corroborada al examinar el parámetro comunitario dominancia numérica, el cual fue igual a 74,6% para la fase de huevos y 35,4% para las fases larvárias.

La estimaci3n de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta por estaciones totales, analizada como un índice de la extensi3n del desove, señala que en primavera de 2002 se detecta una situaci3n diferente para ambas fases de desarrollo. La fase de huevos experimenta un significativo decremento en sus densidades promedio por estaciones totales y positivas, exhibiendo porcentajes de cambio respecto a 2001 iguales a 107,3% en su cobertura geográfica y 21,2% en su intensidad, constituyéndose la primavera de 2002 en el sexto registro en términos de abundancia total de huevos más importante de la serie 1983-2002.

La cobertura geográfica e intensidad de desove exhibida por las fases larvárias en primavera de 2002, señala que respecto a la primavera precedente, se produce una disminuci3n igual a 31,3% y 36,2%, respectivamente.

Las estimaciones más altas del índice de abundancia larval de anchoveta para la estaci3n de primavera se han obtenido durante los años 1988, 1996 y 1999 y las más bajas se han registrado en los años 1987, 1991 y 1993. En primavera de 1996, se apreció 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 2000 en un 79%. Con respecto al a1o 2001, el 3ndice de abundancia larval disminuy3 en un 31,4%.

En la estaci3n primaveral 2002, no hubo registros positivos a huevos y larvas de sardina, situaci3n que tambi3n se present3 en igual per3odo de los a1os 1996 y 2001.

Con respecto a la estimaci3n del 3ndice de abundancia larval de sardina para la estaci3n de primavera, durante los a1os 1986 y 1987 se registran los m3s altos valores del 3ndice de la serie analizada. A partir de 1990 y a excepci3n de la primavera de 1999, el 3ndice larval se ha mantenido en un nivel muy bajo con valores comprendidos entre 0 y 1, y al igual que lo reportado para anchoveta, este disminuye dr3sticamente en primavera de 2000.

En relaci3n a jurel, el estadio de huevos muestra un porcentaje de cambio positivo a 7,6% en su cobertura geogr3fica. Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto al a1o 2001, un incremento igual a 126%.

No obstante que para el recurso caballa se dispone de una serie menor, 1996-2002, ambas fases de desarrollo muestran niveles de abundancia muy bajos respecto a anchoveta y sardina, exhibiendo en esta oportunidad un incremento en la intensidad del desove de acuerdo a lo se1alado por los huevos (642%) y una importante disminuci3n en la concentraci3n de las fases larvarias (-87%).

En verano de los a1os 1983-2003, se aprecia nuevamente la predominancia del desove de anchoveta sobre sardina, jurel y caballa, situaci3n que se ve corroborada al examinar el par3metro comunitario dominancia num3rica, el cual fue igual a 82,0% para la fase de huevos y 77,5% para las fases larvarias.

La estimaci3n de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta por estaciones totales, analizada como un 3ndice de la extensi3n del desove, se1ala que en el verano de 2003 se produce un significativo incremento en la cobertura geogr3fica de huevos y larvas, lo que se refleja en tasas de cambio respecto al 2002 iguales a 208,8% y 240,1% para los respectivos estadios. El verano de 2003, se constituye en el registro de mayor relevancia cuantitativa en cuanto a cobertura geogr3fica de la serie 1982-2003 para huevos y larvas de esta especie.

En relaci3n a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas, se1alan con respecto al verano de 2002, la misma situaci3n descrita con antelaci3n, es decir, un significativo incremento en la concentraci3n del desove tanto para huevos como para larvas iguales a 392,9% y 279,8%, respectivamente.

Con respecto a la estimaci3n del 3ndice de abundancia larval para la estaci3n de verano, se aprecia que las m3s altas evaluaciones se han obtenido durante el per3odo 1999/2003. Con posterioridad al verano de 1988 y hasta el 2000, el 3ndice exhib3a una tendencia general ascendente experimentando en los veranos de 2001 y 2002 disminuciones iguales a 58% y 19%, respectivamente. En verano de 2003, se registra el valor m3s alto de la serie analizada, cifra 264% mayor respecto de la obtenida en 2002. En relaci3n a las m3s bajas estimaciones, 3stas se han observado en los veranos de los a1os 1987 y 1998, asociados a eventos de El Ni1o.

La extensi3n del desove en sardina, se1ala con respecto al verano de 2002, una mayor cobertura geogr3fica para ambos estadios igual a 200% y 700%, respectivamente. En cuanto a la intensidad y concentraci3n del



desove, las densidades promedio por estaciones positivas indican con referencia al 2002, un incremento del orden de 140% para el estadio de huevos y de 538% para las fases larvarias.

Con respecto al estimado del índice de abundancia larval, éste presenta una tendencia a incrementar sus valores a partir del verano de 1997, pero al igual que anchoveta, decrece considerablemente a partir del año 2000 a la fecha, obteniéndose en verano 2002 el registro más bajo de la serie 1987/2002. Con respecto al período estival precedente este índice señala un incremento igual a 260%.

En relación a jurel, la comparación de resultados respecto al 2002, señala un incremento para la fase de huevos y ausencia de los estadios larvarios, exhibiendo en esta oportunidad la fase de huevos un porcentaje de cambio igual a 1.000% en su cobertura geográfica. De acuerdo a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas a huevos acusan con respecto al crucero precedente, un aumento igual a 450%.

Para el recurso caballa se dispone de una serie menor, 1991-2003, exhibiendo en ambas fases de desarrollo niveles de abundancia muy bajos respecto a anchoveta y sardina, pero superiores a jurel. En verano de 2003, no se registran estaciones positivas a larvas de caballa y sólo una estación positiva a huevos de esta especie.

En las estaciones fijas, durante el período mayo 2002 - mayo 2003, se puede observar altas concentraciones superficiales de oxígeno disuelto (OD) en las localidades de Arica y Mejillones, sin embargo la profundidad de la capa de mínimo OD se mantuvo dentro del rango normal. La estación de vigilancia de Iquique por su parte, presentó concentraciones de OD dentro del rango normal durante todo el período, con una distribución estacional muy similar a la de los períodos 1999 y 2001.

Respecto a la clorofila en las estaciones fijas, durante el período mayo 2002 - mayo 2003, se puede observar que en Arica la capa productiva se mantuvo durante todo el período, situación que se repite en el año 2000. Esta estación se caracteriza por presentar un gran bloom, aunque sin una estacionalidad clara ya que entre 1998 y 2000, éste se observó en invierno, en tanto que en los años 2001 y 2003 en el período primavera – verano. En la estación de Iquique se mantuvo hasta enero de 2003 el largo período productivo comenzado en julio de 2001, situación poco usual. A pesar de esto las concentraciones medidas en el presente período de muestreo son inferiores a las detectadas en años anteriores. En Mejillones la situación más llamativa corresponde al persistente núcleo de altas concentraciones que se mantuvo durante todo el último trimestre del 2003, lo que no se había observado anteriormente, sin embargo, en esta estación es también donde se registró el mayor número de períodos mensuales sin concentraciones eutróficas.

Durante el transcurso del tiempo, el ictioplancton de anchoveta ha mostrado en términos generales una tendencia a permanecer espacio-temporalmente en las tres estaciones fijas de monitoreo, pero con diferentes esquemas, durante la última serie analizada, Abril 2002 – Julio 2003, se constató que los huevos y larvas experimentaron la mayor constancia temporal en Mejillones y en Arica, con ausencias escasas cuando las hubo, mientras que en Iquique se observó a lo largo del tiempo el mayor número de ausencias mensuales. Esta situación se repite durante el período anual comprendido entre Abril 2001 – Mayo 2002.

Respecto de la densidad, las mayores concentraciones de huevos y larvas fueron detectadas en Arica y mayoritariamente durante los meses correspondientes al año 2003. Particularmente los huevos exhibieron sus máximas abundancias durante los meses de enero, marzo, abril, junio, julio 2003 y diciembre 2002.



En Iquique las mayores alzas se observaron durante septiembre 2002 y enero 2003, los huevos en esta estación mostraron sus menores abundancias y mayores ausencias principalmente durante los meses de los períodos otoñales.

En Mejillones las máximas densidades fueron vistas mayormente en los meses invernales, particularmente en agosto, septiembre 2002 y julio 2003.

En Arica y Mejillones los huevos y larvas muestran una tendencia a incrementar sus niveles de abundancia con el tiempo, aunque en Mejillones esta tendencia se muestra más leve, mientras que en Iquique se produce la situación inversa.

Las larvas por su parte se presentaron mayoritariamente en Arica durante los meses de marzo, abril y mayo 2003, en Iquique en febrero y julio 2003 y en Mejillones durante septiembre 2002 y julio 2003. Lo anterior demuestra una prevalecencia mayoritaria tanto de huevos como de larvas durante los meses que coinciden con sus períodos principales de desove.

En términos globales las concentraciones de huevos de anchoveta estuvieron casi siempre por encima de los niveles de abundancia de las larvas, lo que se puede explicar por el hecho de que estas son menos susceptibles de ser capturadas por presentar ellas mismas un mayor grado de evasión a las redes y además por el mismo transporte al que están expuestas y a la predación.

La presencia de ictioplancton de sardina fue puntual, encontrándose registros positivos de larvas solo en marzo 2003, mientras que los últimos ejemplares de huevos identificados ocurrieron en octubre del año 2000. En Iquique se detectaron los últimos ejemplares de larvas en diciembre 2002 y en julio 2001 y en Mejillones en febrero 2002 para huevos y en mayo 2000 para larvas.

Los grupos zooplanctónicos presentes en los cuatro períodos estacionales mostraron características tanto cualitativamente como cuantitativamente similares, detectándose en uno u otro período ausencias bien particulares de determinados taxas, específicamente de foraminíferos o estomatópodos, siendo estos últimos, junto con los radiolarios y ctenóforos los menos abundantes durante todo el año, esta situación puede responder lo expuesto por Ramos (1995), donde el incremento y persistencia de las poblaciones en su ambiente es un reflejo de sus adecuaciones biológicas respecto del medio referido. Por otro lado una situación de dominancia numérica de ciertos grupos por sobre otros, puede explicarse no solo a procesos competitivos, sino como mejores capacidades inherentes de los organismos involucrados para soportar y utilizar su ambiente, rindiendo así tasas de productividad que sean proporcionales a su adecuación biológica, lo que se pudiera traducir en aquellos grupos cuyos porcentajes de dominancia numérica siempre están en un orden jerárquico superior al resto, entre los que se pueden mencionar están los copépodos, quetognatos, apendicularias, eufáusidos y sifonóforos, grupos que durante los cuatro períodos estacionales analizados mostraron las máximas dominancias numéricas.

En términos globales el análisis separado entre la zona costera y oceánica, permitió determinar que los diferentes grupos zooplanctónicos identificados se presentaron en ambas zonas, sin embargo, donde aportaron con sus mayores niveles de abundancia fue en la zona costera en los períodos de invierno y primavera 2002, esto se ve corroborado con los resultados obtenidos en igual período del año 2001 (Braun, *et al.*, 2002), observándose iguales resultados y determinándose como grupos dominantes de la zona oceánica principalmente a las medusas, pterópodos y doliólidos en invierno de 2001 y 2002 y a los doliólidos, quetognatos, sifonóforos, eufáusidos y medusas en primavera 2001 y 2002, mientras que en los veranos las



dos zonas presentaron concentraciones de grupos casi en iguales proporciones, es decir, en cada sector dominó un 50% de ellos.

Los taxas que siempre mantuvieron la misma dominancia en la zona costera fueron los copépodos, poliquetos, cladóceros, larvas de cifonautas, larvas de decápodos y anfipodos, contrariamente los individuos más abundantes de la zona oceánica fueron los quetognatos, sifonóforos, medusas y doliólidos, varios de estos grupos también fueron observados como dominantes en estas zonas durante los cuatro períodos estacionales del año 2001.

El único ítem que exhibió sus mayores concentraciones hacia la zona oceánica en los cuatro períodos correspondió a los quetognatos, quien demostró siempre la tendencia a incrementar las abundancias desde la costa hacia el área oceánica.

En relación a la biomasa zooplanctónica, durante los períodos de otoño, invierno y primavera 2002 las mayores concentraciones de esta se observaron dentro de las 20 millas de la costa, en tanto en verano de 2003 se detectaron máximos en la primera y 70 mn.

Similar a lo expuesto por Oliva *et al.*, (2002) los huevos y larvas de anchoveta se distribuyen en zonas donde se presentan variaciones latitudinales moderadas de la TSM, relacionadas a las proximidades de focos de aguas surgentes y a diferenciales térmicos moderados. En cuanto a los huevos de anchoveta, éstas se presentan principalmente entre la latitud 21°S y Tocopilla, registrándose las mayores densidades en las primeras 10 millas de la costa en sectores de aguas surgentes y en gradientes térmicos intermedios.

En cuanto a la distribución de la temperatura superficial del mar registrada por satélites, se observa que en los meses de enero y febrero de 2002 las TSM se sitúan en el rango 18-26°C, con un marcado predominio de aguas superiores a los 21°C y un desplazamiento de las isotermas con mayores temperaturas hacia la costa, también se advierte la virtual ausencia de masas de agua con temperaturas menores a 18°C, se destaca que este período se presentó más cálido que los años 2000 y 2001 (Braun *et al.*, 2001 y 2002).

En la época de marzo-mayo de 2002 se advierte el característico enfriamiento de la zona de estudio con TSM que se localizan entre los 14 y 25°C, con una migración de la isoterma de 20°C hacia sectores más oceánicos, durante estos meses del año 2002, las TSM muestran registros superiores al de años precedentes; así en el período anual 2002 gran parte de la zona de estudio mostraba TSM superiores a los 19-20°C, que incluso alcanzan los 25°C, en cambio en el año 2001 las temperaturas se distribuyen entre los 15°C y los 24°C, y en el 2000 oscilaron entre los 17°C y 24°C; estos meses se caracterizan por presentar 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-septiembre se distingue por el notable descenso que se produce en las temperaturas las que rara vez superan los 18-19°C, debido a la transición entre otoño e invierno, lo anterior se debe a la variación intra e interanual que se presenta en la zona de estudio y que es descrita por Pizarro *et al.*, (1994), Yáñez *et al.*, (1995) y Braun *et al.*, (2002) y que coincide con lo expuesto por el SHOA en el BAC 143 en cuanto al comportamiento de las temperaturas superficiales. Esta estación se distingue por una estructura térmica superficial homoterma sin grandes gradientes térmicos, un desplazamiento de la isoterma de 15°C en el sentido este y el afloramiento de aguas frías en los sectores costeros.



En los meses de octubre-diciembre, con el comienzo de la estación primaveral se presenta un aumento en los registros de temperatura, los que alcanzan los 22-23°C, preferentemente en los sectores norte y oceánicos, esta época se destaca por la intrusión de aguas oceánicas, un desplazamiento de las isotermas mayores en dirección este y un fortalecimiento de las surgencias; se destaca que los registros logrados este año son superiores a aquellos del año 2001, pero son levemente inferiores a los del 2000; en concordancia con lo expuesto, el SHOA manifiesta una tendencia generalizada hacia condiciones normales de la TSM y del NMM y que en general, todas las estaciones costeras presentaron anomalías negativas de TSM que no superaron los $-0,5^{\circ}\text{C}$, con excepción de la estación de Arica, que nuevamente presentó una anomalía negativa considerable (BAC 146). En enero-febrero de 2003 continúa el incremento de las TSM, que se localizan preferentemente entre los 18 y 25°C, con un marcado predominio de aguas superiores a los 20°C, destacándose la intrusión de masas de aguas oceánicas con elevadas temperaturas, un corrimiento de las isotermas de mayores temperaturas hacia el borde costero y un fuerte diferencial térmico en dirección norte-sur. Durante marzo-abril se aprecia el característico decrecimiento de las TSM, las que se ubican en el rango de 16 a 25° C, destacándose un desplazamiento de la isoterma de 20° C en dirección noroeste que deja una extensa área oceánica con bajas temperaturas (19 a 20° C) en la mitad sur de la zona, también se observa un brusco diferencial térmico en dirección norte-sur y la presencia de aguas frías en la costa que son indicativas de un fortalecimiento de eventos de surgencias formando filamentos de gran amplitud –sobre las 100 mn– y preferentemente al sur del Río Loa. Se destaca que para este último período el boletín de alerta climático (BAC 149), indica un debilitamiento del Fenómeno El Niño en el Pacífico ecuatorial y central, especialmente en el mes de abril.



IX. CONCLUSIONES

Los vientos medidos en los cruceros estacionales se presentaron similares a períodos anteriores, presentando patrones típicos de mayor intensidad en primavera y verano y con una dirección predominante del segundo y tercer cuadrante lo que fue favorable a la surgencia costera.

Los valores de temperatura y salinidad superficial y la profundidad de la isoterma de 15°C se presentaron en general en todos los cruceros dentro de los rangos normales. Lo anterior indica que en los períodos de muestreo no se observaron efectos de El Niño 2002-2003 en la zona norte de Chile, evento declarado en Julio de 2002 en el Océano Pacífico Ecuatorial.

Anomalías significativas de temperatura y salinidad superficial, como también en la profundidad de la isoterma de 15°C estuvieron asociados principalmente, durante la realización de los cruceros, a la presencia de giros ciclónicos y anticiclónicos que se presentaron en la zona. El período estacional de invierno presentó el mayor número de giros oceánicos en comparación con los otros tres.

Efectos del evento cálido El Niño 2002-2003 se manifestaron como anomalías significativas de TSM en el sector oceánico y costero sólo durante las últimas semanas de enero y las dos primeras de febrero 2003. En esas semanas, la termoclina observada en las estaciones costeras se profundizó también notoriamente, lo que indica el posible paso de una onda Kelvin por la zona norte de Chile. Por lo tanto, los efectos de un evento cálido fueron los más cortos y débiles observados desde 1982 en la zona norte.

Durante todo el período de estudio se observaron los habituales procesos de surgencia, con variaciones de intensidad, pero que se desarrollaron a lo largo de toda la franja costera en forma normal.

Las anomalías de TSM y SSM observadas en el sector oceánico frente a Arica parecen estar producidos principalmente por transporte de agua de surgencia desde el sector costero peruano. Junto a lo anterior se detectó en invierno un giro oceánico ciclónico que favoreció la presencia de estas anomalías en el sector.

Un aparente giro anticiclónico ubicado en la transecta de punta Copaca entre 20 y 40 mn de la costa, sería el responsable del aumento de temperatura y salinidad en el sector indicado, junto a la disminución de concentración de pigmentos y una menor anomalía negativa de la profundidad de la isoterma de 15°C.

El espesor de la capa de mezcla menor a 5 m que se presentó en general en los cuatro cruceros, se debería a las bajas intensidades de viento (< 5 m/s) que caracterizaron la zona en el período completo de estudio.

Espesores de capa de mezcla mayores a 5 m se encontraron asociados a intensidades del viento mayores a 5 m/s que se registraron en los mismos sectores.

Las transectas perpendiculares a la costa presentaron en la capa de los primeros 50 m de profundidad valores de anomalía de temperatura y salinidad, tanto negativos como positivos, que fueron mayores a los del resto de la columna de agua. Lo anterior ocurrió principalmente en el nivel de 25 m, lo que indica que este nivel tiene una fuerte variación térmica y salina intra estacional. En general, todas las anomalías bajo el nivel de 50 m son de baja magnitud y fueron valores no significativos.



La AST se ubicó en los primeros metros de la columna de agua, llegando su porcentaje de participación de masa de agua (PPMA) de 10 hasta un nivel de profundidad relativamente constante, entre 30 y 40 m. Su núcleo mostró variaciones estacionales notorias con los mayores valores de PPMA durante primavera y los menores en invierno.

Especialmente, los mayores valores de PPMA de la AST se localizaron en el sector oceánico de la transecta de los 21° S, indicando que esta masa de agua penetraría a la zona de estudio preferentemente desde el oeste o noroeste en esta latitud. La participación de agua tipo AST en el sector costero de las transectas disminuyó debido a los procesos de surgencia.

La ASAA, presentó los mayores PPMA hacia el sur de la zona de estudio y hacia la costa su participación disminuye por la mayor intervención de AESS en los procesos de surgencia más intensos. Sólo en el período de verano se observaron núcleos de PPMA menores a 40% pegados a la costa.

La AESS presentó un importante porcentaje de participación, superando en su núcleo un PPMA de 80 en todos los casos, y abarcando prácticamente toda la columna de agua muestreada. La variación estacional está dada por mayores PPMA en su núcleo en invierno y primavera, con valores que superaron el 90%, particularmente en las transectas del sector norte.

La participación de AESS en la zona costera es similar en los períodos de invierno, primavera y verano y levemente inferior en otoño, lo que puede traer consecuencias biológicas como una menor producción primaria producto de la reducción del aporte de nutrientes durante ese período.

En general, y de acuerdo a los resultados obtenidos en los cruceros, las tres masas de agua parecen tener variaciones estacionales de participación en sus núcleos, siendo mayor la intervención de AST en primavera, la ASAA en otoño y la AESS en invierno y primavera.

En términos generales, la distribución de OD durante el período de estudio otoño-verano 2002-2003 observó condiciones normales, presentando variaciones propias de un sistema dinámico, con fuerte influencia de la masa de agua imperante en los muestreos y sin una estacionalidad marcada.

Se observó una clara tendencia en las isolíneas a elevarse en el sector costero, reflejando los eventos de surgencia de distinta intensidad, interceptando la superficie en la zona costera en los eventos de mayor fuerza, ocurriendo esto de forma más frecuente en la estación de verano.

La capa óxica al igual que en el período 2002-2001, presentó un adelgazamiento en dirección sur a norte, mientras que los valores más altos de OD en el sector costero coincidieron con importantes concentraciones de biomasa fitoplanctónica.

En el presente período 2002-2003, las mayores concentraciones superficiales se observaron en verano, sin embargo, se puede concluir que el comportamiento espacial de la biomasa fitoplanctónica se mantuvo en un estado constante de alta producción, con bandas de concentraciones de cloa típicas de sistemas productivos que en general no superaron las 20 mn de la costa, con núcleos subsuperficiales que se observaron en la mayoría de las transectas y que se reflejaron en los altos valores de la cloint durante todo el período.



Sin perjuicio de lo anterior, al igual que en años precedentes se observaron algunas discontinuidades en la distribución espacial costera de cloa, asociados a los patrones de circulación de áreas determinadas, como los observados en bahía Moreno (T1) durante otoño.

En el presente período 2002 – 2003, en general se observó un aumento en las concentraciones de cloa con respecto al período anterior 2001 - 2002.

La única especie ictioplanctónica que ha prevalecido en el espacio y tiempo durante los cuatro cruceros estacionales realizados entre otoño 2002 y verano 2003 ha sido anchoveta, con presencia de ambas fases de desarrollo, pero con un amplio predominio numérico de los huevos, principalmente durante los períodos de invierno y verano, señalando y ratificando una importante actividad reproductiva especialmente durante estas estaciones del año.

Los huevos y larvas de sardina, jurel y caballa han aparecido escasamente en uno u otro período, pero sus niveles de concentración han sido muy bajos y su presencia temporal no se ha mantenido constante en el tiempo y su actividad reproductiva ha sido bastante moderada.

La distribución espacial exhibida por los huevos se extendió a lo largo de toda la franja costera en los períodos de otoño, invierno y primavera 2002, mientras que en verano 2003 esta se redujo a la zona comprendida entre Arica y Punta Arenas, estos estuvieron asociados mayoritariamente a la zona nerítica, con una extensión longitudinal máxima en invierno, donde alcanzaron hasta las 70 y 130 mn.

Una de las áreas de desove más intensas y que se mantuvieron en el tiempo correspondió a aquella localizada frente a Punta Lobos en otoño, invierno y verano, también en Arica y Caleta Chipana en los períodos de primavera y verano.

La intensidad del desove registrada durante todo el período estacional analizado evidenció un notable incremento en los niveles de concentración de huevos con respecto a lo reportado en iguales períodos del año 2001 y principios del 2002, insertándose esta fase como la más importante dentro de los períodos otoñales y estivales de los últimos 22 años, mientras que el invierno y primavera se situaron como el tercer y sexto registro más importante de la serie 1981 – 2002.

La distribución de las larvas estuvo acorde con la exhibida por los huevos en los cuatro períodos, pero con una cobertura longitudinal más amplia a la demostrada por ellos, lo que se traduce en un aumento en la frecuencia de estaciones positivas y una disminución en la densidad promedio por estaciones positivas.

A diferencia de los huevos las larvas denotan en otoño y primavera una reducción de concentraciones respecto de los períodos precedentes, pese a ello, estos períodos se insertaron como el segundo y décimo registro más importante de la serie 1983 – 2002, en tanto en invierno y verano se observó un incremento de más de un 100% en relación a iguales períodos del año 2001, quedando en el noveno y primer lugar de todos los registros históricos analizados.



Con respecto a sardina y jurel, estas especies presentaron una distribución principalmente costera, con una ampliación en la cobertura longitudinal durante el invierno, la que alcanzó una extensión máxima de 70 mn. La caballa por su parte fue detectada durante los períodos más cálidos, primavera y verano, con una presencia muy escasa, sobretodo de larvas. La modalidad en la postura exhibida por esta especie en la zona de estudio fue netamente oceánica, entre 20 y 100 mn.

Al igual que en los muestreos estacionales, las estaciones costeras de vigilancia mensual estuvieron representadas mayoritariamente por el ictioplancton de anchoveta, a su vez la mayor constancia temporal exhibida por ambas fases de desarrollo, desde mayo 1997 a agosto 2003 se produjo en la estación de Arica y con un porcentaje levemente inferior en Mejillones, en cambio su presencia en Iquique fue la más baja, detectándose mayor frecuencia de larvas que de huevos.

Los picos más importantes de las tres estaciones comenzaron a encontrarse a partir del año 2000 en Arica y 2001 en Iquique y Mejillones, donde a partir de esta fecha en adelante comienzan a aparecer con mayor frecuencia picos de concentraciones también importantes.

En general los huevos denotan en Arica una tendencia a permanecer con sus niveles de concentración estable a través del tiempo, mientras que en Mejillones esta tiende a incrementarse y en Iquique a decrecer. Por su lado las larvas en Arica e Iquique muestran una leve declinación y en Mejillones tienden a permanecer estables.

Anchoveta fue la especie más frecuente y abundante, la mayor proporción en los ecotrazos se presentó en otoño con 4,6% y en verano con 74,6%, la menor en primavera (42,4%) e invierno (48,6%). El jurel se reportó en invierno con 14,7%, en primavera con 15,1 %, en verano con el 13,9% y el otoño con sólo el 4,7% de las lecturas totales. La caballa estuvo ausente en verano, en primavera se reportó entre el 0,04% y el 1,6% de las lecturas acústicas totales en invierno (MOBIO 0209). El pez linterna se reportó en primavera con el 35% de los registros acústicos, en invierno con el 9,5% y el 1,5% en verano. El langostino (*Pleuroncodes* sp) presentó el mayor aporte en invierno con el 23,4%, el menor en otoño con el 0,7% y en primavera con el 7,5% de las lecturas acústicas. La sardina española, se presentó sólo en verano (MOBIO 0302), con un 9,1% de las lecturas acústicas.

El índice de cobertura (IC) de anchoveta varió de 8,1 % en otoño a 16,67% en primavera.

La distribución de anchoveta se extendió en invierno hasta las 80 mn, su límite occidental de la costa frente a Arica, mientras que en otoño, primavera y verano se distribuyó principalmente asociada a la costa. En el sentido vertical se situó en los primeros 40 m de profundidad, el mayor número de registros estuvo localizado en el estrato 10-20 m.

Las isotermas límites de distribución de anchoveta variaron entre 13 y 18,5 °C en otoño e invierno, mientras que en primavera estuvo entre 14 a 19,5 °C y en verano entre 13,9 y 16,4 °C, centrándose para todos los casos entre 14 y 16 °C el mayor número de agregaciones (>50%). Las isohalinas límites de la distribución vertical en otoño- verano fluctuaron entre los 34,4 y 34,9 psu., mientras que en invierno- primavera fluctuaron entre los 34,7 y 35,05 psu.

El IC para el recurso jurel varió entre 2,3 % en otoño y 12,3% en primavera de 2002. En el sentido vertical se situó entre los 10 y 60 m, alcanzándose la profundidad máxima en otoño y primavera que llegó hasta los 135 m.



Las isotermas que limitaron la distribución del jurel fluctuaron entre 12,4 y 22°C y las salinidades variaron entre 34,5 y 35,2 psu, ubicándose preferentemente entre 34,7 y 34,9.

En las tres estaciones fijas, se observaron las habituales fluctuaciones producto principalmente de los eventos de surgencia de distinta intensidad. Destacando la estación de Iquique donde estos sucesos se presentaron con mayor frecuencia.

Las tres estaciones fijas exhibieron concentraciones eutróficas durante gran parte del año lo que es considerado normal. Las mayores congregaciones se dieron en la estación de Mejillones donde se observó la presencia de un persistente núcleo de altas agregaciones.

La abundancia general de los grupos zooplanctónicos fue en aumento con el transcurso del tiempo, encontrándose las densidades mínimas en otoño y las máximas en verano.

Los grupos que siempre se mantuvieron en los niveles más altos de dominancia numérica durante los cuatro períodos analizados fueron los copépodos, quetognatos, apendicularias, poliquetos, sifonóforos, eufáusidos, los restantes grupos no manifestaron incidencias importantes en la densidad total.

La mayor diversidad zooplanctónica se detectó dentro de la zona costera en invierno y primavera, mientras que en otoño y verano esta se mantuvo en similares proporciones, pero los mayores aportes a la densidad total de cada zona se reflejaron siempre en la zona costera.

Se identificaron como grupos netamente dominantes de la zona costera a los copépodos, poliquetos, cladóceros, larvas de cifonautas y anfípodos y dominantes en la zona oceánica a los sifonóforos, quetognatos, medusas, pterópodos y doliólidos.

La mayor diversidad de grupos zooplanctónicos se reveló en Iquique, en tanto en Arica y Mejillones se observó la misma diversidad, sin embargo las mayores concentraciones se exhibieron en Arica.

Los grupos ampliamente dominantes de las tres estaciones fijas fueron los copépodos, apendicularias, larvas de decápodos y poliquetos.

Los copépodos fueron los más constantes en el tiempo y los más abundantes, seguidos de los poliquetos y apendicularias quienes mostraron también mayor constancia temporal.

En relación a las imágenes satelitales, de la componente temporal se destaca que el año 2002 fue el más cálido que años anteriores, en especial en el primer semestre. Luego, se produce un notable descenso de las TSM y hay una normalización de los valores que indican que la estructura térmica se mantiene dentro de un rango usual, incluso en los últimos meses del 2002 se presentan anomalías negativas de TSM, posteriormente, en los primeros meses del 2003 se produce un incremento de las TSM y, latitudinalmente, un fuerte diferencial térmico.



X. BASE DE DATOS

La estructura de las bases de datos con toda la informaci3n b3sica que se obtuvo durante la ejecuci3n del proyecto FIP 2002 -01 "Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanogr3ficas en la I y II Regiones, A1o 2002", se encuentra almacenada en registros magn3ticos, los archivos y el formato de grabaci3n de cada una de las componentes del proyecto se detallan a continuaci3n:

1. Datos oceanogr3ficos y meteorol3gicos

La informaci3n oceanogr3fica y meteorol3gica de cada una de las estaciones Bio -oceanogr3ficas realizadas durante los cruceros de monitoreo, se encuentran en los siguientes archivos: **CRUCE452**, **CRUCE456**, **CRUCE457** y **CRUCE460**, cuyo formato de grabaci3n (Formulario de codificaci3n), corresponde a una modificaci3n del formato **NODC**. El formato **IFOP** est3 compuesto por un registro de identificaci3n y varios registros de informaci3n:

a) Registro de identificaci3n

| Campo | Columna de inicio | Formato |
|--------------------|-------------------|---------|
| pa1s | 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 |
| a1o | 19 | E 2 |
| mes | 21 | E 2 |
| d1a | 23 | E 2 |
| hora local | 25 | R 3.1 |
| instituci3n | 28 | E 2 |
| crucero | 30 | E 3 |
| estaci3n | 33 | A 3 |
| prof.ecosonda | 36 | E 4 |
| m3xima profundidad | 40 | E 2 |
| n3 observaciones | 42 | E 2 |
| trans. Secchi | 44 | E 2 |
| direcci3n olas | 46 | E 2 |
| altura olas | 48 | E 1 |
| per1odo olas | 49 | E 1 |
| direcci3n viento | 50 | E 2 |
| velocidad viento | 52 | E 2 |



continuaci3n

| Campo | Columna de inicio | Formato |
|---------------------|-------------------|---------|
| presi3n barom3trica | 54 | R 3.1 |
| bulbo seco | 57 | R 3.1 |
| bulbo h3medo | 60 | R 3.1 |
| tiempo | 63 | E 2 |
| tipo nubes | 65 | E 1 |
| cant. Nubes | 66 | E 1 |
| visibilidad | 67 | E 1 |
| latitud n-s | 68 | A 1 |
| longitud w-e | 69 | A 1 |
| tipo de datos | 76 | A 1 |
| control | 80 | E 1 |

b) Registros de datos

| | | |
|------------------|----|-----------------|
| identificaci3n | 1 | 35 (Repetici3n) |
| profundidad (m) | 36 | E 4 |
| temperatura (°C) | 40 | R 4.2 |
| salinidad | 44 | R 5.3 |
| ox3geno (ml/l) | 49 | R 4.4 |
| control | 80 | E 1 |

Observaciones:

Formato tipo: A n: Alfanum3rico

E n: Entero

R n: Real sin el punto (ej. 34.356 en formato R 5.3 es 34356

n: N3mero de columnas

Columna 28 y 29 - c3digos instituci3n: 01=SHOA, 02=IFOP, 03=UCV, 04=SSP y 05=otros

Columna 76 - c3digos del tipo de datos: B = botellas, C = CTD

Columna 80 - c3digo control: 1 identificaci3n de la estaci3n y 2 3ltimo dato observado

Los datos meteorol3gicos se encuentran codificados de acuerdo las normas y c3digos del NODC.



2. Pigmentos vegetales

La información de pigmentos vegetales de cada una de las estaciones bio-oceanográficas que se realizaron durante los cruceros estacionales de monitoreo 2002/2003, se almacenaron en los siguientes archivos:

Cru-452-clo.xls, Cru-456-clo.xls, Cru-457-clo.xls, Cru-460-clo.xls, para los cruceros de otoño, invierno y primavera 2002 y verano de 2003, respectivamente, y cuyo formato de grabación se detalla a continuación.

Descriptor

| | |
|----------------------|--------------|
| Crucero de otoño | cru-452- clo |
| Crucero de invierno | cru-456- clo |
| Crucero de primavera | cru-457- clo |
| Crucero de verano | cru-460- clo |

Nombre del archivo:

cru-452- clo: indica el número del crucero - variable clorofila

Estructura interna:

| | | |
|-----------|---------|------------------------------------|
| Columna A | crucero | número de crucero |
| Columna B | est | estación |
| Columna C | prof | profundidad |
| Columna D | cloa | clorofila a en $\mu\text{g/L}$ |
| Columna E | feop | feopigmentos en $\mu\text{g/L}$ |
| Columna F | clot | clorofila total en $\mu\text{g/L}$ |

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 2002 a mayo 2003, se entrega en los siguientes archivos:

FIJAS FIP2002-01-FISICA.XLS : Temperatura y salinidad

FIJAS FIP2002-01-QUIMICA.XLS : Oxígeno disuelto y clorofila

Descriptor: FIJAS FIP2002-01-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 FIP2002-01-QUIMICA.XLS

Columna A : estación fija
Columna B: profundidad
Columna C: temperatura
Columna D: salinidad
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 2002/2003, se almacenaron en los siguientes archivos:

Otoño: Cru452, Invierno: Cru456, Primavera: Cru457 y Verano: Cru460, 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 Anchoqueta |
| 26 | Huevos de Jurel |
| 27 | Huevos de Caballa |
| 28 | Huevos de otras especies |
| 29 | Larvas de sardina |
| 30 | Larvas de Anchoqueta |
| 31 | Larvas de Jurel |
| 32 | Larvas de Caballa |
| 33 | Larvas de otras especies |



5. Registros Acústicos

La informaci3n concerniente al monitoreo acústico de los cruceros estacionales de monitoreo est3n contenidos en dos tipos de archivos: Bioma y Posic.

Biomaxxx.dat Contiene los datos de las lecturas acústicas
Posicxxx.dat Contiene los datos de posici3n de las UBMs

donde : xxx representa el númerode la transecta .

La descripci3n de los datos en los archivos tipo Biomaxxx.dat es la siguiente:

| Columna | Tipo | Longitud | Decimales | Descripci3n |
|---------|----------|----------|-----------|--|
| 1 | Numérico | 3 | 0 | Númerode la UBM |
| 2 | Numérico | 1 | 0 | Especie (Nota 1) |
| 3 | Numérico | 1 | 0 | Agregaci3n (Nota 2) |
| 4 | Numérico | 1 | 0 | Ecosonda (Nota 3) |
| 5 | Numérico | 3 | 0 | Prof. Superior (m) de la agregaci3n |
| 6 | Numérico | 3 | 0 | Prof. Inferior (m) de la agregaci3n |
| 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: Agregaci3n:

1 = Cardumen
2 = Estratos
3 = Disperso
4 = Individual

Nota 3: Ecosonda

1 = 38 KHz
2 = 120 KHz
3 = 200 KHz

Del mismo modo, la descripci3n de los datos en los archivos tipo Posicxxx.dat es la siguiente:

| Columna | Tipo | Longitud | Decimales | Descripci3n |
|---------|----------|----------|-----------|----------------------|
| 1 | Numérico | 3 | 0 | Númerode 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

D : DÍA

S : SEGUNDO

s : DÉCIMAS DE SEGUNDO

M : MES /MINUTO

G : GRADOS DE LATITUD / LONGITUD

m : DÉCIMAS DE MINUTO



6. Zooplancton e lctioplancton estacional y mensual

La informaci3n zooplanct3nica obtenida de los cruceros estacionales realizados en otoño 2002, invierno, 2002, primavera 2002 y verano 2003, se encuentra almacenada en el archivo base zoo estacional.xls, cuyo formato de grabaci3n es el siguiente

| Columna | Tipo de informaci3n |
|---------|---------------------------|
| A | Longitud |
| B | Latitud |
| C | Estaci3n |
| D | Factor de estandarizaci3n |
| E | Copépodos |
| F | Eufáusidos |
| G | Ostrácodos |
| H | Cladóceros |
| I | Foraminíferos |
| J | Larvas decápodos |
| K | Anfípodos |
| L | Estomatópodos |
| M | Medusas |
| N | Sifonóforos |
| O | Ctenóforos |
| P | Quetognatos |
| Q | Poliquetos |
| R | Pterópodos |
| S | Salpas |
| T | Doliólidos |
| U | Apendicularias |
| V | Radiolarios |
| W | Larvas de cifonautas |
| X | Biomasa zooplanct3nica |

La informaci3n zooplanct3nica de las estaciones fijas de monitoreo obtenida en forma mensual, se encuentra almacenada en el archivo base zoo mensual.xls, cuyo formato de grabaci3n es el siguiente

| Columna | Tipo de informaci3n |
|---------|---------------------|
| A | Día |
| B | Mes |
| C | Año |
| D | Copépodos |
| E | Eufáusidos |
| F | Ostrácodos |
| G | Cladóceros |
| H | Larvas decápodos |
| I | Anfípodos |



Continuaci3n

| Columna | Tipo de informaci3n |
|---------|------------------------|
| J | Estomat3podos |
| K | Medusas |
| L | Sifon3foros |
| M | Cten3foros |
| N | Quetognatos |
| O | Poliquetos |
| P | Pter3podos |
| Q | Salpas |
| R | Doli3lidos |
| S | Apendicularias |
| T | Radiolarios |
| U | Larvas de cifonautas |
| V | Biomasa zooplanct3nica |

Ictioplancton mensual

La informaci3n ictioplanct3nica obtenida en forma mensual desde Mayo de 1997 a Julio de 2003, se encuentra almacenada en el archivo base ictio costera.xls, cuyo formato de grabaci3n es el siguiente

| Columna | Tipo de informaci3n |
|---------|---------------------|
| A | Mes |
| B | Huevos de sardina |
| C | Huevos de anchoveta |
| D | Huevos de jurel |
| E | Huevos de caballa |
| F | Larvas de sardina |
| G | Larvas de anchoveta |
| H | Larvas de jurel |
| I | Larvas de caballa |



XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aravena, G. 1999. Composición, distribución y abundancia de las apendicularias y su posible relación con las características oceanográficas de la zona norte de Chile (18°20'S – 31°00'S). Tesis para optar al título Biólogo marino. Departamento de Biología Marina, Facultad de Cs del Mar, Universidad Católica del Norte. 69 pp +31 Figuras, 4 Tablas.
- Aron, A. 1980. Taxonomía, Distribución y Abundancia de las larvas de Peces en la bahía de Concepción (36°04'S, 73°02'W), Chile. Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Concepción. 68 p.
- Arcos, D.F. 1975. Copépodos Calanoídeos de la bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. *Gayana Zool.* 32:1-31.
- BAC 137. Boletín de Alerta Climático. Febrero 2002. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS.
- BAC 144. Boletín de Alerta Climático. Septiembre 2002. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS.
- BAC 146. Boletín de Alerta Climático. Noviembre 2002. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS.
- BAC 149. Boletín de Alerta Climático. Febrero 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS.
- BAC 152. Boletín de Alerta Climático. Mayo 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS.
- Bakun, A. and R. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Perú current systems. *CalCOFI rep.*, Vol XXIII, 99-112.
- Balbontín, F.M. Garretón. 1977. Desove y primeras fases de desarrollo de la Sardina Española, ***Sardinops sagax***, en Valparaíso. *Rev. Biol. Mar.* 16(2) : 171-181.
- Balbontín, F. y R. Pérez. 1980. Descripción de los estados larvales de ***Normanichthys crockeri*** Clark (Perciformes: Normanichthyidae) del área de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar. Valparaíso*, 17:81-95.
- 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.
- Barria, P., A. Aranís, S. Mora, G. Böhm, V. Catasti, H. Peña y C. González. 2001. Monitoreo de las capturas de jurel en la zona centro-sur. Informe Final FIP N° 99-02. Instituto de Fomento Pesquero.
- Barría, P. A. Aranís, G. Böhm, V. Catasti, S. Mora, H. Peña y F. Vejar. 2001. Monitoreo de las capturas de jurel, año 2000. Proyecto FIP 2000-02. 110 pp



- Barnes, R. 1986. Zoología de los invertebrados. México, D.F., Interamericana. 1157p
- Blanco, J.L. y M. Díaz. 1985. Características oceanográficas y desarrollo de El Niño 1982-83 en la zona norte de Chile. *Inv. Pesq.* (Chile) 32:53-60.
- Blanco, J. L., H. Reyes y A. Vega. (1992). Condiciones oceanográficas 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.
- Blanco, J. L. 1996. Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile. Informe interno para IFOP.
- Blanco, J.L., M. Carr, A. Thomas and P. Strub. 2002. Hydrographic conditions off northern Chile during the 1996-1998 La Niña and El Niño events. *J. Geophys. Res.*, 107, C3.
- Blanco, J.L., A.C. Thomas, M.E. Carr y T. Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographics conditions in the upwelling region off northern Chile. *J. Geophys. Res.*, 106, C6, 11451-11467.
- Boltovskoy, 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP. Mar del Plata, Argentina.
- Bougis, P. 1974. *Ecologie du plancton marin. II. Le zooplancton* 200 pp.
- Braun, M., J. Blanco, J. Osses y J. Castillo 1998. Monitoreo mensual de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final Proyecto FIP N°96-07. Instituto de Fomento Pesquero, 121 pp,+ Figuras y Tablas.
- Braun, M., J. Blanco, J. Osses, J. Castillo y H. Miles. 1999a. Monitoreo acústico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. Informe Final Proyecto FIP N°97-02, Instituto de Fomento Pesquero. 145 pp.
- Braun, M., J. Blanco, J. Osses, J. Castillo y H. Miles. 1999b. Monitoreo acústico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. Informe Final Proyecto FIP N°98-08, Instituto de Fomento Pesquero. 91 pp.
- Braun, M., H. Reyes, J. Osses, J. Castillo, V. Valenzuela y M. Espejo 2000. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final Proyecto FIP N°99-01, 165 pp, 91 Figuras, 15 Tablas.
- Braun, M., H. Reyes, J. Osses, J. Castillo y V. Catasti 2001. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2000. Informe Final Proyecto FIP N° 2000-01. Instituto de Fomento Pesquero.
- Braun, M., H. Reyes, J. Osses, J. Castillo y V. Catasti 2002. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final Proyecto FIP N° 2001-01. Instituto de Fomento Pesquero.



- Butler, M., C. LeBlanc, J. Belbin y J. MacNeil. 1990. Cartografía de recursos marinos: un manual de introducción. FAO, documento técnico de pesca N° 274. 281 p.
- 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.
- Carpenter, J.H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. Limnol. And Oceanogr., 10:141-143.
- Castillo, J. y O. Guzmán. 1985. Variaciones de la distribución espacial de la sardina española y jurel durante El Niño 1982-83. Invest. Pesq. (Chile), 32: 79-93.
- Castillo, J., M. A. Barbieri y A. González.. 1996. Relationships between sea temperature, salinity and pelagic fish distribution off northern Chile. -ICES Journal of Marine Science, 53:139-146.
- Castillo, J., J. Cordova, M. Espejo, J. Osses, H. Reyes y P. Barría. 2000. Evaluación del reclutamiento de Anchoeta en las I y II regiones. 1999. Informe Final FIP 99-11. Instituto de Fomento Pesquero. (Valparaíso, Chile). 137 pp + Tablas y Figuras.
- Cordova, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M. Rojas. 1997. Evaluación Hidroacústica de Jurel. En: Evaluación Hidroacústica de Jurel en la zona centro-sur, V a IX regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (219p).
- 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.
- Cochran, W. G. 1977. Sampling techniques. 3rd edition. Wiley and Sons. New York, 413 p.
- Fahay, M.P. 1983. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the Western North Atlantic Ocean, cape hatteras to the southern scotian shelf J. north west Atl.Fish.Sci.4,423p.
- Footo, K., H. Knudsen, G. Vestnes, D. Mac Lennan and J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. ICES Cooperative Research Report 144, Palaegade 2, 1261 Copenhagen K, Denmark.
- Frontier, S. 1966. Zooplancton de la región de Nosy-Bé I (Programa des recoltes et techniques d'etude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah Orstom (océanogr.), 4(3):3-37.
- Frontier, S. 1980. Zooplancton de la región de Nosy-Bé I (Prorama des recoltes et techniques d'etude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah Orstom (oceanogr.), 4(3): 3-37.
- Griffiths, F.B., G.H. Brown, D.D. Ried y R.R. Parker. 1984. Estimation of sample zooplakton abundance from Folsom splitter sub-samples. J. Plank. Res., 6(5): 721-731.
- Guzmán, O., J. Castillo, S. Lillo, P. Pineda, L. Rodríguez e Y. Giakoni. 1983. Estudio de recursos Pelágicos. Programa Monitoreo de los recursos Pelágicos 1. Prospección zona Arica-Coquimbo



- Hill. 1998, A.E., B. M. Hickey, F.A. Shillington, P. T. Strub, K. H. Brink, E.D. Barton and A. C. Thomas. 1998. Eastern Ocean Boundaries. Coastal
- 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 periodos Pre El Niño (1995-96) y El Niño (1997-98). Tesis para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Pesca y Acuicultura. Universidad del Mar.
- 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 satélite durante febrero y marzo de 1991 Y 1992. Tesis para optar al título de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Católica de Valparaíso.
- Lohrenz, S. E., D. Wiesenburg, I. P. DEPalma, K. S. Jhonson y D. E. Gustafson, Jr. 1988. Interrelationships among primary production, chlorophyll, and environmental conditions in frontal regions of the western Mediterranean Sea. Deep-Sea. Res. 35(5):793-810.
- Mamayev, O. I.. 1973. Water masses of the south East Pacific Ocean. Oceanography of the South Pacific 1972, 71-99.
- 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.
- Matarese, A.C., A.W.Kendall,Jr., D.M.Blood and B.M.Vinter.1989 Laboratory guide to early life history stages of northeast pacific fishes.NOAA Technical Report NMFS80.
- Millero, F. and A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. Deep Sea Res., 28A, 625-629.
- Montecinos, A. 1991. Efecto del Fenómeno El Niño en los vientos favorables a la surgencia costera en la zona norte de Chile. Tesis para optar al título de Oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso. 143 pp.
- Morales C. E., J. L. Blanco, M. Braun, H. Reyes and A. G. Davies. 1996. Anchovy larval distribution in the coastal zone off northern Chile: The effect of low dissolved oxygen concentrations and of a cold-warm sequence (1990-1995). Invest. Pesq., Valparaíso: 24, 77-96.
- Moser, H.G. and E.H.Ahlstrom.1970. Development of lantern fishes family Myctophidae) in the California Current. Part I: Species with Narrow-eyed larvae.Bull.Los Ang.Cty.Mus.Nat. Hist. Sci.7:1-145.
- NODC. 1991. Key to Oceanographic Record Documentation N°14. National Oceanographic Data Center. NOAA. USA.
- Newell, G. E. y R. C. Newell. 1966. Marine plankton a practical guide. Hutchinson Educational, University of London. 221 pp.
- NOAA, 2002a. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_update/sstanim.gif



- NOAA, 2002b. Climatic Prediction Center. (internet)
http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin/index.html
- NOAA, 2003. Climatic Prediction Center. (internet)
http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin/index.html
- Oliva, J. C. Montenegro, O. Rojas, H. Reyes, V. Catasti, E. Díaz, P. Barría, R. Serra, V. Baros, A. Vargas, G. Claramunt, G. Herrera, P. Pizarro, J. Pizarro, Y. Muñoz, R. Escribano y Marcelo Oliva. 2002. Evaluación del stock desovante de Anchoveta por el método producción de huevos en la I y II regiones, año 2001. Informe Final del proyecto FIP N° 2001-10.
- Olivar, M.P. and J.M.Fortuño.1991.Guide to Ichthyoplankton of the southeast Atlantic (Benguela Current Region) SCI.Mar., 55(1):1-383.
- Orellana, M.C. y F.Balbotín.1983.Estudio comparativo de las larvas de clupeiformes de la costa de Chile. Rev.Biol.Mar., Valparaíso, 19(1):1-46.
- 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.
- Palma, S. Y K. Kaiser. 1993. Plancton marino de aguas chilenas. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 151 pp.
- Parsons, T.R., Y. Maita y C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press 173 pp.
- Pennington, M. 1986. Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. (U.S.) 84:519-525.
- Pérez, R.1978. Identificación de huevos y larvas planctónicas de peces de la bahía de Valparaíso, Informe de Práctica Profesional para optar al título de Técnico Marino. Universidad Católica de Chile. Sede regional Talcahuano, 238 pp.
- Pizarro, O., S. Hormazabál, A. González y E. Yañez. 1994. Variabilidad del viento, nivel del mar y temperatura en la costa norte de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 22:85-101.
- Postel, L., H. Fock and W. Hagen. 2000. Biomass and abundance. In: Zooplankton methodology manual. Ed: R.P Harris, P.H. Wiebe, J.Lenz, H.R. Skjoldal and M. Huntley. ICES.
- 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.
- Ramos, R. J. 1995. Alometría y producción de zooplanctones herbívoros. Rev. Chil. Hist. Nat. 68: 4. Pag. 477 – 488.



- Rojas, O. Y A. Mujica. 1981. Delimitaci3n de las 1reas de desove, prereclutamiento y estimaci3n de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces pel1gicos de importancia econ3mica. Santiago, Chile, IFOP:82p.
- Rojas, O., A. Mujica, M. Labra, G. Ledermann y H. Miles.1983. Estimaci3n de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. AP83/31. Santiago, Chile, IFOP-80p.
- Santander, H. y O.S. de Castillo.1972. Desarrollo y distribuci3n de huevos y larvas de "jurel" *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. Inf.Inst.Man. Per1-Callao (36):1-22.
- Santander, H.,J.Alheit y P.E.Smith.1984.Estimaci3n de la biomasa de la poblaci3n desovante de Anchoveta Peruana *Engraulis ringens*, 1981 por aplicaci3n del "M1todo de Producci3n de Huevos".mimeo.
- Silva, C. E, Yañez, M.A. Barbieri, K. Nieto, V. Mimica, F. Esp1ndola y J. Acevedo. 1999. "Exploring the association between small pelagic fisheries and SEAWIFS chlorophyll and AVHRR sea surface temperature in the north of Chile". In: Proceedings of the Sixth International Conference: Remote sensing for Marine and Coastal Environments, Charleston, South carolina, USA, VOLUMEN II: 81-88.
- Silva, N. y D. Konow H. 1975. Contribuci3n al conocimiento de las masas de agua en el Pacifico Sudoriental. Expedici3n Krill. Crucero 3-4, julio-agosto 1974. Rev. Com. Per. Pacifico sur, (3):63-75.
- Simpson,J.J. And T.D. Dickey. 1981. The relationship between downward irradiance and upper ocean structure. J. Phys. Oceanogr 11. 309
- Strub, P., P. Kosro y A. Huyer. 1991. The nature of the filaments in the California Current System. J. Geophys. Res., 96: 14743 – 14768.
- Sinclair, M. y M.J. Tremblay. 1984. Timing og spawning of Atlantic herring *Clupea harengus* populations and the match-mismatch theory. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41: 1005-1065.
- Sinclair, M., M.J. Tremblay y P. Bernal. 1985. El Niño events and variability in a Pacific mackerel (*Scomber japonicus*) survival index: support for Hjort's second hypothesis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42:602-608.
- Smith, P.E. y S.L.Richardson.1979.T1cnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pel1gicos.FAO.Doc.T1c.Pesca (175):107 p.
- Smith P. E., W. Flerx and R. P. Hewitt. 1985. The CalCOFI vertical egg tow (CalVET) net. In: R. Lasker (ed)., An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 27-32.
- UNESCO, 1981a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N136.



- UNESCO, 1981b. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°37.
- UNESCO, 1981c. Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.
- Vidal, J. 1968. Copépodos Calanoídeos epipelágicos de la expedición Marchile II, Gayana Zool., 15:1-98.
- Yáñez, E., M.A. Barbieri y A. González 1995. Estructura térmica superficial asociada a la distribución espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. Invest. Mar., Valparaíso, 23:131-144.
- Yáñez, 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.
- 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.

FIGURAS

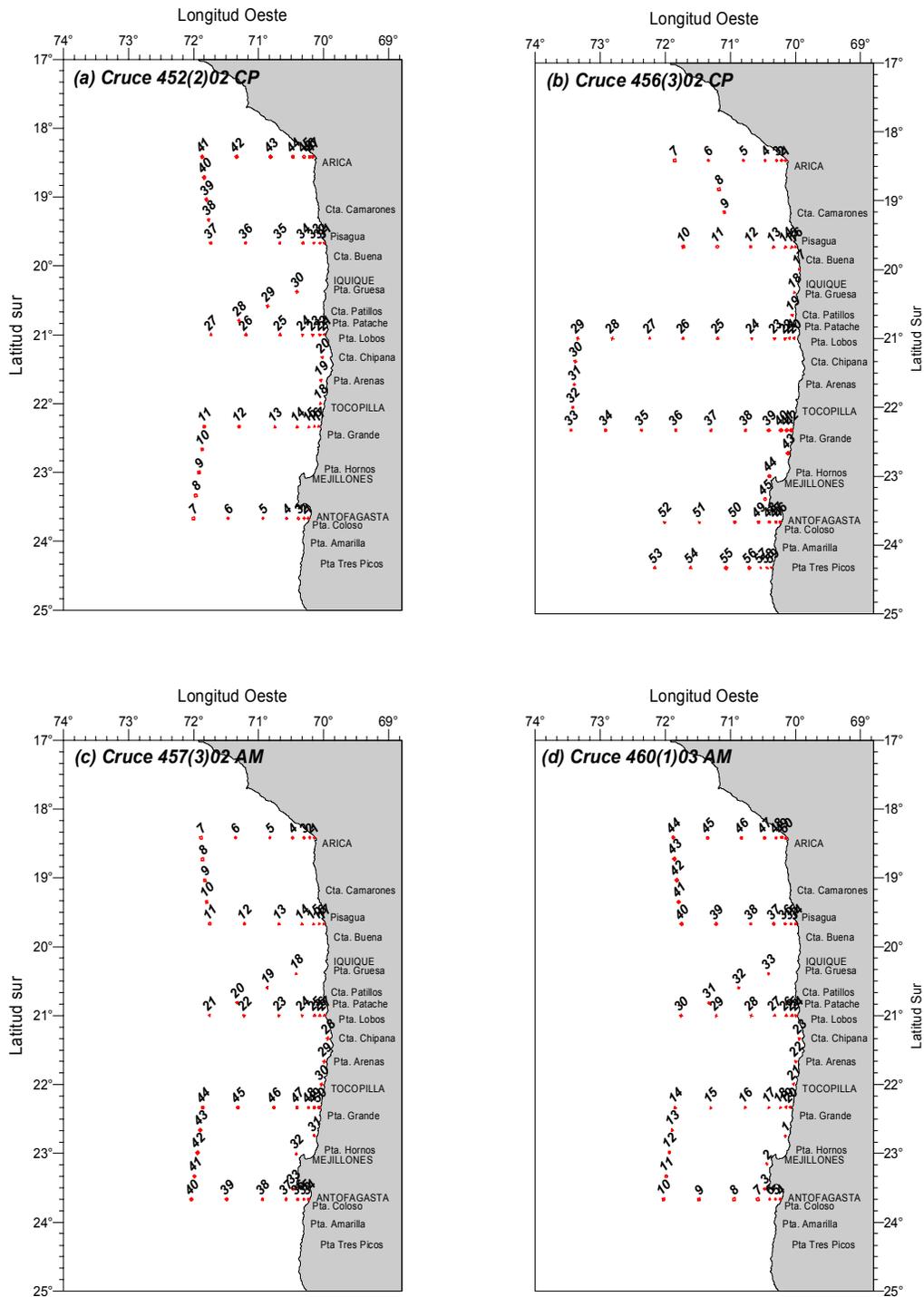


Figura 1. Posici3n geogr3fica de las estaciones bio-oceanogr3ficas. Cruceros estacionales 2002/2003 (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003.

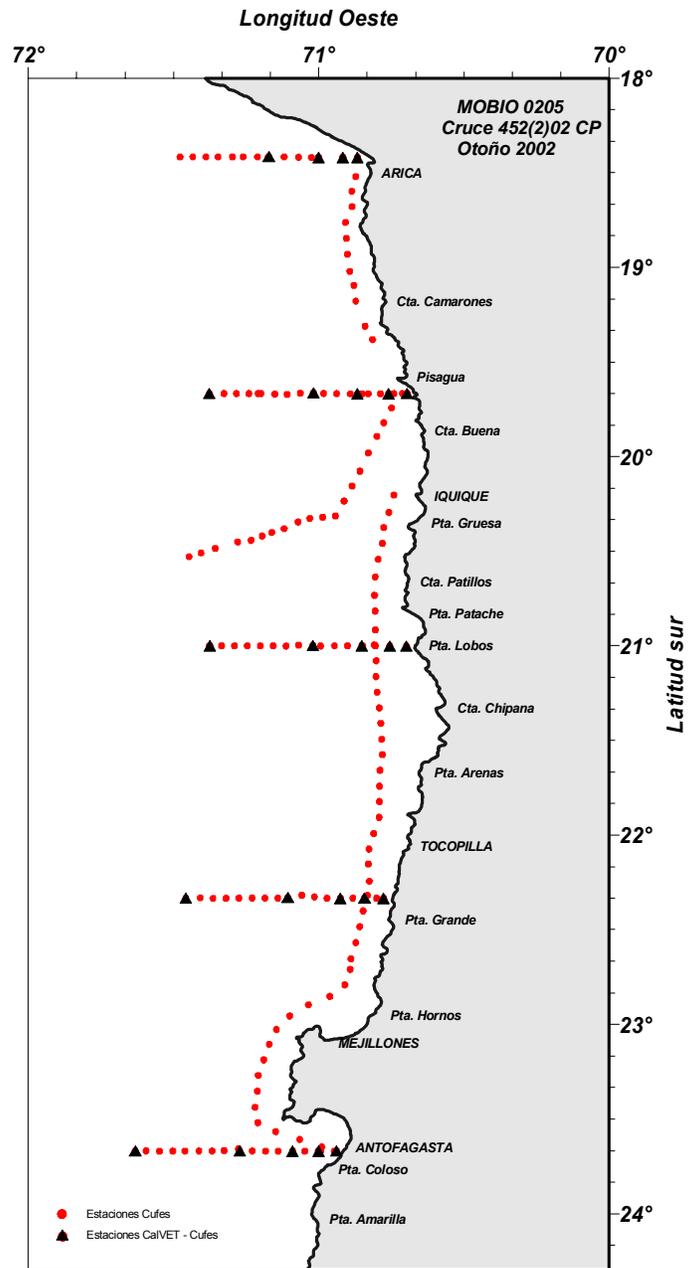


Figura 2. Ubicaci3n geogr3fica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0205. Otoño 2002.

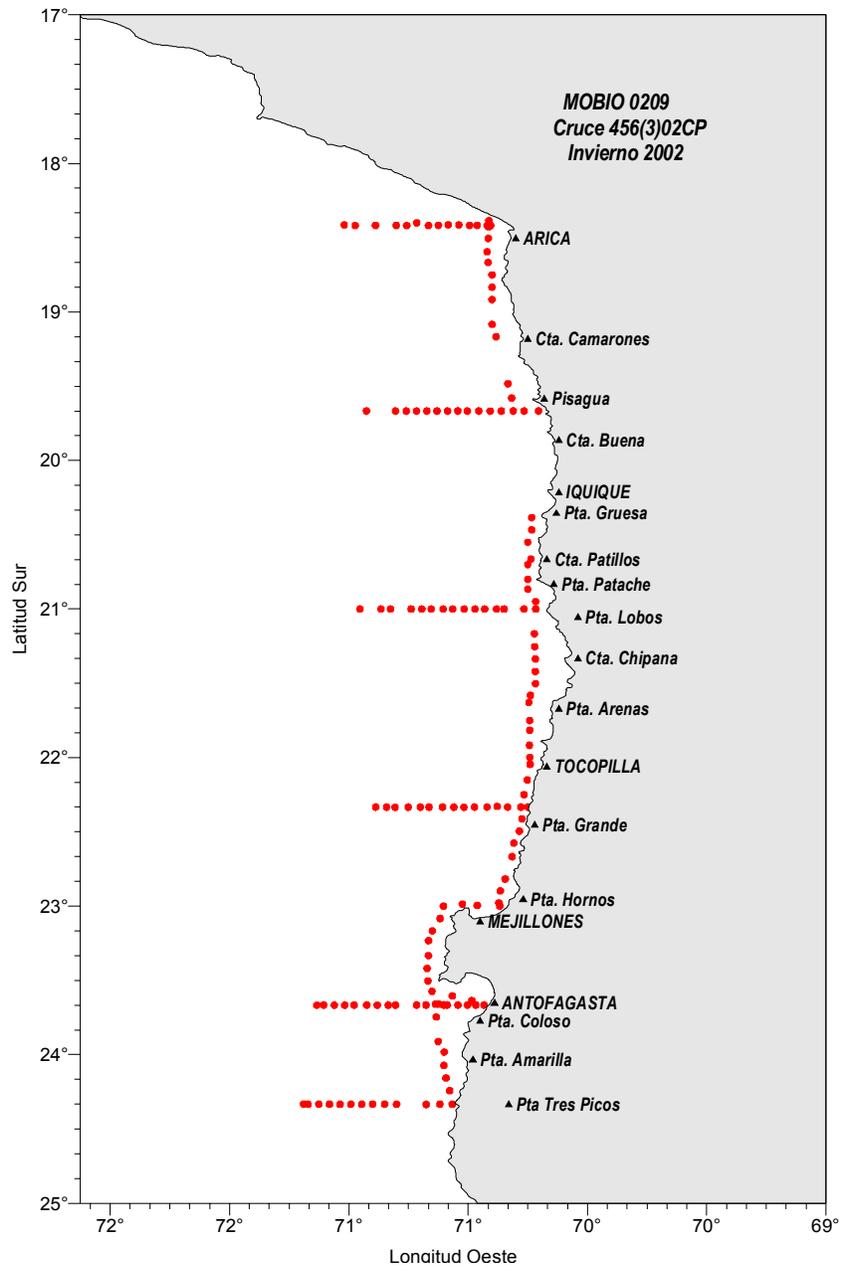


Figura 3. Ubicaci3n geogr3fica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0209. Invierno 2002.

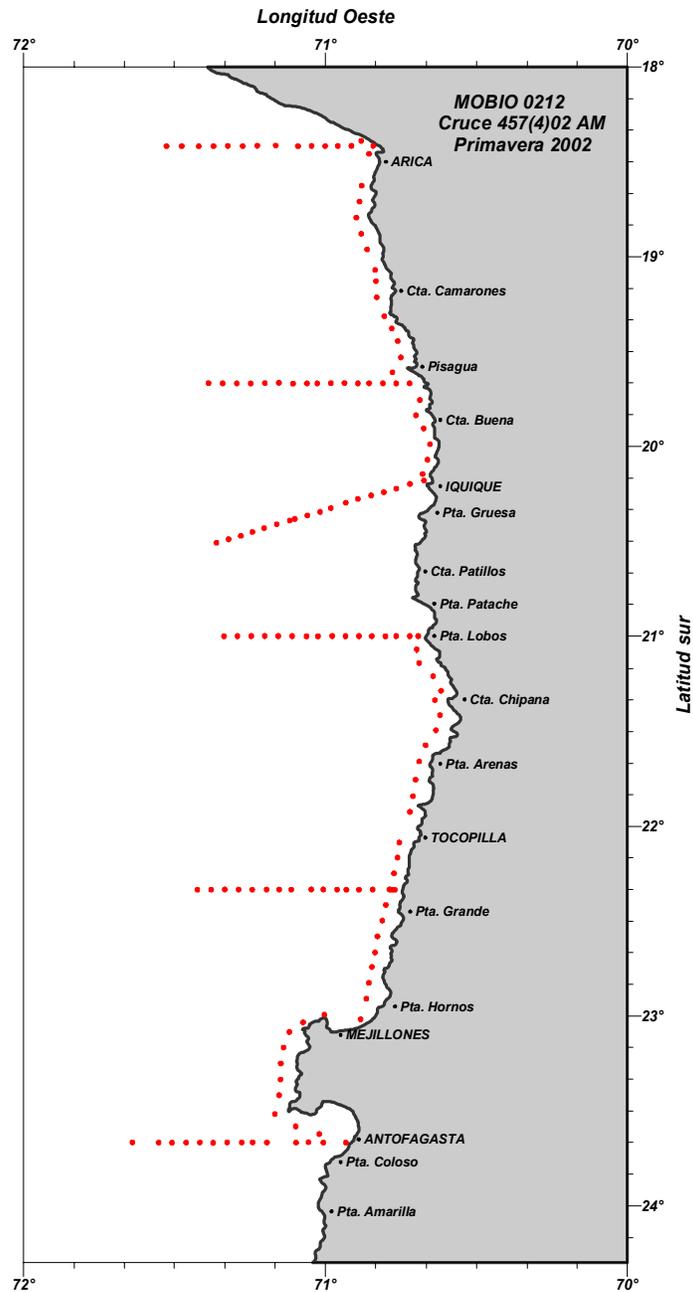


Figura 4. Posici3n geogr3fica de las estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0212. Primavera 2002.

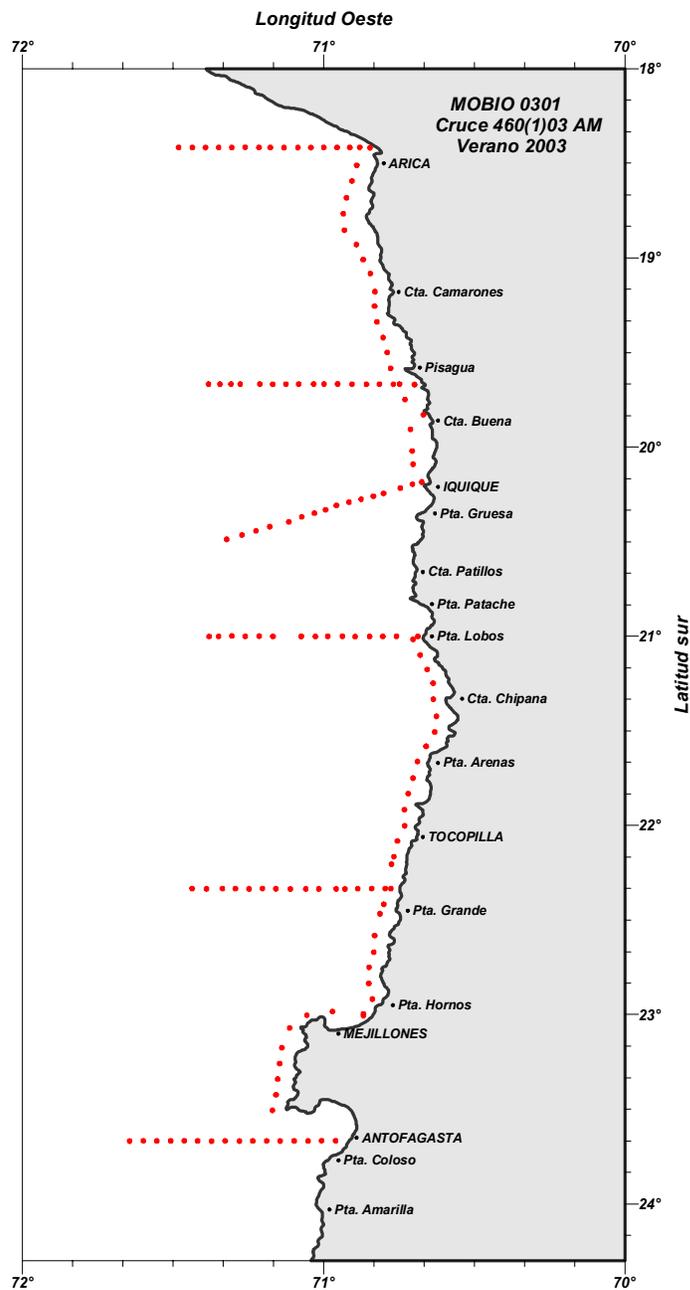


Figura 5. Posici3n geogr3fica de las estaciones CUFES. Cruce MOBIO 0301. Verano 2003.

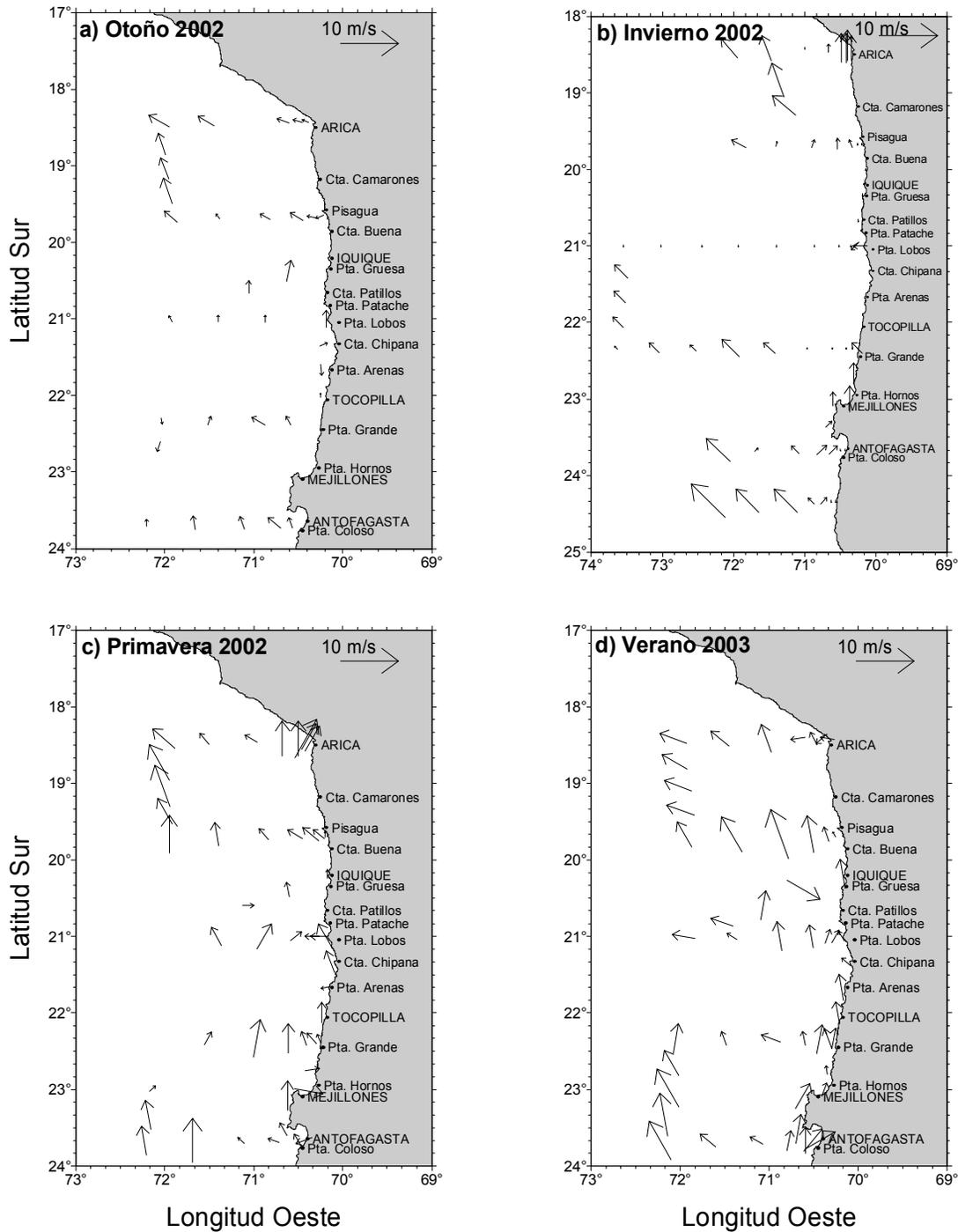


Figura 6. Direcci3n e intensidad del viento (m/s) predominante medido en las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

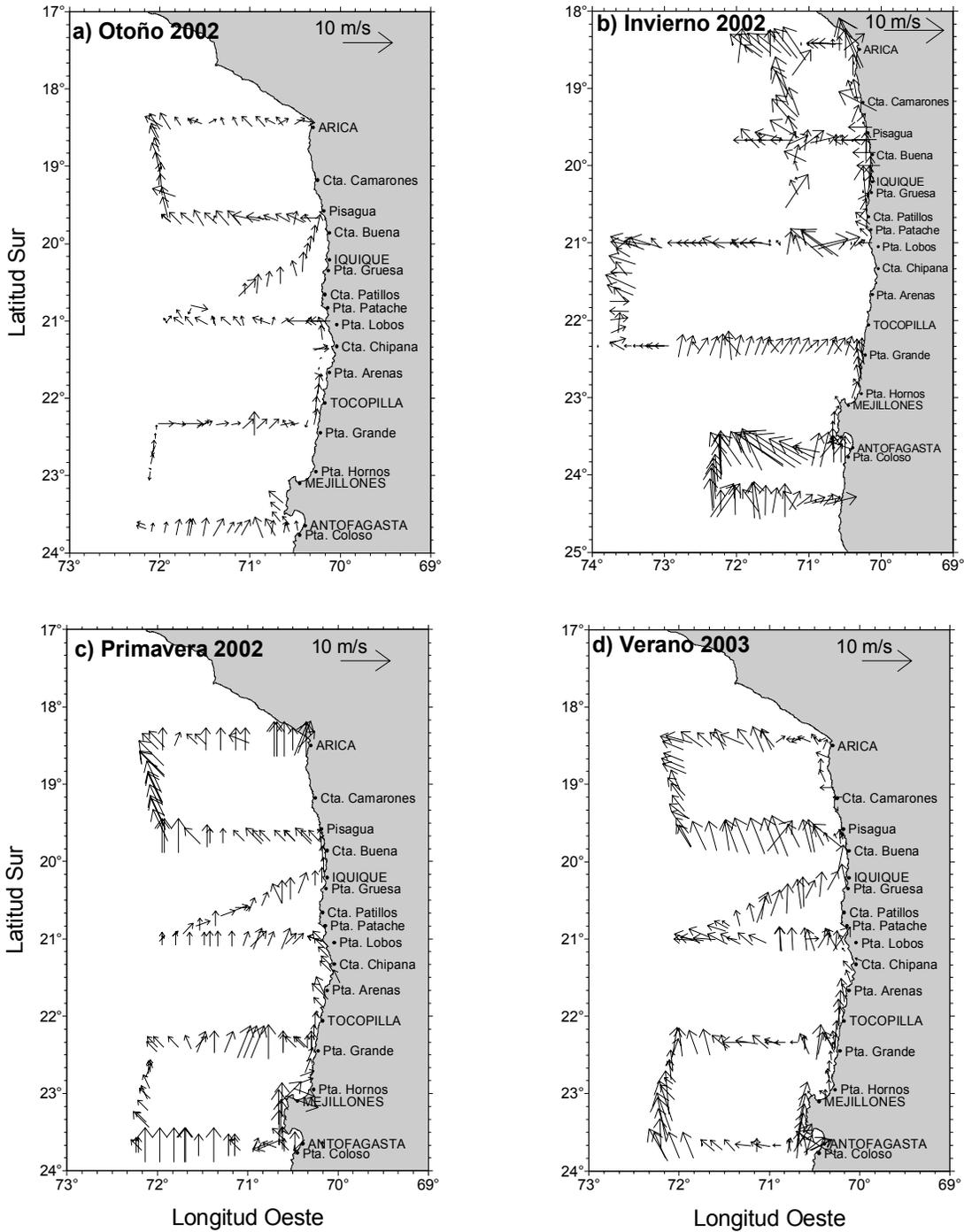


Figura 7. Direcci3n e intensidad del viento (m/s) predominante registrado cada una hora sobre el track de navegaci3n. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

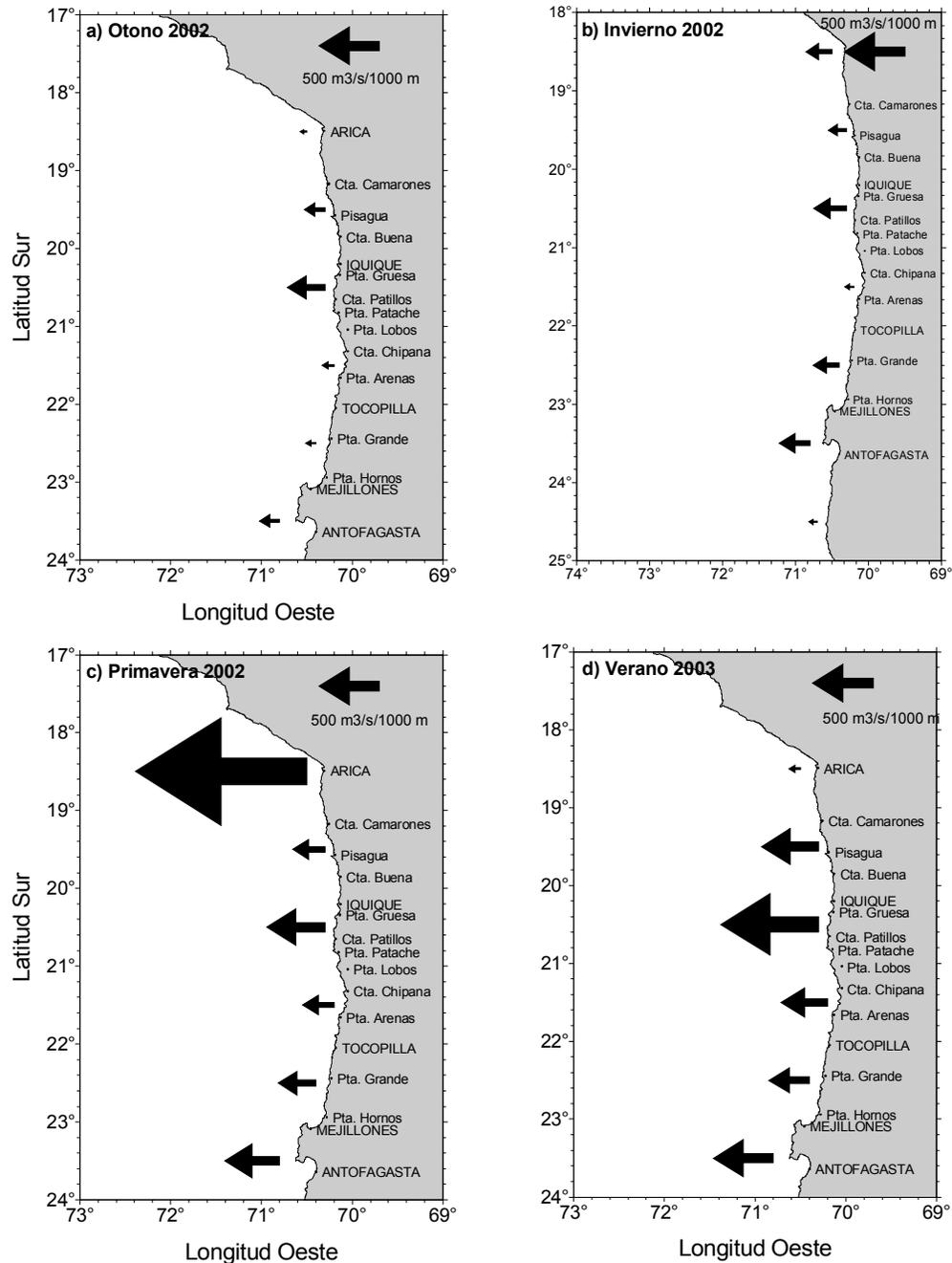


Figura 8. Índice de surgencia promedio del viento medido cada una hora sobre el track de navegaci3n. El promedio se obtiene con los índices de surgencia individuales calculados de las observaciones de viento realizadas dentro de un grado de latitud y hasta 30 mn de la costa. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

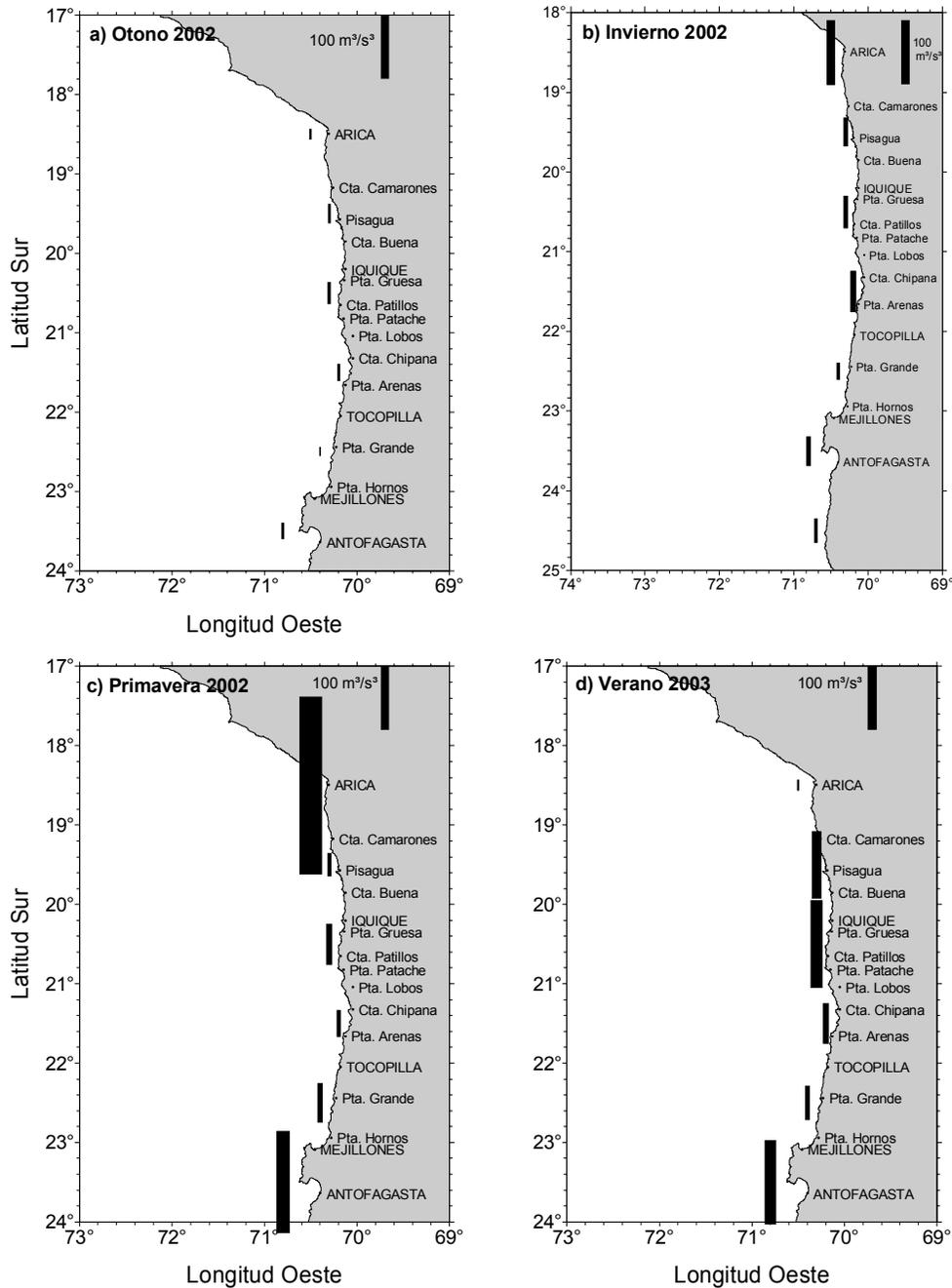


Figura 9. Índice de turbulencia promedio del viento medido cada una hora sobre el track de navegaci3n. El promedio se obtiene con los índices de turbulencia individuales calculados de las observaciones de viento realizadas dentro de un grado de latitud y hasta 30 mn de la costa. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

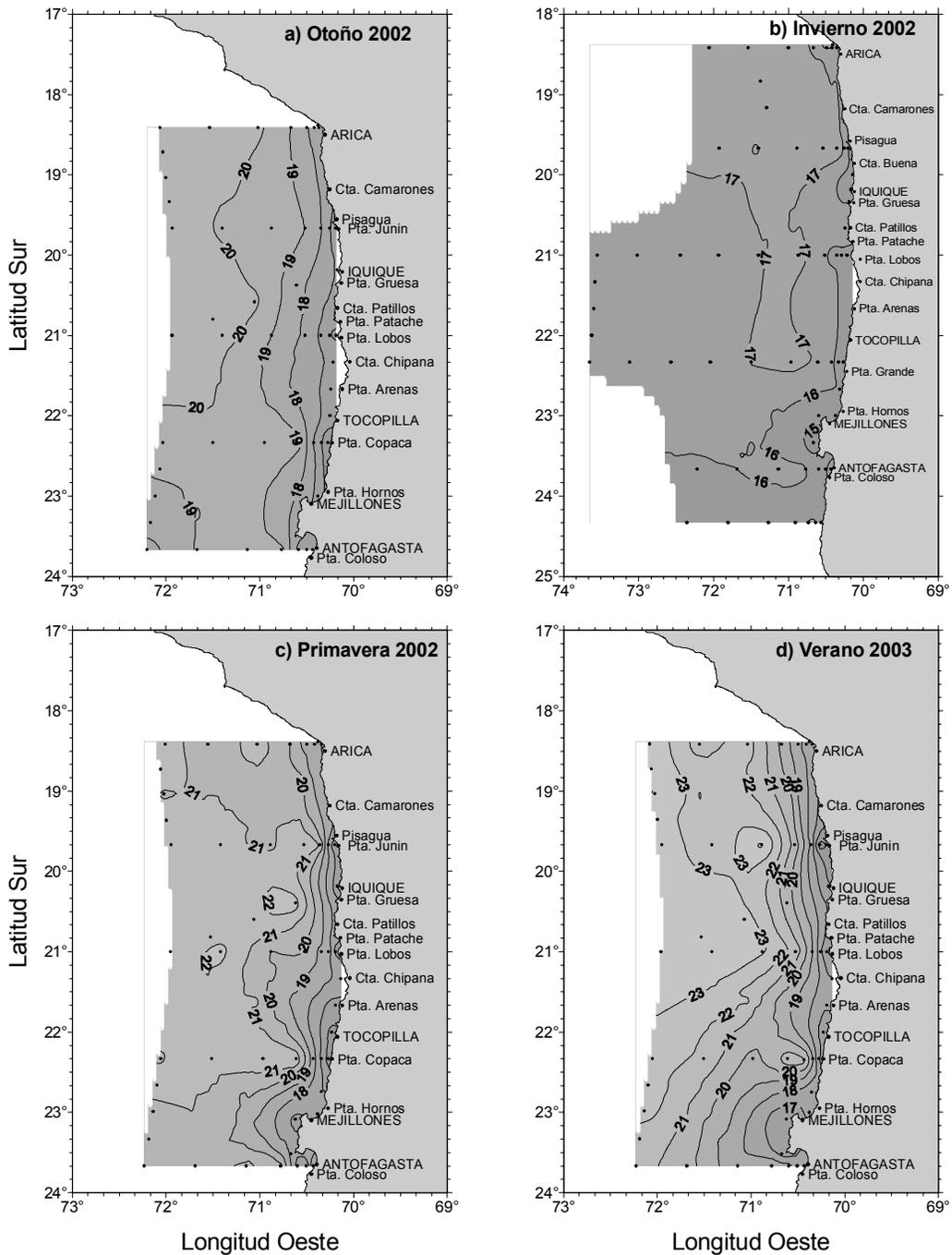


Figura 10. Distribuci3n horizontal de temperatura (°C). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

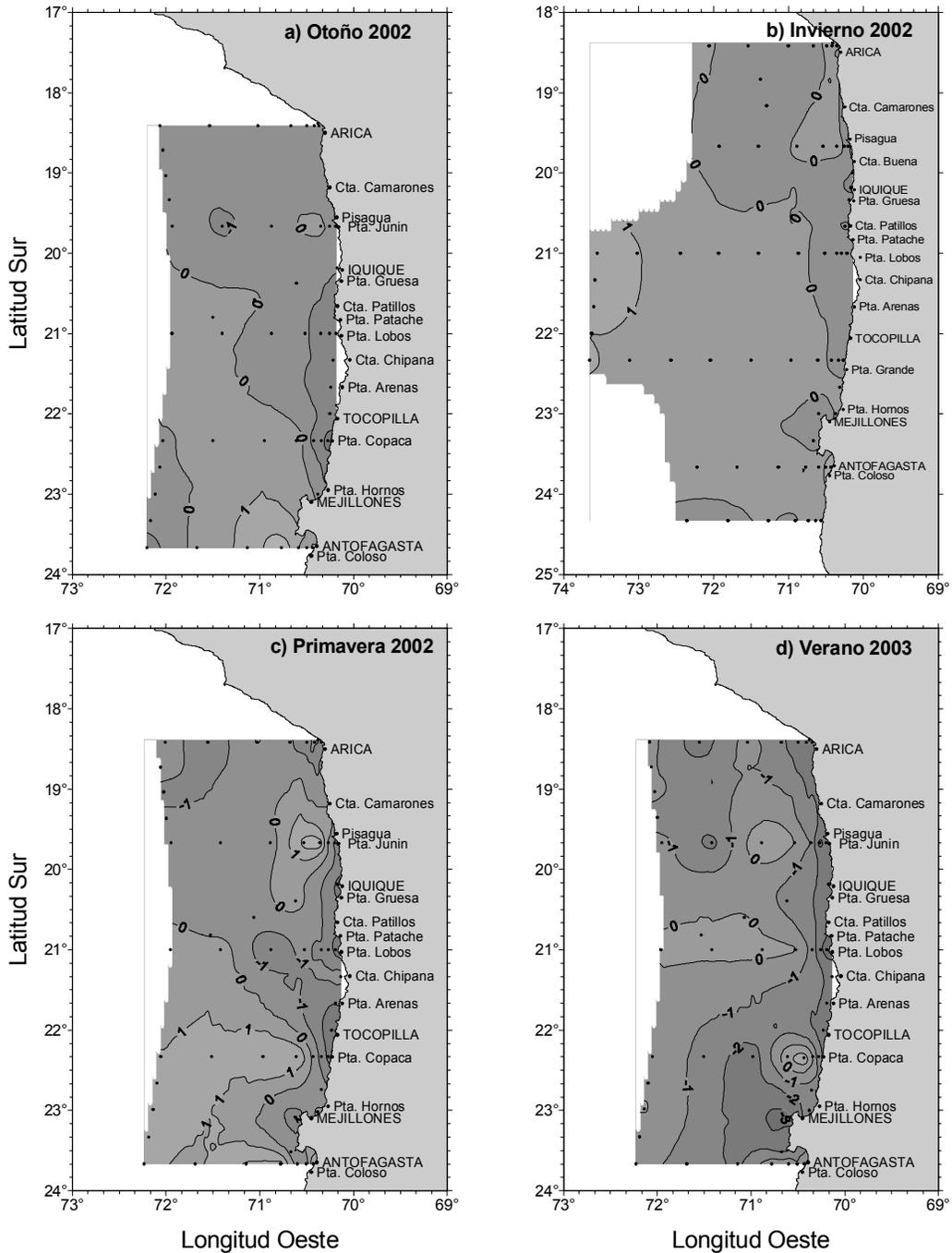


Figura 11. Anomalías de temperatura superficial del mar (°C). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

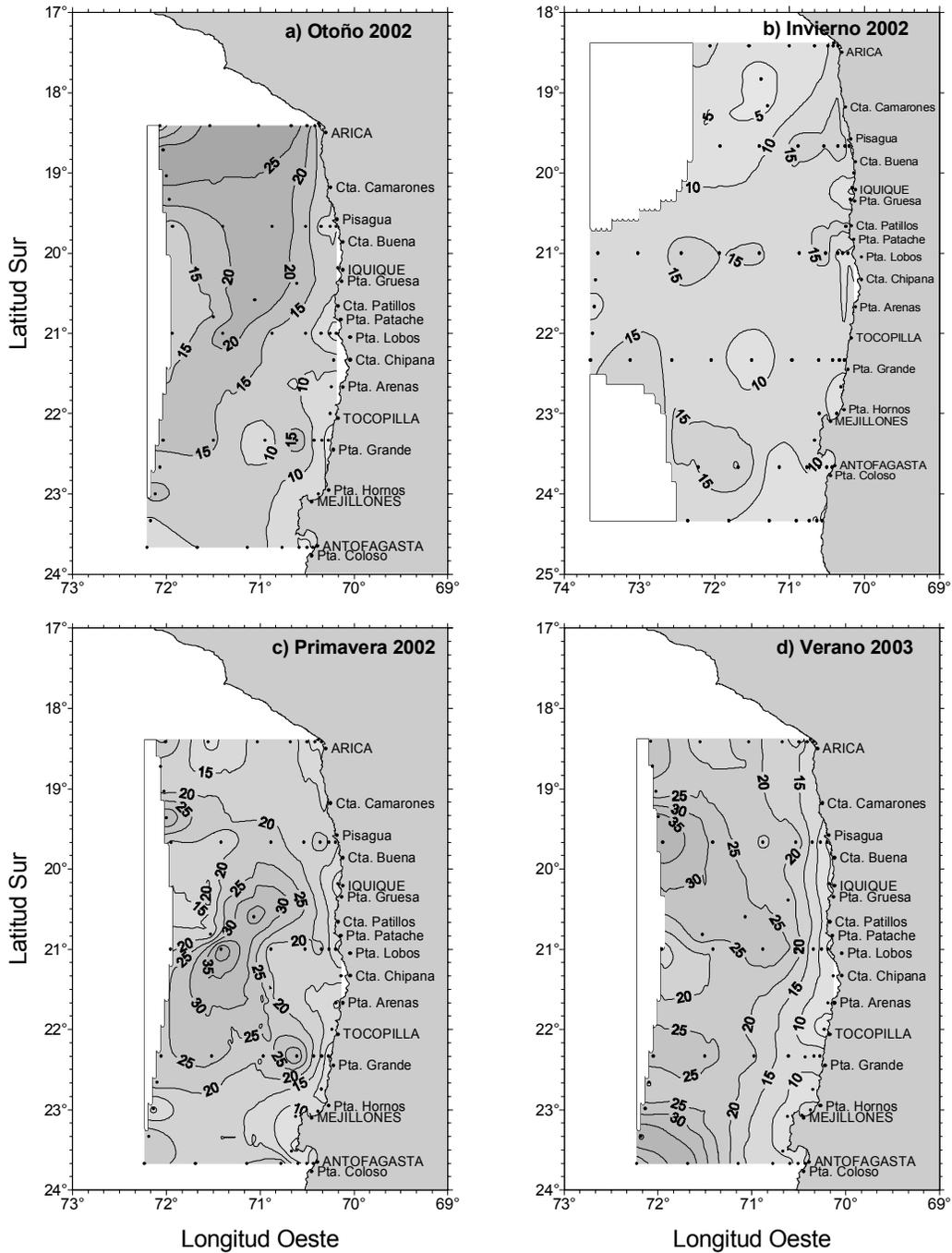


Figura 12. Espesor de la termoclina (m). Cruceos estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

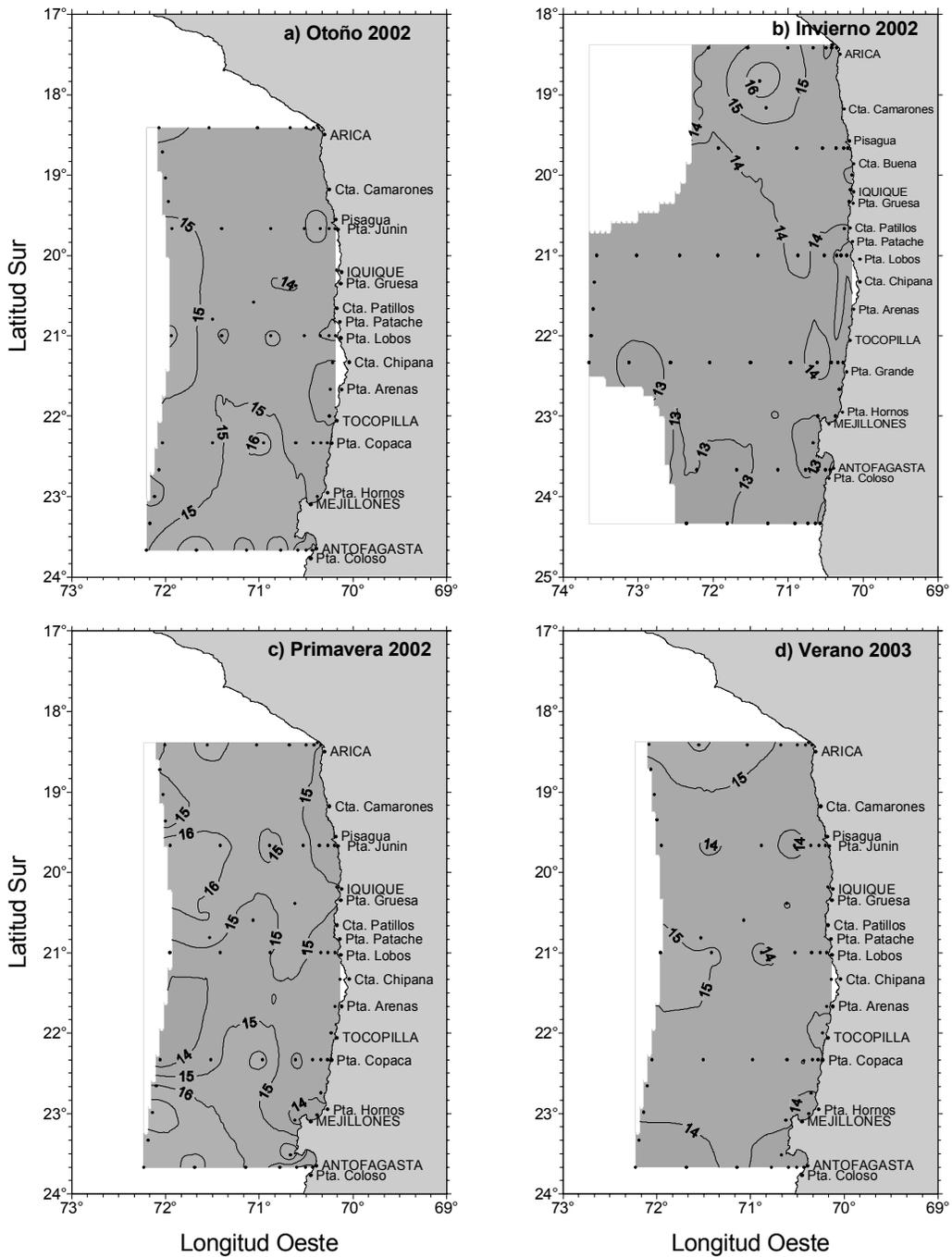


Figura 13. Temperatura en la base de la termocline (°C). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

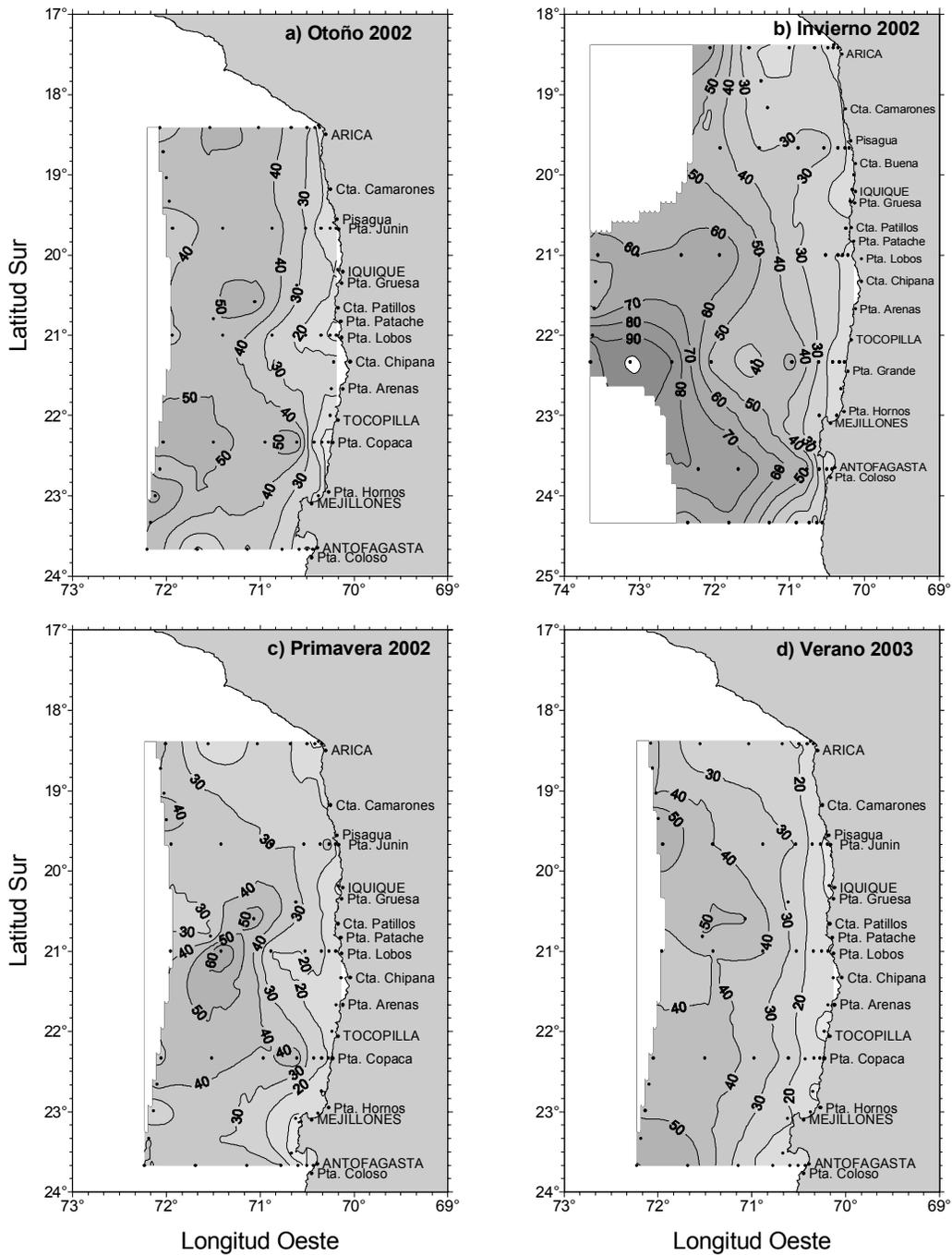


Figura 14. Profundidad base de la termoclina (m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

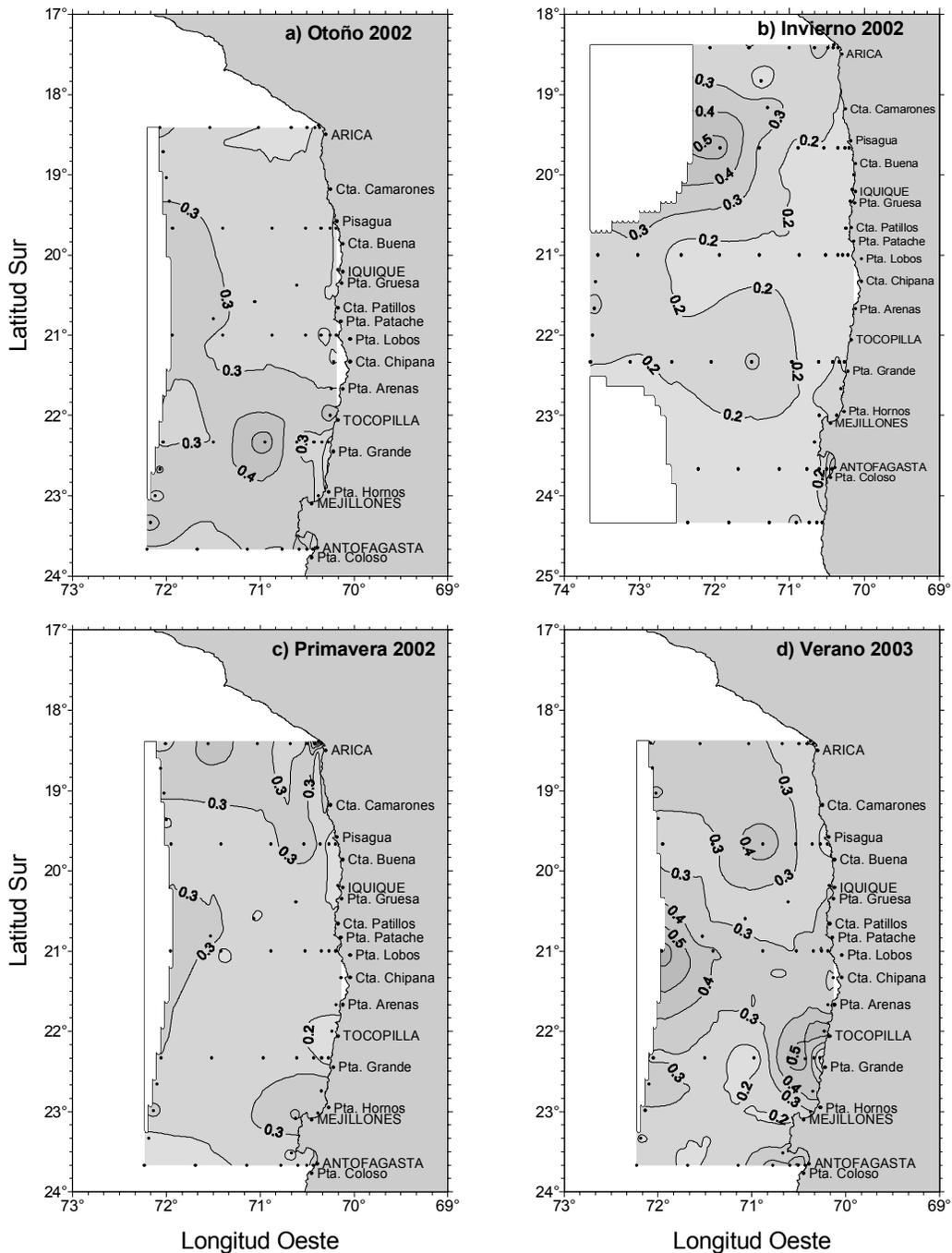


Figura 15. Gradiente de temperatura promedio de la termoclina (°C/m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

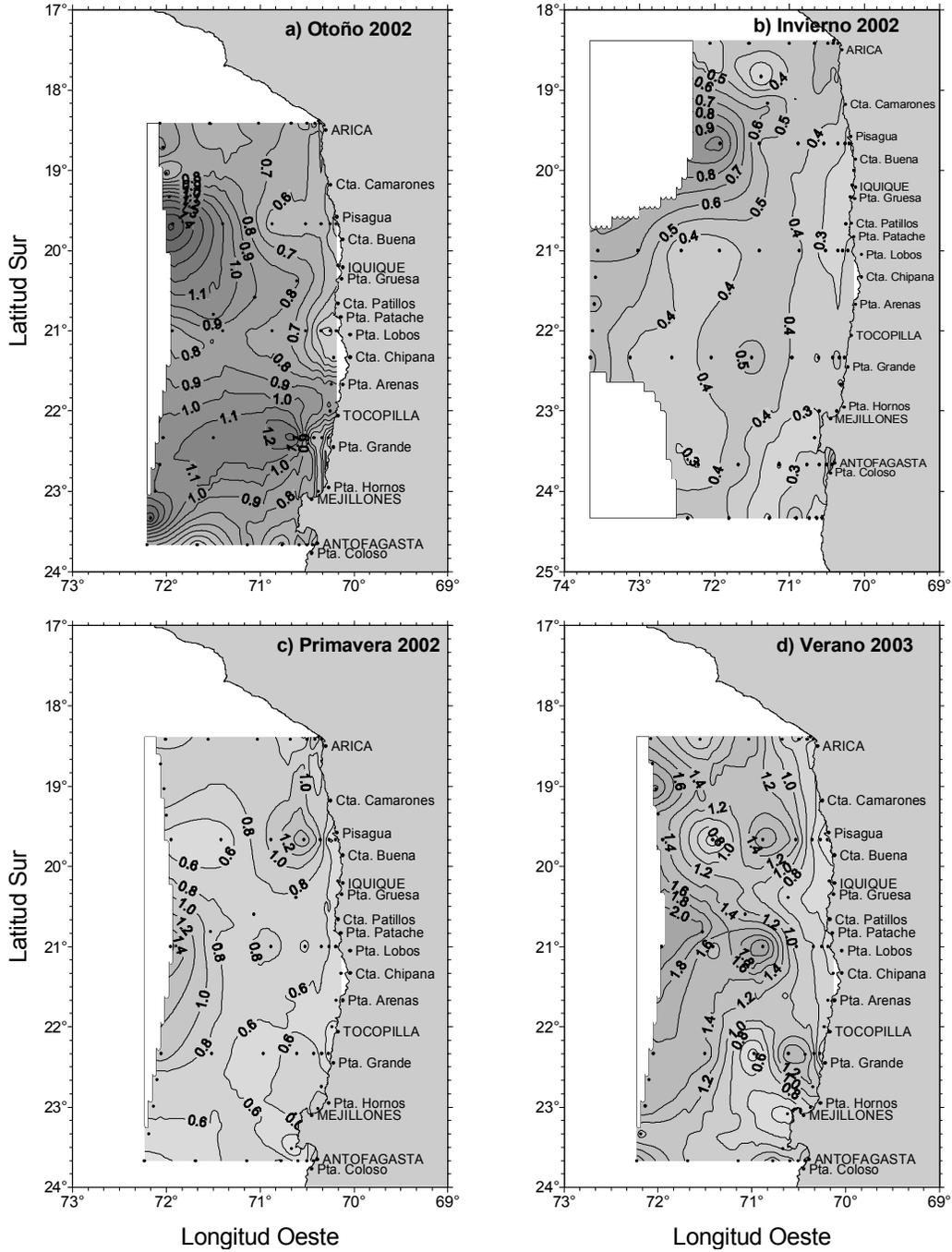


Figura 16. Máximo gradiente de temperatura en la termoclina ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003

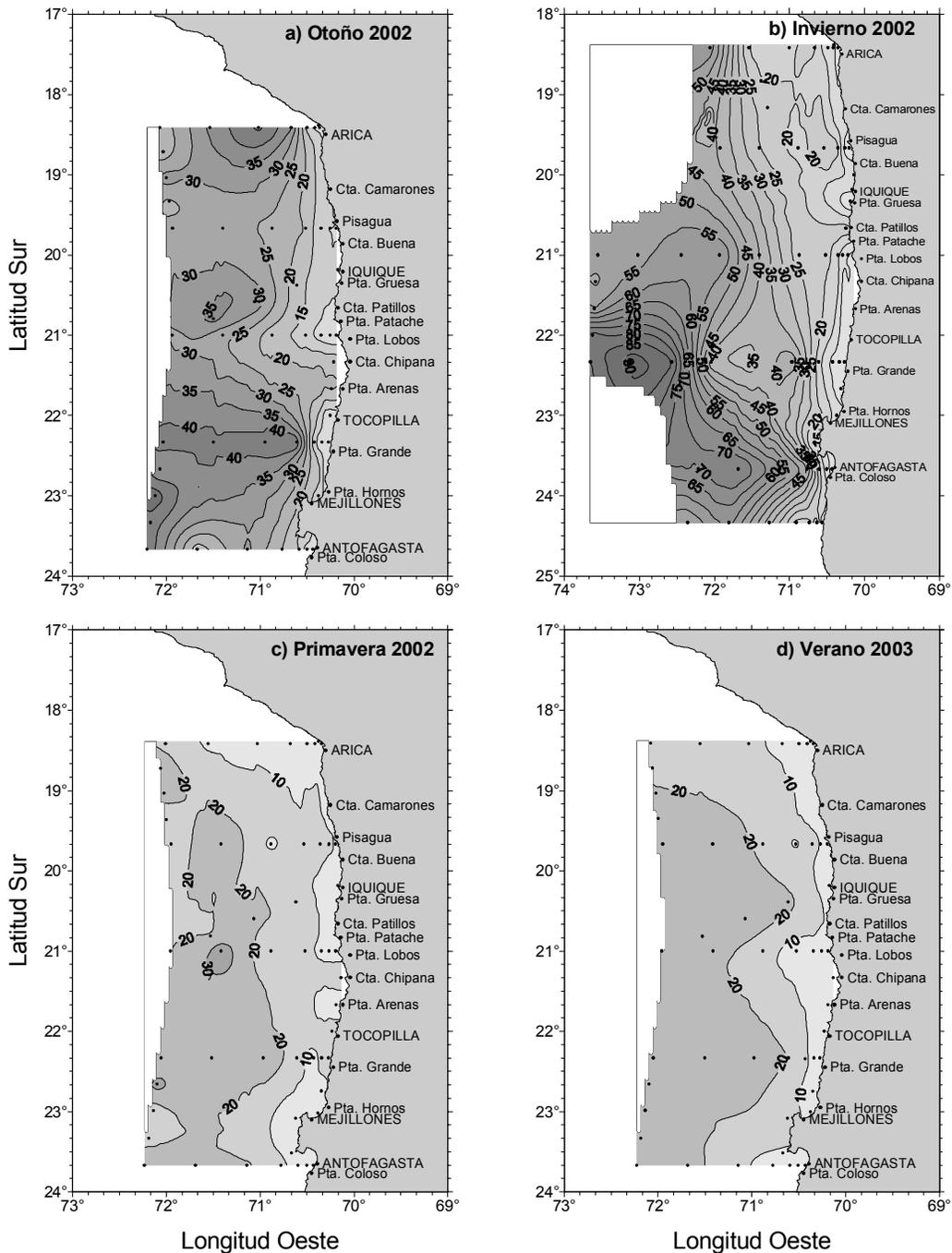


Figura 17. Profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

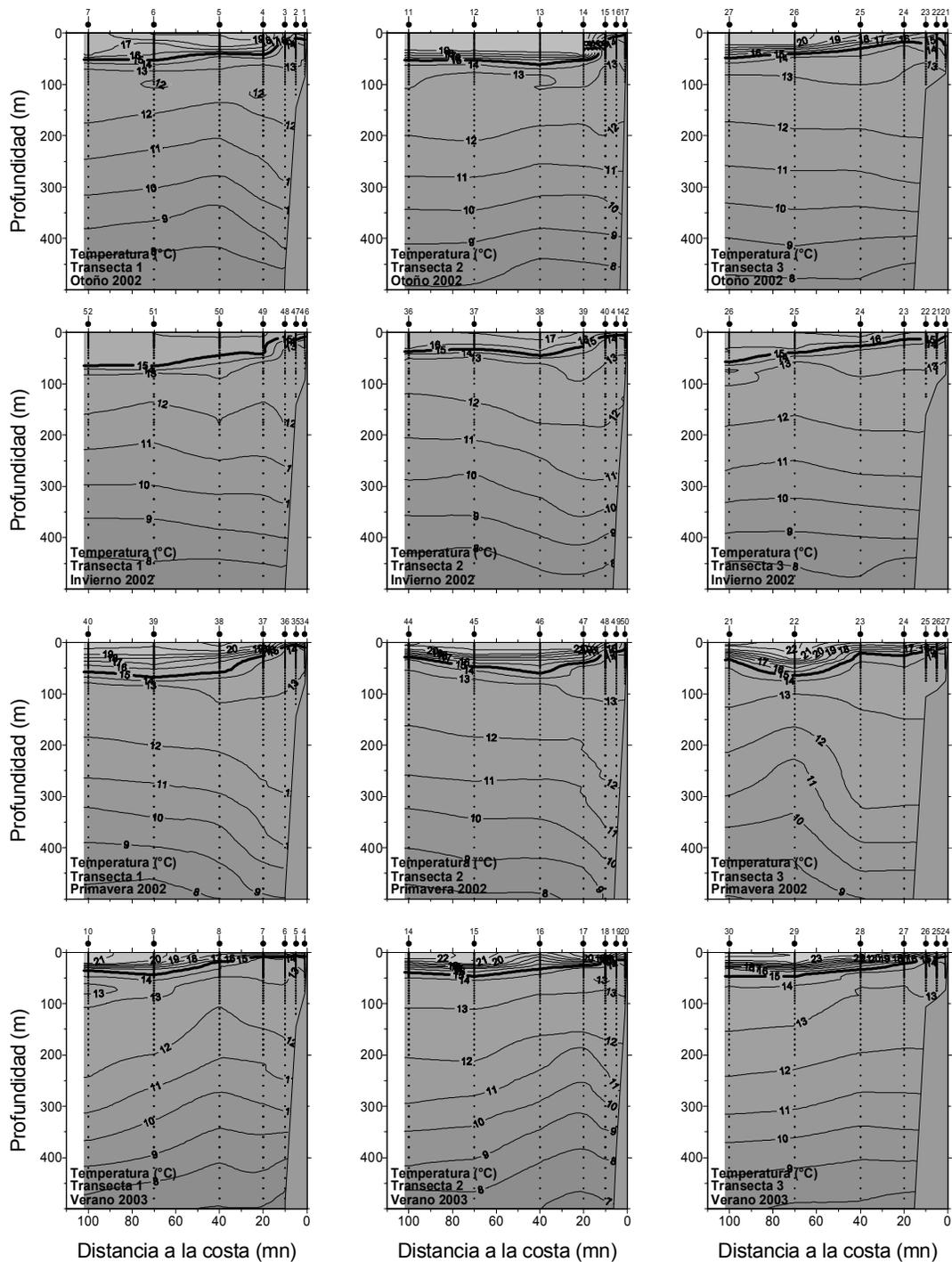


Figura 18. Distribuci3n vertical de temperatura (°C) en las transectas 1 (Bahía Moreno; 23°40' S), 2 (Pta. Copaca; 22°20' S) y 3 (Pta. Lobos; 21°00' S). Cruceos estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

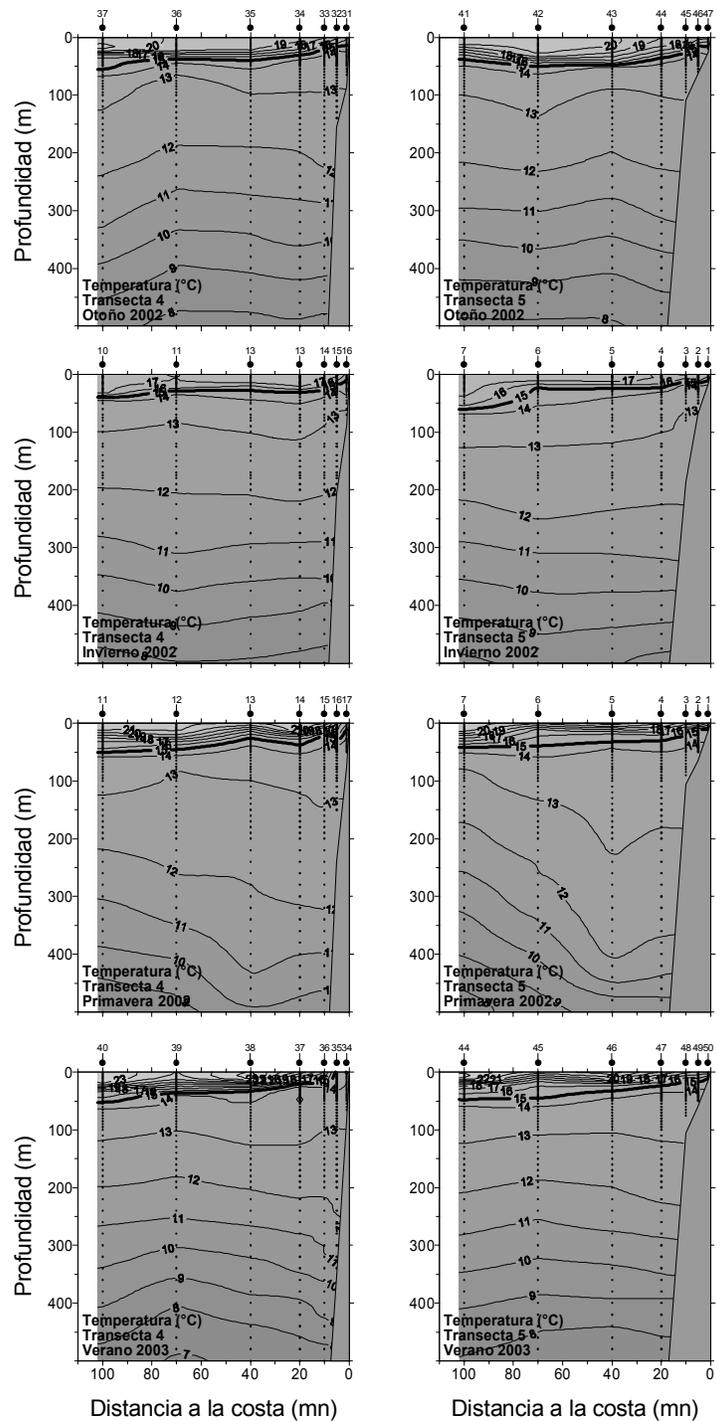


Figura 19. Distribuci3n vertical de temperatura (°C) en las transectas 4 (Pta. Jun3n; 19°40' S) y 5 (Arica; 18°25' S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

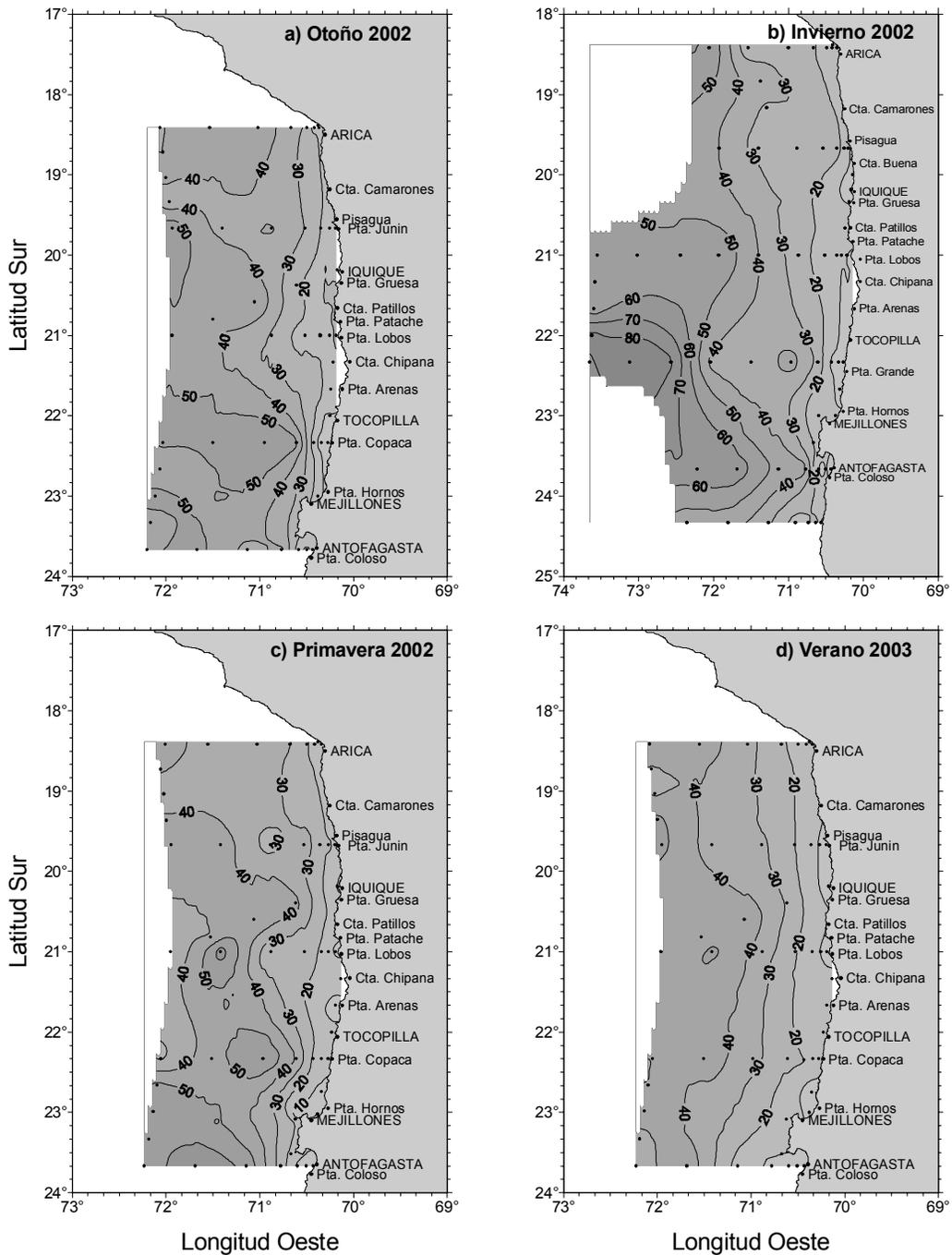


Figura 20. Profundidad de la isoterma de 15°C (m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

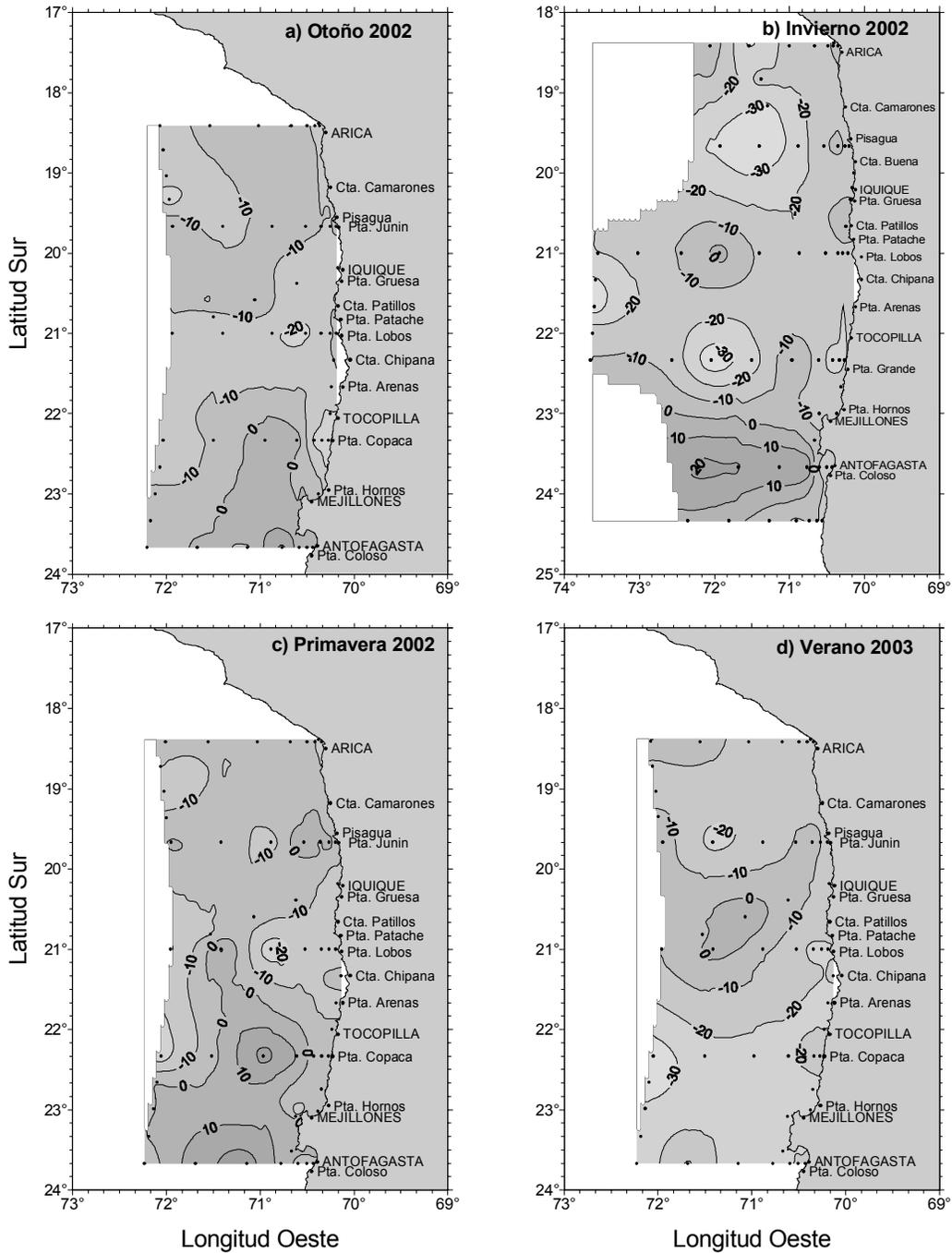


Figura 21. Anomala de profundidad de la isoterma 15°C (m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

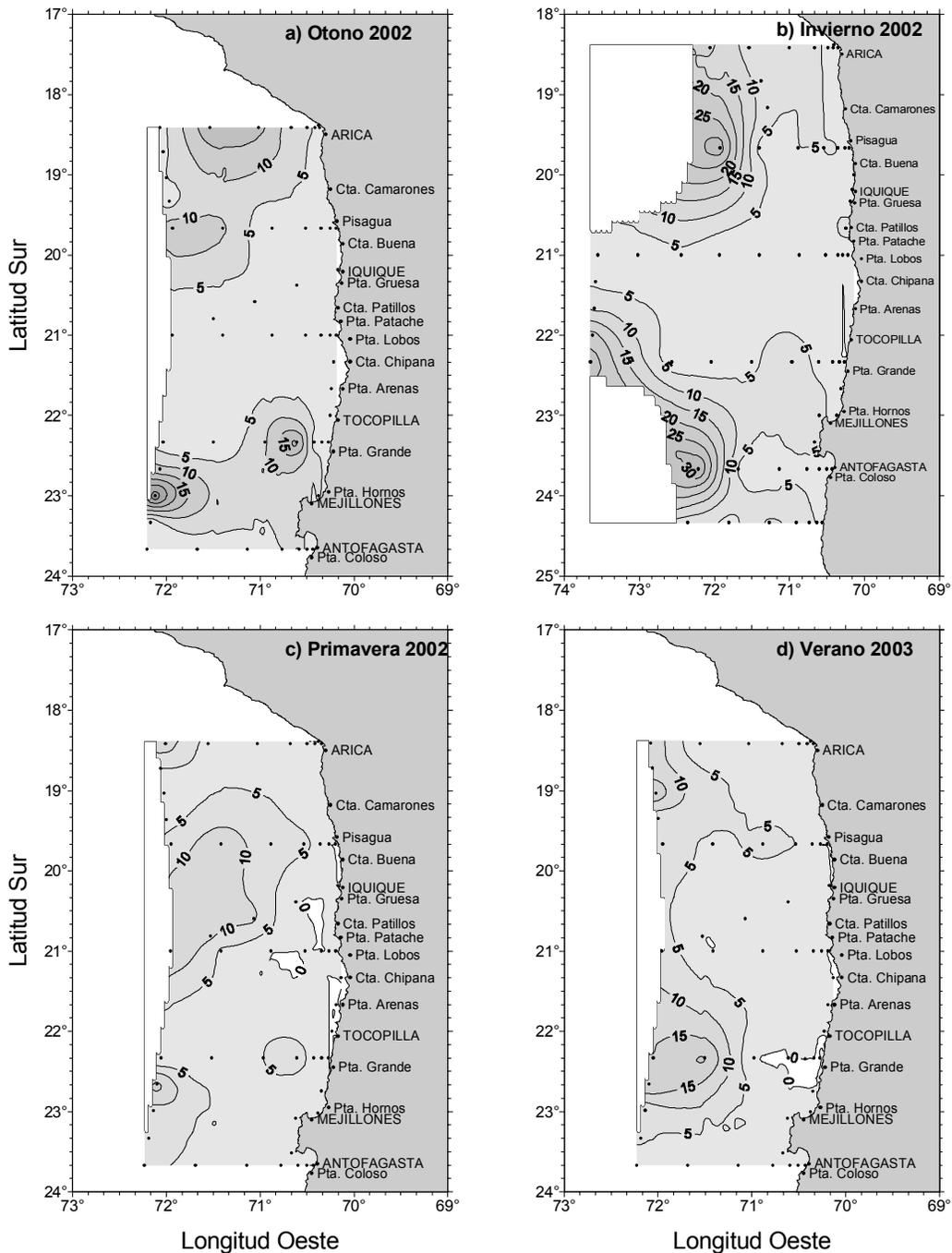


Figura 22. Espesor de la capa de mezcla (m). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

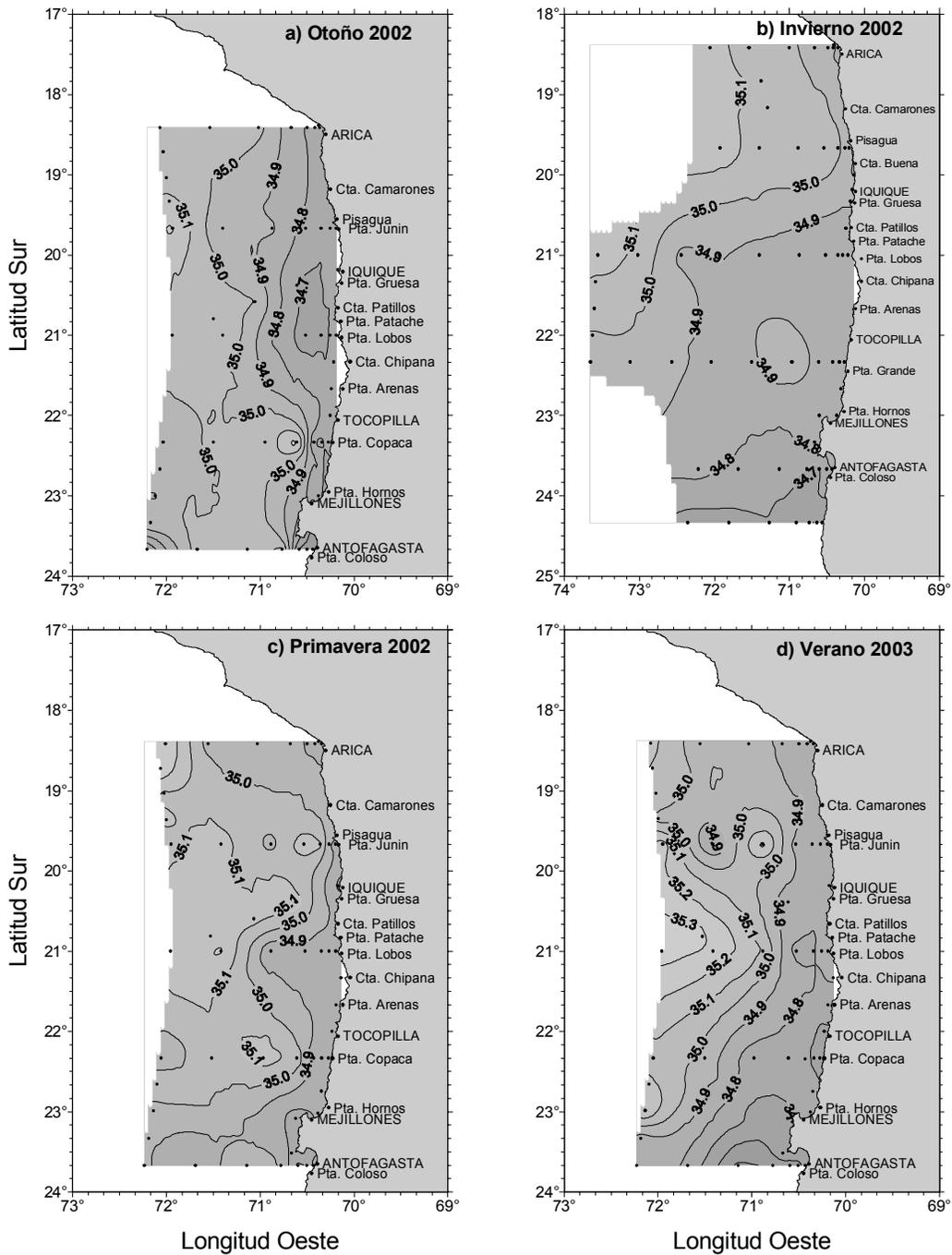


Figura 23. Distribuci3n horizontal de salinidad (psu). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

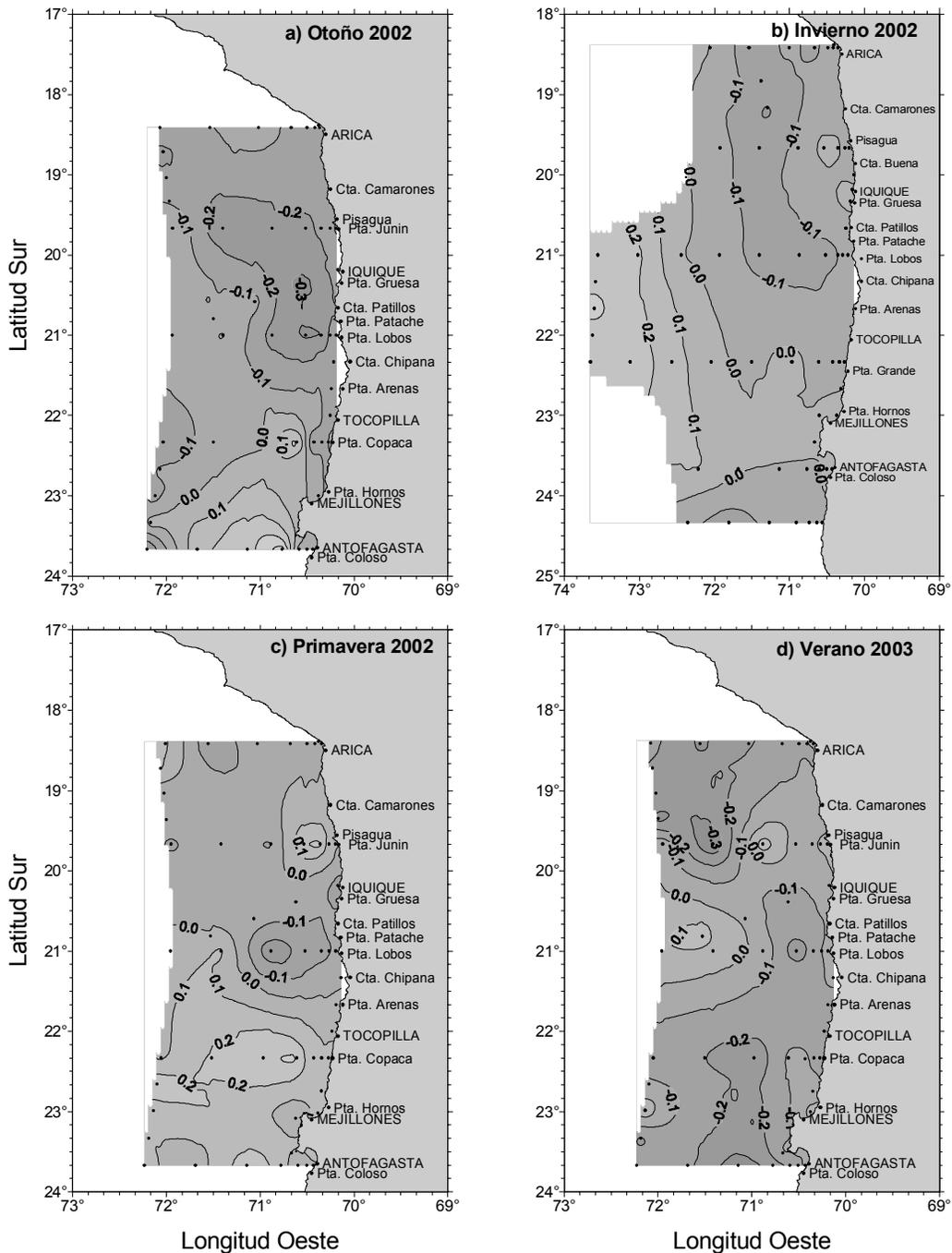


Figura 24. Anomala de salinidad superficial (psu). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

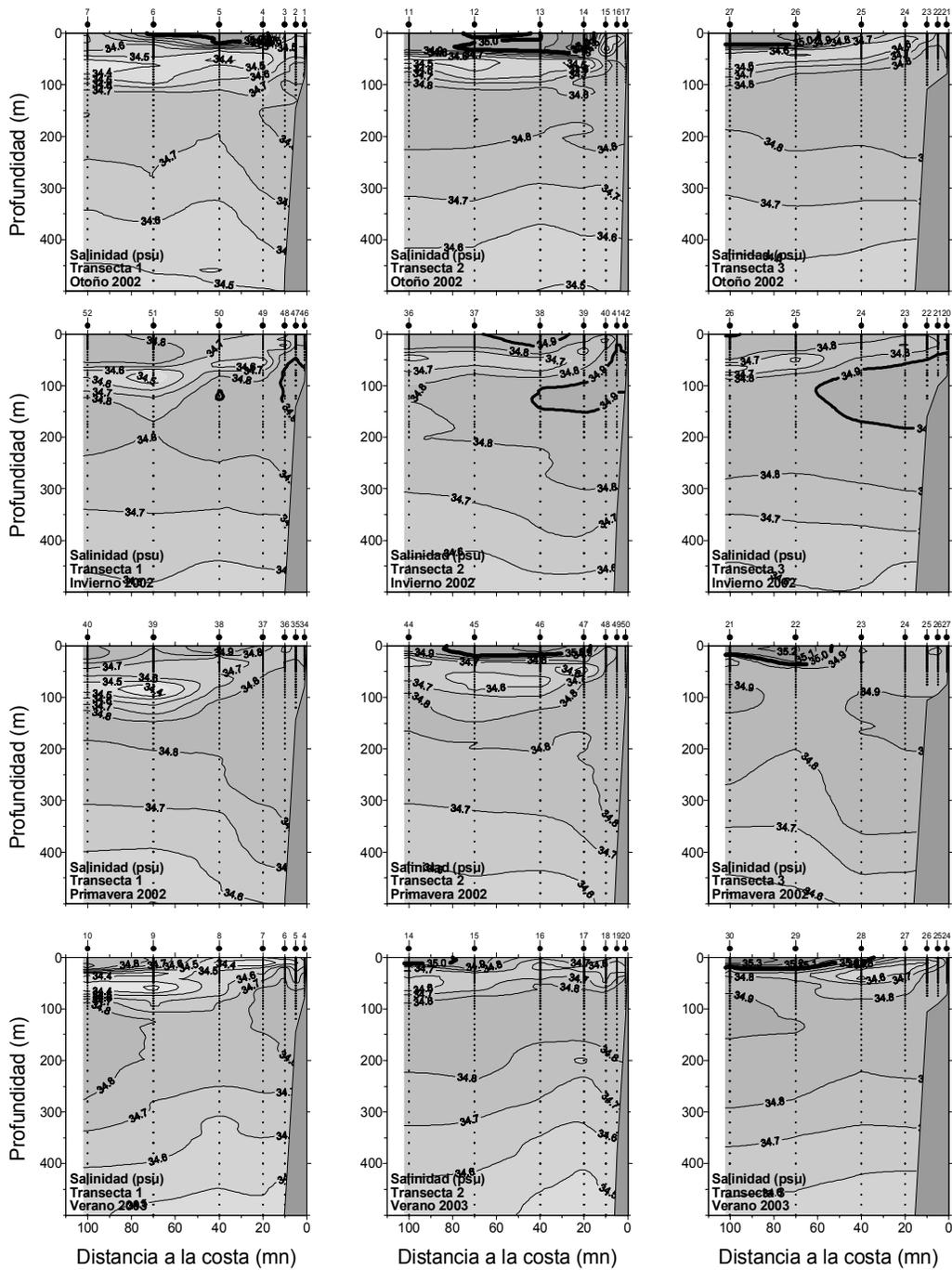


Figura 25. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en las transectas 1 (Bahía Moreno; 23°40' S), 2 (Pta. Copaca; 22°20' S) y 3 (Pta. Lobos; 21°00' S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

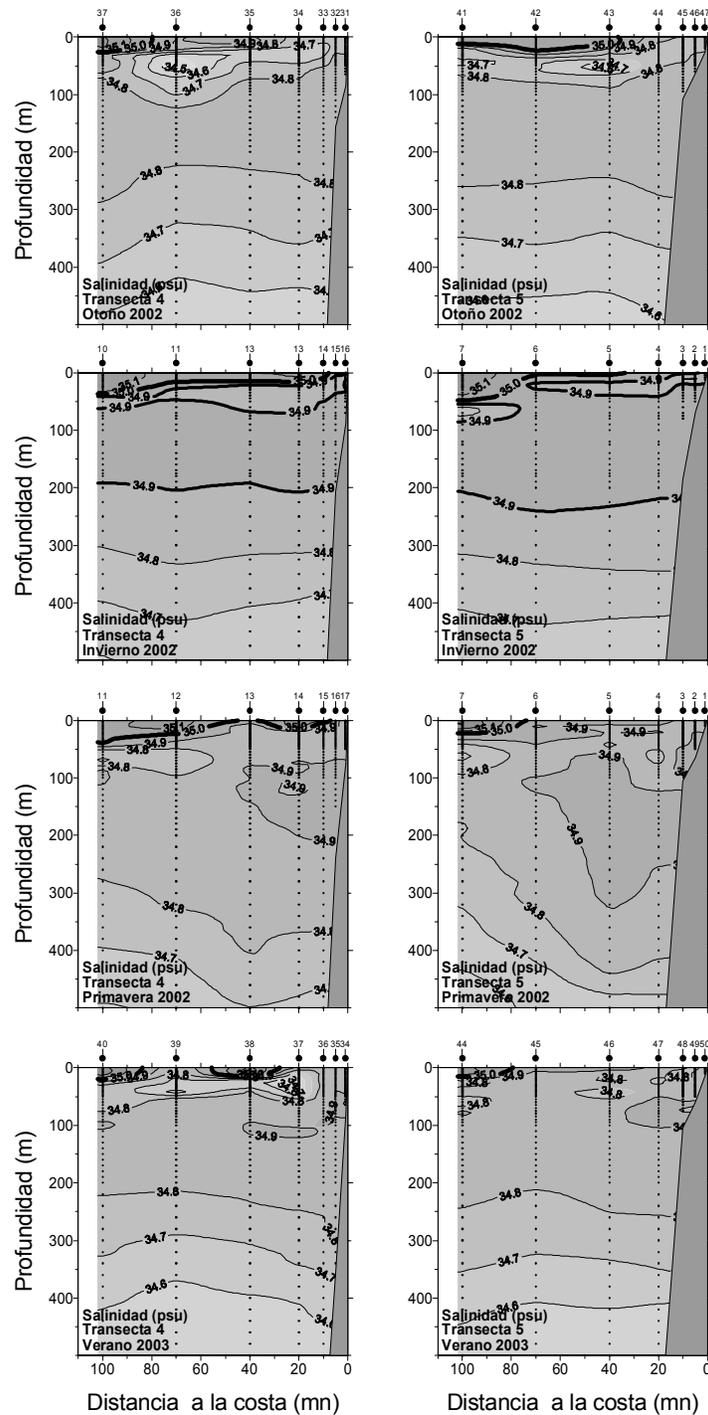


Figura 26. Distribuci3n vertical de salinidad (psu) en la transectas 4 (Pta. Jun3n; 19°40' S) y 5 (Arica; 18°25' S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

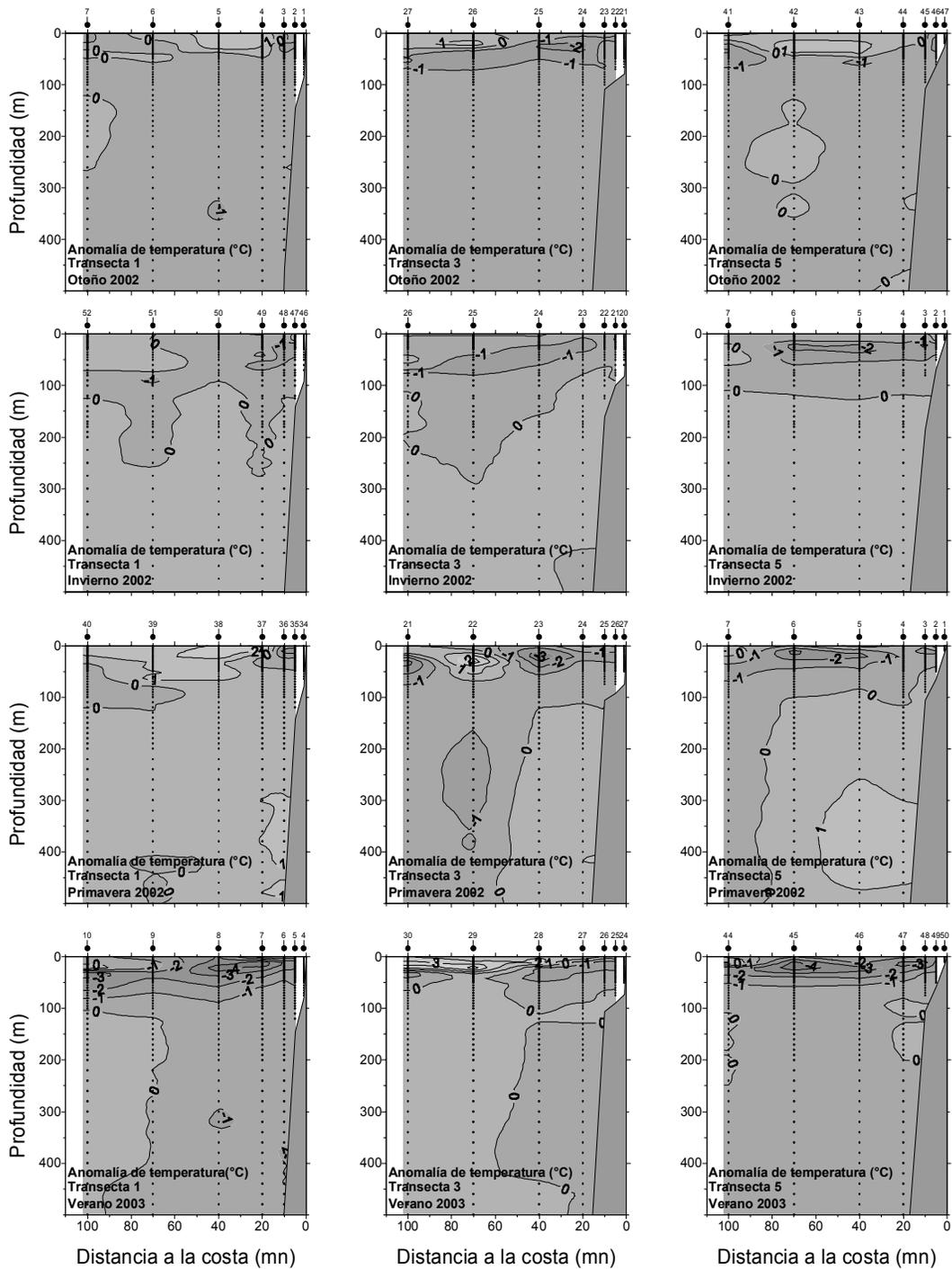


Figura 27. Anomalia vertical de temperatura (°C) en las transectas 1 (Bahía Moreno, 23°40'S), 3 (Pta. Lobos; 21°00' S) y 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

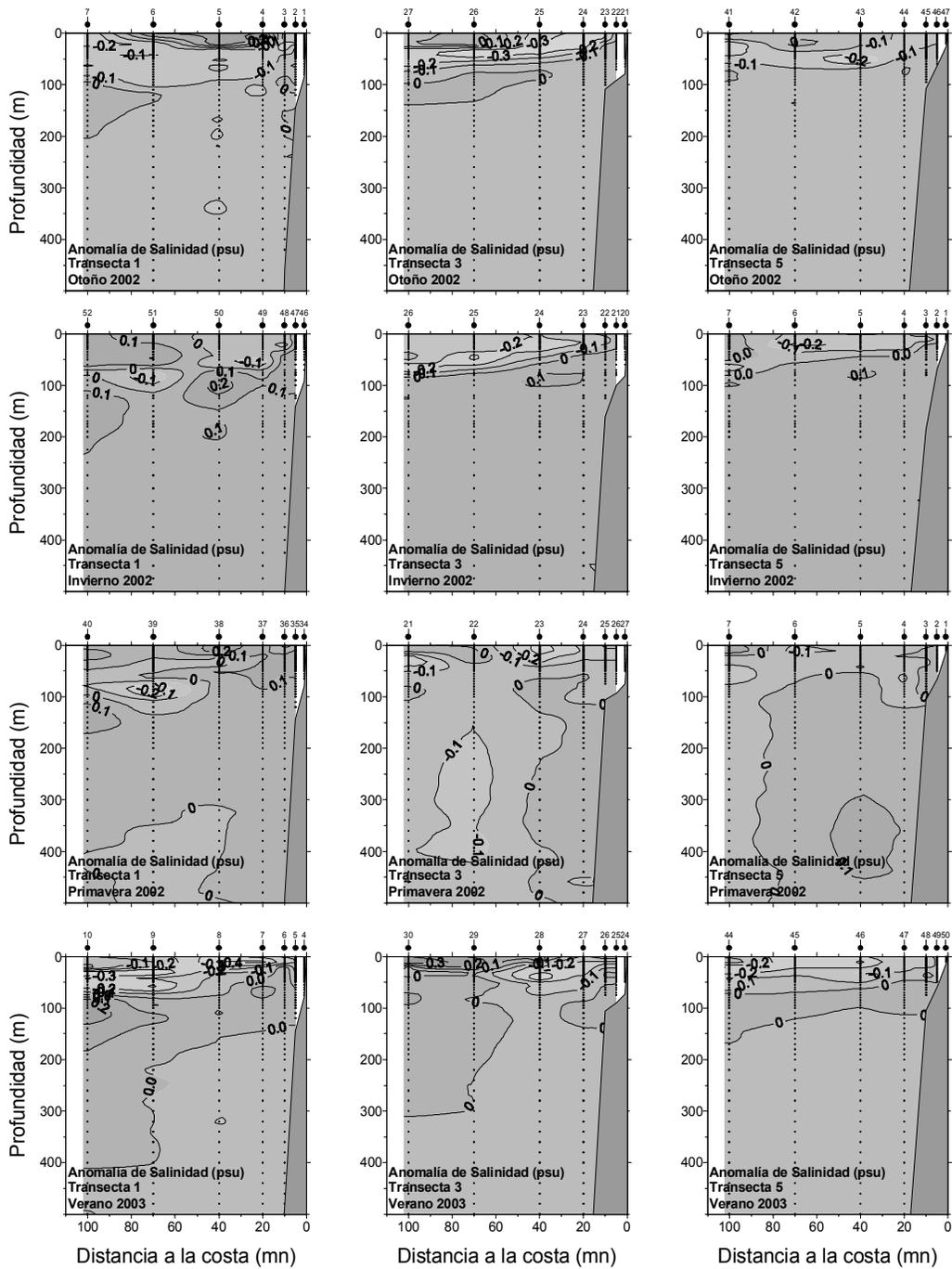


Figura 28. Anomalia vertical de salinidad (psu) en las transectas 1 (Bahía Moreno, 23°40'S), 3 (Pta. Lobos; 21°00' S) y 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

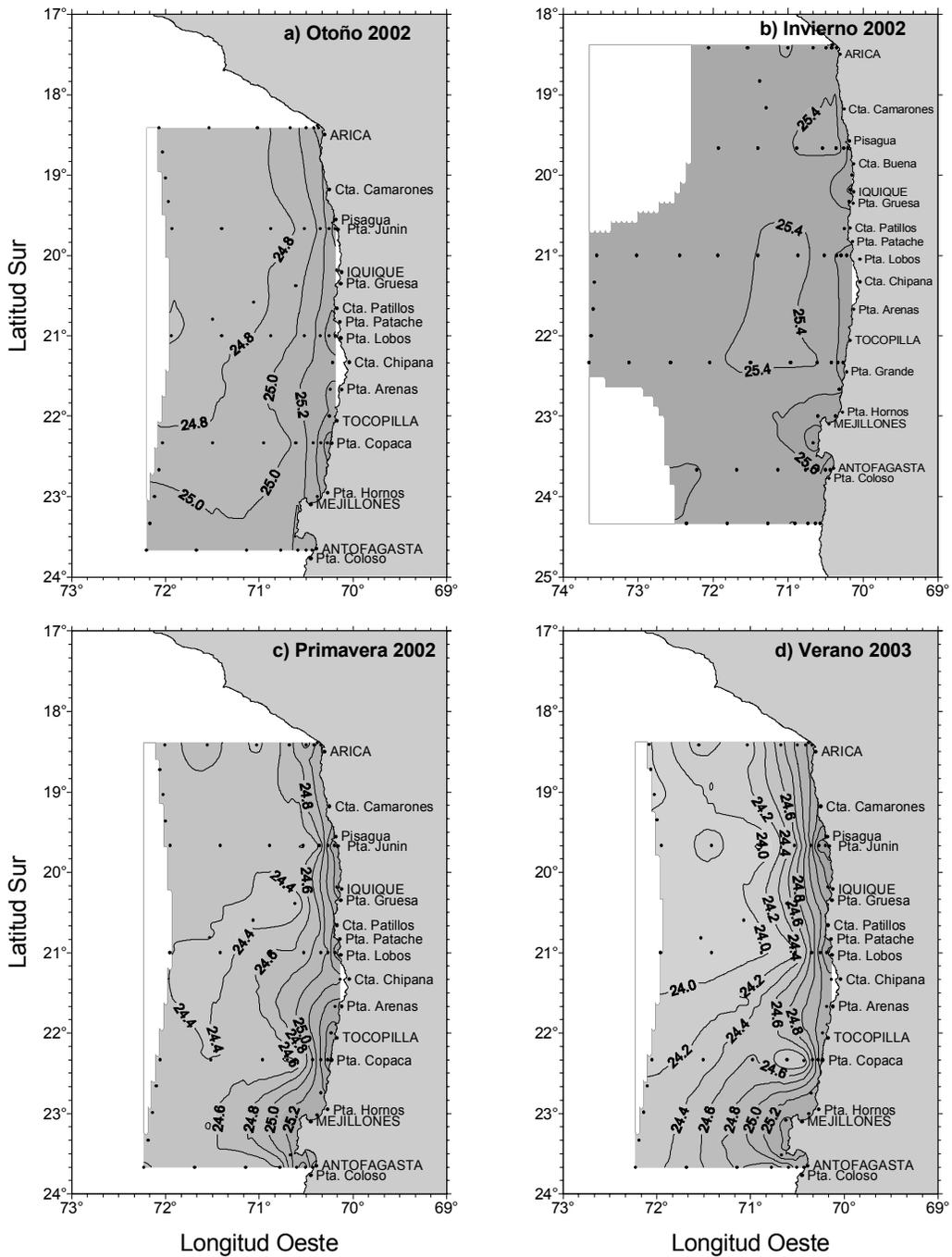


Figura 29. Densidad superficial del mar (σ_t) (kg/m^3). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

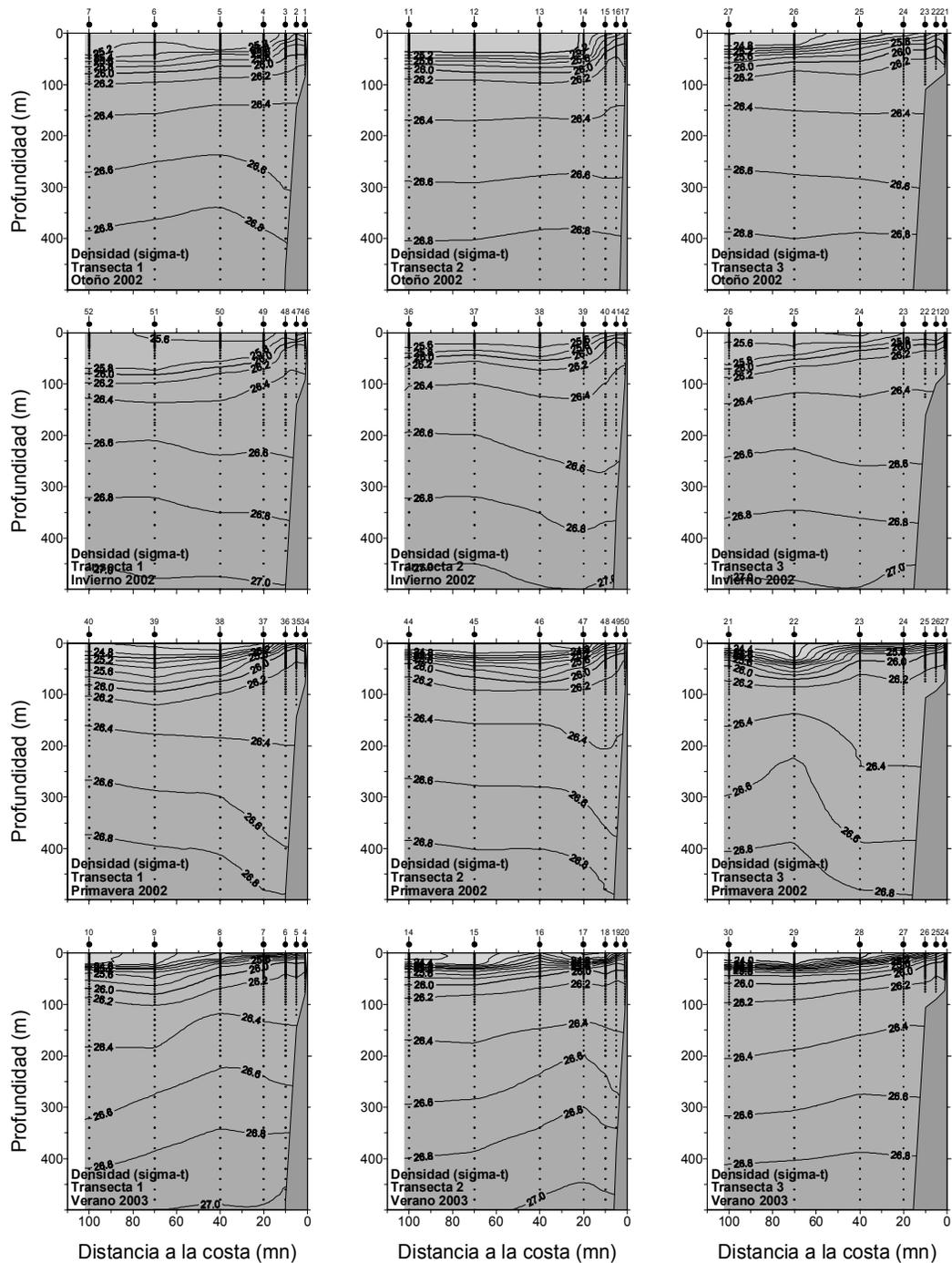


Figura 30. Distribuci3n vertical de densidad ($\sigma\text{-t}$)(kg/m^3) en las transectas 1 (Bahía Moreno; $23^{\circ}40'$ S), 2 (Pta. Copaca; $22^{\circ}20'$ S) y 3 (Pta. Lobos; $21^{\circ}00'$ S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

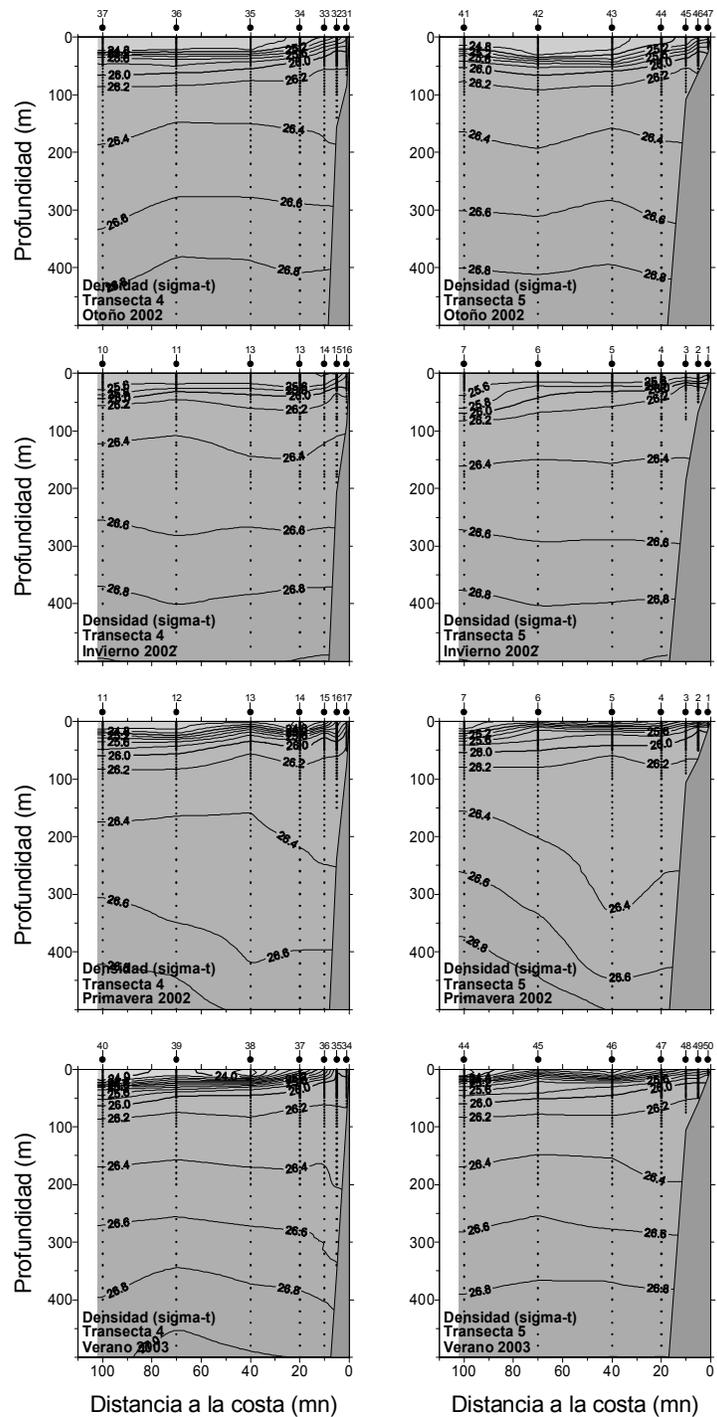


Figura 31. Distribuci3n vertical de densidad ($\sigma\text{-t}$)(kg/m^3) en las transectas 4 (Pta. Jun3n; $19^{\circ}40'$ S) y 5 (Arica; $18^{\circ}25'$ S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

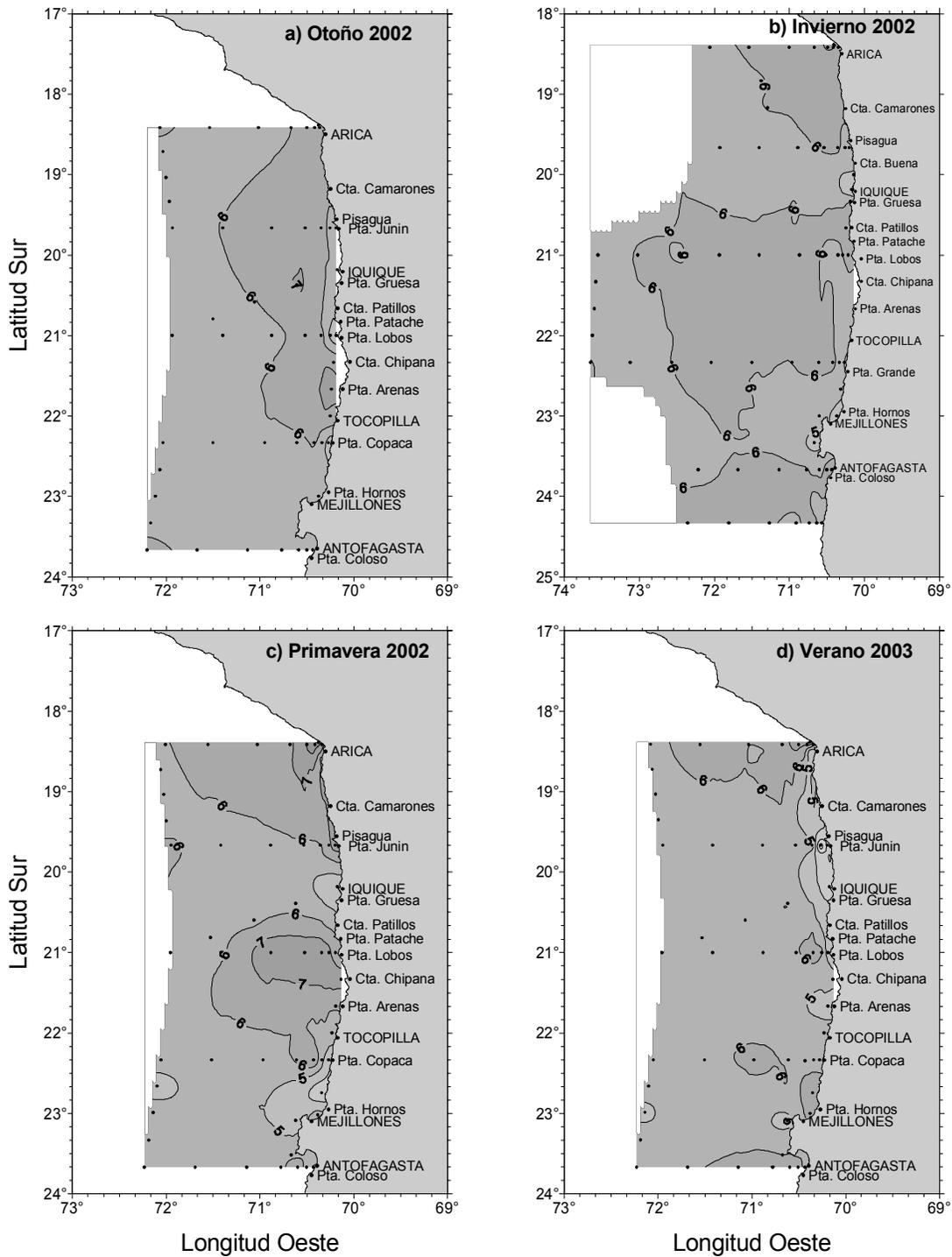


Figura 32. Distribuci3n superficial del contenido de ox3geno disuelto (mL/L). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

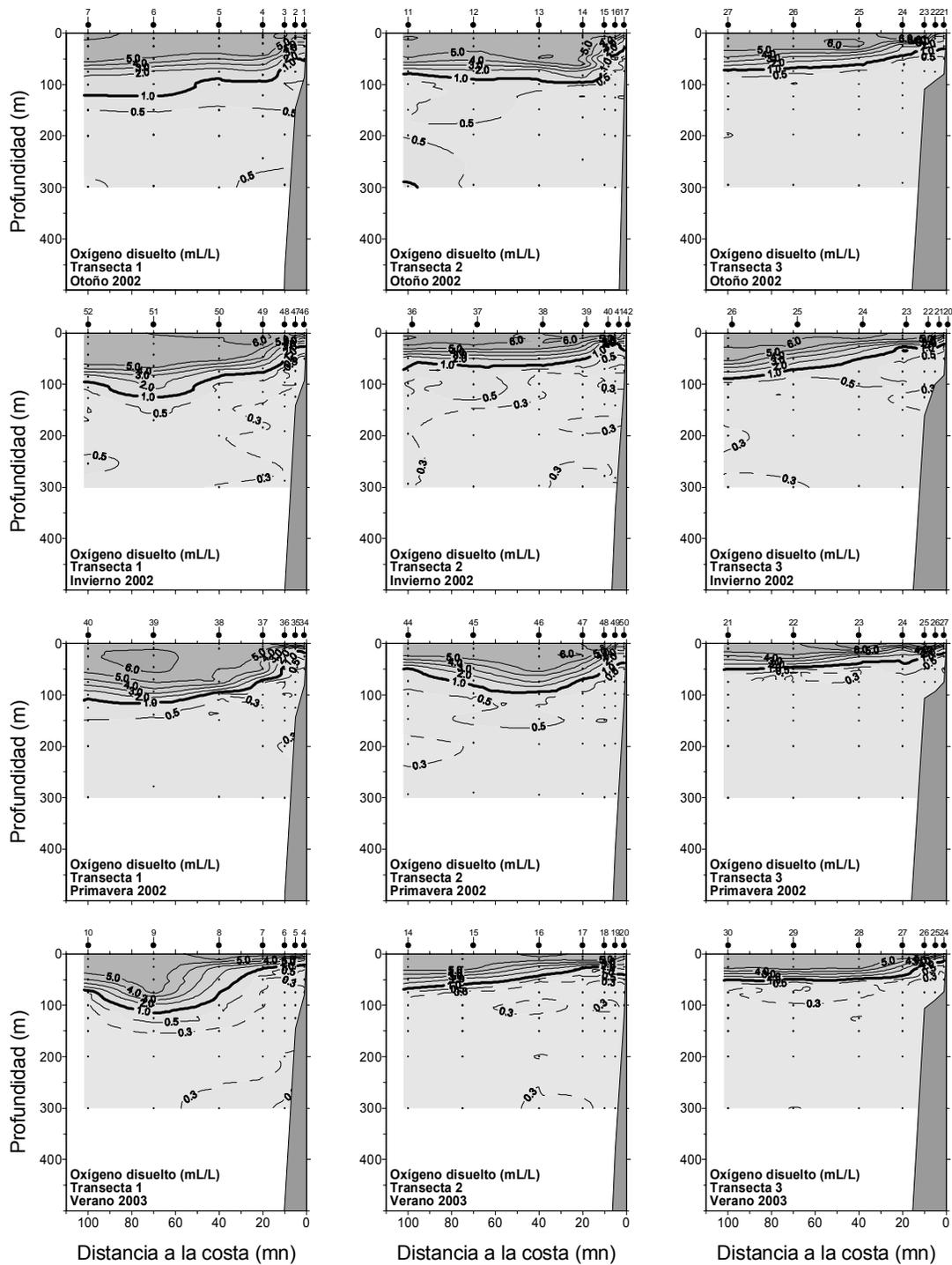


Figura 33. Distribuci3n vertical del contenido de oxigeno disuelto (mL/L) en las transectas 1. (Bahia Moreno; 23°40' S), 2 (Pta. Copaca; 22°20' S) y 3 (Pta. Lobos; 21°00' S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

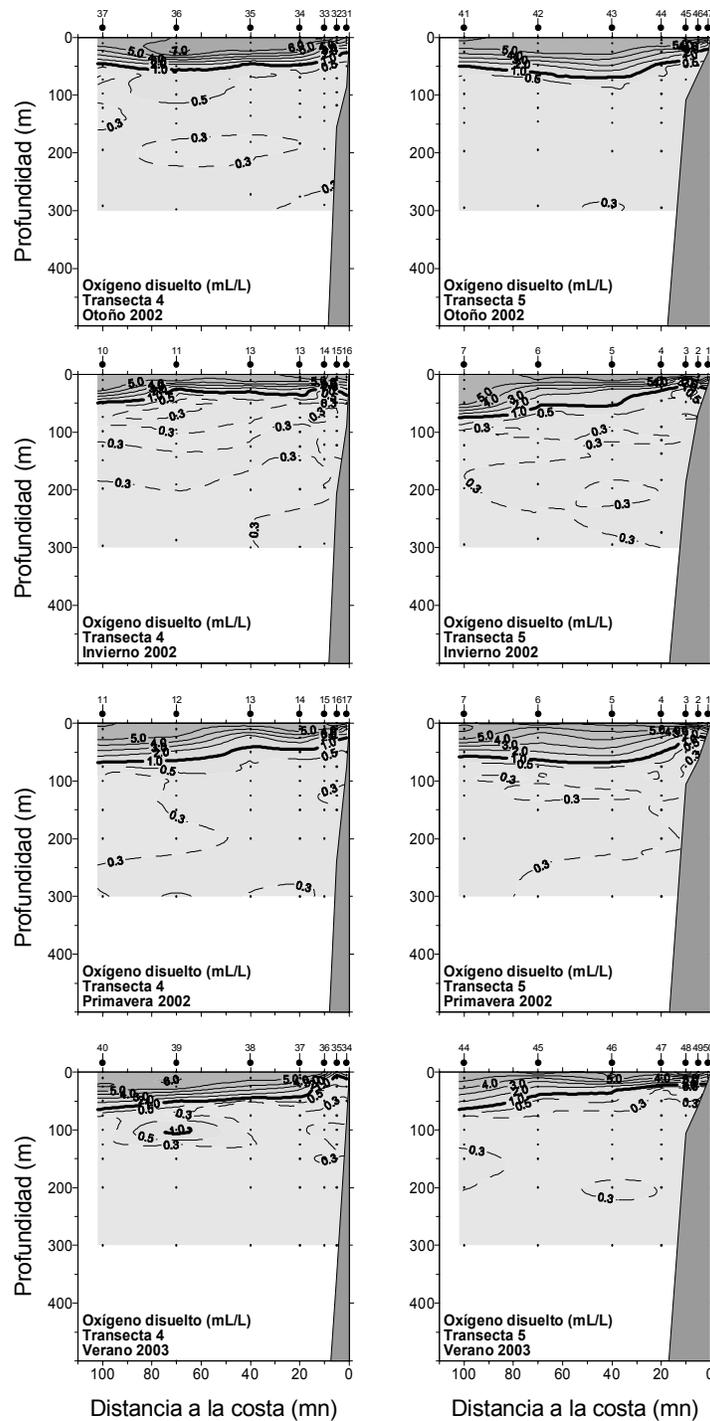


Figura 34. Distribuci3n vertical de oxigeno disuelto (mL/L) en las transectas 4 (Pta. Jun3n; 19°40' S) y 5 (Arica; 18°25' S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

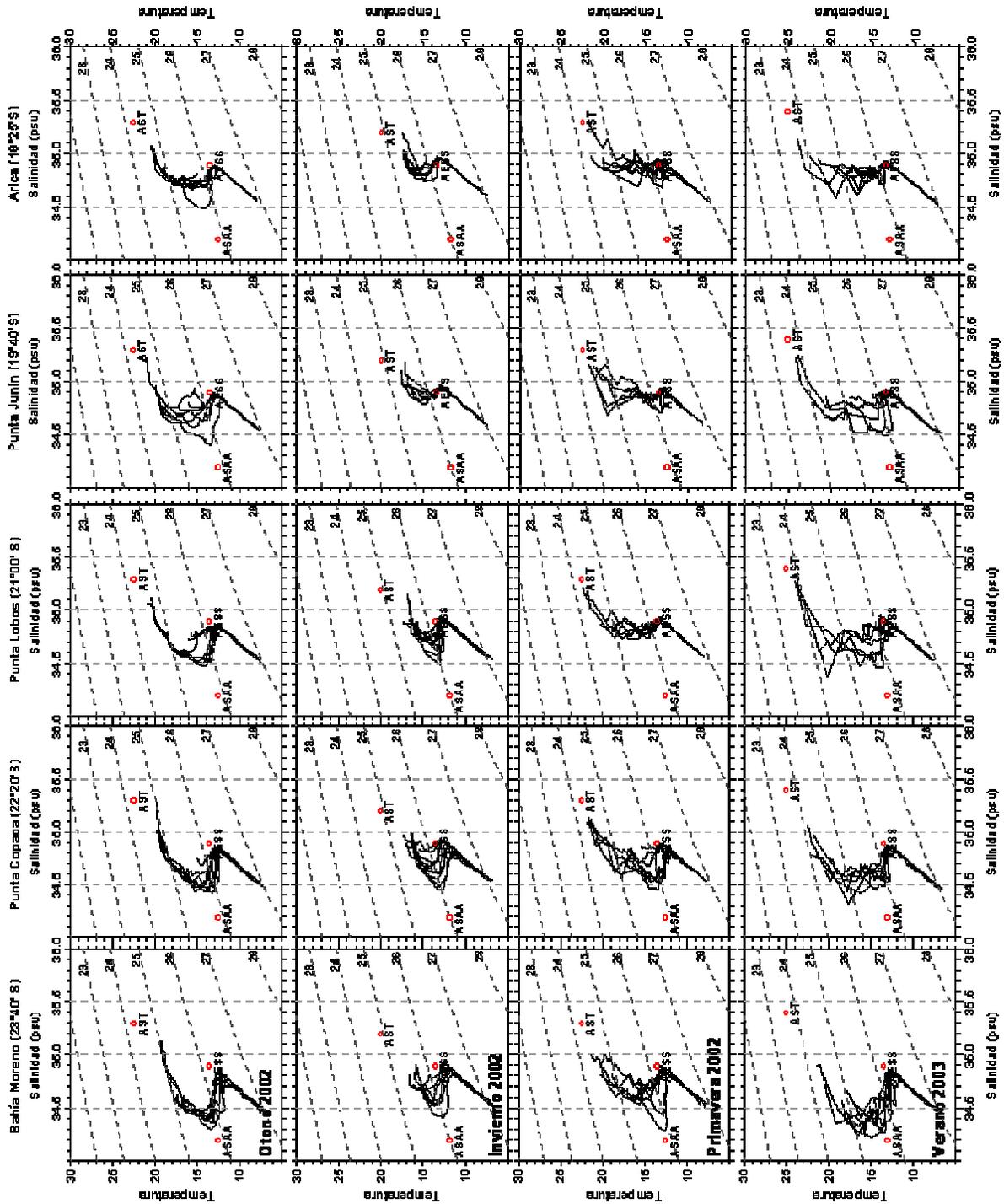


Figura 35. Diagramas T-S de todas las estaciones agrupadas por transecta. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

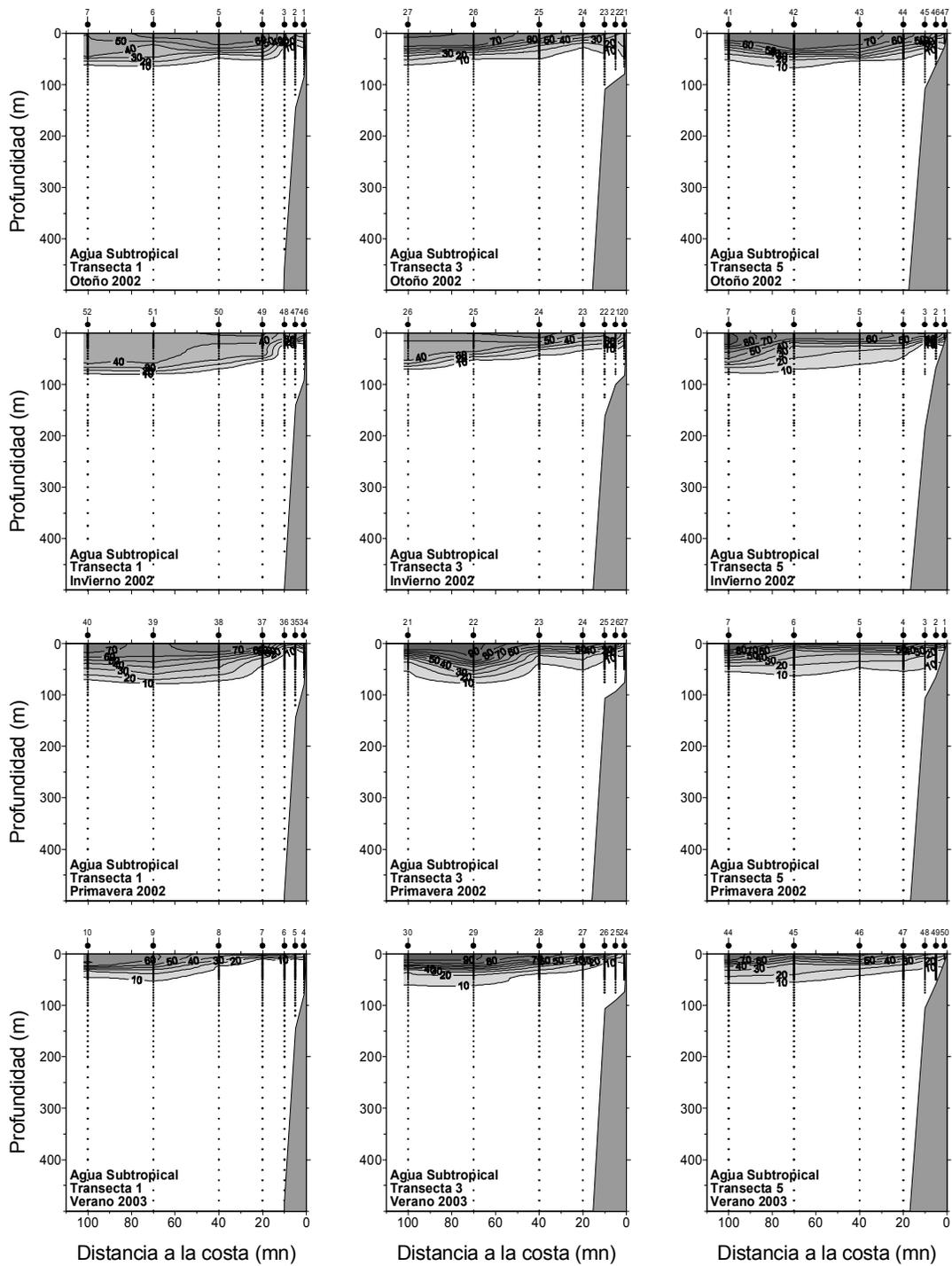


Figura 36. Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Subtropical (AST) en las transectas 1 (Bahía Moreno, 23°40'S), 3 (Pta. Lobos; 21°00' S) y 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

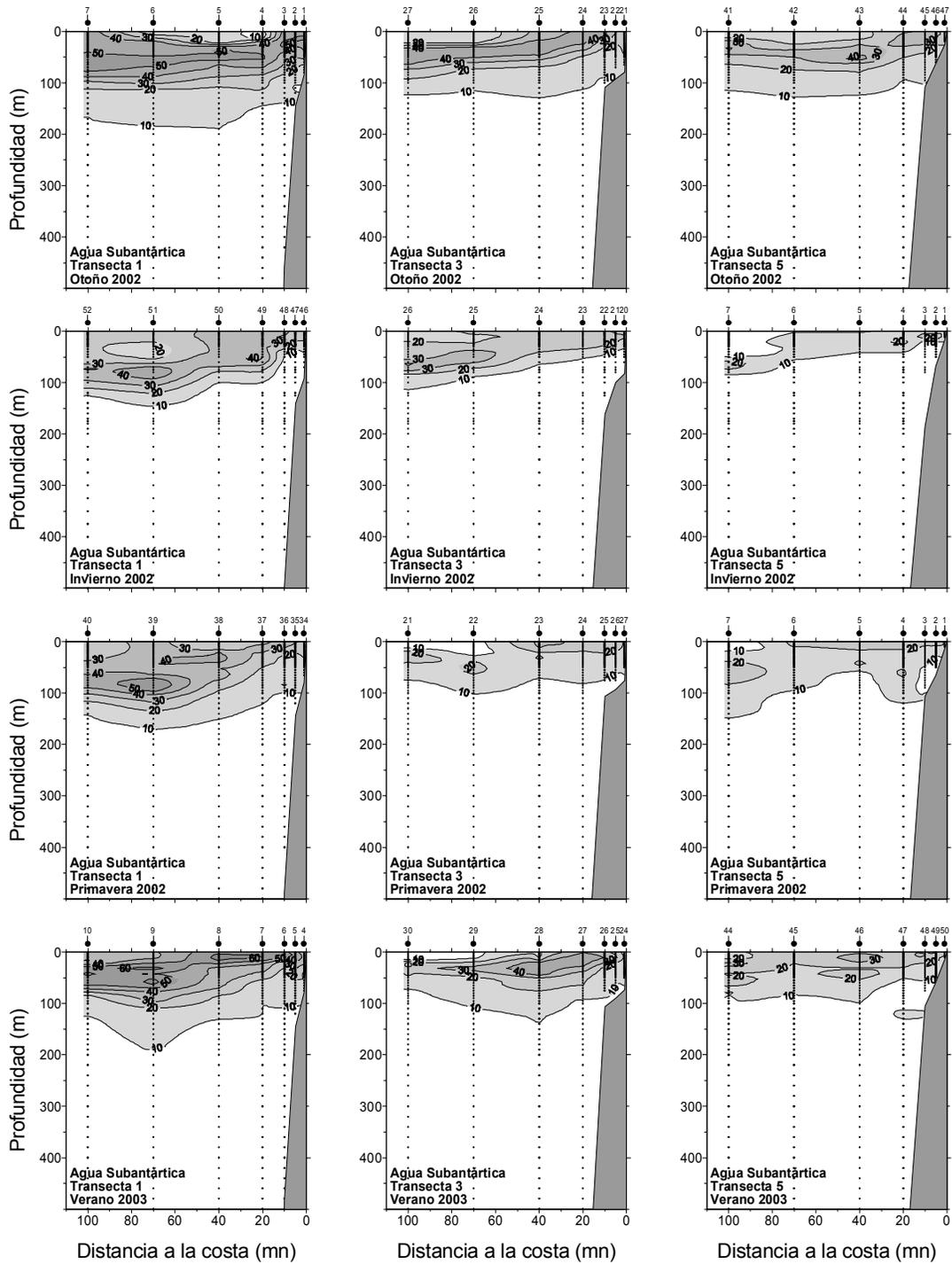


Figura 37. Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Subantártica (ASAA) en las transectas 1 (Bahía Moreno, 23°40'S), 3 (Pta. Lobos; 21°00' S) y 5 (Arica; 18°25'S). Cruceos estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

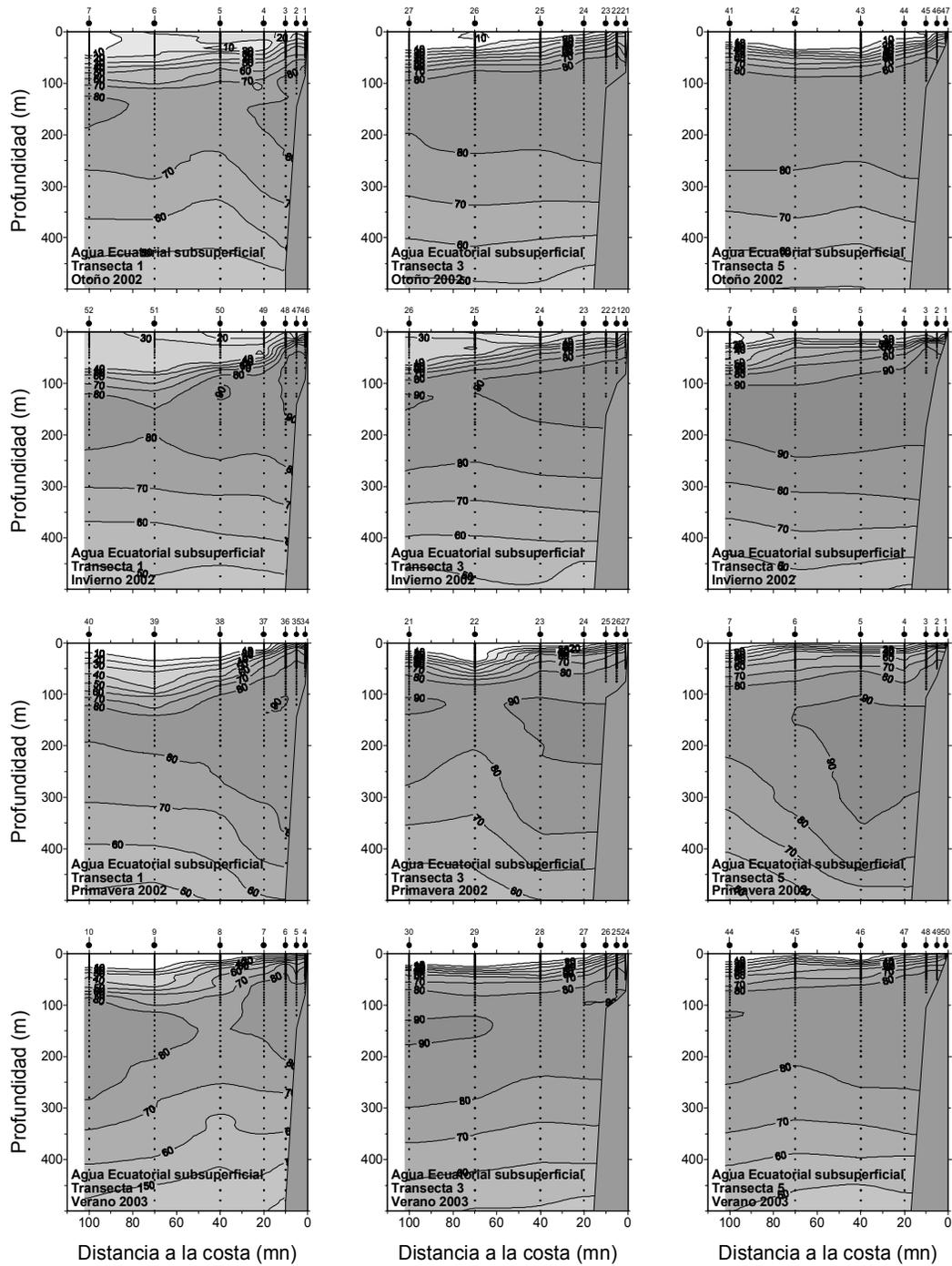


Figura 38. Distribuci3n vertical del porcentaje de participaci3n de la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) en las transectas 1 (Bahía Moreno, 23°40'S), 3 (Pta. Lobos; 21°00' S) y 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

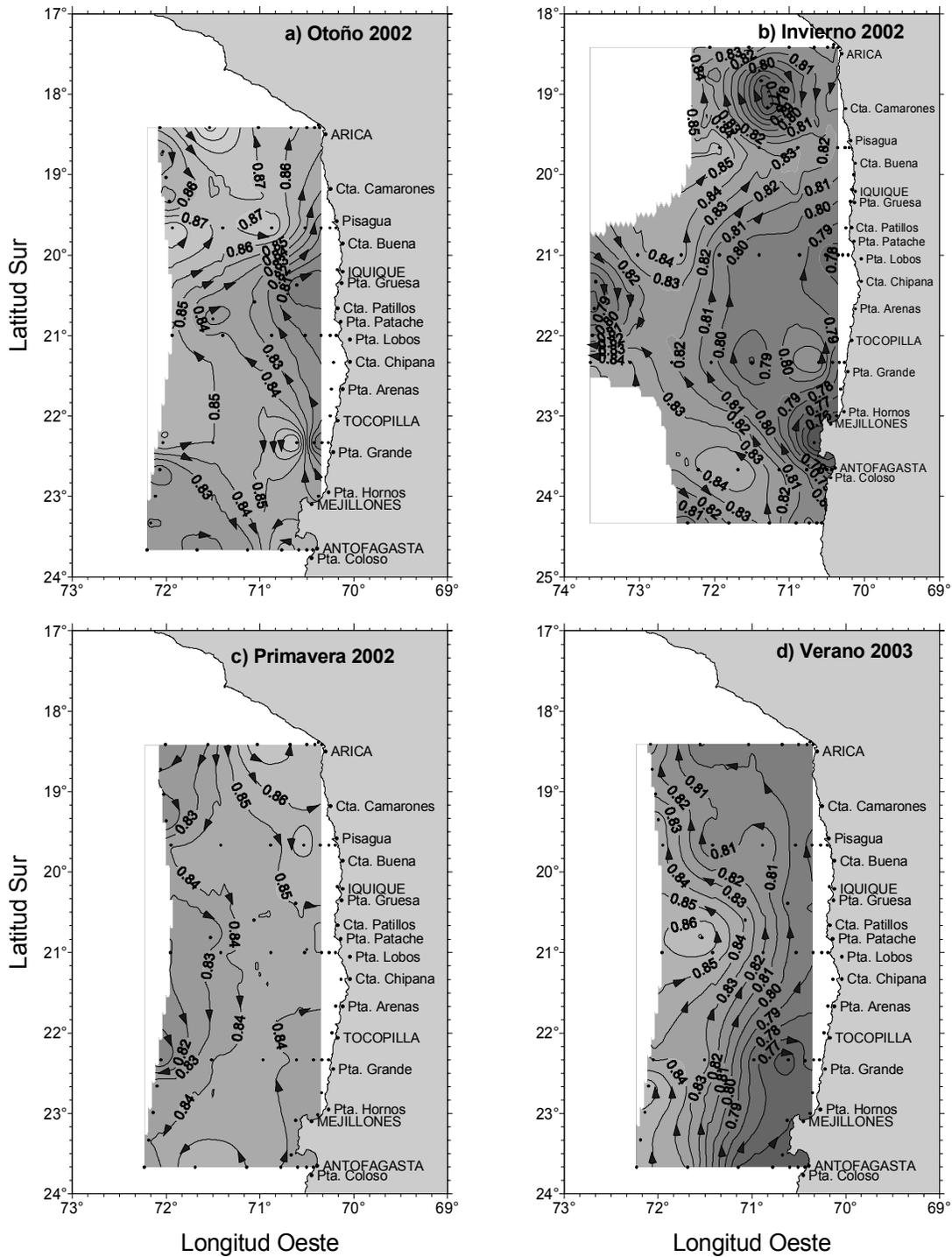


Figura 39. Anomalia geopotencial de superficie referida a 500 db. Cruceros estacionales Mayo 2002 – Marzo 2003.

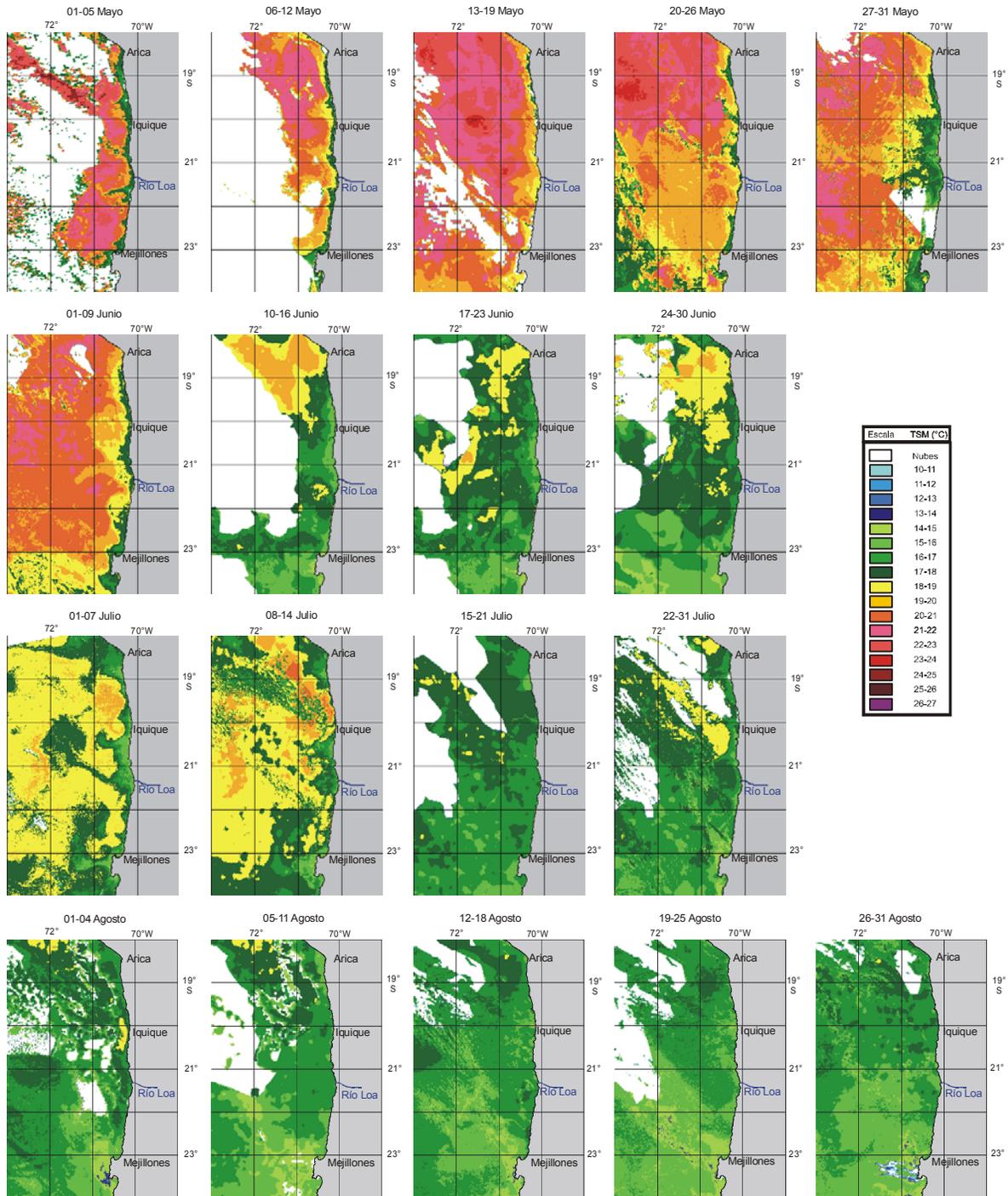


Figura 40. Distribuci3n espacial de promedios semanales de TSM satelital en la zona norte de Chile. Mayo-agosto de 2002.

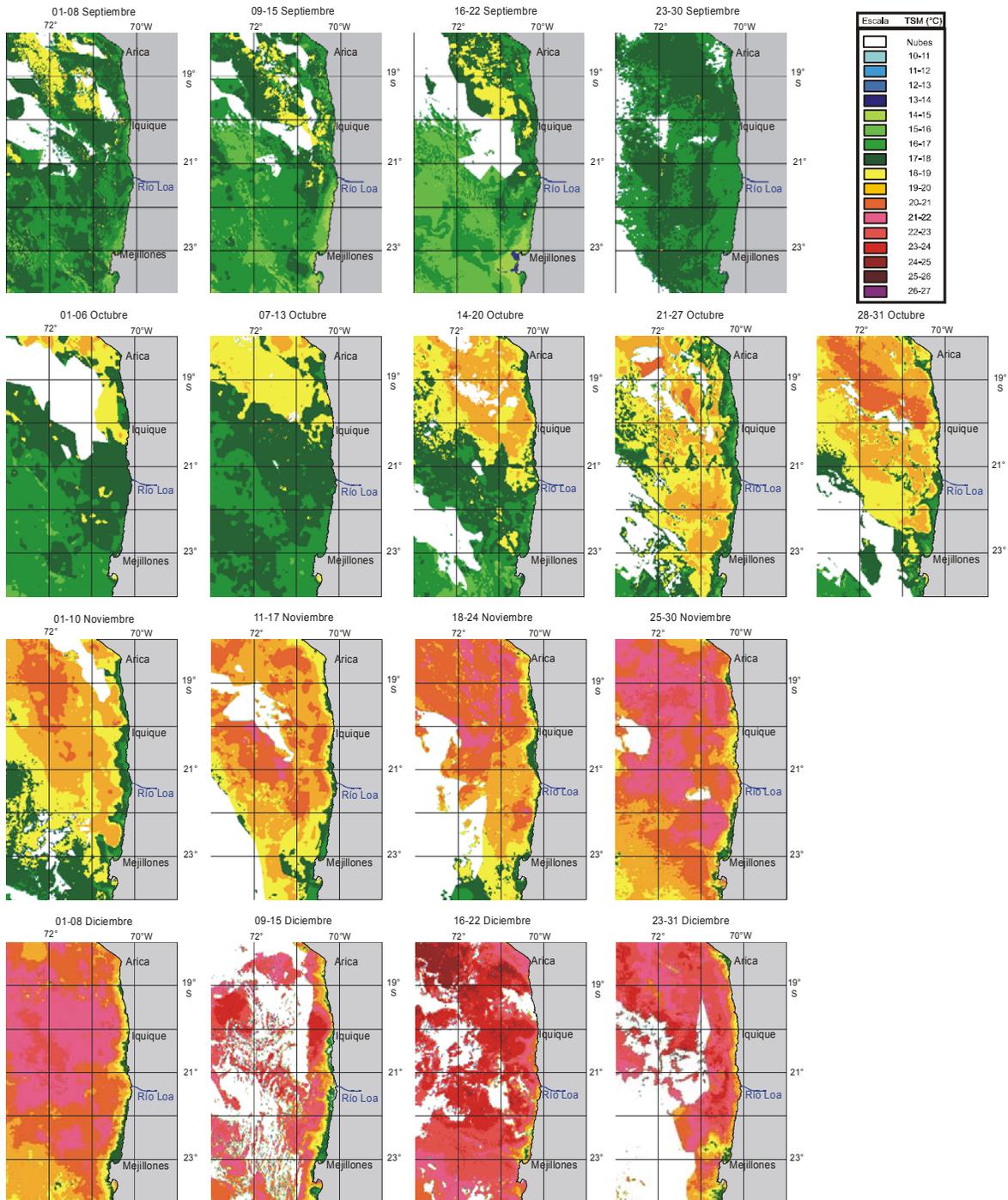


Figura 41. Distribuci3n espacial de promedios semanales de TSM satelital en la zona norte de Chile. Septiembre-diciembre de 2002.

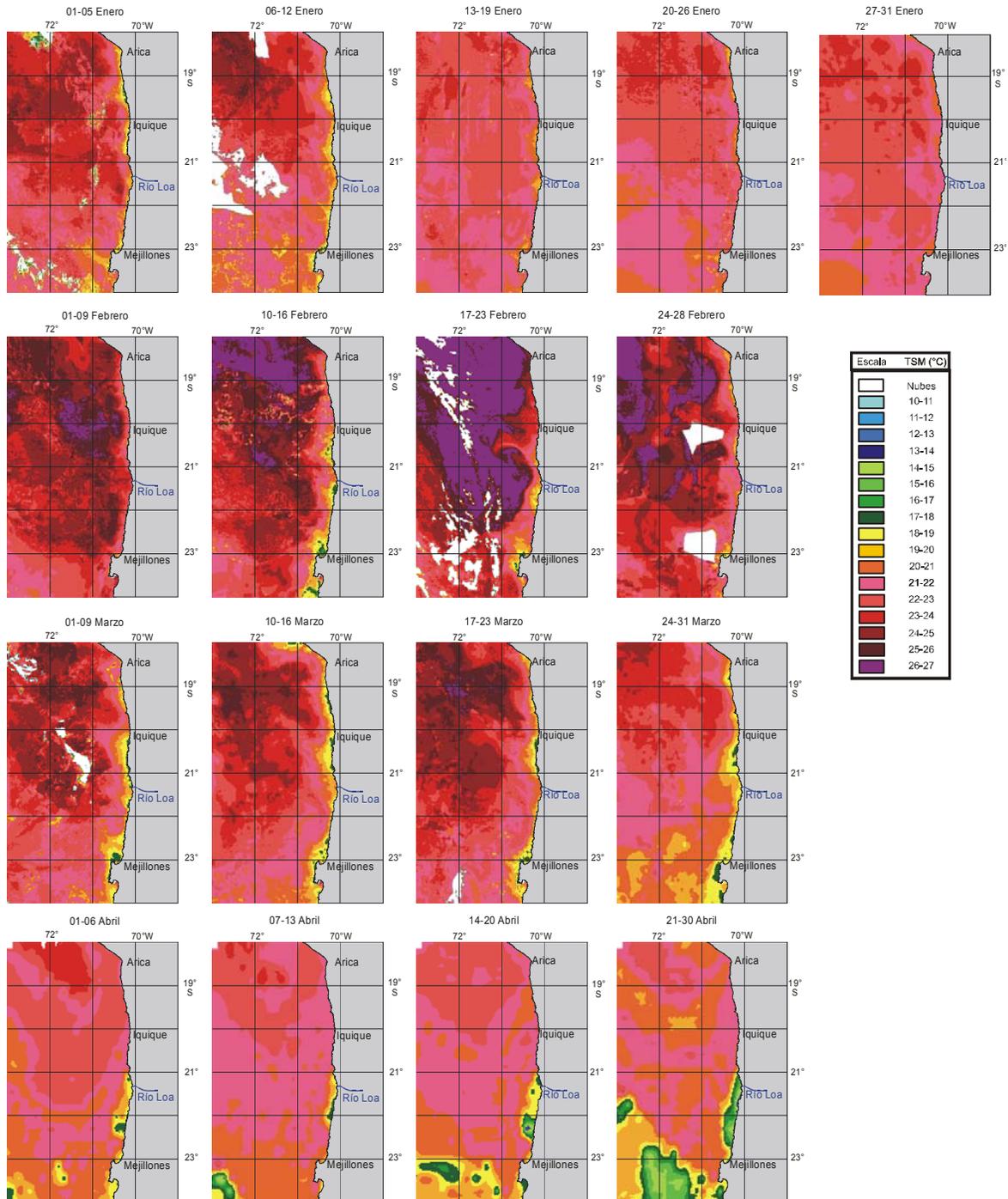


Figura 42. Distribuci3n espacial de promedios semanales de TSM satelital en la zona norte de Chile. Enero-abril 2003.

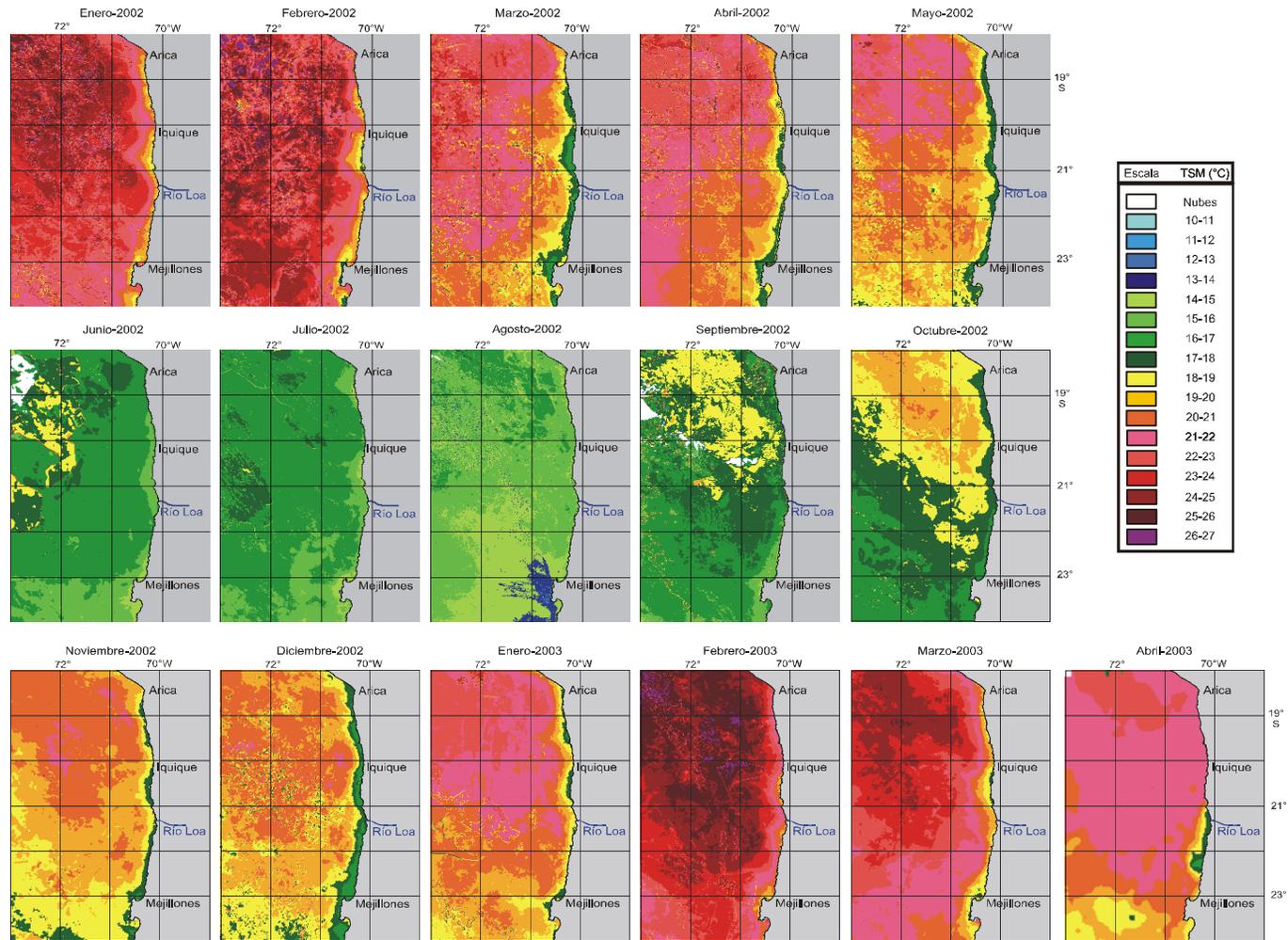


Figura 43. Distribuci3n espacial de promedios mensuales de TSM satelital en la zona norte de Chile. Enero 2002 – abril 2003.

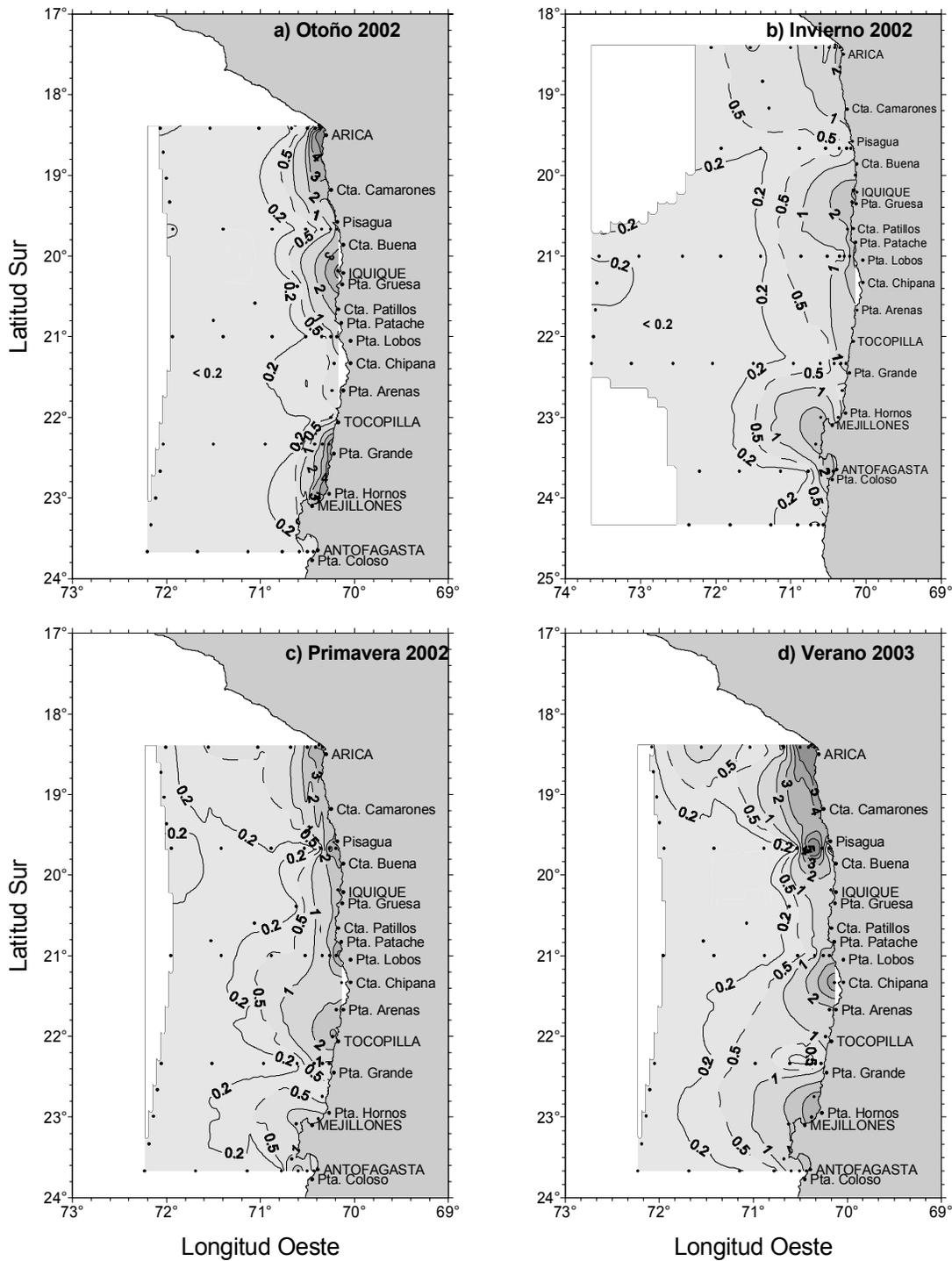


Figura 44. Distribuci3n de la clorofila a superficial ($\mu\text{g/L}$) en a) Otoño 2002, b) Invierno 2002, c) Primavera 2002 y d) Verano 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002- Marzo 2003.

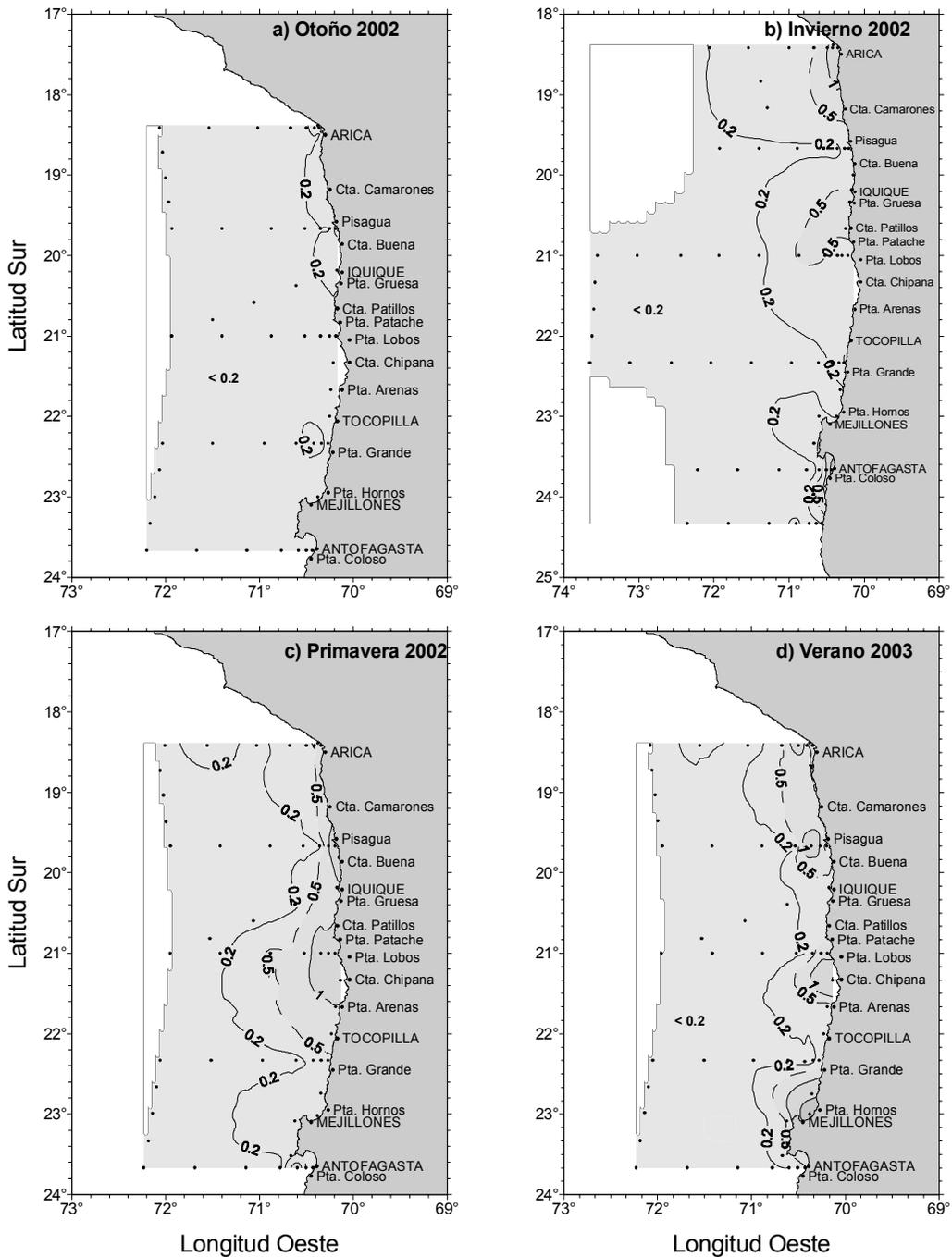


Figura 45. Distribuci3n de los feopigmentos superficiales ($\mu\text{g/L}$) en a) Otoño 2002, b) Invierno 2002, c) Primavera 2002 y d) Verano 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002- Marzo 2003.

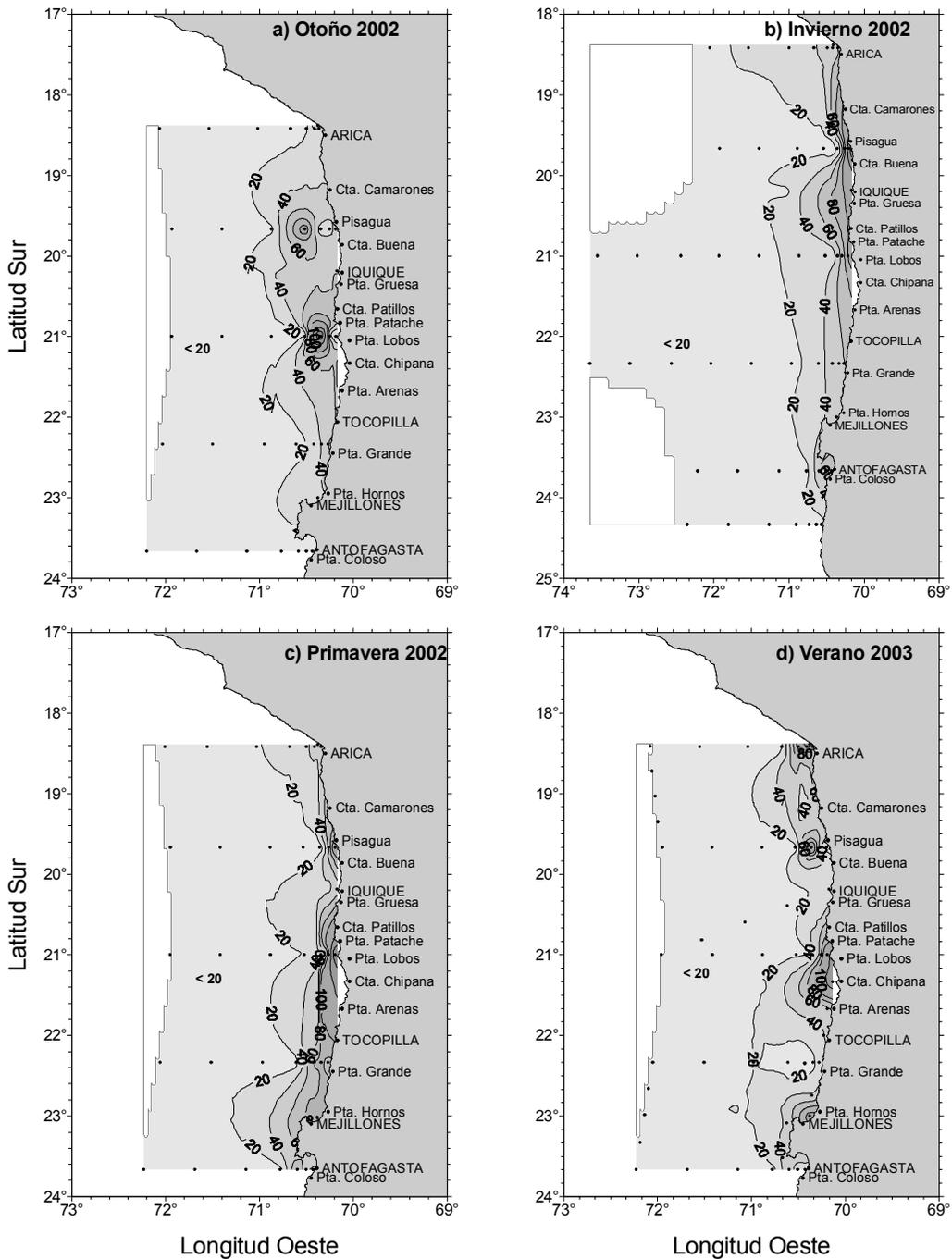


Figura 46. Distribuci3n de la clorofila a integrada (mg/m²) en a) Otoño 2002, b) Invierno 2002, c) Primavera 2002 y d) Verano 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002- Marzo 2003.

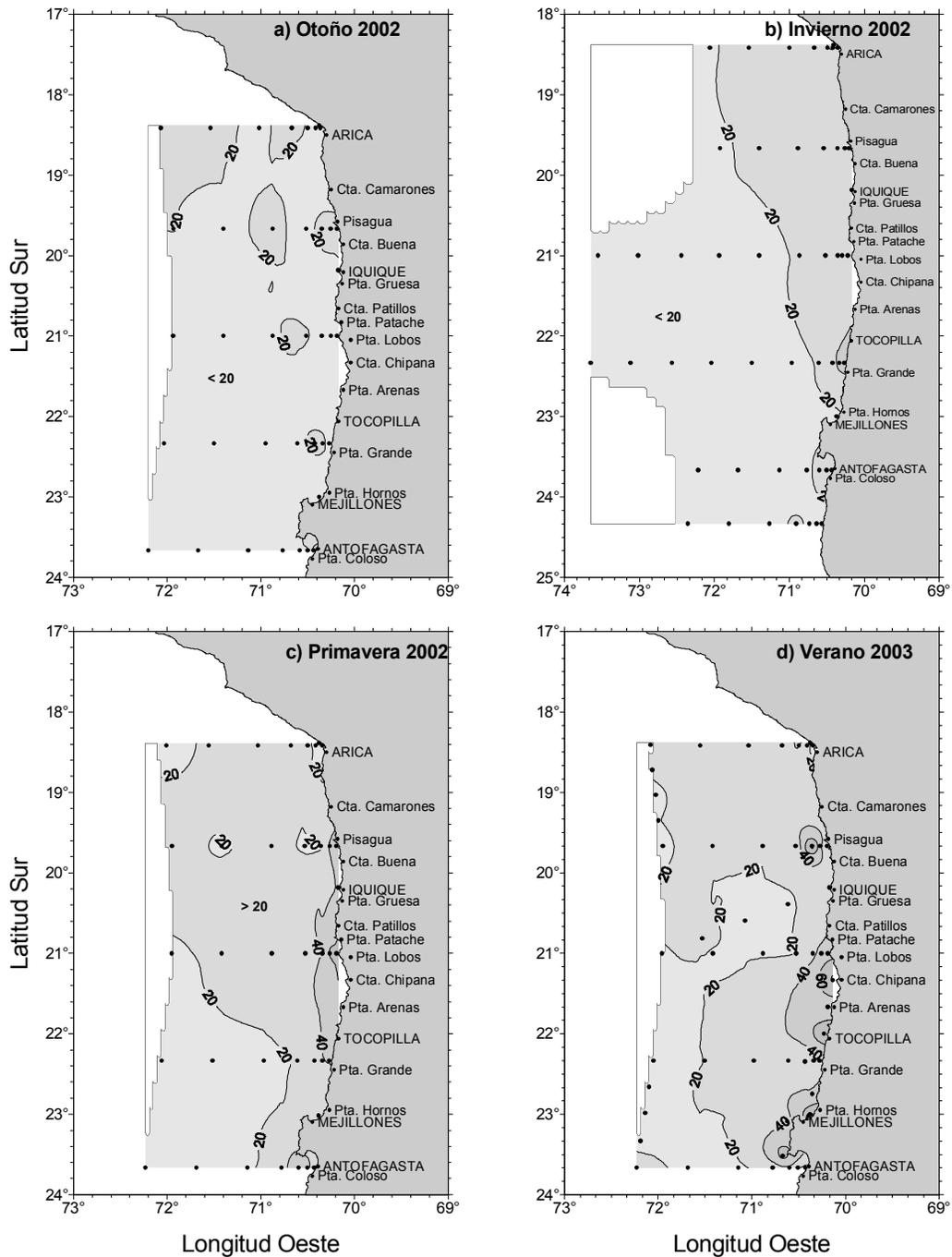


Figura 47. Distribuci3n de los feopigmentos integrados (mg/m²) en a) Otoño 2002, b) Invierno 2002, c) Primavera 2002 y d) Verano 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002- Marzo 2003.

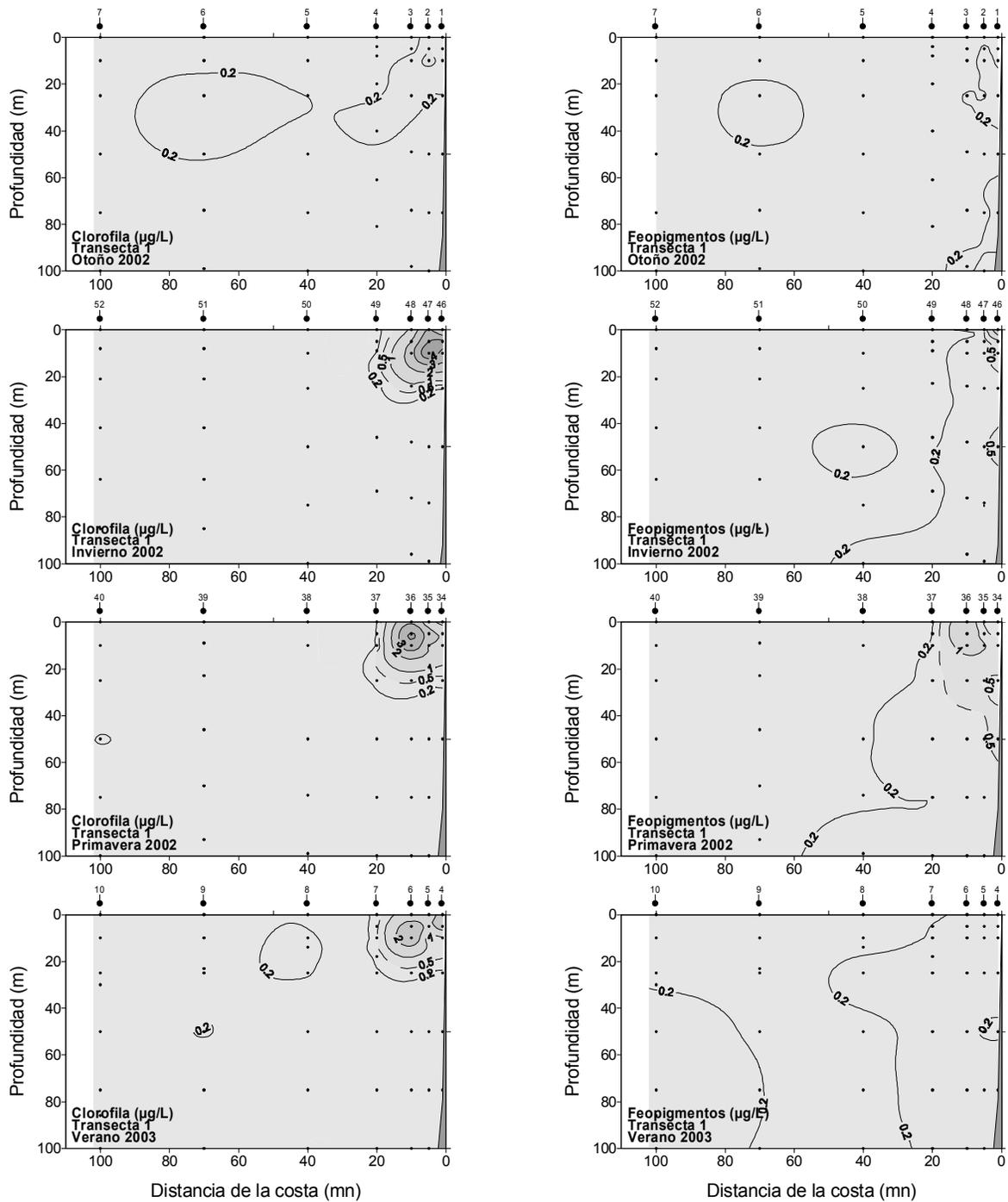


Figura 48. Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 1 (Bahía Moreno; Lat. $18^{\circ} 25' 23'' 40'S$). Cruceros estacionales. Mayo 2002- Marzo 2003.

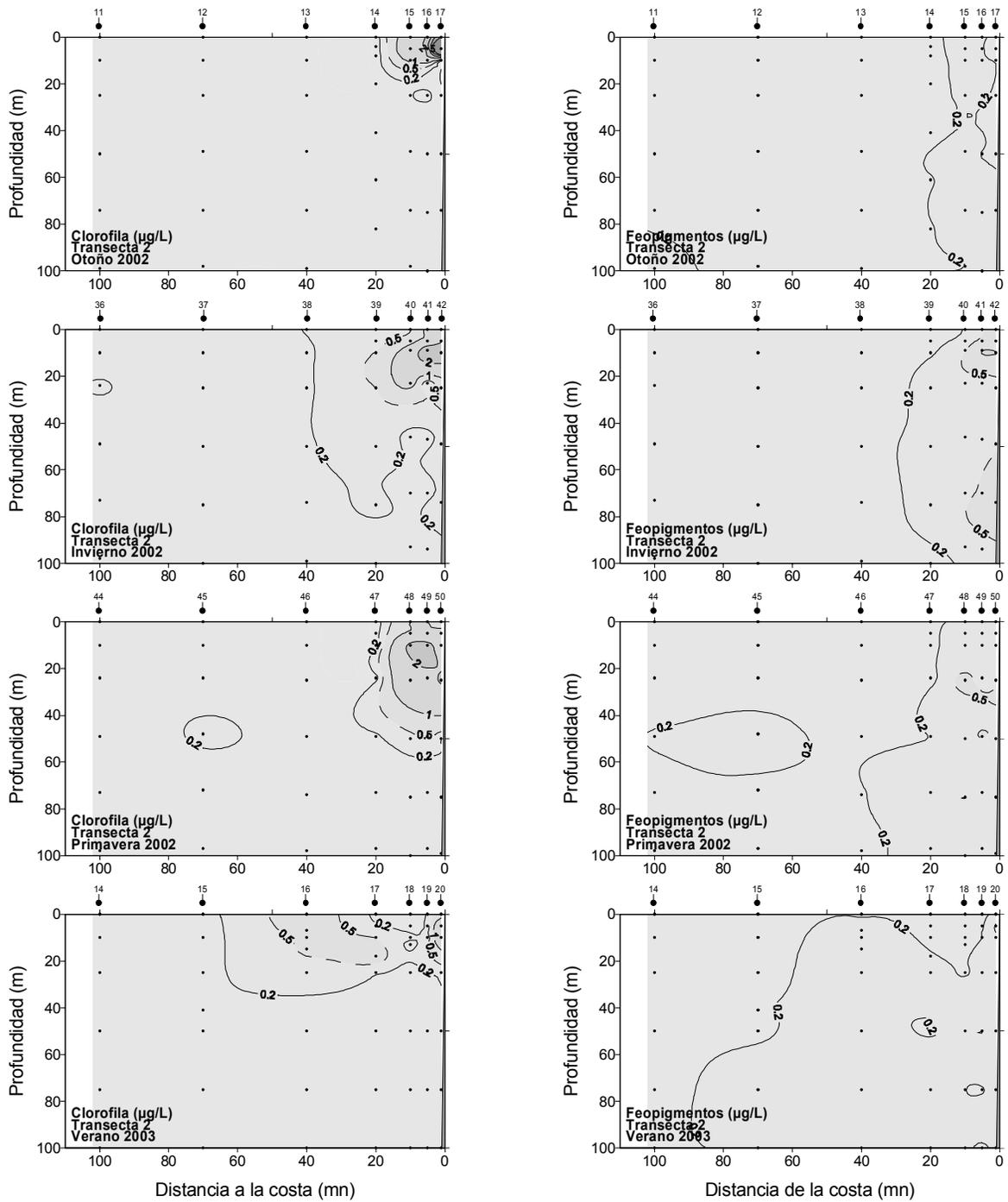


Figura 49. Distribuci3n vertical de clorofila a (µg/L) y feopigmentos (µg/L) en la transecta 2 (Punta Copaca; Lat. 22° 20'S). Cruceros estacionales. Mayo 2002- Marzo 2003.

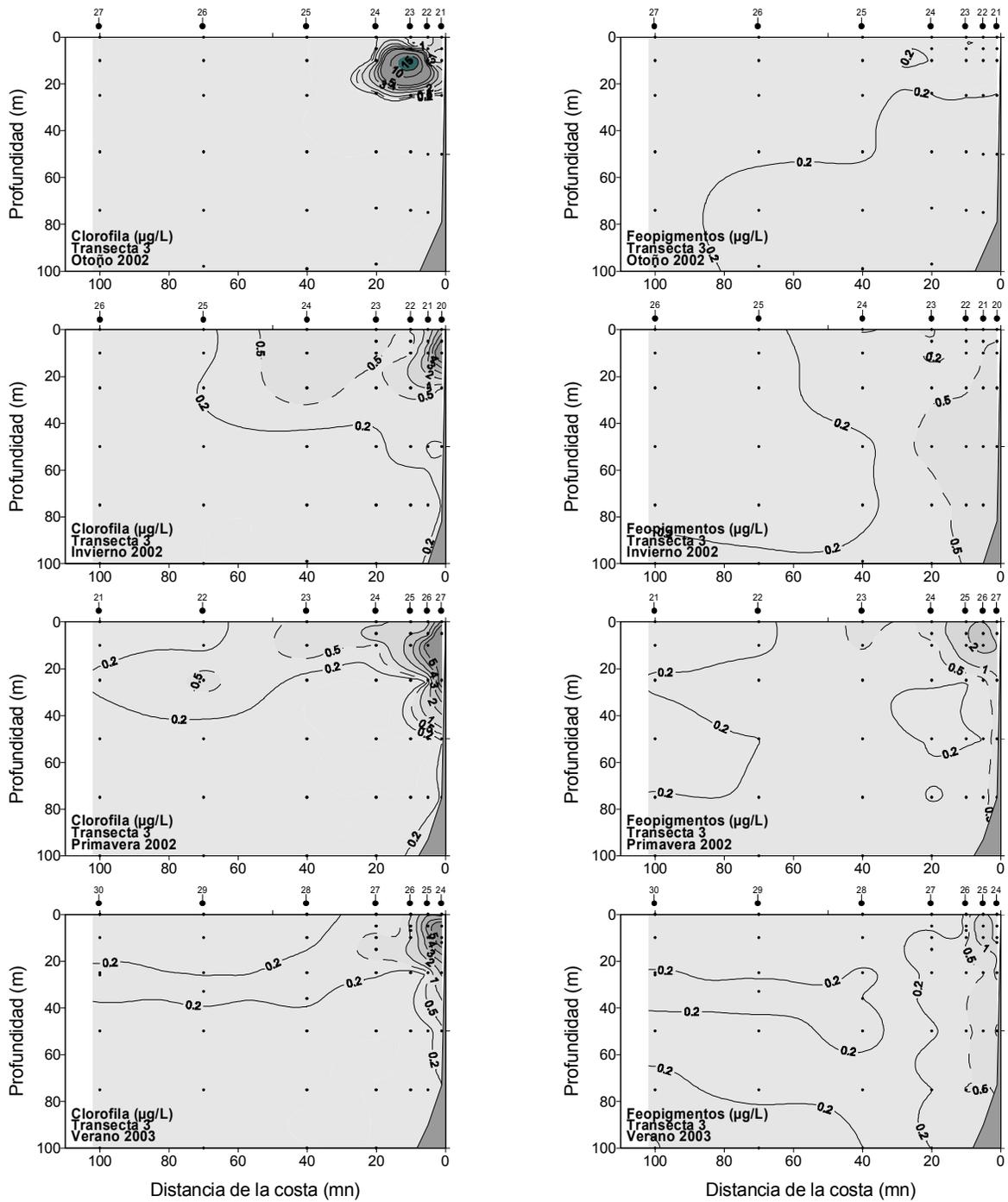


Figura 50. Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 3 (Punta Lobos; Lat. $21^{\circ} 00'S$). Cruceros estacionales. Mayo 2002- Marzo 2003.

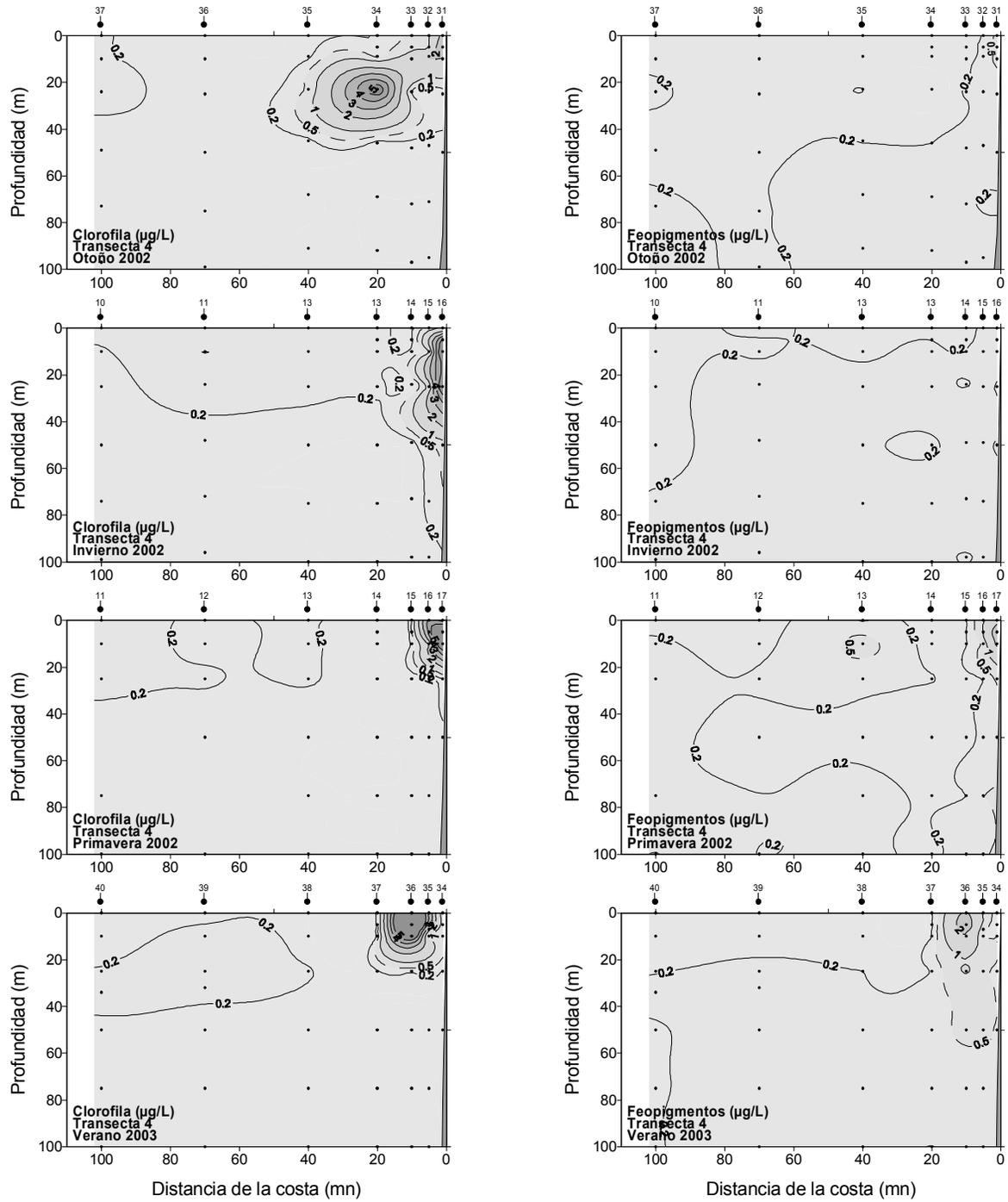


Figura 51. Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 4 (Punta Junin; Lat. $19^{\circ} 40'S$). Cruceos estacionales. Mayo 2002- Marzo 2003.

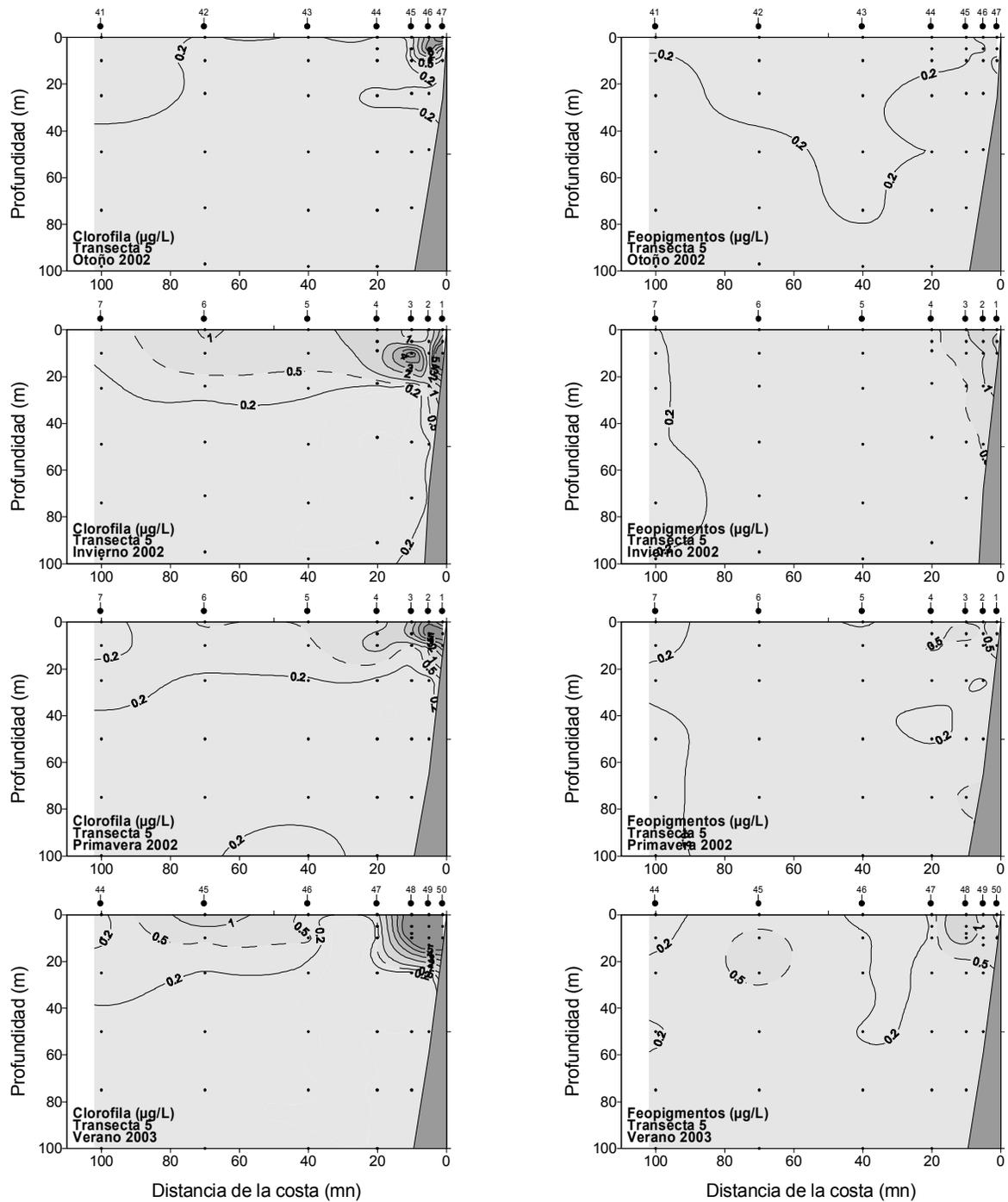


Figura 52. Distribuci3n vertical de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 5 (Arica; Lat. $18^{\circ} 25'S$). Cruceros estacionales. Mayo 2002- Marzo 2003.

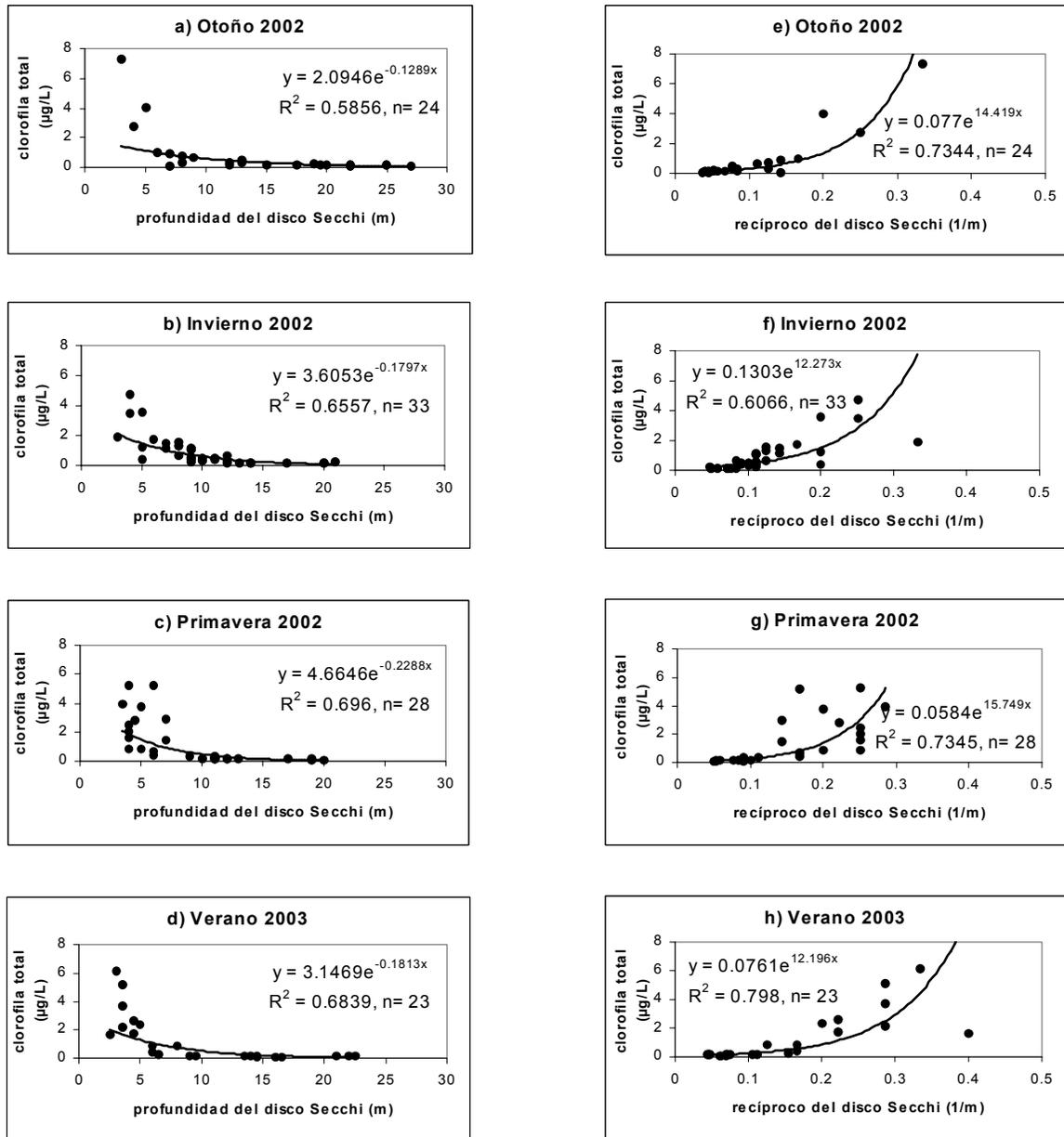


Figura 53. Asociación entre la clorofila total (µg/L) versus la profundidad del disco Secchi (m) y el recíproco de ésta (1/m) para el período de: Otoño 2002, Invierno 2002, Primavera 2002 y Verano 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002-Marzo 2003.

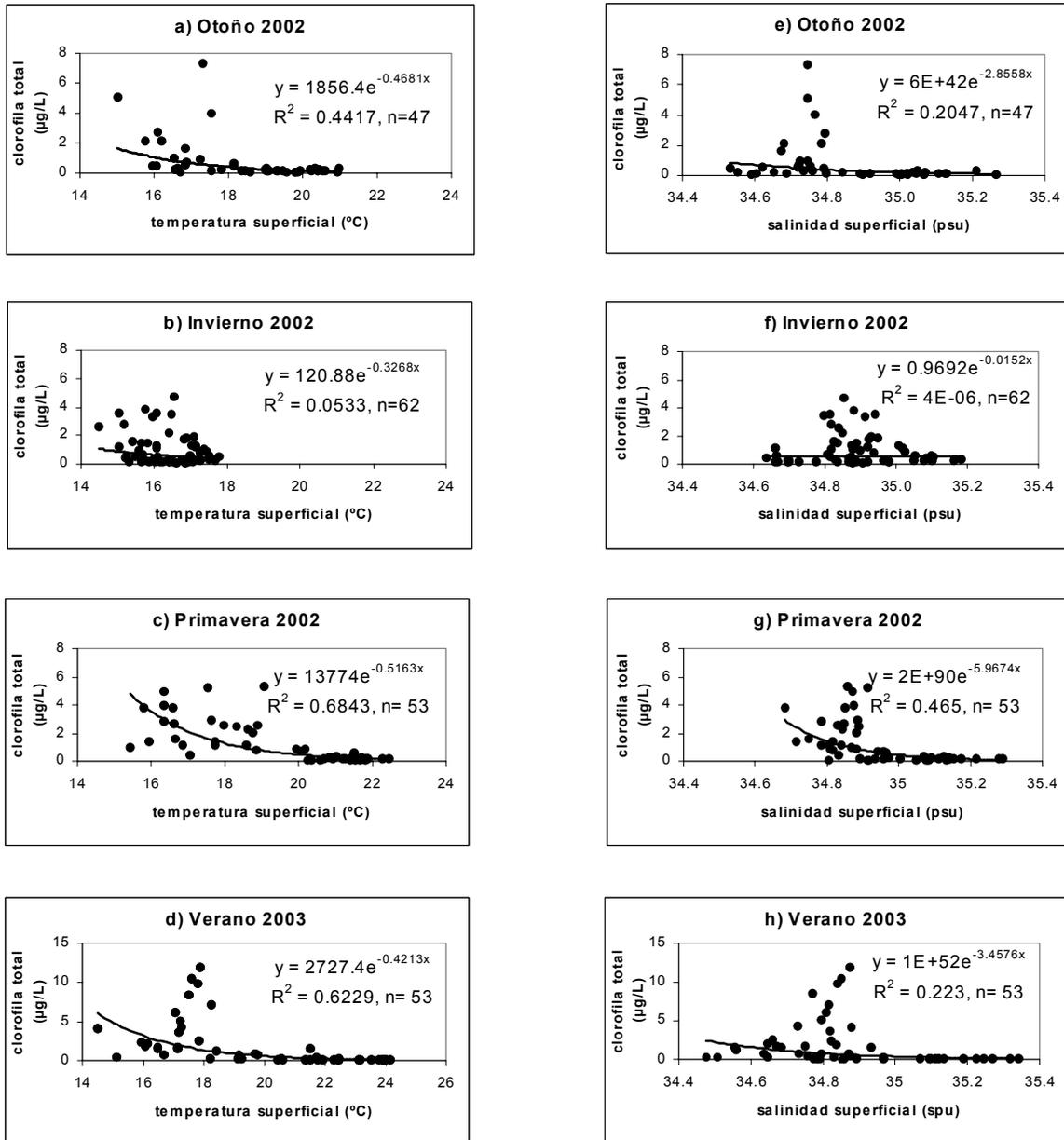


Figura 54. Asociaci3n entre la clorofila total (µg/L) versus la temperatura (°C) y la salinidad (psu) para los per3odos de: Otoño 2002, Invierno 2002, Primavera 2002 y Verano 2003. Cruceros estacionales. Mayo 2002-Marzo 2003.

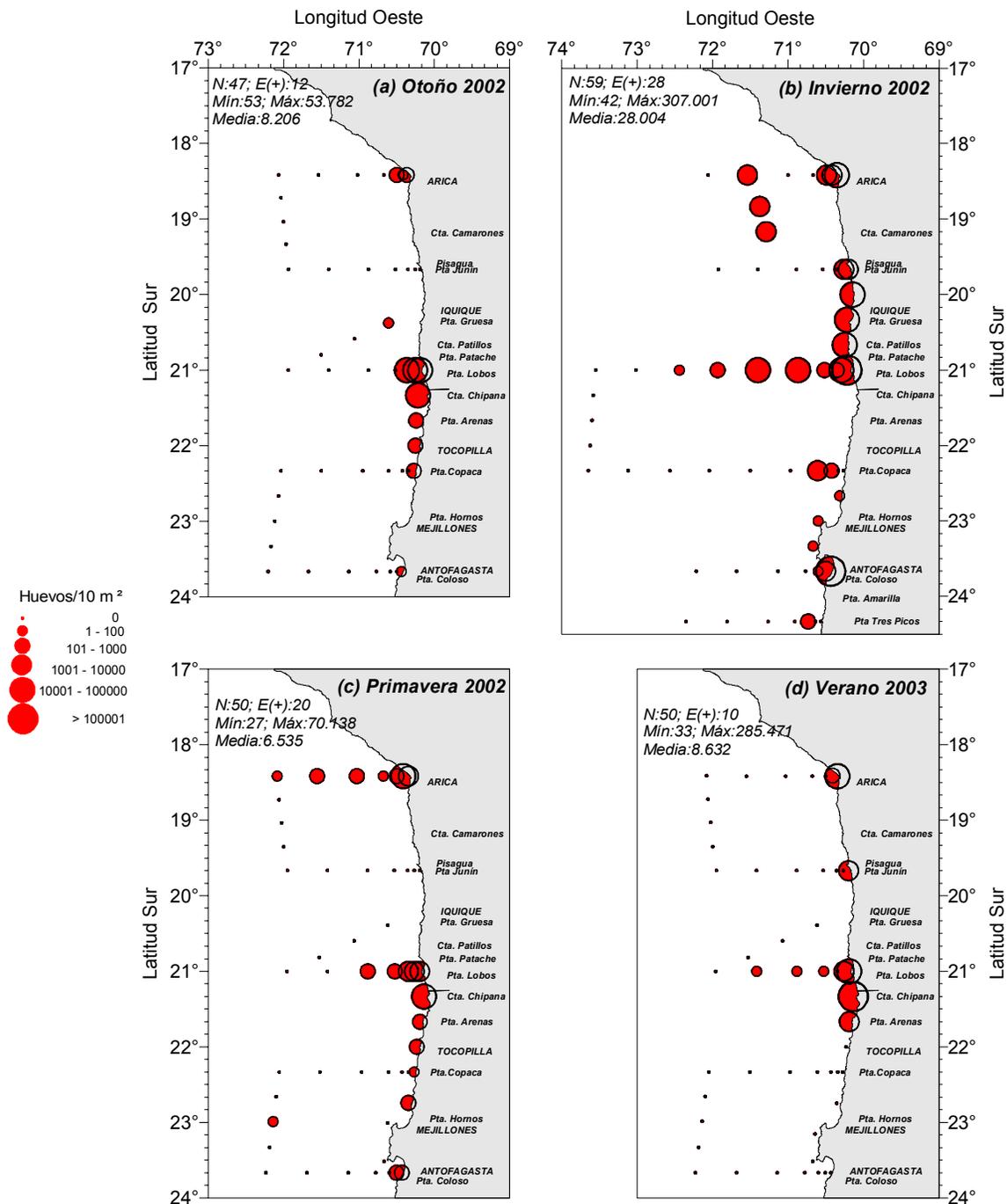


Figura 55. Distribuci3n y abundancia de Huevos de Anchoveta, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003

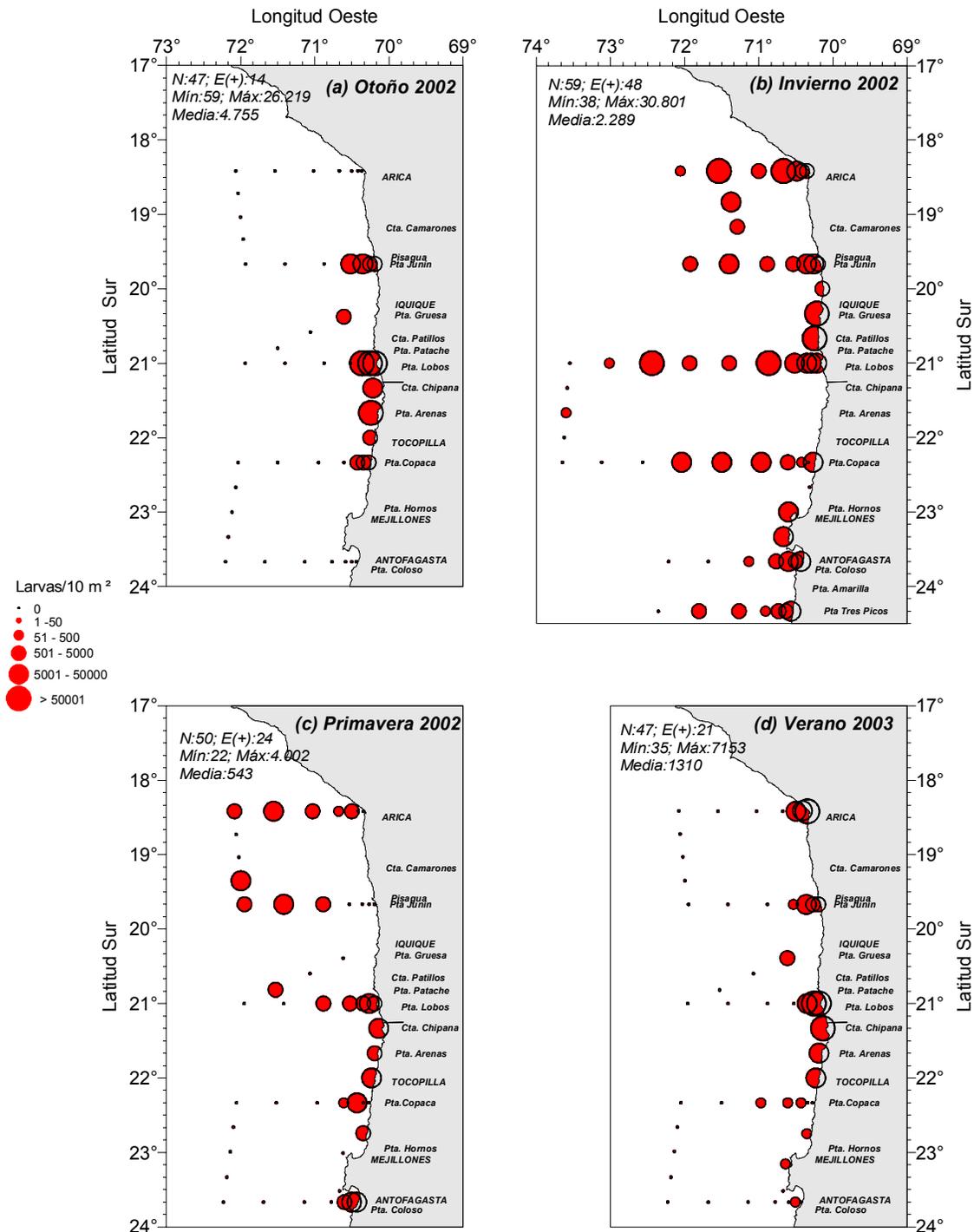


Figura 56. Distribuci3n y abundancia de Larvas de Anchoveta, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003

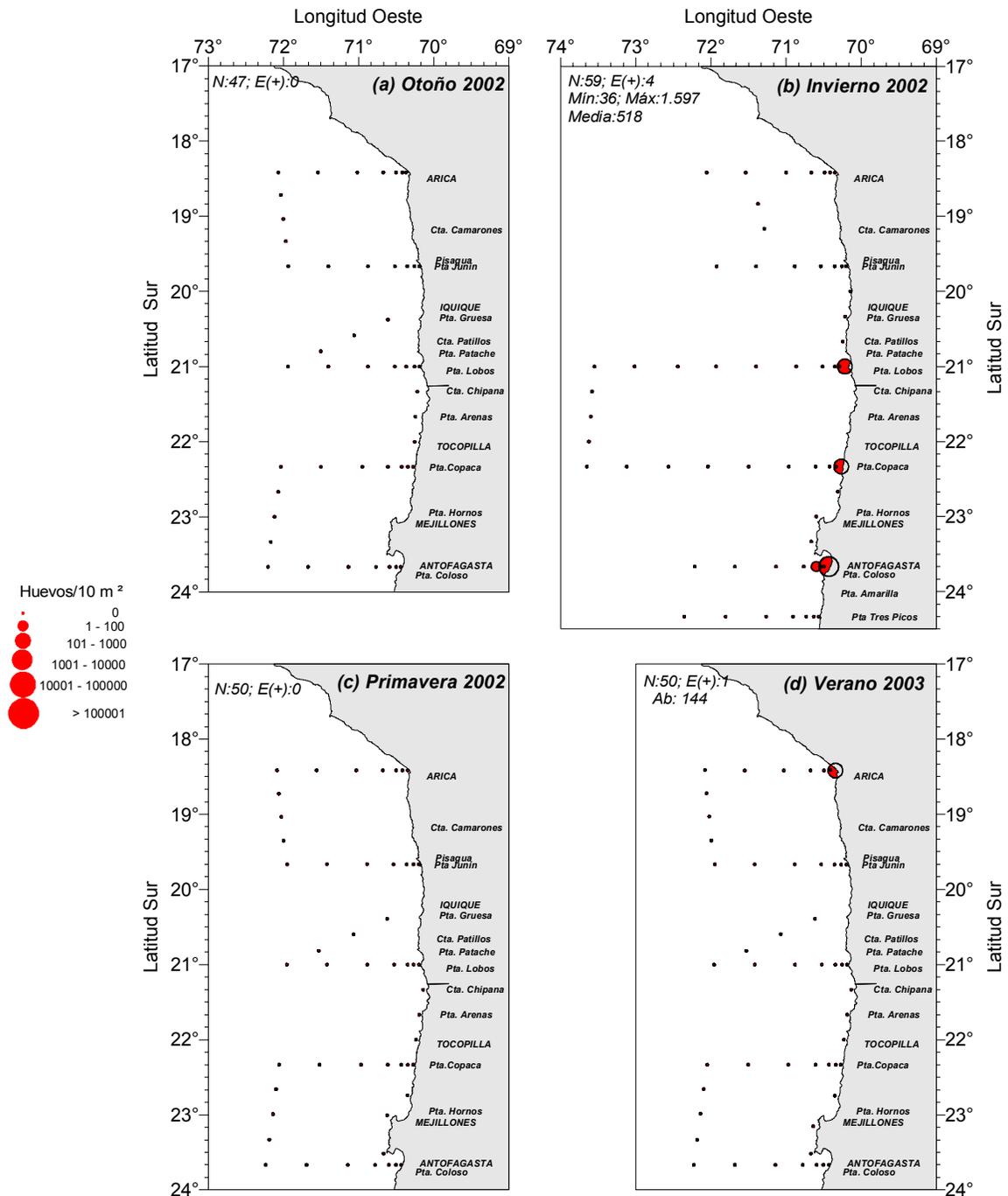


Figura 57. Distribuci3n y abundancia de Huevos de Sardina, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003

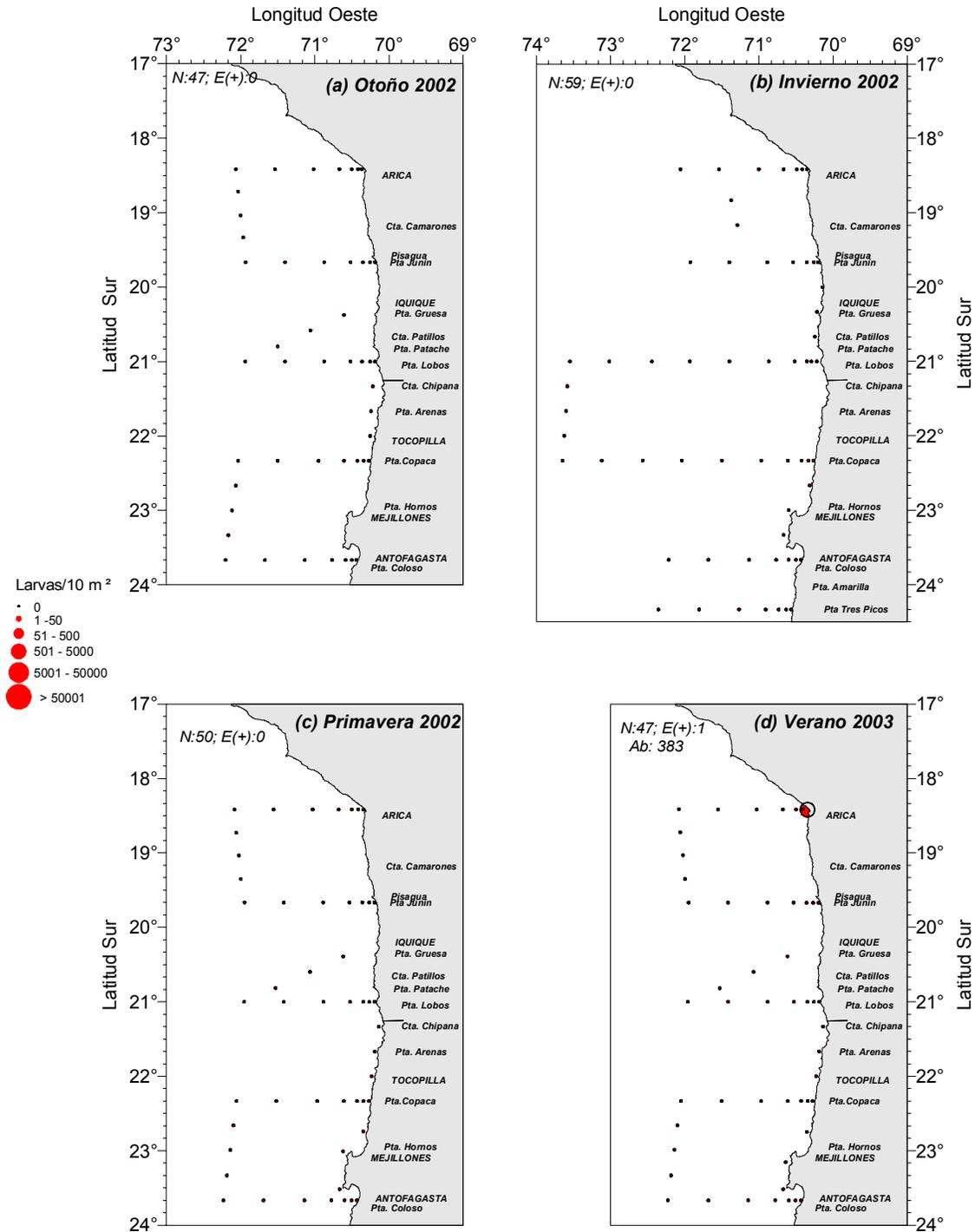


Figura 58. Distribuci3n y abundancia de Larvas de Sardina, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003

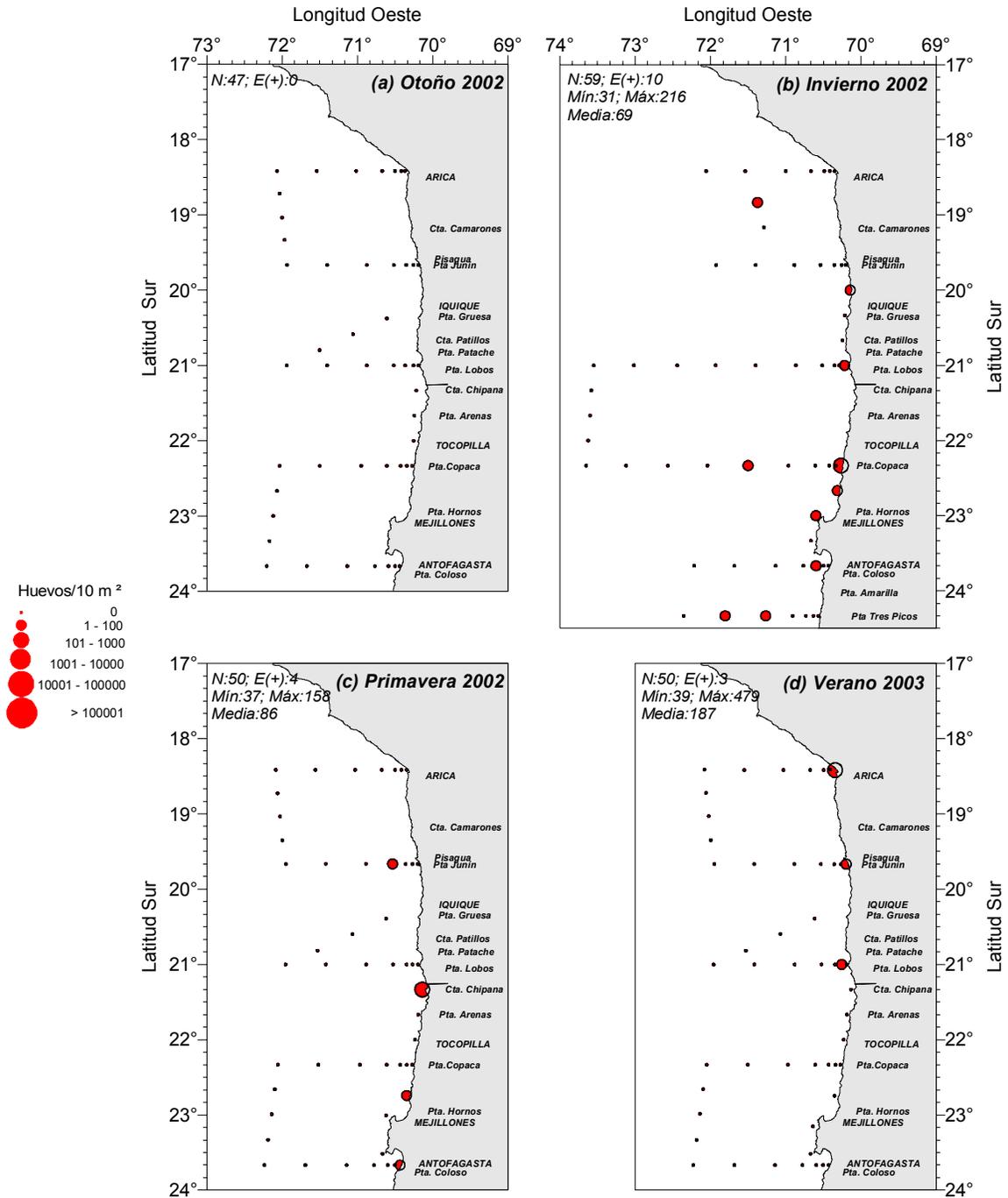


Figura 59. Distribuci3n y abundancia de Huevos de Jurel, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003

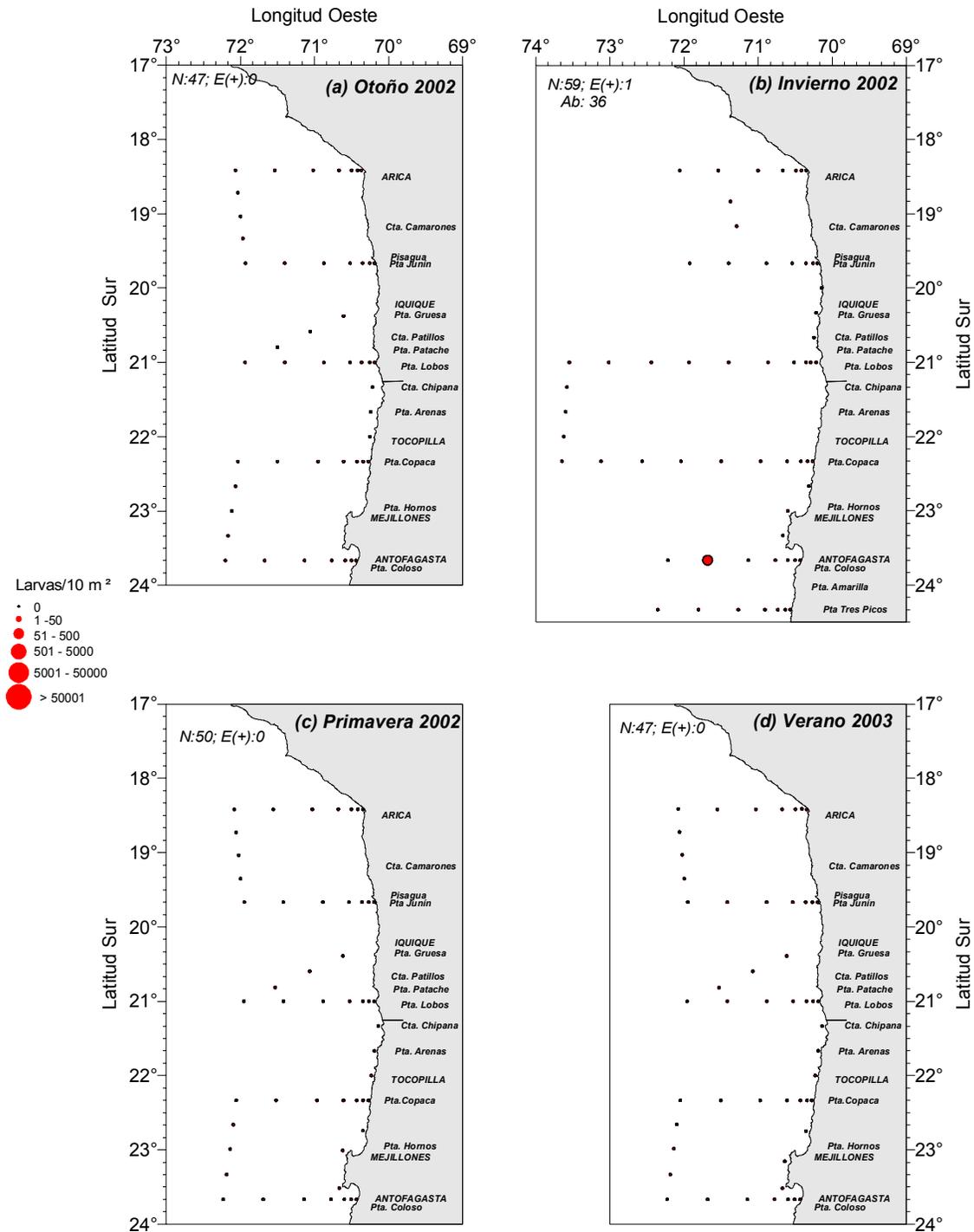


Figura 60. Distribuci3n y abundancia de Larvas de Jurel, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003

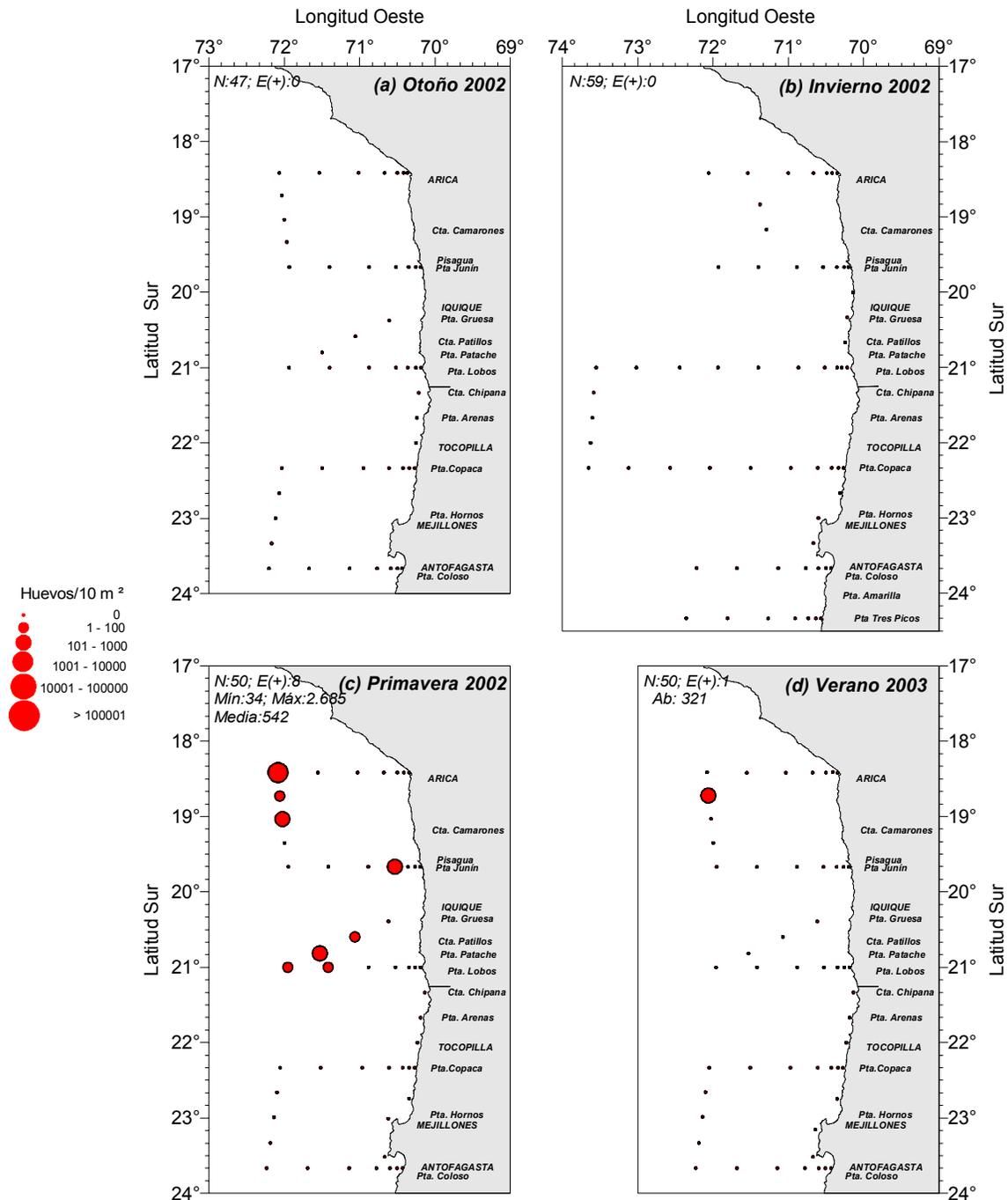


Figura 61. Distribuci3n y abundancia de Huevos de Caballa, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003

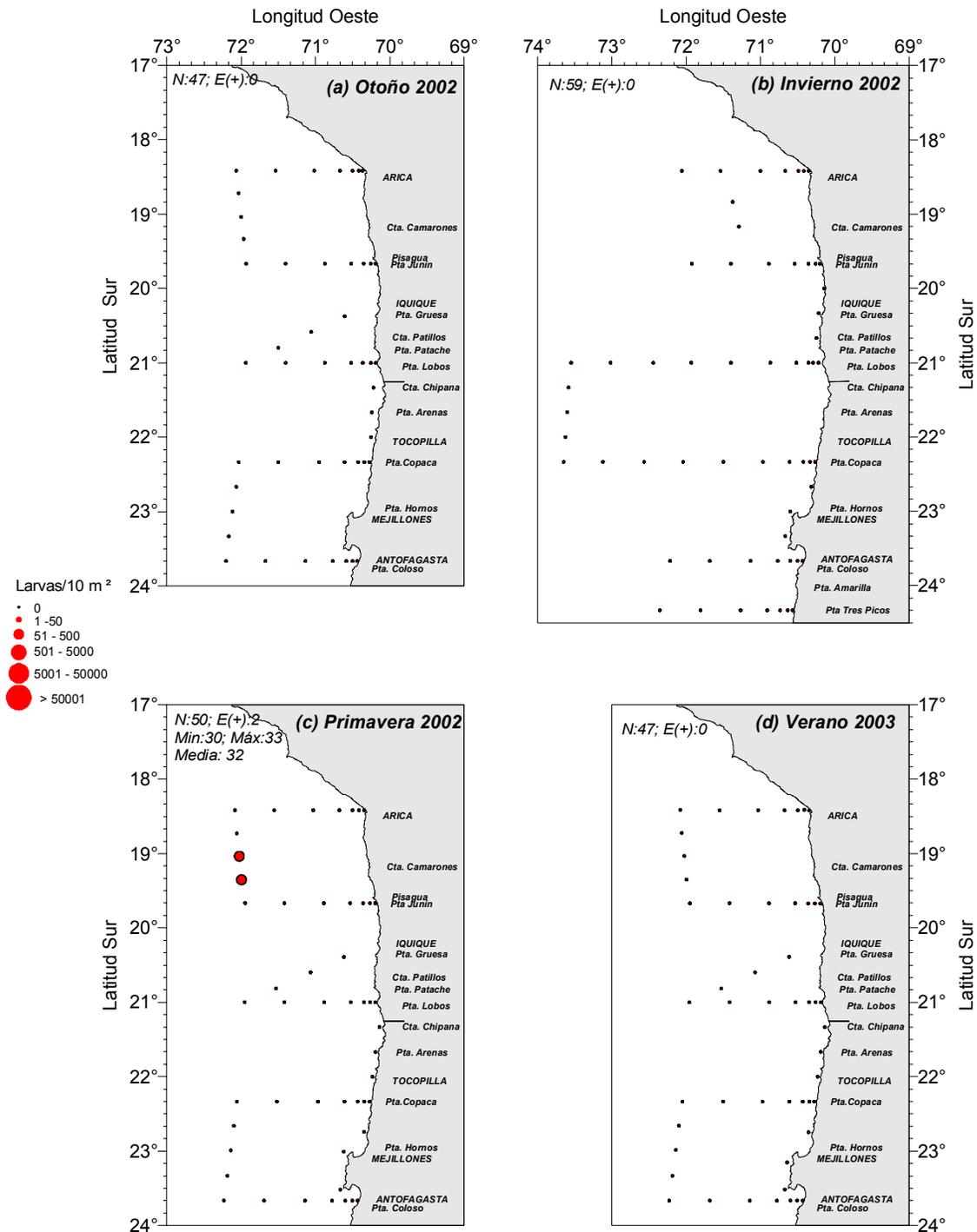


Figura 62. Distribuci3n y abundancia de Larvas de Caballa, Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2002, (b) Invierno 2002, (c) Primavera 2002 y (d) Verano 2003

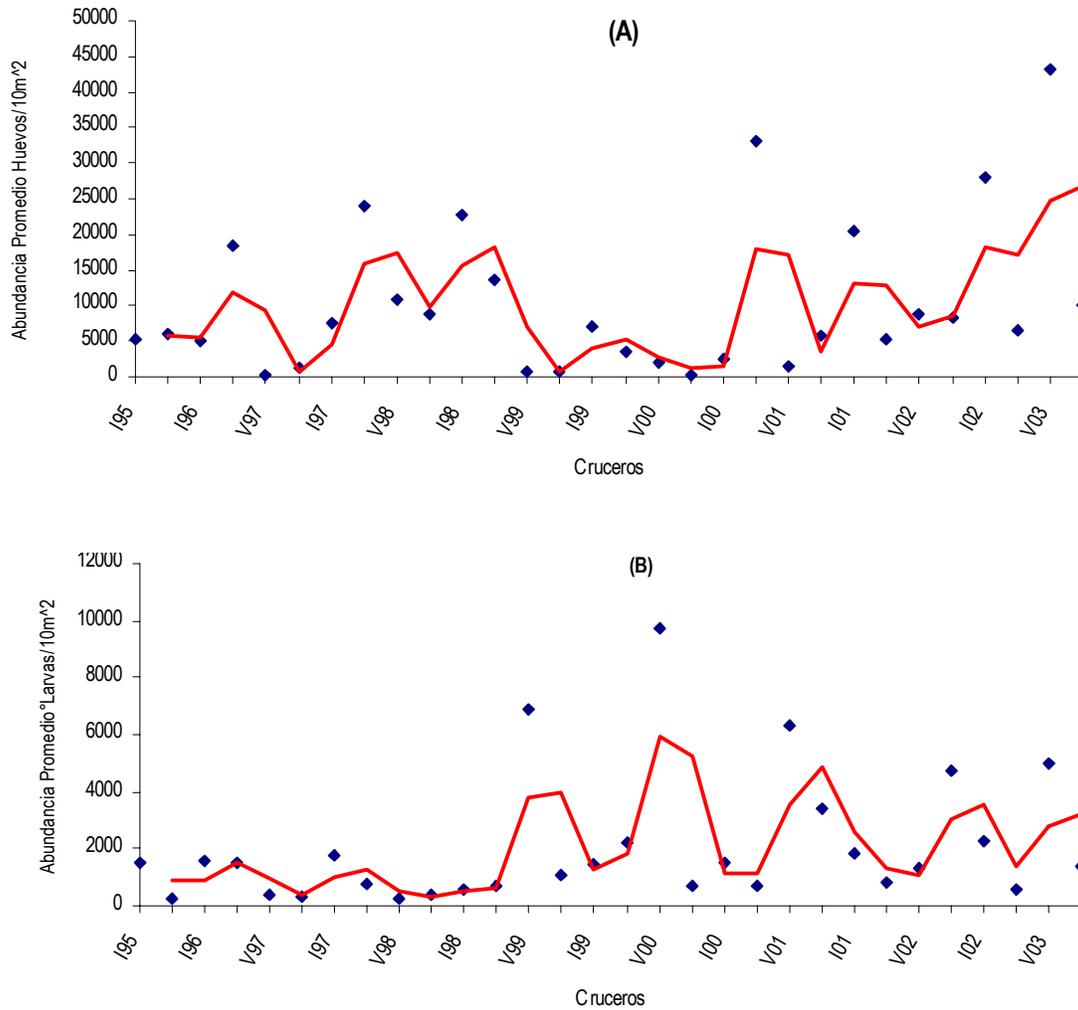


Figura 63. Variaci3n temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta, para el per3odo invierno 1995 - otoi3o de 2003. (-: media m3vil)

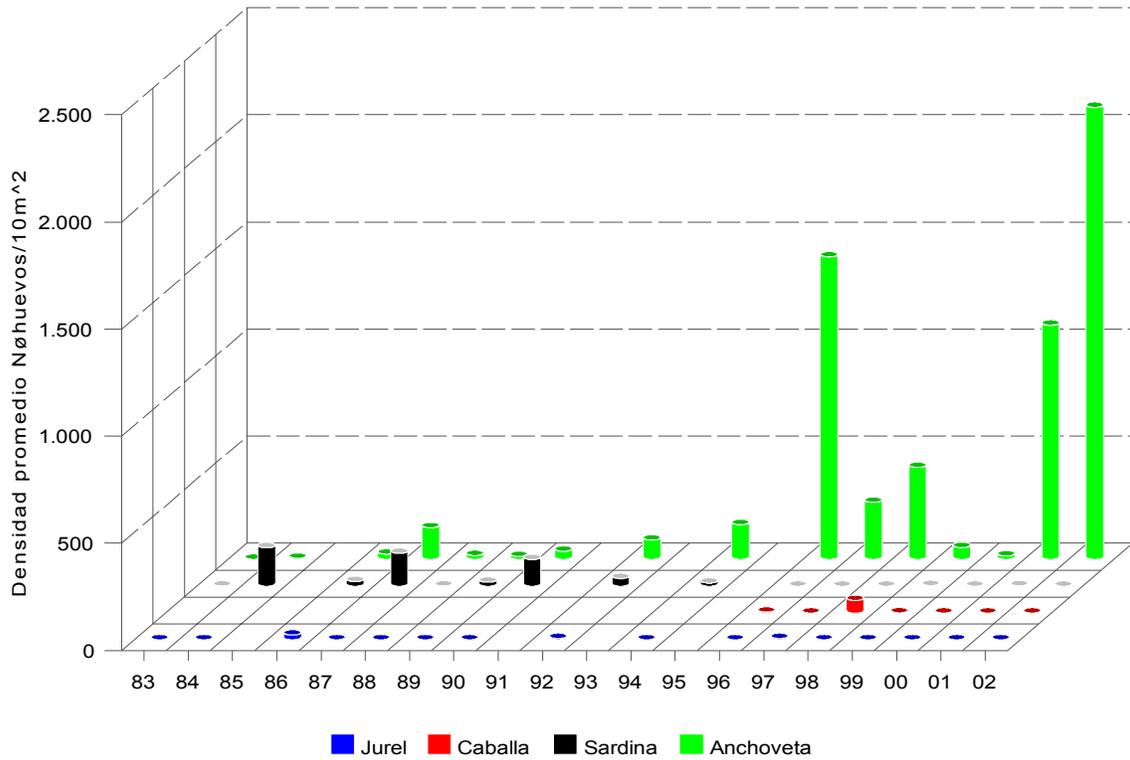


Figura 64. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en otoño de los años 1983 – 2002.

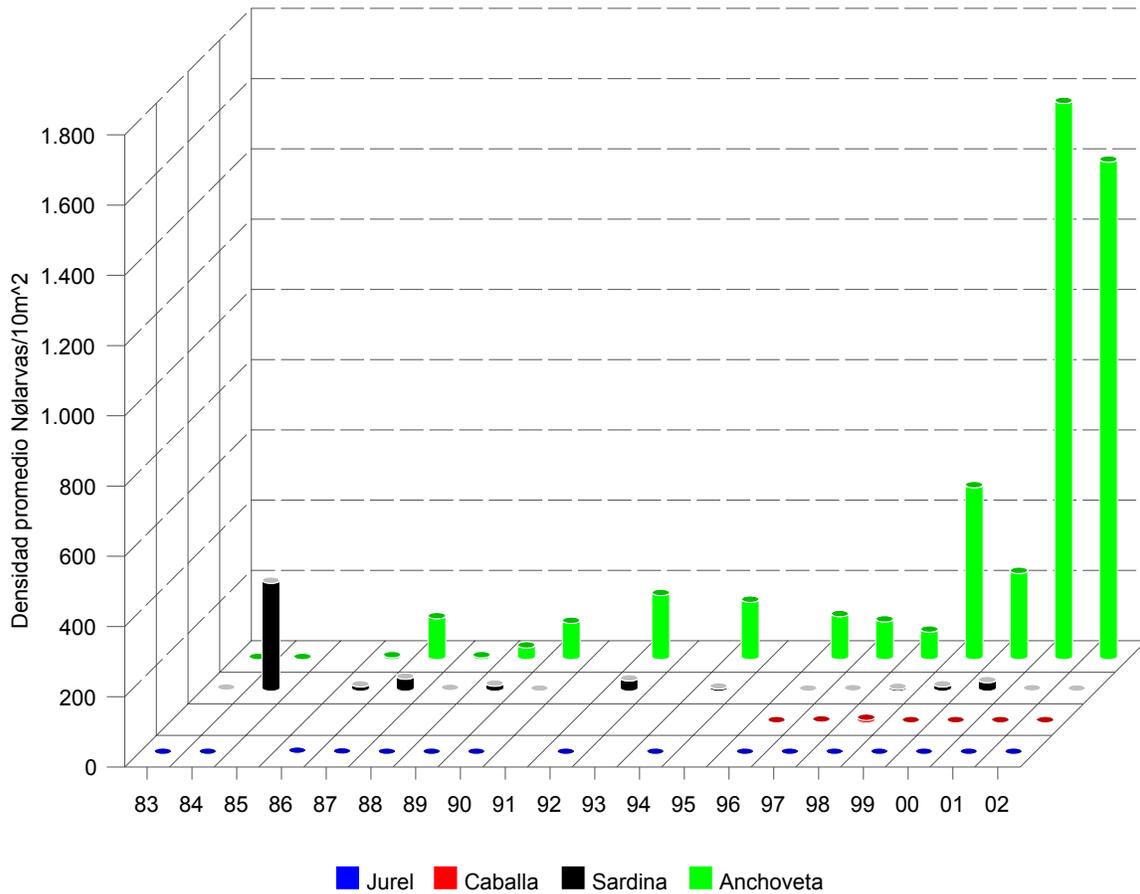


Figura 65. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en otoño de los años 1983 – 2002.

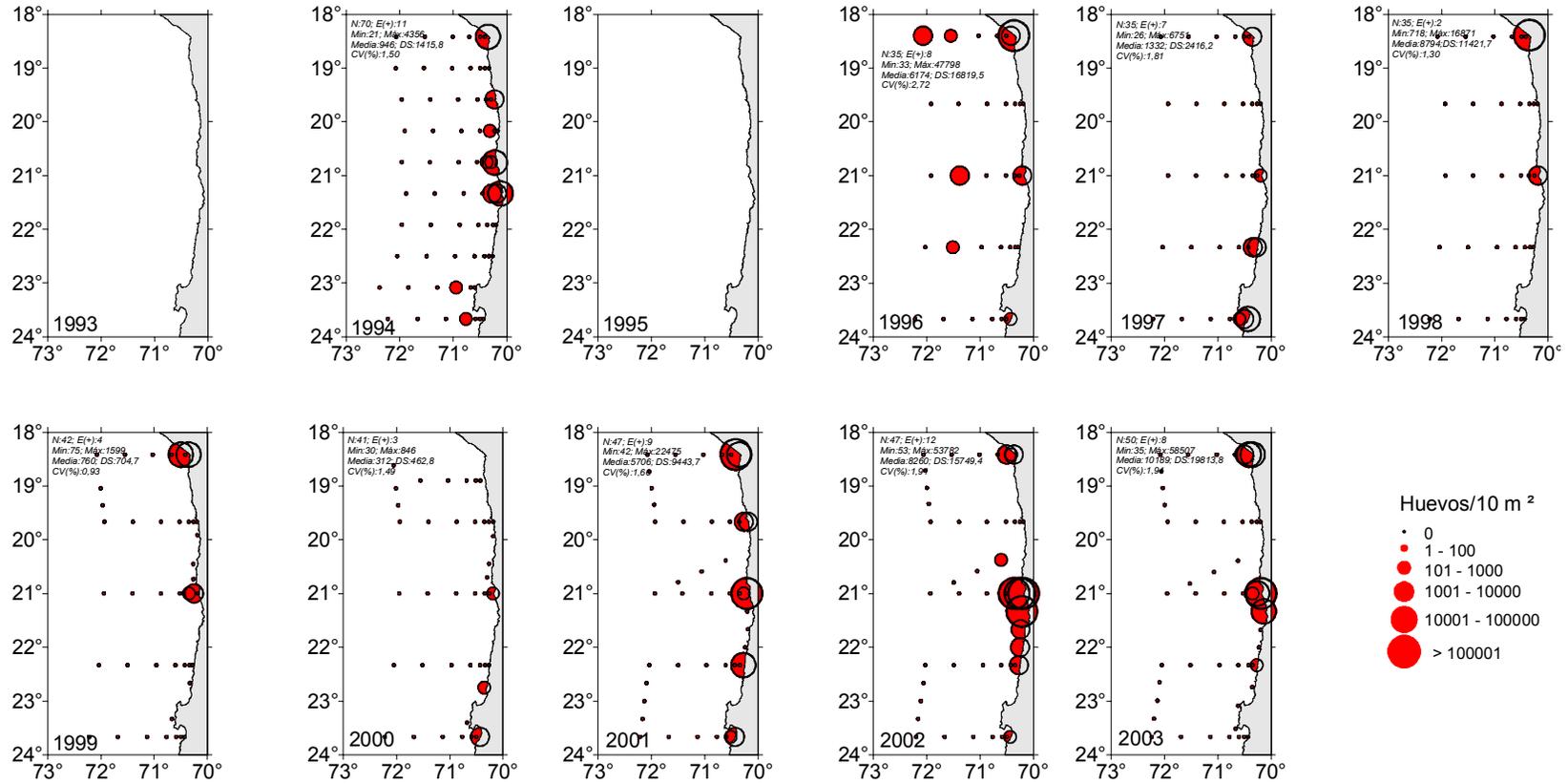


Figura 66. Distribuci3n y abundancia de Huevos de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Otoño periodo 1993 – 2002.

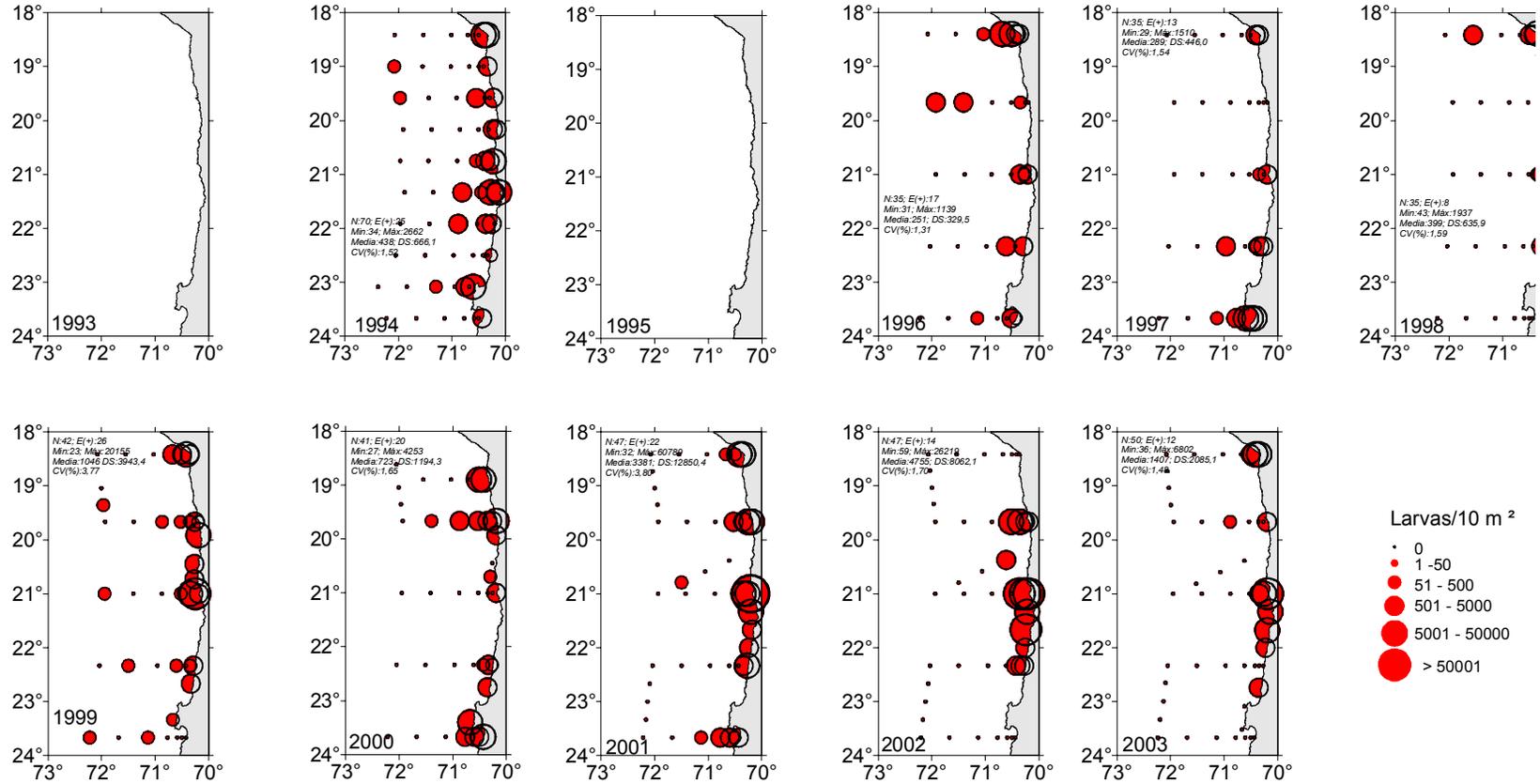


Figura 67. Distribuci3n y abundancia de Larvas de Anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros Otoño periodo 1993 – 2002.

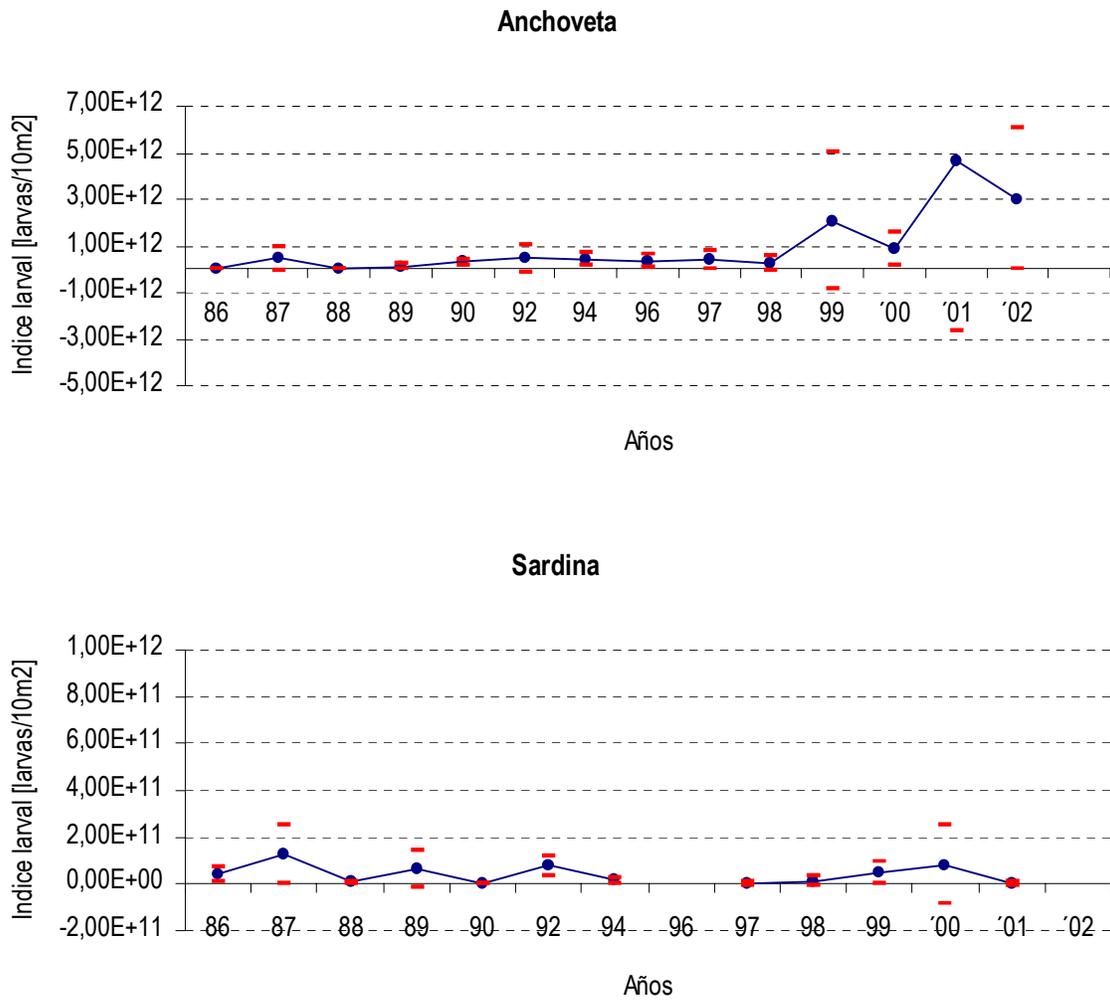


Figura 68. Estimaci3n del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en otoño del período 1986/2002.

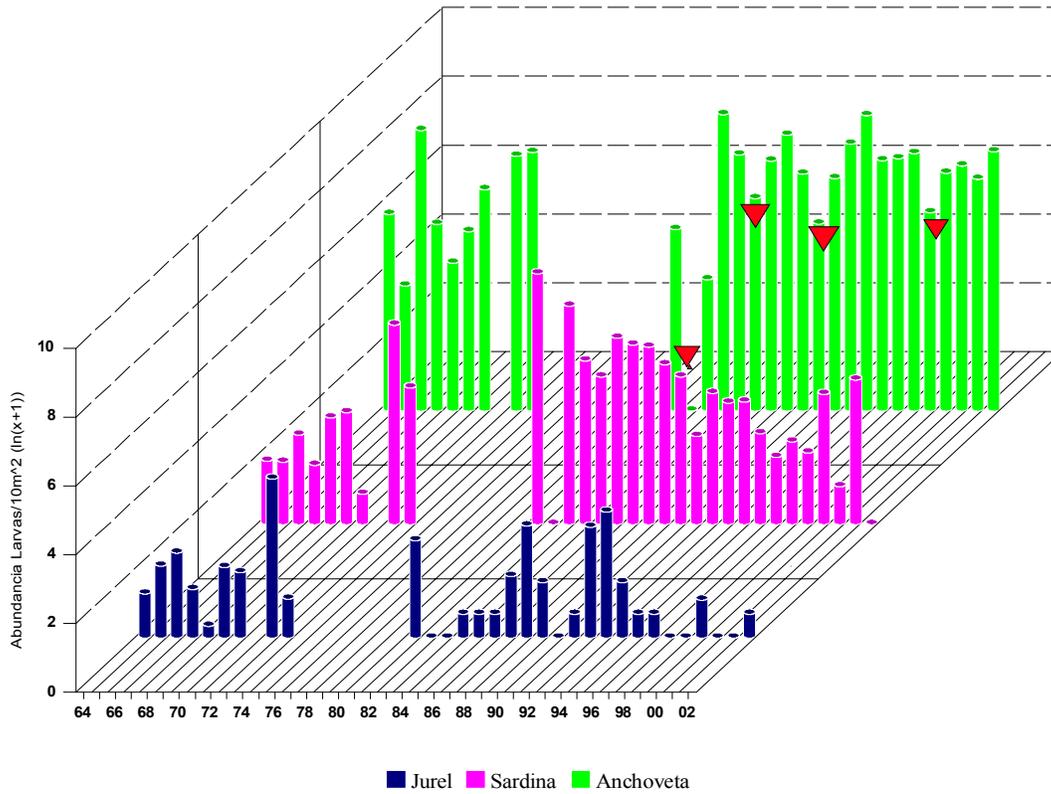


Figura 69. Estimaci3n de la abundancia promedio de Larvas para el periodo Invierno 1964- 2002.

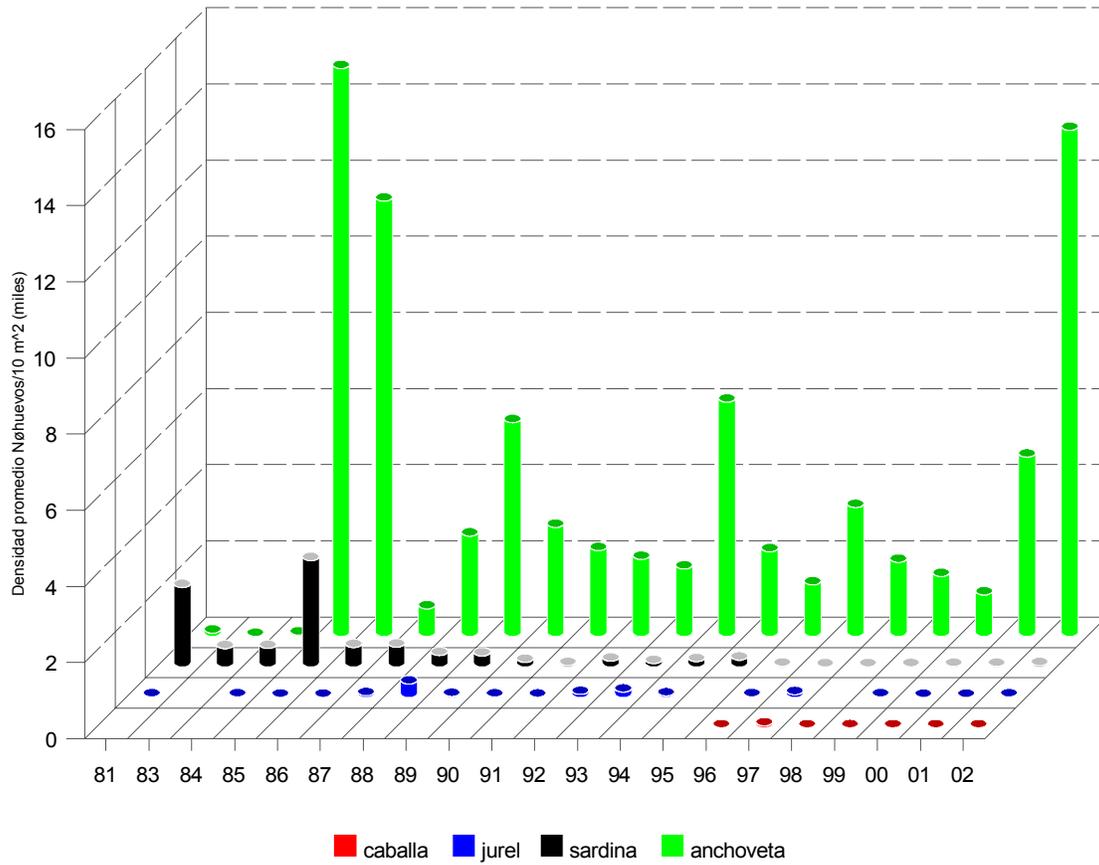


Figura 70. Abundancia promedio de Huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en Invierno de los años 1981 - 2002

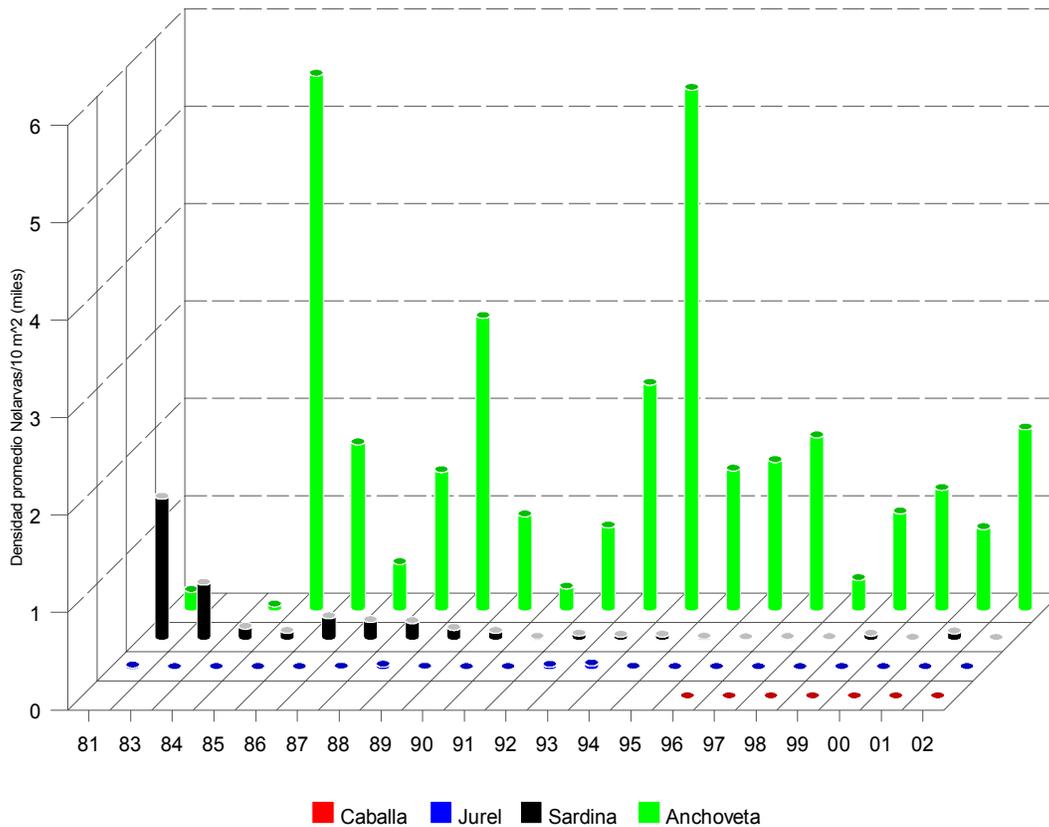


Figura 71. Abundancia promedio de Larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en Invierno de los años 1981 - 2002.

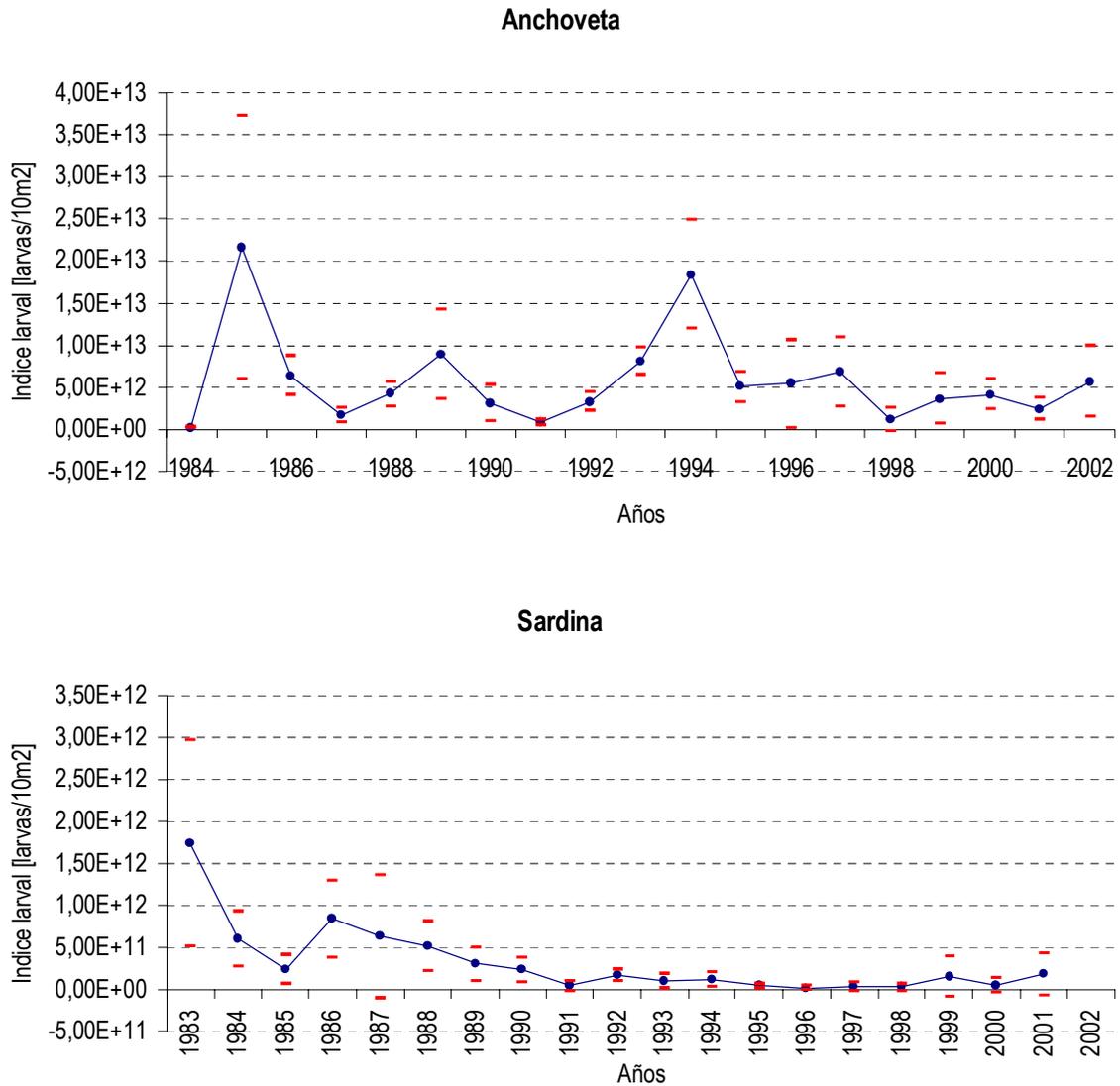


Figura 72. Estimaci3n del 3ndice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de los a3os 1984/2002.

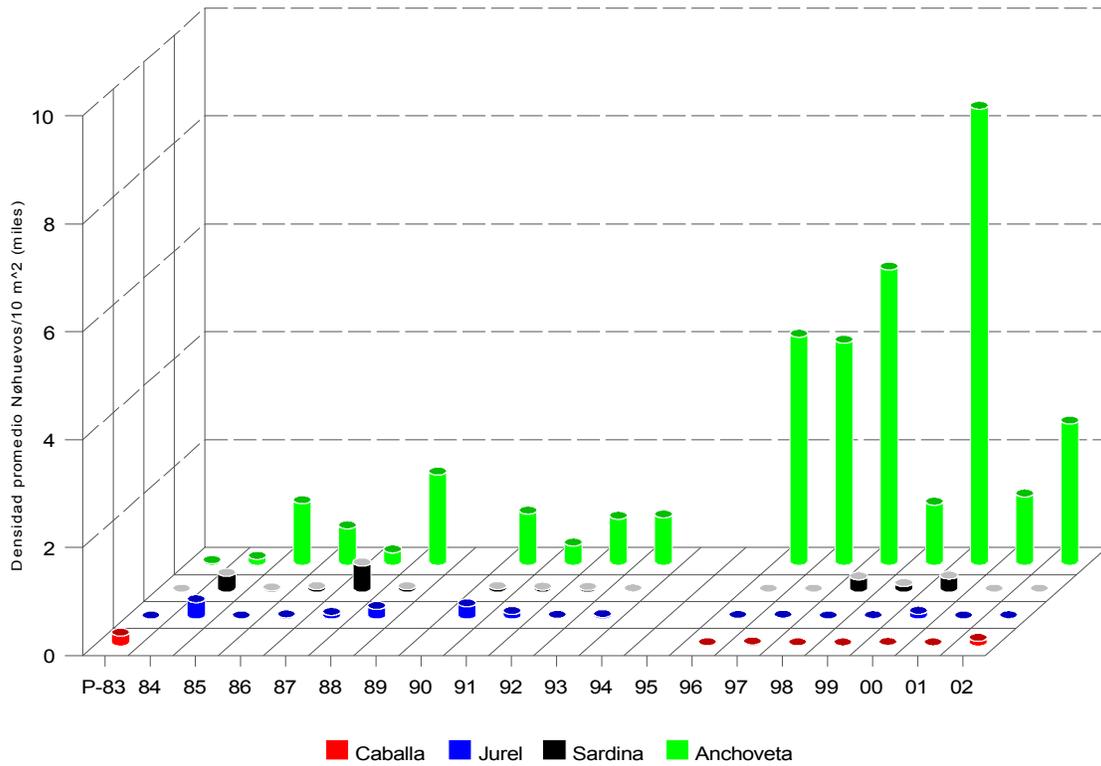


Figura 73. Abundancia promedio de Huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en Primavera de los años 1983 - 2002

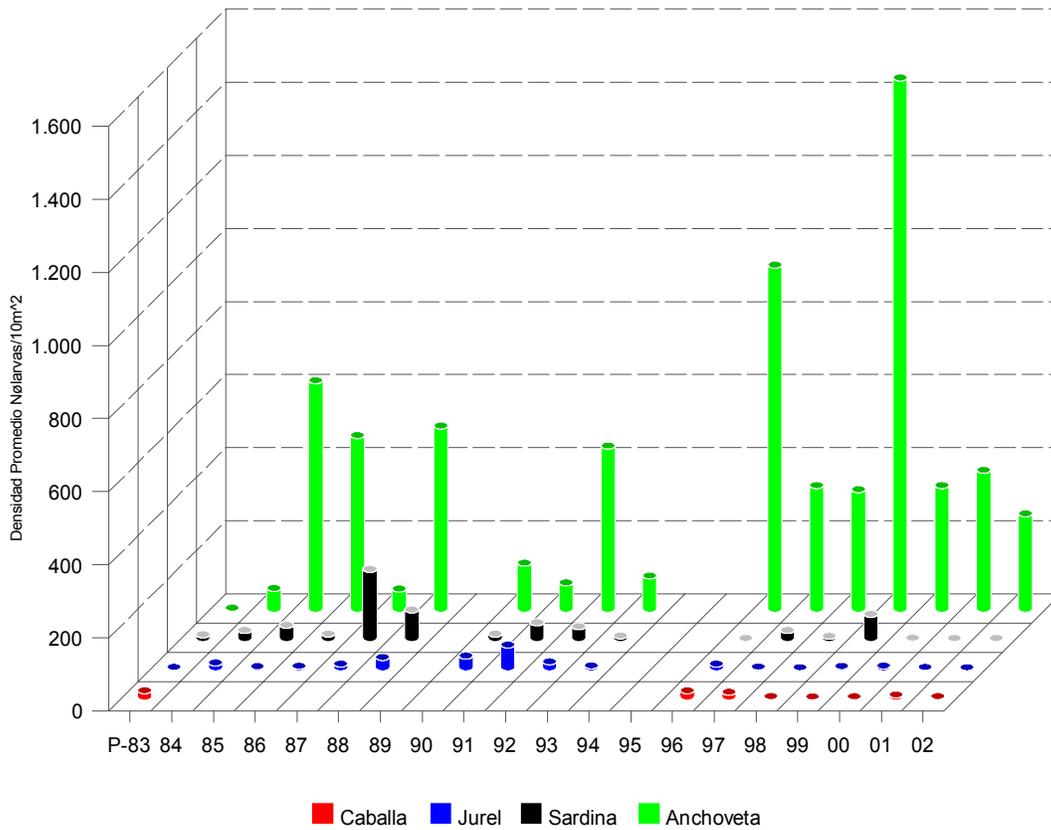


Figura 74. Abundancia promedio de Larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en primavera de los años 1983 - 2002

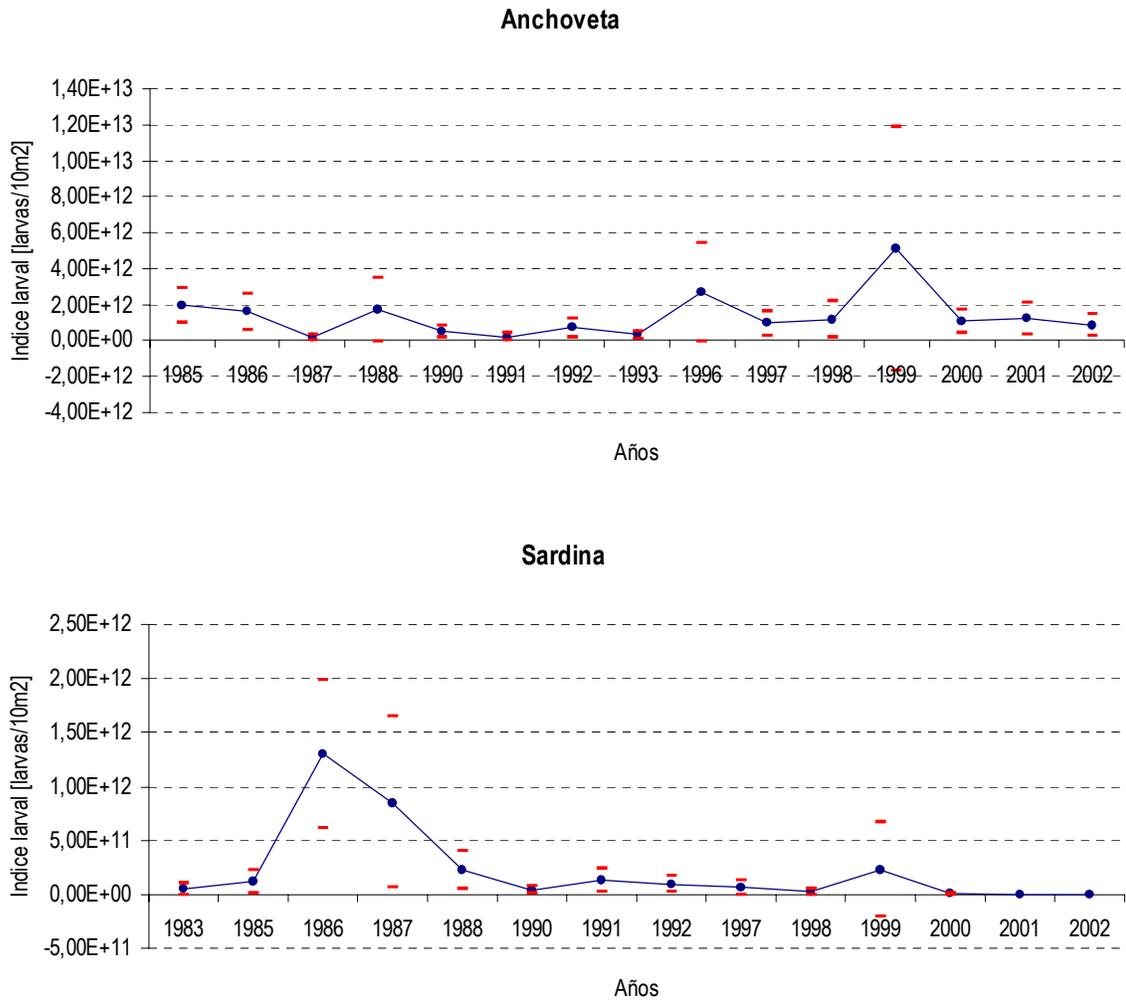


Figura 75. Estimaci3n del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta - Arica, en primavera del periodo 1983/2002.

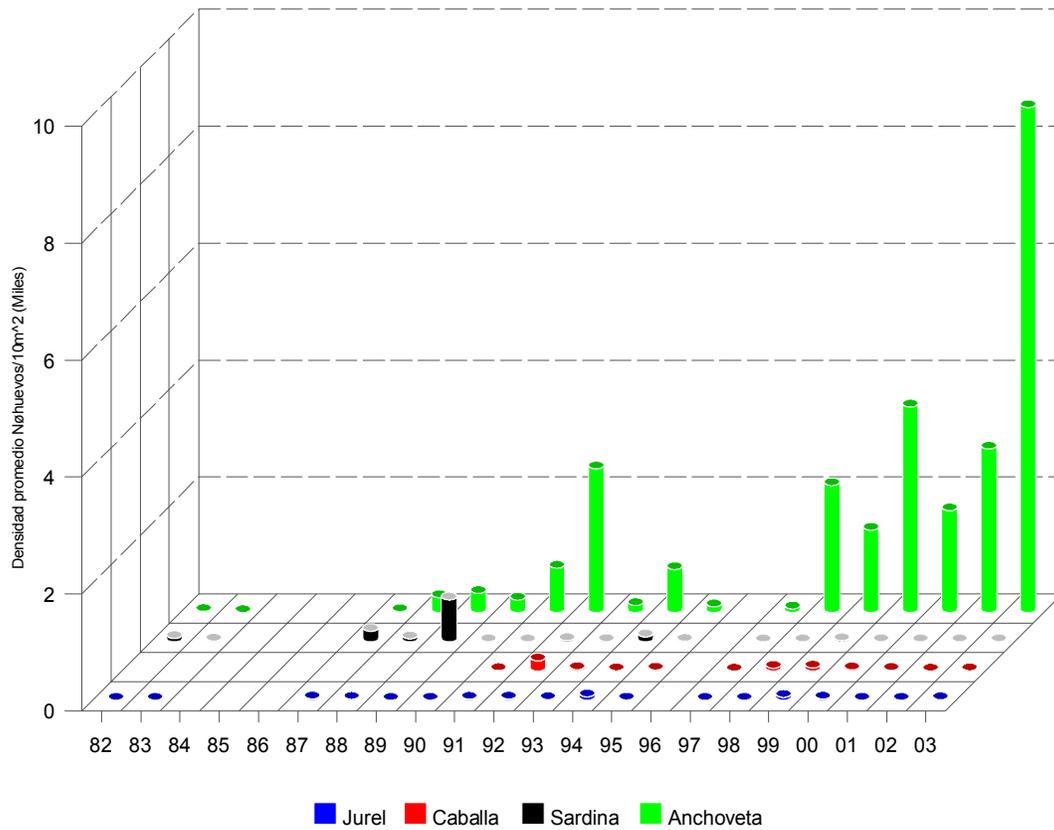


Figura 76. Abundancia promedio de Huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en Verano de los años 1982 – 2003.

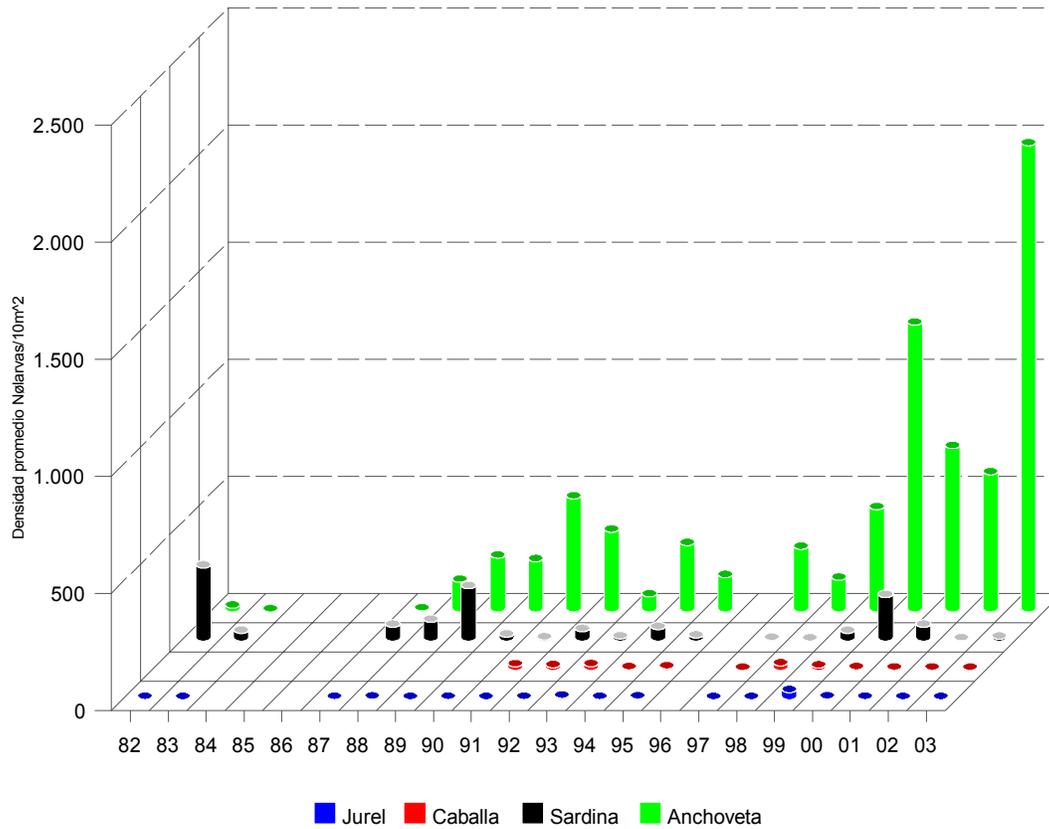


Figura 77. Abundancia promedio de Larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en Verano de los años 1982 – 2003.

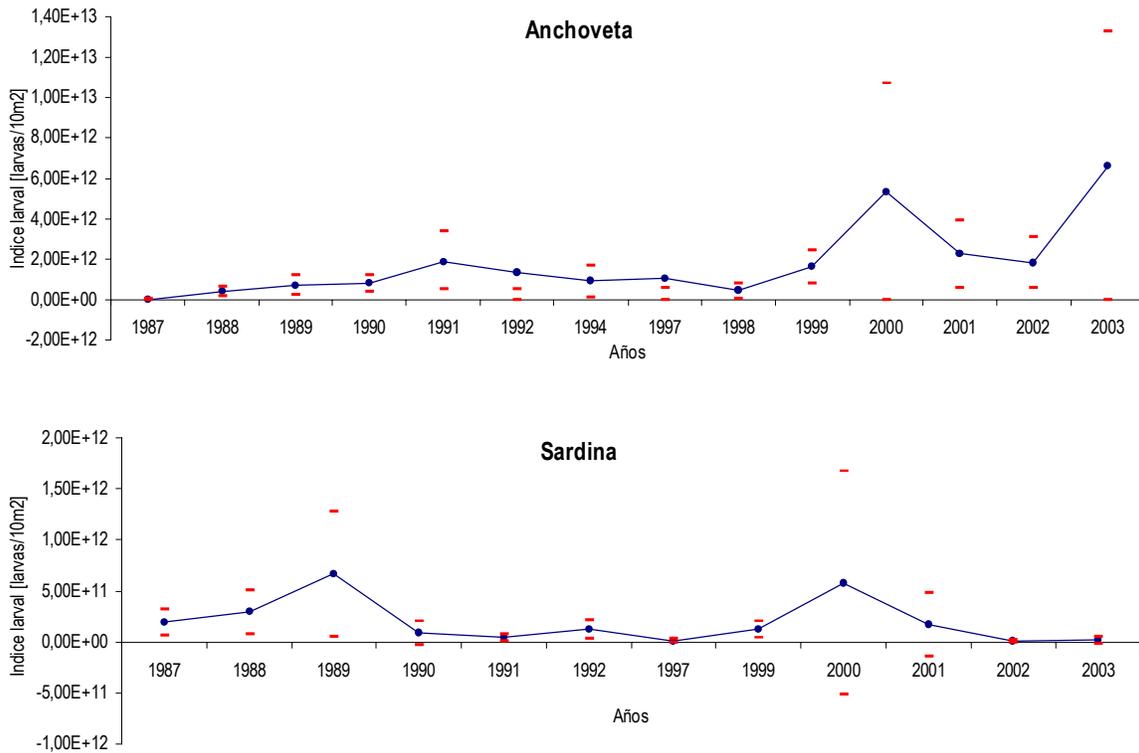


Figura 78. Estimaci3n del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1987/2003.

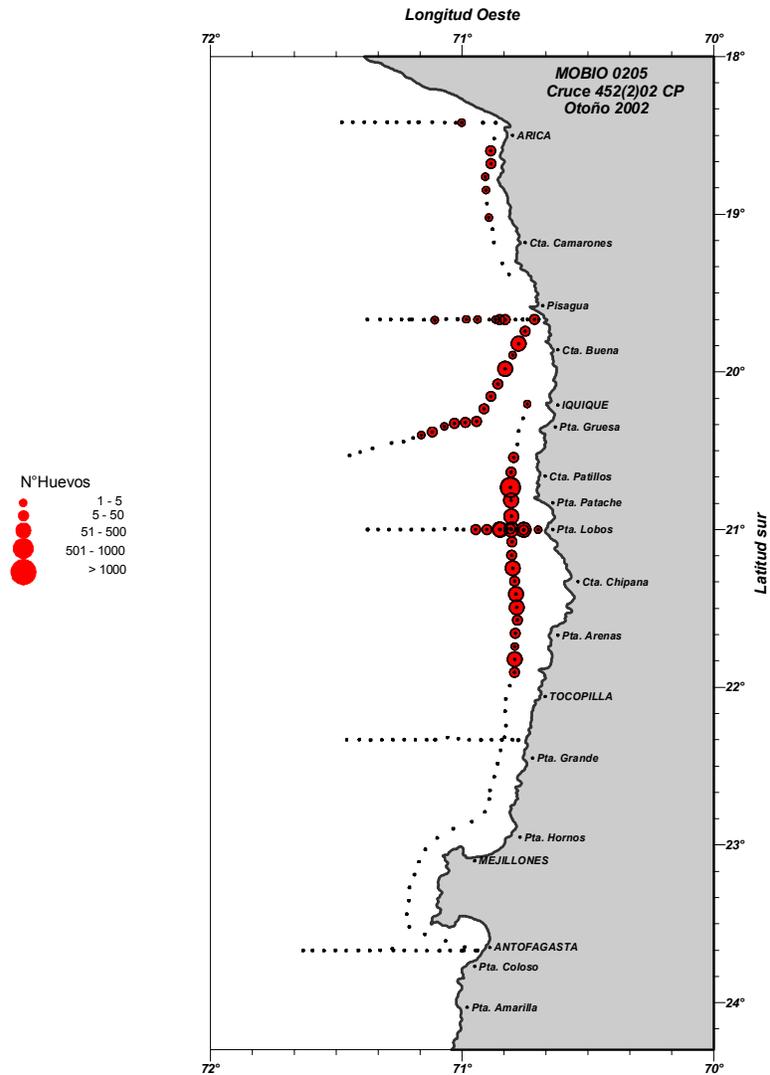


Figura 79. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES, Crucero MOBIO 0205, Otoño 2002 – 452(2)02 CP.

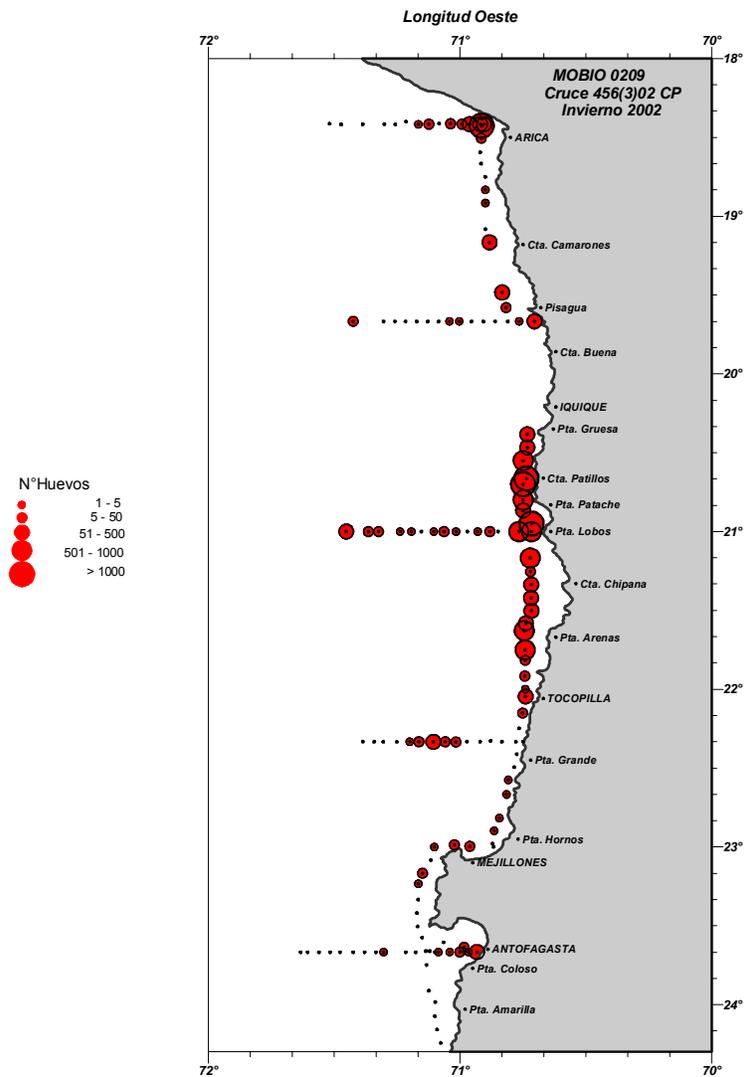


Figura 80. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES, Crucero MOBIO 0209, Invierno 2002 – 456(3)02 CP.

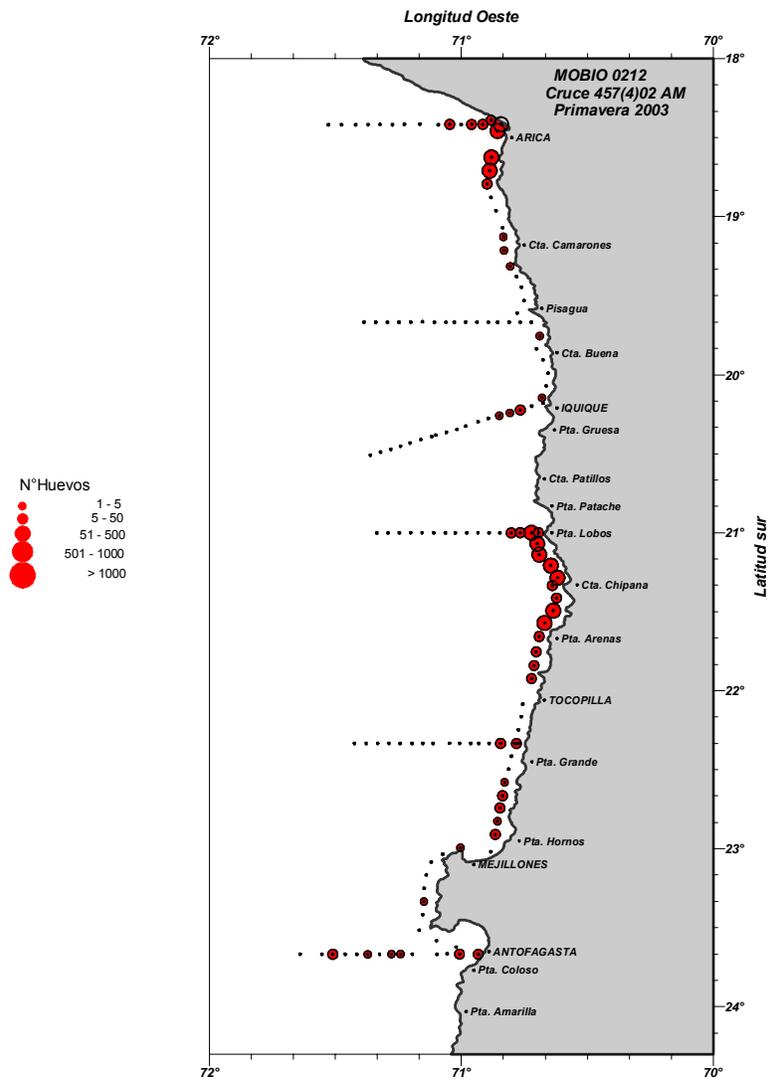


Figura 81. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES, Crucero MOBIO 0212, Primavera 2002 – 457(4)02 AM.

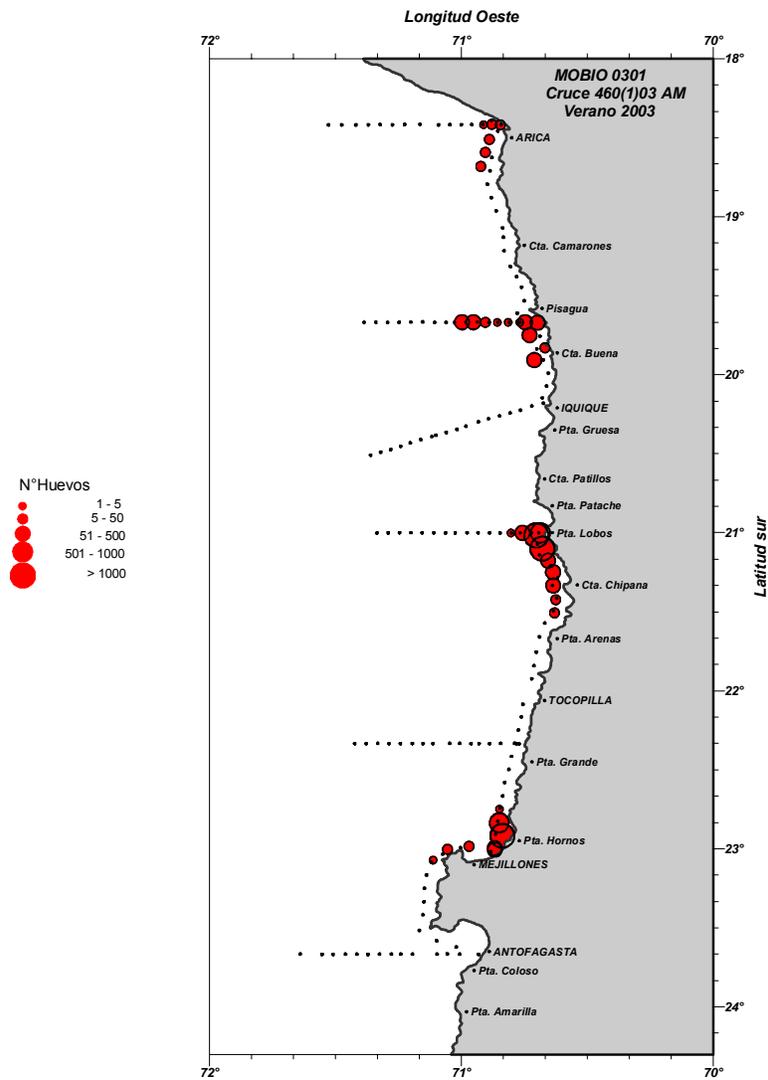


Figura 82. Distribuci3n espacial y abundancia de huevos de anchoveta colectados con sistema CUFES, Crucero MOBIO 0301, Verano 2003 – 460(1)03 AM

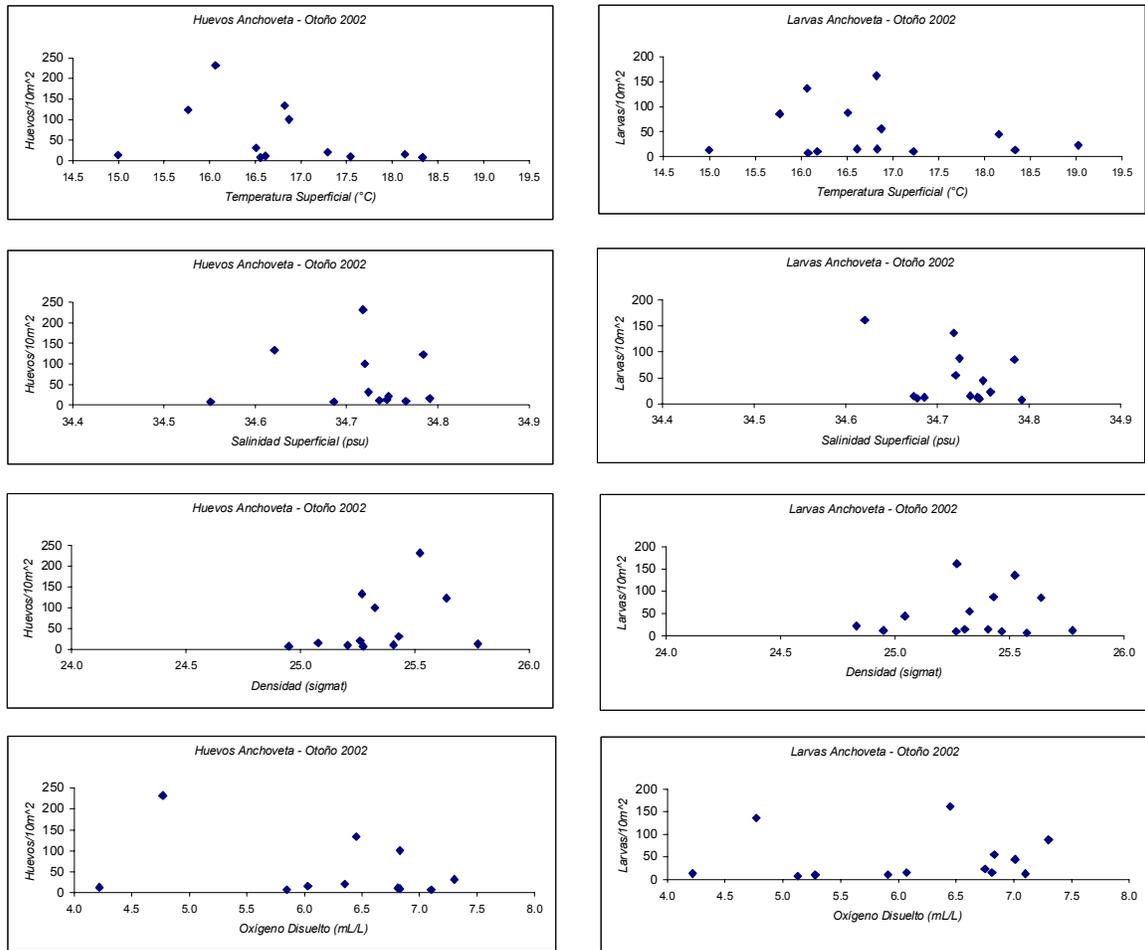


Figura 83. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de Anchoveta y las variables superficiales, temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto. Crucero MOBIO 0205 – Otoño 2002.

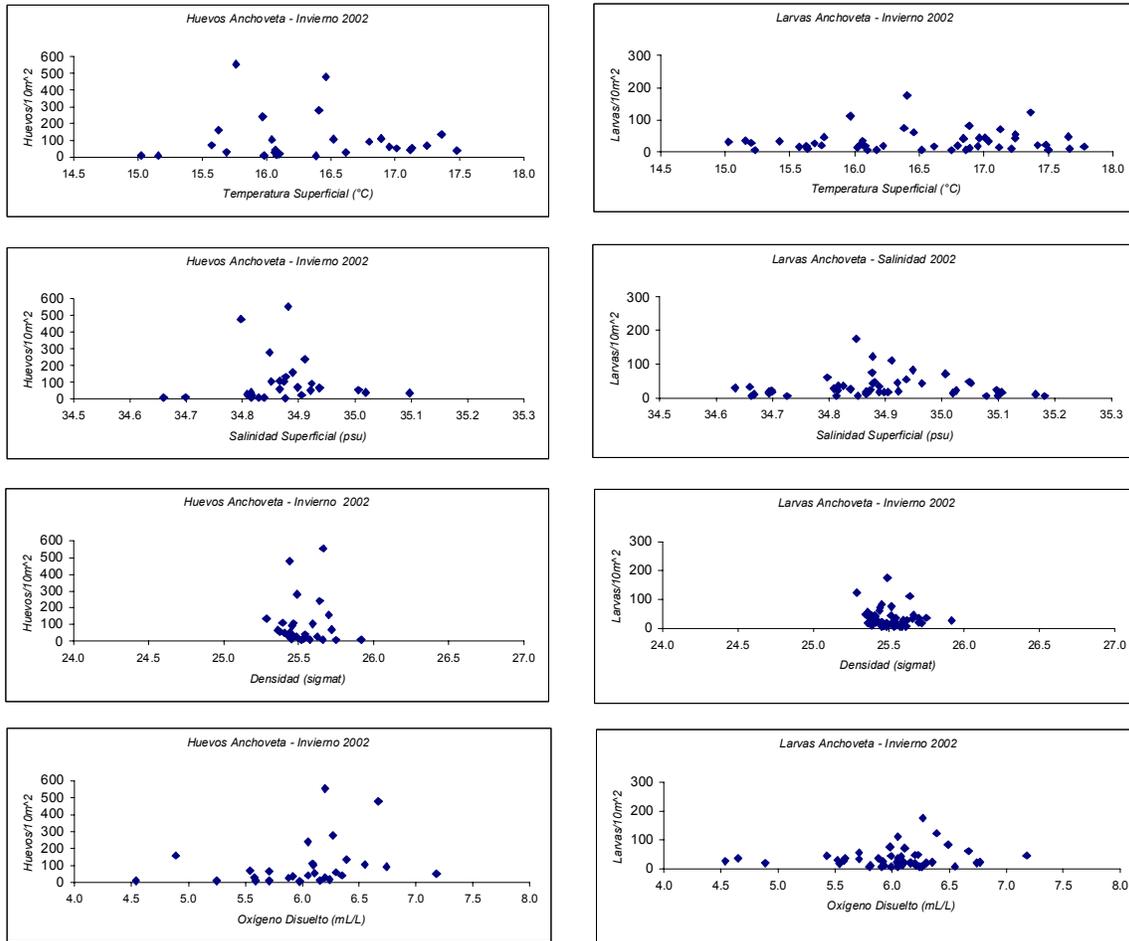


Figura 84. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de Anchoveta y las variables superficiales, temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto. Crucero MOBIO 0209 – Invierno 2002.

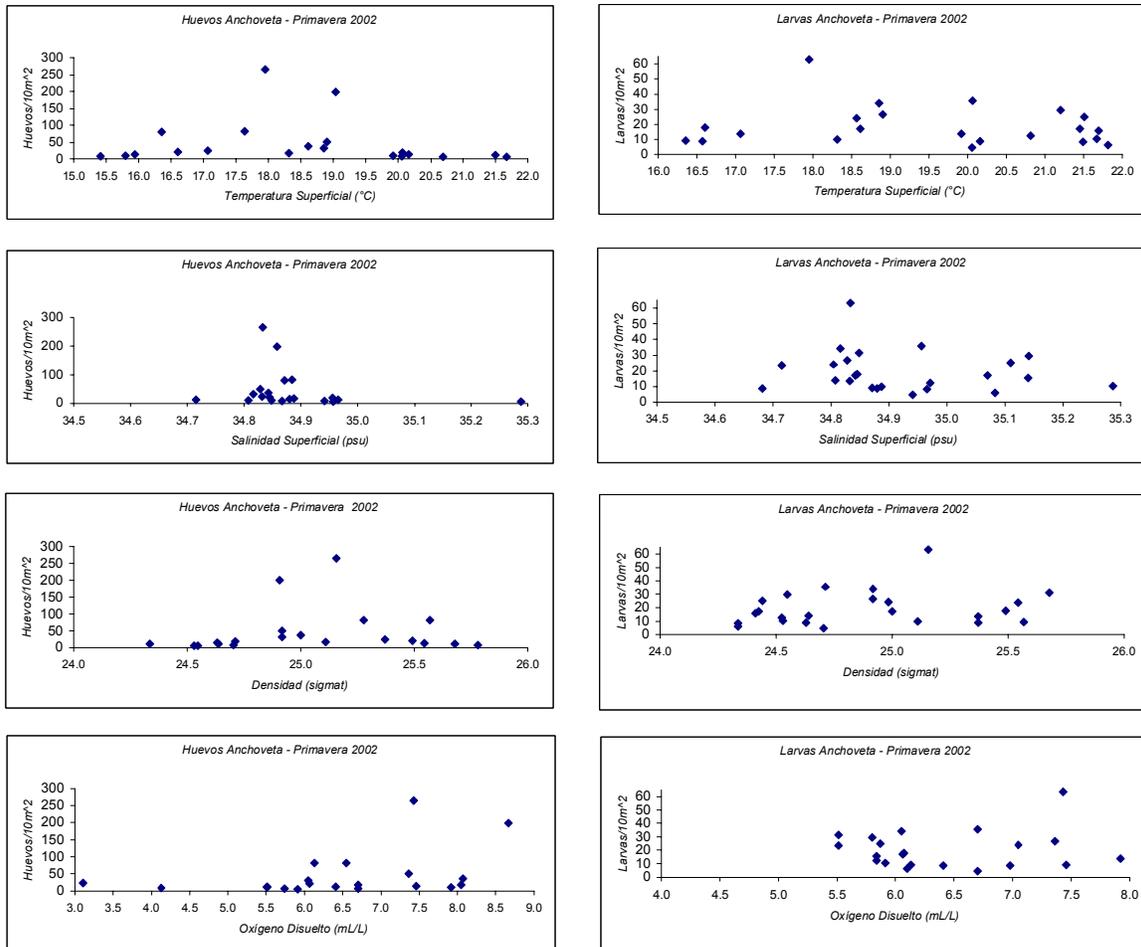


Figura 85. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de Anchoeta y las variables superficiales, temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxigeno disuelto. Crucero MOBIO 0212 – Primavera 2002.

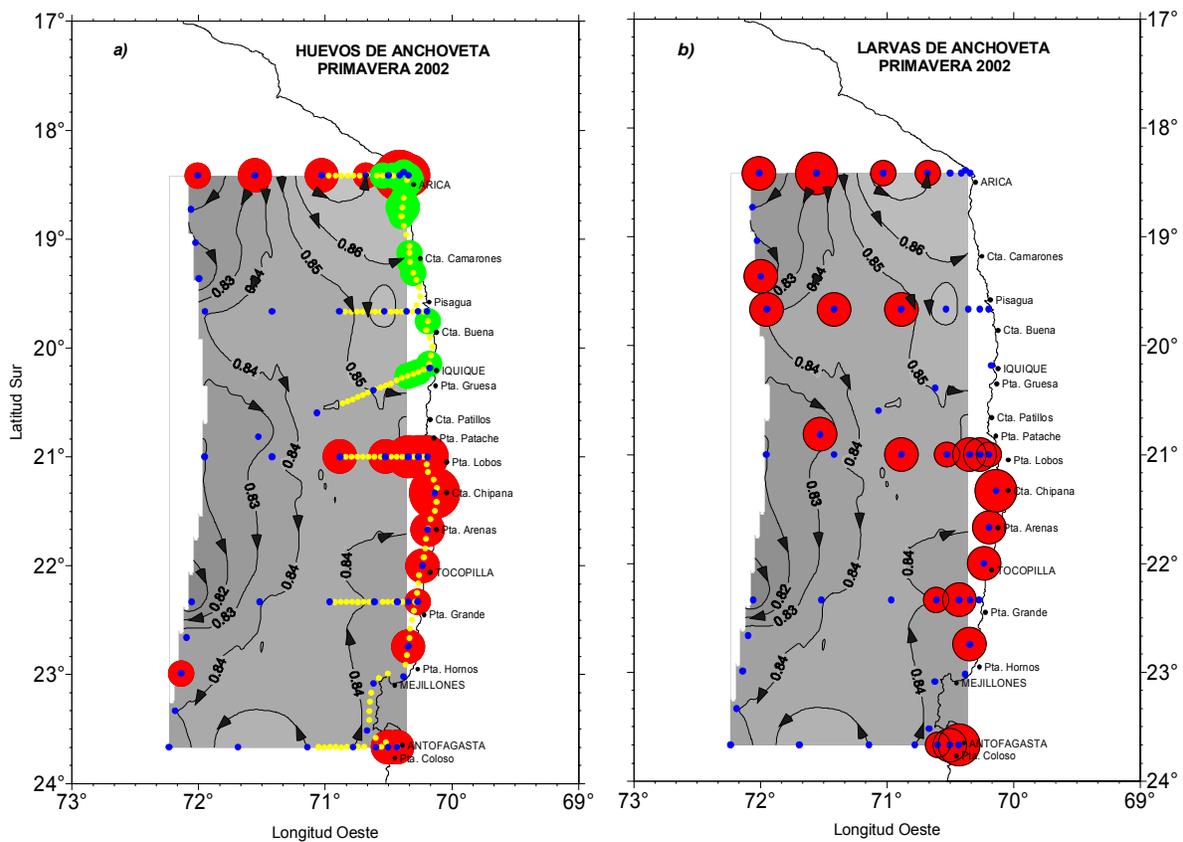


Figura 86. Distribuci3n de a) huevos y b) larvas de anchoveta en relaci3n a la circulaci3n superficial, obtenida en base a los valores de anomalía geopotencial de superficie referida a 500 m en primavera 2002.

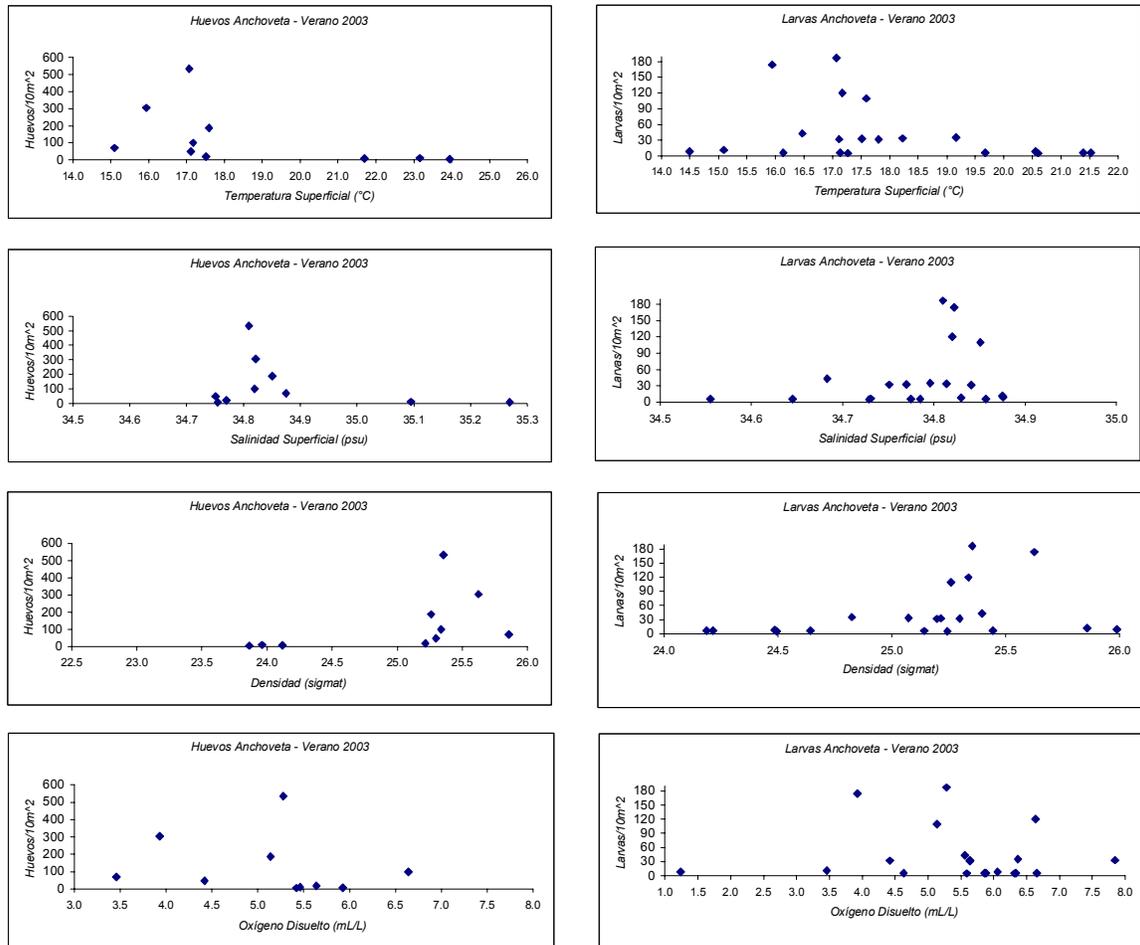


Figura 87. Relaciones entre la abundancia de huevos y larvas de Anchoveta y las variables superficiales, temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto. Crucero MOBIO 0303 – Verano 2003.

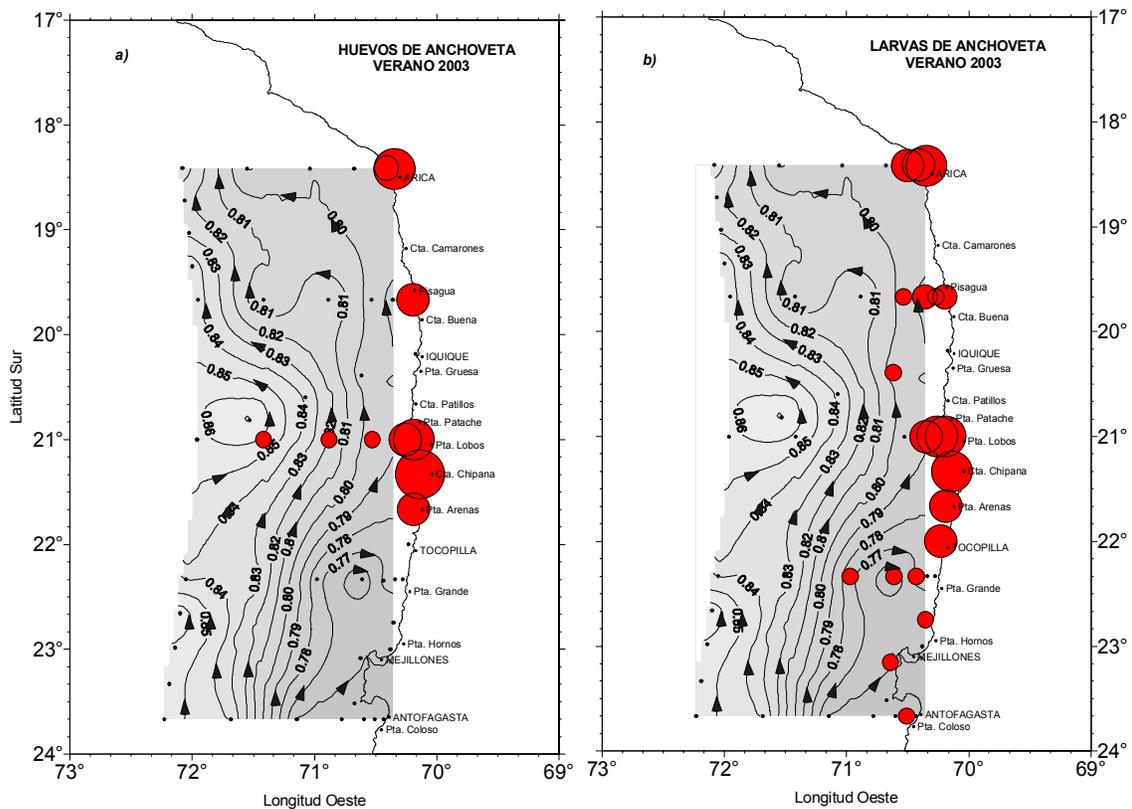


Figura 88. Distribuci3n de a) huevos y b) larvas de anchoveta en relaci3n a la circulaci3n superficial, obtenida en base a los valores de anomalía geopotencial de superficie referida a 500 m en verano 2003.

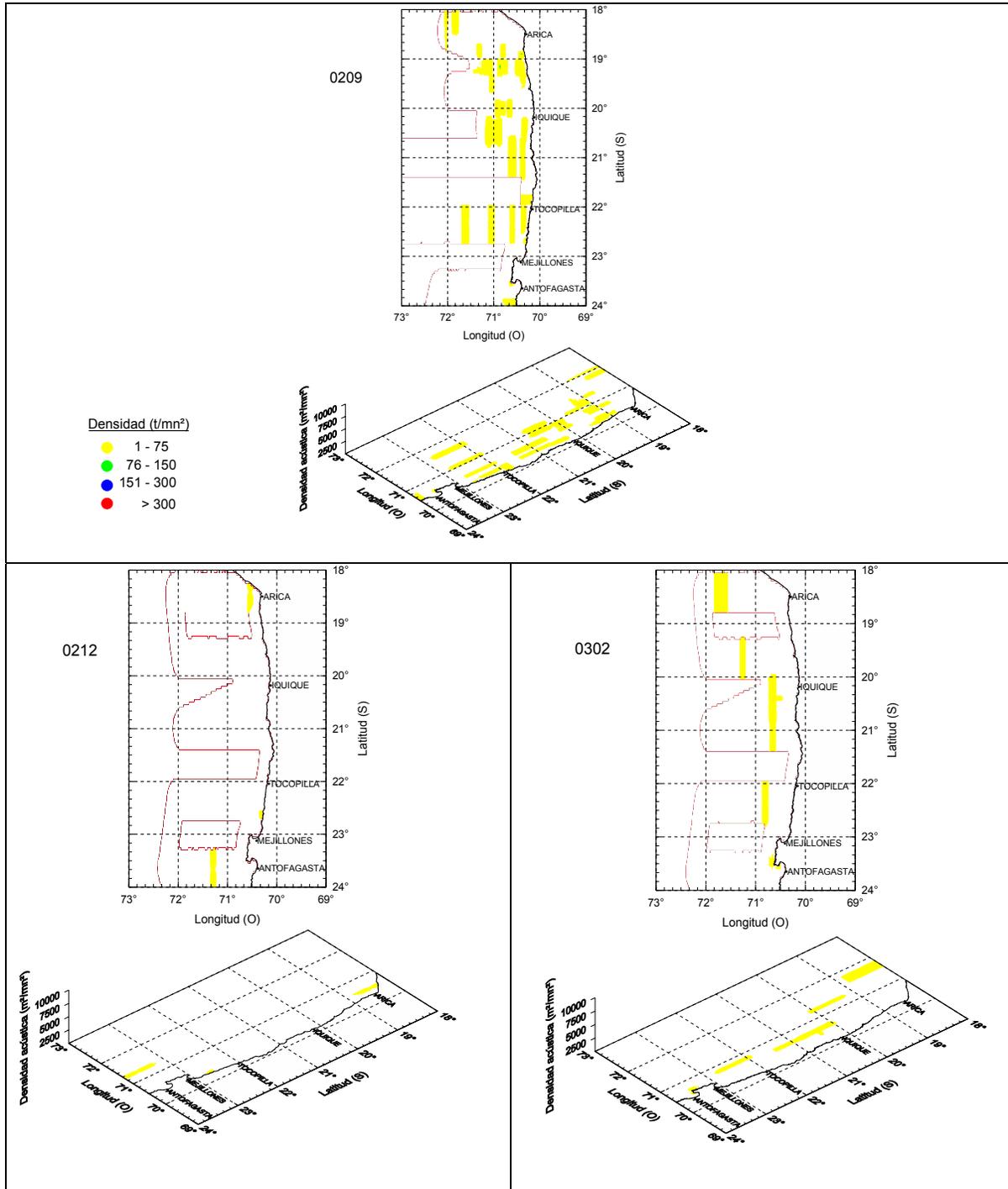


Figura 89. Distribuci3n espacial de caballa en los cruces de invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).

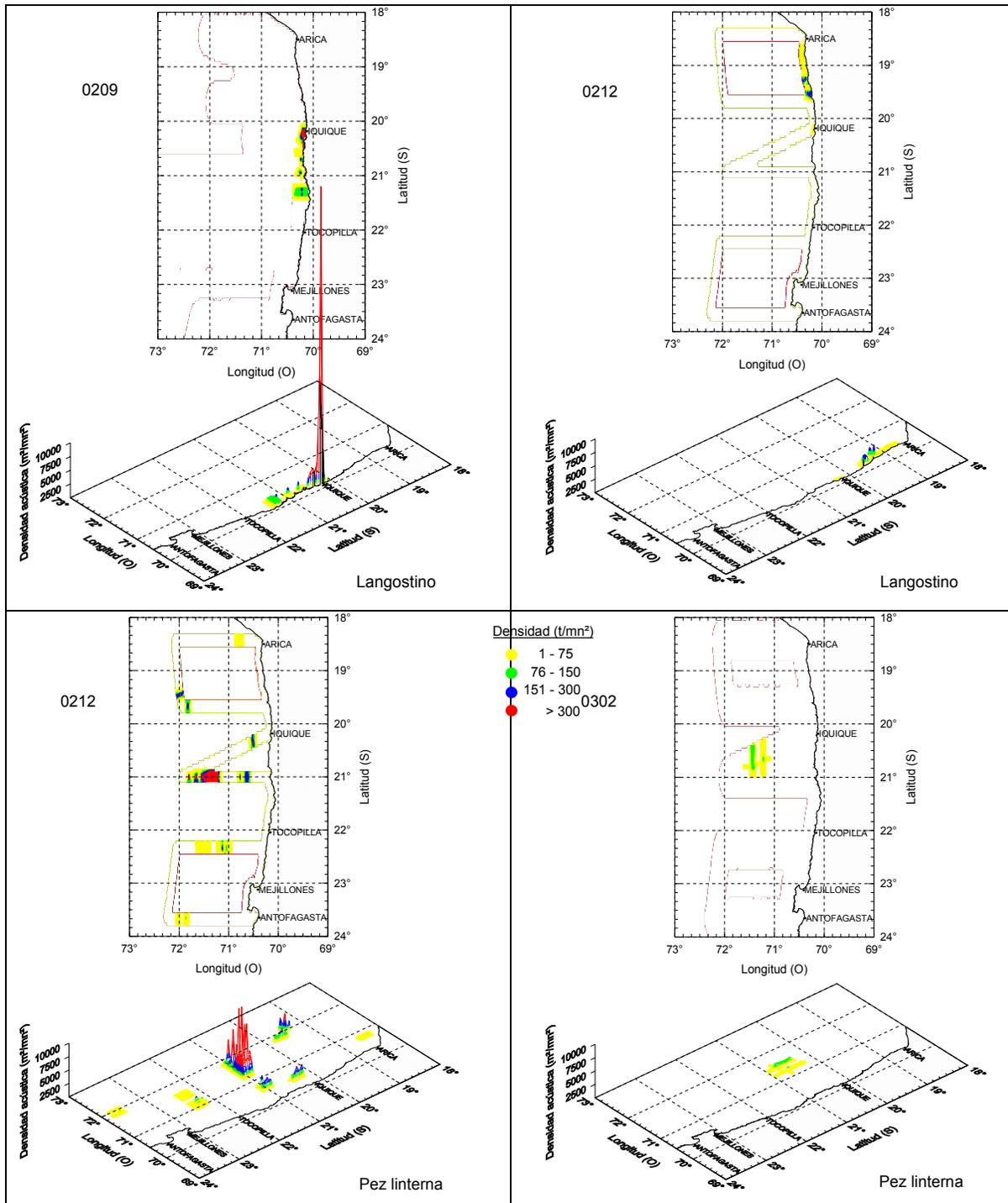


Figura 90. Distribuci3n espacial de langostino y pez linterna en los cruces de invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).

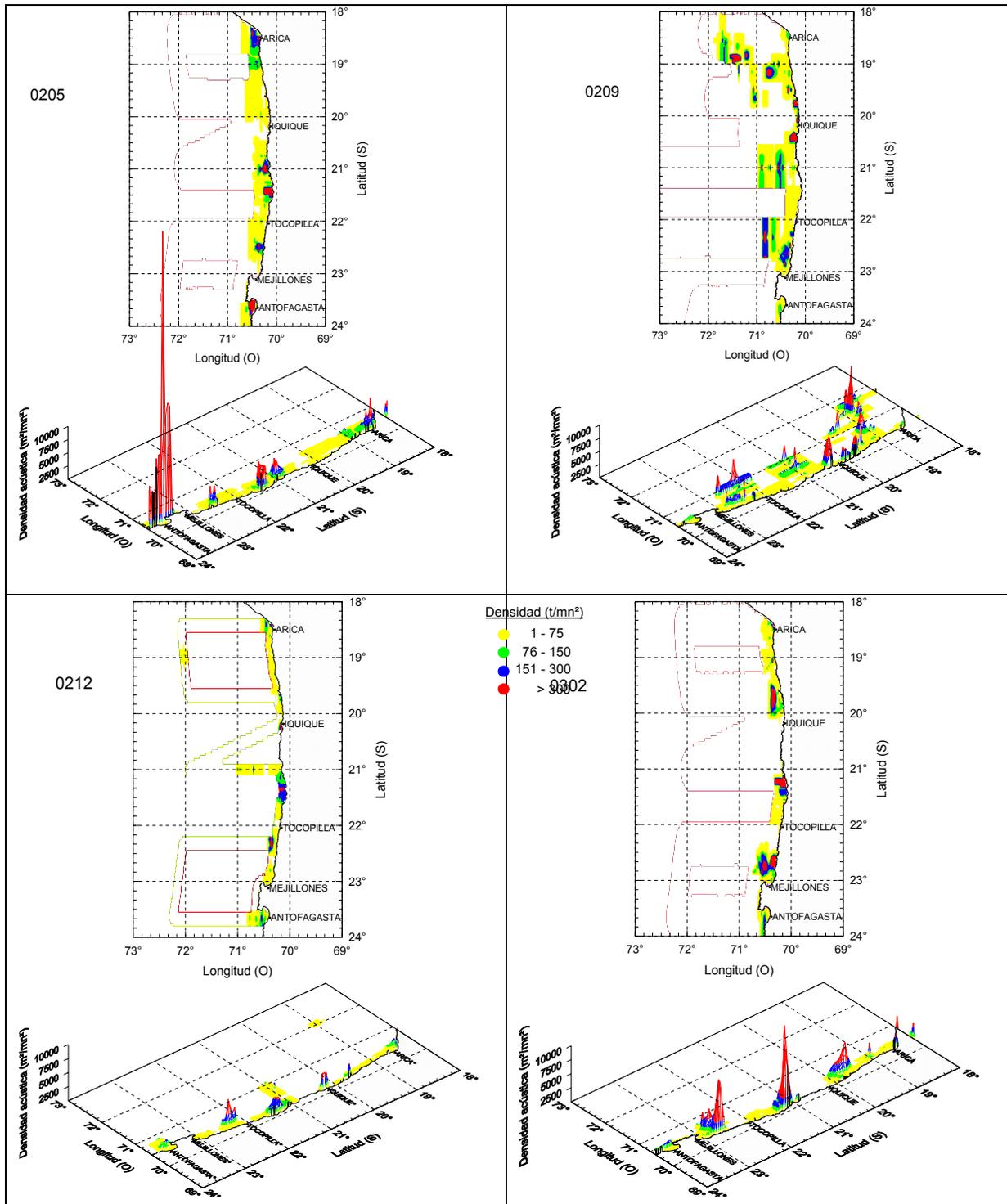


Figura 91. Distribuci3n espacial de anchoveta en los cruces de otoño (0205), invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).

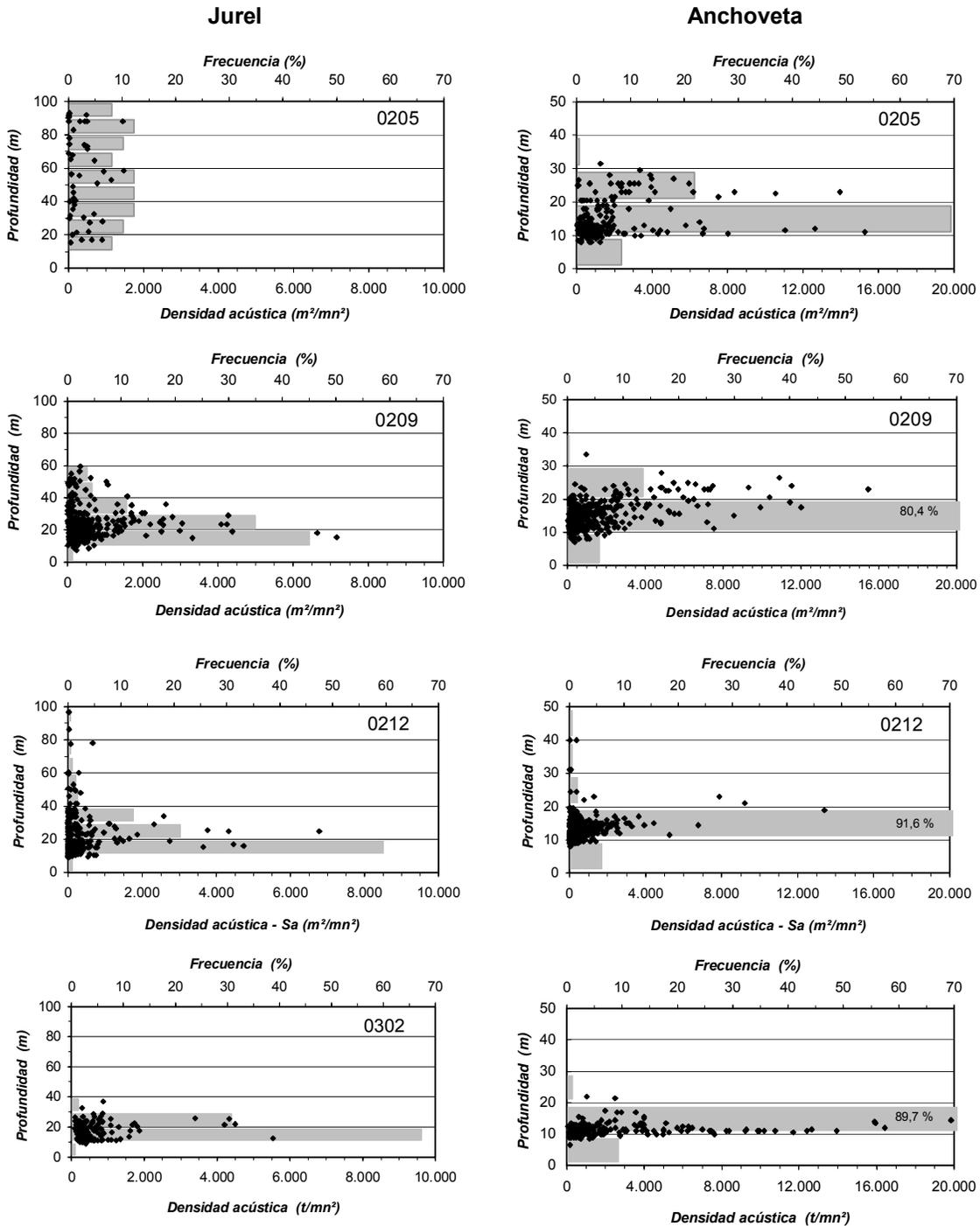


Figura 92. Distribuci3n batimétrica (m) de la densidad acústica – Sa (m²/mn²) de jurel y anchoveta en los periodos de otoño (0205), invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).

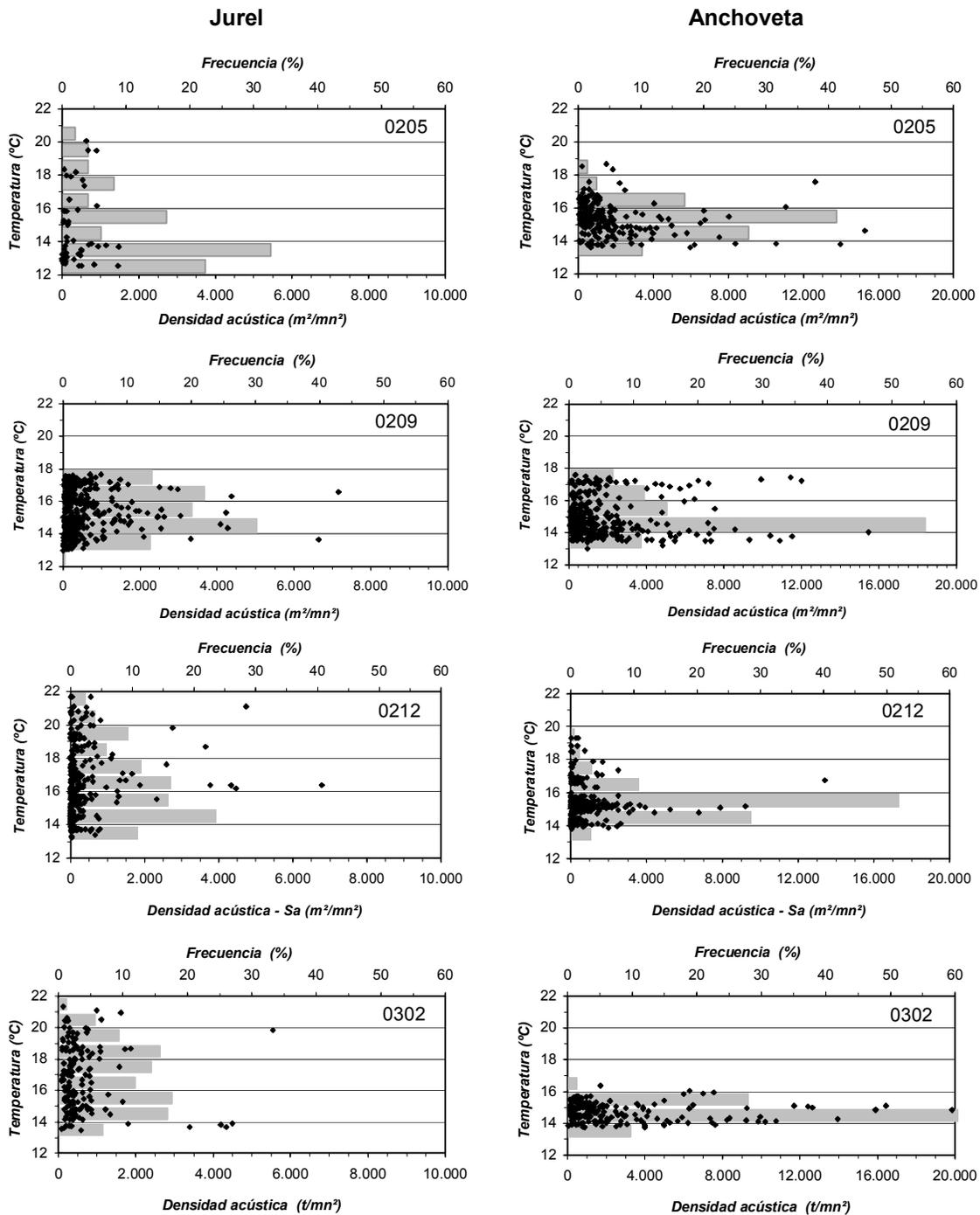


Figura 93. Distribuci3n de temperatura (°C) de la densidad acústica - Sa (m²/mn²) de jurel y anchoveta en los períodos de otoño (0205), invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).

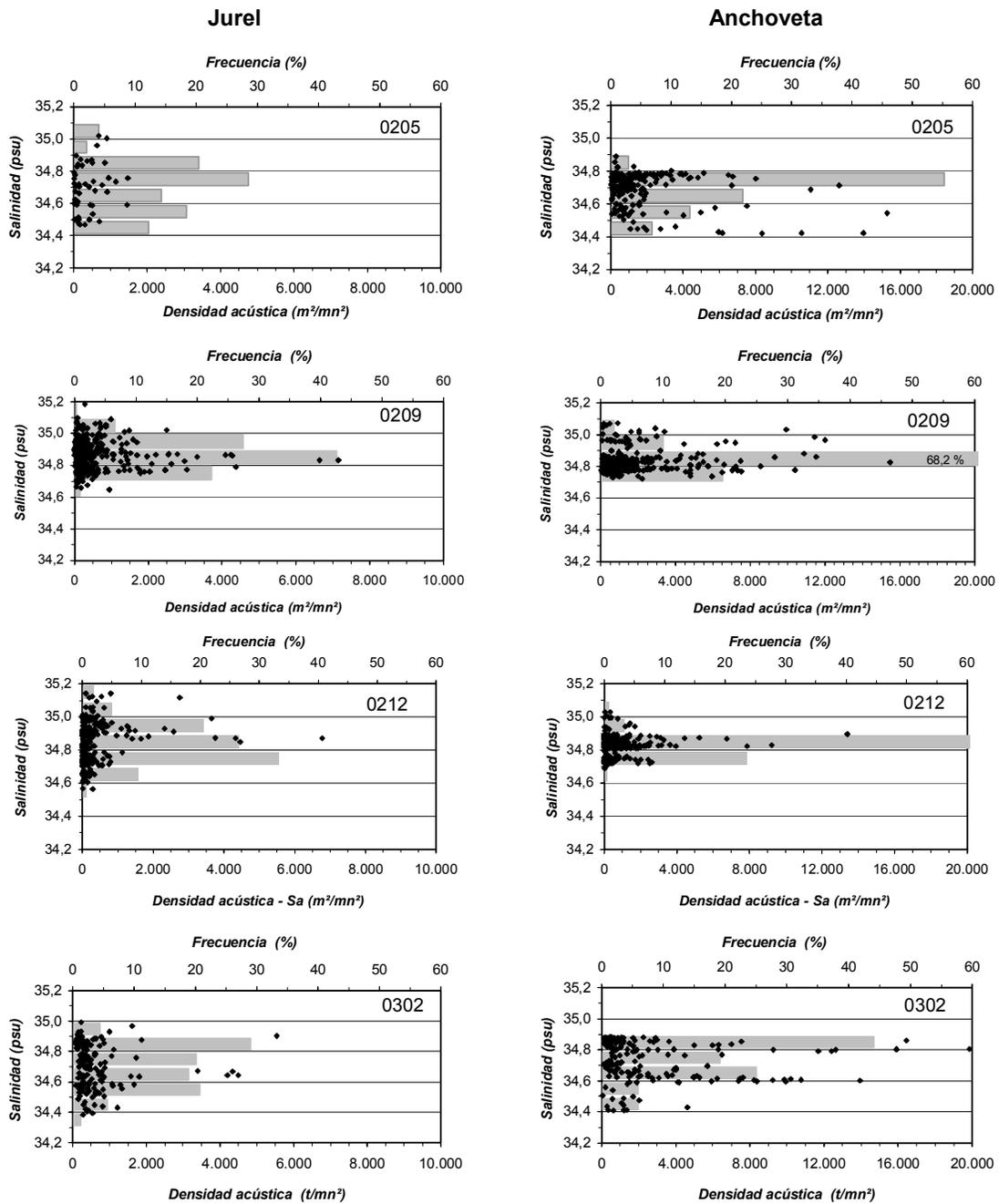


Figura 94. Distribuci3n de salinidad (psu) de la densidad acústica – Sa (m^2/mn^2) de jurel y anchoveta en los períodos de otoño (0205), invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).

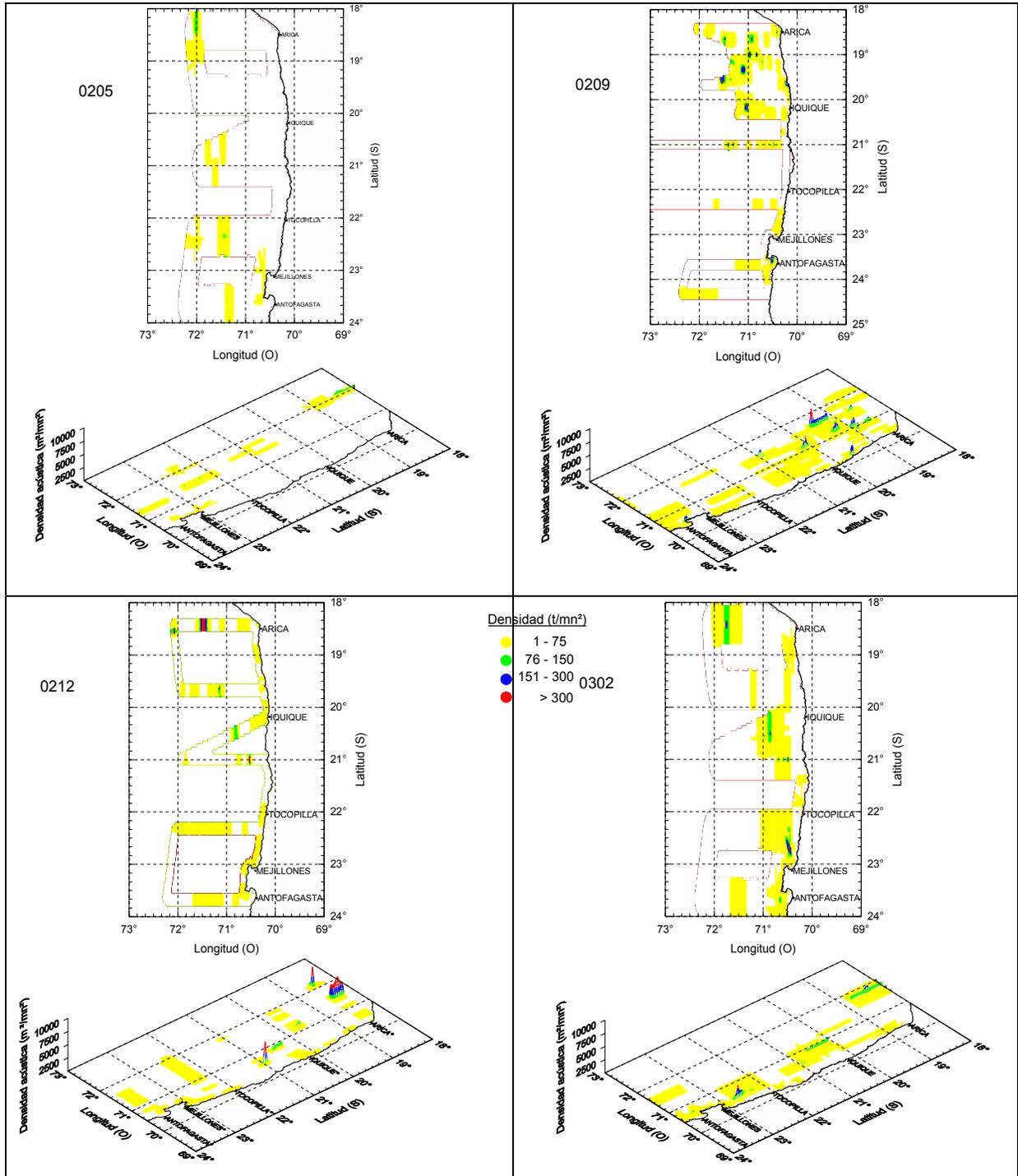


Figura 95. Distribuci3n espacial de juel en los cruceros de otoño (0205), invierno (0209), primavera (0212) y verano (0302).

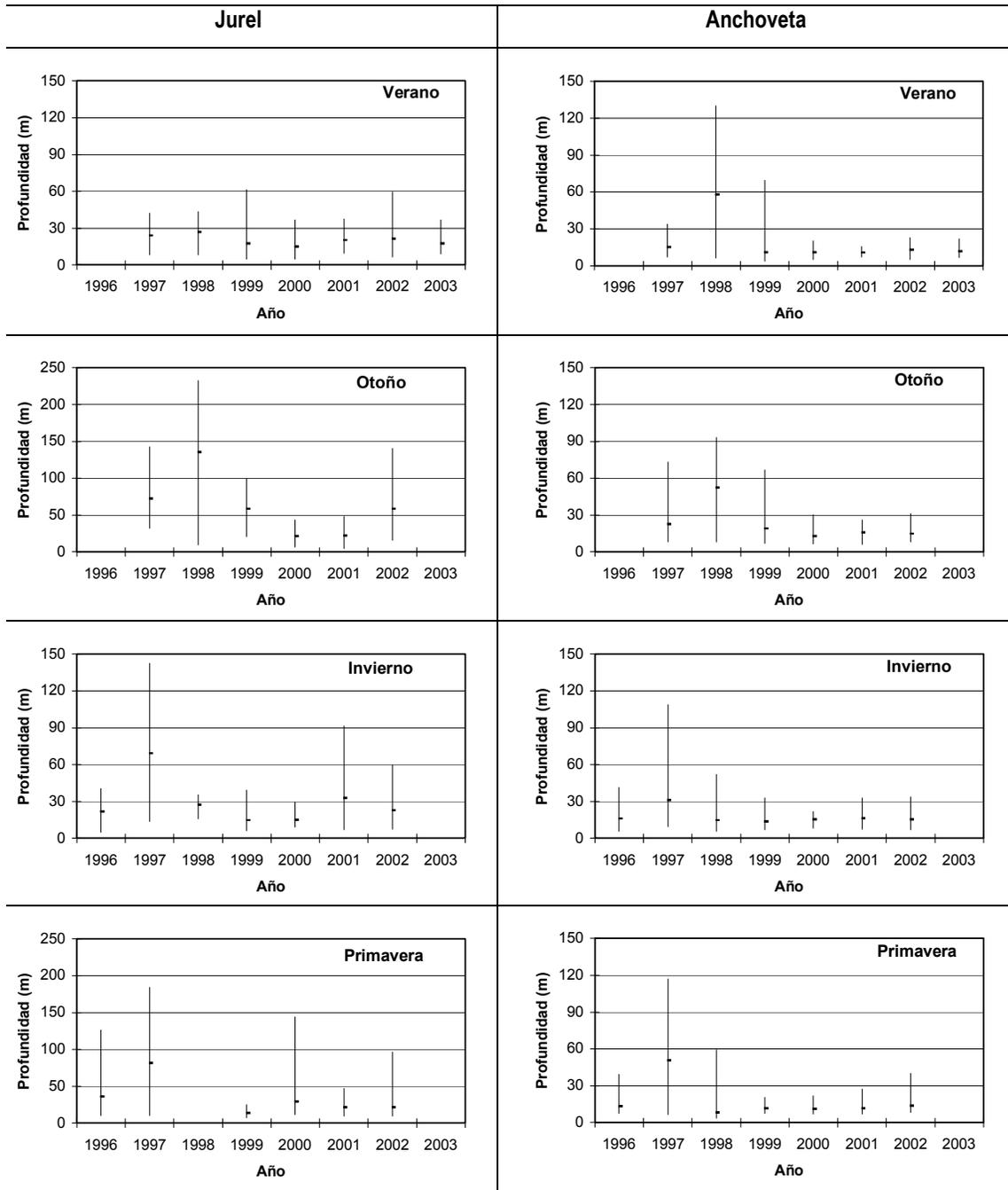


Figura 96. Profundidades máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta

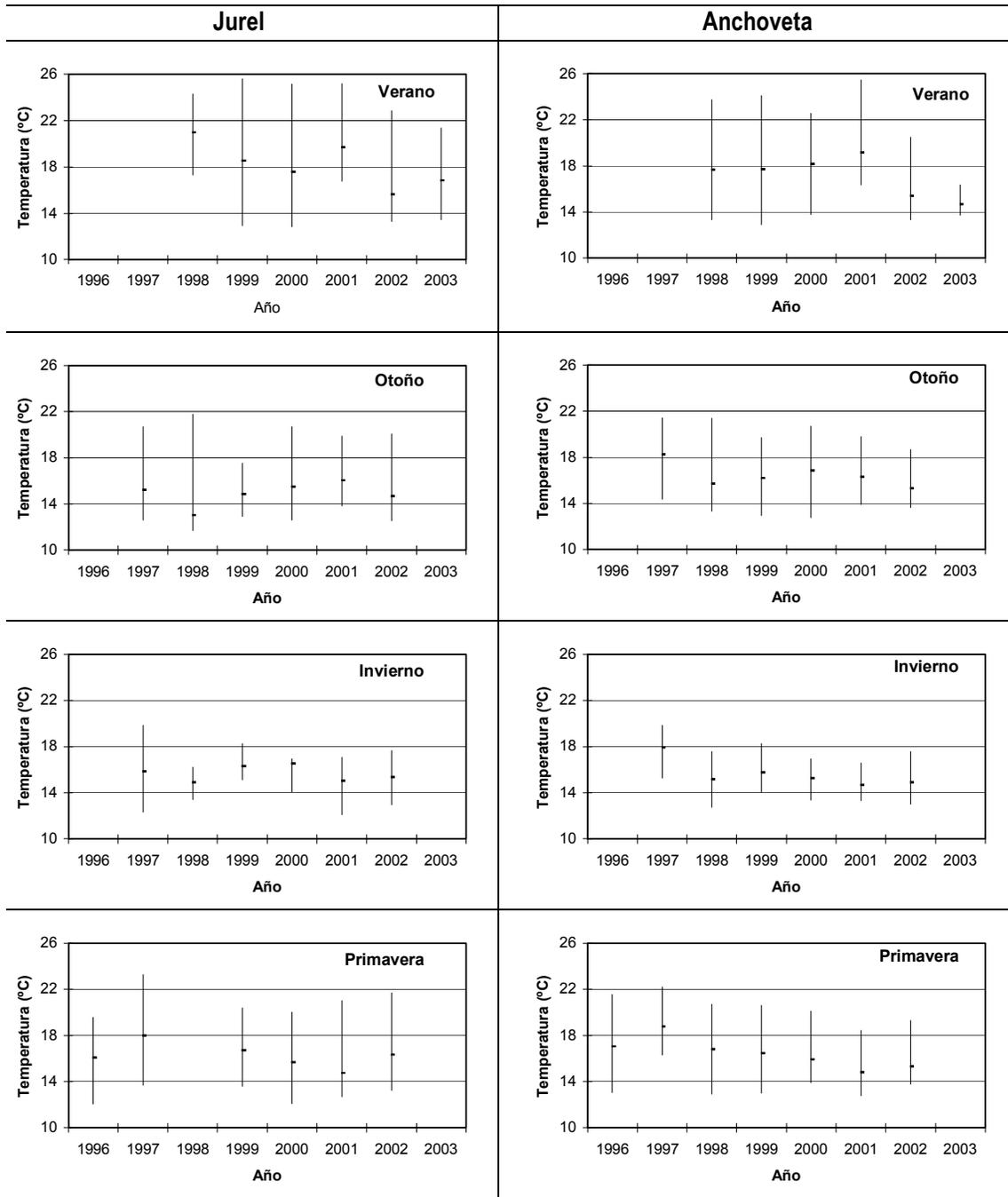


Figura 97. Temperaturas máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta

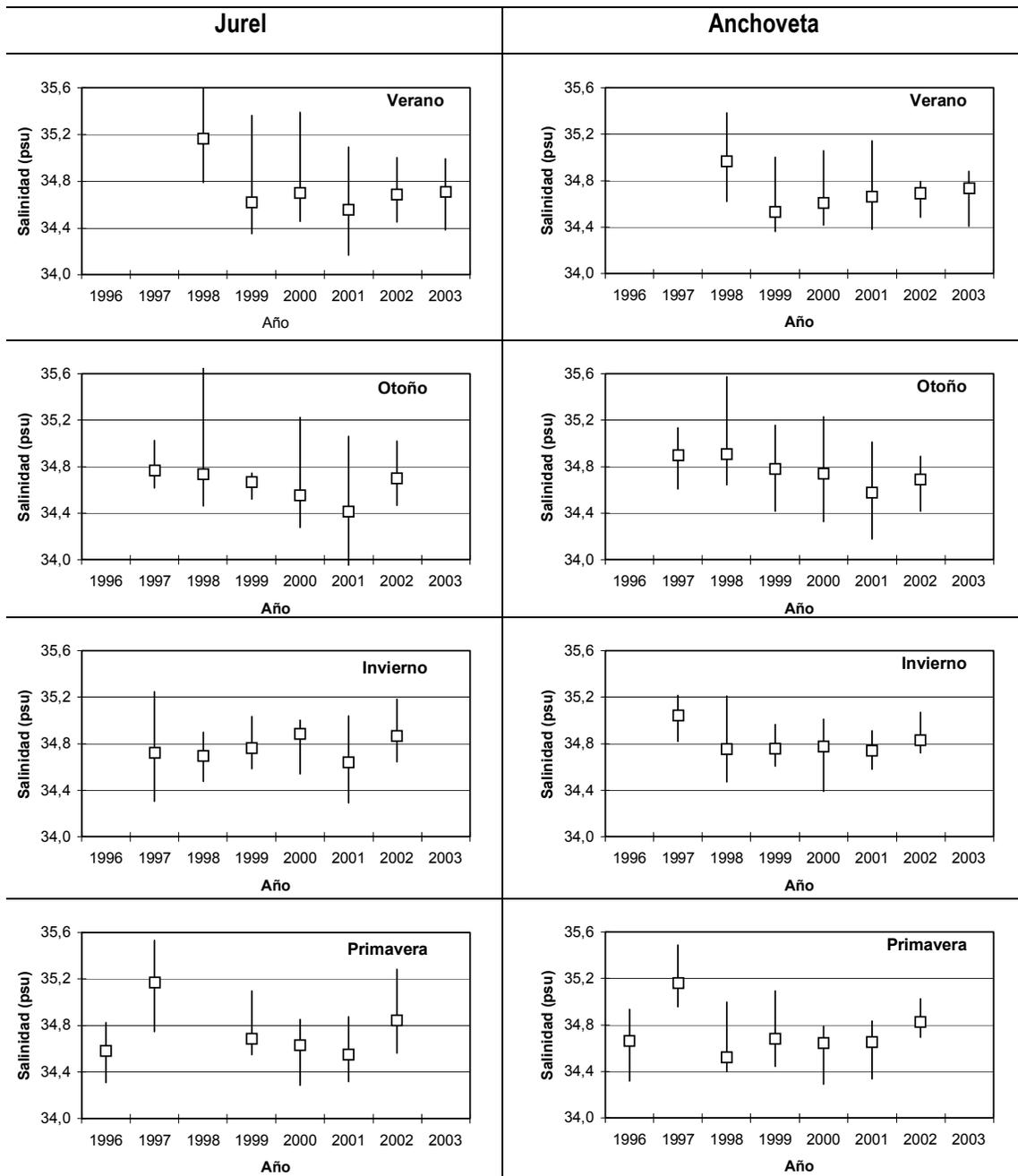


Figura 98. Salinidad (psu) máximas, mínimas y promedio de la distribución vertical de jurel y anchoveta.

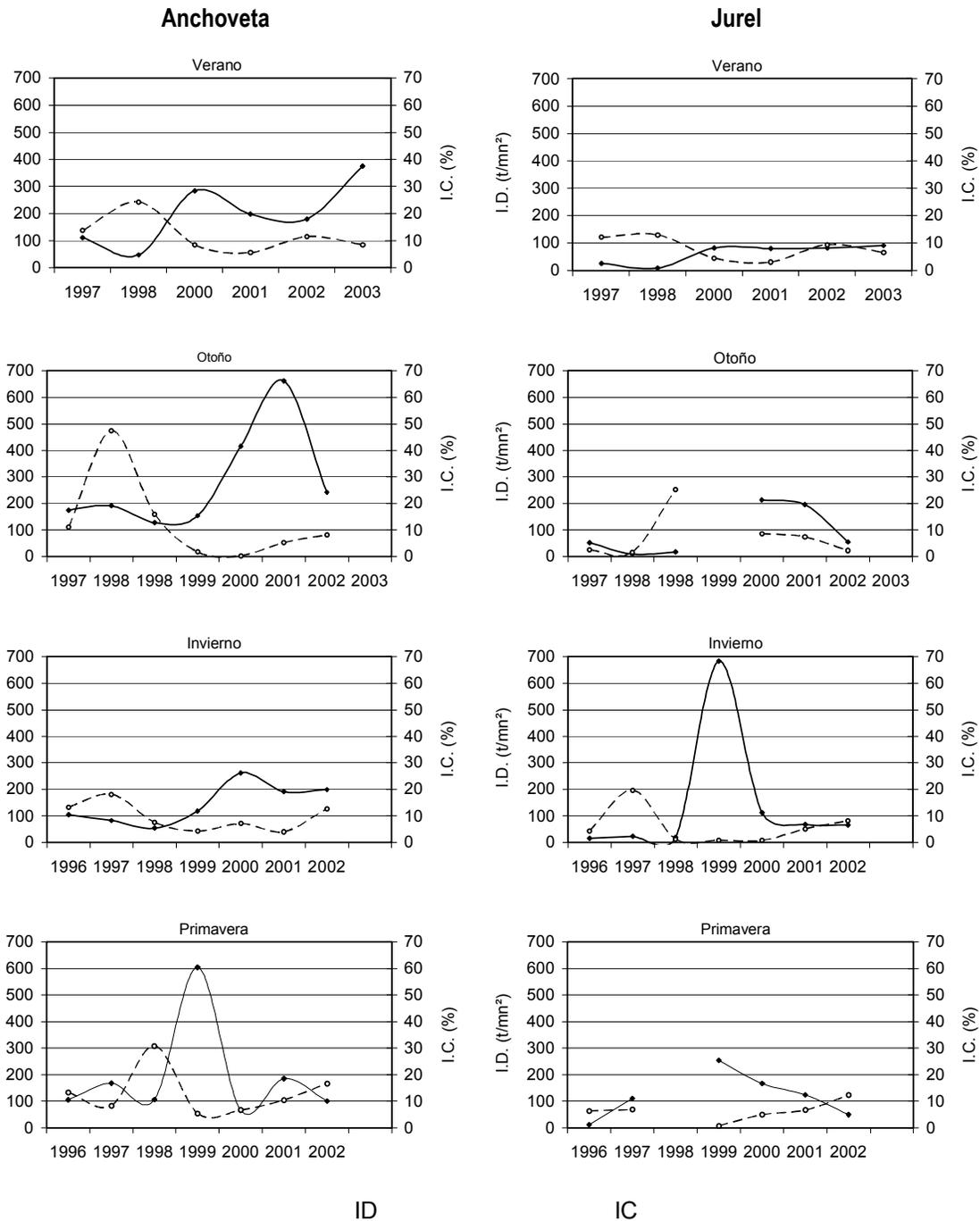


Figura 99. Indices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) estacionales de anchoqueta y jurel, periodo 1996-2002.

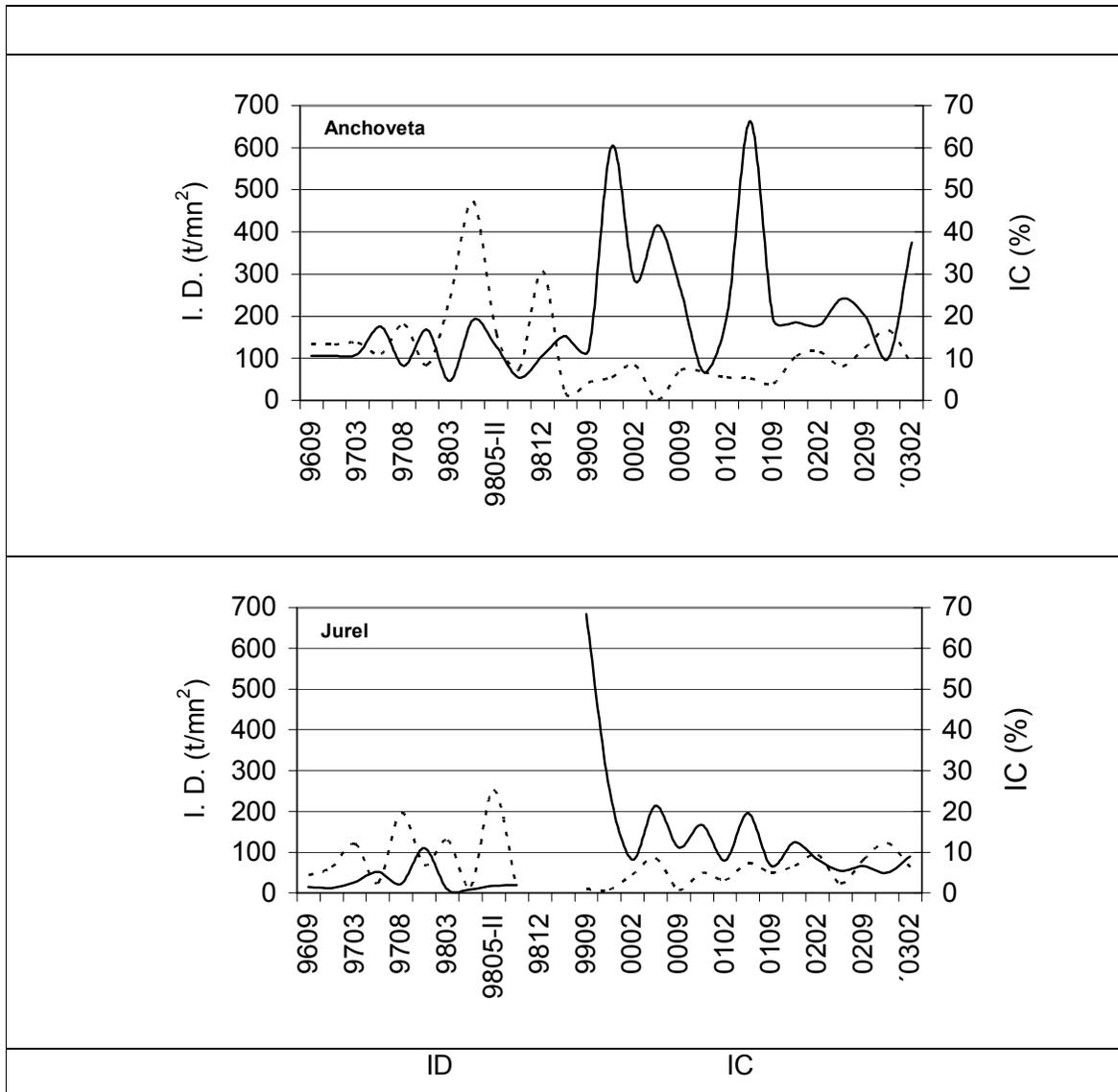


Figura 100. Indices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) secuenciales de anchoveta y jurel, periodo 1996-2003 (verano).

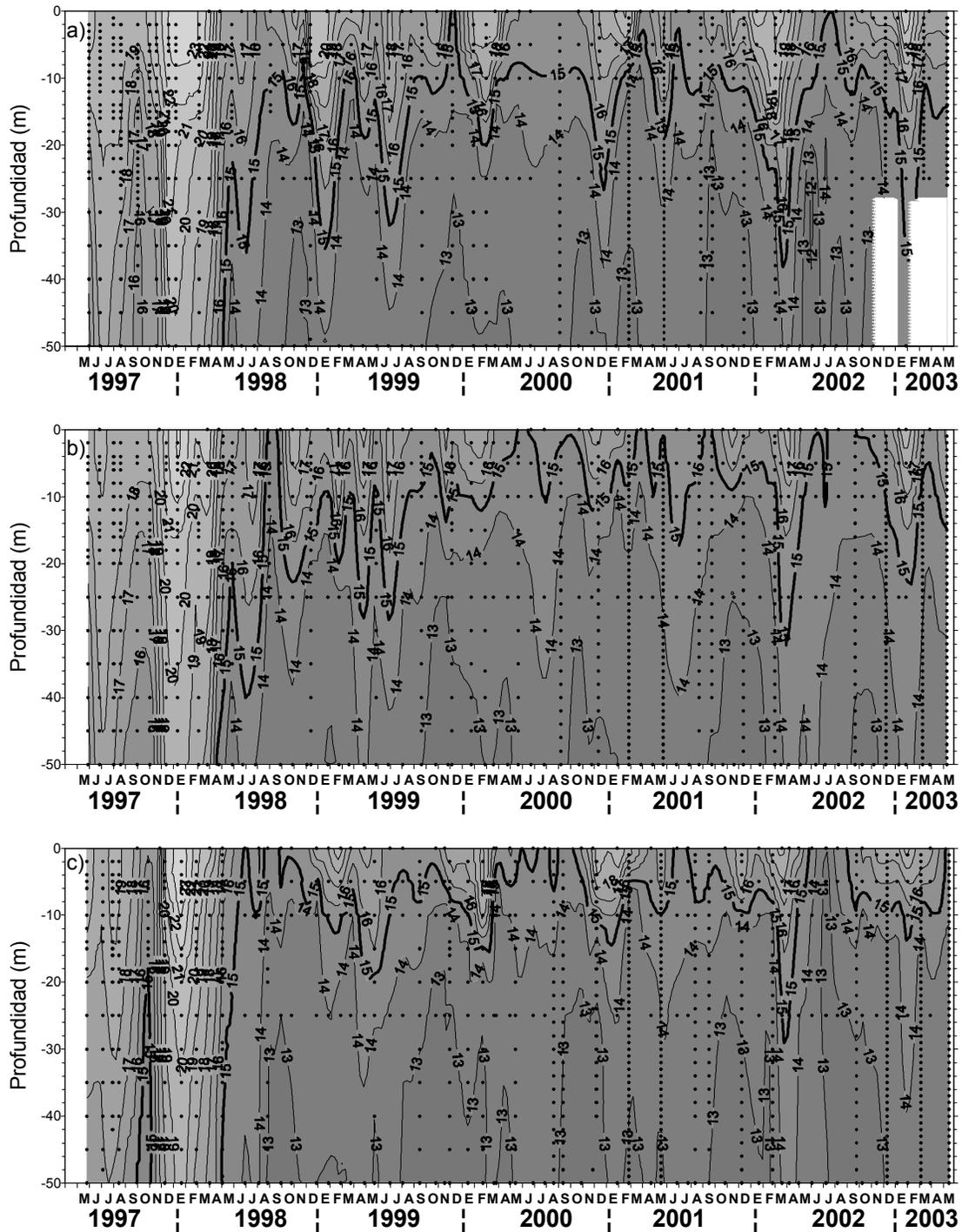


Figura 101. Variabilidad temporal de la distribuci3n de temperatura (°C) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c). Mayo de 1997 a Mayo de 2003.

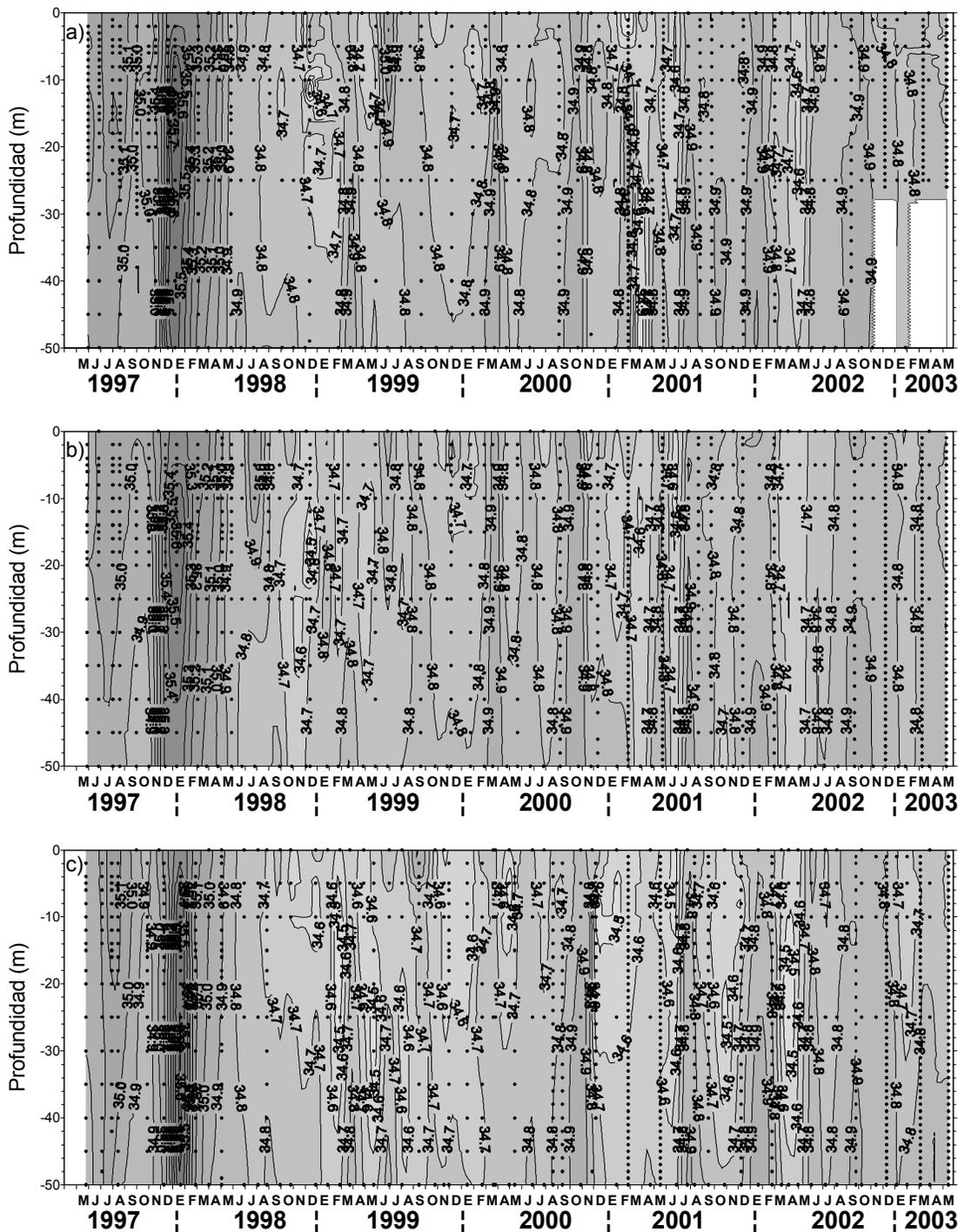


Figura 102. Variabilidad temporal de la distribuci3n de salinidad (psu) en las estaciones fijas de Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c). Mayo de 1997 a Mayo de 2003.

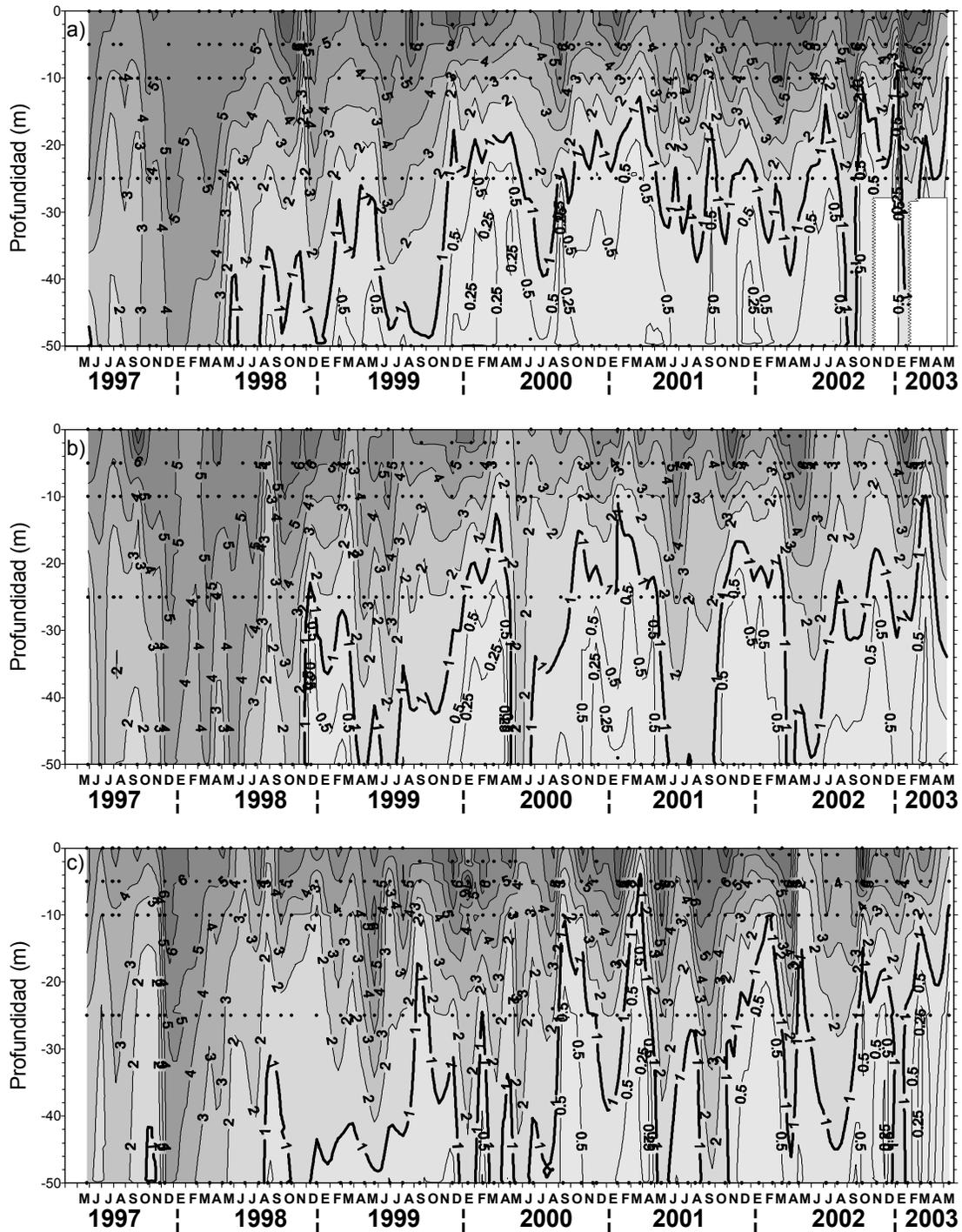


Figura 103. Variabilidad temporal de la distribuci3n temporal del ox3geno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo de 1997 a Mayo de 2003.

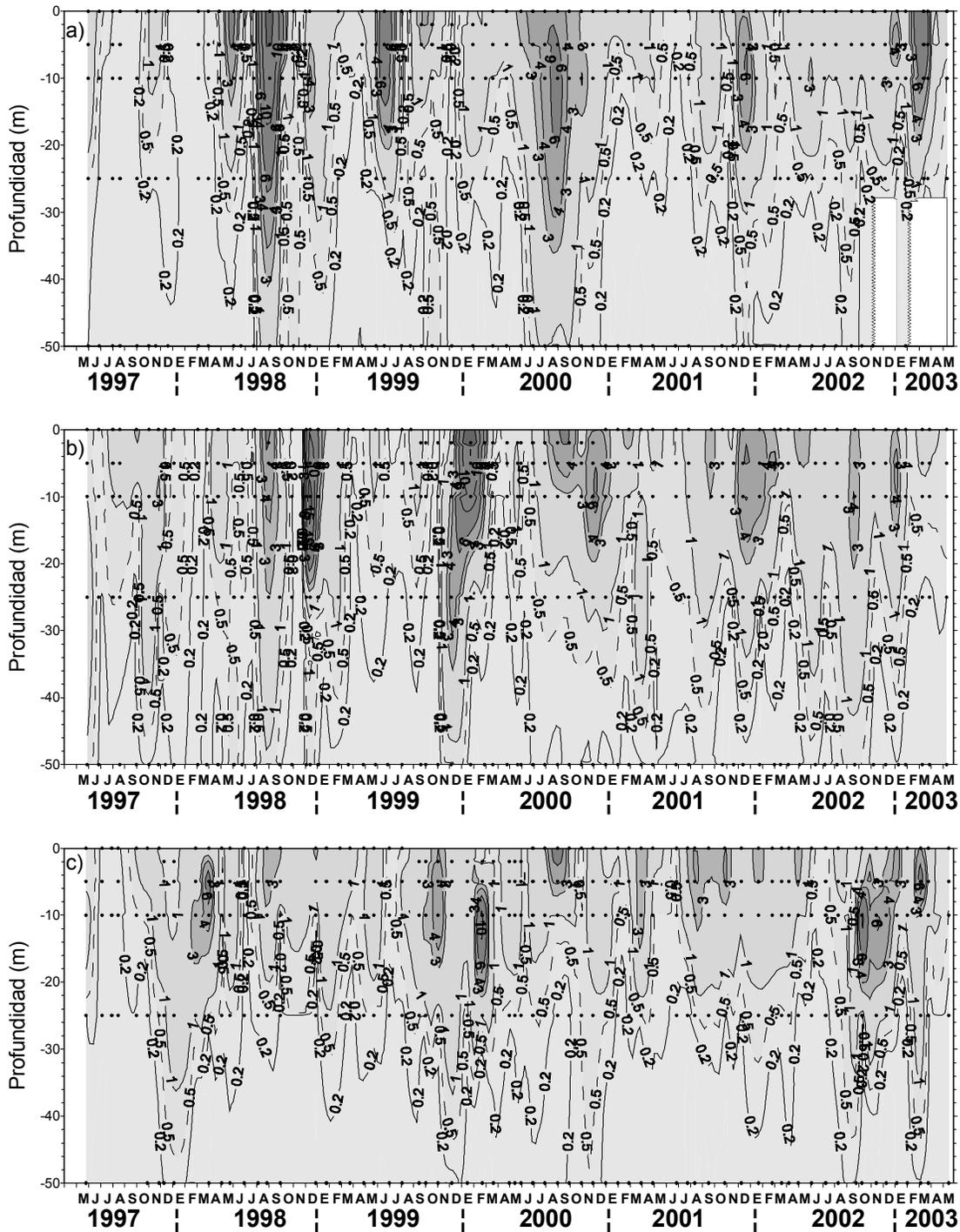


Figura 104. Variabilidad temporal de la distribuci3n de la biomasa fitoplanct3nica estimada como clorofila a ($\mu\text{g/L}$), en las estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo de 1997 a Mayo de 2003.

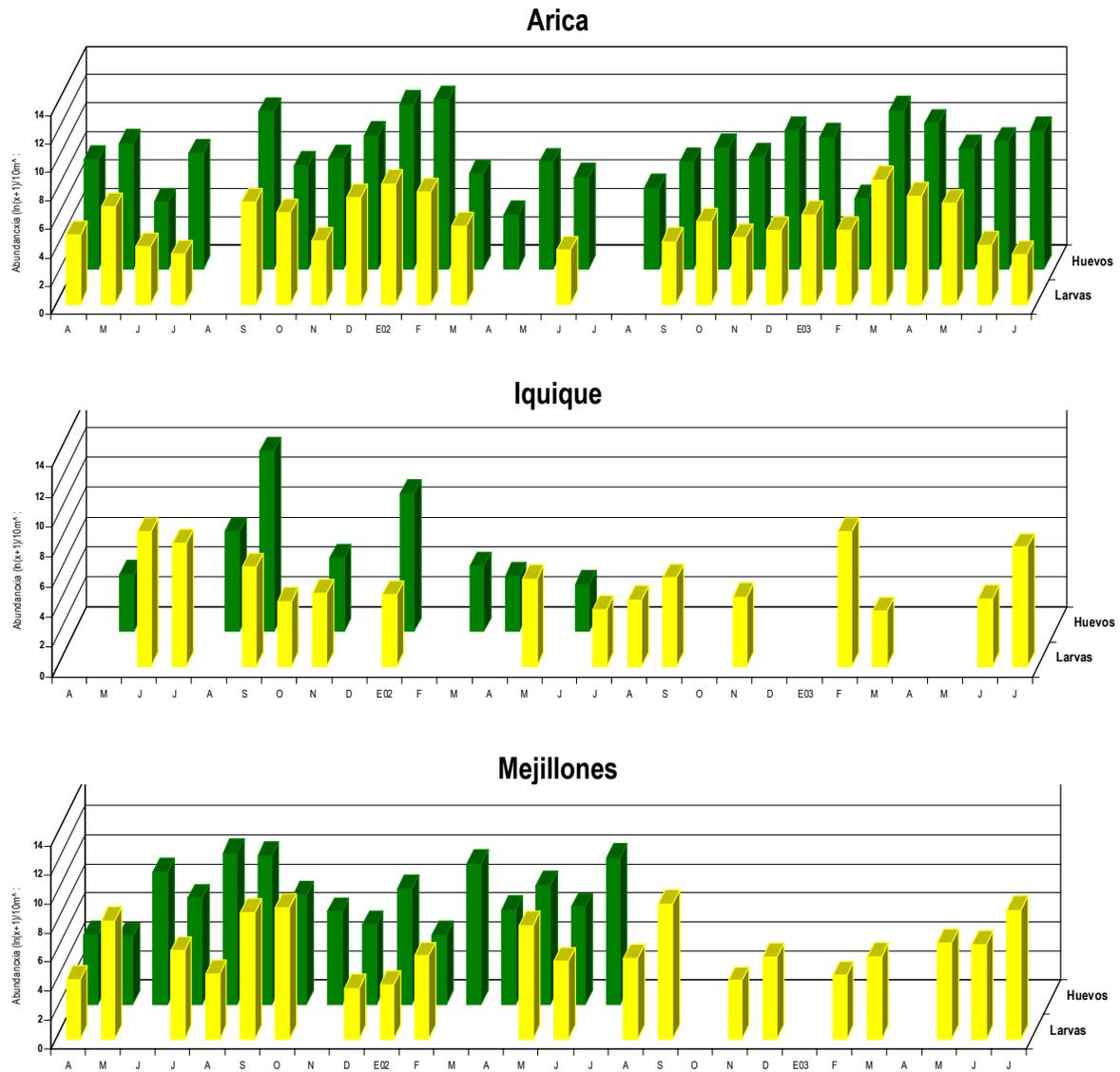


Figura 105. Variabilidad temporal de la distribuci3n y abundancia de huevos y larvas de anchoveta en las estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Abril 2001 - Julio 2003.



Figura 106. Distribuci3n y abundancia estacional de copépodos durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.

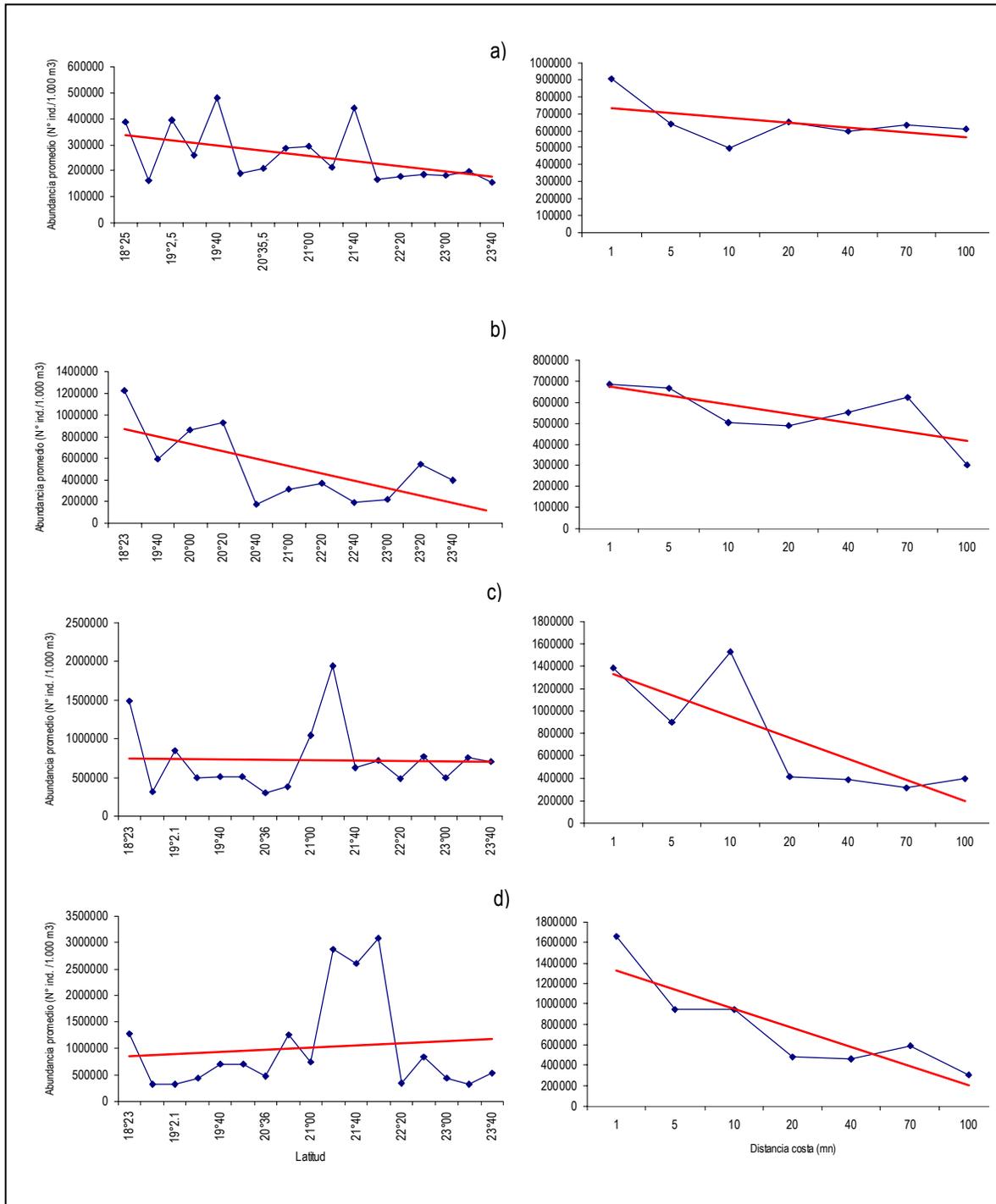


Figura 107. Variaci3n estacional de la distribuci3n y abundancia de copépodos v/s la latitud y distancia de la costa durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.



Figura 108. Distribuci3n y abundancia estacional de quetognatos durante los per3odos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.

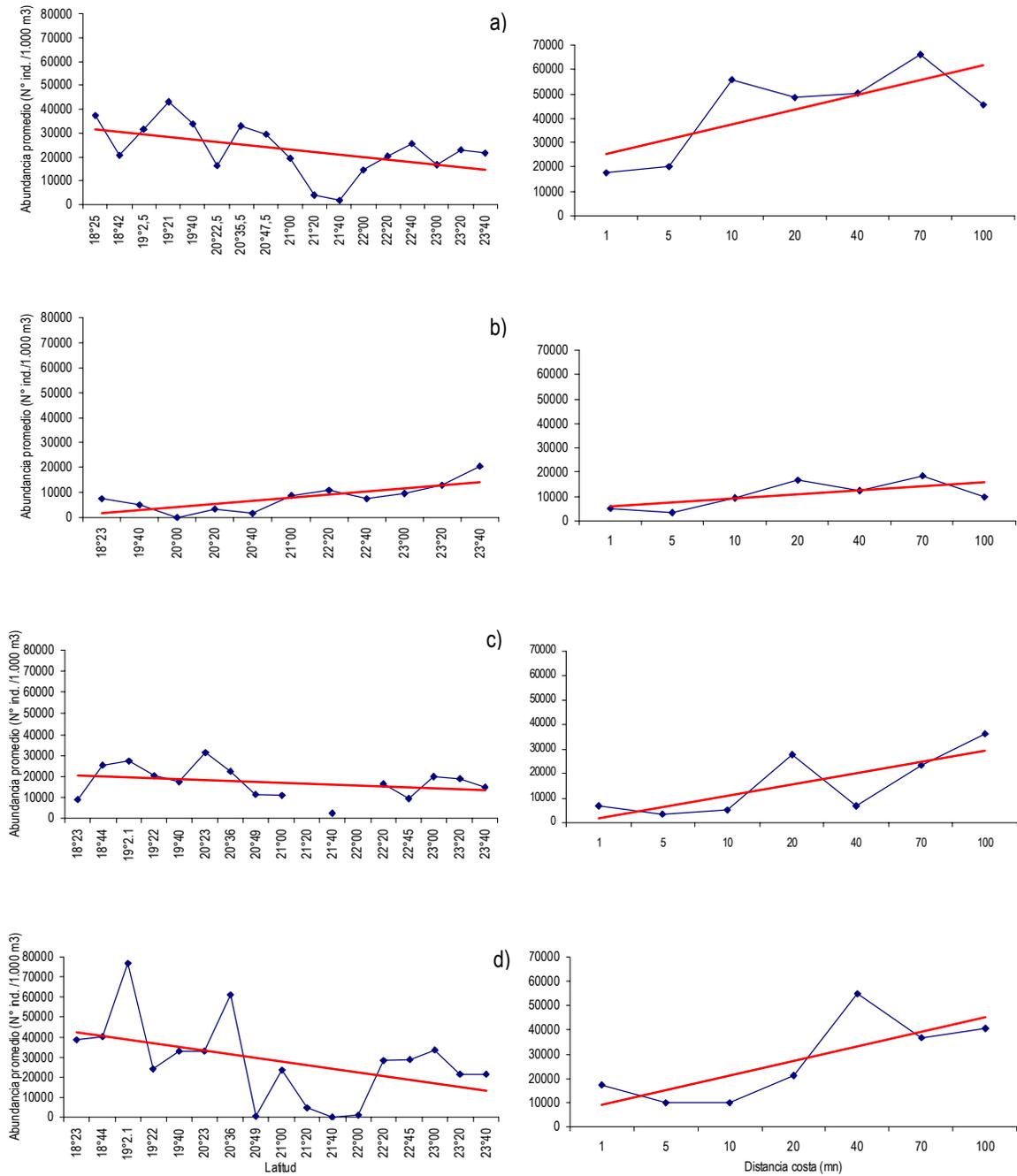


Figura 109. Variaci3n estacional de la distribuci3n y abundancia de quetognatos v/s la latitud y distancia de la costa durante los periodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.

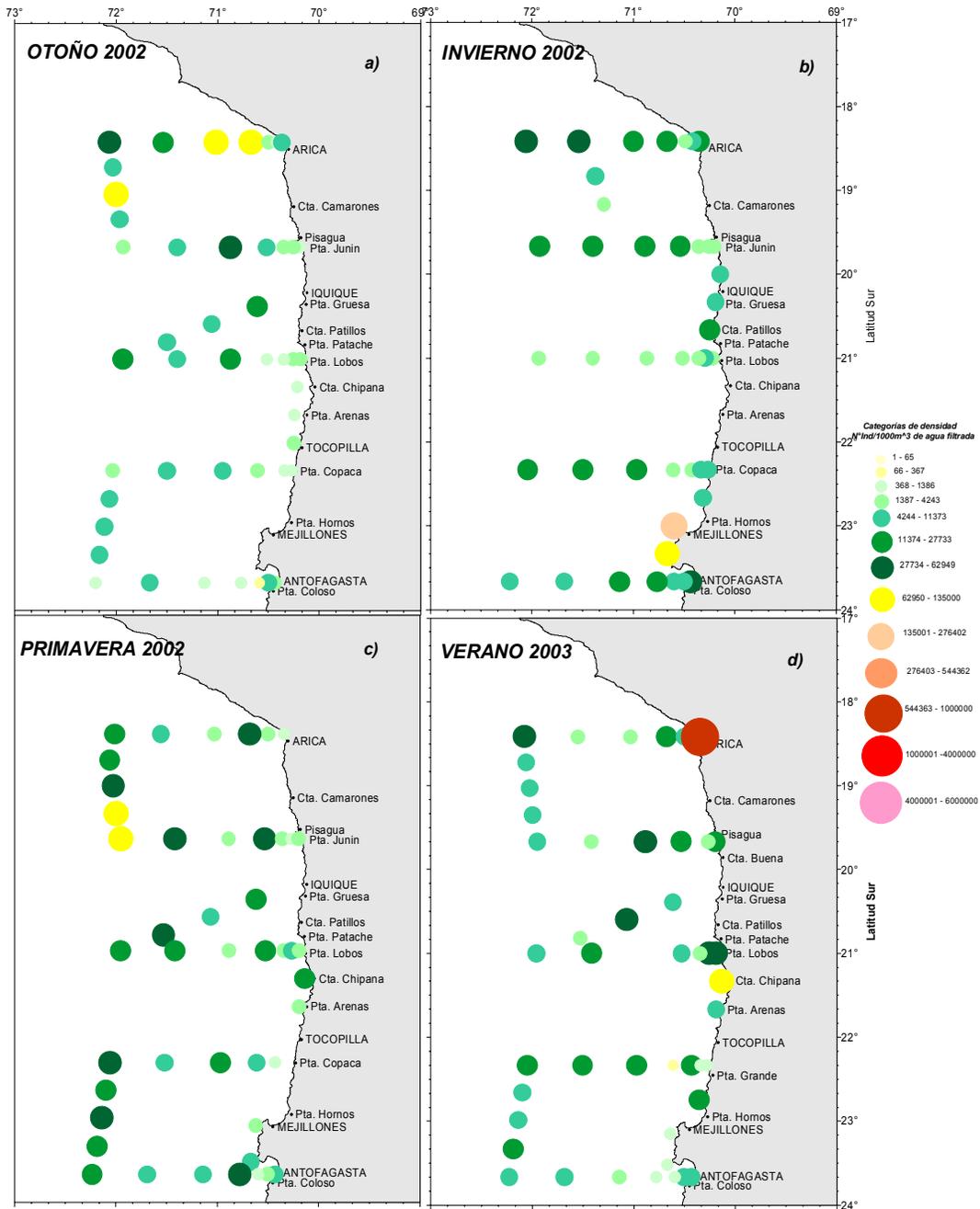


Figura 110. Distribuci3n y abundancia estacional de apendicularias durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.

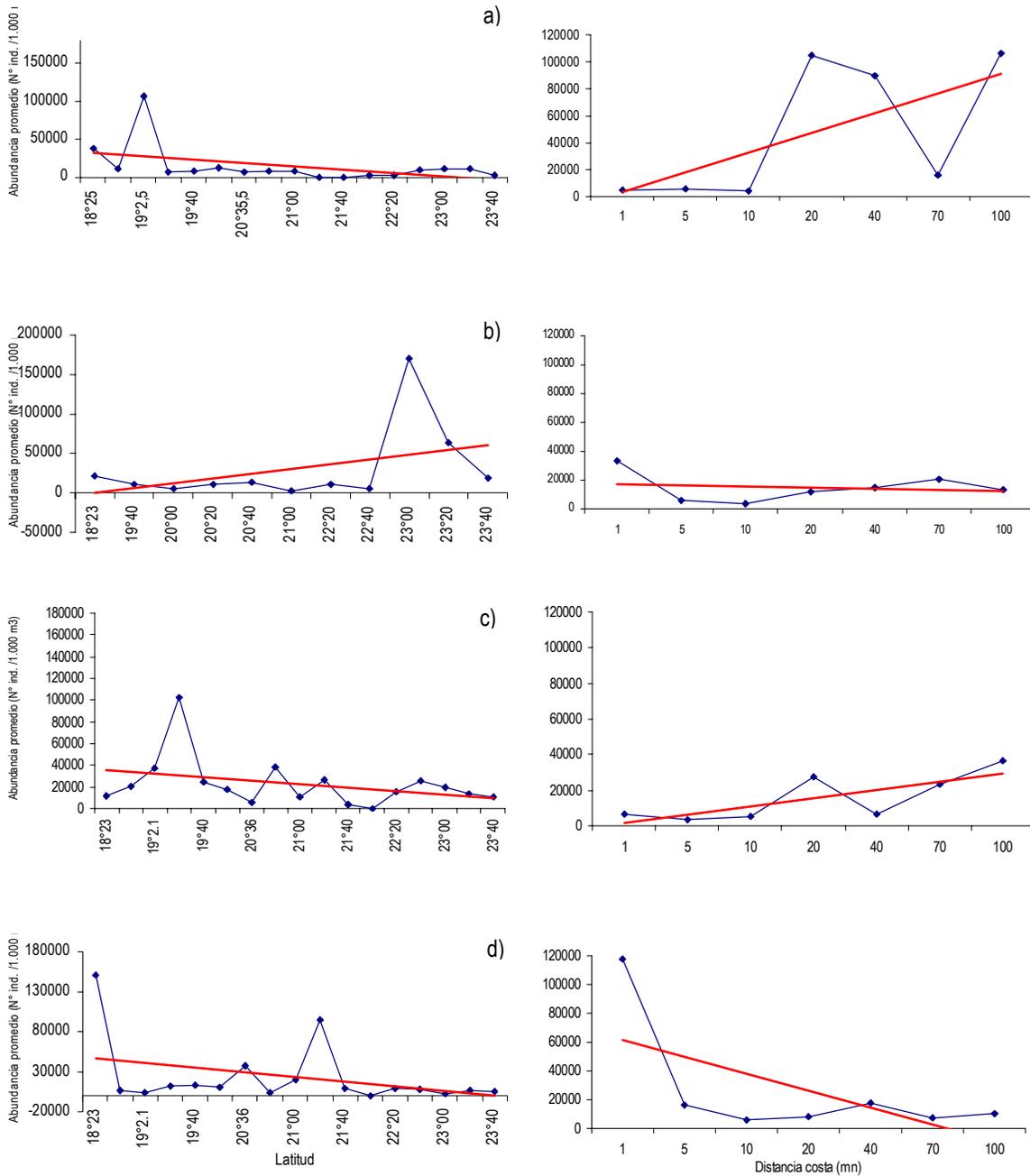


Figura 111. Variaci3n estacional de la distribuci3n y abundancia de apendicularias v/s la latitud y distancia de la costa durante los per3odos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.



Figura 112. Distribuci3n y abundancia estacional de eufáusidos durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.

Figura 112. Distribuci3n y abundancia estacional de eufáusidos durante los períodos de a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.

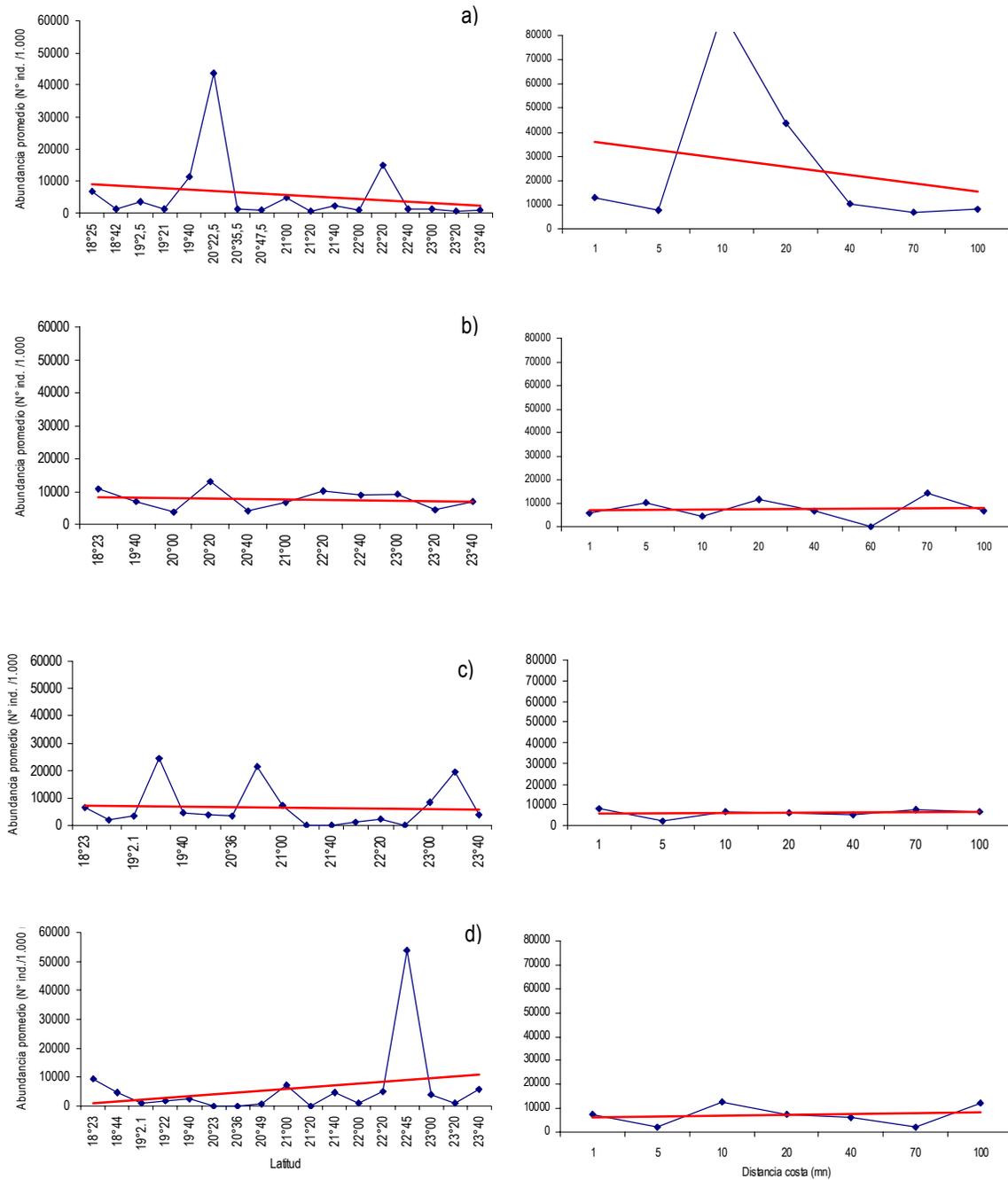


Figura 113. Variaci3n estacional de la distribuci3n y abundancia de euf3sidos v/s la latitud y distancia de la costa durante los per3odos de a) oto5o 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.

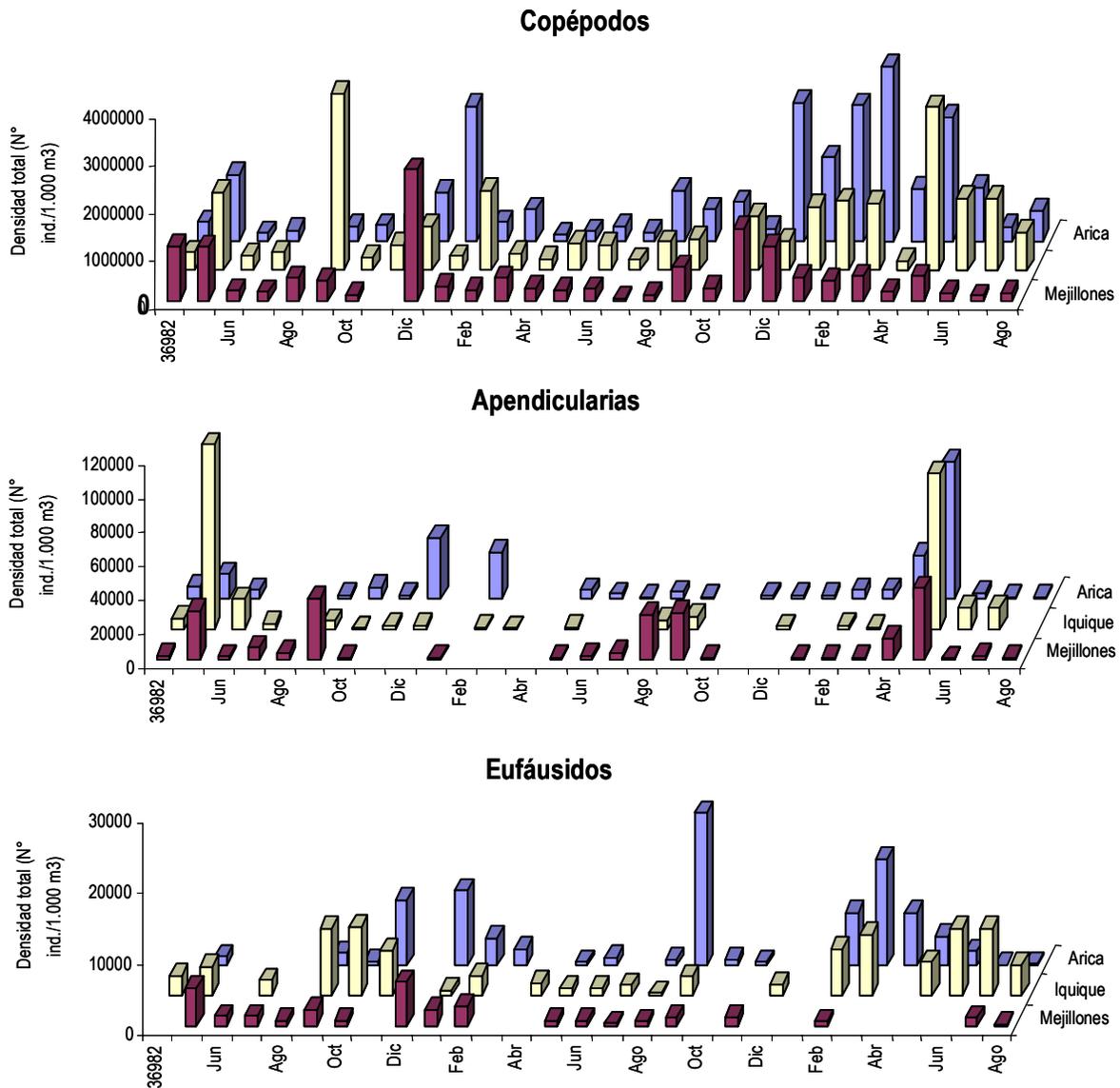


Figura 114. Distribuci3n y abundancia temporal de los principales grupos zooplanct3nicos presentes en las estaciones fijas de monitoreo. Abril 2001 - Julio 2003.

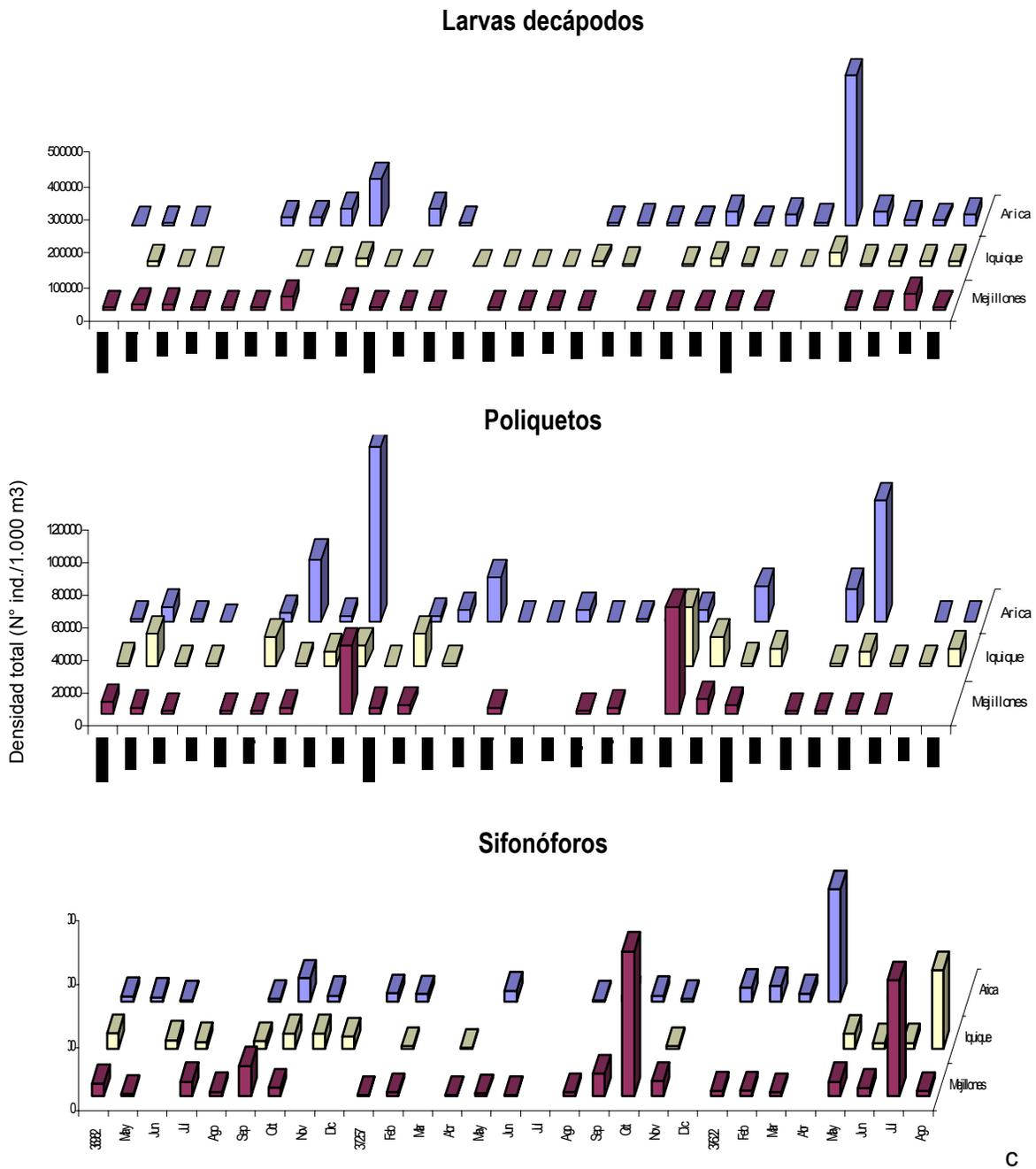


Figura 115. Distribuci3n y abundancia temporal de los principales grupos zooplanct3nicos presentes en las estaciones fijas de monitoreo. Abril 2001 - Julio 2003.

C

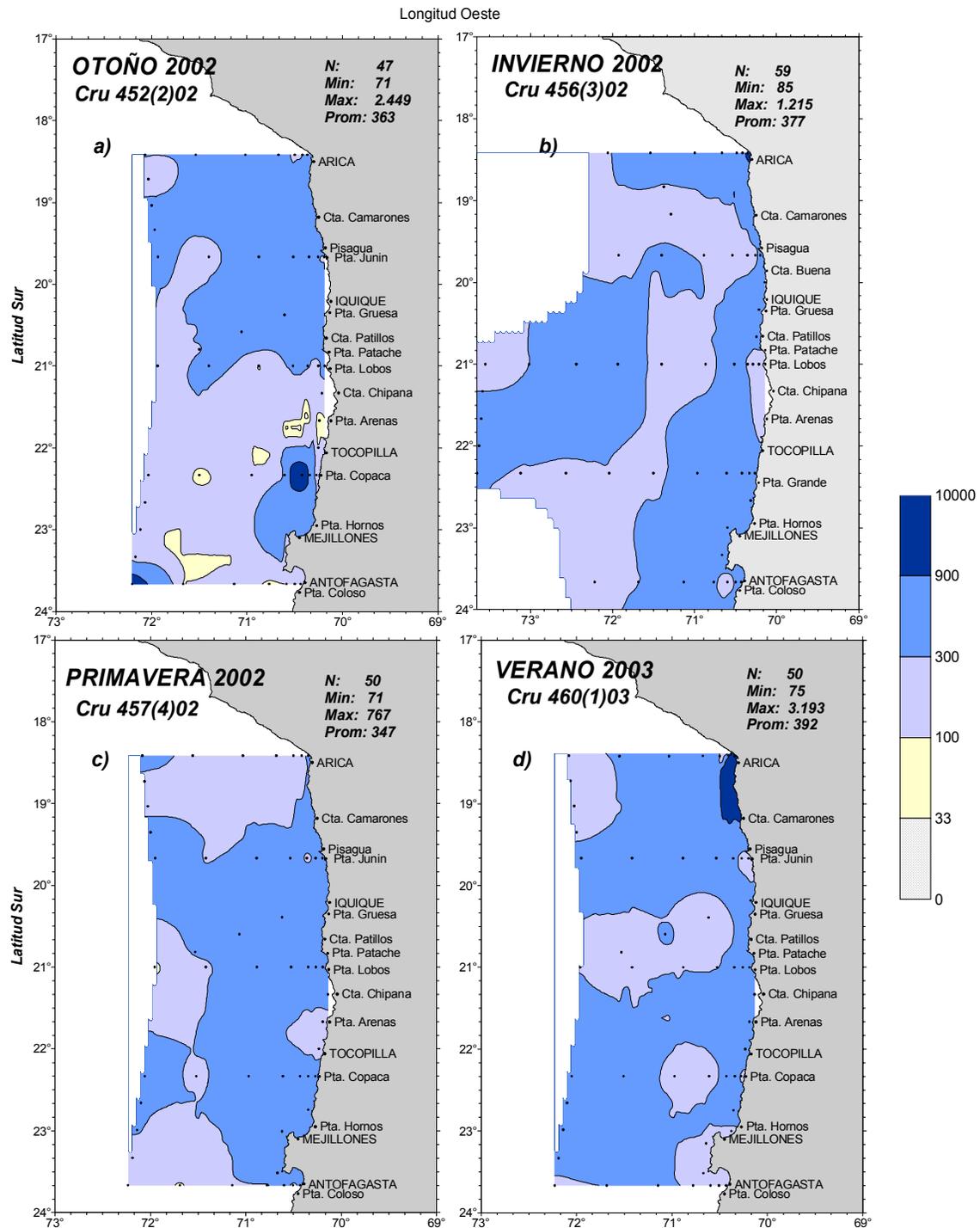


Figura 116. Distribuci3n y abundancia estacional de la biomasa zooplanct3nica (ml de zooplancton/1.000 m³ de agua filtrada). Cruceros de a) otoño, b) invierno, c) primavera de 2002 y d) verano de 2003

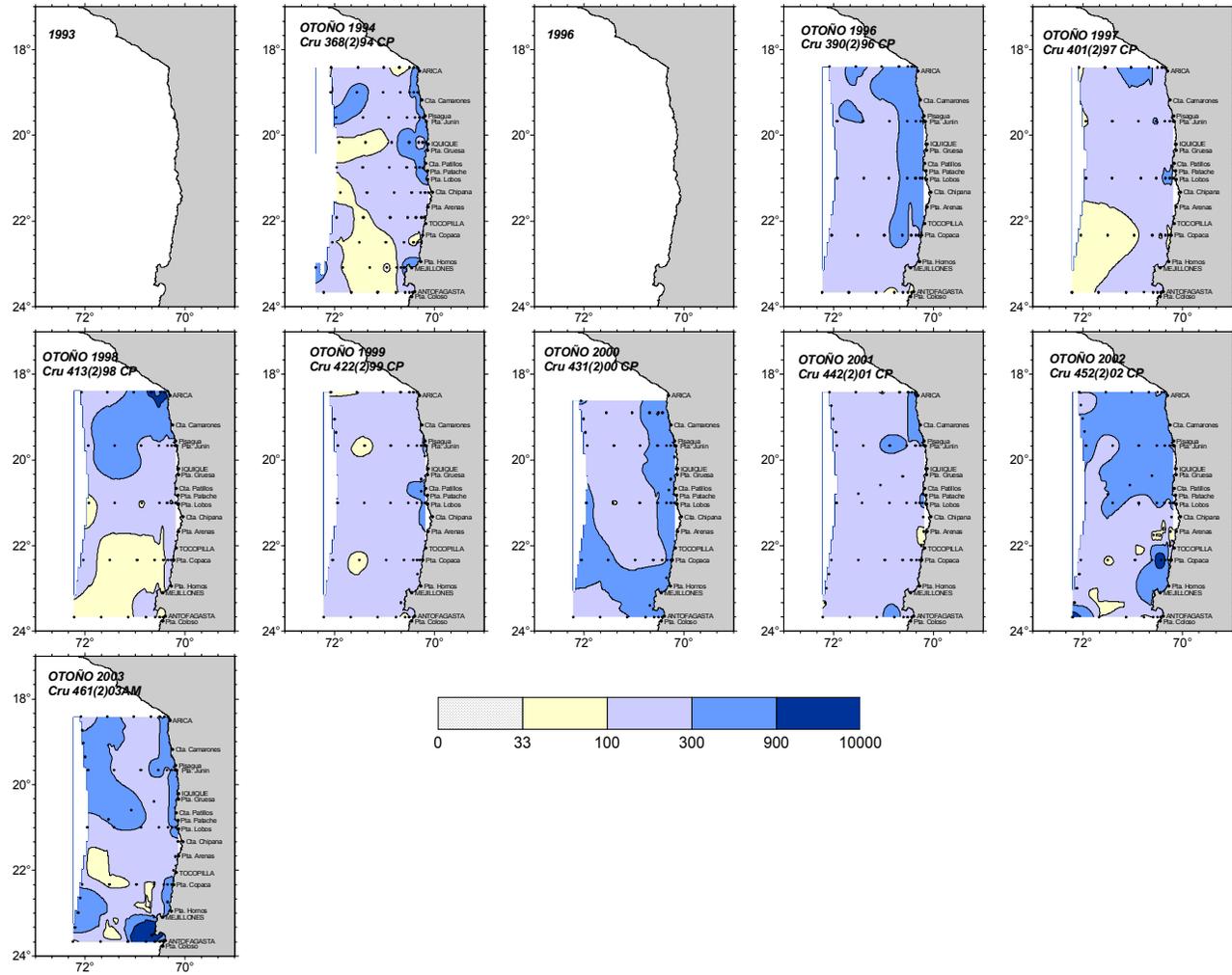


Figura 117. Distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica. Cruceros de otoño, periodo 1993 – 2003.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N DE INVESTIGACI3N PESQUERA

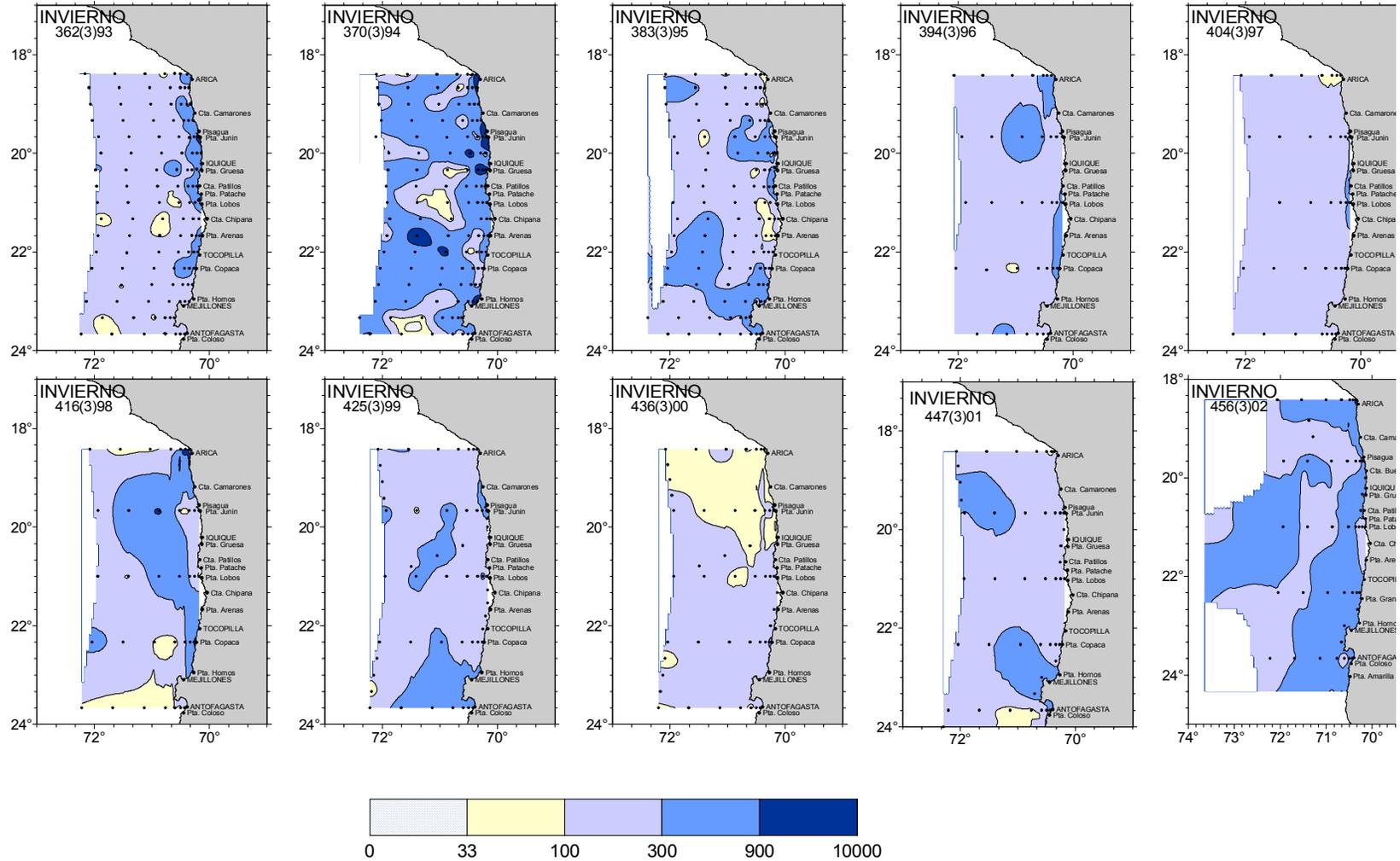


Figura 118. Distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica. Cruceos de invierno, periodo 1993 – 2002.

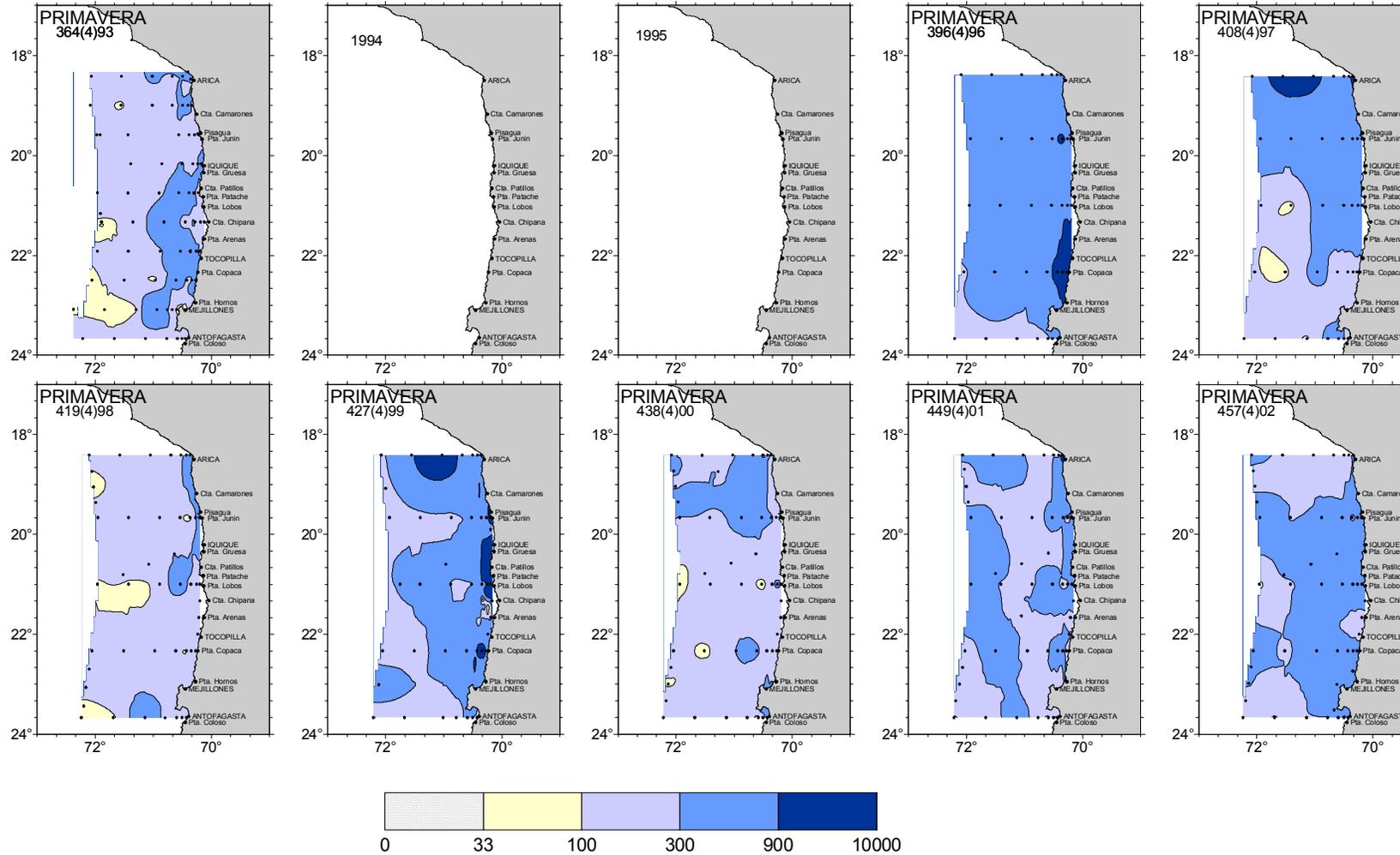


Figura 119. Distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica. Cruceos de primavera, per3odo 1993 – 2002.

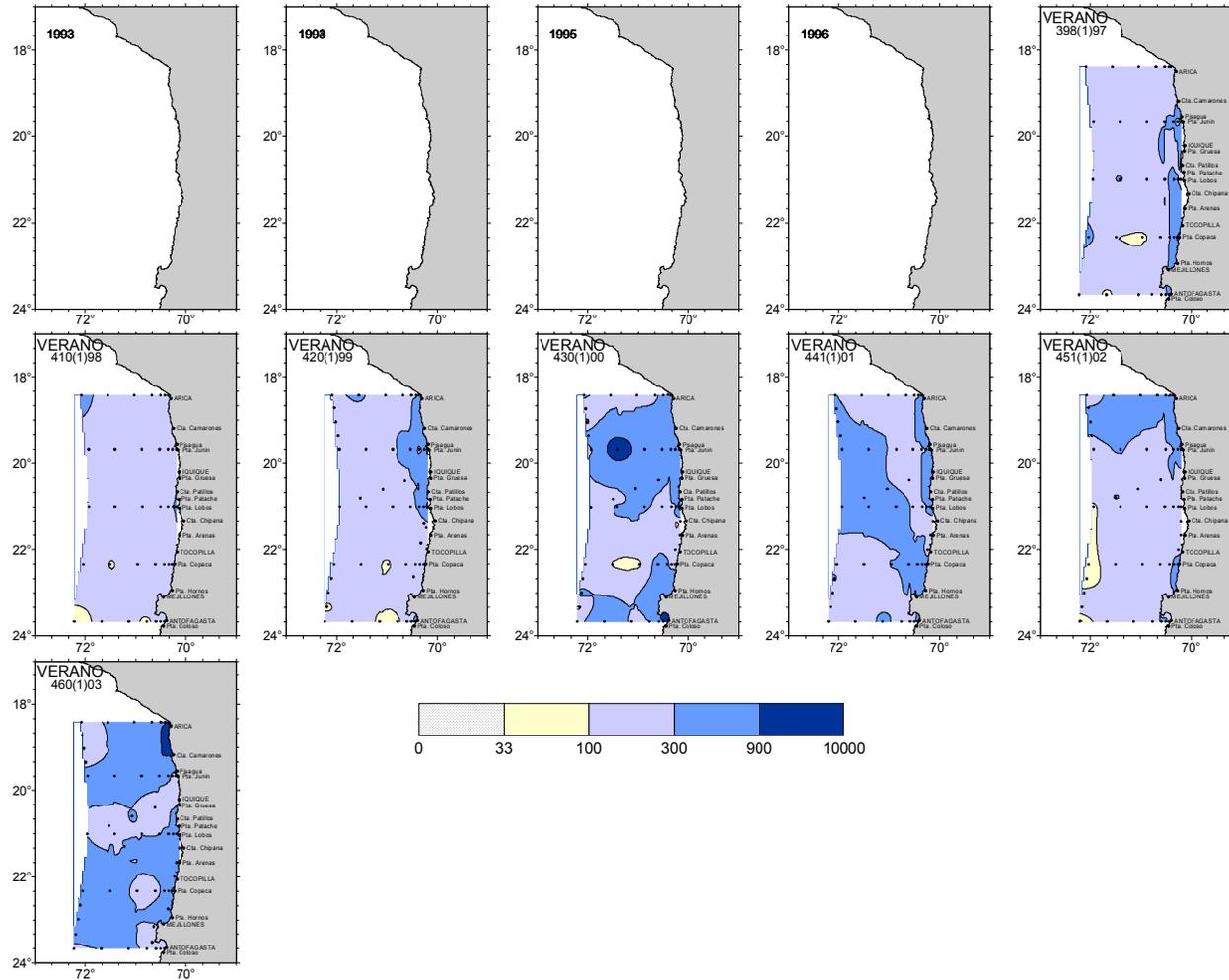


Figura 120. Distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica. Cruceros de verano, per3odo 1993 – 2002.

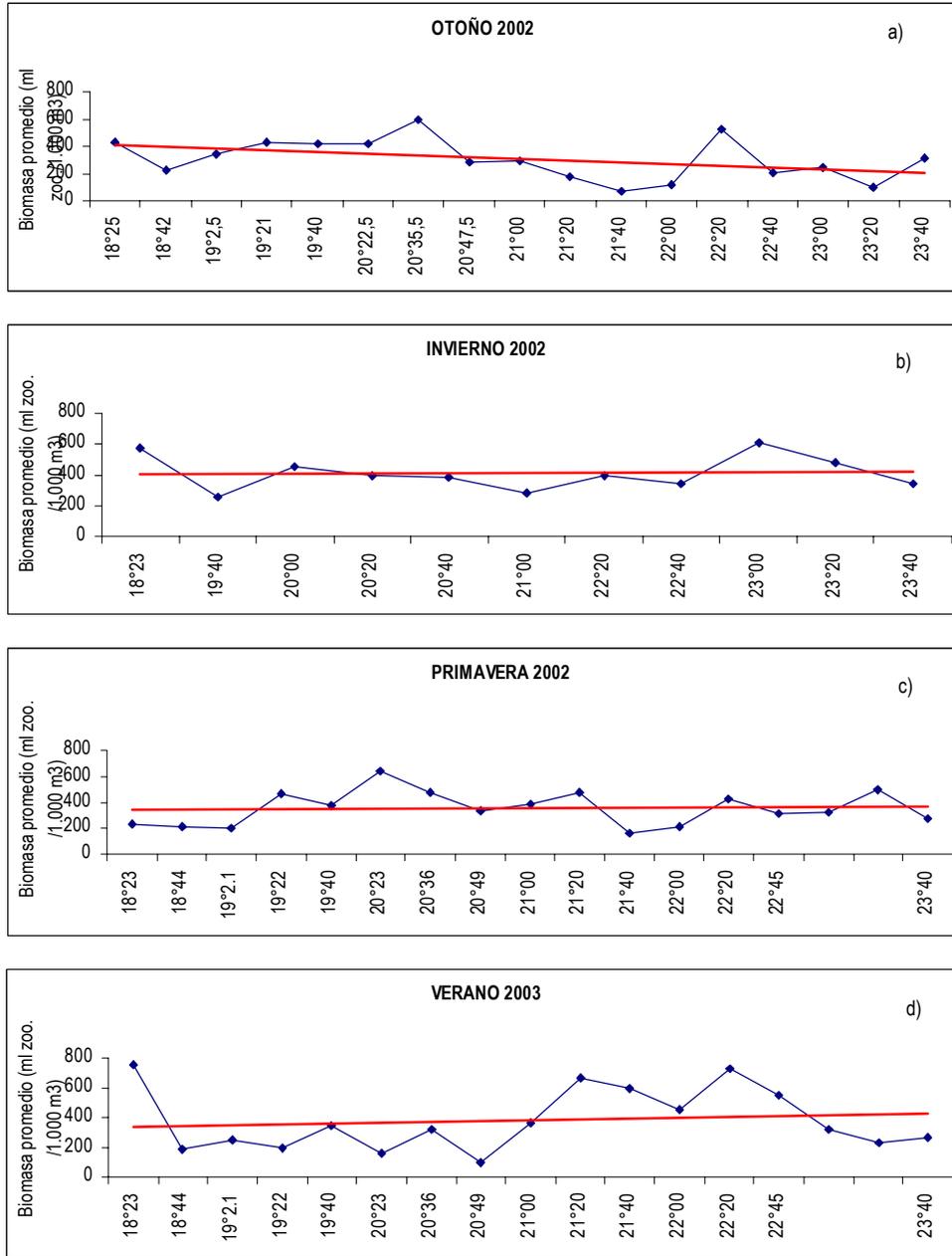


Figura 121. Distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica promedio v/s la latitud en a) otoño 2002, b) invierno 2002, c) primavera 2002 y d) verano 2003.

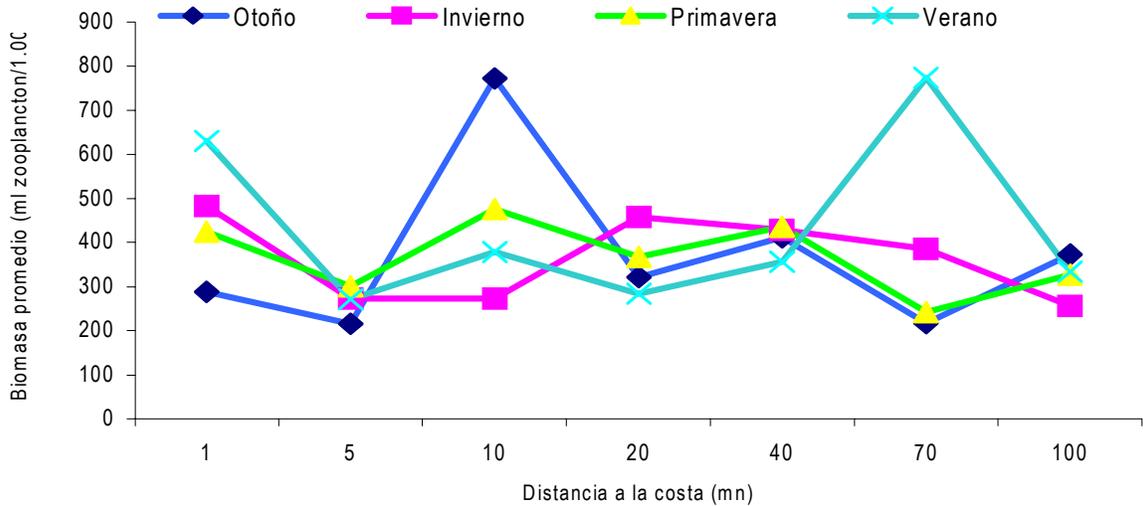


Figura 122. Distribuci3n y abundancia de la biomasa zooplanct3nica promedio v/s la distancia a la costa, durante los periodos estacionales de otoño, invierno y primavera de 2002 y verano de 2003.

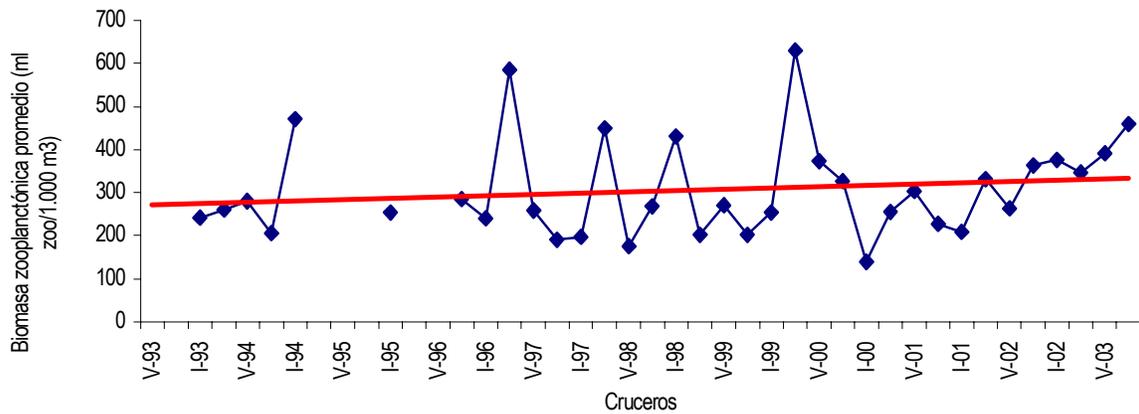


Figura 123. Biomasa zooplanct3nica promedio obtenida durante los periodos estacionales de otoño, invierno, primavera y verano, entre los años 1993 - 2003.

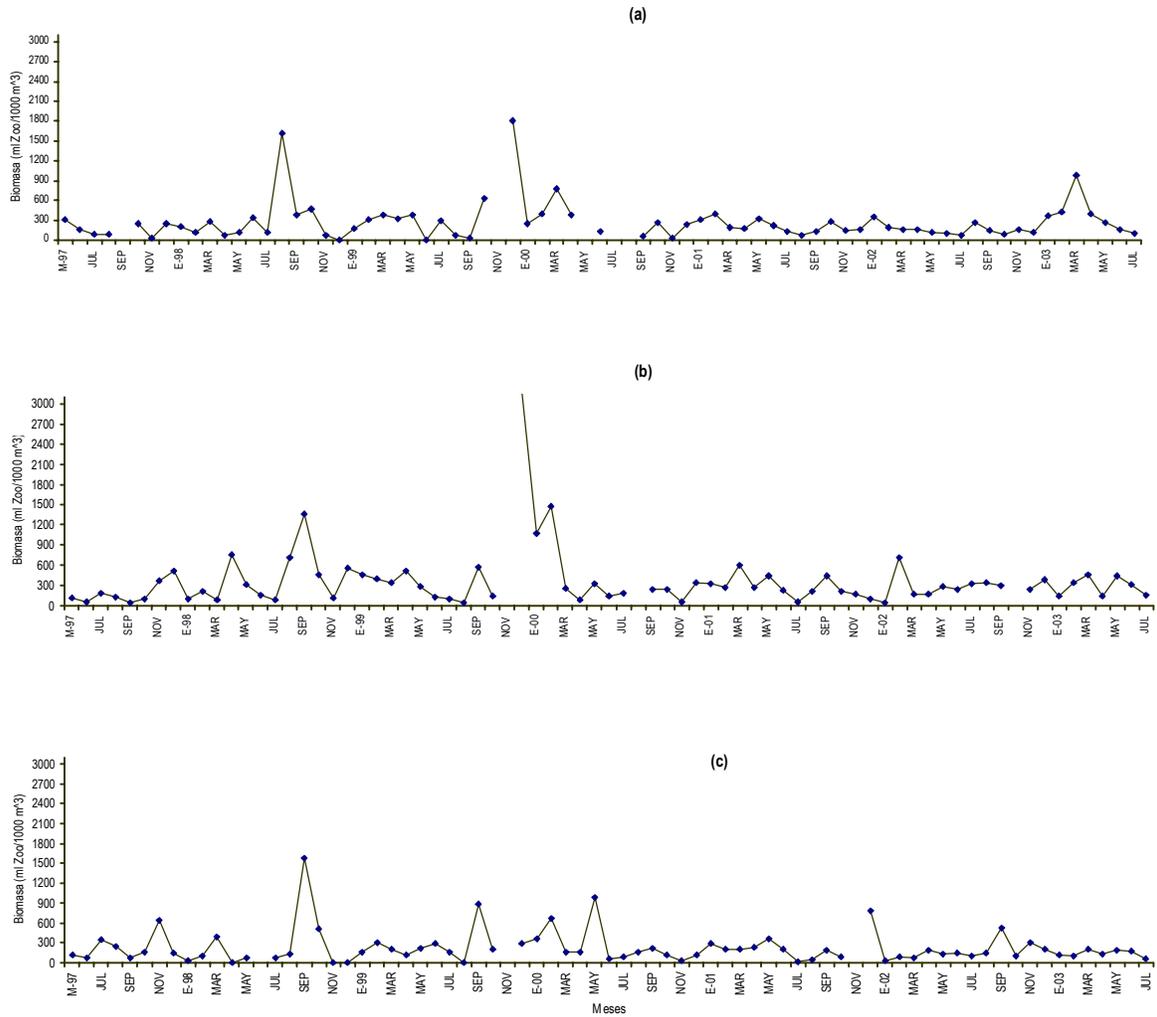


Figura 124. Distribuci3n y abundancia temporal de la biomasa zooplanct3nica en las estaciones costeras de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones, Mayo 1997 - Julio 2003.

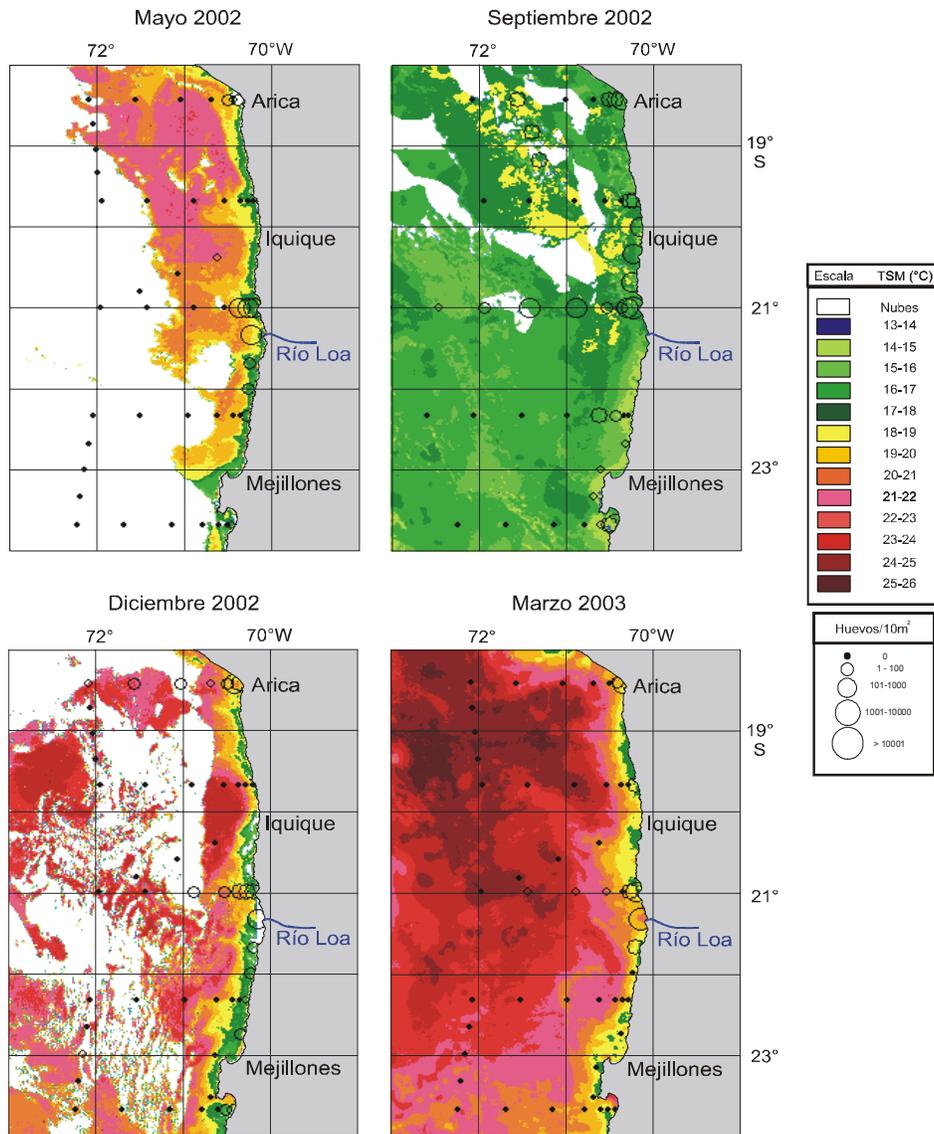


Figura 125. Distribuci3n espacial de la TSM satelital y de los huevos de anchoveta en la zona norte de Chile.

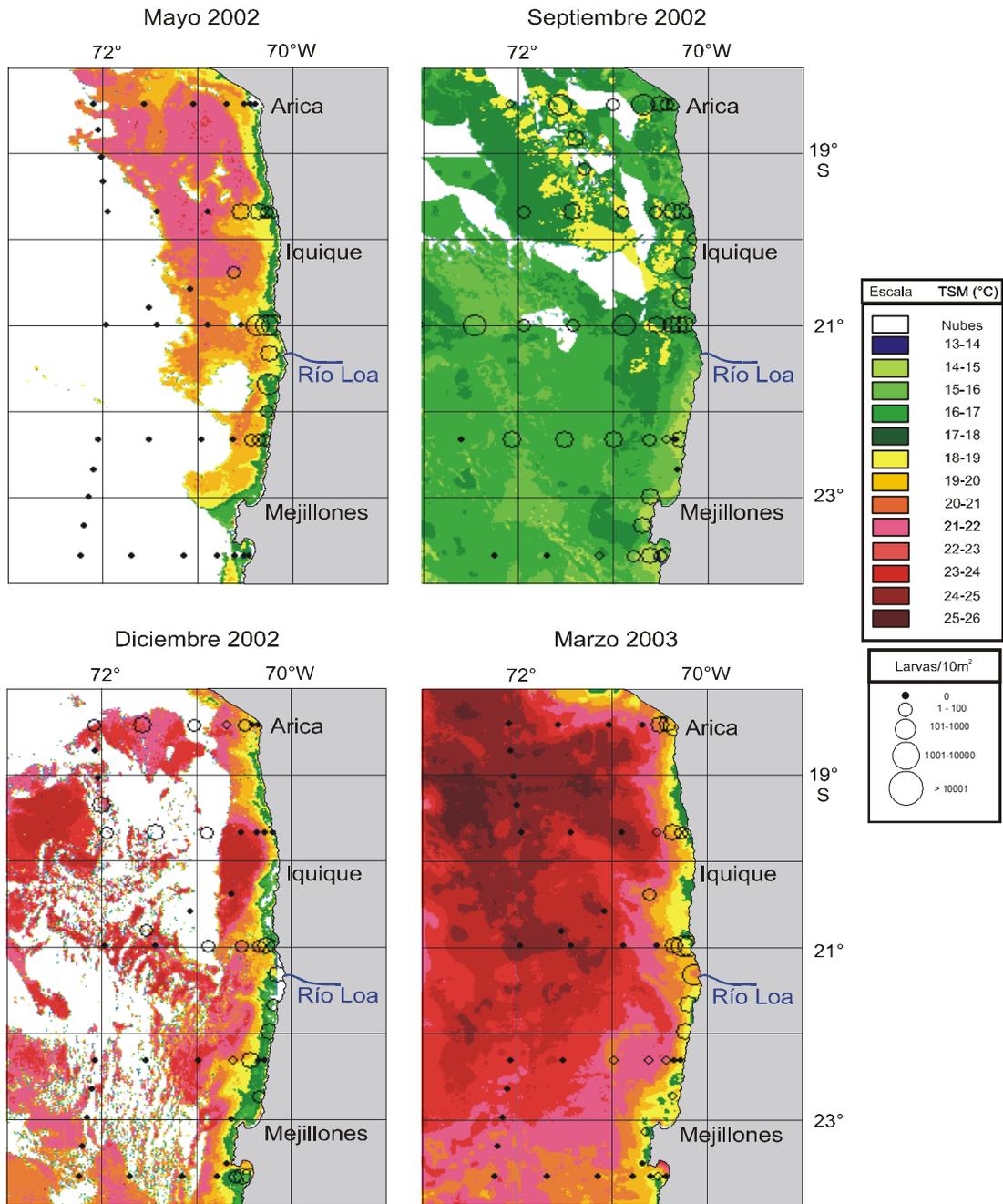


Figura 126. Distribuci3n espacial de la TSM satelital y de las larvas de anchoveta en la zona norte de Chile.

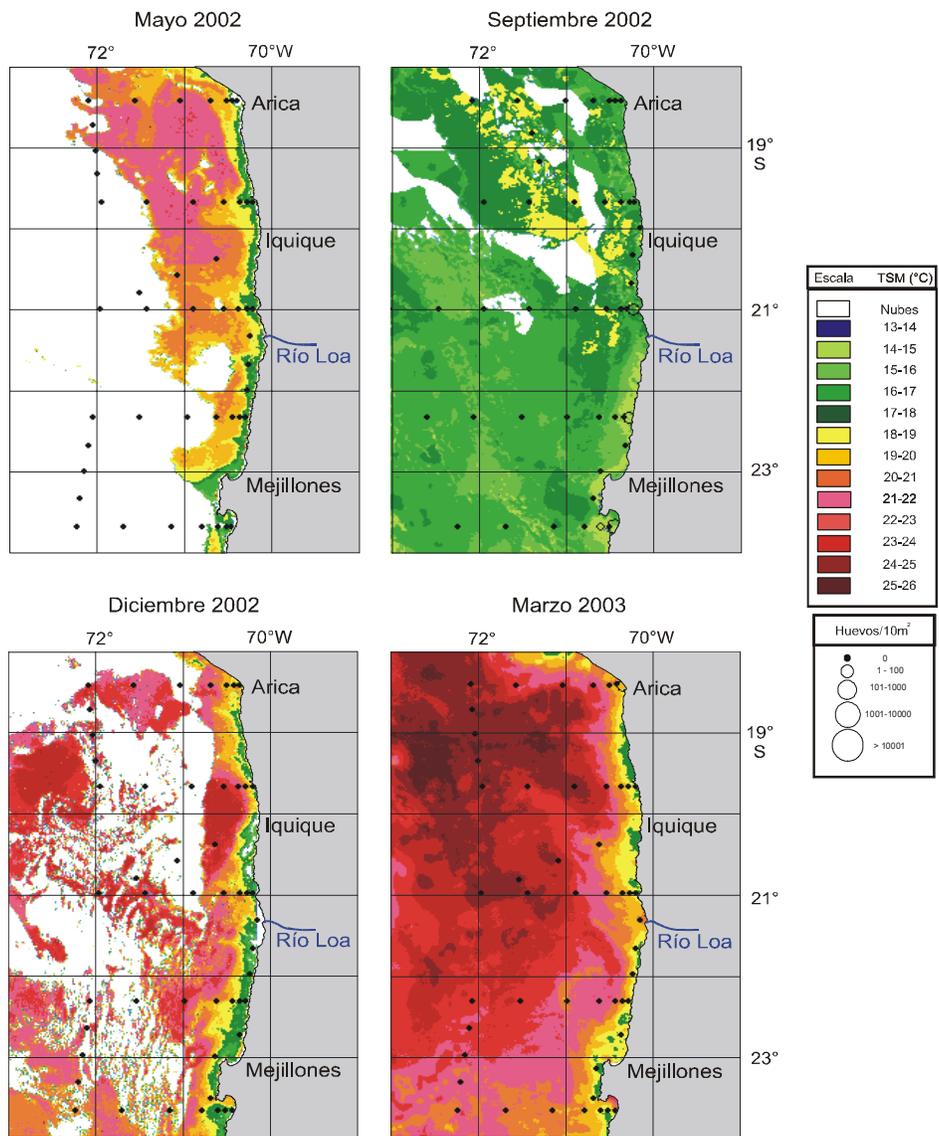


Figura 127. Distribuci3n espacial de la TSM satelital y de los huevos de sardina en la zona norte de Chile.

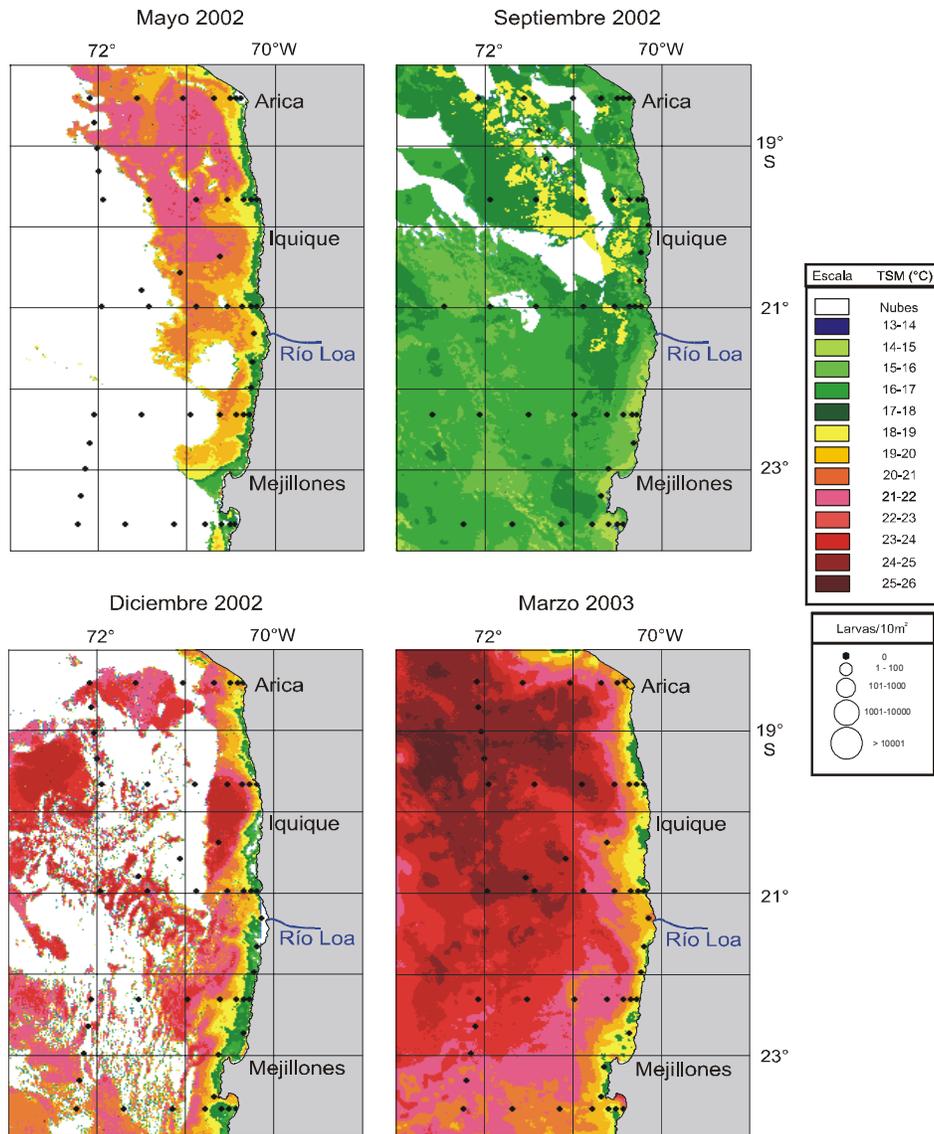
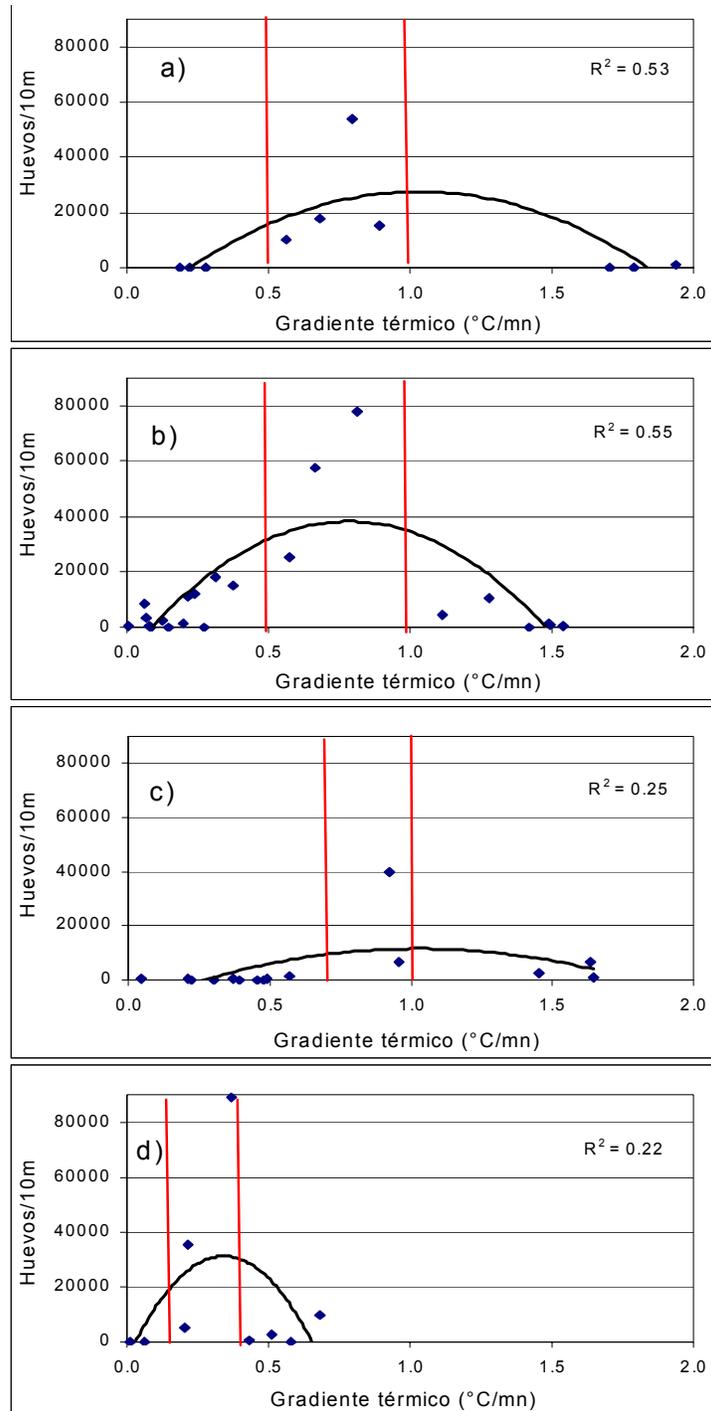
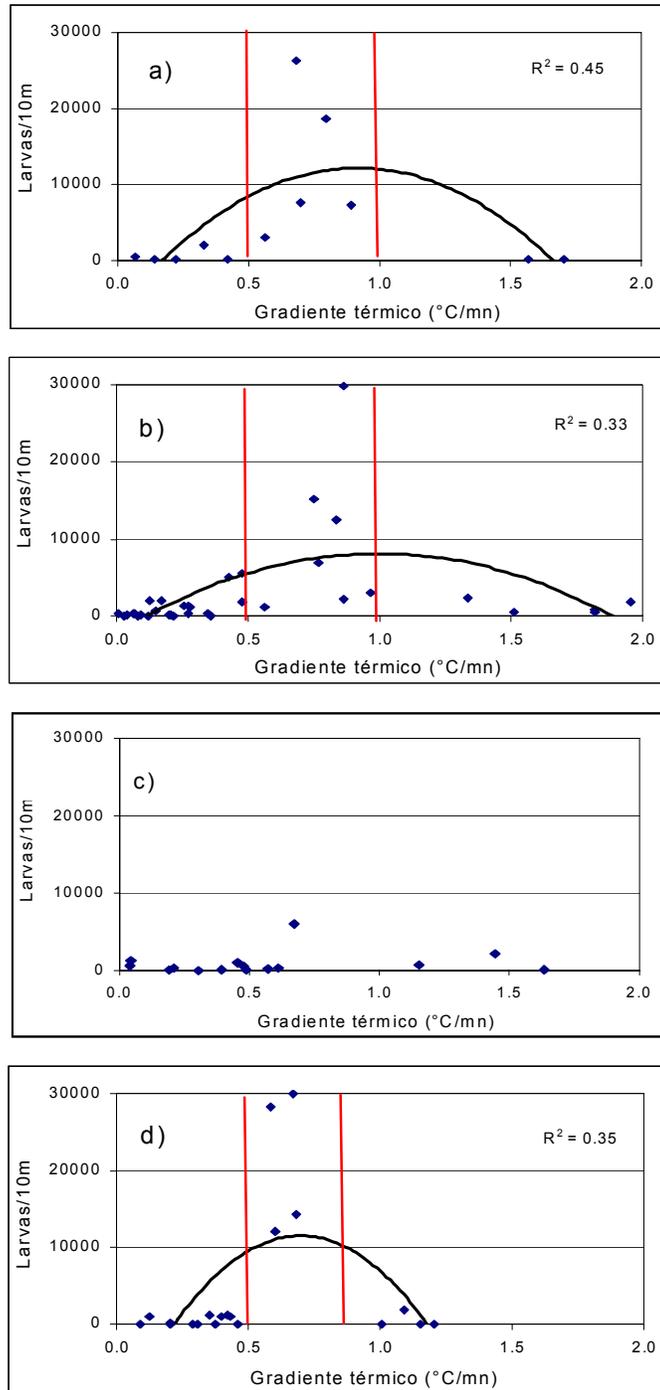


Figura 128. Distribuci3n espacial de la TSM satelital y de las larvas de sardina en la zona norte de Chile.



— : "Rango óptimo" de densidad de huevos de anchoveta respecto de la variable ambiental.

Figura 129. Relaciones entre la densidad de huevos de anchoveta y el gradiente térmico: a) crucero mayo 2002, b) crucero septiembre 2002, c) crucero diciembre 2002 y d) crucero marzo 2003.



: "Rango 3ptimo" de densidad de huevos de anchoveta respecto de la variable ambiental.

Figura 130. Relaciones entre la densidad de larvas de anchoveta y el gradiente térmico: a) crucero mayo 2002, b) crucero septiembre 2002, c) crucero diciembre 2002 y d) crucero marzo 2003.

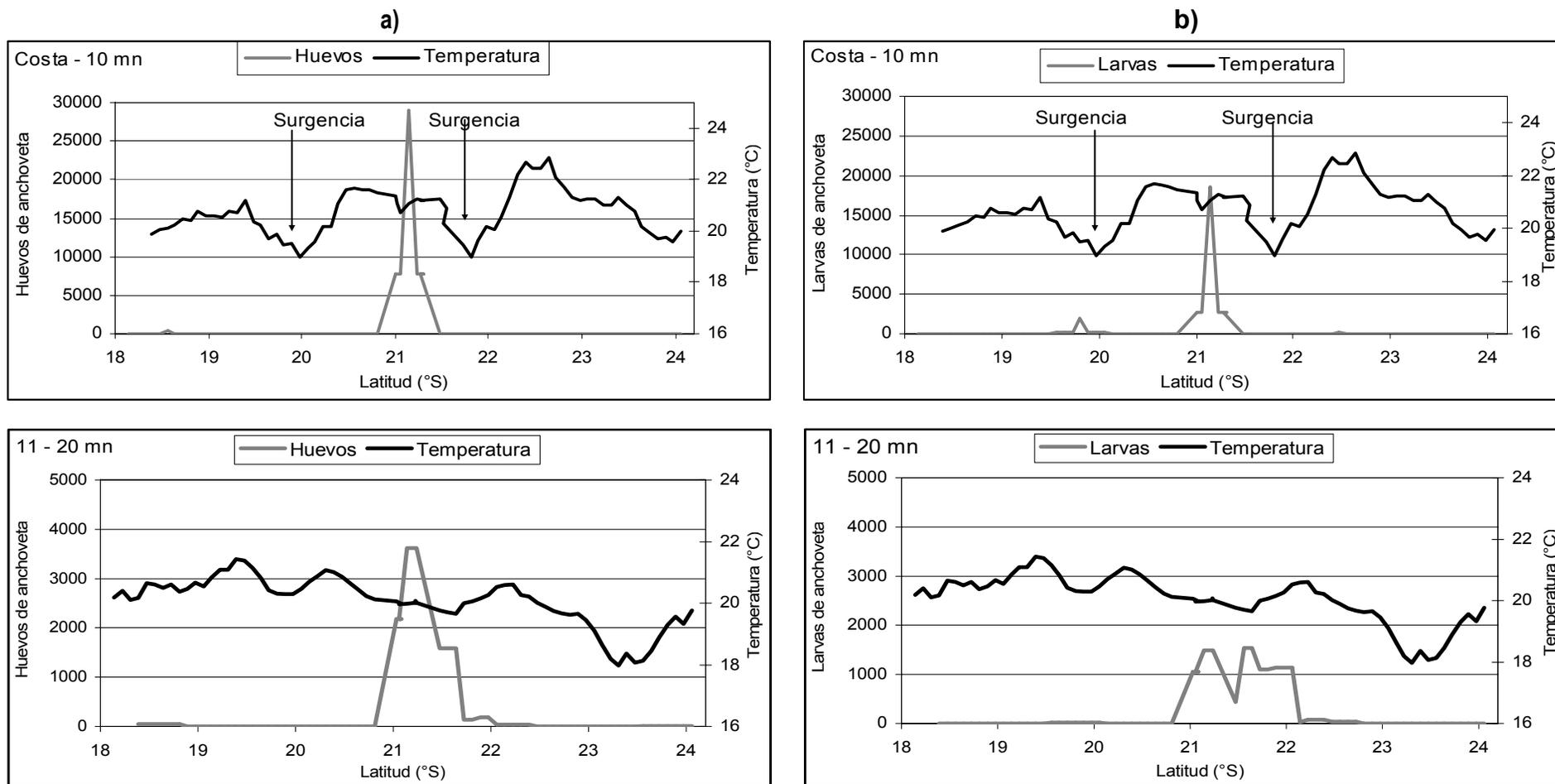


Figura 131. Se1al latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relaci3n con la temperatura. Crucero MOBIO 0205.

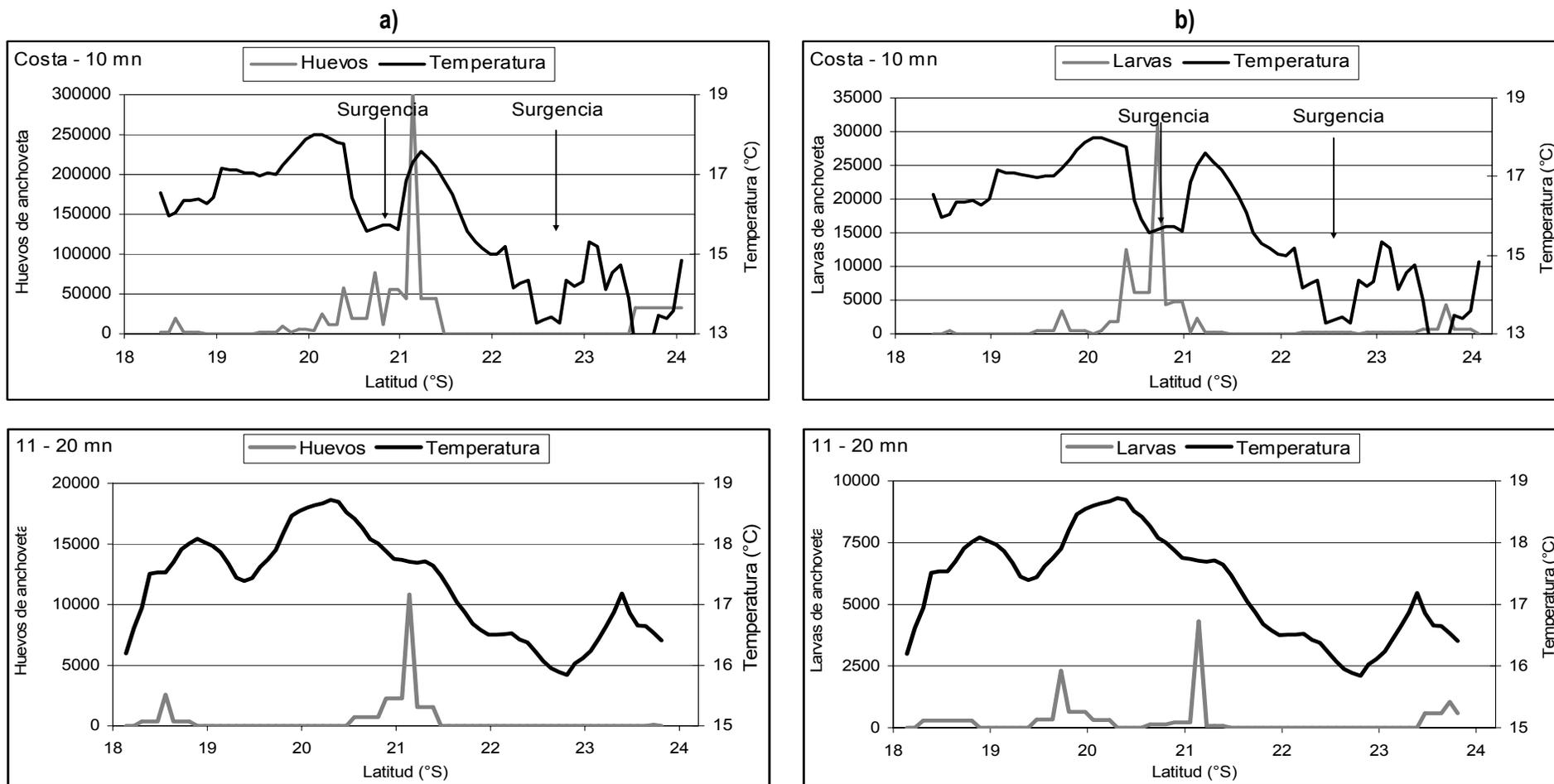


Figura 132. Se1al latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relaci3n con la temperatura. Crucero MOBIO 0209.

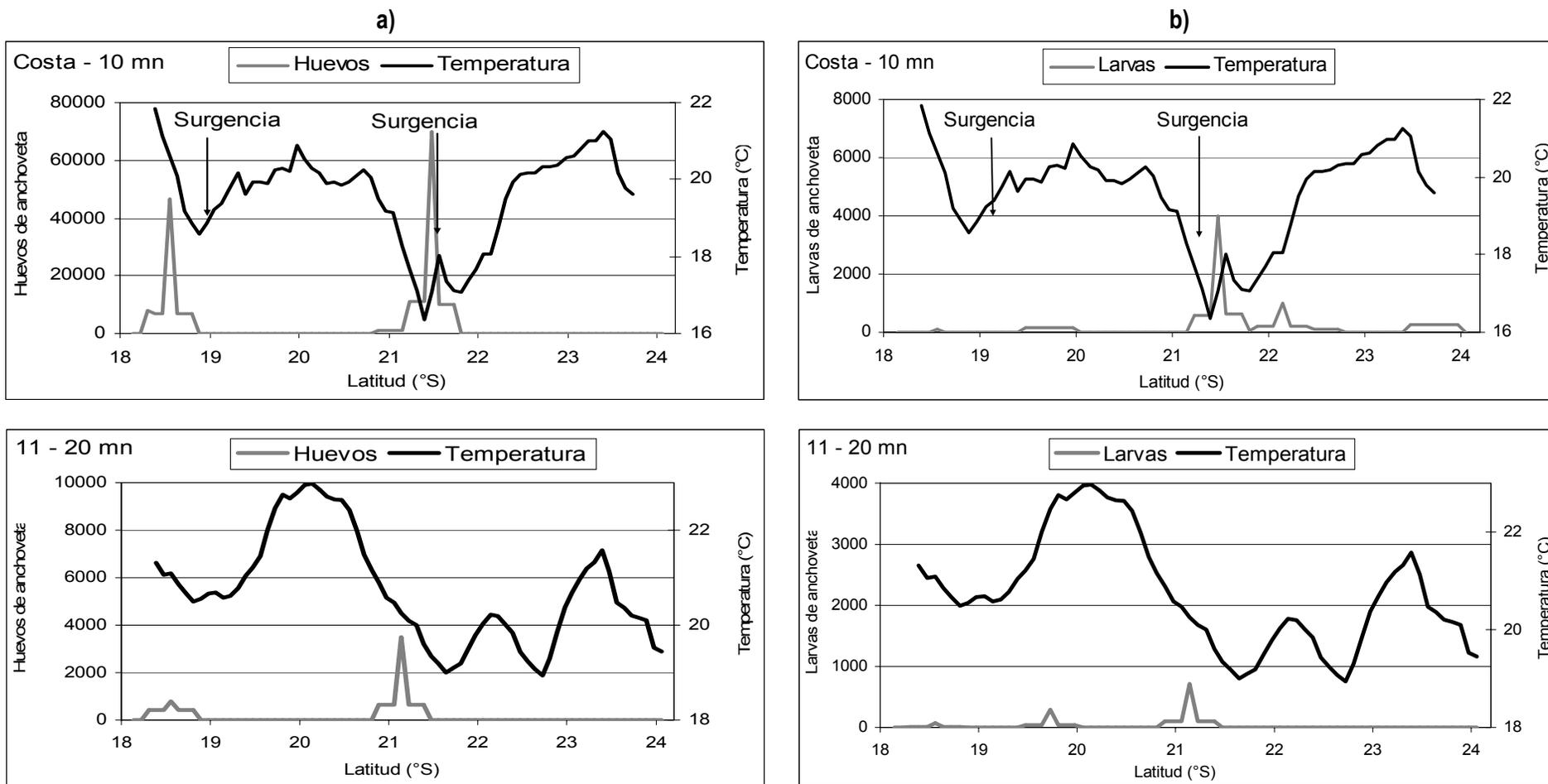


Figura 133. Se1al latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relaci3n con la temperatura. Crucero MOBIO 0212.

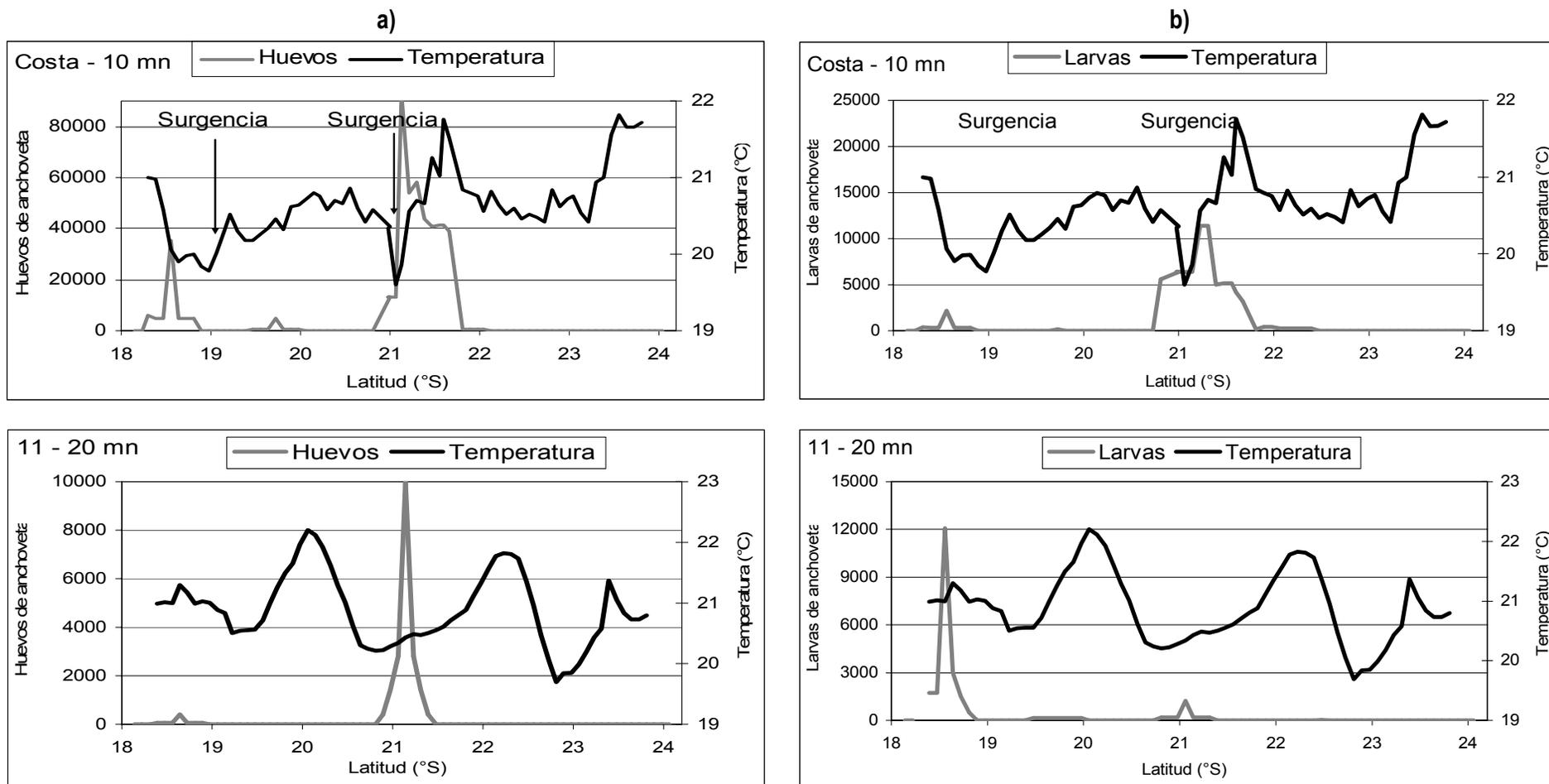


Figura 134. Se1al latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relaci3n con la temperatura. Crucero MOBIO 0303.

T A B L A S



Tabla 1

Detalle de la información utilizada para el cálculo de los promedios históricos mensuales de temperatura y salinidad vertical para las transectas 1 (Bahía Moreno) y 5 (Arica)

| datos / período | TRANSECTA 1 | | | | TRANSECTA 5 | | | |
|--------------------------------|-------------|----------|-----------|--------|-------------|----------|-----------|--------|
| | 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

Valores de los pares T-S de las aguas tipo, utilizados en los triángulos de mezcla

| 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 3

Clasificación del estatus trófico de la zona norte de Chile de acuerdo a la concentración de clorofila a.

| Estatus trófico | Concentración de clorofila a (µg/L) |
|------------------------|--|
| Ultraoligotrófica | < 0,2 |
| Oligotrófica | > 0,2 a < 0,5 |
| Mesotrófica | > 0,5 a < 1,0 |
| Eutrófica o productiva | > 1,0 |

Tabla 4

Caracterización de las masas de agua por su contenido de oxígeno disuelto.

| Tipos de masas de agua | concentración de OD (mL/L) |
|------------------------|-------------------------------|
| Óxicas | > 5,0 |
| Subóxicas | < 5,0 a > 0,2 |
| Anóxicas | < 0,2 |



Tabla 5
Bit3cora de estaciones bio-oceanogr3ficas y registro de datos meteorol3gicos. Crucero MOBIO - 0205 - Otoño 2002.

| N° EST | FECHA | | | HORA | | | LAT | | LONG | | RED | | PROF. | | FLUJ3METRO | | CALADO | | VIRADO | | CABLE | | TEMP(°C) | | SALINI. | | PRESI3N | | TEMP.AIRE | | SECCHI | | OLAS | | VIENTO | | NUBES | |
|-----------|-------|----|----|------|-----|----|------|----|------|------|--------|-------|-------|------|------------|-----|--------|-----|--------|------|--------|--------|----------|---------|---------|--------|---------|------|-----------|------|--------|------|------|--|--------|--|-------|--|
| | AA | MM | DD | HH | MIN | GR | MIN | GR | MIN | GR | MODELO | MALLA | ECOS. | COD. | N°FIN. | MIN | SEG | MIN | SEG | ARR. | ÁNG. | 0m | 10m | ATHOSF. | SECA | HÚMEDA | ALT. | DIR. | DIR. | VEL. | TIP. | CAN. | | | | | | |
| 1 | '02 | 5 | 23 | 5 | 41 | 23 | 40,0 | 70 | 26,3 | WP-2 | 297 | 92 | A07 | 595 | 2 | 57 | 2 | 24 | 80 | 10 | 16,557 | 34,551 | 11,8 | 16,5 | 15,0 | | 1 | 23 | | | | 6 | 7 | | | | | |
| 2 | '02 | 5 | 23 | 6 | 47 | 23 | 40,0 | 70 | 30,0 | WP-2 | 297 | 140 | A07 | 650 | 2 | 1 | 1 | 44 | 100 | 1 | 15,966 | 34,532 | 12,2 | 16,5 | 15,0 | | 1 | 23 | | | | 6 | 6 | | | | | |
| 3 | '02 | 5 | 23 | 8 | 5 | 23 | 40,0 | 70 | 35,2 | WP-2 | 297 | 471 | A07 | 625 | 2 | 1 | 1 | 43 | 100 | 10 | 16,694 | 34,589 | 13,0 | 17,0 | 15,0 | 7 | 1 | 19 | 16 | 2 | 6 | 3 | | | | | | |
| 4 | '02 | 5 | 23 | 10 | 15 | 23 | 40,0 | 70 | 46,1 | WP-2 | 297 | <1000 | A07 | 740 | 2 | 3 | 1 | 44 | 100 | 13 | 19,287 | 35,123 | 13,0 | 18,0 | 16,0 | 22 | 2 | 19 | 13 | 2 | 6 | 2 | | | | | | |
| 5 | '02 | 5 | 23 | 13 | 42 | 23 | 40,0 | 71 | 8,0 | WP-2 | 297 | 4800 | A07 | 645 | 1 | 46 | 1 | 34 | 100 | 15 | 19,048 | 35,021 | 12,5 | 18,0 | 16,0 | 18 | 2 | 20 | 16 | 2 | 6 | 6 | | | | | | |
| 6 | '02 | 5 | 23 | 18 | 14 | 23 | 40,0 | 71 | 40,2 | WP-2 | 297 | 4900 | A07 | 625 | 2 | 13 | 1 | 38 | 100 | 11 | 19,085 | 35,044 | 10,0 | 18,0 | 15,5 | | 2 | 20 | 17 | 2 | 6 | 5 | | | | | | |
| 7 | '02 | 5 | 23 | 22 | 52 | 23 | 40,0 | 72 | 12,2 | WP-2 | 297 | 4300 | A07 | 655 | 2 | 33 | 1 | 42 | 100 | 10 | 17,531 | 34,605 | 11,0 | 17,0 | 15,1 | | 1 | 20 | 18 | 1 | 6 | 6 | | | | | | |
| 8 | '02 | 5 | 24 | 2 | 17 | 23 | 20,0 | 72 | 10,0 | WP-2 | 297 | 4000 | A07 | 620 | 1 | 58 | 2 | 2 | 100 | 7 | 18,580 | 35,002 | 11,5 | 17,0 | 16,0 | | 1 | 21 | | | | 6 | 4 | | | | | |
| 9 | '02 | 5 | 24 | 5 | 38 | 23 | 0,0 | 72 | 7,0 | WP-2 | 297 | 4100 | A07 | 630 | 2 | 27 | 2 | 17 | 100 | 2 | 18,442 | 34,899 | 10,5 | 17,0 | 15,0 | | 1 | 21 | | | | 6 | 4 | | | | | |
| 10 | '02 | 5 | 24 | 9 | 1 | 22 | 40,0 | 72 | 4,0 | WP-2 | 297 | 4220 | A07 | 685 | 1 | 46 | 1 | 30 | 100 | 12 | 19,332 | 34,988 | 11,0 | 19,0 | 17,5 | 20 | 0 | 6 | 2 | 2 | 6 | 3 | | | | | | |
| 11 | '02 | 5 | 24 | 12 | 29 | 22 | 20,0 | 72 | 2,0 | WP-2 | 297 | 4200 | A07 | 640 | 1 | 47 | 1 | 39 | 100 | 15 | 19,466 | 34,916 | 10,0 | 21,0 | 19,0 | 25 | 0 | 6 | 35 | 1 | 1 | 3 | | | | | | |
| 12 | '02 | 5 | 24 | 16 | 59 | 22 | 20,0 | 71 | 30,0 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 675 | 2 | 14 | 1 | 51 | 100 | 12 | 19,864 | 35,020 | 9,0 | 23,0 | 21,0 | 22 | 0 | 6 | 20 | 2 | 6 | 6 | | | | | | |
| 13 | '02 | 5 | 24 | 21 | 38 | 22 | 20,0 | 70 | 57,0 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 648 | 2 | 19 | 1 | 35 | 100 | 8 | 19,568 | 34,998 | 10,0 | 19,5 | 18,0 | | 1 | 6 | 12 | 2 | 6 | 4 | | | | | | |
| 14 | '02 | 5 | 24 | 1 | 7 | 22 | 20,0 | 70 | 36,5 | WP-2 | 297 | 1260 | A07 | 683 | 2 | 13 | 1 | 48 | 100 | 14 | 19,888 | 35,265 | 13,0 | 19,0 | 17,0 | | 1 | 6 | 15 | 2 | 6 | 4 | | | | | | |
| 15 | '02 | 5 | 25 | 3 | 44 | 22 | 20,0 | 70 | 25,5 | WP-2 | 297 | 834 | A07 | 635 | 2 | 14 | 2 | 8 | 100 | 9 | 16,827 | 34,674 | 12,5 | 19,0 | 17,0 | | 0 | 7 | | | | 6 | 4 | | | | | |
| 16 | '02 | 5 | 25 | 5 | 24 | 22 | 20,0 | 70 | 20,5 | WP-2 | 297 | 400 | A07 | 660 | 2 | 10 | 2 | 17 | 100 | 14 | 16,177 | 34,678 | 12,8 | 18,0 | 16,5 | | 0 | 7 | | | | 6 | 6 | | | | | |
| 17 | '02 | 5 | 25 | 6 | 52 | 22 | 20,0 | 70 | 16,3 | WP-2 | 297 | 110 | A07 | 630 | 1 | 50 | 1 | 35 | 100 | 2 | 14,997 | 34,744 | 11,2 | 18,0 | 16,5 | | 0 | 6 | | | | 6 | 4 | | | | | |
| 18 | '02 | 5 | 25 | 10 | 0 | 22 | 0,0 | 70 | 15,1 | WP-2 | 297 | 390 | A07 | 610 | 1 | 46 | 1 | 50 | 100 | 3 | 16,611 | 34,736 | 13,5 | 18,0 | 17,0 | | | | 18 | 1 | 7 | 2 | | | | | | |
| 19 | '02 | 5 | 25 | 13 | 14 | 21 | 40,0 | 70 | 14,5 | WP-2 | 297 | 214 | A07 | 642 | 2 | 9 | 1 | 51 | 100 | 12 | 16,509 | 34,724 | 12,5 | 19,5 | 18,0 | 6 | 0 | 18 | 35 | 2 | 7 | 3 | | | | | | |
| 20 | '02 | 5 | 25 | 16 | 16 | 21 | 20,0 | 70 | 13,0 | WP-2 | 297 | 114 | A07 | 615 | 2 | 0 | 1 | 46 | 100 | 12 | 16,872 | 34,720 | 9,5 | 21,0 | 19,0 | 8 | 0 | 20 | 25 | 1 | 7 | 3 | | | | | | |
| 21 | '02 | 5 | 25 | 19 | 21 | 21 | 0,0 | 70 | 11,2 | WP-2 | 297 | 79 | A07 | 419 | 1 | 50 | 1 | 17 | 70 | 4 | 15,785 | 34,784 | 11,5 | 19,0 | 17,5 | | | | 18 | 2 | 6 | 6 | | | | | | |
| 22 | '02 | 5 | 25 | 20 | 19 | 21 | 0,0 | 70 | 15,2 | WP-2 | 297 | 94 | A07 | 540 | 1 | 37 | 1 | 39 | 85 | 11 | 16,065 | 34,718 | 12,0 | 19,0 | 17,0 | | | | 18 | 2 | 6 | 7 | | | | | | |
| 23 | '02 | 5 | 25 | 21 | 43 | 21 | 0,0 | 70 | 21,8 | WP-2 | 297 | 108 | A07 | 665 | 1 | 48 | 1 | 31 | 100 | 18 | 16,821 | 34,621 | 12,0 | 19,0 | 17,5 | | | | | | | 6 | 7 | | | | | |
| 24 | '02 | 5 | 25 | 23 | 28 | 21 | 0,0 | 70 | 31,1 | WP-2 | 297 | 820 | A07 | 743 | 2 | 10 | 1 | 52 | 100 | 11 | 17,815 | 34,650 | 12,0 | 18,0 | 17,0 | | | | | | | 6 | 7 | | | | | |
| 25 | '02 | 5 | 26 | 3 | 8 | 21 | 0,0 | 70 | 52,5 | WP-2 | 297 | 3000 | A07 | 652 | 1 | 50 | 1 | 55 | 100 | 15 | 19,001 | 34,797 | 12,8 | 18,0 | 17,0 | | 1 | 20 | 18 | 1 | 6 | 7 | | | | | | |
| 26 | '02 | 5 | 26 | 8 | 4 | 21 | 0,0 | 71 | 24,0 | WP-2 | 297 | >3000 | A07 | 655 | 2 | 14 | 1 | 34 | 100 | 16 | 20,411 | 35,106 | 12,5 | 18,0 | 17,0 | 25 | 1 | 18 | 18 | 1 | 6 | 7 | | | | | | |
| 27 | '02 | 5 | 26 | 13 | 1 | 21 | 0,0 | 71 | 56,2 | WP-2 | 297 | 4300 | A07 | 625 | 1 | 47 | 1 | 49 | 100 | 9 | 20,924 | 35,065 | 13,5 | 20,5 | 19,5 | 27 | 1 | 18 | 15 | 1 | 6 | 3 | | | | | | |
| 28 | '02 | 5 | 26 | 17 | 33 | 20 | 47,8 | 71 | 30,0 | WP-2 | 297 | 5200 | A07 | 635 | 1 | 41 | 1 | 46 | 100 | 20 | 20,538 | 35,022 | 12,0 | 35,0 | 26,0 | 15 | 1 | 18 | | | | 6 | 3 | | | | | |
| 29 | '02 | 5 | 26 | 22 | 4 | 20 | 35,0 | 71 | 3,5 | WP-2 | 297 | 3000 | A07 | 640 | 1 | 58 | 1 | 48 | 100 | 6 | 20,221 | 35,003 | 13,0 | 18,0 | 17,5 | | 1 | 18 | 18 | 2 | 6 | 3 | | | | | | |
| 30 | '02 | 5 | 27 | 2 | 36 | 20 | 22,5 | 70 | 36,5 | WP-2 | 297 | 1029 | A07 | 642 | 2 | 21 | 1 | 49 | 100 | 10 | 18,332 | 34,686 | 12,5 | 19,0 | 18,0 | | 1 | 18 | 19 | 3 | 7 | 8 | | | | | | |
| 31 | '02 | 5 | 27 | 9 | 56 | 19 | 40,0 | 70 | 11,4 | WP-2 | 297 | 80 | A07 | 440 | 1 | 32 | 1 | 27 | 70 | 4 | 16,076 | 34,792 | 11,5 | 19,0 | 17,5 | 4 | 0 | 18 | | | | 6 | 8 | | | | | |
| 32 | '02 | 5 | 27 | 10 | 54 | 19 | 40,0 | 70 | 15,3 | WP-2 | 297 | 156 | A07 | 665 | 1 | 40 | 1 | 42 | 100 | 15 | 17,223 | 34,746 | 11,5 | 19,0 | 17,5 | 7 | 0 | 18 | 7 | 1 | 6 | 7 | | | | | | |
| 33 | '02 | 5 | 27 | 12 | 13 | 19 | 40,0 | 70 | 21,0 | WP-2 | 297 | 657 | A07 | 670 | 2 | 26 | 1 | 45 | 100 | 11 | 18,157 | 34,750 | 11,5 | 19,0 | 18,0 | 9 | 2 | 18 | 10 | 1 | 6 | 7 | | | | | | |
| 34 | '02 | 5 | 27 | 14 | 21 | 19 | 40,0 | 70 | 31,0 | WP-2 | 297 | 807 | A07 | 695 | 2 | 1 | 1 | 30 | 100 | 14 | 19,021 | 34,758 | 11,0 | 19,0 | 18,0 | 13 | 2 | 18 | 12 | 2 | 6 | 7 | | | | | | |
| 35 | '02 | 5 | 27 | 17 | 53 | 19 | 40,0 | 70 | 52,5 | WP-2 | 297 | 2200 | A07 | 645 | 1 | 54 | 1 | 49 | 100 | 17 | 19,939 | 34,916 | 10,8 | 19,5 | 18,5 | 12 | 2 | 18 | 12 | 2 | 6 | 7 | | | | | | |
| 36 | '02 | 5 | 27 | 22 | 46 | 19 | 40,0 | 71 | 24,0 | WP-2 | 297 | 4930 | A07 | 695 | 1 | 50 | 2 | 1 | 100 | 11 | 19,788 | 34,896 | 13,0 | 19,5 | 18,0 | | 3 | 18 | 14 | 1 | 6 | 7 | | | | | | |
| 37 | '02 | 5 | 28 | 3 | 55 | 19 | 40,0 | 71 | 56,0 | WP-2 | 297 | 5000 | A07 | 670 | 2 | 21 | 2 | 17 | 100 | 2 | 20,966 | 35,212 | 13,0 | 19,5 | 18,0 | | 3 | 18 | 13 | 2 | 6 | 6 | | | | | | |
| 38 | '02 | 5 | 28 | 7 | 27 | 19 | 20,0 | 71 | 58,0 | WP-2 | 297 | >5000 | A07 | 650 | 2 | 1 | 1 | 47 | 100 | 1 | 20,587 | 35,126 | 12,8 | 19,0 | 17,5 | 22 | 3 | 18 | 16 | 3 | 6 | 8 | | | | | | |
| 39 | '02 | 5 | 28 | 10 | 38 | 19 | 2,2 | 72 | 0,0 | WP-2 | 297 | 5000 | A07 | 720 | 2 | 4 | 1 | 48 | 100 | 11 | 20,388 | 35,049 | 13,0 | 19,0 | 17,8 | 19 | 4 | 18 | 16 | 3 | 6 | 7 | | | | | | |
| 40 | '02 | 5 | 28 | 13 | 56 | 18 | 43,0 | 70 | 2,0 | WP-2 | 297 | 6600 | A07 | 710 | 2 | 1 | 1 | 48 | 100 | 7 | 20,381 | 35,017 | 12,0 | 21,5 | 20,0 | 20 | 4 | 18 | 16 | 3 | 6 | 7 | | | | | | |
| 41 | '02 | 5 | 28 | 17 | 3 | 18 | 25,0 | 72 | 4,0 | WP-2 | 297 | 5000 | A07 | 779 | 2 | 3 | 1 | 54 | 100 | 6 | 20,331 | 35,049 | 11,5 | 19,5 | 18,0 | 8 | 3 | 19 | 12 | 3 | 6 | 7 | | | | | | |
| 42 | '02 | 5 | 28 | 22 | 11 | 18 | 25,0 | 71 | 32,2 | WP-2 | 297 | 2200 | A07 | 720 | 2 | 23 | 1 | 55 | 100 | 9 | 20,442 | 35,068 | 13,2 | 19,0 | 17,0 | | 2 | 19 | 12 | 3 | 6 | 5 | | | | | | |
| 43 | '02 | 5 | 29 | 3 | 20 | 18 | 25,0 | 71 | 1,0 | WP-2 | 297 | 990 | A07 | 670 | 1 | 52 | 1 | 54 | 100 | 5 | 20,196 | 35,033 | 14,0 | 19,0 | 17,0 | | 1 | 19 | 11 | | | 6 | 5 | | | | | |
| 44 | '02 | 5 | 29 | 6 | 55 | 18 | 25,0 | 70 | 40,2 | WP-2 | 297 | 660 | A07 | 640 | 2 | 0 | 1 | 33 | 100 | 24 | 18,996 | 34,841 | 14,0 | 19,0 | 17,5 | | 1 | 19 | 11 | 2 | 6 | 5 | | | | | | |
| 45 | '02 | 5 | 29 | 9 | 11 | 18 | 25,0 | 70 | 30,0 | WP-2 | 297 | 110 | A07 | 705 | 1 | 54 | 1 | 46 | 100 | 10 | 18,141 | 34,791 | 14,0 | 19,0 | 17,0 | 13 | 1 | 19 | 11 | 2 | 6 | 7 | | | | | | |
| 46 | '02 | 5 | 29 | 10 | 28 | 18 | 25,0 | 70 | 25,0 | WP-2 | 297 | 68 | A07 | 468 | 1 | 8 | 0 | 59 | 60 | 5 | 17,543 | 34,765 | 14,0 | 18,0 | 17,0 | 5 | 0 | 19 | 11 | 1 | 6 | 8 | | | | | | |
| 47 | '02 | 5 | 29 | 11 | 19 | 18 | 25,0 | 70 | 22,0 | WP-2 | 297 | 26 | A07 | 150 | 0 | 26 | 0 | 27 | 20 | 8 | 17,294 | 34,746 | 14,0 | 18,0 | 17,0 | 3 | 0 | 19 | | | | 6 | 8 | | | | | |



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN PESQUERA

Tabla 6
Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0209 - Invierno 2002.

| N° EST | FECHA | | | HORA | | | LAT | | LONG | | RED MODELO | PROF. ECOS. | FLUJÓMETRO COD. N°FIN. | CALADO MIN SEG | VIRADO MIN SEG | CABLE ARR. AÑO. | TEMP(°C) Om | SALINI. Om | PRESIÓN ATMOSF. | TEMPAIRE | | SECCHI | OLAS | | VIENTO | | NUBES TIP. CAN. | | | | | |
|--------|-------|----|----|------|-----|----|------|----|------|------|------------|-------------|------------------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|------------|-----------------|----------|--------|--------|--------|------|--------|------|-----------------|------|------|-----|----|---|
| | AA | MM | DD | HH | MIN | GR | MIN | GR | MIN | SEG | | | | | | | | | | ARR. | SECA | | HÚMEDA | ALT. | DIR. | DIR. | | VEL. | TIP. | | | |
| 1 | 02 | 09 | 16 | 14 | 15 | 10 | 25,0 | 70 | 21,1 | WP-2 | 297 | 16,8 | A07 | 122 | 0 | 15 | 0 | 17 | 11 | 11 | 16,653 | 34,851 | 1011,0 | 20,0 | 17,0 | 4 | sw | 100 | 0,1 | | | |
| 2 | 02 | 09 | 16 | 15 | 30 | 10 | 25,0 | 70 | 21,1 | WP-2 | 297 | 66,8 | A07 | 542 | 1 | 3 | 0 | 57 | 60 | 13 | 16,319 | 34,923 | 1010,0 | 20,0 | 17,0 | 6 | sw | 100 | 0,6 | | | |
| 3 | 02 | 09 | 16 | 16 | 40 | 10 | 25,0 | 70 | 29,3 | WP-2 | 297 | 106 | A07 | 757 | 1 | 45 | 1 | 54 | 100 | 14 | 17,067 | 34,921 | 1010,5 | 17,5 | 15,5 | 5 | sw | 100 | 0,4 | | | |
| 4 | 02 | 09 | 16 | 10 | 50 | 10 | 25,0 | 70 | 40,0 | WP-2 | 297 | 648 | A07 | 015 | 1 | 45 | 1 | 31 | 100 | 22 | 16,886 | 34,947 | 1012,0 | 17,5 | 15,5 | 5 | sw | 100 | 2,2 | cu | 7 | |
| 5 | 02 | 09 | 16 | 23 | 7 | 10 | 25,0 | 71 | 0,0 | WP-2 | 297 | >1500 | A07 | 740 | 2 | 13 | 2 | 11 | 100 | 11 | 17,415 | 35,026 | 1013,0 | 17,0 | 15,0 | 5 | sw | 0 | 0 | cu | 8 | |
| 6 | 02 | 09 | 17 | 5 | 0 | 10 | 25,0 | 71 | 32,3 | WP-2 | 297 | 1932 | A07 | 720 | 2 | 22 | 1 | 58 | 100 | 15 | 17,131 | 35,006 | 1013,0 | 17,0 | 15,0 | 5 | sw | 160 | 0,7 | cu | 8 | |
| 7 | 02 | 09 | 17 | 10 | 4 | 10 | 25,0 | 72 | 3,5 | WP-2 | 297 | >2000 | A07 | 662 | 1 | 46 | 1 | 50 | 100 | 20 | 17,500 | 35,182 | 1013,5 | 17,0 | 15,0 | 11 | 1,5 | sw | 140 | 0,1 | cu | 8 |
| 8 | 02 | 09 | 18 | 15 | 35 | 10 | 50,0 | 71 | 22,5 | WP-2 | 297 | 2613 | A07 | 750 | 1 | 41 | 1 | 26 | 100 | 19 | 17,479 | 35,097 | 1015,5 | 10,5 | 16,5 | 8 | 0,5 | sw | 160 | 12 | sc | 8 |
| 9 | 02 | 09 | 19 | 17 | 40 | 19 | 10,0 | 71 | 17,4 | WP-2 | 297 | >2000 | A07 | 750 | 1 | 46 | 1 | 36 | 100 | 10 | 17,117 | 35,020 | 1012,4 | 17,0 | 15,0 | 7 | 0,5 | sw | 130 | 0,8 | sc | 8 |
| 10 | 02 | 09 | 21 | 1 | 55 | 19 | 40,0 | 71 | 55,5 | WP-2 | 297 | >2000 | A07 | 782 | 2 | 0 | 1 | 59 | 100 | 14 | 17,213 | 35,166 | 1012,5 | 17,0 | 15,0 | 0 | 0 | 120 | 5 | sc | 8 | |
| 11 | 02 | 09 | 21 | 6 | 58 | 19 | 40,0 | 71 | 24,0 | WP-2 | 297 | >2000 | A07 | 750 | 1 | 46 | 2 | 3 | 100 | 11 | 16,964 | 35,051 | 1012,0 | 17,0 | 15,0 | 9 | 1 | 200 | 200 | 0,9 | sc | 8 |
| 12 | 02 | 09 | 21 | 12 | 40 | 19 | 40,0 | 70 | 53,2 | WP-2 | 297 | >2000 | A07 | 790 | 1 | 40 | 1 | 37 | 100 | 9 | 17,689 | 35,101 | 1012,5 | 20,5 | 17,5 | 10 | 1 | 200 | 200 | 2,1 | sc | 8 |
| 13 | 02 | 09 | 21 | 16 | 47 | 19 | 40,0 | 70 | 32,3 | WP-2 | 297 | 785 | A07 | 690 | 1 | 19 | 1 | 10 | 100 | 1 | 17,782 | 35,105 | 1012,0 | 19,0 | 16,5 | 9 | 200 | 100 | 3 | sc | 8 | |
| 14 | 02 | 09 | 21 | 19 | 13 | 19 | 40,0 | 70 | 21,3 | WP-2 | 297 | 648 | A07 | 695 | 1 | 11 | 1 | 37 | 100 | 11 | 17,652 | 35,048 | 1012,0 | 16,0 | 15,5 | 210 | 160 | 2,1 | sc | 8 | | |
| 15 | 02 | 09 | 21 | 20 | 58 | 19 | 40,0 | 70 | 25,5 | WP-2 | 297 | 267 | A07 | 642 | 1 | 39 | 1 | 36 | 100 | 3 | 17,333 | 34,927 | 1013,0 | 16,0 | 16,0 | 210 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 | |
| 16 | 02 | 09 | 21 | 22 | 10 | 19 | 40,0 | 70 | 12,1 | WP-2 | 297 | 88 | A07 | 570 | 1 | 43 | 1 | 16 | 90 | 5 | 15,820 | 34,300 | 1013,0 | 16,0 | 16,0 | 210 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 | |
| 17 | 02 | 09 | 22 | 23 | 16 | 20 | 0,0 | 70 | 6,6 | WP-2 | 297 | 66 | A07 | 300 | 0 | 52 | 0 | 50 | 50 | 2 | 15,743 | 34,389 | 1013,0 | 17,0 | 15,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 | |
| 18 | 02 | 09 | 23 | 0 | 24 | 20 | 0,0 | 70 | 11,3 | WP-2 | 297 | 93 | A07 | 550 | 1 | 14 | 1 | 16 | 80 | 12 | 16,858 | 34,911 | 1012,0 | 18,0 | 16,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 | |
| 19 | 02 | 09 | 25 | 2 | 30 | 20 | 40,0 | 70 | 14,8 | WP-2 | 297 | 73 | A07 | 589 | 1 | 2 | 1 | 3 | 60 | 3 | 16,421 | 34,848 | 1012,5 | 16,0 | 14,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 | |
| 20 | 02 | 09 | 25 | 6 | 0 | 21 | 0,0 | 70 | 13,1 | WP-2 | 297 | 82 | A07 | 630 | 1 | 10 | 1 | 6 | 70 | 11 | 15,912 | 34,881 | 1013,0 | 16,0 | 14,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 | |
| 21 | 02 | 09 | 25 | 7 | 5 | 21 | 0,0 | 70 | 17,5 | WP-2 | 297 | 100 | A07 | 685 | 1 | 38 | 1 | 29 | 90 | 4 | 16,051 | 34,873 | 1013,2 | 16,0 | 14,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 | |
| 22 | 02 | 09 | 25 | 8 | 2 | 21 | 0,0 | 70 | 21,2 | WP-2 | 297 | 161 | A07 | 685 | 1 | 39 | 1 | 32 | 100 | 9 | 15,721 | 34,808 | 1013,5 | 16,0 | 14,0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 23 | 02 | 09 | 25 | 9 | 43 | 21 | 0,0 | 70 | 31,0 | WP-2 | 297 | 814 | A07 | 675 | 1 | 40 | 1 | 36 | 100 | 5 | 16,126 | 34,817 | 1013,5 | 16,0 | 14,0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 24 | 02 | 09 | 25 | 13 | 9 | 21 | 0,0 | 70 | 52,0 | WP-2 | 297 | 3050 | A07 | 648 | 1 | 39 | 1 | 37 | 100 | 4 | 17,486 | 34,877 | 1013,5 | 18,0 | 15,0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 25 | 02 | 09 | 25 | 18 | 0 | 21 | 0,0 | 71 | 24,0 | WP-2 | 297 | >3000 | A07 | 890 | 1 | 49 | 1 | 42 | 100 | 13 | 17,015 | 34,966 | 1011,0 | 18,0 | 15,0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 26 | 02 | 09 | 25 | 23 | 14 | 21 | 0,0 | 71 | 56,0 | WP-2 | 297 | 4310 | A07 | 680 | 2 | 16 | 1 | 59 | 100 | 2 | 16,833 | 34,905 | 1010,0 | 16,0 | 14,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 | |
| 27 | 02 | 09 | 26 | 4 | 7 | 21 | 0,0 | 72 | 26,5 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 689 | 1 | 56 | 1 | 50 | 100 | 16 | 16,387 | 34,876 | 1011,2 | 16,0 | 14,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 | |
| 28 | 02 | 09 | 26 | 9 | 25 | 21 | 0,0 | 73 | 1,0 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 750 | 2 | 5 | 1 | 39 | 100 | 12 | 16,757 | 35,079 | 1012,5 | 16,0 | 14,0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 29 | 02 | 09 | 26 | 14 | 16 | 21 | 0,0 | 73 | 33,0 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 695 | 1 | 38 | 1 | 38 | 100 | 5 | 17,057 | 35,168 | 1016,3 | 16,0 | 15,0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 30 | 02 | 09 | 26 | 17 | 57 | 21 | 20,0 | 73 | 35,0 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 710 | 1 | 36 | 2 | 0 | 100 | 4 | 17,007 | 35,004 | 1010,5 | 17,5 | 15,0 | 9 | 0,5 | sw | SE | 6 | sc | 8 |
| 31 | 02 | 09 | 26 | 21 | 30 | 21 | 40,0 | 73 | 36,0 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 710 | 2 | 22 | 2 | 15 | 100 | 5 | 16,862 | 35,099 | 1013,0 | 16,5 | 15,0 | 0,5 | sw | SE | 4,4 | sc | 8 | |
| 32 | 02 | 09 | 27 | 1 | 5 | 22 | 0,0 | 73 | 37,5 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 620 | 1 | 44 | 1 | 56 | 100 | 11 | 16,413 | 34,979 | 1013,0 | 16,0 | 14,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 | |
| 33 | 02 | 09 | 27 | 4 | 35 | 22 | 20,0 | 73 | 39,0 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 780 | 1 | 58 | 2 | 19 | 100 | 12 | 16,377 | 34,969 | 1013,0 | 16,0 | 14,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 | |
| 34 | 02 | 09 | 27 | 9 | 33 | 22 | 20,0 | 73 | 7,2 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 733 | 2 | 8 | 1 | 34 | 100 | 10 | 16,502 | 34,979 | 1014,0 | 16,0 | 14,5 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 35 | 02 | 09 | 27 | 14 | 36 | 22 | 20,0 | 72 | 34,0 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 651 | 1 | 42 | 1 | 38 | 100 | 19 | 17,032 | 34,919 | 1013,0 | 22,5 | 10,5 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 3 |
| 36 | 02 | 09 | 27 | 19 | 20 | 22 | 20,0 | 72 | 2,5 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 750 | 2 | 15 | 1 | 36 | 100 | 20 | 16,941 | 34,877 | 1013,0 | 17,5 | 16,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 37 | 02 | 09 | 28 | 0 | 46 | 22 | 20,0 | 71 | 30,0 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 740 | 1 | 52 | 1 | 42 | 100 | 5 | 17,040 | 34,889 | 1013,0 | 16,5 | 15,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 38 | 02 | 09 | 28 | 5 | 52 | 22 | 20,0 | 70 | 58,0 | WP-2 | 297 | >4000 | A07 | 705 | 2 | 5 | 1 | 46 | 100 | 23 | 17,241 | 34,965 | 1012,2 | 16,0 | 15,0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 39 | 02 | 09 | 28 | 9 | 44 | 22 | 20,0 | 70 | 36,5 | WP-2 | 297 | 1262 | A07 | 640 | 1 | 44 | 1 | 50 | 100 | 5 | 16,959 | 34,866 | 1013,0 | 18,0 | 16,5 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 40 | 02 | 09 | 28 | 12 | 15 | 22 | 20,0 | 70 | 25,4 | WP-2 | 297 | 801 | A07 | 780 | 1 | 38 | 1 | 50 | 100 | 8 | 16,302 | 34,813 | 1013,0 | 22,5 | 10,5 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 41 | 02 | 09 | 28 | 13 | 40 | 22 | 20,0 | 70 | 20,0 | WP-2 | 297 | 345 | A07 | 680 | 1 | 37 | 1 | 37 | 100 | 12 | 15,905 | 34,835 | 1012,0 | 22,5 | 19,0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 42 | 02 | 09 | 28 | 14 | 55 | 22 | 20,0 | 70 | 18,0 | WP-2 | 297 | 98 | A07 | 660 | 1 | 27 | 1 | 20 | 90 | 27 | 15,487 | 34,826 | 1011,0 | 22,5 | 20,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 43 | 02 | 09 | 28 | 10 | 23 | 22 | 40,0 | 70 | 18,9 | WP-2 | 297 | 121 | A07 | 745 | 1 | 59 | 1 | 36 | 100 | 11 | 16,824 | 34,828 | 1011,2 | 17,0 | 15,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 44 | 02 | 09 | 29 | 0 | 10 | 23 | 0,0 | 70 | 36,0 | WP-2 | 297 | 150 | A07 | 804 | 2 | 10 | 2 | 10 | 100 | 24 | 15,163 | 34,816 | 1013,0 | 16,0 | 14,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 45 | 02 | 09 | 29 | 3 | 30 | 23 | 20,0 | 70 | 40,0 | WP-2 | 297 | 940 | A07 | 630 | 1 | 53 | 2 | 4 | 100 | 7 | 14,472 | 34,830 | 1013,1 | 16,0 | 14,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 46 | 02 | 09 | 29 | 8 | 0 | 23 | 40,0 | 70 | 26,0 | WP-2 | 297 | 92 | A07 | 488 | 1 | 34 | 1 | 9 | 70 | 10 | 16,551 | 34,797 | 1015,0 | 15,5 | 14,5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 47 | 02 | 09 | 29 | 9 | 3 | 23 | 40,0 | 70 | 30,0 | WP-2 | 297 | 141 | A07 | 760 | 1 | 45 | 1 | 32 | 100 | 25 | 16,077 | 34,815 | 1015,0 | 16,0 | 15,0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | sc | 8 |
| 48 | 02 | 09 | 29 | 10 | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Tabla 7

Bit3cara de estaciones bio-oceanogr3ficas y registro de datos meteorol3gicos. Crucero MOBIO - 0212 - Primavera 2002.

| N° EST | FECHA | | | HORA | | | LAT | | LONG | | RED MODELO | PROF. MALLA | FLUJ3METRO ECOS. COD. | N°FIN. | CALADO MIN SEG | VIRADO MIN SEG | CABLE ARR. | TEMP(°C) 0m | SALINI. 0m | PRESI3N ATMOSF. | TEMP.AIRE | | SECCHI | OLAS | | | VIENTO | | | NUBES | | |
|--------|-------|----|----|------|-----|----|------|----|------|------|------------|-------------|-----------------------|--------|----------------|----------------|------------|-------------|------------|-----------------|-----------|--------|--------|------|------|------|--------|------|------|-------|------|------|
| | AA | MM | DD | HH | MIN | GR | MIN | GR | MIN | GR | | | | | | | | | | | SECA | H3MEDA | | ALT. | DIR. | DIR. | VEL. | TIP. | CAN. | ALT. | DIR. | DIR. |
| 1 | 02 | 12 | 10 | 12 | 4 | 18 | 25,0 | 70 | 20,6 | WP-2 | 297 | 13 | A02 | 83 | 0 | 21 | 0 | 22 | 18 | 10 | 17,626 | 34,884 | 1017,0 | 21,0 | 19,0 | 7 | 2 | 23 | 21 | 3 | 0 | 6 |
| 2 | 02 | 12 | 10 | 13 | 35 | 18 | 25,0 | 70 | 24,8 | WP-2 | 297 | 65 | A02 | 410 | 1 | 17 | 1 | 31 | 60 | 15 | 19,035 | 34,858 | 1016,5 | 22,0 | 20,0 | 4 | 2 | 23 | 21 | 4 | 0 | 6 |
| 3 | 02 | 12 | 10 | 14 | 59 | 18 | 25,0 | 70 | 30,0 | WP-2 | 297 | 106 | A02 | 710 | 1 | 53 | 2 | 17 | 100 | 23 | 18,311 | 34,887 | 1016,0 | 20,5 | 19,5 | 4 | 3 | 23 | 18 | 4 | 1 | 6 |
| 4 | 02 | 12 | 10 | 16 | 35 | 18 | 25,0 | 70 | 40,7 | WP-2 | 297 | 684 | A02 | 938 | 2 | 17 | 2 | 18 | 100 | 38 | 20,056 | 34,941 | 1015,2 | 20,5 | 19,0 | 6 | 3 | 23 | 18 | 4 | 2 | 7 |
| 5 | 02 | 12 | 10 | 20 | 19 | 18 | 25,0 | 71 | 1,7 | WP-2 | 297 | 922 | A02 | 660 | 2 | 6 | 1 | 51 | 100 | 24 | 21,491 | 34,966 | 1016,7 | 19,5 | 18,5 | 3 | 18 | 12 | 2 | 2 | 8 | |
| 6 | 02 | 12 | 11 | 0 | 38 | 18 | 25,0 | 71 | 33,3 | WP-2 | 297 | 2054 | A02 | 710 | 2 | 11 | 2 | 31 | 100 | 13 | 20,067 | 34,956 | 1017,5 | 18,5 | 17,5 | 3 | 18 | 14 | 2 | 2 | 8 | |
| 7 | 02 | 12 | 11 | 4 | 56 | 18 | 25,0 | 72 | 5,0 | WP-2 | 297 | 4500 | A02 | 785 | 2 | 4 | 2 | 29 | 100 | 36 | 21,669 | 35,287 | 1015,0 | 19,0 | 18,0 | 2 | 18 | 13 | 3 | 2 | 8 | |
| 8 | 02 | 12 | 11 | 7 | 56 | 18 | 43,7 | 72 | 3,6 | WP-2 | 297 | >6000 | A02 | 920 | 2 | 27 | 2 | 33 | 100 | 29 | 21,715 | 35,278 | 1015,6 | 19,5 | 19,0 | 10 | 3 | 18 | 15 | 4 | 3 | 8 |
| 9 | 02 | 12 | 11 | 10 | 57 | 19 | 2,1 | 72 | 1,5 | WP-2 | 297 | 6000 | A02 | 760 | 2 | 48 | 2 | 26 | 100 | 12 | 20,916 | 35,089 | 1016,0 | 19,5 | 19,0 | 11 | 3 | 18 | 16 | 4 | 6 | 8 |
| 10 | 02 | 12 | 11 | 14 | 4 | 19 | 21,1 | 71 | 59,8 | WP-2 | 297 | 5500 | A02 | 772 | 2 | 51 | 2 | 27 | 100 | 27 | 21,512 | 35,110 | 1015,0 | 23,0 | 21,0 | 12 | 3 | 18 | 15 | 3 | 6 | 8 |
| 11 | 02 | 12 | 11 | 18 | 1 | 19 | 40,0 | 71 | 56,9 | WP-2 | 297 | 4630 | A02 | 689 | 2 | 27 | 2 | 22 | 100 | 11 | 21,455 | 35,070 | 1014,0 | 21,0 | 19,0 | 9 | 3 | 18 | 18 | 4 | 6 | 8 |
| 12 | 02 | 12 | 11 | 22 | 16 | 19 | 40,0 | 71 | 25,1 | WP-2 | 297 | 6000 | A02 | 725 | 2 | 12 | 2 | 37 | 100 | 9 | 21,202 | 35,141 | 1016,0 | 21,0 | 19,0 | 3 | 18 | 17 | 3 | 6 | 8 | |
| 13 | 02 | 12 | 12 | 2 | 22 | 19 | 40,0 | 70 | 53,2 | WP-2 | 297 | 2390 | A02 | 773 | 1 | 42 | 2 | 36 | 100 | 21 | 20,813 | 34,971 | 1015,0 | 18,5 | 17,5 | 3 | 18 | 14 | 2 | 6 | 8 | |
| 14 | 02 | 12 | 12 | 5 | 55 | 19 | 40,0 | 70 | 32,0 | WP-2 | 297 | 787 | A02 | 725 | 2 | 41 | 2 | 43 | 100 | 29 | 21,834 | 35,154 | 1014,0 | 17,5 | 17,0 | 2 | 18 | 12 | 2 | 6 | 2 | |
| 15 | 02 | 12 | 12 | 8 | 15 | 19 | 40,0 | 70 | 21,5 | WP-2 | 297 | 661 | A02 | 705 | 2 | 5 | 2 | 27 | 100 | 6 | 21,026 | 35,125 | 1015,0 | 18,0 | 17,0 | 11 | 2 | 18 | 13 | 3 | 0 | 2 |
| 16 | 02 | 12 | 12 | 9 | 51 | 19 | 40,0 | 70 | 16,0 | WP-2 | 297 | 240 | A02 | 680 | 2 | 30 | 2 | 21 | 100 | 8 | 17,532 | 34,913 | 1015,0 | 18,0 | 17,0 | 6 | 1 | 18 | 13 | 2 | 0 | 3 |
| 17 | 02 | 12 | 12 | 10 | 55 | 19 | 40,0 | 70 | 11,8 | WP-2 | 297 | 79 | A02 | 423 | 1 | 41 | 2 | 8 | 75 | 3 | 16,329 | 34,873 | 1015,5 | 20,0 | 19,0 | 4 | 1 | 18 | 18 | 1 | 2 | 3 |
| 18 | 02 | 12 | 12 | 18 | 43 | 20 | 23,4 | 70 | 37,1 | WP-2 | 297 | 1130 | A02 | 678 | 2 | 22 | 2 | 29 | 100 | 30 | 22,454 | 35,141 | 1013,5 | 19,0 | 18,0 | 11 | 1 | 18 | 17 | 2 | 3 | 3 |
| 19 | 02 | 12 | 12 | 22 | 52 | 20 | 35,8 | 71 | 3,9 | WP-2 | 297 | 4900 | A02 | 735 | 2 | 40 | 2 | 31 | 100 | 24 | 21,858 | 35,134 | 1016,5 | 20,0 | 19,0 | 3 | 18 | 27 | 2 | 6 | 8 | |
| 20 | 02 | 12 | 13 | 3 | 17 | 20 | 48,9 | 71 | 31,7 | WP-2 | 297 | 4595 | A02 | 738 | 2 | 19 | 2 | 12 | 100 | 3 | 21,692 | 35,140 | 1015,0 | 18,0 | 16,0 | 22 | 2 | 22 | 6 | 8 | | |
| 21 | 02 | 12 | 13 | 7 | 6 | 21 | 0,0 | 71 | 57,2 | WP-2 | 297 | 4300 | A02 | 690 | 2 | 21 | 1 | 26 | 100 | 10 | 21,818 | 35,174 | 1015,3 | 17,5 | 16,5 | 13 | 22 | 6 | 8 | | | |
| 22 | 02 | 12 | 13 | 11 | 33 | 21 | 0,0 | 71 | 25,1 | WP-2 | 297 | 5600 | A02 | 740 | 2 | 2 | 2 | 11 | 100 | 12 | 22,259 | 35,215 | 1016,5 | 19,0 | 18,0 | 11 | 3 | 22 | 15 | 3 | 6 | 8 |
| 23 | 02 | 12 | 13 | 16 | 0 | 21 | 0,0 | 70 | 53,0 | WP-2 | 297 | 3870 | A02 | 658 | 1 | 59 | 2 | 26 | 100 | 6 | 19,917 | 34,807 | 1014,0 | 24,0 | 20,5 | 4 | 3 | 22 | 21 | 3 | 6 | 4 |
| 24 | 02 | 12 | 13 | 19 | 33 | 21 | 0,0 | 70 | 31,5 | WP-2 | 297 | 779 | A02 | 638 | 2 | 12 | 2 | 20 | 100 | 5 | 20,160 | 34,880 | 1013,3 | 22,0 | 19,5 | 5 | 2 | 23 | 23 | 2 | 6 | 2 |
| 25 | 02 | 12 | 13 | 21 | 40 | 21 | 0,0 | 70 | 20,7 | WP-2 | 297 | 106 | A02 | 687 | 2 | 43 | 2 | 23 | 100 | 8 | 18,610 | 34,842 | 1015,0 | 19,0 | 18,0 | 2 | 23 | 9 | 2 | 6 | 4 | |
| 26 | 02 | 12 | 13 | 22 | 52 | 21 | 0,0 | 70 | 15,9 | WP-2 | 297 | 93 | A02 | 640 | 1 | 55 | 2 | 14 | 90 | 10 | 18,898 | 34,828 | 1016,0 | 17,0 | 16,0 | 1 | 23 | 9 | 2 | 6 | 3 | |
| 27 | 02 | 12 | 13 | 23 | 57 | 21 | 0,0 | 70 | 11,6 | WP-2 | 297 | 75 | A02 | 423 | 1 | 16 | 1 | 47 | 70 | 3 | 16,352 | 34,871 | 1016,5 | 17,0 | 16,0 | 1 | 23 | 15 | 3 | 6 | 2 | |
| 28 | 02 | 12 | 14 | 3 | 25 | 21 | 20,0 | 70 | 8,2 | WP-2 | 297 | 87 | A02 | 570 | 1 | 41 | 1 | 42 | 75 | 22 | 17,951 | 34,833 | 1015,5 | 16,0 | 16,0 | 1 | 23 | 16 | 3 | 6 | 5 | |
| 29 | 02 | 12 | 14 | 6 | 26 | 21 | 40,1 | 70 | 11,5 | WP-2 | 297 | 106 | A02 | 717 | 2 | 11 | 2 | 20 | 100 | 9 | 16,601 | 34,845 | 1015,5 | 16,0 | 15,5 | 1 | 23 | 8 | 1 | 6 | 2 | |
| 30 | 02 | 12 | 14 | 9 | 13 | 22 | 0,0 | 70 | 14,0 | WP-2 | 297 | 129 | A02 | 710 | 2 | 5 | 2 | 0 | 100 | 3 | 15,799 | 34,848 | 1016,5 | 17,0 | 16,0 | 5 | 1 | 23 | 18 | 3 | 3 | 1 |
| 31 | 02 | 12 | 14 | 14 | 47 | 22 | 44,5 | 70 | 20,7 | WP-2 | 297 | 242 | A02 | 695 | 2 | 14 | 2 | 22 | 100 | 7 | 17,063 | 34,832 | 1017,0 | 21,0 | 19,0 | 6 | 1 | 23 | 26 | 2 | 4 | 1 |
| 32 | 02 | 12 | 14 | 19 | 53 | 23 | 5,0 | 70 | 37,2 | WP-2 | 297 | 145 | A02 | 712 | 1 | 53 | 2 | 7 | 100 | 6 | 16,628 | 34,749 | 1015,0 | 18,0 | 17,5 | 4 | 1 | 23 | 18 | 3 | 6 | 2 |
| 33 | 02 | 12 | 14 | 23 | 40 | 23 | 31,0 | 70 | 40,0 | WP-2 | 297 | 420 | A02 | 693 | 2 | 13 | 2 | 9 | 100 | 1 | 17,732 | 34,782 | 1017,0 | 16,5 | 15,5 | 2 | 23 | 15 | 2 | 6 | 1 | |
| 34 | 02 | 12 | 15 | 2 | 29 | 23 | 40,0 | 70 | 25,9 | WP-2 | 297 | 80 | A02 | 445 | 1 | 28 | 1 | 45 | 75 | 4 | 18,856 | 34,816 | 1016,0 | 15,5 | 15,5 | 2 | 23 | 7 | 2 | 0 | 0 | |
| 35 | 02 | 12 | 15 | 3 | 40 | 23 | 40,0 | 70 | 30,2 | WP-2 | 297 | 144 | A02 | 645 | 2 | 0 | 2 | 8 | 100 | 5 | 15,938 | 34,715 | 1016,0 | 15,5 | 15,0 | 2 | 23 | 15 | 2 | 0 | 0 | |
| 36 | 02 | 12 | 15 | 4 | 53 | 23 | 40,0 | 70 | 35,9 | WP-2 | 297 | 478 | A02 | 660 | 1 | 59 | 2 | 8 | 100 | 8 | 16,567 | 34,681 | 1016,0 | 16,0 | 16,0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 37 | 02 | 12 | 15 | 7 | 13 | 23 | 40,0 | 70 | 46,7 | WP-2 | 297 | 2380 | A02 | 660 | 2 | 5 | 2 | 17 | 100 | 16 | 20,295 | 34,890 | 1016,6 | 16,0 | 16,0 | 12 | 2 | 21 | 11 | 2 | 3 | 7 |
| 38 | 02 | 12 | 15 | 11 | 31 | 23 | 40,0 | 71 | 8,5 | WP-2 | 297 | 6000 | A02 | 728 | 1 | 54 | 2 | 32 | 100 | 12 | 21,244 | 35,002 | 1017,5 | 22,0 | 20,0 | 17 | 3 | 21 | 13 | 1 | 6 | 3 |
| 39 | 02 | 12 | 15 | 17 | 0 | 23 | 40,0 | 71 | 41,4 | WP-2 | 297 | 5280 | A02 | 915 | 1 | 57 | 2 | 15 | 100 | 23 | 20,222 | 34,894 | 1016,0 | 20,0 | 19,0 | 19 | 3 | 21 | 18 | 4 | 6 | 6 |
| 40 | 02 | 12 | 15 | 21 | 39 | 23 | 40,0 | 72 | 14,0 | WP-2 | 297 | 4360 | A02 | 733 | 1 | 56 | 1 | 58 | 100 | 18 | 20,324 | 34,815 | 1016,0 | 18,0 | 16,0 | 3 | 21 | 17 | 3 | 6 | 8 | |
| 41 | 02 | 12 | 16 | 1 | 0 | 23 | 19,9 | 72 | 11,1 | WP-2 | 297 | 4100 | A02 | 720 | 1 | 59 | 2 | 6 | 100 | 14 | 20,572 | 34,913 | 1017,0 | 17,0 | 16,0 | 3 | 21 | 17 | 3 | 6 | 8 | |
| 42 | 02 | 12 | 16 | 4 | 9 | 22 | 59,4 | 72 | 0,3 | WP-2 | 297 | 4290 | A02 | 695 | 2 | 10 | 2 | 12 | 100 | 6 | 20,688 | 34,957 | 1016,5 | 17,0 | 16,0 | 1 | 21 | 23 | 1 | 6 | 8 | |
| 43 | 02 | 12 | 16 | 7 | 19 | 22 | 39,6 | 72 | 5,8 | WP-2 | 297 | 4180 | A02 | 770 | 2 | 21 | 2 | 17 | 100 | 6 | 21,380 | 35,077 | 1017,0 | 17,5 | 16,0 | 1 | 21 | 6 | 8 | | | |
| 44 | 02 | 12 | 16 | 10 | 28 | 22 | 20,0 | 72 | 3,4 | WP-2 | 297 | 4330 | A02 | 720 | 1 | 46 | 2 | 26 | 100 | 8 | 20,922 | 34,932 | 1018,0 | 20,0 | 18,0 | 1 | 21 | 6 | 7 | | | |
| 45 | 02 | 12 | 16 | 14 | 52 | 22 | 20,0 | 71 | 31,1 | WP-2 | 297 | 5179 | A02 | 700 | 1 | 58 | 1 | 56 | 100 | 12 | 21,509 | 35,048 | 1017,0 | 23,0 | 20,0 | 20 | 1 | 21 | 21 | 2 | 6 | 3 |
| 46 | 02 | 12 | 16 | 19 | 37 | 22 | 20,0 | 70 | 58,0 | WP-2 | 297 | 4920 | A02 | 730 | 1 | 47 | 1 | 53 | 100 | 6 | 21,661 | 35,131 | 1015,5 | 23,0 | 20,0 | 11 | 3 | 21 | 19 | 4 | 6 | 7 |
| 47 | 02 | 12 | 16 | 23 | 7 | 22 | 20,0 | 70 | 36,6 | WP-2 | 297 | 1245 | A02 | 680 | 2 | 10 | 2 | 9 | 100 | 12 | 21,812 | 35,083 | 1017,5 | 18,0 | 16,0 | 3 | 21 | 18 | 3 | 6 | | |



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN PESQUERA

Tabla 8
Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0301 - Verano 2003.

| N° EST | FECHA | | | HORA | | LAT | | LONG | | RED MODELO | PROF. ECOS. | FLUJOMETRO COD. | CALADO MIN SEG | VIRADO MIN SEG | CABLE ARR. | TEMP(°C) Om | SALINI. Om | PRESION ATMOSF. | TEMP.AIRE | | SECCHI | OLAS | | VIENTO | | NUBES | | | | | | | |
|--------|-------|----|----|------|--------|-----|------|------|------|------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|------------|-------------|------------|-----------------|-----------|--------|--------|--------|------|--------|------|-------|------|----|----|----|---|---|---|
| | AA | MM | DD | HH | MIN GR | MIN | GR | MIN | GR | | | | | | | | | | SECA | HUMEDA | | ALT. | DIR. | DIR. | VEL. | TIP. | CAN. | | | | | | |
| 1 | 03 | 3 | 11 | 4 | 59 | 22 | 44,8 | 70 | 21,2 | WP-2 | 297 | 350 | A01 | 798 | 2 | 22 | 2 | 34 | 100 | 23 | 17,265 | 34,729 | 12,5 | 18,5 | 17,5 | 0 | 17 | 3 | 6 | 8 | | | |
| 2 | 03 | 3 | 11 | 10 | 51 | 23 | 9,2 | 70 | 38,4 | WP-2 | 297 | 277 | A01 | 672 | 2 | 24 | 2 | 4 | 100 | 18 | 16,136 | 34,645 | 12,5 | 19,0 | 16,0 | 4 | 1 | 21 | 21 | 10 | 0 | | |
| 3 | 03 | 3 | 11 | 14 | 37 | 23 | 31,0 | 70 | 40,3 | WP-2 | 297 | 490 | A01 | 720 | 2 | 17 | 2 | 9 | 100 | 19 | 16,465 | 34,670 | 12,0 | 23,0 | 19,0 | 5 | 2 | 21 | 19 | 10 | 0 | | |
| 4 | 03 | 3 | 11 | 17 | 30 | 23 | 40,0 | 70 | 25,9 | WP-2 | 297 | 79 | A01 | 452 | 1 | 40 | 1 | 30 | 70 | 15 | 17,826 | 34,661 | 11,5 | 23,0 | 20,0 | 5 | 2 | 21 | 24 | 12 | 6 | 1 | |
| 5 | 03 | 3 | 11 | 20 | 0 | 23 | 40,0 | 70 | 30,4 | WP-2 | 297 | 145 | A01 | 710 | 2 | 10 | 2 | 12 | 100 | 16 | 17,133 | 34,555 | 12,5 | 19,0 | 18,0 | 2 | 2 | 21 | 22 | 10 | 6 | 1 | |
| 6 | 03 | 3 | 11 | 21 | 11 | 23 | 40,0 | 70 | 35,8 | WP-2 | 297 | 485 | A01 | 765 | 2 | 20 | 2 | 8 | 100 | 34 | 18,429 | 34,559 | 13,0 | 19,0 | 18,0 | 2 | 20 | 18 | 9 | | | | |
| 7 | 03 | 3 | 12 | 0 | 3 | 23 | 40,0 | 70 | 46,7 | WP-2 | 297 | 2380 | A01 | 695 | 2 | 23 | 2 | 14 | 100 | 11 | 19,100 | 34,506 | 13,0 | 18,0 | 17,0 | 3 | 20 | 19 | 2 | | 0 | | |
| 8 | 03 | 3 | 12 | 3 | 36 | 23 | 40,0 | 71 | 8,7 | WP-2 | 297 | >5000 | A01 | 659 | 2 | 18 | 2 | 12 | 100 | 11 | 18,193 | 34,477 | 13,5 | 17,5 | 17,0 | x | 20 | 12 | 5 | 1 | 2 | | |
| 9 | 03 | 3 | 12 | 8 | 45 | 23 | 40,0 | 71 | 41,0 | WP-2 | 297 | <5000 | A01 | 710 | 2 | 18 | 2 | 14 | 100 | 12 | 20,428 | 34,784 | 14,5 | 22,0 | 19,0 | 23 | 3 | 19 | 13 | 7 | 2 | 2 | |
| 10 | 03 | 3 | 12 | 13 | 16 | 23 | 40,0 | 72 | 13,7 | WP-2 | 297 | 4358 | A01 | 808 | 2 | 22 | 1 | 52 | 100 | 29 | 21,357 | 34,890 | 13,5 | 25,5 | 22,5 | 15 | 3 | 19 | 15 | 15 | 3 | 6 | |
| 11 | 03 | 3 | 12 | 16 | 27 | 23 | 19,9 | 72 | 11,2 | WP-2 | 297 | 4160 | A01 | 648 | 2 | 15 | 1 | 56 | 100 | 17 | 21,460 | 34,852 | 11,0 | 21,0 | 19,0 | 15 | 3 | 19 | 17 | 15 | 1 | 6 | |
| 12 | 03 | 3 | 12 | 19 | 52 | 22 | 59,1 | 72 | 8,3 | WP-2 | 297 | 4250 | A01 | 708 | 2 | 23 | 2 | 13 | 100 | 21 | 22,401 | 35,190 | 11,0 | 20,0 | 18,0 | 3 | 19 | 15 | 15 | 6 | 7 | | |
| 13 | 03 | 3 | 12 | 23 | 20 | 22 | 39,4 | 72 | 5,8 | WP-2 | 297 | 4000 | A01 | 695 | 2 | 41 | 2 | 35 | 100 | 17 | 22,273 | 35,118 | 12,0 | 20,0 | 18,0 | 3 | 19 | 15 | 10 | 6 | 8 | | |
| 14 | 03 | 3 | 13 | 2 | 45 | 22 | 20,2 | 72 | 3,0 | WP-2 | 297 | s/s | A01 | 738 | 2 | 15 | 2 | 4 | 100 | 18 | 22,460 | 35,068 | 11,5 | 20,0 | 18,5 | 3 | 19 | 19 | 10 | 6 | 8 | | |
| 15 | 03 | 3 | 13 | 7 | 23 | 22 | 20,0 | 71 | 30,3 | WP-2 | 297 | >5000 | A01 | 710 | 2 | 21 | 2 | 6 | 100 | 12 | 21,751 | 34,966 | 12,5 | 20,0 | 18,0 | 22 | 3 | 19 | 16 | 5 | 1 | 6 | |
| 16 | 03 | 3 | 13 | 11 | 55 | 22 | 20,0 | 70 | 58,3 | WP-2 | 297 | 4930 | A01 | 578 | 2 | 1 | 1 | 43 | 100 | 10 | 19,678 | 34,731 | 14,0 | 21,0 | 18,0 | 8 | 4 | 20 | 11 | 7 | 2 | 4 | |
| 17 | 03 | 3 | 13 | 16 | 4 | 22 | 20,0 | 70 | 36,6 | WP-2 | 297 | 1237 | A01 | 648 | 2 | 17 | 2 | 37 | 100 | 22 | 21,524 | 34,785 | 13,0 | 20,0 | 22,0 | 9 | 3 | 22 | 17 | 15 | 2 | 4 | |
| 18 | 03 | 3 | 13 | 19 | 26 | 22 | 20,0 | 70 | 25,8 | WP-2 | 297 | 858 | A01 | 650 | 1 | 45 | 1 | 37 | 100 | 22 | 21,389 | 34,775 | 13,5 | 21,0 | 18,0 | 2 | 22 | 19 | 10 | 7 | 2 | 4 | |
| 19 | 03 | 3 | 13 | 21 | 37 | 22 | 20,0 | 70 | 20,4 | WP-2 | 297 | 380 | A01 | 560 | 1 | 43 | 1 | 43 | 100 | 5 | 19,228 | 34,646 | 15,0 | 20,0 | 18,0 | 2 | 22 | 16 | 7 | 2 | 4 | | |
| 20 | 03 | 3 | 13 | 23 | 24 | 22 | 20,0 | 70 | 16,6 | WP-2 | 297 | 115 | A01 | 654 | 1 | 41 | 1 | 39 | 100 | 11 | 16,678 | 34,635 | 15,5 | 19,0 | 17,5 | 2 | 22 | 17 | 7 | 2 | 4 | | |
| 21 | 03 | 3 | 14 | 2 | 13 | 22 | 0,0 | 70 | 13,8 | WP-2 | 297 | 123 | A01 | 802 | 2 | 28 | 1 | 53 | 100 | 30 | 16,472 | 34,683 | 15,0 | 17,2 | 16,5 | 2 | 22 | 17 | 8 | 4 | 4 | | |
| 22 | 03 | 3 | 14 | 5 | 10 | 21 | 40,0 | 70 | 11,3 | WP-2 | 297 | 101 | A01 | 662 | 2 | 56 | 2 | 19 | 95 | 16 | 17,116 | 34,751 | 14,0 | 17,0 | 16,0 | 2 | 22 | 17 | 9 | 4 | 3 | | |
| 23 | 03 | 3 | 14 | 8 | 11 | 21 | 20,0 | 70 | 9,1 | WP-2 | 297 | 88 | A01 | 640 | 1 | 22 | 1 | 13 | 90 | 15 | 17,070 | 34,810 | 14,5 | 22,0 | 19,0 | 3 | 21 | 13 | 4 | 0 | 3 | | |
| 24 | 03 | 3 | 14 | 11 | 20 | 21 | 0,0 | 70 | 11,3 | WP-2 | 297 | 73 | A01 | 379 | 1 | 4 | 1 | 3 | 65 | 6 | 15,941 | 34,822 | 15,0 | 23,0 | 20,0 | 5 | 21 | 15 | 4 | 0 | 3 | | |
| 25 | 03 | 3 | 14 | 12 | 46 | 21 | 0,0 | 70 | 15,4 | WP-2 | 297 | 90 | A01 | 528 | 1 | 22 | 1 | 18 | 95 | 13 | 17,171 | 34,820 | 14,5 | 24,0 | 21,0 | 4 | 22 | 21 | 5 | 0 | 3 | | |
| 26 | 03 | 3 | 14 | 14 | 6 | 21 | 0,0 | 70 | 20,8 | WP-2 | 297 | 106 | A01 | 630 | 1 | 48 | 1 | 23 | 100 | 16 | 19,160 | 34,796 | 14,0 | 25,0 | 22,0 | 6 | 21 | 20 | 5 | 0 | 2 | | |
| 27 | 03 | 3 | 14 | 16 | 22 | 21 | 0,0 | 70 | 31,6 | WP-2 | 297 | 800 | A01 | 671 | 2 | 18 | 1 | 41 | 100 | 24 | 21,894 | 34,755 | 13,0 | 23,0 | 22,0 | 6 | 21 | 17 | 8 | 0 | 3 | | |
| 28 | 03 | 3 | 14 | 19 | 56 | 21 | 0,0 | 70 | 52,9 | WP-2 | 297 | 3780 | A01 | 690 | 2 | 22 | 1 | 37 | 100 | 22 | 23,155 | 35,095 | 14,5 | 23,0 | 20,0 | 6 | 1 | 21 | 17 | 10 | 0 | 3 | |
| 29 | 03 | 3 | 15 | 1 | 7 | 21 | 0,0 | 71 | 25,0 | WP-2 | 297 | s/s | A01 | 750 | 1 | 49 | 1 | 41 | 100 | 8 | 23,945 | 35,269 | 16,5 | 21,0 | 19,0 | 21 | 2 | 21 | 12 | 4 | 0 | 4 | |
| 30 | 03 | 3 | 15 | 5 | 47 | 21 | 0,0 | 71 | 57,6 | WP-2 | 297 | 4290 | A01 | 682 | 1 | 37 | 1 | 39 | 100 | 22 | 23,972 | 35,341 | 15,0 | 21,0 | 19,0 | 1 | 21 | 10 | 8 | 4 | 8 | 3 | |
| 31 | 03 | 3 | 15 | 9 | 49 | 20 | 49,0 | 71 | 31,8 | WP-2 | 297 | 4500 | A01 | 639 | 1 | 54 | 1 | 30 | 100 | 22 | 23,918 | 35,317 | 16,0 | 24,0 | 21,0 | 21 | 2 | 21 | 11 | 8 | 0 | 0 | |
| 32 | 03 | 3 | 15 | 14 | 6 | 20 | 35,8 | 71 | 4,3 | WP-2 | 297 | s/s | A01 | 675 | 2 | 5 | 1 | 37 | 95 | 26 | 23,526 | 35,111 | 15,0 | 27,0 | 23,0 | 16 | 2 | 19 | 19 | 10 | 0 | 0 | |
| 33 | 03 | 3 | 15 | 18 | 33 | 20 | 23,4 | 70 | 36,9 | WP-2 | 297 | 1100 | A01 | 730 | 1 | 41 | 1 | 35 | 100 | 15 | 20,554 | 34,830 | 14,5 | 25,0 | 22,0 | 7 | 2 | 20 | 30 | 10 | 2 | 6 | 3 |
| 34 | 03 | 3 | 16 | 3 | 8 | 19 | 40,2 | 70 | 11,8 | WP-2 | 297 | 80 | A01 | 562 | 2 | 2 | 1 | 15 | 75 | 11 | 15,094 | 34,875 | 14,0 | 16,5 | 15,0 | 2 | 27 | 2 | 2 | 3 | 3 | | |
| 35 | 03 | 3 | 16 | 4 | 51 | 19 | 40,2 | 70 | 16,1 | WP-2 | 297 | 325 | A01 | 610 | 2 | 10 | 1 | 39 | 100 | 12 | 14,495 | 34,876 | 14,0 | 17,0 | 16,0 | 1 | 22 | 15 | 2 | 1 | 1 | | |
| 36 | 03 | 3 | 16 | 6 | 8 | 19 | 40,2 | 70 | 21,5 | WP-2 | 297 | 660 | A01 | 612 | 1 | 43 | 1 | 34 | 100 | 23 | 17,809 | 34,841 | 14,0 | 17,0 | 16,0 | 1 | 22 | 16 | 5 | 0 | 0 | | |
| 37 | 03 | 3 | 16 | 8 | 52 | 19 | 40,1 | 70 | 32,0 | WP-2 | 297 | 800 | A01 | 750 | 1 | 42 | 1 | 40 | 100 | 28 | 20,598 | 34,857 | 15,0 | 22,0 | 21,0 | 14 | 2 | 20 | 17 | 13 | 2 | 2 | |
| 38 | 03 | 3 | 16 | 12 | 5 | 19 | 40,1 | 70 | 53,1 | WP-2 | 297 | 2340 | A01 | 668 | 1 | 46 | 1 | 37 | 100 | 16 | 24,158 | 35,225 | 16,0 | 25,0 | 23,0 | 17 | 3 | 20 | 16 | 18 | 0 | 0 | |
| 39 | 03 | 3 | 16 | 16 | 48 | 19 | 40,1 | 71 | 25,1 | WP-2 | 297 | 5000 | A01 | 728 | 1 | 47 | 1 | 35 | 100 | 23 | 21,937 | 34,791 | 15,0 | 23,0 | 21,0 | 10 | 3 | 18 | 15 | 14 | 2 | 1 | |
| 40 | 03 | 3 | 16 | 21 | 11 | 19 | 40,1 | 71 | 57,0 | WP-2 | 297 | 4590 | A01 | 641 | 2 | 16 | 1 | 33 | 100 | 15 | 23,914 | 35,243 | 16,0 | 21,0 | 19,0 | 3 | 19 | 15 | 10 | 0 | 0 | | |
| 41 | 03 | 3 | 17 | 0 | 25 | 19 | 21,0 | 71 | 59,8 | WP-2 | 297 | s/s | A01 | 660 | 1 | 42 | 1 | 36 | 100 | 17 | 23,114 | 34,968 | 17,0 | 21,6 | 19,0 | 3 | 19 | 11 | 10 | 8 | 3 | 0 | |
| 42 | 03 | 3 | 17 | 3 | 32 | 19 | 1,9 | 72 | 1,5 | WP-2 | 297 | s/s | A01 | 688 | 1 | 45 | 1 | 34 | 100 | 18 | 24,004 | 35,097 | 15,0 | 21,8 | 19,0 | 3 | 19 | 11 | 10 | 6 | 8 | 0 | |
| 43 | 03 | 3 | 17 | 6 | 37 | 18 | 43,3 | 72 | 3,7 | WP-2 | 297 | 6000 | A01 | 753 | 1 | 46 | 1 | 36 | 100 | 27 | 23,788 | 35,094 | 15,0 | 22,0 | 20,0 | 3 | 19 | 12 | 10 | 4 | 8 | 0 | |
| 44 | 03 | 3 | 17 | 9 | 44 | 18 | 24,7 | 72 | 4,8 | WP-2 | 297 | s/s | A01 | 670 | 1 | 52 | 1 | 28 | 100 | 26 | 23,915 | 35,132 | 16,0 | 23,0 | 20,0 | 14 | 3 | 19 | 11 | 10 | 3 | 6 | 7 |
| 45 | 03 | 3 | 17 | 14 | 9 | 18 | 25,1 | 71 | 33,1 | WP-2 | 297 | 2829 | A01 | 730 | 2 | 3 | 1 | 33 | 100 | 27 | 21,482 | 34,933 | 15,0 | 24,5 | 23,0 | 3 | 3 | 19 | 13 | 9 | 2 | 3 | 8 |
| 46 | 03 | 3 | 17 | 18 | 45 | 18 | 25,1 | 71 | 1,9 | WP-2 | 297 | 916 | A01 | 672 | 1 | 41 | 1 | 34 | 100 | 16 | 22,473 | 34,968 | 15,0 | 23,0 | 20,0 | 2 | 18 | 16 | 10 | 3 | 6 | 7 | |
| 47 | 03 | 3 | 17 | 22 | 45 | 18 | 25,0 | 70 | 40,6 | WP-2 | 297 | 670 | A01 | 685 | 1 | 36 | 1 | 35 | 100 | 25 | 19,779 | 34,870 | 16,0 | 21,0 | 19,0 | 3 | 18 | 8 | 5 | 3 | 6 | 7 | |
| 48 | 03 | 3 | 18 | 0 | 56 | 18 | 25,1 | 70 | 29,9 | WP-2 | 297 | 105 | A01 | 650 | 1 | 56 | 1 | 40 | 100 | | | | | | | | | | | | | | |



Tabla 9

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

| | Otoño 2002 | Invierno 2002 | Primavera 2002 | Verano 2003 |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Tasa de Flujo bomba | 502 L/m (0,502m ³) | 733 L/m (0,733m ³) | 378 L/m (0,378m ³) | 611 L/m (0,611m ³) |
| Velocidad de curcero | 7 nudos | 7 nudos | 8 nudos | 8 nudos |
| Volumen agua filtrado red CalVET | 3,38 ± 0,51m ³ | 3,44 ± 0,22m ³ | 3,48 ± 0,10m ³ | 3,48 ± 0,18m ³ |
| Volumen agua filtrado sistema CUFES | 1,290 m ³ | 1,576 m ³ | 1,576 m ³ | 1,418 m ³ |

Tabla 10

Categorías por densidad.

| Categoría | Intervalo (t/mn ²) | Calificación de densidad |
|-----------|--------------------------------|--------------------------|
| I | 1 - 75 | Muy baja |
| II | 76 - 150 | Baja |
| III | 151 - 300 | Densa |
| IV | 301 - > | Muy densa |



Tabla 11
Densidad promedio, constancia y dominancia numerica de huevos de peces cruceros estacionales mobio 2002/2003.

| ESPECIE | CRUCERO | NUMERO ESTACIONES POSITIVAS | NUMERO DE HUEVOS | DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES | DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS | CONSTANCIA FRECUENCIA % | DOMINANCIA NUMERICA % |
|-------------------|-----------|-----------------------------|------------------|--------------------------------------|--|-------------------------|-----------------------|
| Sardinops sagax | Otoño | 0 | | | | | |
| | Invierno | 4 | 2071 | 35 | 518 | 6,8 | 0,3 |
| | Primavera | 0 | | | | | |
| | Verano | 1 | 144 | 3 | 144 | 2,0 | 0,0 |
| | Total | 5 | 2215 | 11 | 443 | 2,4 | 0,1 |
| Engraulis ringens | Otoño | 12 | 99117 | 2109 | 8260 | 25,5 | 97,1 |
| | Invierno | 28 | 784122 | 13290 | 28004 | 47,5 | 96,6 |
| | Primavera | 20 | 130694 | 2614 | 6535 | 40,0 | 74,6 |
| | Verano | 10 | 431596 | 8632 | 43160 | 20,0 | 82,0 |
| | Total | 70 | 1445529 | 7017 | 20650 | 34,0 | 89,5 |
| Trachurus murphyi | Otoño | 0 | | | | | |
| | Invierno | 10 | 693 | | | | |
| | Primavera | 4 | 342 | 7 | 86 | 8,0 | 0,2 |
| | Verano | 3 | 561 | 11 | 187 | 6,0 | 0,1 |
| | Total | 17 | 1596 | 8 | 94 | 8,3 | 0,1 |
| Scomber japonicus | Otoño | 0 | | | | | |
| | Invierno | 0 | | | | | |
| | Primavera | 8 | 4333 | 87 | 542 | 16,0 | 2,5 |
| | Verano | 1 | 321 | | | | |
| | Total | 9 | 4654 | 23 | 517 | 4,4 | 0,3 |
| Otras especies | Otoño | 17 | 2996 | 64 | 176 | 36,2 | 2,9 |
| | Invierno | 35 | 24937 | 423 | 712 | 59,3 | 3,1 |
| | Primavera | 34 | 39772 | 795 | 1170 | 68,0 | 22,7 |
| | Verano | 30 | 93959 | 1879 | 3132 | 60,0 | 17,8 |
| | Total | 116 | 161664 | 785 | 1394 | 56,3 | 10,0 |
| Total Huevos | Otoño | 26 | 102113 | 2173 | 3927 | 55,3 | 100,0 |
| | Invierno | 32 | 811822 | 13760 | 25369 | 54,2 | 100,0 |
| | Primavera | 43 | 175142 | 3503 | 4073 | 86,0 | 100,0 |
| | Verano | 32 | 526582 | 10532 | 16456 | 64,0 | 100,0 |
| | Total | 133 | 1615659 | 7843 | 12148 | 64,6 | 100,0 |



Tabla 12
Densidad promedio, constancia y dominancia numerica de larvas de peces cruceros estacionales mobio 2002/2003.

| ESPECIE | CRUCERO | NUMERO ESTACIONES POSITIVAS | NUMERO DE LARVAS | DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES | DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS | CONSTANCIA FRECUENCIA % | DOMINANCIA NUMERICA % |
|-------------------|-----------|-----------------------------|------------------|--------------------------------------|--|-------------------------|-----------------------|
| Sardinops sagax | Otoño | 0 | | | | | |
| | Invierno | 0 | | | | | |
| | Primavera | 0 | | | | | |
| | Verano | 1 | 383 | 8 | 383 | 2,0 | 0,3 |
| | Total | 1 | 383 | 2 | 383 | 0,5 | 0,1 |
| Engraulis ringens | Otoño | 14 | 66566 | 1416 | 4755 | 29,8 | 78,6 |
| | Invierno | 48 | 109877 | 1862 | 2289 | 81,4 | 81,5 |
| | Primavera | 24 | 13035 | 261 | 543 | 48,0 | 35,4 |
| | Verano | 20 | 99512 | 1990 | 4976 | 40,0 | 77,5 |
| | Total | 106 | 288990 | 1403 | 2726 | 51,5 | 75,1 |
| Trachurus murphyi | Otoño | 0 | | | | | |
| | Invierno | 1 | 36 | 1 | 36 | 1,7 | 0,0 |
| | Primavera | 0 | | | | | |
| | Verano | 0 | | | | | |
| | Total | 1 | 36 | 0 | 36 | 0,5 | 0,0 |
| Scomber japonicus | Otoño | 0 | | | | | |
| | Invierno | 0 | | | | | |
| | Primavera | 2 | 63 | 1 | 32 | 4,0 | 0,2 |
| | Verano | 0 | | | | | |
| | Total | 2 | 63 | 0 | 32 | 1,0 | 0,0 |
| Otras especies | Otoño | 47 | 18147 | 386 | 386 | 100,0 | 21,4 |
| | Invierno | 53 | 24979 | 423 | 471 | 89,8 | 18,5 |
| | Primavera | 48 | 23693 | 474 | 494 | 96,0 | 64,4 |
| | Verano | 48 | 28495 | 570 | 594 | 96,0 | 22,2 |
| | Total | 196 | 95314 | 463 | 486 | 95,1 | 24,8 |
| Total Larvas | Otoño | 47 | 84713 | 1802 | 1802 | 100,0 | 100,0 |
| | Invierno | 58 | 134892 | 2286 | 2326 | 98,3 | 100,0 |
| | Primavera | 49 | 36790 | 736 | 751 | 98,0 | 100,0 |
| | Verano | 49 | 128390 | 2568 | 2620 | 98,0 | 100,0 |
| | Total | 203 | 384785 | 1868 | 1895 | 98,5 | 100,0 |



Tabla 13

Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros trimestrales Otoño 2002 - Verano 2003.

| Huevos | Otoño 2002 | Invierno 2002 | Primavera 2002 | Verano 2003 |
|----------------------------------|------------|---------------|----------------|-------------|
| N°Total Estaciones | 47 | 59 | 50 | 50 |
| N° Estaciones positivas | 12 | 28 | 20 | 10 |
| Abundancia (H/10m ²) | 99117 | 784122 | 130694 | 431596 |
| Mínimo Est (+) | 53 | 42 | 27 | 33 |
| Máximo Est (+) | 53782 | 307001 | 70138 | 285471 |
| Std.Dev Est (+) | 15749,37 | 70979,85 | 17376,63 | 89996,41 |
| Media Est. Positivas | 8260 | 28004 | 6535 | 43160 |
| Media Est. Totales) | 2109 | 13290 | 2614 | 8632 |
| Constancia | 25,53 | 47,46 | 40,00 | 20,00 |
| Dominancia numérica | 97,07 | 96,59 | 74,62 | 81,96 |
| CV(%) | 1,91 | 2,53 | 2,66 | 2,09 |

| Larvas | Otoño 2002 | Invierno 2002 | Primavera 2002 | Verano 2003 |
|----------------------------------|------------|---------------|----------------|-------------|
| N°Total Estaciones | 47 | 59 | 50 | 50 |
| N° Estaciones positivas | 14 | 48 | 24 | 20 |
| Abundancia (L/10m ²) | 66566 | 109877 | 13035 | 99512 |
| Mínimo Est (+) | 59 | 38 | 22 | 28 |
| Máximo Est (+) | 26219 | 30801 | 4002 | 34925 |
| Std.Dev Est (+) | 8062,14 | 5148,77 | 825,1 | 10269,04 |
| Media Est. Positivas | 4755 | 2289 | 543 | 4976 |
| Media Est. Totales) | 1416 | 1862 | 261 | 1990 |
| Constancia | 29,79 | 81,36 | 48,00 | 40,00 |
| Dominancia numérica | 78,58 | 81,46 | 35,43 | 77,51 |
| CV(%) | 1,70 | 2,25 | 1,52 | 2,06 |



Tabla 14

Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variaci3n de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros trimestrales Otoño 2002 - Verano 2003.

| | Otoño 2002 | | Invierno 2002 | | Primavera 2002 | | Verano 2003 | |
|----------------------|------------|-----------|---------------|----------|----------------|--------|-------------|-----------|
| | Huevos | Larvas | Huevos | Larvas | Huevos | Larvas | Huevos | Larvas |
| Media Est. Totales | 2109 | 1416 | 13290 | 1862 | 2614 | 261 | 8632 | 1990 |
| V(media Est totales) | 1544000,4 | 493617,0 | 43123155,1 | 377806,6 | 2550788,3 | 7893,7 | 35835195,1 | 939057,0 |
| CV(%) | 59,00% | 50,00% | 49,00% | 33,00% | 61,00% | 34,00% | 69,00% | 49,00% |
| Media D. Delta | 2431,97 | 1590,75 | 18117,91 | 1869,05 | 1763,91 | 260,93 | 16461,09 | 2415,78 |
| V(Media D. Delta) | 3516206,1 | 1095288,5 | 137982443,4 | 400399,9 | 1223077,85 | 7686,8 | 213290926,3 | 2890359,4 |
| CV(%) | 77,71% | 65,80% | 64,80% | 33,90% | 62,69% | 33,60% | 89,00% | 70,00% |

Tabla 15

Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de sardina, *Sardinops sagax*. Cruceros trimestrales Otoño 2002 - Verano 2003.

| Huevos | Otoño 2002 | Invierno 2002 | Primavera 2002 | Verano 2003 |
|----------------------------------|------------|---------------|----------------|-------------|
| N° Total Estaciones | 4/ | 59 | 50 | 50 |
| N° Estaciones positivas | 0 | 4 | 0 | 1 |
| Abundancia (H/10m ²) | | 20/1 | | 144 |
| Minimo Est (+) | | 36 | | |
| Maximo Est (+) | | 159/ | | |
| Std.Dev Est (+) | | 725,1 | | |
| Media Est. Positivas | | 518 | | 144 |
| Media Est. Totales) | | 35 | | 3 |
| Constancia | | 6,78 | | 2,00 |
| Dominancia numerica | | 0,26 | | 0,03 |
| CV(%) | | 1,40 | | 0,00 |

| Larvas | Otoño 2002 | Invierno 2002 | Primavera 2002 | Verano 2003 |
|----------------------------------|------------|---------------|----------------|-------------|
| N° Total Estaciones | 4/ | 59 | 50 | 50 |
| N° Estaciones positivas | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Abundancia (L/10m ²) | | | | 383 |
| Minimo Est (+) | | | | |
| Maximo Est (+) | | | | |
| Std.Dev Est (+) | | | | |
| Media Est. Positivas | | | | 383 |
| Media Est. Totales) | | | | 8 |
| Constancia | | | | 2,00 |
| Dominancia numerica | | | | 0,30 |
| CV(%) | | | | 0,00 |



Tabla 16

Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de jurel, *Trachurus murphyi*. Cruceros trimestrales Otoño 2002 - Verano 2003.

| Huevos | Otoño 2002 | Invierno 2002 | Primavera 2002 | Verano 2003 |
|----------------------------------|------------|---------------|----------------|-------------|
| N° Total Estaciones | 47 | 59 | 50 | 50 |
| N° Estaciones positivas | 0 | 10 | 4 | 3 |
| Abundancia (H/10m ²) | | 693 | 342 | 561 |
| Mínimo Est (+) | | 31 | 37 | 39 |
| Máximo Est (+) | | 216 | 158 | 479 |
| Std.Dev Est (+) | | 55,7 | 52,03 | 253,16 |
| Media Est. Positivas | | 69 | 86 | 187 |
| Media Est. Totales | | 12 | 7 | 11 |
| Constancia | | 16,95 | 8,00 | 6,00 |
| Dominancia numérica | | 0,09 | 0,20 | 0,11 |
| CV(%) | | 0,80 | 0,61 | 1,35 |

| Larvas | Otoño 2002 | Invierno 2002 | Primavera 2002 | Verano 2003 |
|----------------------------------|------------|---------------|----------------|-------------|
| N° Total Estaciones | 47 | 59 | 50 | 50 |
| N° Estaciones positivas | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Abundancia (L/10m ²) | | 36 | | |
| Mínimo Est (+) | | | | |
| Máximo Est (+) | | | | |
| Std.Dev Est (+) | | | | |
| Media Est. Positivas | | 36 | | |
| Media Est. Totales | | 1 | | |
| Constancia | | 1,69 | | |
| Dominancia numérica | | 0,03 | | |
| CV(%) | | 0,00 | | |



Tabla 17

Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de caballa, *Scomber japonicus*. Cruceros trimestrales Otoño 2002 - Verano 2003.

| Huevos | Otoño 2002 | Invierno 2002 | Primavera 2002 | Verano 2003 |
|----------------------------------|------------|---------------|----------------|-------------|
| N° Total Estaciones | 47 | 59 | 50 | 50 |
| N° Estaciones positivas | 0 | 0 | 8 | 1 |
| Abundancia (H/10m ²) | | | 4333 | 321 |
| Mínimo Est (+) | | | 34 | |
| Máximo Est (+) | | | 2685 | |
| Std.Dev Est (+) | | | 904,45 | |
| Media Est. Positivas | | | 542 | 321 |
| Media Est. Totales | | | 87 | 6 |
| Constancia | | | 16,00 | 2,00 |
| Dominancia numérica | | | 2,47 | 0,06 |
| CV(%) | | | 1,67 | 0,00 |

| Larvas | Otoño 2002 | Invierno 2002 | Primavera 2002 | Verano 2003 |
|----------------------------------|------------|---------------|----------------|-------------|
| N° Total Estaciones | 47 | 59 | 50 | 50 |
| N° Estaciones positivas | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Abundancia (L/10m ²) | | | 63 | |
| Mínimo Est (+) | | | 30 | |
| Máximo Est (+) | | | 33 | |
| Std.Dev Est (+) | | | 2,42 | |
| Media Est. Positivas | | | 32 | |
| Media Est. Totales | | | 1 | |
| Constancia | | | 4,00 | |
| Dominancia numérica | | | 0,17 | |
| CV(%) | | | 0,08 | |



Tabla 18

Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en otoño de 1986 - 2002.

| Año | Índice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | Límite inferior (LI) | Límite superior (LS) |
|-----|-------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 86 | 1,80E+10 | 1,08E+20 | 0,2877 | -2,89E+09 | 3,79E+10 |
| 87 | 4,56E+11 | 6,18E+22 | 0,2602 | -3,19E+10 | 9,43E+11 |
| 88 | 1,50E+10 | 3,68E+19 | 0,1515 | 3,13E+09 | 2,69E+10 |
| 89 | 1,35E+11 | 2,51E+21 | 0,1290 | 3,69E+10 | 2,33E+11 |
| 90 | 2,98E+11 | 3,82E+21 | 0,0421 | 1,77E+11 | 4,19E+11 |
| 92 | 4,77E+11 | 8,72E+22 | 0,3244 | -1,02E+11 | 1,06E+12 |
| 94 | 4,22E+11 | 1,85E+22 | 0,0988 | 1,56E+11 | 6,89E+11 |
| 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 |

Tabla 19

Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en otoño de 1986 - 2002.

| Año | Índice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | Límite inferior (LI) | Límite superior (LS) |
|-----|-------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 86 | 4,40E+10 | 2,54E+23 | 4,8843 | 1,33E+10 | 7,57E+10 |
| 87 | 1,27E+11 | 4,13E+21 | 0,2280 | 1,07E+09 | 2,53E+11 |
| 88 | 7,00E+09 | 1,30E+19 | 0,2353 | -1,32E+08 | 1,40E+10 |
| 89 | 6,60E+10 | 1,48E+21 | 0,2925 | -9,49E+09 | 1,41E+11 |
| 90 | 1,00E+09 | 1,33E+18 | 0,8459 | -1,11E+09 | 3,42E+09 |
| 92 | 7,70E+10 | 5,58E+20 | 0,0899 | 3,05E+10 | 1,23E+11 |
| 94 | 1,50E+10 | 4,20E+19 | 0,1711 | 1,85E+09 | 2,73E+10 |
| 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 | | | | | |



Tabla 20

Estimaci3n del 3ndice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en invierno de 1984 - 2002.

| Año | 3ndice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | L3mite inferior (LI) | L3mite superior (LS) |
|-----|-------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 84 | 1,61E+11 | 2,15E+21 | 0,0797 | 7,00E+10 | 2,52E+11 |
| 85 | 2,16E+13 | 6,29E+25 | 0,1265 | 6,05E+12 | 3,72E+13 |
| 86 | 6,40E+12 | 1,36E+24 | 0,0327 | 4,11E+12 | 8,68E+12 |
| 87 | 1,68E+12 | 2,11E+23 | 0,0721 | 7,80E+11 | 2,58E+12 |
| 88 | 4,19E+12 | 5,96E+23 | 0,0334 | 2,77E+12 | 5,61E+12 |
| 89 | 8,86E+12 | 8,33E+24 | 0,1009 | 3,54E+12 | 1,42E+13 |
| 90 | 3,15E+12 | 1,21E+24 | 0,1151 | 1,00E+12 | 5,30E+12 |
| 91 | 8,16E+11 | 3,67E+22 | 0,0537 | 4,40E+11 | 1,19E+12 |
| 92 | 3,29E+12 | 3,19E+23 | 0,0290 | 2,18E+12 | 4,40E+12 |
| 93 | 8,08E+12 | 7,04E+23 | 0,0107 | 6,44E+12 | 9,73E+12 |
| 94 | 1,84E+13 | 1,07E+25 | 0,0311 | 1,20E+13 | 2,48E+13 |
| 95 | 5,09E+12 | 8,32E+23 | 0,0316 | 3,31E+12 | 6,88E+12 |
| 96 | 5,42E+12 | 7,03E+24 | 0,2146 | 2,21E+11 | 1,06E+13 |
| 97 | 6,84E+12 | 4,37E+24 | 0,0893 | 2,74E+12 | 1,09E+12 |
| 98 | 1,20E+12 | 4,47E+23 | 0,2703 | -1,11E+11 | 2,51E+12 |
| 99 | 3,62E+12 | 2,40E+24 | 0,1682 | 5,84E+11 | 6,65E+12 |
| '00 | 4,18E+12 | 8,47E+23 | 0,0473 | 2,37E+12 | 5,98E+12 |
| '01 | 2,47E+12 | 4,89E+23 | 0,0771 | 1,10E+12 | 3,84E+12 |
| '02 | 5,72E+12 | 4,51E+24 | 0,1291 | 1,56E+12 | 9,88E+12 |

Tabla 21

Estimaci3n del 3ndice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en invierno de 1983 - 2002.

| Año | 3ndice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | L3mite inferior (LI) | L3mite superior (LS) |
|-----|-------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 83 | 1,74E+12 | 3,92E+23 | 0,1218 | 5,13E+11 | 2,97E+12 |
| 84 | 6,08E+11 | 2,77E+11 | 0,0000 | 2,81E+11 | 9,34E+11 |
| 85 | 2,43E+11 | 7,71E+21 | 0,1227 | 7,05E+10 | 4,15E+11 |
| 86 | 8,40E+11 | 5,56E+22 | 0,0758 | 3,77E+11 | 1,30E+12 |
| 87 | 6,38E+11 | 1,41E+23 | 0,2974 | -9,76E+10 | 1,37E+12 |
| 88 | 5,22E+11 | 2,19E+22 | 0,0773 | 2,32E+11 | 8,12E+11 |
| 89 | 3,03E+11 | 9,61E+21 | 0,0996 | 1,11E+11 | 4,95E+11 |
| 90 | 2,34E+11 | 5,46E+21 | 0,0951 | 8,97E+10 | 3,79E+11 |
| 91 | 4,60E+10 | 8,73E+20 | 0,3454 | -1,17E+10 | 1,04E+11 |
| 92 | 1,70E+11 | 1,34E+21 | 0,0453 | 9,82E+10 | 2,41E+11 |
| 93 | 1,07E+11 | 2,08E+21 | 0,1669 | 1,76E+10 | 1,96E+11 |
| 94 | 1,24E+11 | 2,08E+21 | 0,1269 | 3,43E+10 | 2,13E+11 |
| 95 | 4,90E+10 | 1,96E+20 | 0,0785 | 2,15E+10 | 7,64E+10 |
| 96 | 2,00E+10 | 1,93E+20 | 0,3937 | -7,29E+09 | 4,72E+10 |
| 97 | 3,30E+10 | 5,83E+20 | 0,4288 | -1,40E+10 | 8,06E+10 |
| 98 | 2,90E+10 | 4,17E+20 | 0,4027 | -1,09E+10 | 6,91E+10 |
| 99 | 1,58E+11 | 1,47E+22 | 0,4630 | -7,91E+10 | 3,96E+11 |
| '00 | 5,10E+10 | 1,72E+21 | 0,5076 | -3,06E+10 | 1,32E+11 |
| '01 | 1,82E+11 | 1,67E+22 | 0,4082 | -7,14E+10 | 4,35E+11 |
| '02 | - | - | - | - | - |



Tabla 22

Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en primavera de 1985 - 2002.

| Año | Índice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | Límite inferior (LI) | Límite superior (LS) |
|------|-------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 1985 | 1,98E+12 | 2,48E+23 | 0,0616 | 9,99E+11 | 2,95E+12 |
| 1986 | 1,61E+12 | 2,72E+23 | 0,0997 | 5,89E+11 | 2,63E+12 |
| 1987 | 1,91E+11 | 9,91E+21 | 0,2403 | -3,76E+09 | 3,86E+11 |
| 1988 | 1,75E+12 | 8,24E+23 | 0,2380 | -2,86E+10 | 3,53E+12 |
| 1990 | 5,02E+11 | 2,40E+22 | 0,0910 | 1,99E+11 | 8,06E+11 |
| 1991 | 2,17E+11 | 1,16E+22 | 0,2202 | 5,77E+09 | 4,29E+11 |
| 1992 | 7,54E+11 | 7,25E+22 | 0,1200 | 2,26E+11 | 1,28E+12 |
| 1993 | 3,25E+11 | 8,01E+21 | 0,0731 | 1,50E+11 | 5,01E+11 |
| 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 |

Tabla 23

Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en primavera de 1983 - 2002.

| Año | Índice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | Límite inferior (LI) | Límite superior (LS) |
|------|-------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 1983 | 4,60E+10 | 7,40E+20 | 0,2999 | -7,19E+09 | 9,98E+10 |
| 1985 | 1,15E+11 | 2,93E+21 | 0,2001 | 8,49E+09 | 2,21E+11 |
| 1986 | 1,31E+12 | 1,23E+23 | 0,0695 | 6,20E+11 | 1,99E+12 |
| 1987 | 8,52E+11 | 1,64E+23 | 0,2037 | 5,83E+10 | 1,65E+12 |
| 1988 | 2,28E+11 | 8,39E+21 | 0,1496 | 4,80E+10 | 4,07E+11 |
| 1990 | 4,20E+10 | 3,27E+20 | 0,1701 | 6,13E+09 | 7,70E+10 |
| 1991 | 1,32E+11 | 2,92E+21 | 0,1549 | 2,65E+10 | 2,38E+11 |
| 1992 | 9,70E+10 | 1,43E+21 | 0,1415 | 2,30E+10 | 1,71E+11 |
| 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 | | | | |



Tabla 24

Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en verano de 1987 - 2003.

| Año | Índice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | Límite inferior (LI) | Límite superior (LS) |
|-----|-------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 87 | 1,40E+10 | 2,09E+20 | 0,7258 | 4,56E+09 | 2,25E+10 |
| 88 | 4,24E+11 | 1,38E+22 | 0,0740 | 1,94E+11 | 6,54E+11 |
| 89 | 7,13E+11 | 6,31E+22 | 0,1170 | 2,20E+11 | 1,21E+12 |
| 90 | 8,14E+11 | 4,82E+22 | 0,0702 | 3,84E+11 | 1,24E+12 |
| 91 | 1,86E+12 | 5,49E+23 | 0,1476 | 5,05E+11 | 3,41E+12 |
| 92 | 1,32E+12 | 1,66E+23 | 0,0910 | 5,21E+11 | 2,12E+12 |
| 94 | 9,12E+11 | 1,56E+23 | 0,1719 | 1,37E+11 | 1,69E+12 |
| 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 |

Tabla 25

Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en verano de 1987 - 2003.

| Año | Índice Larval (L) | Varianza de (L) (VarL) | Varianza logaritmo (L) (VarlogL) | Límite inferior (LI) | Límite superior (LS) |
|-----|-------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 87 | 1,94E+11 | 4,14E+21 | 0,1044 | 6,83E+10 | 3,20E+11 |
| 88 | 2,92E+11 | 1,22E+22 | 0,1337 | 7,62E+10 | 5,08E+11 |
| 89 | 6,69E+11 | 9,86E+22 | 0,1991 | 5,34E+10 | 1,28E+12 |
| 90 | 8,80E+10 | 3,50E+21 | 0,3729 | -2,81E+10 | 2,04E+11 |
| 91 | 4,20E+10 | 3,27E+20 | 0,1701 | 6,13E+09 | 7,70E+10 |
| 92 | 1,25E+11 | 2,06E+21 | 0,1238 | 3,63E+10 | 2,14E+11 |
| 97 | 1,30E+10 | 1,03E+20 | 0,4759 | -6,93E+09 | 3,28E+10 |
| 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 |



Tabla 26
Calibraciones históricas del sistema EK-500 del B/I Carlos Porter en la frecuencia de 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 | 27,08 | 28,00 | 28,49 | 27,35 | 27,90 | 28,27 |

Tabla 27
Resultados de las calibraciones hidroacústicas históricas del sistema Simrad EK-500 del B/I "Abate Molina", para la frecuencia de 38 KHz, por longitudes de pulso.

| Fecha | Lugar | TS-transducer gain | | | Sv-transducer gain | | |
|-----------|------------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| | | Corto | Medio | Largo | Corto | Medio | Largo |
| 01.10.92 | Quintero | 26.9 | 27.9 | 28.1 | 27.0 | 27.5 | 27.9 |
| 20.06.93 | Valparaíso | 26.8 | 27.9 | 27.9 | 26.9 | 27.5 | 27.6 |
| 09.11.93 | Valparaíso | 26.5 | 27.2 | 27.4 | 26.9 | 27.2 | 27.6 |
| 27.02.94 | Mejillones | 26.0 | 27.0 | 27.0 | 26.1 | 26.7 | 27.0 |
| 15.05.94 | Mejillones | 26.1 | 27.1 | 27.1 | 26.2 | 27.0 | 27.2 |
| 06.01.95 | Mejillones | 27.0 | 27.6 | 27.8 | 27.1 | 27.7 | 28.1 |
| 12.07.95 | Valparaíso | 27.1 | 28.1 | 28.0 | 27.2 | 28.0 | 28.1 |
| 04.09.96 | Pto. Yates | 26.8 | 27.9 | 27.9 | 26.9 | 27.6 | 28.1 |
| 19.11.96 | Mejillones | 26.7 | 27.9 | 27.9 | 26.9 | 27.7 | 28.0 |
| 18.04.97 | Valparaíso | 26.8 | 27.5 | 27.6 | 27.3 | 27.7 | 27.8 |
| 29.12.97 | Valparaíso | 26.8 | 27.7 | 27.7 | 27.2 | 27.5 | 27.9 |
| 21.11.98 | Valparaíso | 26.9 | 27.4 | 27.2 | 27.1 | 27.2 | 27.3 |
| 21.12.99 | Valparaíso | 26.34 | 27.52 | | 27.02 | 27.32 | |
| 13.01.00 | Valparaíso | 26.82 | 27.43 | 29.09 | 26.47 | 27.64 | 27.40 |
| 28.12..00 | Valparaíso | 26.47 | 27.64 | 27.40 | 26.82 | 27.43 | 27.09 |
| 23.12.01 | Valparaíso | 26.57 | 27.67 | 28.35 | 26.97 | 27.53 | 25.27 |
| 28.12.02 | Valparaíso | 25,98 | 27,30 | 28,01 | 26,52 | 27,23 | 27,63 |



Tabla 28

En las temporadas de otoño, invierno, primavera año 2002 y verano 2003 las variables profundidad (m), temperatura (°C), salinidad medias (psu) y densidad acústica (log Sa) para los recursos: anchoveta, jurel, caballa, sardina española y Vicingueria. Probabilidades de la prueba de Newman-Keuls de diferencias significativas entre las variables por especie.

| Variables | Estación | ANCHOVETA | | | | JUREL | | | | CABALLA | | | SARDINA | | VICINGUERIA | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|----------|-----------|-----------|--------|----------|-----------|--------|----------|-----------|-------------|--------|
| | | Otoño | Invierno | Primavera | Verano | Otoño | Invierno | Primavera | Verano | Otoño | Primavera | Verano | Otoño | Primavera | Primavera | Verano |
| DENSIDAD ACÚSTICA | (log Sa) | 3,088 | 2,963 | 2,939 | 2,329 | 2,606 | 2,260 | 2,429 | 1,902 | 2,667 | 2,255 | 1,342 | 3,111 | 2,938 | 3,016 | 2,866 |
| PROFUNDIDAD MEDIA | Otoño | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Invierno | 0,011 | | | | 0,000 | | | | | | | | | | |
| | Primavera | 0,007 | 0,620 | | | 0,012 | 0,017 | | | 0,016 | | | 0,532 | | | |
| | Verano | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | | | | 0,106 | |
| TEMPERATURA | (m) | Invierno | Primavera | Verano | Otoño | Invierno | Primavera | Verano | Otoño | Invierno | Verano | Otoño | Invierno | Verano | Verano | Otoño |
| | | 11,576 | 14,995 | 15,365 | 13,815 | 17,698 | 58,469 | 23,101 | 21,818 | 11,962 | 12,373 | 17,688 | 11,038 | 18,5 | 22,319 | 191,54 |
| | Otoño | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Invierno | 0,000 | | | | 0,000 | | | | | | | | | | |
| SALINIDAD | Primavera | 0,000 | 0,245 | | | 0,002 | 0,000 | | | 0,745 | | | 0,000 | | | |
| | Verano | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | 0,009 | 0,000 | 0,419 | | 0,000 | 0,000 | | | | 0,000 | |
| | (C °) | Invierno | Primavera | Verano | Otoño | Invierno | Primavera | Verano | Otoño | Invierno | Verano | Otoño | Invierno | Verano | Verano | Otoño |
| | | 14,681 | 15,299 | 14,972 | 15,319 | 16,83 | 14,703 | 15,361 | 16,335 | 19,195 | 15,913 | 14,864 | 15,49 | 14,27 | 13,984 | 12,099 |
| SALINIDAD | Otoño | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Invierno | 0,000 | | | | 0,000 | | | | | | | | | | |
| | Primavera | 0,000 | 0,000 | | | 0,000 | 0,005 | | | 0,000 | | | 0,422 | | | |
| | Verano | 0,000 | 0,802 | 0,000 | | 0,035 | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,036 | | | | 0,000 | |
| SALINIDAD | (psu) | Invierno | Primavera | Verano | Otoño | Invierno | Primavera | Verano | Otoño | Invierno | Verano | Otoño | Invierno | Verano | Verano | Otoño |
| | | 34,738 | 34,691 | 34,837 | 34,828 | 34,707 | 34,7 | 34,771 | 34,844 | 34,799 | 34,889 | 34,813 | 34,675 | 34,813 | 34,844 | 34,809 |
| | Otoño | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Invierno | 0,000 | | | | 0,963 | | | | | | | | | | |
| diferencia significativa | Primavera | 0,000 | 0,000 | | | 0,668 | 0,883 | | | 0,107 | | | 0,277 | | | |
| | Verano | 0,000 | 0,000 | 0,205 | | 0,633 | 0,773 | 0,629 | | 0,752 | 0,087 | | | | 0,000 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |



Tabla 29
Valor propio en análisis de componentes principales

| COMPONENTES | VALOR PROPIO | % TOTAL DE LA VARIANZA | % TOTAL VARIANZA ACUMULADA |
|-------------|--------------|------------------------|----------------------------|
| 1 | 3,477 | 28,973 | 28,973 |
| 2 | 2,580 | 21,498 | 50,470 |
| 3 | 1,470 | 12,252 | 62,722 |

Tabla 30
Densidad del ictioplancton de anchoveta y sardina en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones. Abril 2002 - Julio 2003.

| | | 2002 | | | | | | | | | 2003 | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------|------|------|------|-------|-------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-----|-------|--------|-------|
| Mes | | A02 | M | J | J | A | S | O | N | D | E03 | F | M | A | M | J | J | N | min | max | prom |
| HUEVOS | ARICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Anchoveta | 45 | 1874 | 639 | | 298 | 1904 | 5043 | 2763 | 17373 | 10716 | 142 | 73041 | 28296 | 4729 | 7871 | 16831 | 15 | 45 | 73041 | 11438 |
| | IQUIQUE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Anchoveta | | 43 | | | 773 | 168291 | | 135 | | 9932 | | 77 | 39 | | 22 | | 8 | 22 | 168291 | 22414 |
| | Sardina | | | | | | | | | 36 | | | | | | | | 1 | 36 | 36 | 36 |
| | MEJILLONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anchoveta | 117 | 105 | 9007 | 1475 | 32234 | 27676 | 1841 | 596 | 234 | 2814 | 117 | 15948 | 659 | 3614 | 807 | 24070 | 16 | 105 | 32234 | 7582 | |
| LARVAS | ARICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Anchoveta | | | 43 | | | 80 | 322 | 107 | 178 | 534 | 178 | 6284 | 1992 | 1244 | 62 | 31 | 12 | 31 | 6284 | 921 |
| | Sardina | | | | | | | | | | | | 137 | | | | | 1 | 137 | 137 | 137 |
| | IQUIQUE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Anchoveta | | 344 | | 43 | 86 | 373 | | 102 | | 7939 | 39 | | | | 89 | 2845 | 9 | 39 | 7939 | 1318 |
| | MEJILLONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anchoveta | 2475 | 211 | | | 263 | 10940 | | 54 | 274 | 78 | 297 | | 731 | 654 | 6998 | | 11 | 54 | 10940 | 2089 | |



Tabla 31

Abundancia de los grupos zooplanctónicos identificados durante los cruceros estacionales de otoño 2002, invierno 2002, primavera 2002 y verano 2003.

| OTOÑO 2002 | Total | N | Min | Max | Promedio | Frecuencia (%) | Dominancia (%) | INVIERNO 2002 | Total | N | Min | Max | Promedio | Frecuencia (%) | Dominancia (%) |
|-----------------------|-----------------|----|-------|---------|----------|----------------|----------------|----------------------|-----------------|----|--------|---------|----------|----------------|----------------|
| Copepodos | 13345148 | 47 | 47705 | 908259 | 283939 | 100 | 80,28 | Copepodos | 24545819 | 43 | 104041 | 2216972 | 570833 | 100 | 88,85 |
| Quetognatos | 1111177 | 45 | 595 | 66140 | 24693 | 96 | 6,68 | Quetognatos | 398252 | 37 | 694 | 41470 | 10764 | 86 | 1,44 |
| Apendicularias | 601392 | 47 | 0 | 106695 | 12796 | 100 | 3,62 | Apendicularias | 729383 | 43 | 1503 | 170257 | 16962 | 100 | 2,64 |
| Eufáusidos | 308074 | 44 | 138 | 89674 | 7002 | 94 | 1,85 | Eufáusidos | 343346 | 43 | 624 | 31496 | 7985 | 100 | 1,24 |
| Poliquetos | 230876 | 46 | 151 | 22241 | 5019 | 98 | 1,39 | Poliquetos | 280852 | 41 | 624 | 33156 | 6850 | 95,3 | 1,02 |
| Sifonóforos | 201594 | 43 | 138 | 17339 | 4688 | 91 | 1,21 | Sifonóforos | 600812 | 41 | 834 | 62333 | 14654 | 95,3 | 2,17 |
| Pterópodos | 186446 | 38 | 212 | 30798 | 4906 | 81 | 1,12 | Pterópodos | 53772 | 21 | 633 | 7071 | 2561 | 48,8 | 0,19 |
| Cladoceros | 165326 | 21 | 310 | 46775 | 7873 | 45 | 0,99 | Cladoceros | 120342 | 10 | 751 | 75244 | 12034 | 23,3 | 0,44 |
| L.cifonautas | 129410 | 42 | 298 | 12673 | 3081 | 89 | ,78 | L.cifonautas | 42340 | 25 | 539 | 7909 | 1694 | 58,1 | 0,15 |
| Ostrácodos | 75285 | 43 | 287 | 9082 | 1751 | 91 | 0,45 | Ostrácodos | 91506 | 30 | 610 | 20131 | 3050 | 69,8 | 0,33 |
| Lar.Decápodos | 75234 | 24 | 276 | 34343 | 3135 | 51 | 0,45 | Lar.Decápodos | 246645 | 27 | 610 | 71627 | 9135 | 62,8 | 0,89 |
| Salpas | 58030 | 18 | 272 | 32655 | 3224 | 38 | 0,35 | Salpas | 37944 | 6 | 481 | 33407 | 6324 | 14 | 0,14 |
| Medusas | 48359 | 26 | 212 | 6709 | 1860 | 55 | 0,29 | Medusas | 81840 | 29 | 601 | 13235 | 2822 | 67,4 | 0,30 |
| Anfipodos | 41743 | 21 | 151 | 11652 | 1988 | 45 | 0,25 | Anfipodos | 20271 | 8 | 610 | 7236 | 2534 | 18,6 | 0,07 |
| Doliólidos | 37359 | 25 | 138 | 7699 | 1494 | 53 | 0,22 | Doliólidos | 12743 | 10 | 610 | 2414 | 1274 | 23,3 | 0,05 |
| Radiolarios | 5340 | 6 | 285 | 2179 | 890 | 13 | 0,03 | Radiolarios | 2413 | 3 | 676 | 975 | 804 | 7 | 0,01 |
| Ctenóforos | 1620 | 4 | 291 | 701 | 405 | 9 | 0,01 | Ctenóforos | 18600 | 8 | 539 | 6432 | 2325 | 18,6 | 0,07 |
| Estomatópodos | 1291 | 4 | 291 | 365 | 323 | 9 | 0,01 | Estomatópodos | 0 | 0 | 0 | 0 | #DIV/0! | | |
| Foraminíferos | | | | | | | | Foraminíferos | 610 | 1 | 610 | 610 | 610 | 2,3 | 0,00 |
| PRIMAVERA 2002 | 16623707 | | | | | | | VERANO 2003 | 27627490 | | | | | | |
| Copepodos | 33696940 | 50 | 90276 | 4048697 | 673939 | 100 | 84,09 | Copepodos | 40193919 | 50 | 87248 | 3779939 | 803878 | 100 | 86,98 |
| Quetognatos | 669906 | 44 | 623 | 40698 | 15225 | 88 | 1,67 | Quetognatos | 1359413 | 47 | 617 | 104427 | 28924 | 94 | 2,94 |
| Apendicularias | 815052 | 45 | 1173 | 102621 | 18112 | 90 | 2,03 | Apendicularias | 1573450 | 47 | 298 | 985678 | 33478 | 94 | 3,40 |
| Eufáusidos | 248642 | 39 | 254 | 33361 | 6375 | 78 | 0,62 | Eufáusidos | 226624 | 41 | 577 | 27129 | 5527 | 82 | 0,49 |
| Poliquetos | 789278 | 48 | 254 | 321160 | 16443 | 96 | 1,97 | Poliquetos | 504544 | 46 | 584 | 49530 | 10968 | 92 | 1,09 |
| Sifonóforos | 426654 | 43 | 508 | 64441 | 9922 | 86 | 1,06 | Sifonóforos | 455473 | 47 | 513 | 44939 | 9691 | 94 | 0,99 |
| Pterópodos | 354988 | 43 | 254 | 135473 | 8256 | 86 | 0,89 | Pterópodos | 98120 | 34 | 275 | 11199 | 2886 | 68 | 0,21 |
| Cladoceros | 369570 | 20 | 568 | 117445 | 18478 | 40 | 0,92 | Cladoceros | 690568 | 16 | 552 | 316502 | 43160 | 32 | 1,49 |
| L.cifonautas | 334621 | 38 | 560 | 63740 | 8806 | 76 | 0,83 | L.cifonautas | 503871 | 48 | 275 | 43028 | 10497 | 96 | 1,09 |
| Ostrácodos | 116368 | 42 | 533 | 10094 | 2771 | 84 | 0,29 | Ostrácodos | 144507 | 44 | 298 | 12530 | 3284 | 88 | 0,31 |
| Lar.Decápodos | 179865 | 32 | 568 | 54189 | 5621 | 64 | 0,45 | Lar.Decápodos | 133316 | 36 | 275 | 10437 | 3703 | 72 | 0,29 |
| Salpas | 176079 | 19 | 442 | 97313 | 9267 | 38 | 0,44 | Salpas | 23629 | 20 | 525 | 3520 | 1181 | 40 | 0,05 |
| Medusas | 171772 | 36 | 533 | 17103 | 4771 | 72 | 0,43 | Medusas | 88331 | 30 | 550 | 9831 | 2944 | 60 | 0,19 |
| Anfipodos | 41243 | 19 | 254 | 15483 | 2171 | 38 | 0,10 | Anfipodos | 50276 | 19 | 552 | 18086 | 2646 | 38 | 0,11 |
| Doliólidos | 1623087 | 39 | 575 | 240458 | 41618 | 78 | 4,05 | Doliólidos | 130507 | 27 | 582 | 33207 | 4834 | 54 | 0,28 |
| Radiolarios | 8105 | 6 | 568 | 3641 | 1351 | 12 | 0,02 | Radiolarios | 1109 | 2 | 551 | 558 | 555 | 4 | 0,00 |
| Ctenóforos | 4759 | 5 | 533 | 1250 | 952 | 10 | 0,01 | Ctenóforos | 6046 | 6 | 531 | 2570 | 1008 | 13 | 0,01 |
| Estomatópodos | 39278 | 9 | 643 | 12887 | 4364 | 18 | 0,10 | Estomatópodos | 1104 | 2 | 526 | 577 | 552 | 4 | 0,00 |
| Foraminíferos | 8610 | 8 | 565 | 2266 | 1076 | 16 | 0,02 | Foraminíferos | 26341 | 19 | 488 | 2791 | 1386 | 38 | 0,06 |
| | 40074817 | | | | | | | | 46211146 | | | | | | |



Tabla 32

Grupos zooplanctónicos dominantes en la zona costera u oceánica, durante los cuatro cruceros estacionales analizados.

| Otoño 2002 | | Invierno 2002 | | Primavera 2002 | | Verano 2003 | |
|---------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| COSTA | OCEANO | COSTA | OCEANO | COSTA | OCEANO | COSTA | OCEANO |
| Copépodos | Quetognatos | Copépodos | Sifonóforos | Copépodos | Doliólidos | Copépodos | Quetognatos |
| Eufáusidos | Apendicularias | Apendicularias | Quetognatos | Poliquetos | Apendicularias | Apendicularias | Sifonóforos |
| Poliquetos | Pterópodos | Lar.Decápodos | Eufáusidos | Cladoceros | Quetognatos | Cladoceros | Doliólidos |
| Cladóceros | Sifonóforos | Poliquetos | Medusas | L.cifonautas | Sifonóforos | L.cifonautas | Ostrácodos |
| L.cifonautas | Ostrácodos | Cladoceros | Pterópodos | Pterópodos | Eufáusidos | Poliquetos | Pterópodos |
| Lar.Decápodos | Medusas | Ostrácodos | Doliólidos | Lar.Decápodos | Medusas | Eufáusidos | Medusas |
| Anfípodos | Doliólidos | L.cifonautas | | Salpas | | Lar.Decápodos | Salpas |
| | Radiolarios | Anfípodos | | Ostrácodos | | Anfípodos | Radiolarios |
| | | Ctenóforos | | Anfípodos | | Foraminíferos | Estomatópodos |
| | | Radiolarios | | Estomatópodos | | Ctenóforos | |
| | | Foraminíferos | | Radiolarios | | | |
| | | | | Ctenóforos | | | |
| | | | | Foraminíferos | | | |



Tabla 33

Abundancia relativa estandarizada de los grupos zooplanctónicos analizados entre abril 2001 a agosto 2003 en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones.

| | Copepodos | Eufáusidos | Ostrácodos | Cladoceros | Lar. Decapodos | Anfipodos | Estomatopodos | Medusas | Sifonóforos | Ctenóforos | Quetognatos | Poliqetos | Pterópodos | Salpas | Doliólidos | Apendicularias | Radiolarios | L. cifonantes | TOTAL MES |
|-------------------|-----------|------------|------------|------------|----------------|-----------|---------------|---------|-------------|------------|-------------|-----------|------------|--------|------------|----------------|-------------|---------------|-----------|
| ARICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abr-01 | 396110 | | | | 554 | 554 | 554 | 1662 | | | 3324 | 1108 | | | | 7202 | | 554 | 412176 |
| May-01 | 1396584 | 1330 | 5320 | | 5320 | 6650 | 2660 | 1330 | | | 10641 | 9311 | 5320 | 6650 | | 14631 | | | 1465748 |
| Jun-02 | 168867 | | | | 409 | | | | 1227 | | | 2044 | 409 | 409 | | 4907 | | | 178681 |
| Jul-02 | 226830 | | | | | | | | | | 1228 | 409 | | | | | | | 228468 |
| Ago-02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sep-02 | 302192 | 1778 | 889 | | 16887 | | 889 | 889 | | | | 5333 | | | | 2666 | | 1778 | 334189 |
| Oct-01 | 311239 | 665 | 33917 | | 17956 | 665 | 4655 | 7315 | | | | 38572 | 3325 | | | 6650 | | 665 | 425626 |
| Nov-01 | 564619 | 9311 | | | 43228 | 665 | 3325 | 1995 | | | | 3325 | 1330 | | | 2660 | | 1995 | 632453 |
| Dic-01 | 1008418 | | 21427 | | 133920 | | 1339 | | | | 1339 | 107136 | | | | 36158 | | 2678 | 1313755 |
| Jan-02 | 2828390 | 10714 | 2678 | | | 441936 | | | 2678 | 2678 | | | 10714 | | | | 24106 | | 3323894 |
| Feb-02 | 389800 | 4035 | 1614 | | 42773 | 807 | | | 2421 | | | 4035 | | | | 27439 | | 807 | 473732 |
| Mar-02 | 652088 | 2421 | | | 807 | 10492 | 807 | | | | | 6456 | 4842 | | | | 20176 | | 698090 |
| Abr-02 | 132296 | | | | | 1126 | | | | | | 27022 | | | | | | | 160444 |
| May-02 | 209421 | 563 | 563 | | | | 1126 | 3378 | | | 7881 | 563 | | | | 5067 | | 1126 | 229688 |
| Jun-02 | 306250 | 1126 | 563 | 563 | | | | | | | 563 | 563 | 563 | | | | | 2815 | 313569 |
| Jul-02 | 181273 | | | | | | | | | | 563 | 6756 | | | | | | | 189718 |
| Ago-02 | 1045614 | 987 | 1481 | | 4443 | | | 494 | | | 987 | 494 | | | | 3949 | | 987 | 1058450 |
| Sep-02 | 660544 | 21722 | 987 | 987 | 7899 | | | 1975 | | | | 1975 | | | | | | 4937 | 702013 |
| Oct-02 | 809635 | 987 | | 987 | 4937 | | | 1975 | | | | 1975 | | | | | | | 820496 |
| Nov-02 | 256220 | 494 | 1481 | 987 | 4937 | 987 | | 494 | 987 | | | 6418 | | | | | | 2468 | 275473 |
| Dic-02 | 2909133 | | | 10871 | 34788 | | | | | | | | | | | | | | 2956966 |
| Ene-02 | 1754612 | | | 78273 | 2174 | | | | | | | | | | | | | | 1878543 |
| Feb-03 | 2842224 | 7627 | | | 25422 | | 2542 | 5084 | | | 12711 | | 7627 | | | 5084 | | 15220 | 2910865 |
| Mar-03 | 3648114 | 15253 | | | 7627 | 2542 | | 2542 | | | 43218 | | 2542 | | | 5084 | | 2542 | 3729466 |
| Abr-03 | 1080452 | 7627 | 7325 | 35591 | 442350 | | 53387 | 35591 | | | 2542 | 20338 | 12711 | | | 25422 | | 20338 | 1810075 |
| May-03 | 2603901 | 4143 | 4143 | 101504 | 33144 | | | | 2072 | | 2072 | 74575 | | | | 80789 | | 10358 | 2914629 |
| Jun-03 | 1140372 | 2072 | | 3107 | 15536 | | | | 2072 | | | | | | | 3107 | | 5179 | 1171445 |
| Jul-03 | 297781 | 129 | 518 | | 12429 | 2072 | | | | | 1036 | 518 | 1554 | | | 1036 | | | 317072 |
| Ago-03 | 643207 | 259 | | 9840 | 28483 | 1036 | | 2589 | | | | 518 | 2589 | | | 1554 | | | 690075 |
| IQUIQUE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abr-01 | 381126 | 2893 | 723 | | | | 1446 | 5062 | | | 66534 | 2893 | 2893 | 723 | | 6509 | | 5062 | 475866 |
| May-01 | 1633507 | 4188 | 18150 | | 13962 | 12565 | 2792 | 4188 | | | 23735 | 19546 | 2792 | 8377 | | 108900 | 2792 | 6981 | 1862477 |
| Jun-02 | 329150 | | | | 700 | 700 | 700 | | 2801 | | | 2801 | | | | 17508 | | 700 | 355062 |
| Jul-02 | 379078 | 2206 | | | 2941 | 1103 | | 1471 | 2206 | | 1103 | 1838 | | | 368 | 2941 | | 1471 | 396727 |
| Ago-02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sep-02 | 3727619 | 9431 | | | | | 2358 | 4716 | 2358 | | | 18862 | | | | 4716 | | 11789 | 3781847 |
| Oct-01 | 276009 | 9822 | 1964 | | 982 | | | 2456 | 4911 | 982 | 982 | 2947 | | 1473 | 982 | | | 491 | 3929 |
| Nov-01 | 544161 | 6385 | 13751 | | 4420 | 491 | | 982 | 4911 | | 491 | 9331 | | | | 2456 | | 6385 | 593764 |
| Dic-01 | 919217 | | 3121 | | 21849 | 3902 | | 1561 | 3902 | | | 13265 | 11705 | | | 2341 | | 26531 | 1007393 |
| Jan-02 | 296522 | 780 | 1561 | | 1170 | | 780 | | | | | 1170 | | | | | | | 307056 |
| Feb-02 | 1670707 | 2861 | 3814 | 954 | 2861 | 21933 | 954 | | 954 | 954 | 9536 | 20026 | 954 | | | 954 | | 2861 | 1740320 |
| Mar-02 | 347587 | | 477 | | | | | 477 | | | 954 | 1430 | | | | 477 | | | 351402 |
| Abr-02 | 244442 | 1808 | | | 2170 | 1446 | | | 362 | | 4701 | | | | | | | 723 | 255651 |
| May-02 | 590854 | 1085 | 723 | | 1446 | | | | | | 1446 | | | | | 1446 | | 362 | 597363 |
| Jun-02 | 537338 | 1085 | | | 362 | | | | | | 1808 | | | | | | | 362 | 540954 |
| Jul-02 | 226362 | 1446 | 723 | | 1446 | | | | | | 11571 | | | | | | | | 241549 |
| Ago-02 | 605014 | 452 | 3615 | | 15814 | | | | | | 1356 | | | | | | | 904 | 632576 |
| Sep-02 | 654264 | 2711 | 1807 | | 4518 | | | | | | | | | | | 5422 | | 7229 | 670531 |
| Oct-02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nov-02 | 1162132 | | 1807 | | 7229 | 904 | | | 904 | 904 | 904 | 37051 | 3615 | | 904 | | | 904 | 1217257 |
| Dic-02 | 633575 | 1534 | 3068 | | 23011 | 1534 | | 6136 | | | | 18409 | 23011 | | | 1534 | | | 9204 |
| Ene-02 | 1342320 | | 6136 | 4602 | 6136 | | | 1534 | | | | 3068 | 3068 | | | | | | 3068 |
| Feb-03 | 1465016 | 6738 | 963 | | 1925 | | | | | | 12513 | 11551 | | | | 1925 | | | 1500631 |
| Mar-03 | 1415926 | 8663 | | | 1925 | | | | | | 6738 | | 9626 | | | 963 | | 963 | 1444803 |
| Abr-03 | 212726 | | 4813 | | 40428 | | | | | | | 1925 | | | | | | 2888 | 262779 |
| May-03 | 3436390 | 4753 | 3169 | 1584 | 11090 | | 1584 | 4753 | | | 7922 | 9506 | 6337 | | 1584 | 91891 | | | 3580563 |
| Jun-03 | 1530453 | 9506 | 3565 | | 16239 | | | 1980 | | | | 1584 | 5941 | | | 13071 | | | 1582340 |
| Jul-03 | 1530453 | 9506 | 3565 | | 16239 | | | 1980 | | | | 1584 | 5941 | | | 13071 | | | 1582340 |
| Ago-03 | 811568 | 4357 | | | 18220 | 1188 | | 24953 | | | | 11882 | 5941 | | | 9902 | | 396 | 888407 |
| MEJILLONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abr-01 | 1142253 | | 1325 | | 3313 | 3313 | | 663 | 3975 | | 663 | 5963 | 1325 | | | 1988 | | 8613 | 1173394 |
| May-01 | 1116231 | 5428 | 7464 | | 10178 | 2036 | 2714 | 1357 | 679 | | 8143 | 3393 | 2036 | 6107 | | 28500 | | 21035 | 1215301 |
| Jun-02 | 211146 | 1389 | 695 | | 9029 | | 5556 | | | | | 695 | | | | 1389 | | | 229899 |
| Jul-02 | 176219 | 1421 | | | 2487 | | | 355 | 4619 | | 1066 | | 355 | | | 6750 | | 1066 | 194338 |
| Ago-02 | 470811 | 727 | | | 6539 | | | 1453 | 1453 | | | 1453 | | | | 4359 | | | 488975 |
| Sep-02 | 420289 | 2228 | 2228 | | 3713 | | | 743 | 9653 | | 6683 | 743 | 743 | | | 35643 | | | 484149 |
| Oct-01 | 124025 | 759 | 7206 | | 38687 | 379 | | 5689 | 2655 | | 10620 | 2276 | 759 | | | 1138 | | 1138 | 195329 |
| Nov-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| Dic-01 | 2744659 | 6259 | 6259 | | 12518 | | | 6259 | | 3130 | 18778 | 40685 | 3130 | | | | | 21907 | 2863584 |
| Jan-02 | 303180 | 2347 | 2347 | | 1565 | 391 | 391 | 2738 | 391 | | 391 | 3521 | 391 | | | 1174 | | | 325870 |
| Feb-02 | 236510 | 2825 | 1211 | | 404 | 807 | | | | | 1614 | 4440 | | | | | | | 249021 |
| Mar-02 | 469790 | | 807 | | 807 | | | | | | 4843 | | | | | | | 16144 | 492392 |
| Abr-02 | 256411 | | | | | | | | 331 | | 663 | | | | | | | 994 | 258398 |

**Tabla 34**

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 | 41 | 35 | 1692 | 268 | 361,9 | 1,35 |
| 422(2)99CP | 20/05 - 31/05 | 58 | 44 | 1495 | 203 | 201,1 | 0,99 |
| 431(2)00CP | 15/05 - 27/05 | 59 | 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 35

Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Invierno 1993 - 2002.

| Crucero | Fecha | N | Mínimo | Máximo | Promedio | Sd | CV(%) |
|------------|---------------|-----|--------|--------|----------|--------|-------|
| 362(3)93CP | 02/08 - 17/09 | 118 | 57 | 1123 | 242 | 205,58 | 0,85 |
| 370(3)94CP | 23/08 - 01/10 | 119 | 14 | 4002 | 471 | 479,35 | 1,02 |
| 383(3)95CP | 06/08 - 16/09 | 117 | 8 | 1016 | 253 | 178,33 | 0,71 |
| 394(2)96CP | 31/08 - 09/09 | 34 | 79 | 484 | 240 | 103,24 | 0,43 |
| 404(3)97CP | 15/08 - 22/08 | 34 | 61 | 534 | 197 | 95,12 | 0,48 |
| 416(3)98CP | 24/08 - 03/09 | 35 | 47 | 2552 | 300 | 457,50 | 1,53 |
| 425(3)99CP | 16/09 - 25/09 | 50 | 54 | 701 | 254 | 131,60 | 0,52 |
| 436(3)00CP | 06/09 - 15/09 | 47 | 84 | 726 | 304 | 130,10 | 0,43 |
| 447(3)01CP | 17/09 - 29/09 | 61 | 4 | 552 | 209 | 119,79 | 0,57 |
| 456(3)02CP | 15/09 - 03/10 | 59 | 85 | 1215 | 377 | 203,60 | 0,54 |

**Tabla 36**

Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Primavera 1993 - 2002.

| 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)96AM | 11/12 - 16/12 | 35 | 165 | 1682 | 585 | 377,2 | 0,65 |
| 408(4)97CP | 12/12 - 19/12 | 35 | 63 | 1331 | 450 | 318,6 | 0,71 |
| 319(4)98CP | 12/12 - 18/12 | 47 | 26 | 685 | 202 | 133,9 | 0,66 |
| 427(4)99CP | 30/11 - 10/12 | 41 | 93 | 6622 | 621 | 1052,2 | 1,69 |
| 438(4)00CP | 08/12 - 17/12 | 47 | 38 | 955 | 256 | 163,7 | 0,64 |
| 449(4)01CP | 11/12 - 18/12 | 47 | 46 | 1436 | 331 | 226,0 | 0,68 |
| 457(4)02CP | 10/12 - 17/12 | 50 | 71 | 767 | 347 | 157,1 | 0,45 |

Tabla 37

Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero. Serie Verano 1993 - 2003.

| Crucero | Fecha | N | Mínimo | Máximo | Promedio | Sd | CV(%) |
|------------|-------------|----|--------|--------|----------|-------|-------|
| 1993 | | | | | | | |
| 365(1)94AM | 28/02-10/03 | 69 | 53 | 1792 | 280 | | |
| 1995 | | | | | | | |
| 1996 | | | | | | | |
| 398(1)97CP | 20/03-26/03 | 35 | 72 | 1082 | 258 | 189,3 | 0,73 |
| 410(1)98CP | 28/02-07/03 | 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 |



Tabla 38

Valores mensuales de la biomasa zooplanctónica en las estaciones fijas de monitoreo. Mayo 2001 - Agosto 2003.

| 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 | 141 | 110 | 204 |
| Febrero | 421 | 350 | 102 | 291 |
| Marzo | 978 | 466 | 209 | 551 |
| Abril | 397 | 150 | 128 | 225 |
| Mayo | 269 | 447 | 187 | 301 |
| Junio | 162 | 309 | 171 | 241 |
| Julio | 110 | 158 | 65 | 111 |
| Agosto | 155 | 183 | 67 | 135 |

A N E X O S

A N E X O 1

Personal participante por
actividad



PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD

| | |
|----------------------|---|
| Hernán Reyes R. | Ocean3grafo Oceanografía, Participaci3n Crucero, toma de datos, procesamiento muestras de salinidad, an3lisis de informaci3n hist3rica, preparaci3n de informe y boletines mensuales. |
| Jos3 Ra3l Cañ3n C. | Ocean3grafo - CORPESCA Embarcado, toma de datos en estaciones fijas de monitoreo. Apoyo log3stico. Preparaci3n Boletines mensuales Componente "Condiciones Ambientales Regionales" |
| Victor Catasti B. | Ingeniero Pesquero Participaci3n crucero, procesamiento y an3lisis de im3genes satelitales de temperatura superficial del mar, semanales y mensuales y su asociaci3n con huevos y larvas de peces, preparaci3n de informe y boletines mensuales. |
| Mauricio Braun A. | Bi3logo Jefe de Proyecto, Jefe de Crucero, Colecta de muestras, procesamiento y an3lisis de datos ictioplancton y zooplancton, identificaci3n mensual y estacional de huevos y larvas de peces, an3lisis de informaci3n hist3rica, coordinaci3n general, preparaci3n de informe y boletines mensuales. |
| Vivian Valenzuela C. | Bi3logo Marino Participaci3n crucero, colecta de muestras zooplanct3nicas, procesamiento y an3lisis de zooplancton, medici3n biomasa zooplanct3nica, procesamiento y an3lisis estaciones costeras de monitoreo. |
| Hernán Miles U. | T3cnico Participaci3n Crucero, colecta de muestras de zooplancton, separaci3n e identificaci3n mensual y estacional de huevos y larvas de peces. |
| Guillermo Galindo P. | T3cnico Participaci3n Crucero, colecta de muestras de zooplancton, separaci3n de huevos y larvas de peces. |



| | |
|-------------------|---|
| Jorge Osses R. | Profesor de Qu3mica Procesamiento y an3lisis de clorofila a y contenido de ox3geno disuelto, an3lisis de informaci3n hist3rica, preparaci3n de informe y boletines mensuales. |
| Guillermo Pizarro | T3cnico Pesquero - CORPESCA Participaci3n Crucero, toma de datos en estaciones fijas de monitoreo. |
| Jorge Castillo P. | Ingeniero Pesquero Participaci3n Crucero, toma y proceso de datos ac3sticos, an3lisis de datos, preparaci3n de informe. |
| Marcos Espejo V. | Ingeniero Electr3nico Participaci3n Calibraci3n electroac3stica sistema EK-500, procesamiento de datos ac3sticos en tierra. |



HORAS/HOMBRE POR ACTIVIDAD PRINCIPAL

| PERSONAL | CRUCERO ESTACIONES COSTERAS | PROCESAMIENTO | ANÁLISIS | INFORMES | TOTAL |
|----------|-----------------------------------|---------------|----------|----------|-------|
|----------|-----------------------------------|---------------|----------|----------|-------|

OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1

| | | | | | |
|-----------|-----|----|-----|-----|-----|
| H. REYES | 360 | 67 | 100 | 150 | 677 |
| J. OSSES | 52 | 40 | 70 | 150 | 312 |
| V.CATASTI | 360 | | | 100 | 460 |
| J. CAÑON | 320 | 20 | 30 | 20 | 390 |
| G.PIZARRO | 320 | | | | 320 |

OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2

| | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| M. BRAUN | 379 | 20 | 100 | 150 | 649 |
| H. MILES | 270 | 300 | | | 570 |
| V. VALENZUELA | 360 | 100 | 25 | 25 | 510 |
| G.GALINDO | 220 | 200 | | | 420 |

OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3

| | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| J. CASTILLO | 360 | 132 | 122 | 190 | 804 |
| M. ESPEJO | 320 | | | | 320 |

OBJETIVO ESPECÍFICO N°4

| | | | | | |
|---------------|-----|-----|----|-----|-----|
| M. BRAUN | | 10 | 28 | 59 | 97 |
| H. REYES | | 67 | 26 | 83 | 176 |
| J. OSSES | | 32 | 36 | 83 | 151 |
| H.MILES | | 119 | | | 119 |
| V. VALENZUELA | | 55 | | | 55 |
| J. CAÑON | 162 | 20 | 60 | 130 | 372 |
| G.PIZARRO | 162 | 40 | | | 202 |
| G. GALINDO | | 47 | | | 47 |

OBJETIVO ESPECÍFICO N° 5

| | | | | | |
|--------------|--|-----|----|----|-----|
| M. BRAUN | | 5 | 28 | 59 | 92 |
| G. GALINDO | | 47 | | | 47 |
| H.MILES | | 118 | | | 118 |
| V.VALENZUELA | | 55 | 25 | | 80 |

OBJETIVO ESPECÍFICO N° 6

| | | | | | |
|--------------|--|-----|----|----|-----|
| M. BRAUN | | 5 | 27 | 59 | 91 |
| G.GALINDO | | 46 | | | 46 |
| H.MILES | | 118 | | | 118 |
| V.VALENZUELA | | 55 | | 25 | 80 |

OBJETIVO ESPECÍFICO N° 7

| | | | | | |
|------------|--|--|----|----|----|
| M. BRAUN | | | 27 | 58 | 85 |
| V. CATASTI | | | 30 | 62 | 46 |

A N E X O 2

Calibración de las
Imágenes Satelitales



METODOLOGIA

Calibraci3n de las im3genes satelitales

Con el objeto de validar las im3genes satelitales se realiz3 una calibraci3n entre los datos obtenidos a trav3s de sensores remotos y los registrados a trav3s de muestreos "in situ". De esta manera se estim3, para cada estaci3n oceanogr3fica realizada en los cruceros de prospecci3n, el correspondiente valor de la TSM satelital.

Para ello se utiliz3 el SIG IDRISI a trav3s del m3dulo EXTRACT, el cual permiti3 extraer el valor de TSM sat3lite del p3xel correspondiente a una determinada estaci3n. Posteriormente, con los pares de datos generados se efectu3 un an3lisis a trav3s de modelos de regresi3n.

Cabe se3alar que esta metodolog3a ha sido empleada en Chile por diversos autores, entre ellos por Silva *et al.*, (1999) para calibrar y validar im3genes de temperatura y clorofila, Silva (com. pers).

RESULTADOS

La figura 1 presenta la relaci3n entre la TSM satelital y la temperatura "in situ" obtenida por los muestreos oceanogr3ficos realizados en la zona norte de Chile en el periodo 2002-2003.

En ella se aprecia un alto grado de asociaci3n entre ambas variables que da cuenta de 83% de la varianza, tambi3n se destaca la relaci3n lineal que existe entre las dos variables y que implica que dichas variables posean una misma tendencia. No obstante lo anterior, la TSM satelital es un 6% m3s alta que la registrada "in situ" lo que podr3a deberse a que la TSM sat3lite s3lo penetra escasos mil3metros en la capa de aguas, en tanto la TSM "in situ" superficial corresponde al primer metro de profundidad.

No obstante que la TSM satelital es mayor que la TSM "in situ" lo importante es que ambas reflejan una misma tendencia y por lo tanto las TSM satelitales son un buen indicador de la estructura t3rmica del mar ya que contribuyen al conocimiento de fen3menos tales como surgencias, filamentos, gradientes t3rmicos, etc. (Barbieri *et al*, 1995).

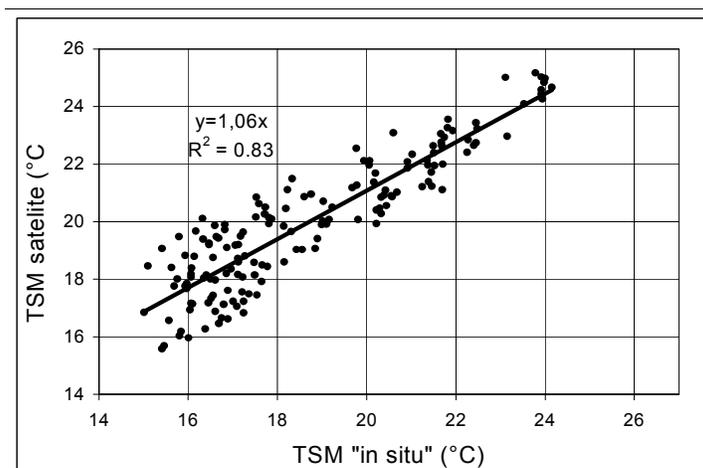


Figura 1. Relaci3n entre la TSM obtenida por sensores remotos y la TSM "in situ" para los cruceros realizados en el periodo 2002-2003.



**Sección Documentación,
Difusión y Biblioteca**

**IFOP
Valparaíso
Chile**