



INFORME FINAL

FIP 2001-01

**Monitoreo de
las condiciones
bio-oceanográficas
en la I y II Regiones,
año 2001**

• Octubre, 2002 •



REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, CIP
Presidente del Consejo:
Felipe Sandoval Precht

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
División Evaluación Pesquerías Nacionales:
Jorge Farías Ahumada
Director Ejecutivo:
Guillermo Moreno Paredes



JEFE DE PROYECTO

MAURICIO BRAUN A.

AUTORES

- *OCEANOGRAFÍA FÍSICA*
HERNÁN REYES R.
- *OCEANOGRAFÍA QUÍMICA*
JORGE OSSES R.
- *ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES*
- *DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DEL ZOOPLANCTON*
MAURICIO BRAUN A.
VIVIAN VALENZUELA C.
- *ACÚSTICA*
JORGE CASTILLO P.
- *IMÁGENES SATELITALES*
VÍCTOR CATASTI B.



I. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, corresponde al preinforme final del proyecto FIP N° 2001-01 “**Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, Año 2001**”, se presentan 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 0105, MOBIO 0109, MOBIO 0112 y MOBIO 0202**, realizados en otoño, invierno, primavera de 2001 y verano de 2002, 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 **abril 2001 - mayo de 2002** y la abundancia y distribución mensual y estacional de los principales grupos constituyentes del zooplancton .

Los cruceros estacionales de monitoreo se realizaron a bordo del B/I “Carlos Porter” 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 y equidistantes entre sí cada 80 mn, realizándose 12 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 flujometro marca TSK calibrado, totalizándose **202** estaciones planctónicas.



Cabe destacar que el crucero de septiembre de 2001 formó parte del Cuarto 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 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 200 mn las transectas ubicadas frente a punta Copaca y punta Lobos, con estaciones programadas a 130, 160 y 200 mn de la costa. Esta nueva exploración constituyó una 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 ecuatoriano del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador – INOCAR, viajando a Ecuador un oceanógrafo físico de Chile.

Los vientos medidos en las estaciones oceanográficas presentaron las características típicas de cada período estacional monitoreado, las cuales son el predominio de bajas intensidades (más del 90% de los datos bajo los 5 m/s) y direcciones predominantes del segundo y tercer cuadrante, principalmente de 150° a 210°, dirección que tiene una componente norte favorable a la surgencia.

Dadas las características de dirección y constancia de los vientos, se observa una surgencia prácticamente permanente a lo largo de la zona de estudio. Estos procesos de afloramiento costero fueron más intensos entre Pisagua - punta Lobos y Tocopilla - Mejillones.

Durante los períodos de otoño/primavera de 2001 y verano de 2002, se observaron significativos transportes de aguas surgentes costeras, las que alcanzaron distancias de 40 y 70 mn entre Pisagua y Tocopilla, dando origen a anomalías negativas significativas de temperatura y salinidad superficial.

Las variables superficiales de temperatura y salinidad y la subsuperficial de profundidad de la isoterma de 15°C, durante el período de estudio, muestran una condición que se



ajusta a las fluctuaciones estacionales consideradas normales de cada variable, con anomalías que, en general, se presentaron entre $\pm 1^{\circ}\text{C}$, $\pm 0,1$ psu y ± 10 m para las respectivas variables.

Los valores significativos de anomalía superficial respecto del promedio histórico, que se presentaron en algunas áreas para determinados períodos, se debieron a procesos locales como mezcla, transporte de agua de surgencia hacia el oeste, mayor participación de determinada masa de agua en relación a las otras y variaciones en la intensidad de la surgencia. Los procesos mencionados, se enmarcan dentro una situación puntual que afectó una zona determinada sin comprometer toda la extensión latitudinal y longitudinal del área explorada y que además, no se prolonga por más de tres meses, respondiendo a la dinámica propia de la zona.

El espesor de la termoclina fué menor en otoño e invierno, con un promedio general de 10 m. La termoclina ubicó su base más profunda en invierno con un menor gradiente, localizándose más superficialmente en otoño.

La distribución de las isotermas e isopícnas en la vertical, muestran al período invernal con las menores estratificaciones, dada la menor temperatura de las aguas AST en superficie. Debido a esto, la termoclina y pícnocline se presentaron más intensas durante el verano asociadas fundamentalmente a la mayor temperatura del agua superficial AST que ingresa a la zona durante la época estival.

Durante la realización de los cruceros estacionales 2001/2002, no se observaron anomalías de profundidad de la isoterma de 15°C , que pudieran estar asociadas a una condición de calentamiento o paso de ondas atrapadas a la costa originadas por el inicio y desarrollo de un evento cálido en la zona ecuatorial.

Las estaciones costeras de vigilancia mensual presentaron en general desde 1999 a mayo de 2002, las fluctuaciones estacionales habituales para la zona. Sin embargo, las estaciones fijas y especialmente Arica, presentan una tendencia a que los incrementos de temperatura en la columna de agua registrados durante el verano y otoño sean menores,



definiendo por lo tanto un período de normalización posterior a El Niño 1997-98 y una posible consecuencia de La Niña que afectó la zona costera ecuatorial oriental.

Las estaciones costeras mostraron a fines de marzo de 2002, el paso de una onda Kelvin en dirección hacia el sur, lo que se corroboró por el hundimiento de la termoclina en más del doble de lo normal. La termoclina recuperó parcialmente su nivel de profundidad normal hacia el mes de abril del presente año y durante mayo se presentó normal.

Los patrones estacionales de circulación superficial se presentan en general normales, sin embargo, la época de otoño muestra un patrón distinto respecto del mismo período del año 2000, donde se observó un flujo más desarrollado hacia el norte, originando anomalías negativas de temperatura y salinidad en la mitad sur de la zona de estudio junto a un levantamiento de la termoclina en 10 metros.

Durante el período de estudio, la composición y estacionalidad de la intrusión de diferentes masas de agua afectaron significativamente la estructura físico-química de la columna de agua. La estacionalidad en los procesos de entrada de masas de agua a la zona costera, indujo un fuerte efecto sobre la estructura biológica de la columna de agua, creando patrones estacionales característicos de agregación de biomasa fitoplanctónica en las tres estaciones de vigilancia durante los últimos tres años.

Desde el punto de vista del ecosistema en su totalidad, éste se encuentra bajo un régimen de normalidad desde 1999, y en particular durante el período de estudio exhibe valores altos de biomasa fitoplanctónica. Estas mayores agregaciones son efecto de la presencia de masas de agua, principalmente AESS que permiten la fertilización de la zona eufótica y que, con la estabilización de las parcelas de agua por tiempos de residencia extendidos, permiten la acumulación de partículas biogénicas.

La información de carácter regional global, indica que en julio de 2002, el Pacífico Ecuatorial continúa en etapa de desarrollo hacia un nuevo período cálido El Niño, que tendría su fase madura a fines de 2002, afectando las aguas chilenas de la zona norte durante el último trimestre de 2002. Los modelos de predicción señalan que éste sería un evento débil de menor intensidad que el registrado en 1997-98.



Del análisis de la estructura térmica superficial, se puede mencionar que los meses de enero, febrero y marzo del año 2002 fueron más cálidos en $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ respecto de 2001, lo anterior queda de manifiesto claramente al comparar los registros de la TSM satelital, es así como en el primer trimestre del año 2001 se alcanza un valor máximo de 25°C en tanto que en el año 2002 los registros superan los 26°C . No obstante lo anterior, en el primer trimestre del presente año las condiciones térmicas están en el rango de normalidad.

Del estudio de la componente temporal se observa una nítida estacionalidad verano-invierno y una gran variación interanual. De esta manera es posible apreciar que el verano de 1998 es significativamente más cálido que los años posteriores, debido al evento El Niño que se presentó en dicho año; posteriormente, en el período 1999-2001 se aprecia una disminución de las TSM, en especial el año 2001 que es el más frío de la serie analizada. Asimismo, se destaca que también los primeros meses del 2002 registran TSM altas, en especial en el sector norte.

Del análisis espacial y temporal de las imágenes satelitales, también es posible identificar tres focos tradicionales donde se localizan núcleos de aguas surgentes: desde Arica hasta Pta. Baquedano ($18^{\circ}35'S$), al sur de Iquique ($20^{\circ}10'S-21^{\circ}00'S$) y en las proximidades de Mejillones ($23^{\circ}05'S$), siendo la del sur de Iquique la más relevante con respecto a la extensión espacial y temporal.

Al comparar la información de los años 2001-2002, es posible concluir que el comportamiento espacial de la biomasa fitoplanctónica se mantuvo constante y dentro de los parámetros considerados normales para la zona, es decir, bandas de cloa típicas de sistemas productivos no más allá de las 10 millas náuticas.

La presencia de masas de agua tipo AST en superficie, provocó que los máximos de cloa se profundizarán hasta los 25 m, lo que se reflejó en los altos valores de cloint. Esta situación es distinta a la encontrada en los mismos meses del año 2000, donde las concentraciones de cloint se presentaron muy por debajo de los niveles calculados para este período.



La intrusión periódica de masas de agua tipo AST, con un estatus oligotrófico característico al ecosistema costero, afectó significativamente el patrón trófico de éste, siendo prácticamente una constante que a temperaturas $> 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ y salinidad $> 35\text{ psu}$, las características tróficas del ecosistema serán siempre oligotróficas.

Cabe señalar que durante la prospección de primavera de 2001, no se registran estaciones positivas a huevos y larvas de sardina. De la misma manera, durante los cruceros de otoño e invierno de 2001 no se reconocieron registros positivos a huevos y larvas de jurel y caballa. En verano de 2002, no se determinaron registros positivos de larvas de jurel.

En el transcurso de la exploración realizada en otoño de 2001, se localizaron 9 estaciones positivas para huevos (19,1%) y 22 a larvas de anchoveta (46,8%), identificándose un total de 51.353 y 74.386 especímenes para cada una de dichas fases del desarrollo. La media de huevos por estación positiva en otoño de 2001, alcanzó a 5.706 huevos/10m² (DS = 9443,7), cifra 9,4% y 82,7% menor respecto a la obtenida en verano y primavera, respectivamente.

En relación al número de huevos, el otoño del año 2001 presentó, respecto al crucero precedente, una tasa de cambio positiva igual a 5.392%, constituyéndose el otoño del año 2001 en el registro más alto para el estadio de huevo de la serie 1983-2001.

En la primavera del año 2001, se encontraron 11 estaciones positivas para huevos de anchoveta, lo que representó una frecuencia de 23,4% y una dominancia numérica igual a 72,2%, señalando para la especie una moderada actividad reproductiva. Con respecto al crucero de invierno de 2001, la fase de huevo experimentó una disminución tanto en su densidad promedio por estaciones positivas y totales igual a 73%. En relación al número de huevos, la primavera de 2001 presentó respecto al crucero de primavera precedente una tasa de cambio negativa igual a 85,1%, constituyéndose en el octavo registro más alto de la serie 1983-2001. Por su parte las fases larvianas fluctuaron entre 30 y 4.133 larvas/10m² con una densidad promedio por estaciones totales igual a 380 larvas.



Durante el verano de 2002, en el crucero se registraron 15 estaciones positivas para huevos de anchoveta y 21 para larvas, lo que representó una frecuencia de 31,9% y 44,7% y una dominancia numérica igual a 62,8% y 32,1%, para cada una de las respectivas fases de desarrollo.

Coetáneamente a los cruceros de invierno de 2001 y verano de 2002, operó el sistema CUFES o bomba de huevos, colectándose 544 y 149 muestras en ruta para los respectivos cruceros, de las cuales 63 y 29 correspondieron a pares CUFES – Red CalVET.

En relación a la abundancia y distribución de los recursos objetivo del presente proyecto, la anchoveta fue la especie más frecuente y abundante, representando entre el 27,1% y el 72,0% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en el invierno y la menor en la primavera. Esta especie se distribuyó de acuerdo a su patrón histórico, con el aumento de las concentraciones del recurso en áreas costeras hacia los períodos primaverales y estivales, con la sola excepción de la reducción relativa de las densidades costeras en la primavera de 2000 y un aumento del límite occidental en el verano de 2001 hasta las 20 millas náuticas.

El jurel representó entre el 12,9% y 50,5% de las lecturas acústicas totales de cada crucero, siendo el mayor en la primavera y el menor en el invierno. Esta especie se presentó en bajas densidades en la zona Arica-Antofagasta, con algunos sectores de mayor concentración. La mayor agregación de jurel de los cuatro cruceros analizados, se registró en el otoño, al sur de punta Amarilla (24°S).

La sardina sólo se detectó con altos niveles gregarios en el otoño y primavera, exhibiendo la caballa una presencia similar.

Los huevos de anchoveta exhiben en Arica, en términos generales, las mayores concentraciones, destacando a través del tiempo los picks más importantes que se han registrado en diciembre de 1997, enero y diciembre de 2000 y enero y febrero de 2002, destacando particularmente los dos focos observados en el año 2000 como los más importantes numéricamente.



El ictioplancton de jurel y caballa no fue detectado en ninguno de los períodos mensuales analizados, observándose los últimos registros de huevos y larvas de caballa en marzo de 1999 en Arica.

Respecto de la biomasa zooplanctónica estacional, el rango más amplio de densidad se detectó durante la primavera del año 2001.

Al igual que en los cruceros realizados en años anteriores, los huevos y larvas exhibieron, en general, una distribución costera. Además, se presentan mayoritariamente en sectores donde existen variaciones latitudinales negativas de la TSM (sectores donde la temperatura va descendiendo en el sentido norte-sur), los cuales a su vez se vinculan a zonas de gradientes térmicos y a bordes de áreas de surgencia; no obstante lo anterior, es importante señalar que los huevos de anchoveta están mayormente asociados a zonas que desarrollan gradientes térmicos moderados y fuertes, en tanto que las larvas se ubican en sectores donde los diferenciales de temperatura son más modestos.



II. ÍNDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO	1
II. ÍNDICE GENERAL	9
III. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	11
IV. OBJETIVOS	25
1. Objetivo general	25
2. Objetivos específicos	25
3. Objetivo adicional	26
V. ANTECEDENTES GENERALES	27
VI. PERSONAL PARTICIPANTE	31
VII. METODOLOGÍA POR OBJETIVO	33
1. OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2.1.....	33
1.1 Colecta de muestras y registro de datos	33
1.1.1 Medición de la clorofila-a y la penetración de la luz	33
1.1.2 Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)	34
1.2 Procesamiento de la información	35
1.2.1 Análisis de series de tiempo de la TSM satelital	38
1.2.2 Generación de archivos dinámicos (formato *.AVI)	38
2. OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2.2	39
2.1 Calibración de flujómetros TSK	39
2.2 Colecta de muestras	39
2.3 Tratamiento de las muestras a bordo	40
2.3.1 Procedimiento en laboratorio	41
3. OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2.3	47
3.1 Calibración del sistema acústico	47
3.1.1 Calibración electroacústica	47
3.1.2 Identificación de especies	49
3.2 Distribución de los recursos	49
3.2.1 Índices de cobertura y densidad	50



4.	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2.4 -----	51
5.	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3.1 -----	52
5.1	Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas-----	52
6.	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3.2-----	53
7.	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3.3 -----	54
7.1	Exploración de las relaciones entre la distribución de huevos y larvas de anchoveta y las variables bio-oceanográficos -----	54
7.2	Análisis integrado -----	54
7.3	Análisis cartográfico entre la distribución del ictioplancton y las variables oceanográficas -----	55
7.4	Análisis de la señal latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y de la temperatura -----	55
VIII.	RESULTADOS -----	57
1.	Zona de estudio -----	57
2.	Cruceros -----	57
A.	Objetivo específico N° 2.1 -----	58
B.	Objetivo específico N° 2.2 -----	117
C.	Objetivo específico N° 2.3 -----	137
D.	Objetivo específico N° 2.4 -----	148
E.	Objetivo adicional N° 3.1 -----	174
F.	Objetivo adicional N° 3.2-----	201
G.	Objetivo adicional N° 3.3-----	206
IX.	DISCUSIÓN -----	211
X.	CONCLUSIONES -----	241
XI.	BASE DE DATOS -----	249
XII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	259

FIGURAS

TABLAS



III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

- Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros estacionales 2001/2002. (a) Otoño 2001, (b) Invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.
- Figura 2. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0109. Invierno 2001.
- Figura 3. Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0202. Verano 2002.
- Figura 4. Dirección e intensidad del viento (m/s) medido en las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 5. Temperatura superficial del mar (°C). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 6. Anomalías de temperatura superficial del mar (°C). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 7. Espesor de la termoclina (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 8. Temperatura base de la termoclina (°C). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 9. Profundidad base de la termoclina (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 10. Gradiente de temperatura promedio de la termoclina (°C). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 11. Máximo gradiente de temperatura en la termoclina (°C/m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.



- Figura 12. Profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 13. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 1 (Bahía Moreno; 23°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 14. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 2 (Punta Copaca; 22°20'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 15. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 3 (Punta Lobos; 21°00'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 16. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 4 (Punta Junín; 19°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 17. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 18. Profundidad de la isoterma de 15°C (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 19. Anomalía de profundidad de la isoterma de 15°C (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 20. Espesor de la capa de mezcla (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 21. Salinidad superficial del mar (psu). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 22. Anomalía de salinidad superficial del mar (psu). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 23. Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 1 (Bahía Moreno; 23°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 24. Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 2 (Punta Copaca; 22°20'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 25. Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 3 (Punta Lobos; 21°00'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.



- Figura 26. Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 4 (Punta Junín; 19°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 27. Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 28. Anomalía de temperatura vertical (°C) en la transecta 3 (Punta Lobos; 21°00'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 29. Anomalía de salinidad vertical (psu) en la transecta 3 (Punta Lobos; 21°00'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 30. Densidad superficial del mar (sigma-t) (kg/m^3). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 31. Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m^3) en la transecta 1 (Bahía Moreno; 23°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 32. Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m^3) en la transecta 2 (Punta Copaca; 22°20'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 33. Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m^3) en la transecta 3 (Punta Lobos; 21°00'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 34. Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m^3) en la transecta 4 (Punta Junín; 19°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 35. Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m^3) en la transecta 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 36. Distribución superficial del contenido de oxígeno disuelto (mL/L). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 37. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 1 (Bahía Moreno; 23°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 38. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 2 (Punta Copaca; 22°20'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 39. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 3 (Punta Lobos; 21°00'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.



- Figura 40. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 4 (Punta Junín; 19°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 41. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 5 (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 42. Diagramas **t-s** de todas las estaciones por crucero. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 43. Diagramas **t-s** de las transectas realizadas frente a Bahía Moreno, Punta Copaca y Punta Lobos. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 44. Diagramas **t-s** de las transectas realizadas frente a Punta Junín y Arica. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 45. Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 46. Distribución espacial semanal de la TSM (°C) satelital en la zona norte de Chile. Enero-abril de 2001.
- Figura 47. Distribución espacial semanal de la TSM (°C) satelital en la zona norte de Chile. Mayo-agosto de 2001.
- Figura 48. Distribución espacial semanal de la TSM (°C) satelital en la zona norte de Chile. Septiembre-diciembre de 2001.
- Figura 49. Distribución espacial semanal de la TSM (°C) satelital en la zona norte de Chile. Enero-abril de 2002.
- Figura 50. Distribución espacial mensual de la TSM (°C) satelital en la zona norte de Chile. Abril 2001 – abril 2002.
- Figura 51. Distribución espacial mensual de la TSM satelital en: a) franja costera y b) franja oceánica. Enero 1998 – abril 2002.
- Figura 52. Distribución latitudinal de la TSM satelital en la zona norte. 1998, 1999 y 2001.
- Figura 53. Distribución superficial de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en a) otoño 2001, b) Invierno 2001, c) Primavera 2001 y d) Verano. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.



- Figura 54. Distribución superficial de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en a) otoño 2001, b) Invierno 2001, c) Primavera 2001 y d) Verano. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 55. Distribución de la clorofila a integrada (mg/m^2) en a) otoño 2001, b) Invierno 2001, c) Primavera 2001 y d) Verano. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 56. Distribución de los feopigmentos integrados (mg/m^2) en a) otoño 2001, b) Invierno 2001, c) Primavera 2001 y d) Verano. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 57. Distribución batimétrica de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 1 (**Lat.** $23^{\circ}40'S$), 2 (**Lat.** $22^{\circ}20'S$), 3 (**Lat.** $21^{\circ} 0'S$), 4 (**Lat.** $19^{\circ} 40'S$) y 5 (**Lat.** $18^{\circ}25'S$). Otoño 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febreo 2002.
- Figura 58. Distribución batimétrica de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 1 (**Lat.** $23^{\circ}40'S$), 2 (**Lat.** $22^{\circ}20'S$), 3 (**Lat.** $21^{\circ} 0'S$), 4 (**Lat.** $19^{\circ} 40'S$) y 5 (**Lat.** $18^{\circ}25'S$). Invierno 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febreo 2002.
- Figura 59. Distribución batimétrica de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 0 (**Lat.** $24^{\circ} 20'S$), 1 (**Lat.** $23^{\circ}40'S$), 2 (**Lat.** $22^{\circ}20'S$), 3 (**Lat.** $21^{\circ} 0'S$), 4 (**Lat.** $19^{\circ} 40'S$) y 5 (**Lat.** $18^{\circ}25'S$). Invierno 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 60. Distribución batimétrica de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 0 (**Lat.** $24^{\circ} 20'S$), 1 (**Lat.** $23^{\circ}40'S$), 2 (**Lat.** $22^{\circ}20'S$), 3 (**Lat.** $21^{\circ} 0'S$), 4 (**Lat.** $19^{\circ} 40'S$) y 5 (**Lat.** $18^{\circ}25'S$). Invierno 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 61. Distribución batimétrica de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 1 (**Lat.** $23^{\circ}40'S$), 2 (**Lat.** $22^{\circ}20'S$), 3 (**Lat.** $21^{\circ} 0'S$), 4 (**Lat.** $19^{\circ} 40'S$) y 5 (**Lat.** $18^{\circ}25'S$). Primavera 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001–Febrero 2002.
- Figura 62. Distribución batimétrica de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 1 (**Lat.** $23^{\circ}40'S$), 2 (**Lat.** $22^{\circ}20'S$), 3 (**Lat.** $21^{\circ} 0'S$), 4 (**Lat.** $19^{\circ} 40'S$) y 5 (**Lat.** $18^{\circ}25'S$). Primavera 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001–Febrero 2002.
- Figura 63. Distribución batimétrica de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 1 (**Lat.** $23^{\circ}40'S$), 2 (**Lat.** $22^{\circ}20'S$), 3 (**Lat.** $21^{\circ} 0'S$), 4 (**Lat.** $19^{\circ} 40'S$) y 5 (**Lat.** $18^{\circ}25'S$). Verano 2002. Cruceros estacionales. Mayo 2001–Febrero 2002.



- Figura 64. Distribución batimétrica de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en las transectas 1 (**Lat.** 23°40'S), 2 (**Lat.** 22°20'S), 3 (**Lat.** 21° 0'S), 4 (**Lat.** 19° 40'S) y 5 (**Lat.** 18°25'S). Verano 2002. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 65. Relaciones funcionales entre la clorofila total ($\mu\text{g/L}$) versus la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la salinidad (psu) para los meses de mayo, septiembre, diciembre y febrero. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 66. Relaciones funcionales entre la clorofila total ($\mu\text{g/L}$) versus profundidad del disco de Secchi (m) para los meses de mayo, septiembre, diciembre y febrero. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 67. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2001, (b) Invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.
- Figura 68. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2001, (b) Invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.
- Figura 69. Distribución y abundancia de Huevos de Sardina. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2001, (b) Invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.
- Figura 70. Distribución y abundancia de Larvas de Sardina. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2001, (b) Invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.
- Figura 71. Distribución y abundancia de Huevos de Jurel. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2001, (b) Invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.
- Figura 72. Distribución y abundancia de Larvas de Jurel. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2001, (b) Invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.
- Figura 73. Distribución y abundancia de Huevos de Caballa. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2001, (b) Invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.
- Figura 74. Distribución y abundancia de Larvas de Caballa. Cruceros trimestrales. (a) Otoño 2001, (b) Invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.
- Figura 75. Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta para el período invierno de 1995 - verano de 2002.
- Figura 76. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2001.



- Figura 77. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2001.
- Figura 78. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en otoño del período 1986/2002.
- Figura 79. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/2001.
- Figura 80. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/2001.
- Figura 81. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno del período 1984/2001.
- Figura 82. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/2001.
- Figura 83. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/2001.
- Figura 84. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en primavera del período 1983/2001.
- Figura 85. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2002.
- Figura 86. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2002.
- Figura 87. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en verano del período 1987/2002.
- Figura 88. Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta, ***Engraulis ringens***, mediante el uso de la CUFES.
- Figura 89. Distribución espacial y abundancia de huevos de sardina, ***Sardinops sagax***, mediante el uso de la CUFES.
- Figura 90. Relaciones entre la abundancia de larvas de anchoveta y la temperatura superficial. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.



- Figura 91. Relaciones entre la abundancia de larvas de anchoveta y la salinidad superficial. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Figura 92. Distribución espacial de pez linterna y total. Crucero MOBIO 0105.
- Figura 93. Distribución espacial de pez linterna y total. Crucero MOBIO 0109.
- Figura 94. Distribución espacial de pez linterna y total. Crucero MOBIO 0112.
- Figura 95. Distribución espacial de caballa. Crucero MOBIO 0202.
- Figura 96. Distribución espacial de pez linterna y total de especies. Crucero MOBIO 0202.
- Figura 97. Distribución espacial de jurel y anchoveta. Crucero MOBIO 0105.
- Figura 98. Distribución espacial de jurel y anchoveta. Crucero MOBIO 0109.
- Figura 99. Distribución espacial de jurel y anchoveta. Crucero MOBIO 0112.
- Figura 100. Distribución espacial de jurel y anchoveta. Crucero MOBIO 0202.
- Figura 101. Distribución batimétrica (m) de la densidad acústica (m^2/mn^2) en los cruceros de otoño, invierno y primavera del año 2001 y verano del 2002.
- Figura 102. Distribución de temperatura ($^{\circ}C$) de la densidad acústica (m^2/mn^2) en los cruceros de otoño, invierno y primavera del año 2001 y verano del 2002.
- Figura 103. Distribución de salinidad ($^{\circ}C$) de la densidad acústica (m^2/mn^2) en los cruceros de otoño, invierno y primavera del año 2001 y verano del 2002.
- Figura 104. Distribución batimétrica mínima, máxima y promedio de jurel y anchoveta.
- Figura 105. Distribución de temperatura ($^{\circ}C$) mínima, máxima y promedio de jurel y anchoveta.
- Figura 106. Distribución de salinidad (psu) mínima, máxima y promedio de jurel y anchoveta.
- Figura 107. Índice de Densidad (ID) (t/mn^2) y Cobertura (IC) (%) estimados para anchoveta y jurel por crucero, periodo 1996-2002.
- Figura 108. Distribución temporal de temperatura ($^{\circ}C$) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a mayo 2002.



- Figura 109. Distribución temporal de salinidad (psu) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 – mayo 2002.
- Figura 110. Distribución temporal de oxígeno disuelto (mL/L) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 – Mayo 2002.
- Figura 111. Distribución temporal de la biomasa fitoplanctónica, como clorofila a ($\mu\text{g/L}$), en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a mayo 2002.
- Figura 112. Distribución y abundancia temporal de huevos de anchoveta en las estaciones fijas de monitoreo. Mayo 1997 – Mayo 2002.
- Figura 113. Distribución y abundancia temporal de larvas de anchoveta en las estaciones fijas de monitoreos. Mayo 1997 – Mayo 2002.
- Figura 114. Distribución y abundancia temporal de huevos de sardina en las estaciones fijas de monitoreo. Mayo 1997 – Mayo 2002.
- Figura 115. Distribución y abundancia temporal de larvas de sardina en las estaciones fijas de monitoreo. Mayo 1997 – Mayo 2002.
- Figura 116. Distribución y abundancia temporal de huevos de jurel en las estaciones fijas de monitoreo. Mayo 1997 – Mayo 2002.
- Figura 117. Distribución y abundancia temporal de huevos de caballa en las estaciones fijas de monitoreo. Mayo 1997 – Mayo 2002.
- Figura 118. Distribución y abundancia temporal de larvas de caballa en las estaciones fijas de monitoreo. Mayo 1997 – Mayo 2002.
- Figura 119. Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona costera, en otoño de 2001.
- Figura 120. Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona oceánica, en otoño de 2001.
- Figura 121. Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona costera, en invierno de 2001.
- Figura 122. Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona oceánica, en invierno de 2001.



- Figura 123. Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona costera, en primavera de 2001
- Figura 124. Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona oceánica, en primavera de 2001
- Figura 125. Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona costera, en verano de 2002.
- Figura 126. Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona oceánica, en verano de 2002.
- Figura 127. Densidad zooplanctónica total acumulada en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones.
- Figura 128. Densidad de los grupos zooplanctónicos de mayor abundancia en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones.
- Figura 129. Abundancia de la biomasa zooplanctónica en las estaciones costeras de monitoreo.
- Figura 130. Abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000 m³ de agua filtrada). Cruceros de (a) Otoño, (b) Invierno y (c) Primavera de 2001 y (d) Verano de 2002.
- Figura 131. Número de celdas de a) Huevos y B) Larvas de anchoveta respecto de la temperatura.
- Figura 132. Número de celdas de a) Huevos y B) Larvas de anchoveta respecto de la salinidad.
- Figura 133. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0105.
- Figura 134. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0109.
- Figura 135. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0112.
- Figura 136. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0202.



TABLAS

- Tabla 1. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0105 - 442(2)01CP. Otoño 2001.
- Tabla 2. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0109 - 447(3)01CP. Invierno 2001.
- Tabla 3. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0112 - 449(4)01CP. Primavera 2001.
- Tabla 4. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO – 0202 - 451(1)02CP. Verano 2002.
- Tabla 5. Categorías por densidad.
- Tabla 6. Máximas y mínimas de las variables monitoreadas en los cruceros estacionales realizados entre mayo de 2001 y febrero de 2002.
- Tabla 7. Caracterización de las masas de agua por su contenido de oxígeno disuelto.
- Tabla 8. Clasificación del estatus trófico de la zona norte de Chile de acuerdo a la concentración de clorofila- a.
- Tabla 9. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de peces. Cruceros Trimestrales MOBIO 2001/2002.
- Tabla 10. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces. Cruceros Trimestrales MOBIO 2001/2002.
- Tabla 11. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros trimestrales Otoño 2001 – Verano 2002.
- Tabla 12. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de sardina, *Sardinops sagax*. Cruceros trimestrales Otoño 2001 – Verano 2002.
- Tabla 13. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de jurel, *Trachurus murphyi*. Cruceros trimestrales Otoño 2001 – Verano 2002.



- Tabla 14. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de caballa, *Scomber japonicus*. Cruceros trimestrales Otoño 2001 – Verano 2002.
- Tabla 15. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en otoño de 1986 – 2001.
- Tabla 16. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en otoño de 1986 – 2001.
- Tabla 17. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en invierno de 1984 – 2001.
- Tabla 18. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en invierno de 1983 – 2001.
- Tabla 19. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en primavera de 1985 – 2001.
- Tabla 20. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en primavera de 1983 – 2001.
- Tabla 21. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta – Arica en verano de 1987 – 2002.
- Tabla 22. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta – Arica en verano de 1987 – 2002.
- Tabla 23. Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros estacionales MOBIO.
- Tabla 24. Número de huevos de sardina y anchoveta colectados con red CalVET y sistema CUFES en invierno de 2001.
- Tabla 25. Número de huevos de sardina y anchoveta colectados con red CalVET y sistema CUFES en verano de 2002.
- Tabla 26. Ecuaciones de calibración para huevos de anchoveta colectados con red CalVET y sistema CUFES en invierno de 2001.



- Tabla 27. Ecuaciones de calibración para huevos de anchoveta colectados con red CalVET y sistema CUFES en verano de 2002.
- Tabla 28. Calibraciones históricas del sistema EK-500 del B/I Carlos Porter en la frecuencia de 38 KHZ.
- Tabla 29. Densidad y máximos y mínimos del ictioplancton de anchoveta, sardina, jurel y caballa, detectado en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones entre abril de 2001 y mayo de 2002.
- Tabla 30. Abundancia de los grupos zooplanctónicos analizados en la zona costera y oceánica, durante los cruceros estacionales de monitoreo. Mayo 2001 – Febrero 2002.
- Tabla 31. Grupos zooplanctónicos dominantes para las zonas costera u oceánica, durante los cuatro períodos estacionales analizados.
- Tabla 32. Número de estaciones positivas, porcentaje de frecuencia y dominancia de los grupos zooplanctónicos en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones.
- Tabla 33. Abundancia relativa estandarizada de los grupos zooplanctónicos analizados entre mayo de 2001 y mayo de 2002 en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones.
- Tabla 34. Valores de la biomasa zooplanctónica en las estaciones fijas de Arica, Iquique y mejillones entre mayo 2001–mayo 2002 (ml zooplancton/1000m³).
- Tabla 35. Biomasa promedio y rangos de los valores observados en los cruceros estacionales de otoño, invierno y primavera del año 2001 y verano de 2002.
- Tabla 36. Índices de V de Cramer para huevos y larvas de anchoveta respecto de la temperatura y salinidad.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



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 con observaciones realizadas en, a lo menos, 3 estaciones costeras dentro de la zona de estudio, donde se registrarán a lo menos las variables señaladas en los puntos 2.1 y 2.2.



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 algunas variables oceanográficas.



V. ANTECEDENTES GENERALES

La pesquería pelágica de la zona norte, durante los últimos años ha cimentado su actividad fundamentalmente en la explotación de anchoveta (*Engraulis ringens*) y jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*), recursos que en el año **2001** contribuyeron con un 84% y 9% de los desembarques anuales, respectivamente. Durante la década de los 80 la sardina española predominó en los desembarques, para posteriormente prácticamente desaparecer. Dicha actividad pesquera sustenta un complejo industrial productor de harinas y aceite de pescado situado en las Regiones I y II.

La variabilidad de la abundancia en estas especies se caracteriza por presentar, por una parte, una componente estacional, asociada al pulso de reclutamiento y a los patrones de explotación; y por otra, una componente interanual asociada a cambios climáticos que afectan los procesos ya señalados, teniendo especial relevancia entre los factores climáticos la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). El último episodio se manifestó en la zona de estudio en 1997/98, afectando drásticamente los niveles de desembarque.

El monitoreo oceanográfico y pesquero de los recursos precitados data desde el año 1963, generándose la segunda base de datos más completa del mundo en pesquerías pelágicas. Desde 1963 a 1972 existe una cobertura trimestral ininterrumpida de monitoreos bio-oceanográficos para la zona Arica - Antofagasta, alcanzando una frecuencia mensual en los últimos años. Con posterioridad, en 1980 y dada la importancia adquirida por la pesquería pelágica de la zona norte y ante la necesidad de conocer los niveles de biomasa de las especies que la sustentaban, las autoridades pesqueras impulsaron el establecimiento de un programa regular de evaluación directa por métodos acústicos, con frecuencia estacional. Cabe señalar que a partir de 1982, y en forma paralela a los esfuerzos del sector estatal, las principales empresas pesqueras privadas de la zona, encargaron al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) la ejecución de investigaciones que permitieran conocer la distribución y abundancia estacional de las especies sujetas a explotación.



En atención a los resultados obtenidos, los cruceros de prospección acústica efectuados desde 1985 y financiados por el sector privado, incluyeron estudios oceanográficos y de distribución y abundancia de huevos y larvas de peces, con el fin de determinar las relaciones entre las condiciones del ambiente y el potencial de los recursos en estudio.

Hasta la fecha se han efectuado numerosos cruceros estacionales entre la costa y las 100 mn (ocasionalmente hasta las 200 mn) en el litoral entre la I y la II Región, con el objetivo de vigilar las condiciones bio-oceanográficas y su efecto sobre la distribución y abundancia relativa de las formas adultas y juveniles de sardina española, anchoveta y jurel, siendo esta base de datos, por sus especiales características, una de las pocas que puede ser utilizada para detectar un cambio climático global sobre las pesquerías, separando los efectos naturales de los antrópicos. En este mismo sentido, los datos hidrográficos generados por esta serie de cruceros, han entregado la información básica para realizar cartas de valores promedios históricos superficiales, de las cuales se obtienen los valores de anomalías correspondientes, permitiendo con ello una mejor detección y cuantificación de la magnitud de los eventos cálidos y fríos asociados al ENOS, como también de los procesos locales que se presentan en la zona.

En base a los resultados de dichas investigaciones, ha sido posible establecer la estacionalidad de la biomasa de los principales recursos pelágicos sometidos a explotación y su relación, en algunos casos, con las características físicas, químicas y biológicas del ambiente, las que afectan directamente a la distribución y abundancia de los huevos y larvas de peces.

Especialmente relevante en la distribución espacial de los recursos, son aquellas características dinámicas de la columna de agua que permiten su estabilización y la posterior agregación de alimento, situación que es especialmente crítica para las larvas de los peces pelágicos tales como la anchoveta, ya que la falta de alimentación es uno de los principales problemas que afectan la sobrevivencia y el desarrollo larval, lo que estaría condicionando el éxito del reclutamiento al stock de peces adultos.

En el período comprendido de mayo a junio de 1997 el ecosistema pelágico de la zona norte comenzó a ser afectado por la presencia de masas de agua de origen subtropical,



cuyas principales características fueron las altas temperaturas y salinidades, constituyéndose en el último episodio de “El Niño”. Este se caracterizó por presentar desviaciones positivas de hasta 6° C, respecto del promedio histórico, durante el apogeo del fenómeno. Al mismo tiempo, estas masas de agua presentaban características marcadamente oligotróficas, con concentraciones de biomasa fitoplanctónica muy bajas (< 0,2 µg/L).

Asociada a esta situación fue posible constatar que la biomasa de peces pelágicos pequeños como la anchoveta sufrió dos consecuencias; la primera dice relación a una mayor vulnerabilidad del recurso a la pesca, debido a que las masas de aguas cálidas restringieron su desplazamiento a no más allá de la línea de costa, lo que contribuyó a un significativo incremento en los desembarques debido a la mayor vulnerabilidad al arte de pesca. Posteriormente, este recurso disminuyó su biomasa disponible a la pesquería, hasta que prácticamente desapareció de los registros de pesca.

A continuación, a partir de julio de 1998 el sistema comenzó a normalizarse tendiendo al enfriamiento, situación inversa denominado "La Niña 1998-1999". Debido a este proceso de reversión, la biomasa de productores primarios se incrementó considerablemente tanto en la zona costera como en la oceánica. En la zona costera se comenzó a detectar la presencia de frentes termo-halinos de consideración, lo que permitió la estabilización de la columna de agua, provocando que la oferta ambiental de alimentación para los peces pelágicos se incrementara considerablemente, hasta llegar a los niveles considerados normales para la década del 90, es decir desde 1 hasta 4 µg/L de clorofila *a* entre la costa y las 10 mn, llegando ocasionalmente la zona de influencia de estos parches de alimentación, en el plano batimétrico, hasta los 50 metros.

El retorno a la normalidad de los procesos oceanográficos anteriormente descritos permitió que el ambiente estuviera favorable, para que los primeros estadios de desarrollo de la anchoveta tuvieran un ambiente óptimo, con un reclutamiento que se esperaba fuese exitoso para el período 1999 al 2001.

Debido a la importancia de este tipo de investigaciones, que permiten aumentar la comprensión de la influencia de los factores oceanográficos en la distribución y abundancia de los recursos, el Consejo del Fondo de Investigación Pesquera y



Acuicultura, decidió continuar el monitoreo de los pequeños peces pelágicos costeros y de su medio ambiente, dentro del Programa de Investigación para el año 2001, a objeto de mantener un sistema regular, oportuno y periódico de observación de las condiciones de la pesquería y de su ambiente bio-oceanográfico, incorporando estaciones costeras de vigilancia mensual, que permitan aumentar la frecuencia de observación.



VI. PERSONAL PARTICIPANTE

OCEANOGRAFÍA FÍSICA

Hernán Reyes R.	Oceanógrafo
José Raúl Cañon C.	Oceanógrafo – CORPESCA S.A.
Víctor Catasti B.	Ingeniero Pesquero

OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA

- **Ictioplancton**

Mauricio Braun A.	Biólogo – Jefe de Proyecto
Hernán Miles U.	Técnico
Guillermo Galindo P.	Técnico

- **Clorofila a, Disco de Secchi**

Jorge Osses R.	Profesor de Química
Guillermo Pizarro Ch.	Técnico Pesquero – CORPESCA S.A.

ACÚSTICA

Jorge Castillo P.	Ingeniero Pesquero
Marcos Espejo V.	Ingeniero Electrónico



Actividades del personal participante

NOMBRE	ACTIVIDAD
Mauricio Braun A.	Jefe de Proyecto, Jefe de Crucero, Colecta de muestras, procesamiento y análisis de datos ictioplancton y zooplancton, análisis de información histórica, coordinación general, preparación de informes.
Jorge Castillo P.	Participación Cruceros, toma y proceso de datos acústicos, análisis de datos, preparación de informes.
Hernán Reyes R.	Oceanografía, Participación Cruceros, toma de datos, procesamiento muestras de salinidad, análisis de datos históricos, preparación de informes.
Jorge Osses R.	Oceanografía, Colecta de muestras de agua para análisis de cloa – a, procesamiento y análisis de oxígeno, análisis de información histórica, preparación de informes.
Marcos Espejo V.	Participación Calibración electroacústica sistema EK-500, procesamiento de datos acústicos en tierra.
Víctor Catasti B.	Procesamiento y análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar, semanales y mensuales y su asociación con huevos y larvas de peces, preparación de informes.
Hernán Miles U.	Participación Cruceros, colecta de muestras de zooplancton, procesamiento e identificación de huevos y larvas de especies objetivo.
Guillermo Galindo P.	Participación Cruceros, colecta de muestras de zooplancton.
José Raúl Cañón C.	Embarcado, toma de datos en estaciones fijas de monitoreo.
Guillermo Pizarro Ch.	Embarcado, toma de datos es estaciones fijas de monitoreo.



VII. 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 m.

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 hasta una profundidad máxima de 500 dbar, mediante el uso de un CTD marca SEA BIRD modelo 19, equipado con bomba. En las estaciones ubicadas en las transectas, se colectaron muestras discretas en la columna de agua utilizando botellas Niskin de 1,7 litros. Los muestreos se realizaron en las profundidades estándar de 0, 5, 10, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 y 300 m (**Fig. 1**).

Con las muestras de agua colectadas, se realizaron a bordo los análisis de la concentración de oxígeno disuelto, mediante el método Winkler modificado por Carpenter (1965), clorofila-a y los correspondientes análisis de salinidad.

Los datos discretos de temperatura, obtenidos con termómetros de inversión, se utilizaron para la correspondiente corrección de profundidad del muestreo, realizado con las botellas Niskin y el chequeo del sensor de temperatura del CTD.

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

La colección de muestras para el análisis de clorofila a y feopigmentos se realizó a las profundidades de 0, 5, 10, 25, 50 75 y 100 m, en las estaciones localizadas a 1, 5 y 10 mn de distancia de la costa. Para las estaciones localizadas a 20, 40 70 y 100 mn no se



colectó la muestra de 5 m, debido a que la capa de mezcla aumenta en forma sostenida y la concentración de pigmentos se homogeniza entre la superficie y los 10 metros.

Las muestras fueron filtradas in situ con un sistema de filtrado múltiple, utilizando filtros de 25 mm de diámetro de fibra de vidrio (MFS-GC75 o Whatman-GF/F) o acetato de celulosa (Millipore, HAW). El volumen de filtrado se estandarizó a 50 mL toda vez que la técnica de lectura fluorimétrica, al contrario de la espectrofotométrica, permite por su alta sensibilidad reducir en forma significativa el volumen de filtración.

Los filtros se almacenaron a bordo a - 20 °C, hasta el término de cada uno de los cruceros. Posteriormente la extracción de los pigmentos, para su cuantificación, se realizó con acetona (aq) al 90% v/v, por un período no inferior a 12 horas. La lectura del sobrenadante se realizó en ambiente de baja luminosidad con la técnica sin y con acidificación descrita en Parsons *et al.* (1984), utilizando un fluorómetro digital Turner Designs Modelo 10AU. Este instrumento está equipado con un sensor especial para clorofila-a que es altamente sensible al rojo. La calibración cuantitativa del fluorómetro se realizó con un estándar de clorofila-a pura (Sigma Chemicals) siguiendo el protocolo descrito por el fabricante.

La medición de penetración de la luz, se realizó con un disco de Secchi de 30 cm de diámetro, pintado de color blanco. Este fue bajado con un cabo previamente medido a intervalos de 1 m por el lado sombreado del buque, hasta que fue apenas perceptible registrándose la profundidad y luego hasta que desaparezca completamente. Entonces, fue izado lentamente hasta que fue nuevamente visible, anotándose esta segunda lectura. La lectura final del disco de Secchi fue obtenida promediando ambos registros.

1.1.2 Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)

Para el análisis de la estructura térmica superficial, se recibieron y procesaron 127 imágenes satelitales de alta resolución de la temperatura superficial del mar (TSM), provenientes del radiómetro de alta resolución (AVHRR) a bordo de los satélites NOAA 14 y 16. Dichas imágenes fueron recibidas en el sistema SIRS-HRPT de la Universidad Católica de Valparaíso, que posee una antena parabólica, siendo éstas, analizadas



preliminarmente con el software de recepción satelital y de procesamiento digital de imágenes PCI. Luego las cartas satelitales fueron transmitidas al Laboratorio SIG del IFOP.

1.2 Procesamiento de la información

La información del CTD fue procesada de acuerdo a procedimientos estándar recomendados por el fabricante. Para validar la información de temperatura y salinidad se utilizaron los datos del análisis discreto. El funcionamiento del equipo fue satisfactorio y sus valores no presentaron diferencias significativas durante los cruceros.

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

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

Para la determinación de la anomalía de temperatura y salinidad superficial se utilizaron los promedios mensuales determinados para la zona de estudios actualizados hasta febrero de 2002 por IFOP (2002).

Con los datos ya procesados se confeccionaron cartas superficiales de distribución de las variables temperatura, anomalía de temperatura, salinidad, anomalía de salinidad, oxígeno disuelto, densidad (sigma-t) y los diagramas t-s de todas las transectas. Así también cartas del espesor de la capa de mezcla y de la termoclina, gradientes y profundidades de máximos gradientes de la termoclina y circulación superficial mediante la anomalía geopotencial superficial referida a 500 db.

Con respecto a la clorofila-a, una vez cuantificadas las muestras, la información fue codificada, digitada y georeferenciada 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 $\mu\text{g/L}$.



Para una adecuada representación de la estructura biológica de toda la columna de agua se calcularon los valores totales de la biomasa fitoplanctónica, integrando con interpolación lineal, para lo cual se usó un promedio aritmético de muestras adyacentes, para representar el promedio de la clorofila presente en el estrato entre muestras (Venrick, 1978). Este cálculo permite, comparar la clorofila-a en unidades de área (mg/m^2), descartando la posibilidad de no representar adecuadamente los máximos sub-superficiales de biomasa fitoplanctónica, que se producen especialmente en períodos estivales. Esto permite además, comparar adecuadamente la estructura biológica entre muestreos y de manera estacional, independientemente de la variabilidad física de la columna de agua

Con respecto a la información meteorológica, en cada una de las estaciones bio-oceanográficas de los cruceros estacionales, 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, utilizándose las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991).

Los datos meteorológicos registrados se incorporan a las bases de datos del proyecto a objeto de actualizar y completar las bases de datos del CENDOC. No obstante lo anterior, se ha incorporado en este documento, cartas superficiales de vientos (intensidad y dirección) medido en las estaciones oceanográficas durante la realización de los cruceros. Esta información se utiliza como ayuda para la interpretación del comportamiento de las variables oceanográficas superficiales y de la capa de mezcla en la zona de estudio.

Las cartas satélites son matrices de datos que fueron corregidas atmosféricamente y posteriormente resampleadas y georreferenciadas, para finalmente obtener los valores de TSM. Cabe destacar que la resolución espacial aproximada es de 1,1 x 1,1 km. La disponibilidad de imágenes de TSM estuvo restringida, principalmente en los meses de invierno, por la nubosidad presente en la zona de estudio, ya que la forma de registro del sensor (pasiva) no realiza mediciones a través de las nubes transformándose en el mayor problema en la recepción de la información satelital (Barbieri *et al.*, 1989; Maravelias y Reid, 1995).



En base de las imágenes satelitales calibradas y georeferenciadas disponibles se elaboró una imagen semanal de la TSM 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.

MAS_i : imagen mascara de la TSM diaria (compuesta por valores “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. Dicha metodología ha sido empleada con éxito en diferentes trabajos como Barría *et al.*, (2001), Silva *et al.*, (1999) y Yáñez *et al.*, (1996).

De la misma manera, se confeccionaron imágenes promedio mensual, superponiendo las imágenes de la TSM semanales disponibles dentro de dichos períodos, utilizando la metodología antes descrita, de la siguiente forma:

$$TSMm = \frac{\sum_{n=1}^s TSM_s}{\sum_{n=1}^s MAS_s}$$

donde:

TSM_s : imagen semanal de TSM no contaminada por nubes.

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



1.2.1 Análisis de series de tiempo de la TSM satelital

Para describir el comportamiento espacial y mensual de la TSM, la zona de estudio fue dividida en dos subzonas: la primera se extiende desde la costa hasta las 25 mn (costera), en tanto la segunda se ubica desde las 25 mn hacia el oeste (oceánica); luego, cada subzona fue dividida en 12 subáreas de 30 mn de extensión en el sentido norte-sur. Posteriormente, se estimó con el programa IDRISI las TSM promedio mensual de cada subárea, con el objeto de describir el comportamiento espacial y mensual. Finalmente, se elaboró, mediante el programa SURFER, una imagen que representó la variación mensual de la temperatura a lo largo de la costa, utilizando la metodología desarrollada por Barbieri *et al.*, 1995.

1.2.2 Generación de archivos dinámicos (formato *.AVI)

Para facilitar el análisis de las cartografías de TSM, se generaron archivos dinámicos de video con formato AVI. Esta presentación tiene la ventaja de permitir observar las distribuciones de manera interactiva a través del computador y advertir de una manera más nítida el comportamiento de la estructura térmica.

La creación de dichos archivos consideró 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 ciudades, ríos, etc).
- La cartografía es exportada hacia un formato de dibujo (*.JPG, *.BMP, *.WMF, etc).

Las imágenes son introducidas a softwares 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 fueron calibrados en la bahía de Mejillones, caleta Duendes y caleta Lautaro, 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 - 0105	TSK 5336 (A07)	$V = 0,15757476 * N - 0,075805142$
Crucero MOBIO - 0109	TSK 5336 (A07)	$V = 0,14180867 * N - 0,012636066$
Crucero MOBIO - 0112	TSK 5336 (A07)	$V = 0,14553911 * N - 0,031794625$
Crucero MOBIO - 0202	TSK 5336 (A07)	$V = 0,14447355 * N + 0,044774391$

2.2 Colecta de las muestras

Durante la ejecución de los cruceros estacionales de monitoreo se efectuaron **202** estaciones zooplanctónicas mediante el uso de una red modelo WP-2 (ICES, 2002), 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 a 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 2001, el ángulo fluctuó entre 2° y 33° con una media igual a 13° en otoño, entre 0° y 25° con una media en los 13° en invierno, en primavera fluctuó entre 2° y 35° con una media en los 14° y entre 2° y 36° con una media de 16° en verano de 2002.

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 1, 2, 3 y 4**).

Además, durante la ejecución de los cruceros estacionales de invierno de 2001 y verano de 2002, se utilizó la bomba de huevos – CUFES – (Continuos Underway Fish Egg Sampler) colectándose un total de 544 y 149 muestras, respectivamente. En invierno de 2001, el muestreo con CUFES se realizó en toda la zona de estudio (**Fig. 2**), mientras que en el verano del año en curso, se muestreó en cada una de las transectas hasta una distancia máxima de 40 mn y cada 5 mn a lo largo de la extensión latitudinal de la zona de estudio (**Fig. 3**).

En ambos casos, la bomba de huevos colectó muestras cada 2,5 mn (app cada 20 minutos) a una profundidad de 3 m, con una tasa de flujo de bomba para septiembre de 2001 igual 448 L/m (0,448m³/L) y de 502 L/m (0,502m³/L) en verano de 2002; a una velocidad de crucero de 7 nudos. El volumen de agua filtrado por la red CalVET para ambos cruceros, fue calculado mediante metodología propuesta por Smith *et al.*, (1985). El volumen de agua promedio filtrado por la red CalVET fue de 3,48 ± 0,19m³ y 3,39 ± 0,48m³, respectivamente y, el del sistema CUFES fue igual a 1,531m³. en invierno de 2001 y 1,261m³ en verano del año en curso.

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 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:

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

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

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



2.3.1.2 Estandarización de la estimación de la abundancia del ictioplancton

Con el propósito de hacer comparable el número de huevos y larvas obtenidos de los muestreos 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 huevos y larvas bajo una unidad de área de mar se obtuvo mediante a 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 (m^3/seg).
 t = tiempo empleado en el arrastre (seg).

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

$$Q = V * A$$

donde:

- V = velocidad de arrastre de la red expresada en m/seg.
 A = área de la boca de la red (m^2).

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

$$V = a * N + b$$

donde:

- N = número de revoluciones por segundo.
 a y b = constantes

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

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



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

Un estimador desarrollado por Pennigton (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 anchoveta, sardina, jurel y caballa se utilizó la escala geométrica de Frontier (1966) modificada y un software **ad hoc**, SURFER6.



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 de larvas (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 es:

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

La varianza de la muestra se calcula 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 el área 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 de larvas (L) se puede expresar como:

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

Intervalos de confianza al 95% se pueden obtener 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 y aparece descrito en el libro Sampling Techniques en las páginas 35-37 (Cochran, 1977).



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

Para este fin se utilizaron blancos estándar 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 ecointegrador (S_a) se aplica el siguiente procedimiento:

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

siendo:

$$Sa_{(t)} = \frac{4pr_0^2 s_{bs} (1852)^2}{y r^2}$$

donde:

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



3.1.2 Identificación de especies

La identificación de especies fue realizada mediante la aplicación del método acústico (Guzmán *et al.*, 1983). Durante el crucero MOBIO 9805 se utilizó la información de los tipos de agregación recolectados mediante pescas de arrastre a media agua.

El método acústico (Guzmán *et al.*, 1983) considera el análisis de la forma geométrica de los cardúmenes y su relación con la señal acústica, según la siguiente formulación:

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

donde:

- S_v = coeficiente volúmetrico de dispersión de la agregación ó cardúmen.
- $C1$ = constante de calibración electrónica del equipo. En el caso del EK 500 está incluida en la salida calibrada del ecointegrador.
- L = longitud de la agregación (m)
- D = altura media de la señal remitida por la agregación (m).
- V^2 = voltaje al cuadrado, equivalente a la lectura del ecointegrador.

3.2 Distribución de los recursos

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

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



3.2.1 Índices de cobertura y densidad

El índice de cobertura indica el porcentaje del área ocupada efectivamente por la especie, señalando el grado de agregación presentado por la especie en el momento de la prospección. Su cálculo se realiza según:

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

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

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

donde:

- k = número de observaciones acústicas con presencia de recurso
- Z = número total de observaciones acústicas en el crucero.
- Sa_{ij} = lecturas acústicas en la i-ésima I.B.M de la j-ésima transecta.
- C_e = factor de eointegración, obtenido en base a un TS_{kg} de -32,5 dB/kg (t/mn²/Sa).
- IC = índice de cobertura (%)
- ID = índice de densidad en t/mn².



4. OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2.4

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

Las estaciones costeras de monitoreo ubicadas a 2 mn al oeste de los puertos de Mejillones, Iquique y Arica, fueron realizadas durante el período comprendido entre **abril de 2001 y mayo de 2002**, a bordo de embarcaciones pesqueras. En ellas se obtuvieron muestras discretas para los análisis de salinidad, oxígeno disuelto, clorofila a y registros de temperatura en superficie y a las profundidades de 5, 10, 25 y 50 m, utilizando botellas Niskin de 1,7L equipadas con termómetros de inversión.

Los datos de temperatura y el resultado del análisis de las muestras de salinidad y oxígeno, fueron graficados como serie de tiempo con profundidad.

Las estaciones costeras mensuales fueron procesadas de acuerdo a la misma rutina descrita para las estaciones de los cruceros estacionales.

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**.



5. OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3.1

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 zooplancteres 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 6.0.



6. OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3.2

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 estadíos 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 m³
- X = ml de zooplancton
- W = Volumen de agua filtrada por la red (m³).



7. OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3.3

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

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

Para el estudio integrado de las variables medidas en los cruceros de investigación que se realizaron durante el año 2001 y verano de 2002, se efectuó un análisis espacial de la distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Asimismo, se utilizó información de temperatura (°C) proveniente de las imágenes satelitales y salinidad (psu) obtenida de las estaciones oceanográficas.

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

En forma previa, se realizó la georreferenciación de la costa, desde las cartas náuticas electrónicas (CNE) del SHOA, mediante la técnica 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. Posteriormente cada variable fue interpolada, a través del método de Kriging, mediante módulos del software Surfer 6.0.

7.2 Análisis integrado

Para el análisis integrado de las variables se usó como plataforma de trabajo el SIG IDRISI. Con dicho SIG y para detectar la posible asociación entre la distribución de las variables ictioplánticas y los parámetros ambientales, se emplearon dos enfoques: a) se elaboró un estudio espacial y visual de la información realizando la cartografía de las variables y se estimaron asociaciones cruzadas (crosstabulaciones) a través de los SIG y



b) se calculó la señal latitudinal para la distribución y abundancia de los huevos y larvas respecto de la TSM satelital.

Con el propósito de relacionar y superponer los diferentes mapas fue necesario que las cartas estuviesen en una idéntica escala espacial. Lo anterior significó generar imágenes en rasters que posean similar cantidad de filas y columnas, esto se hizo mediante el módulo RESAMPLE del SIG. De esta manera se generaron imágenes en rasters de 80 columnas (sentido longitudinal) y 120 filas (sentido latitudinal).

7.3 Análisis cartográfico entre la distribución del ictioplancton y las variables oceanográficas

Se procedió a realizar un análisis entre la distribución de los huevos y larvas y las variables oceanográficas. De esta manera se determinaron correlaciones espaciales cruzadas (crosstabulación) determinándose el índice V de Cramer y además se calculó el número de pixeles respecto de alguna(s) variable(s), con el propósito de generar gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribución de los huevos y larvas respecto de la temperatura y la salinidad. Con lo anterior, se determinaron rangos óptimos de preferencia del ictioplancton de anchoveta en relación a dichas variables ambientales.

7.4 Análisis de la señal latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y de la temperatura

Para establecer las asociaciones entre las variables respecto de la posición latitudinal y con el fin de conocer si la distribución y abundancia de los huevos y larvas del recurso se encuentra asociada a ciertas estructuras superficiales (eventos de surgencia y/o gradientes térmicos) se estimó, la señal latitudinal (en el sentido norte-sur) de las variables biológicas y de la TSM satelital. Para tal efecto se generaron tres señales: la primera denominada costera (que se localiza entre la costa y las primeras 10 mn); la segunda llamada intermedia (posicionada entre las 11 mn y 20 mn de la costa) y una tercera, situada al oeste de las 20 mn y que es oceánica.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



VIII. 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 abril de 2001 y marzo de 2002, el Instituto de Fomento Pesquero – IFOP – realizó a bordo del B/C “Carlos Porter” los siguientes cruceros estacionales de monitoreo:

- Otoño : **MOBIO 0105** (21 al 28 de mayo de 2001),
- Invierno : **MOBIO 0109** (17 al 29 de septiembre de 2001),
- Primavera : **MOBIO 0112** (09 al 18 de diciembre de 2001), y
- Verano : **MOBIO 0202** (26 de febrero al 07 de marzo de 2002).

Se efectuaron además, las estaciones costeras de vigilancia de frecuencia de observación mensual durante el período comprendido entre abril de 2001 y mayo de 2002, frente a los puertos de Mejillones, Iquique y Arica y 12 estaciones bio-oceanográficas durante la navegación intertransectas en cada uno de los cruceros (**Fig. 1; Tablas 1, 2, 3 y 4**).

Cabe señalar que el crucero de septiembre de 2001 formó parte del Cuarto 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 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 200 mn las transectas ubicadas frente a punta Copaca y punta Lobos con estaciones programadas a 130, 160 y 200 mn de la costa. Esta nueva exploración constituyó una 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 ecuatoriano del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador – INOCAR, viajando a Ecuador un oceanógrafo físico de Chile.

A. Objetivo específico N° 2.1

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

3. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS SUPERFICIALES

3.1 Vientos

Los resultados del viento medidos en la zona de estudio para cada período de muestreo se entregan a continuación y los vectores respectivos se grafican en la **Figura 4**. Para efectos comparativos de la intensidad del viento se definirá, como criterio de clasificación, la siguiente escala: 0 a 5 m/s como viento de intensidad débil, > 5 a 10 m/s viento moderado y > 10 m/s como viento fuerte. El valor de 5 m/s es considerado como la mínima intensidad del viento capaz de producir mezcla turbulenta en la capa superficial (Simpson y Dickey, 1981). Los vectores de viento de la zona durante la realización de cada crucero son útiles para interpretar los datos oceanográficos superficiales como temperatura, salinidad y capa de mezcla.



Los vientos medidos en el cruce del período de otoño (**Fig. 4a**) se caracterizan por una intensidad débil ya que el 100 % de los datos fue menor a 5 m/s. Durante este periodo predominan las direcciones del SSE y SE (82 % de los datos) y el 14% corresponde a calma. Las menores intensidades, en términos relativos al período, se registraron en la mitad norte de la zona, particularmente en la transecta de Arica (T5). Las máximas se midieron en la transecta frente a bahía Moreno (T1). Los datos entre Pisagua y Antofagasta indican la tendencia a presentar mayores magnitudes de viento hacia el sector oceánico.

Para el período de Invierno 2001 (**Fig. 4b**) los registros indican mayores intensidades de viento en relación al periodo anterior, sin embargo el 93% de los datos se encuentran con intensidad menor a 5 m/s por lo que se caracteriza el período por vientos débiles. En la Figura 4 se aprecia que los vientos tuvieron mayor magnitud que otoño y primavera y se puede indicar que el 45% de los datos fue mayor a 3 m/s en comparación al 38% de otoño y primavera. Respecto a las direcciones el 92% corresponden a segundo y tercer cuadrante con predominio de direcciones entre los 160 y 200 grados (SSE y SSO).

Los vientos de primavera del año 2001 (**Fig. 4c**) muestran una magnitud y dirección similar a la observada en otoño, con el 94% de los datos de intensidad débil (menores a 5 m/s) y el 83% de los datos del segundo y tercer cuadrante con predominio del SSE y SSO (72%) y el 14 % es de intensidad cero. La mitad norte de la zona también tiene menores magnitudes que los datos de la mitad sur y en relación a esto se puede indicar que la transecta 5 tiene tres estaciones con intensidad cero y en general menores a 1 m/s. En la costa también hay menores magnitudes que en el sector oceánico, excepto en la Transecta T1 en que son notoriamente mayores en la costa.

El verano del año 2002 (**Fig. 4d**) por su parte presentó un 92 % de los datos medidos en las estaciones con intensidad débil, un 7% con intensidad moderada con un máximo de 6 m/s y un 12% de valores de intensidad cero. Respecto de las direcciones se puede indicar un predominio de direcciones del tercer y cuarto cuadrante con un 72% de los datos y una mayor frecuencia de dirección en el rango de los 150° a 210°, que corresponden a un 56% de los datos desde el SSE y SSO.



3.2 Temperatura

3.2.1 Temperatura superficial

Los resultados de temperatura superficial del mar (TSM) medidos en cada uno de los cruceros y la distribución de anomalía térmica, obtenida en base a los promedios mensuales calculados para el área, se entregan a continuación. Los valores extremos de temperatura superficial y su respectiva posición geográfica se entregan en la Tabla 6.

Durante el otoño del 2001, la TSM (Fig. 5a) presentó valores que estuvieron dentro del rango de 15°C a 20°C. Los menores valores como es habitual se encontraron en el sector costero próximos a Pisagua e Iquique y también en Antofagasta. Los valores máximos se localizaron como pequeños focos de agua cálida en el sector oceánico entre los 19° y 21°S y en el límite norte de la zona. Gran parte del área oceánica, hasta los 22°20'S, se encuentra con valores de temperatura mayores a 19°C. Hacia el sector costero se produce un gradiente térmico moderado que registra 4° de variación en las primeras 30 mn. Desde la latitud 22°40'S hacia el sur, el sector oceánico se presentó más frío que el sector norte y con una orientación de las isotermas perpendicular a la costa. En ésta área oceánica las temperaturas descienden de norte a sur de 19° a 16°C. Las anomalías de temperatura (Fig. 6a) obtenidas de los promedios históricos corresponden en general a valores en el rango – 1° a 0°C en gran parte de la zona oceánica. Valores de anomalía negativa mayores (absoluto) a 1°C se presentaron en el extremo noroeste y suroeste de la zona, además de la zona costera hasta las 20 mn.

La TSM durante el crucero de Invierno 2001 (Fig. 5b) presentó un rango de valores de 13,4 a 17,7°C. El máximo valor se registró en la estación 47 de la transecta Pta Junín (T4) (19°40'S) y se localizó a 10 mn, mientras que la mínima se registró en la estación 1 de la transecta 0, al sur de Antofagasta dentro de las primeras 10 mn. (Lat. 24°20'S). Las menores temperaturas (del orden de los 15°C) se presentaron en el sector costero correspondiente a las primeras 10 mn de la costa a lo largo de toda la zona en estudio, caracterizada por la presencia de un débil gradiente superficial (<0,1°C/mn), de oscilación este-oeste. En el sector oceánico la distribución térmica registra homogeneidad. En este sentido se indica que una lengua de agua de mayor temperatura relativa (> 17°C) se



ubicó entre Arica y Pisagua, mientras que entre Pisagua y Tocopilla la TSM estuvo en el rango 16° a 17°C, valor que se mantuvo desde las 5 mn de la costa hasta las 200 mn. Al sur de Tocopilla la temperatura superficial encontrada en el sector oceánico estuvo entre 15° y 16°C, siendo éste el sector oceánico de menor temperatura para el período. El bajo gradiente térmico entre la costa y el sector oceánico como así también las temperaturas de 16° a 17°C ubicadas en el área oceánica, son típicas para la época invernal. Tal situación queda demostrada en el gráfico de anomalía de temperatura (Fig. 6b) obtenido a partir de promedios mensuales (Blanco, 1996), donde en general, se observa que las anomalías térmicas corresponden a valores entre +0,5 y -0,5°C en gran parte de la zona costera y oceánica. Las mayores anomalías se encontraron en el sector costero al sur de Antofagasta (estación 1, transecta 0) con un valor de -1,5°C mientras que el máximo positivo fue de +1,3°C en la estación 15 (1 mn frente a Antofagasta) el que, sin embargo, corresponde a un valor aislado y no representa a ese sector.

Durante la primavera 2001 (**Fig. 5c**), diciembre, la TSM presentó valores dentro del rango de 15,8° a 22,1°C. El valor mínimo se registró en la estación 17 (22°20'S, 70°16'W), ubicada al sur de Tocopilla, así mismo las temperaturas más bajas del período (15 a 18°C) se registraron en la franja costera de las primeras 20 mn. En el sector oceánico los valores de temperatura fueron más altos en relación a los de la costa y con un gradiente en sentido norte a sur, localizándose las mayores TSM en la mitad norte de la zona, donde una capa de agua con una temperatura mayor a 21 °C abarcó el área de Arica a punta Lobos. El máximo térmico indicado se registró en la estación número 35 (19°40'S, 70°52'W) a 40 mn al oeste de Pisagua. La presencia de un gradiente térmico en la franja costera de las primeras 20 mn, y que alcanzó un valor máximo de 0,2°C/mn frente a Iquique, es indicativo de procesos de surgencia que se desarrollan en al menos tres focos: desde Arica a los 19°S, de Pisagua a punta Lobos y de Tocopilla a Mejillones. El gradiente térmico encontrado en el área oceánica es producto del avance y entrada de agua de tipo subtropical (AST) hacia el sector sur de la zona, disminuyendo su valor de temperatura en esa dirección debido a la mezcla con agua subantártica (ASAA) que se dirige hacia el norte. Los valores de anomalías de TSM (Fig. 6c) fueron en general negativas para gran parte del sector oceánico y costero, sin embargo están dentro del rango de variación normal para la época de $\pm 1^\circ\text{C}$ para el oceánico y de $\pm 3^\circ\text{C}$ para el costero (primeras 20 mn). Las anomalías positivas se encontraron en dos focos, uno



oceánico frente a punta Junín ($19^{\circ}40'S$), abarcando hasta las 70 mn de la costa y otro en el sector costero que rodea la Península de Mejillones. Una lengua de anomalía negativa de magnitud mayor a $1^{\circ}C$ se localizó frente a Iquique extendiéndose hacia el sector oceánico y llegó hasta las 70 mn.

La TSM en verano 2002 (Febrero) presentó un rango de 14° a $25^{\circ}C$ (**Fig. 5d**).

Las isotermas se distribuyeron en general en forma paralela a la costa. Lo anterior indica que las aguas cálidas, características del período estival ($> 20^{\circ}C$), se localizaron por sobre las 10 a 20 mn, manteniéndose a esa distancia de la costa por los procesos de transporte hacia el oeste producto de la surgencia, que en este período del año es más intensa. El máximo térmico ($25,3^{\circ}C$), se presentó en el sector oceánico frente a Pisagua (T4) (estación n° 37) y el mínimo se localizó en las estaciones costeras frente a punta Lobos (T3) ($21^{\circ}00'S$) y Pta. Copaca, Tocopilla ($22^{\circ}20'S$) con $14^{\circ}C$ y $15,9^{\circ}C$, respectivamente; indicando con ello que éstos son los centros de surgencia más intensos registrados durante el crucero. En este mismo sentido, Pisagua (T3) también presenta un centro de surgencia de intensidad moderada, debido a las mayores temperaturas costeras, no obstante se aprecia un desplazamiento de aguas frías hacia el oeste que alcanzan las 40 mn. El cálculo de anomalía de temperatura superficial (**Fig. 6d**) muestra para la zona, valores en torno al cero dentro de una banda de $\pm 1^{\circ}C$, lo que es indicativo de una situación de absoluta normalidad desde el punto de vista térmico a este nivel. No obstante lo anterior, en un sector más al norte y centrado en las 50 mn entre Arica y Pisagua, se localizó un núcleo de aguas ligeramente más cálidas respecto del promedio histórico entregando por lo tanto un valor de anomalía positiva levemente significativa ($>1^{\circ}C$). Esta porción de agua más cálida y salina es parte de un núcleo de agua subtropical (AST) que proviene del sector Nor-oeste. El sector costero exhibió anomalías negativas mayores a $1^{\circ}C$ (absoluto) indicando con ello que los afloramientos son los que mantienen fría la franja comprendida entre las 25 y las 40 mn, debilitando, como ya se mencionó, la entrada de AST a este sector. Las anomalías negativas en la costa alcanzaron los $5^{\circ}C$ (absoluto) en la estación de 1 mn frente a Tocopilla, evidenciando surgencias fuertes en este sector.



3.2.2 Termoclina

La termoclina será definida para este análisis como la capa de agua en la vertical con un gradiente de temperatura mayor o igual a $0,1^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Los valores extremos para cada variable analizada y su posición geográfica se entregan en la **Tabla 6**.

El espesor de la termoclina en otoño de 2001 (**Fig. 7a**) se presenta con valores entre 0 y 24 m. En el sector costero por sobre las 30 mn predominan los valores de 10 a 20 m mientras que en la costa, hasta 10 mn como promedio, lo hacen los valores menores a 10 m. Una excepción a lo anterior corresponde a lo registrado en el extremo sur de la zona donde la termoclina es de menos de 10 m hasta las 100 mn a lo largo de toda la transecta de bahía Moreno (T1). El menor espesor, 0 m, estuvo en las estaciones costeras 32, 31, 47 y 4. El máximo de 24 m se presentó en la estación oceánica número 36 (T4). La temperatura base de la termoclina se presentó en el rango de $12,5$ a $17,6^{\circ}\text{C}$. Las máximas temperaturas base, $> 16,0^{\circ}\text{C}$, se encontraron en forma de focos ubicados en el área oceánica central (**Fig. 8a**). La profundidad base de la termoclina (**Fig. 9a**) se distribuyó de menor a mayor en un sentido este – oeste de 6 m a un máximo de 78 m. La máxima profundidad indicada correspondió a sólo un dato superior a 52 m, el cual está en la estación 9 a 100 mn frente a la península de Mejillones. Sin embargo el valor típico oceánico por sobre las 40 mn es entre 40 y 50 m. El gradiente promedio de la termoclina por estación (**Fig. 10a**) fue de $0,13$ a $0,6^{\circ}\text{C}/\text{m}$, con el máximo ubicado en la estación 29 a 50 mn frente a Iquique. Los valores menores a $0,2^{\circ}\text{C}/\text{m}$ se ubicaron en la zona costera entre Arica e Iquique y el valor típico oceánico estuvo entre $0,2$ a $0,3^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Los máximos gradientes por estación (**Fig. 11a**) medidos en la termoclina (obtenidos de las diferencias de temperatura metro a metro) estuvieron en el rango de $0,14^{\circ}$ a $2,1^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Los valores mayores del máximo gradiente ($> 2^{\circ}\text{C}/\text{m}$) se encontraron agrupados en la zona oceánica entre Pisagua y Tocopilla y frente a Arica, dejando el resto del área con valores menores a $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ principalmente en el sector costero y desde Tocopilla al sur. La profundidad de ubicación del gradiente máximo de la termoclina (**Fig. 12a**) muestra un aumento en sentido este – oeste, pues en la franja costera de las primeras 20 mn el máximo gradiente se ubica a un nivel menor a 20 m mientras que los máximos, > 30 m, lo hacen principalmente en el sector Sur-oeste y Nor-oeste.



El espesor de la termoclina en invierno del año 2001 estuvo en el rango de 2 a 31 metros (**Fig. 7b**). El máximo indicado es el único valor mayor a 20 m y se ubicó en la estación 12 sobre la transecta de bahía Moreno (T1, 23°40'S) a 20 mn de la costa, mientras que las mínimas se localizaron en las estaciones 10 y 13 en la transecta T1 a 10 y 70 mn, respectivamente, y la estación 21 a 10 mn frente a Pta. Copaca (T3). La temperatura base de la termoclina (**Fig. 8b**) estuvo en el rango de 11,9 a 16,1 °C, sin embargo, el área en general presenta valores entre 13 y 14°C. La profundidad base de la termoclina (**Fig. 9b**) estuvo en el rango entre 8 y 113 m, sin embargo el máximo se localizó en la estación 2 a 200 mn de la costa frente a Pta. Copaca. En el área hasta las 100 mn de la costa la profundidad máxima fue de 82 m en las estaciones 24 y 25 de la transecta de Pta. Copaca. En general la profundidad base en la franja costera fue menor a 40 m y en el área restante fue sobre este nivel. El gradiente promedio fue de 0,1° a 0,39 °C/m (**Fig. 10b**) pero valores entre 0,2 a 0,3°C/m ocupan prácticamente toda el área oceánica entre Arica a Mejillones. El sector costero entre Pisagua y Mejillones y desde los 23°S hacia el sur tiene valores entre 0,1 y 0,2 °C/m. El gradiente máximo estuvo entre 0,14° a 0,85 °C/m (**Fig. 11b**) ubicándose estos a una profundidad entre 5 y 107 m en el área de estudio (**Fig. 12b**). El mínimo gradiente indicado se localizó a 7 m de profundidad a 5 mn en la transecta 0 (24°20'S) y el máximo a 52 m de profundidad en la estación 26, localizada a 130 mn de la costa en la transecta de Pta. Copaca (T3).

En primavera del 2001, el espesor de la termoclina (**Fig. 7c**) aumentó de este a oeste y en la franja costera es menor a 20 m, mientras que en el sector oceánico tiene un espesor típico de 20 a 30 m, excepto en las estación 11 (22°20'S, 72°01'W) y 38 (19°21'S, 71°58'W) donde superó los 40 m. La temperatura de finalización o base de la termoclina (**Fig. 8c**) se encuentra en general en un rango estrecho y que corresponde a un valor entre 12,5 a 14,5°C. La profundidad de término o base de la termoclina (**Fig. 9c**) tiene un valor menor a 20 m en la franja costera y de hasta 40 m en el sector oceánico, con la excepción del sector sur-oeste donde se registran valores mayores a 60 m con un máximo de 90 m. El gradiente promedio de la termoclina (**Fig. 10c**) indica que los mayores valores (> 0,3°C/m) se encuentran en la zona costera, por lo tanto la termoclina es más intensa en este sector debido a que tiene también un menor espesor. Los gradientes máximos de la termoclina (**Fig. 11c**) se encuentran también en la franja costera con valores que superan



1°C/m, destacándose el sector de Mejillones y el área Pisagua-Iquique con gradientes > 1,4°C/m. El sector costero presentó los máximos gradientes de la termoclina a profundidades menores a 10 m (**Fig. 12c**), mientras que en el sector oceánico éstas se encuentran, en general, de 10 a 25 metros.

El espesor de la termoclina en verano (**Fig. 7d**) presentó valores entre 2 y 42 m. El espesor de la franja costera fue de 5 a 20 m. El sector oceánico intermedio (de 20 a 70 mn) en la mitad norte de la zona registró espesores entre 20 y 40 m. Se destaca el bajo espesor de sólo 5 m en el sector más oceánico frente a Tocopilla en la mitad sur de la zona. La temperatura base de la termoclina (**Fig. 8d**) presentó un rango de valores de 13,4° a 19,8°C. el primero en la estación 38 a 100 mn de la costa en los 19°20'S y el segundo en la estación 11 a 100 mn en la transecta de Pta. Copaca. La franja costera tuvo temperaturas en la base de la termoclina de 14° a 15°C y la franja oceánica esta fue de valor mayor a 15°C, con los mayores valores ubicados en la mitad sur-oeste de la zona. Un sector de temperaturas sobre 18°C se ubicó formando un foco cálido sobre las 70 mn frente a Tocopilla es coincidente con la zona de mínimo espesor de la termoclina. La base de la termoclina se ubicó a profundidades que variaron entre 9 y 70 m (**Fig. 9d**). La franja costera tuvo en general profundidades menores a 20 m. El foco de menor espesor de la termoclina, localizado en el sector oceánico frente a Tocopilla, registró profundidades de 30 a 35 m. La franja oceánica intermedia en cambio tuvo los mayores valores de profundidad, superando los 40 m, con el máximo de 70 m a 100 mn frente a Pisagua.

El gradiente promedio de la termoclina (**Fig. 10d**) presentó valores de 0,12° a 1,07 °C/m. Los mínimos gradientes corresponden al sector costero con magnitudes inferiores a 0,3°C/m, excepto en el sector de Mejillones (estación 100) donde fue de 0,67°C/m y la estación 1 a 1 mn frente a bahía Moreno. Los máximos gradientes promedio se registraron en el sector oceánico frente a Tocopilla, que con un espesor de termoclina de sólo 5 a 10 m originó gradientes de 0,7° a 1°C/m. La franja oceánica intermedia (20 a 70 mn) registró valores de 0,3° a 0,4°C/m. Se puede indicar entonces que en la zona de estudio los menores espesores de termoclina están en general asociados a más intensos gradientes térmicos promedio dentro de ellas.



Para el máximo gradiente de la termoclina, medido en un intervalo vertical de 1 m (**Fig. 11d**), se aprecia que los mayores valores siguen estando en el sector oceánico frente a Tocopilla, pero aumenta a $1,7^{\circ}\text{C}/\text{m}$. La franja oceánica entre las 70 y 100 mn presentó gradientes superiores a 1°C . En la franja costera de las primeras 20 mn los gradientes son inferiores a $1,0^{\circ}\text{C}/\text{m}$, excepto en la estación costera de Mejillones donde el valor llegó a $1,4^{\circ}\text{C}/\text{m}$, siendo un caso aislado en comparación con las estaciones costeras vecinas. Una situación similar se dio también en la estación 34 (20 mn frente a Pisagua) que tiene $1,5^{\circ}\text{C}/\text{m}$, lo que es superior en $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ a las estaciones vecinas número 33 y 35. Lo anterior se explica por lo siguiente: la estación 34 tiene una temperatura superficial mayor en 1°C respecto de la estación 33 (más costera), pero tiene menor temperatura subsuperficial que la estación 35, esto hace que ambas estaciones vecinas a la estación 34 tengan entonces un menor gradiente vertical. La profundidad del gradiente máximo (**Fig. 12d**) en el sector costero estuvo a profundidades menores a 20 m con un valor típico de 10 a 15 m. En la franja costera de las primeras 5 mn el valor no fue superior a 10 m. En la franja intermedia y oceánica los valores son variables, mayores a 20 m entre Tocopilla y Mejillones cubriendo una extensa área y otra entre Pisagua y punta Lobos con un valor de profundidad similar pero abarcando un área más estrecha y próxima al límite oeste de la zona. De Arica a Tocopilla se puede distinguir una franja intermedia, con profundidades del máximo gradiente de 10 a 20 metros.

3.2.3 Temperatura Vertical

Para el período de otoño 2001 la temperatura en la vertical (**Figs. 13a a 17a**) mostró una termoclina bien desarrollada desde punta Copaca hacia el norte de la zona de estudio. En esta zona la termoclina se encontró localizada entre los 30 y 50 m de profundidad con un gradiente típico de $0,25^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Frente a bahía Moreno (T1, $23^{\circ}40'\text{S}$) (**Fig. 13a**), la termoclina sólo se apreció intensa desde las 70 mn hacia el sector oceánico. En el sector costero las isotermas presentaron ascensos desde las 20 mn. Bajo la termoclina las isotermas tienen distribuciones distintas en cada transecta. En la transecta de bahía Moreno éstas se levantaron alcanzando una mínima profundidad a 40 mn. La transecta Pta. Copaca (T2, $22^{\circ}20'\text{S}$) presenta isotermas más horizontales al igual que las transectas Pta. Lobos y Pta. Junín (T3, 21°S y T4, $19^{\circ}40'\text{S}$), pero en éstas dos últimas transectas las



isotermas se profundizan hacia la costa. La transecta de Arica (T5, 18°25'S) presentó isotermas que se profundizaron desde las 70 mn hacia el oeste.

La distribución vertical de la temperatura en invierno de 2001 (**Figs. 13b a 17b**) muestra una termoclina poco desarrollada dadas las bajas temperaturas en superficie, situación normal para el período invernal. Destaca lo encontrado a 70 mn al oeste de punta Tres Picos (T0, 24°20'S), donde se observa un brusco ascenso hasta la superficie de la isoterma de 15°C. Esta situación es muy local y su origen puede deberse a transporte de agua menos salina desde el Suroeste que generaría en superficie anomalías de -0,2 psu y temperaturas levemente menores. Respecto a lo anterior, es importante señalar que los perfiles de CTD, muestran una inversión térmica de hasta 0,5°C entre los 30 y 40 m de profundidad a 100 mn de punta Tres Picos (T0) y bahía Moreno (T1), indicando con esto el carácter superficial y frío de la entrada de agua desde el sector oceánico.

En la zona punta Tres Picos - punta Junín (T0 a T4) y desde la costa hasta las 10 mn, las isotermas presentan un levantamiento, el que se verifica desde una profundidad de 50 m indicando con ello el desarrollo de una surgencia de tipo débil, dada su extensión hacia el oeste, situación que es habitual para la época del año. La profundización de las isotermas a niveles subsuperficiales indican la presencia de un flujo hacia el sur, donde se encontraría en forma más importante agua de tipo ecuatorial subsuperficial (AESS), y donde las isotermas muestran ascenso, se encontraría entonces en forma más intensa agua subantártica (ASAA), que se mueve en dirección norte. La presencia de AESS se hace más notoria en la zona nerítica comprendida entre punta Tres Picos y punta Copaca.

La temperatura subsuperficial en primavera 2001 (**Figs. 13c a 17c**) muestra la capa de mezcla y termoclina descrita anteriormente. Los ascensos de las isotermas observadas en todas las transectas describen claramente los procesos de surgencia que se desarrollan en el sector costero. La transecta de bahía Moreno (T1) se caracterizó por mostrar una mayor profundidad de la isoterma de 15°C en el sector oceánico, entre 70 y 100 mn, en comparación con las restantes transectas. Esta misma isoterma asciende rápidamente hacia la costa, desde las 50 mn, hasta una profundidad de 30 m. La transecta Pta. Lobos mostró una isoterma de 15°C ubicada a una menor profundidad que en las otras



transectas, indicando con ello la presencia de una capa de agua más fría que se encuentra bajo la capa superficial de AST.

En las transectas se observó también una marcada profundización hacia la costa de las isothermas ubicadas bajo el nivel de 100 m, situación especialmente notoria en la transecta T1, indicando con ello un flujo subsuperficial pegado a la costa en dirección sur y menores temperaturas bajo los 300 m de profundidad hacia el sector más oceánico en comparación a las presentes hacia la costa a un mismo nivel. De norte a sur se observó también un levantamiento sistemático de las isothermas de 8 y 9°C, evidenciando así la presencia de menores temperaturas bajo el nivel de 400 m hacia el borde sur de la zona.

La temperatura en la vertical durante el crucero de verano 2002 (**Fig. 13d a 17d**) disminuye gradualmente desde los 100 m hacia el fondo y se registra, a nivel de 500 m, valores menores en 1°C en la transecta del extremo sur (8°C) en comparación a la de Arica (9°C). La temperatura en la vertical durante la época de verano se caracteriza por un brusco cambio térmico en la capa superficial hasta los 60 m que provoca una intensa termoclina inmediatamente bajo la CM y por un mayor levantamiento de las isothermas hacia la superficie en la zona costera, en comparación a lo encontrado en otros períodos del año, principalmente de la transecta Pta. Copaca (T2) a Pta. Junín (T4). Las figuras de distribución vertical confirman lo indicado anteriormente respecto al espesor e intensidad de la termoclina, es decir la termoclina es más intensa pero más delgada en el sector oceánico, disminuyendo hacia el costero en intensidad pero haciéndose de mayor grosor. La isoterma de 15° y 14°C marcan el fin del apretamiento de las isothermas en la vertical.

Durante la fase cálida del ENSO la isoterma de 15°C se sumerge notoriamente hacia la costa, contrario a lo que se encontró durante el período de estudio, indicando con ello la normalidad de la zona.

Bajo los 100 m de profundidad las isothermas tienden a presentarse paralelas a la superficie, pero en algunos sectores experimentan hundimientos notables de hasta 100 m en una distancia de sólo pocas mn. Los hundimientos están asociados a la presencia, ubicación e intensidad del núcleo de agua AESS que viene a un nivel subsuperficial desde el norte. Asimismo, los cambios de pendiente de las isothermas indican también la dirección opuesta



de los flujos subsuperficiales y es el caso de lo observado en la mayoría de las transectas realizadas en este período. En la transecta de bahía Moreno (T1) las isotermas de 12°C e inferiores tienen pendiente negativa hacia la costa y desde la isoterma de 13°C y de mayor temperatura presentan un ascenso. La transecta T2 y T4 muestran descensos en la profundidad de las isotermas de temperatura menores a 12°C hacia el sector costero, esto indica que el flujo bajo los 200 m en las 20 primeras mn es en dirección sur. En la transecta T5 de Arica se presentó una profundización de 100 m a 70 mn de la costa.

3.2.4 Profundidad isoterma de 15°C

La profundidad de la isoterma de 15°C (**Fig. 18a**) se considera representativa de la profundidad de la base de la termoclina local (Blanco y Díaz, 1985) y también como una indicadora del paso de ondas Kelvin por la zona costera ya que esta se profundiza notablemente cuando pasan estas ondas asociadas a las fases cálidas del El Niño – Oscilación del Sur (Blanco *et al.*, 2002). El comportamiento observado de la profundidad de isoterma de 15°C durante los cruceros estacionales se entrega a continuación. En la Tabla 6 se detallan los valores extremos de profundidad y anomalía de esta variable y su respectiva posición geográfica en cada crucero.

Para el otoño de 2001 esta isoterma mostró una profundización desde la costa hacia el sector oceánico de 10 a 50 m. La distribución de las isóbatas se encuentra fuertemente influenciada por la distribución de temperatura superficial. El foco de profundidad de 50 m coincide con el foco de 20°C ubicado frente a Iquique. La anomalía de esta variable (**Fig. 19a**) mostró valores en general negativos con registros dentro del rango normal (± 10 m) en el área oceánica entre Arica y punta Lobos y entre Tocopilla y Mejillones, abarcando el área encerrada por la isóbata de -10 m. El resto del área se encontró con anomalías negativas mayores a 10 m (absoluto) ocupando principalmente el área central de la zona de estudio. Un pequeño foco de anomalías positivas se localizó en el extremo sur oeste de la zona.

En invierno del año 2001 (**Fig. 18b**) esta variable exhibe un rango de profundidad comprendido entre 0 y 106 m. El mínimo fue observado en la estación 6 localizada a 70 mn al oeste de punta Tres Picos (T0) y el máximo se registró en la estación 28 a 200 mn



frente a punta Copaca (T2). En la estación 6 se presenta un levantamiento brusco de la isoterma de 15°C, definida como base de la termoclina local, alcanzado la superficie, evidenciando con ello la aparición de una porción de agua más fría a la circundante ya que las estaciones vecinas tienen una profundidad de la isoterma de 15°C que llega hasta los 70 m. En el sector costero esta isoterma se distribuye hasta los 30 m de profundidad y se presenta en forma perpendicular a lo largo de toda la línea costera. La anomalía de la profundidad de la isoterma de 15° C (**Fig. 19b**) fluctuó entre -44 m y +46 m, ubicándose estos valores extremos a 70 y 100 mn frente a punta Tres Picos (T0), respectivamente. Más al norte, las anomalías de esta variable señalan un predominio de valores de profundidad menores a los esperados para el mes, representados como anomalías negativas, las que fueron en general levemente significativas hacia el extremo noroeste de la zona de estudio, al registrar valores en hasta +20 m por sobre lo considerado normal. El sector que puede indicarse con valores dentro del rango de variación normal, está limitado por la isóbata de -10 y 10 m, extendiéndose desde Pisagua a Tocopilla por la costa y se prolonga hacia el sector oceánico y hacia el sur de la zona de estudio. El valor de anomalía igual a -40 m, observado a 130 mn frente a punta Copaca, dio origen a un foco de levantamiento de la isoterma, el que es mayor al registrado más al norte. En general se puede indicar que la zona está dividida en tres sectores. El primero corresponde a un sector norte que abarca entre los 18°20' y la isobata de -10 m, con una profundidad de la termoclina menor al promedio para el período, el segundo está ubicado en un área más central de la zona, y corresponde a un sector con profundidades dentro del rango normal, es decir entre +10 y -10 m; el tercero en la zona sur, presenta una profundidad mayor a la considerada normal, y está limitado al norte por la isobata de +10 m y los 24°20'S hacia el sur. Cabe destacar, que sólo la estación 7 presentó una anomalía importante (> +40 m), exhibiendo las restantes un valor alrededor de +20 m bajo lo normal.

Esta isoterma durante la primavera de 2001 (**Fig. 18c**), presentó un amplio rango de profundidad el que estuvo entre 5 y 80 m. La profundidad de la isoterma aumentó de este a oeste y los máximos valores (>50 m) se localizaron en las estaciones por sobre las 70 mn en la transecta de bahía Moreno (T1, 23°40'S) y 4 (19°40'S) frente a Pta Junín. Los valores de anomalía de la isoterma de 15°C (**Fig. 19c**) estuvieron entre -25 y +30 m, y ambos valores se ubicaron en las estaciones más oceánicas de las transectas 1 y 5,



respectivamente. El valor de anomalía negativa indica que la isoterma de 15°C se encontró más arriba de lo normal. El máximo de anomalía negativa, ubicado en el extremo nor-oeste de la zona es producto de un giro ciclónico que disminuyó el nivel medio del mar y elevó las isotermas en el sector, mientras que el encontrado frente a Iquique, y que supera los 20 m, se debe a la salida de agua más fría desde la costa por la surgencia en el sector. Los valores positivos, que también superaron los 20 m en el extremo sur-oeste de la zona, se deben a una capa de mayor temperatura en la estación 6 (a 70 mn en la transecta 1) y que es originada por una entrada de agua AST, situación que si bien no es mostrada a nivel superficial por la temperatura lo es por la isohalina de 34,8 psu, que se encuentra desplazada más hacia la costa en aquel sector.

La isoterma de 15°C (**Fig. 18d**) presentó en verano de 2002 un aumento de su profundidad, desde la costa hacia el oeste fluctuando desde 10 a 20 m hasta profundidades mayores a 80 m. La mínima profundidad se registró en la estación costera de Mejillones con sólo 6 m de profundidad y la máxima (80 m) fue detectada a 100 mn de esta misma localidad (estación 10). En la estación 21 y dado su valor superficial ($< 15^{\circ}\text{C}$) no hubo registro para esta isoterma, siendo ésta una situación única.

Las anomalías de profundidad de la isoterma de 15°C (**Fig. 19d**) muestran valores negativos de 0 a -10 m en el sector costero desde Pisagua al sur. Lo anterior, es producto de la ubicación en la capa superficial de aguas más frías provenientes de la surgencia costera las que levantan a la termoclina. Por sobre las 50 mn de la costa los valores de anomalía de esta variable son positivas pero no superiores a 10 m, situación que se repite para el sector de anomalía positiva ubicado frente a Arica.

3.2.5 Capa de mezcla

La capa de mezcla (CM) para el período de otoño del 2001 (**Fig. 20a**) se presentó con isobatas paralelas a la costa de valor entre 0 y 10 m en las primeras 20 mn y con una profundidad mayor a 20 m en el sector oceánico desde las 70 mn. No existió una capa de mezcla en tres estaciones costeras, las que corresponden a las estaciones 19 y 20 ubicadas en el inter-transecto Tocopilla - Pta. Lobos (T2-T3) y la estación 32 frente a Pta.



Junín (T4). La profundidad máxima de la capa de mezcla se encontró en la estación 9 a 100 mn en el inter-transecto T1 – T2 y fue de 48 metros.

En invierno de 2001 la CM (**Fig. 20b**) presentó una distribución de las isobatas similar a la observada en el período de otoño anterior, es decir con isóbatas paralelas a la costa con aumento de valor hacia el sector oceánico. La franja de las primeras 10 mn de la costa tiene valores de profundidad menores a 5 m, menores a 10 m entre las 10 y 20 mn, y al oeste de las 70 mn se presentan profundidades mayores a 20 m, excepto entre Arica y Pisagua en que se observó un foco de baja profundidad, menor 10 m. Las menores profundidades fueron de sólo 1 m en la estación 59 a 10 mn de la costa sobre la Transecta de Arica (T5) y en la estación fija de Iquique a 2 mn de la costa. El máximo de profundidad de la CM se registró en la estación 28 a 200 mn de la costa en la transecta de Pta. Copaca (T2, 22°20'S).

La capa de mezcla (**Fig. 20c**) en primavera presentó un espesor máximo de 29 m en el sector sur-oeste de la zona, específicamente en las estaciones 6 y 7 de la transecta de bahía Moreno (T1, 23°40'S). Las estaciones de 5 mn de las transectas T3 a T5 (estaciones 22, 32 y 46) no presentaron capa de mezcla. En general la CM aumentó gradualmente desde profundidades menores a 5 m en la franja costera de las primeras 10 mn hasta una profundidad de 15 m en el sector oceánico, esta última área con predominio de valores entre 10 y 15 m. Una excepción a lo indicado anteriormente corresponde a la delgada capa de mezcla de las estaciones oceánicas de 40 a 100 mn (estaciones 41 a 43) en la transecta de Arica (T5, 18°25'S), en que ésta sólo llega a 6 m de espesor.

El espesor de la CM (**Fig. 20d**) en verano de 2002 aumentó en sentido este a oeste dentro de un rango de 0 a 26 m. El área con menor profundidad se encontró en la transecta realizada frente a Pta. Junín (T4, 19°40'S), con 0 m en la estación 32 a 5 mn y menores o igual a 5 m en la estación de la milla y 10 mn, situación que fue originada por las calmas del viento registradas durante la realización de estas estaciones y al menos durante 6 horas previas al muestreo de aquellas. Las mayores profundidades de la CM se encontraron en el área oceánica desde Arica a Mejillones con el máximo de 26 m en la estación 39 ubicada a 100 mn en el intertransecto T4-T5.



3.3 Salinidad

3.3.1 Salinidad superficial

Los valores extremos de la salinidad superficial y de anomalía de salinidad superficial se entregan en la **Tabla 6**.

La salinidad superficial (**Fig. 21a**) en otoño de 2001 estuvo dentro del rango 34,6 a 35,1 psu. Las bajas salinidades se midieron en el sector costero, siendo el área de Antofagasta la que presentó los menores valores. Un importante foco de agua salina, limitado por la isohalina de 35,0 psu, se encontró cubriendo gran parte del sector oceánico. Los mayores gradientes de salinidad superficial se encontraron entre Tocopilla y Mejillones con 0,4 psu en las primeras 40 mn desde la costa y otro foco más oceánico, de 0,3 psu, entre las 40 y 70 mn frente a punta Lobos (T3) (21°S). El sector costero desde Iquique al norte, presentó una mayor salinidad en comparación a las encontradas al sur de esta localidad (> 34,8 psu). La anomalía de salinidad superficial (**Fig. 22a**) presentó en general valores negativos que estuvieron entre 0 y - 0,1 psu en el área oceánica y hasta - 0,2 psu en algunas localidades en la costa frente a punta Lobos y Tocopilla. Las anomalías positivas no superaron los 0,1 psu y se ubicaron en un foco oceánico más allá de las 70 mn entre Iquique y Tocopilla y otro pequeño foco que se ubicó 20 mn frente a Arica (T5).

En el invierno de 2001, en el mes de Septiembre, esta variable muestra un aumento gradual de sur a norte en sus valores y prácticamente no presenta un gradiente en el sentido este-oeste (**Fig. 21b**). El rango de salinidad fluctuó entre 34,5 psu y 35,1 psu. Ambos valores extremos fueron registrados a 100 mn al oeste de punta tres Picos (24°20'S) y a 5 mn frente a Arica, respectivamente. Los mayores valores de salinidad superficial (> 34,9 psu) están asociados a la presencia de una lengua de agua de mayor temperatura (> 17°C) que penetra a la zona desde el extremo Noroeste y alcanza la zona costera a 5 mn de Pisagua. Frente a punta Copaca (T2) y punta Lobos (T3) y en la zona comprendida entre las 100 y 200 mn se ubica un foco salino mayor a 34,8 psu. Las anomalías correspondientes (**Fig. 22b**), indican valores negativos y levemente significativos (> 0,1 psu absoluto) en el área oceánica comprendida entre Arica y Antofagasta. Por sobre las 100 mn, frente a punta Copaca y punta Lobos, los valores de



anomalía fueron positivos (+0,2 psu) abarcando solamente una pequeña área. En las áreas costeras de Arica a Pisagua, Iquique a Pta. Lobos y de Mejillones al sur, los valores de anomalía se presentaron negativos entre 0 y -0,1 psu, valor que no es significativo. En el resto del área costera las anomalías negativas fueron levemente mayores a 0,1 psu (absoluto). Una franja de anomalía de salinidad negativa y significativa mayor a 0,2 psu (absoluto) se localizó en el área central, con su eje longitudinal en las 60 mn de la costa y su límite sur alcanza hasta los 22°30'S. Esto indica un transporte desde el sur, aumentando la participación de agua de origen subantártico (ASAA) en superficie.

En primavera de 2001 la salinidad superficial (**Fig. 21c**) tuvo un rango de variación de 34,6 a 35,3 psu. El mínimo valor se registró en las estaciones 16 y 17 de la transecta de Pta. Copaca (T2) (22°20'S), a una distancia de 5 y 1 mn de la costa respectivamente, mientras que el máximo salino coincidió con el máximo térmico ubicado en la estación 35. La salinidad disminuyó gradualmente de norte a sur y se debe a la presencia intensa de AST (más salina) en la mitad norte y a la mezcla de AST y ASAA (menos salina) en la mitad sur. Los valores de anomalía son negativos en gran parte de la zona de estudio (**Fig. 22c**) pero menores a 0,1 psu, lo que está dentro del rango de variación normal para el sector oceánico. Anomalías significativas sólo se encontraron en un foco localizado entre Iquique y Tocopilla, con valores que superan los 0,2 psu de magnitud y que abarca una importante área oceánica y costera. Estas anomalías negativas, junto a las anomalías de temperatura, ambas significativas y asociadas al mismo lugar geográfico, indican que la situación es originada por una surgencia costera de gran intensidad que transportó agua de menor temperatura y salinidad hacia el sector oceánico y que alcanzó las 100 mn.

En verano de 2002, la salinidad superficial (**Fig. 21d**) mostró un patrón de distribución similar al de temperatura (**Fig. 5d**), ubicándose las isohalinas en forma paralela a la costa y aumentando éstas en sentido este - oeste. Las aguas más salinas (> 35 psu) características del agua AST y que coincide con las mayores temperaturas, se ubicaron en el sector oceánico por sobre las 40 mn. Una excepción a lo anterior es el sector Arica – Pisagua, donde la AST se acercó a la costa llegando hasta las 20 mn. El máximo salino registrado coincidió con el máximo térmico (estación 37, 100 mn frente a Pta. Junín (T3) y fue de 35,3 psu. Por su parte, el mínimo salino se presentó a 20 mn de la costa (estación 14) frente a Tocopilla con un valor de 34,6. La estación 14 presentó en la vertical también



bajos valores ($< 34,5$ psu), indicando que el agua presente en superficie corresponde al tipo subantártica ASAA, la que ha sido desplazada hacia el oeste por la surgencia. No obstante lo señalado anteriormente, un aislado mínimo salino ($34,3$ psu) se registró en la estación de 1 mn frente a Arica (T5, estación 47), producto de las aguas continentales aportadas por el río Lluta, situación que afectó sólo los primeros 3 metros de profundidad.

La anomalía de salinidad en superficie (**Fig. 22d**) presentó valores negativos próximos a las $0,1$ psu prácticamente en todo el sector costero. Se destaca la ubicación de un núcleo de anomalías negativas que llegaron hasta $-0,3$ psu en el sector oceánico intermedio entre Pisagua y Tocopilla. Lo anterior, es consecuencia del transporte hacia el oeste de aguas de menor salinidad provenientes de la surgencia costera, que se presentó con una fuerte intensidad en el sector señalado. En el sector oceánico fuera de las 70 mn de la costa, las anomalías de esta variable estuvieron en torno al cero preferentemente en un rango de $\pm 0,1$ psu. Sin embargo, un núcleo de mayor salinidad relativa da origen a anomalías levemente superiores a $0,1$ psu frente a Arica y centrado en las 40 mn, coincidiendo con la anomalía térmica de $+1^{\circ}\text{C}$, indicando la entrada de aguas AST desde el noroeste.

3.3.2 Salinidad vertical

La distribución de la salinidad en la columna de agua durante el otoño de 2001 (**Figs. 23a a 27a**) presentó isohalinas en los primeros 50 m en forma similar a la temperatura. En efecto, en la capa superficial del sector oceánico se encontró una capa salina de 30 m de espesor con valores mayores a $35,0$. Se formó entonces una picnoclina desarrollada principalmente en las transectas Pta. Copaca (T2) a Arica (T5), siendo particularmente más intensa en donde se registraron valores de salinidad mayores a 35 psu.

Bajo la isopícnica de $35,0$ psu se localizó un mínimo salino en todas las transectas, abarcando una importante capa de hasta 50 m de espesor en las transectas T1 y T2, bahía Moreno – Pta. Copaca en el sector sur, con valores mínimos que llegaron a ser de $34,2$ psu. El núcleo de máximo subsuperficial indicado por la isohalina de $34,8$ psu indica que está dividido en dos en la transecta 1, haciéndose más ancho y continuo desde la



transecta T2 a la T5, abarcando gran parte de la columna de agua entre los 100 y 300 m. Aparece también en las transectas de la mitad norte el valor de 34,9.

En invierno, la salinidad vertical (**Figs. 23b a 27b**) muestra frente a punta Junín y Arica los mayores registros tanto superficiales como subsuperficiales, con valores mayores a 34,9 psu. La salinidad subsuperficial mayor a 34,7 psu indica núcleos de AESS bien desarrollados para la zona bahía Moreno - Arica, mientras que frente a punta Tres Picos, (T0, 24°20'S) este núcleo se encuentra dividido en dos, un núcleo oceánico y otro más costero ubicado en las primeras 20 mn. Entre punta Copaca (T2) y Arica (T5), el máximo salino perteneciente a AESS se ubica a lo largo de toda la transecta, desde los 100 m en las transectas T2 y T3 y desde los 50 m en las transectas 4 y 5, y llega hasta los 300 m de profundidad. La mayor presencia de AESS en las transectas T4 y T5 y una escasa porción de ASAA bajo la AST (capa superficial) provoca que la isoterma de 15°C se encuentra menos profunda que lo esperado para la época.

Los núcleos de ASAA están limitados, en forma general, por los mínimos que alcanzan valores <34,2 psu y por la isohalina de 34,7 psu. Estos núcleos de agua menos salina se encuentran más desarrollados en las transectas del extremo sur de la zona de estudio (0 a 2), mientras que entre punta Lobos (T3) y Arica (T5), se localizan como una delgada capa bajo la AST y por sobre la AESS, con un espesor variable de 10 a 20 m, centrado en los 80 m, y con una salinidad comprendida entre 34,6 a 34,7 psu, producto de la mezcla con las aguas más salinas que la rodean.

La distribución de salinidad en la primavera de 2001 (**Figs. 23c a 27c**) en la vertical muestra claramente las diferentes masas de agua que se ubican entre la superficie y los 500 m de profundidad. La capa de agua superficial de mayor salinidad es delgada, no mayor a 20 m de espesor, con valores superiores a 34,8 psu y alcanza valores sobre los 35,0 psu en las transectas de Pta. Junín y Arica (T4 y T5), ubicadas más al norte. Específicamente la estación 35 (19°40'S, 70°52'W) de la transecta T4, presentó el máximo salino superficial que provocó también la formación de una capa de agua más salina y más gruesa en ese sector. La capa de máxima salinidad corresponde a agua AST, sin embargo en las transectas de bahía Moreno (T1) y Pta. Copaca (T2) la capa



salina es muy delgada y con valores sólo entre 34,8 y 34,9 psu debido a la dilución con ASAA, de menor salinidad, que se encuentra inmediatamente bajo ella.

La capa de mínima salinidad, que corresponde a agua ASAA, forma núcleos con valores <34,6 psu y se ubica en forma notoria en las transectas T1 a T3 (Pta. Lobos). Esta capa de mínima salinidad presentó en su núcleo valores de hasta 34,2 psu en la estación 7 (23°40'S, 72°13'W) a 100 mn en la transecta T1. La transecta T3 por su parte muestra una capa de mínima salinidad pero no tan intensa como en las transectas T1 y T2. Hacia el norte, en las transectas T4 y T5, los núcleos de ASAA son menos salinos y más delgados. La ASAA es la masa de agua que está participando en la surgencia presente en la zona, evidenciado por el ascenso de las isohalinas de 34,4 a 34,7 psu en el sector costero.

Los núcleos de AESS se encontraron bien desarrollados en todas las transectas y se localizaron bajo la ASAA. La AESS es responsable de las máximas salinidades subsuperficiales (> 34,8 y 34,9 psu). El núcleo de AESS se encontró pegado a la costa con valores mayores a 34,8 en la transecta 1, pero hacia el norte la AESS aumentó el área en la sección vertical, extendiéndose hacia el oeste y siendo también más profunda, para alcanzar su máxima presencia en la transecta 5.

En el verano de 2002 la distribución de salinidad en la vertical (**Figs. 23d a 27d**) muestra valores de 35,3 psu en superficie a < 34,4 psu en el núcleo de mínima salinidad de la ASAA. El mínimo salino se ubicó en las transectas T1 y T2 a 100 m de profundidad a 100 mn (estación 7 y 11) y a 50 m a 20 mn (estación 4). Las mayores salinidades (> 34,9 psu) se localizaron en superficie en forma de una delgada capa no mayor a 30 m de espesor y preferentemente en el área oceánica por sobre las 40 mn, ésto en las transectas 1 a 4, y hasta las 20 mn en la transecta 5. La máxima salinidad subsuperficial se encuentra asociada al agua tipo AESS que alcanza valores mayores a 34,9 psu en la transectas 4 y 5 a 150 m de profundidad.

La variable salinidad es mucho más descriptiva que la temperatura de los procesos que están ocurriendo a nivel subsuperficial, mostrando claramente la distribución de núcleos de masas de agua presentes en la capa de los primeros 500 m. Los núcleos de baja



salinidad, inferiores a 34,7 psu corresponden a ASAA y se observa que éstos están más desarrollados en las transectas del sur. Las transectas 1 y 2 tienen una capa de ASAA de espesor de 100 m en el borde oeste, haciéndose más delgado hacia la costa y presenta un ascenso entre las 40 y 10 mn. Hacia el norte, en la transecta 5, el núcleo ASAA es más delgado, de sólo 10 a 20 m de espesor y se localiza hasta muy cerca de la costa y llega también levemente a la superficie.

La capa de AST, ubicada sobre la ASAA, tiene mayor salinidad ($> 34,9$ psu) y también mayor temperatura ($> 20^{\circ}\text{C}$). La capa AST es delgada y su núcleo no supera los 30 m de espesor y se encuentra en el sector más oceánico de la transecta 1 y llega hasta las 20 mn en la transecta 5. El núcleo de AESS se puede definir como limitada por el valor de 34,8 psu y se observa claramente en las figuras verticales. La AESS se encuentra siempre pegada a la costa y alcanza un nivel de profundidad de más de 300 m en la transecta 1 y de 350 m en la transecta 5. EL núcleo AESS tiene mayores valores de salinidad en la transectas ubicada más al norte y esto se confirma con la aparición de un núcleo de salinidad mayor a 34,9 psu, que se detecta levemente en la transecta 4 pero no se observa en las restantes. El aumento de espesor del núcleo de AESS en las 70 mn de la transecta 5 produce el hundimiento de las isotermas e isohalinas bajo el nivel de 200 m.

3.4 Anomalías de temperatura y salinidad frente a punta Lobos ($21^{\circ}00'S$)

En otoño de 2001 la anomalía de temperatura frente a punta Lobos (**Fig. 28a**) tuvo un valor de anomalía entre -1 a 1°C bajo los 50m. La capa superficial del sector oceánico, centrado a 70 mn de la costa y a 40 m de profundidad, se localizó un núcleo de valor positivo que superó los $+1^{\circ}\text{C}$ e incluso llegó a los $+2^{\circ}$ en una estrecha capa de agua. En la franja de las primeras 40 mn de la costa se ubicó a 40 m de profundidad un núcleo de agua de -2°C de anomalía indicando con ello la presencia de ASAA a nivel superficial en esa capa de agua.

En salinidad, bajo los 50 m superficiales se localizaron anomalías negativas (**Fig. 29a**) de hasta $-0,1$ psu. En la franja superficial oceánica de los primeros 50 m las anomalías son positivas y llegan hasta $0,1$ psu, lo que está asociado al núcleo de anomalía térmica de hasta $+2^{\circ}$. En el sector costero en cambio las anomalías son negativas y alcanzan el valor



significativo de hasta $-0,4$ psu en la estación de 40 mn a 30 de profundidad. Las anomalías negativas se extienden a nivel subsuperficial entre 40 y 100 m hasta las 100 mn de la costa. Bajo los 100 m de profundidad las anomalías de salinidad son mínimas no superando el valor $-0,1$ psu, con algunas anomalías positivas en la estación de 20 mn entre los 100 y 400 m.

La anomalía de temperatura en la columna de agua para el invierno 2001 (**Fig. 28b**) se caracterizó por presentar en gran parte del sector oceánico valores en el rango de $-0,5$ - $0,5^{\circ}\text{C}$, lo que está dentro del rango de normalidad, sin embargo anomalías levemente significativas, $> 1^{\circ}\text{C}$, forman un delgado núcleo centrado en los 80 m de profundidad, el cual se extiende desde las 70 a las 100 mn con un espesor promedio de 40 m. La localización de un núcleo de agua de menor temperatura, que en este caso corresponde a ASAA, dando origen a anomalías negativas de profundidad de la isoterma de 15°C , las que alcanzaron en este sector los -30 m (más arriba del promedio). En cambio, en el sector costero de esta misma transecta, la anomalía de temperatura es positiva con un valor ligeramente superior a $+1^{\circ}\text{C}$ en las 20 mn de la costa. Lo anterior sería causa de la presencia superficial de AST (mezclada con ASAA probablemente) hasta las 5 mn, lo que evidente en la extensión de la isoterma de 16°C hasta las 5 mn y por lo tanto se ubica donde habitualmente, y producto de la surgencia costera, está presente AESS. Por lo tanto, como se indica, esta participación de AST aumenta la temperatura.

La anomalía de salinidad (**Fig. 29b**) muestra un comportamiento similar al descrito para la temperatura en el área oceánica bajo los 100 m de profundidad, es decir, valores no significativos en gran parte de la columna de agua. En el sector superficial oceánico y centrado a 60 mn se localiza un núcleo de anomalía de salinidad negativa y significativa que llega hasta $-0,3$ psu. Esta anomalía negativa está asociado al núcleo de anomalía de temperatura de -1°C y que corresponde a la ubicación de agua tipo ASAA en aquel sector. En la zona costera, la anomalía negativa de $-0,3$ psu ubicada a 20 mn y a una profundidad de 80 m está asociada al núcleo de ASAA presente en aquel lugar. En este sentido se indica que, dado los valores de anomalía positivos de temperatura y negativos de salinidad presentes en la capa de los primeros 100 m en la estación 38 (20 mn), sugieren la mezcla de aguas tipo AST y ASAA.



En primavera de 2001, las anomalías de temperatura y salinidad (**Figs. 28c y 29c**) a lo largo de la transecta 3, obtenidas de los promedios históricos, indican un predominio de valores negativos significativos ($> 1^{\circ}\text{C}$ en temperatura y $> 0,1$ psu en salinidad) en la capa superficial de los primeros 100 m y en la zona oceánica, en las 40 mn, en algunos niveles bajo los 100 m de profundidad.

Las mayores anomalías en temperatura (-4°C) y salinidad ($-0,5$ psu) en la transecta 3 se encontraron en forma de un delgado núcleo centrado en los 25 m de profundidad y que se extiende entre las estaciones 25 a 26 (20 a 70 mn). Este núcleo de máximas anomalías forma parte de un núcleo de mayor tamaño caracterizado por anomalías negativas de -1°C y $-0,2$ psu y que abarca al menos desde las 100 mn hasta las 10 mn con un espesor promedio de 70 metros.

Las anomalías para el período de verano de 2002 (**Fig. 28d y 29d**) se caracterizan por un predominio de valores en menores a 1°C de anomalía desde los 100 m hacia abajo. En la capa superficial de los primeros 50 m en el extremo oeste de la transecta se presentan anomalías positivas de temperatura de hasta $+4^{\circ}\text{C}$ y de salinidad $+ 0,2$ psu, producto de la entrada de agua AST y de la mezcla (20 m), mientras que en el sector más costero de las primeras 40 mn estas son negativas, -2°C y $- 0,2$ psu, producto de la ubicación de un núcleo de ASAA a nivel subsuperficial al nivel de 25 a 50 m y de las aguas de surgencia que se han desplazado hacia el oeste desde la costa en la superficie.

3.5 Densidad

3.5.1 Densidad superficial

Los valores extremos de la densidad superficial por crucero y su posición pueden encontrarse en la **Tabla 6**.

La densidad superficial del mar expresada como sigma-t (**Fig. 30a**) presentó durante el otoño de 2001 una distribución similar a la descrita para la temperatura, donde el mayor gradiente de densidad se encontró entre Pisagua y punta Lobos con una variación de 1 kg/m^3 en las primeras 20 mn. El sector Tocopilla Antofagasta muestra bajo gradiente



costero y las isopicnas de 25,4 a 25,0 kg/m³ se alejan de la costa dejando una variación latitudinal y no este-oeste como ocurre entre Arica y Tocopilla. El rango de variación de la densidad superficial para este período es de 24,8 a 25,95 kg/m³. El máximo se localizó en la estación 39 a 100 mn de la costa en los 19°S y el mínimo indicado estuvo en la estación fija de Iquique a 2 mn de la costa,

En invierno de 2001 la densidad superficial (**Fig. 30b**) fluctuó entre 25,3 y 26,0 kg/m³. El mínimo valor se ubicó a 1 mn frente a punta Tres Picos (24°20'S) y el máximo a 70 mn al oeste de Arica, asociados a los mínimos y máximos de temperatura. La densidad registró una escasa variación superficial (25,5 a 25,6 kg/m³) entre Arica y Mejillones, abarcando desde la costa hasta las 200 mn. Desde Tocopilla al sur, esta mínima variación de densidad se presentó exclusivamente entre las 70 y 100 mn. En el sector costero comprendido entre Antofagasta y Mejillones, las bajas densidades dan origen a un gradiente débil (< 0,01 kg/m³/mn) que señala la presencia de un proceso de surgencia con aguas de menor salinidad respecto de las registradas más al norte.

En primavera de 2001 la densidad superficial (**Fig. 30c**) se encontró también asociada principalmente a la temperatura y por lo tanto muestra una distribución en sus isolíneas, similar a la descrita por las isotermas, es decir, presentó un gradiente en la franja costera que alcanzó un valor de 0,05 kg/m³/mn frente a Iquique. El valor mínimo de sigma-t se registró en la zona oceánica, estación 41 (18°25'S, 70°04'W), a 100 mn frente a Arica con 24,2 kg/m³ y el máximo se localizó en la costa, estación 21 (21°S, 70°11'W), a 1 mn frente a Pta. Lobos y su valor de sigma-t es de 25,5 1 kg/m³.

La densidad en superficie para el verano de 2002 (**Fig. 30d**) se encuentra determinada por la distribución de temperatura, por lo que las isopicnas se distribuyen de igual forma que las isotermas. La franja costera de las primeras 10 mn entre Pisagua y Mejillones presentó los mayores gradientes de densidad fluctuando éstos entre 0,075 a 0,09 kg/m³/mn. El resto de la zona nerítica presentó gradientes comprendidos entre 0,01 y 0,03 kg/m³/mn.

En la transecta 1 frente a Antofagasta se da el caso que la estación costera de 1 mn presentó una temperatura de 21°C, bajando abruptamente a 18° C en la estación de 5 mn



por lo tanto la densidad en esta área aumentó hacia el oeste, contrario a lo encontrado en otros lugares costeros, con un gradiente de $0,015 \text{ kg/m}^3 / \text{mn}$.

3.5.2 Distribución vertical de densidad

La distribución de la densidad en la columna de agua en otoño 2001 (**Figs. 31a a 35a**) determinó la presencia de una pycnoclina bien desarrollada, similar a la presentada por la temperatura con levantamientos y hundimientos de las isopícnas, como fue observado con las isotermas. Una capa de baja estratificación se localizó en todas las transectas. Las isopícnas presentaron un levantamiento costero que muestra una mayor pendiente en la transecta Pta. Copaca (T2) y también en las primeras 10 mn de la transecta Pta. Junín (T4).

En invierno 2001 esta variable muestra una baja estratificación superficial. La estratificación a nivel subsuperficial (**Figs. 31b a 35b**) está determinada por la temperatura y salinidad y por lo tanto la débil pycnoclina presente está asociada a la termoclina y/o haloclina. Las pycnoclinas más intensas de hasta $0,013 \text{ kg/m}^3/\text{m}$ se encuentran frente a punta Junín (T4) y Arica (T5), determinadas principalmente por la salinidad, al nivel donde está el límite y zona de contacto entre de la AST superficial y la ASAA subsuperficial.

Tanto los ascensos como los hundimientos de las isopícnas que se verifican bajo los 100 m de profundidad son producto de las variaciones de nivel que presentan las isotermas e isohalinas, las que a su vez son generadas por la mayor o menor presencia de la masa de agua AESS que ubica su núcleo desde ese nivel hacia abajo.

Las isopícnas muestran y confirman los procesos de surgencia costera que se localizaron en los primeras 10 mn frente a punta Tres Picos (T0), bahía Moreno (T1), punta Lobos (T3) y punta Junín (T4).

La densidad en la vertical para primavera 2001 (**Figs. 31c a 35c**) muestra una distribución de las isopícnas similar a la que tienen las isotermas, lo que indica por tanto que esta variable se encuentra determinada principalmente por la temperatura. Los mayores gradientes de densidad se observaron en las transectas T3 a T5 con un valor promedio de



0,05 kg/m³/m. Los ascensos costeros que presentaron las isopicnas también confirman los procesos de surgencia que se están desarrollando a lo largo de la costa y que ocurren, al menos, en las 5 transectas. Las isopicnas indican que la surgencia ocurre desde una profundidad variable de 30 a 50 m como promedio, comprometiendo principalmente la participación de ASAA debido a la ubicación de esta masa de agua en la columna. Las isopicnas muestran también que el afloramiento se encuentra en forma más intensa en las transectas T2 a T5, mientras que comparativamente sería menor en la transecta T1 y que es sugerido por la pendiente de las isopicnas.

A nivel subsuperficial y bajo los 100 m la mayor o menor presencia de AESS determina los ascensos o hundimientos de las isopicnas. En este sentido, las isopicnas que se ubican entre los 50 y 200 m de profundidad en las primeras 40 mn ascienden mientras que las que se encuentran bajo este nivel descienden.

La densidad vertical de verano 2002 (**Figs. 31d a 35d**) muestra una fuerte estratificación en la capa de 20 a 40 m en el sector oceánico, que es causa de la intensa termoclina presente en aquel sector. La piconclina se muestra con las isolíneas de densidad de 24,0 a 25,0 kg/m³. Entre 25,0 a 26,0 kg/m³ las isolíneas se separan un poco más y desde las 26,2 kg/m³ hacia más profundidad se separan considerablemente para llegar a un gradiente de 1 kg/m³ /100 m. Las isopicnas se comportan como las isotermas mostrando de igual forma ascensos y descensos en la vertical que son causa de la presencia del núcleo de AESS.

El sector costero de las primeras 20 mn es el sector de estratificación tanto vertical como horizontal. A la superficie de este sector llegan las isolíneas de densidad que ascienden desde niveles de 100 m y 40 mn de la costa producto de la surgencia. En la transecta T1 se observa como el afloramiento de aguas ocurre centrado en la estación de 10 mn, dejando un sector de agua de mayor densidad pegado a la costa.



3.6 Distribución del contenido de oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) en el agua de mar es una de las variables no-conservativas más importantes, tanto desde el punto de vista de las restricciones espaciales al desplazamiento en la columna de agua de las especies pelágicas de alto requerimientos energéticos, como de la caracterización de masas de agua que afloran en la zona costera. Asociándose las bajas tensiones de éste con masas de agua tipo AESS, caracterizadas por bajas temperaturas y altas concentraciones de nutrientes. Mientras que las tensiones más altas son características de masas de agua tipo ASAA y AST.

Los rangos de OD en el agua de mar, en general, están en el rango analítico de 0,2 a 6 mL/L, aunque en condiciones excepcionales éste puede alcanzar los 8 mL/L, especialmente en los bordes de frentes costeros termohalinos con altas agregaciones de biomasa fitoplanctónica. En este trabajo se utilizara la escala indicada en la tabla 7, para la caracterización de los tipos de masas de agua. Una forma alternativa de describir aquellas zonas de la columna de agua con bajos contenido de OD, o zonas del mínimo de OD, es la utilización de la isolínea de 1 mL/L .

Tabla 7. 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



3.6.1 Distribución superficial del oxígeno disuelto para el período mayo 2001/ febrero 2002.

3.6.1.1 Otoño 2001

La distribución del oxígeno disuelto (OD) superficial durante mayo del 2001 (**Fig. 36a**) indicó que toda la zona estuvo bajo un régimen de altas tensiones de éste gas, es decir en el rango 5 a 6 mL/L, en la zona oceánica y caracterizada por masas de agua tipo AST. Los valores más altos de OD o mayores de 6 mL/L, se situaron en toda la extensión de la transecta 1 (**Lat. 23° 40'S**) y solamente la zona costera de la transecta 2 (**Lat. 22° 20'S**). Hacia el norte del área los valores de OD disminuyen **ca.** 5 mL/L, con algunos núcleos más intensos entre las 40 y 70 mn de la transecta 3 (**Lat. 21° 0'S**).

En la zona costera de las transectas 4 (**Lat. 19° 40'S**) y 5 (**Lat. 18° 25'S**), las tensiones de OD disminuyeron formando un núcleo inferior de 5 mL/L, lo que indica el surgimiento de masa de agua de bajo contenido de OD, pero que estuvieron espacialmente restringidas a la zona costera y hasta las 10 mn. En la transecta 3, se observó un incremento local del OD hasta valores mayores de 6 mL/L, formando un núcleo conspicuo de alta concentración. Asociado a este incremento sustancial y local de la concentración de OD fue posible observar un fuerte gradiente de densidad, el que permitiría la acumulación de este gas asociado a una alta concentración de partículas fotosintéticas.

3.6.1.2 Invierno 2001

La distribución superficial del OD en septiembre del 2001 (**Fig. 36b**) indica que la zona estuvo bajo un régimen marcadamente homogéneo, con concentraciones en el rango de 5 a 6 mL/L. Sin observarse desviaciones respecto de esta tendencia ni siquiera en aquellas áreas en las que es usual encontrar valores de OD bajo la concentración de saturación asociada a los sistemas de afloramiento de aguas tipo Ecuatorial subsuperficial (AESS).



3.6.1.3 Primavera 2001

La distribución superficial del OD durante diciembre del 2001 (**Fig. 36c**), indica una gran homogeneidad en la distribución de este gas en todas las transectas muestreadas. Aunque a grandes rasgos es posible observar que las mayores tensiones de éste gas, es decir desde > 5 hasta ca. 6 mL/L, estuvieron localizadas en aquellas zonas con los gradientes más intensos de temperatura. Con un valor excepcionalmente alto de OD que llegó hasta los 8 mL/L, la información auxiliar indica que este nivel de OD se asoció a las mayores agregaciones de fitoplancton encontradas en la zona, aunque en términos generales la asociación entre la OD y el campo termohalino no es lineal en la zona.

En el área oceánica, los valores de OD son menores a 6 mL/L y típicos de este ecosistema en que, en general, se encuentra en el nivel de saturación dadas las altas temperaturas y salinidades típicas de la masa de agua tipo AST.

3.6.1.4 Verano 2002

En febrero del 2002 la distribución superficial del OD (**Fig. 36d**) indica que las mayores tensiones de este gas estuvieron localizadas en toda la extensión de la transecta 1, con valores en el rango 6 a 7 mL/L. En la bahía de Mejillones se midió un único valor mayor de 8 mL/L, lo que debería estar asociado a una mayor actividad biológica en la zona, a juzgar por las restricciones físicas de la bahía que permitirían la acumulación de biomasa de fitoplancton y por ende un aumento significativo en la concentración de este gas. Desde la transecta 2 a la 5, las tensiones de OD más allá de las 5 mn fueron mayores de 5 mL/L.

En la zona costera de las transectas 2, 3, 4 y 5 los valores de OD estuvieron entre 4 a 6 mL/L, con las tensiones menores en la transecta 3, en donde se formó un fuerte gradiente termohalino, producido por la salida de masas de agua tipo AESS lo que disminuyó drásticamente la tensión de OD en la superficie. En la transecta 4 y 5, el OD superó los 6 mL/L, pero asociado a diferentes patrones de distribución de las variables oceanográficas. Mientras que el transecta 4 este aumento en la tensión de OD estuvo asociado a una mayor concentración de biomasa fitoplanctónica y a un gradiente termohalino importante,



lo contrario ocurrió en la transecta 5 en donde no se dio ninguna de las características anteriores. Predominando masas de agua típicas de sistemas oligotróficos o AST, caracterizadas por temperaturas mayores de 20 °C y salinidades superiores a las 35 psu.

3.6.2 Distribución vertical del oxígeno disuelto

3.6.2.1 Otoño 2001

En el plano vertical la distribución espacial del OD, presentó las distribuciones y tensiones esperadas para la zona y época del año con las mayores estratificaciones, es decir una disminución en el OD de 6 a 1 mL/L en un tramo de la columna de agua no superior a los 25 m de profundidad, entre la costa y las 10 mn. Esto se puede observar en las cinco transectas realizadas, aunque con menos intensidad en la transecta 4, en donde los valores de OD fueron inferiores a 5 mL/L y que son típicos del afloramiento de masas de agua tipo AESS. En las transectas restantes las AESS se posicionaron en las cercanías de la superficie pero sin aflorar, este proceso indujo la formación del gradiente antes mencionado.

En la zona oceánica, es decir entre las 20 y 100 mn, el gradiente de OD se profundizó posicionándose bajo los 50 y no mas allá de los 100 m, en las transectas 1, 2 y 3. En la transecta 4 este gradiente se tornó más somero y en alrededor de los 50 m de profundidad, mientras que en la zona de mezcla, es decir el espacio entre la superficie y los 50 m, los valores de OD fueron cercanos a los 5 mL/L.

La transecta 5 estuvo bajo un régimen oceanográfico con distinto impactos sobre la posición espacial de las masas de agua hipóxicas, las que se situaron entre los 25 a 50 m de profundidad. A 100 mn de distancia de la costa y al igual que en la zona costera, este gradiente se localizó en las cercanías de la zona superficial. Esta situación estaría asociada a la influencia de los centros de surgencia que existen en la zona del Perú (**Figs. 37, 38, 39, 40 y 41**).



3.6.2.2 Invierno 2001

En la transectas 1 y 2 (**Figs. 37 y 38**) la distribución descrita para la transecta 0 sólo se observó entre las 70 y 100 mn, mientras que la capas subóxicas se distribuyeron más someramente en las estaciones que van desde la costa hasta las 40 mn. Las masas de agua de contenido de OD inferior a 1 mL/L llegaron hasta los 25 m de profundidad en la zona costera, generándose gradientes verticales intensos entre los 10 y 25 m de profundidad. En la transecta 2, y más allá de las 100 mn, la distribución del OD característica de sistemas subóxicos, es decir valores de OD inferiores a 1 mL/L, llegó hasta **ca.** 200 m y que estuvo asociada a la presencia más intensa de masas de agua del tipo AST.

En las transecta 3 y 4 (**Figs. 39 y 40**) la capa del mínimo de oxígeno disuelto, es decir aquella de valores inferiores a 1 mL/L, se situaron entre los 50 a 75 m de profundidad. Esto indujo la formación de fuertes estratificaciones en toda la extensión de la transecta, incluyendo las más oceánicas, es decir entre 70 a 100 mn. En la zona costera la capa del mínimo de OD se tornó más somera. Más allá de las 100 mn, en la transecta 3, el OD mantuvo un comportamiento monotónico sin variaciones importantes en la distribución vertical, es decir no se observó la profundización de la capa del mínimo de OD, como fue observado en la transecta 2.

En la transecta 5 (**Fig. 41**) el mínimo de OD se distribuyó en forma mucho más somera. Situándose las masa de agua típicas de sistemas subóxicos mucho más someras, con gradientes muy intensos desde la costa hasta las 20 mn. Desde las 40 y hasta las 100 mn, la capa del mínimo de OD se situó en forma más somera que las transectas anteriores, es decir entre los 25 a 50 m. Lo que indica la presencia intensa de masas de agua tipo AESS en las cercanías de la superficie en toda la transecta.

3.6.2.3 Primavera 2001

En la zona costera de las cinco transectas monitoreadas (**Figs. 37, 38, 39, 40 y 41**), el OD presentó altas estratificaciones, con una zona de alta concentración de OD, es decir mayor de 5 mL/L, que se distribuyó no más allá de los 10 m de profundidad, comenzando



a disminuir en forma significativa desde esta profundidad hasta aproximadamente los 25 m, más allá de este nivel la columna de agua se tornó definitivamente subóxico. Esta estratificación pronunciada del OD en la columna de agua esta asociada a la intensa estratificación termohalina de la columna.

Al mismo tiempo y aunque las isolíneas de distribución de OD no indican la salida, o afloramiento, de las masas de agua tipo AESS a la superficie, la presencia de éstas en las cercanías permitiría que la zona fótica sea fertilizada por advección de nutrientes. Esto promueve, o gatilla, los florecimientos fitoplanctónicos observados en la distribución espacial de la cloa y la consiguiente acumulación de los gases producidos por la actividad fitoplanctónica, como los observados en la transecta 1.

En el área oceánica de la transecta 1, se observó el hundimiento paulatino de las masas de agua óxicas, llegando las concentraciones mayores de 5 mL/L hasta los 75 m a 100 mn, con la disminución concomitante en la intensidad del gradiente de concentración de OD. Al comparar la distribución espacial del OD entre la zona oceánica y la costera, el gradiente que va desde los 5 a 1 mL/L se situó entre los 75 a 150 m, mientras que en la zona costera éste se localizó entre los 10 y 50 m.

En las transectas 2, 3, 4 y 5 este proceso de hundimiento de las masa de agua óxicas no fue tan intenso como en la transecta 1, manteniéndose las isolíneas típicas de sistemas subóxicos entre los 25 y 50 m, indicando una intensificación en el flujo de masas de agua tipo AESS, esto provocó la formación de gradientes de OD muy pronunciados entre los 25 y 50 m, desde la costa hasta la zona oceánica en donde el gradiente se relajó solamente en la transecta 4 y a 100 mn de distancia de la costa. Esta alta estratificación en las cercanías de la superficie se intensificó en la transecta 5, junto al aumento de los valores de OD cercanos a la superficie a mayores de 6 mL/L.

3.6.2.4 Verano 2002

En términos globales desde las transectas 1 a la 5, es posible observar la existencia de una fuerte estratificación vertical del OD (**Figs. 37, 38, 39, 40 y 41**) la que se localizó entre la costa y las 20 mn y que llegó hasta los 50 m de profundidad.



En las transectas 1, 3, 4 y 5 (**Figs. 37, 39, 40 y 41**) la estratificación es debida a la superposición de una capa bien oxigenada, es decir con valores de concentración de OD mayor de 5 mL/L, de no más de 5 m de espesor a la capa subóxica, lo que indujo la formación de una fuerte estratificación en la zona eufótica. En estas mismas transectas, y desde las 40 a 70 mn, las mayores estratificaciones estuvieron asociadas a la estratificación termohalina de la columna de agua, localizadas entre los 50 y 100 m de profundidad

En la transecta 1 es posible observar una estructura particular para la zona; se observó la existencia de un núcleo de alta concentración de OD atrapado en la costa, esto está asociado a una celda de mayor temperatura que puede ser observada en la estructura térmica de esta transecta. Al mismo tiempo en este núcleo de alta temperatura y OD, se localizó la mayor agregación de clorofila medida para este crucero, lo que debió afectar directamente a la tensión local de OD, aumentando su concentración como un subproducto de la actividad fotosintética.

En la transecta 3 (**Fig. 39**), en donde se situó el mayor gradiente horizontal observado en la zona de muestreo, es posible observar como en el plano vertical las isolíneas típicas de sistemas hipóxicos afloran a la superficie, formando una fuerte estratificación tanto en el plano vertical como en el horizontal. La estructura descrita de la columna indica la existencia de un proceso de afloramiento intenso en la zona, lo que a la vez posibilitará la proliferación del plancton autótrofo.

En todas las transectas la capa del mínimo de OD (*i.e.* < 1 mL/L) se localizó en aproximadamente 75 m de profundidad. Esta misma situación se observa al analizar la información de temperatura de la transecta, en ésta las isotermas menores de 17°C afloran a la superficie, formando un gradiente horizontal y vertical intenso entre las 5 y 20 mn.

En la transecta 5 (**Fig. 41**) se observa una capa de agua más oxigenada entre la superficie y los 25 m con valores de OD en el rango mayores de 6 y hasta los 5 mL/L. Bajo los 25 m se formó una zona con un gradiente intenso en la tensión del OD, el que llegó hasta los 50 metros. En el plano longitudinal, esta distribución del OD formó un gradiente vertical continuo y muy intenso desde las 20 mn hacia el océano. En la zona costera de esta transecta, el gradiente de OD tendió a ser más somero, localizándose entre los 10 y 25 metros.



3.7 Masas de agua

Los diagramas T-S para el período de otoño 2001 (**Figs. 42 a 44**) indican la presencia de agua de tipo subtropical (AST) principalmente en las transectas de la mitad norte (Pta. Lobos, Pta. Junín y Arica), mientras que en las transectas de la mitad sur la AST se encuentra mucho más débil y fuertemente mezclada con agua de tipo subantártica ASAA. En las estaciones del sector costero en superficie se observa una mayor participación de AESS mezclada con ASAA. El núcleo de la AESS se encuentra bien desarrollado con un valor típico de 34,8 en salinidad y una temperatura de 13°C. En Arica, se aprecia un corrimiento de los pares t-s en la estación de 70 mn. Un caso similar ocurre en la estación de 100 mn realizada frente a punta Copaca (T2). El núcleo de ASAA también se encuentra bien desarrollado con valor típico de 34,2 psu y de 13°C en la transecta de bahía Moreno (T1), aumentando su valor de temperatura y de salinidad a 14° y 34,4 psu en la transecta Arica (T5). La presencia del núcleo de ASAA se hace también más débil hacia las estaciones de la costa.

Los diagramas *t-s* para el invierno 2001 (**Fig. 42 a 44**) dan cuenta de la presencia de las tres masas de agua típicas de la zona y período. La AST se manifiesta en todas las transectas, siendo su participación levemente superior hacia el norte. La ASAA se encuentra también presente en todas las transectas y ubicada bajo la AST y sobre la AESS, sin embargo es notoria su disminución hacia aquellas transectas del extremo norte. En las transectas de Pta. Copaca (T2) y Pta. Lobos (T3) que llegan hasta las 200 mn, se aprecia también la separación de una de las líneas TS, correspondiente en ambos casos a la estación de 200 mn, y, tal como se aprecia en las figuras de salinidad vertical (**Figs. 24 a 28**), éstas presentan menores valores de salinidad que aquellas ubicadas en las primeras 160 mn. Lo descrito anteriormente, indica que la AESS se encuentra presente sólo desde la costa hasta la distancia mencionada en esta latitud (21° y 22°20'S). En la transecta Pta. Junín (T4) y Arica (T5) se observa que el ASAA se encuentra con leve participación y fuertemente diluida con AST y AESS en relación a las restantes transectas. La escasa participación de la ASAA en este sector norte origina que la AESS sea más importante y por lo tanto que enfríe y aumente la salinidad en la columna de agua subsuperficial entre los niveles de 30 a 50 m, y como ya se explicó, que



la isoterma de 15°C se encuentra más arriba originando anomalías negativas de esta variable en el sector.

En primavera 2001 los diagramas t-s (**Figs. 42 a 44**) muestran a la AST presente en todas las transectas, pero con una mayor participación hacia aquellas ubicadas hacia el norte de la zona de estudio, especialmente en la transecta Pta. Junín (T4) que tiene los pares t-s más altos. Las estaciones costeras de todas las transectas muestran mezcla de AST, ASAA y AESS. La ASAA presentó una participación mayor en las estaciones costeras y en la transecta Arica y Pta. Copaca (T1 y T2). Más hacia el norte la ASAA se encuentra en una delgada capa de agua pero muy diluida como se indicó en la sección de salinidad vertical. La AESS se encontró en forma importante en todas las transectas con su núcleo bien definido y con un valor típico de 11,8 °C y 34,8 psu. En las transectas de bahía Moreno a Pta. Lobos (T1 a T3) se observan líneas t-s que se separan de las restantes, lo que sería causado por una participación más importante de ASAA en la columna de agua, bajando principalmente los valores de salinidad en la capa de los primeros 100 m y también sería causado por una ubicación más costera del núcleo de AESS.

Los diagramas t-s de las masas de agua para el período de verano del 2002 (**Figs. 42 a 44**) muestran claramente la presencia del núcleo de AESS muy desarrollado en todas las transectas. No es el caso de la ASAA que se debilita de sur a norte como se observó en la distribución de salinidad en la vertical. La ASAA se presenta bien definida en las transectas bahía Moreno y Pta. Copaca (T1 y T2) y en las estaciones más oceánicas, ya que en la costa sólo constituye una capa muy delgada, situación que es evidente por la separación de las líneas t-s entre los puntos que marcan los pares tipo de ASAA y AESS. La AST, presente con más intensidad hacia en el sector norte de la zona de estudio se observa claramente en todas las transectas. La línea t-s de la estación 47 muestra una desviación hacia valores de menor salinidad en su parte superior debido la presencia de agua continental en el sector costero de Arica, pero que en definitiva corresponde a una capa de agua de sólo 3 m en la columna de agua.



3.8 Circulación

La anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db indica para el otoño del 2001 un importante flujo hacia el norte entre Iquique y Antofagasta (**Fig. 45a**), abarcando prácticamente toda el área entre la costa y las 70 mn. Al oeste se localizó un flujo hacia el sur. De Iquique al norte se presentaron flujos perpendiculares a la costa en el área oceánica y que entre Arica y los 19°30'S fueron hacia el Este y de esa latitud al sur es en sentido inverso, localizándose un pequeño giro ciclónico en los 19°40'S y a 100 mn de la costa. En el sector costero de la mitad norte de la zona se presentó un flujo paralelo a la costa en dirección Sur que abarcó las primeras 20 mn. El área costera de Antofagasta presentó una desviación hacia la costa del flujo norte desde las 40 mn.

En invierno de 2001 (**Fig. 45b**) se observa un predominio de flujos en dirección norte, habitual para la época. Este flujo es más intenso en el sector medio de la zona de estudio, centrado en los 71°W y lo es especialmente frente a Tocopilla dado el acercamiento de las líneas de flujo y puede ser el responsable de las menores salinidades superficiales evidenciadas por los valores de anomalía de esta variable. En la zona oceánica entre Arica y Mejillones se presenta un flujo en dirección sur formando un pequeño giro ciclónico a 160 mn frente a punta Lobos. En el sector costero entre Tocopilla y Antofagasta se observa un flujo en dirección noroeste, mostrando con ello el transporte de agua hacia el sector oceánico producto de la surgencia costera que se desarrolla en el sector.

En primavera (**Fig. 45c**) se observó un predominio de flujos paralelos a la costa. Los flujos en dirección norte están en la mitad sur de la zona de estudio, en las primeras 30 mn desde la costa y en el sector oceánico a 100 mn en la mitad norte de la zona. El extremo nor-oeste presentó un claro giro ciclónico bien desarrollado y que es la causa del levantamiento de la isoterma de 15°C. En el área central de la mitad norte se observó un flujo bien desarrollado hacia el sur, el que corresponde a agua de tipo AST por los valores asociados de temperatura y salinidad en superficie. Frente a Pta. Lobos y a 30 mn se aprecia también un pequeño flujo ciclónico y que está relacionado con la salida de agua de surgencia en ese sector. Este patrón de circulación es el habitual para el período y zona y describe el flujo de agua ASAA hacia el norte y agua AST hacia el sur.



En verano de 2002 la anomalía geopotencial (**Fig. 45d**) muestra un predominio de flujos hacia el norte. Los únicos flujos hacia el sur se encuentran en la zona oceánica intermedia frente a Arica aportando agua AST, formando un pequeño giro anticiclónico centrado en las 50 mn de la costa y con velocidades relativamente intensas, según se desprende del acercamiento de las isolíneas de flujo. Un flujo relativamente intenso se observa también en el sector costero frente a Tocopilla, pero de menor magnitud que el descrito anteriormente. En la franja costera el flujo hacia el norte presentó una componente oeste en su dirección debido a la surgencia. En el sector oceánico frente a Tocopilla se observa parte de un giro ciclónico que también está aportando agua AST desde el Oeste según se desprende de los valores de temperatura y salinidad y, por lo tanto, es la causa del hundimiento de la termoclina en ese sector pero sin causar anomalía positiva significativa en la profundidad de ella. Tanto la predominancia de flujos hacia el norte, principalmente en la franja de las primeras 50 mn como también la aparición de giros oceánicos en el extremo Oeste formados por aguas de tipo AST son procesos habituales en la época de verano. Por lo tanto desde el punto de vista de la circulación superficial la zona presenta una condición normal.

3.9 Distribución espacio-temporal de la TSM satelital

3.9.1 Distribución espacial y semanal de la TSM satelital

Durante las dos primeras semanas de enero del 2001, las TSM se encuentran mayoritariamente sobre los 20°C, destacándose una importante intrusión de aguas oceánicas al nor-oeste de Iquique con TSM superiores a los 24°C, también se aprecia un foco de aguas frías que se localiza en las proximidades de Mejillones. Posteriormente, continúa el constante aumento en las TSM, destacándose el núcleo con temperaturas superiores a los 25°C al oeste del puerto de Arica, también se advierte la virtual desaparición de aguas con registros menores a los 18°C de la zona de estudio (**Fig. 46**).

En la primera semana del mes de febrero las condiciones térmicas se presentan muy similares a enero, con una intrusión de aguas cálidas al noroeste de Iquique, no obstante hay un brusco descenso de las temperaturas al sur del paralelo 22°S, también se destaca la franja de aguas frías de 5-10 mn que se extiende desde Arica hasta el río Loa y que



indicaría eventos de surgencias. En la semana siguiente prosigue el descenso de las TSM las que sin embargo continúan siendo altas. En las dos últimas semanas se vuelve a producir drástico un incremento de las temperaturas, principalmente en el sector oceánico, con valores que superan los 25°C y que dan origen a un gradiente longitudinal bastante marcado (**Fig. 46**).

La primera semana de marzo presenta un notable incremento de la extensión geográfica de la isoterma de 25°C, la cual ocupa un porcentaje mayoritario de la zona. Sin embargo, en los días posteriores hay una clara disminución de la TSM y además hay indicios del comienzo de procesos de surgencia a lo largo de toda la costa. En las semanas tercera y cuarta, prosigue la sucesiva disminución de las temperaturas destacándose la virtual desaparición de la isoterma de 25°C; asimismo, en estas semanas los procesos de surgencia continúan y hay un fortalecimiento de la franja ribereña de aguas frías.

En la primera semana de abril, las temperaturas variaron desde los 17 a los 25°C, apreciándose una importante intrusión de aguas oceánicas cálidas, especialmente al nor-oeste de Iquique, con TSM que habitualmente superan los 23°C; asimismo, también es posible advertir una banda costera de aguas frías (entre 17 y 18°C) que indicaría la ocurrencia de eventos de surgencias que generan importantes gradientes laterales. Durante la tercera semana, se observó la presencia de algunas nubes en la zona de estudio, principalmente al sur-oeste del río Loa; también se aprecia un importante gradiente latitudinal con temperaturas mucho más cálidas en el sector ubicado al norte de Iquique, las cuales descienden en la medida que se avanza hacia el sur. En la cuarta semana se produce un descenso en las TSM las que superan levemente los 22°C, de la misma manera se destaca un brusco enfriamiento de las aguas ribereñas y la aparición de aguas con temperaturas inferiores a los 15°C al sur del río Loa, lo que implica un ensanchamiento de la franja de aguas frías (**Fig. 46**).

Durante la primera semana de mayo continúa el descenso de las temperaturas, las que varían mayoritariamente entre los 15 y 22°C, destacándose la virtual desaparición de valores más altos. En las dos semanas posteriores hubo una alta cobertura de nubes, principalmente en el sector oceánico, no obstante lo anterior es posible apreciar que en el borde costero las temperaturas superficiales siguen decayendo e incluso se registran



TSM inferiores a 14°C. En las semanas tercera y cuarta hay una estabilización de la estructura térmica y las temperaturas se mantienen en el rango 14-22°C, aunque se destaca la gran extensión geográfica que alcanza la isoterma de los 16°C y los focos de aguas surgentes que afloran en la costa entre Iquique y Mejillones (**Fig. 47**)

Las dos primeras semanas de junio presentan una disminución de las temperaturas superficiales, las que no superan los 19°C, asimismo se destaca la gran presencia de nubes en la zona de estudio. En las semanas posteriores, continúa la caída de los valores de temperaturas las cuales nuevamente no sobrepasan los 18°C, con un pequeño foco costero que se localiza al frente de Mejillones que presenta TSM inferiores a los 14°C.

Durante las semanas 1 y 2 de julio, prosigue el decrecimiento de las TSM las que mayoritariamente se ubican entre 15 y 18°C, destacándose la nubosidad que se manifiesta en la zona. En la tercera y cuarta semanas existe una virtual desaparición de las aguas con más de 17-18°C detectándose un desplazamiento de las isotermas mayores a 16°C en dirección noroeste, también se debe hacer notar nuevamente la alta presencia de nubes en la zona, especialmente en los sectores semi-oceánicos y oceánicos (**Fig. 47**).

Durante agosto se acentúa la disminución de las temperaturas; es así como en las dos primeras semanas la TSM no sobrepasa los 16,5°C, dominando claramente las temperaturas entre los 14 y 15°C. En la tercera semana no fue posible contar con una carta satelital debido a la gran nubosidad en la zona de estudio. Las dos últimas semanas también presentan una gran cantidad de nubes y solamente la región costera se encuentra despejada, apreciándose TSM que no superan los 17°C (**Fig. 47**).

En la primera semana de septiembre perduran las condiciones del mes anterior, con una alta nubosidad que impide la adecuada recepción de cartas satelitales. En la segunda semana, la cantidad de nubes decae y se aprecia que continúa el descenso en las TSM que se refleja en la migración de la isoterma de 15°C al noroeste; asimismo, en la costa hubo una intensificación de las surgencia que provocó bajas temperaturas y gradientes moderados. En las semanas posteriores, se mantiene la distribución espacial de las temperaturas con aguas frías y escasa nubosidad en la zona de estudio (**Fig. 48**).



En la primera semana de octubre, la zona de estudio no presentó mayor nubosidad por lo que se advierte con claridad la introducción de aguas templadas de gran cobertura geográfica. En las dos semanas posteriores, existe un aumento de la nubosidad y una disminución de las temperaturas, especialmente en los sectores más costeros por la acentuación de las surgencias. En la cuarta semana hay un leve incremento espacial de aguas de TSM superiores a 18°C hacia la costa debido a un relajamiento de las aguas surgentes (**Fig. 48**).

Durante noviembre prosigue la tendencia hacia el incremento de las TSM, así durante las dos primeras semanas se produce una importante entrada de aguas cálidas con temperaturas que alcanzan los 21°C. En las semanas 3 y 4, se observa una baja en las TSM, principalmente en la franja costera debido al fortalecimiento de la corriente de Humboldt, a la aparición de aguas surgentes y al desplazamiento de la isoterma de 18°C en dirección oeste. En la quinta semana, hay una gran intrusión de aguas con altas TSM las cuales ocupan una gran extensión espacial y que alcanzan temperaturas superiores a los 23°C (**Fig. 48**).

En las dos primeras semanas de diciembre continúa el aumento de las temperaturas las cuales mayoritariamente se encuentran por sobre los 18°C, no obstante lo anterior también se aprecia una delgada franja de aguas frías en las cercanías de la costa. En la tercera semana, se origina un drástico incremento de las TSM con una importante migración de la isoterma de 20°C, la que alcanza las primeras millas de la costa, asimismo se aprecia la desaparición de las aguas inferiores a los 16°C. Posteriormente, se advierte la presencia de una banda costera de aguas frías a lo largo de toda la zona de estudio debido a un nuevo brote de aguas surgentes, destacándose un gran filamento en dirección noroeste localizado en los alrededores del río Loa (**Fig. 48**).

Durante la primera semana de enero del 2002, hay un tradicional incremento de las TSM y un desplazamiento de las isotermas con mayores temperaturas hacia el litoral, notándose la atenuación de algunos procesos de surgencia. Durante las dos semanas siguientes, se intensifica el aumento de las TSM, especialmente en el sector norte, alcanzando temperaturas que superan los 25°C. Entre las semanas cuarta y quinta, se



produce un pequeño descenso de las TSM y se advierte un afloramiento de aguas surgentes en áreas ribereñas, principalmente en la zona de Antofagasta (**Fig. 49**).

Las dos primeras semanas de febrero muestran situaciones semejantes al mes anterior, con un predominio de aguas bastante cálidas en el sector noroeste que implican un importante gradiente longitudinal, también se destaca el foco de aguas frías (de app. 20 mn de ancho) que se extiende desde Iquique hasta el río Loa y que indicaría eventos de surgencias. A continuación, se distingue un robustecimiento de las surgencias que se manifiestan en importantes filamentos en el área costera principalmente frente a Iquique y Mejillones, no obstante lo anterior las TSM continúan siendo altas (**Fig. 49**).

En la primera semana de marzo se prolongan las altas temperaturas, sobresaliendo un núcleo con TSM superiores a los 25°C a unas 100 mn frente a Arica, además se produce un incremento de la cobertura espacial de las aguas de más de 20°C, las que ocupan un porcentaje mayoritario de la zona. Sin embargo, en la segunda semana existe una nítida disminución de la TSM destacándose el notable desplazamiento hacia el oeste de la isoterma de 20°C; asimismo, en esta semana se aprecia el inicio de un proceso de surgencia al sur de Iquique. En las semanas tercera y cuarta, continúa la disminución de los registros y se aprecia una vigorización de la franja ribereña de aguas frías con dos focos principales, al sur de Iquique y frente a Mejillones.

Durante las dos primeras semanas de abril continúan características del mes anterior, con una sostenida disminución de la TSM destacándose el fortalecimiento de los focos de surgencia especialmente entre el río Loa y Mejillones. En las semanas posteriores, la zona de estudio presenta un claro descenso de las temperaturas las cuales fluctúan entre los 16-22°C, con un robustecimiento de la banda de aguas frías en las cercanías de la costa y una importante migración de la isoterma de 21°C hacia el oeste, lo anterior se debe fundamentalmente al cambio estacional entre la primavera y el otoño, también se destaca la presencia de filamentos de gran amplitud –sobre las 80 mn– preferentemente al sur del Loa (**Fig. 49**).



3.9.2 Distribución espacial y mensual de la TSM satelital

Respecto de la distribución mensual de la TSM, ésta se presenta en la **figura 50**. En dicha figura se aprecia la típica variación anual predominante, con valores máximos de 26-27°C en verano y mínimos de 13-14°C en invierno, lo que es coincidente con lo expresado por (Pizarro *et al.*, 1994). En los meses de abril y mayo del 2001, se aprecian temperaturas altas y medias que se distribuyen entre los 15°C y los 24°C; con TSM más altas en abril y menores en mayo; asimismo, existe una franja costera de aguas frías y surgentes que recorre toda la costa y que provoca fuertes gradientes térmicos. El período junio-julio se caracteriza por la disminución de las temperaturas que se localizan en el rango 14-19°C debido a la transición entre otoño e invierno y al desplazamiento de las isotermas de 17-18°C al noroeste del río Loa, también se comienza a observar una repartición espacial más homogénea con menores gradientes laterales y latitudinales, también se debe hacer notar nuevamente la alta presencia de nubes en la zona, especialmente en los sectores semi-oceánicos y oceánicos. Durante los meses de agosto y septiembre, las TSM se debilitan notablemente y oscilan entre los 12°C y los 17°C, con un claro predominio de los 14 y 15°C y destacando el corrimiento de la isoterma de 16°C en el sentido noroeste; asimismo, se aprecia una distribución bastante homoterma sin grandes gradientes laterales (que no superan los 2,5°C/5 mn²) y el afloramiento de aguas frías en los sectores costeros. En el período octubre-diciembre, la zona de estudio se presentó más despejada que los meses anteriores, además las TSM aumentan notablemente llegando incluso a los 21-22°C, debido a la llegada de la estación primaveral que trae consigo una intrusión de aguas oceánicas, un desplazamiento de las isotermas en dirección este y un fortalecimiento de las surgencias (**Fig. 50**).

Posteriormente, en enero-febrero del 2002 prosigue el notable aumento de las TSM satelitales que 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. Asimismo, se destaca la virtual desaparición de las aguas menores a 18°C, lo anterior se debe a la intrusión de aguas oceánicas y al calentamiento general de las TSM en la zona de estudio, además se distingue, hacia mediados de febrero, una consolidación de las surgencias que se manifiestan en importantes filamentos en el área costera principalmente frente a Iquique y Mejillones. En los meses siguientes, en general



hay un característico decrecimiento de las TSM, las que se ubican entre los 16-25°C, también existe una migración de la isoterma de 20°C hacia sectores más oceánicos y se manifiestan nítidamente una franja de aguas frías a lo largo de toda la costa y núcleos de surgencia especialmente entre el río Loa y Mejillones.

3.9.3 Análisis de series de tiempo de la TSM satelital

En la señal se puede apreciar la gran variabilidad de las TSM mensuales en las componentes espacial y temporal (**Fig. 51**). En la componente temporal se observa una clara estacionalidad y una marcada variación interanual. En efecto, se aprecia que el verano de 1998 es significativamente más cálido que los años posteriores, debido al evento El Niño que se presentó en dicho año, también se aprecia que los primeros meses del 2002 registran TSM más altas que los años 1999 y 2001 en especial en el sector norte de la zona de estudio; asimismo, el año 2001 es el más frío de la serie analizada, en especial los meses de invierno.

En el factor espacial se señala que en general existe un sostenido enfriamiento de las temperaturas en dirección norte-sur, es decir en la zona se presenta un nítido diferencial lo que indica que hay sitios que presentan normalmente aguas más cálidas o más frías, también es posible advertir lugares típicos donde se emplazan focos de surgencias: desde Arica hasta Pta. Baquedano (18°35'S), al sur de Iquique (20°10'S-21°00'S) y en las proximidades de Mejillones (23°05'S) (**Fig. 52**).

4. ANÁLISIS DE PIGMENTOS VEGETALES

La caracterización trófica de la zona de estudio será realizada utilizando la distribución cuali y cuantitativa de la biomasa fitoplanctónica, utilizando como indicador a la clorofila-a (cloa). La clasificación sugerida a continuación (Tabla 8) 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.



Tabla 8. Clasificación del estatus trófico de la zona norte de Chile de acuerdo a la concentración de clorofila-a.

Estatus trófico	Concentración de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$)	
Ultraoligotrofia	< 0,2	
Oligotrofia	> 0,2	a < 0,5
Mesotrofia	> 0,5	a < 1,0
Eutrofia	> 1,0	

La concentración de los productos de degradación de la cloa o feopigmentos (feop) será utilizada solamente como un índice relativo de la degradación de la biomasa fitoplanctónica activa.

4.1 Distribución de la biomasa fitoplanctónica en el plano superficial para el período mayo 2001 a febrero 2002.

4.1.1 Otoño 2001

En el crucero de mayo de 2001 (**Fig. 53a**), la cloa presentó concentraciones eutróficas solamente entre 1 y 5 mn en bahía Moreno (t1, Lat. 23°40'S), punta Copaca (t2, Lat. 22° 20'S), punta Lobos (t3, Lat. 21° 00'S) y punta Junín (t4, Lat. 19° 40'S). Mientras que en Arica (t5, Lat. 18° 45'S) la concentración de cloa sólo fue levemente superior a 0,5 $\mu\text{g/L}$, aunque extendiéndose hasta las 20 mn de la costa. Restringiendo la distribución espacial de las masas de agua eutróficas a una banda muy pequeña de la zona costera. El resto del área estuvo dominada en su totalidad por valores de cloa típicos de sistemas entre oligo y ultraoligotróficos.

La distribución de cloa fue característica de sistemas productivos en bahía Moreno (t1), la que llegó hasta las 70 mn, ésta tiene antecedentes en el crucero realizado en mayo de 2000, pero en una cobertura espacial que llegó hasta las 20 mn (Osses, 2001). La distribución más oceánica de los frentes costeros termohalinos, explican por qué la



biomasa fitoplanctónica no se acumuló en la zona costera y tendió a formar un continuo de alta biomasa como efecto de la dinámica física local.

En las localidades de punta Lobos (t3), punta Junín (t4) y Arica (t5) y más allá de las 5 mn, los valores de cloa presentes son típicos de sistemas de transición entre masas de agua oligo y eutróficas, es decir mesotróficos, los que predominan en toda la zona en una franja de extensión cercana a las 20 mn.

Al mismo tiempo, los feop (**Fig. 54a**) formaron los mismos patrones de distribución espacial que la cloa, con las concentraciones más bajas esperadas para los productos de degradación, pero que indican procesos intensos de degradación de la cloa, especialmente en la bahía Moreno (t1) y punta Lobos (t3).

En general en mayo de 2001, la distribución espacial de la biomasa es semejante a la observada para el año 2000, tanto cuali como cuantitativamente, indicando que el sistema, al menos en el plano superficial, está dentro de los patrones considerados normales para la estación del año.

4.1.2 Invierno 2001

En septiembre (**Fig. 53b**) la biomasa fitoplanctónica presentó agregaciones mayores de 1 $\mu\text{g/L}$, solamente en las inmediaciones de la zona costera, especialmente desde la localidad de punta Tres Picos (t0, Lat. 24° 20'S) a punta Junín (t4), en estas transectas las mayores agregaciones de cloa estuvieron restringidas a no más allá de 1 mn. En el caso de punta Tres Picos (t0), los valores de cloa son típicos de sistemas ultraoligotróficos, es decir menores de 0,2 $\mu\text{g/L}$, en toda la transecta. Solamente, en Arica (t5) fue posible observar que la isolínea de alta cloa (i.e. > 1 $\mu\text{g/L}$) se desplazó hasta las 10 mn de distancia de la costa, pero sin superar niveles de concentración mayores de 2 $\mu\text{g/L}$ en toda la extensión de la transecta.

En bahía Moreno (t1) fue posible observar además el retroceso significativo en la distribución espacial de la biomasa fitoplanctónica, restringiéndose los mayores valores a las cercanías de la costa.



La concentración de los feop superficiales (**Fig. 54b**), estuvo bajo los 0,2 $\mu\text{g/L}$, estos niveles de concentración son típicos de sistemas oligotróficos y presentan un balance entre pigmentos activos y degradados. Aunque en punta Junín (t4) estos alcanzaron valores levemente superiores a 0,7 $\mu\text{g/L}$, tampoco son representativos de zonas de alta degradación de la cloa por pastoreo.

Al comparar este crucero con el realizado en septiembre del año 2000, es posible indicar que en el año 2001 la cloa estuvo en niveles inferiores al del año precedente, con valores significativamente bajos de cloa (*i.e.* < 0,2 $\mu\text{g/L}$) en las transectas de bahía Moreno (t1), punta Lobos (t3) y punta Junín (t4). Durante el año 2000, la concentración de cloa en estas mismas transectas llegó a ser mayores de 3 $\mu\text{g/L}$ en la zona costera, con una distribución más amplia de los valores típicos de sistemas productivos hasta las 20 mn, especialmente en punta Junín (t4) y Arica (t5) (Osses, *op. cit.*).

4.1.3 Primavera 2001

En esta estación del año la cloa presentó valores típicos de sistemas productivos, es decir mayores de 1 $\mu\text{g/L}$, en todas las transectas (**Fig. 53c**). Desde el punto de vista cualitativo ésta se distribuyó en forma homogénea en extensiones que van desde la costa hasta las 10 mn, observándose incluso valores de cloa mayores de 2 $\mu\text{g/L}$ en Arica (t5). Entre las 10 y 20 mn, se puede observar una banda continua de distribución de cloa característica de sistemas mesotróficos.

En bahía Moreno (t1) es posible observar el incremento, respecto de mayo y septiembre del 2001, en la cobertura espacial de la franja de alta producción, la que alcanzó hasta las 20 mn.

La excepción a la distribución de la franja de alta concentración de cloa se observó en las estaciones costeras realizadas entre punta Copaca (t2) y punta Lobos (t3), con valores de cloa característicos de sistemas entre meso y oligotróficos. Estas intrusiones de masa de agua oligotróficas a la zona costera de la zona norte de Chile son una de las características más llamativas del área y provocan discontinuidades en las franjas de distribución de la cloa característicos de sistemas eutróficos.



Los feop (**Fig. 54c**) presentaron las mayores abundancias, es decir entre 0,5 a 1 $\mu\text{g/L}$ en la misma área que los mayores valores de cloa. Esto podría deberse a un mayor tiempo de residencia de las masas de agua en los que se encuentran estos altos niveles posibilitando la agregación de productos degradados, debido a, por ejemplo, una mayor eficiencia de pastoreo.

4.1.4 Verano 2002

La cloa superficial durante febrero del 2002 (**Fig. 53d**) presentó altas concentraciones, es decir mayores de 1 y hasta 4 $\mu\text{g/L}$ en las localidades de bahía Moreno (t1), punta Copaca (t2), punta Lobos (t3) y punta Junín (t4), esta distribución pudo ser observada desde la costa hasta las 10 mn, lo que permitió que se formara una banda de cloa mayor de 1 $\mu\text{g/L}$ en prácticamente toda la zona muestreada.

La excepción a este patrón de distribución espacial ocurrió en Arica (t5) en donde los valores de cloa, fueron levemente superiores a 0,5 $\mu\text{g/L}$ y típicos de masa de agua mesotróficas. Además de un núcleo mayor de 0,5 $\mu\text{g/L}$ medido a aproximadamente 50 mn, en la intertransecta realizada entre punta Lobos (t3) y punta Junín (t4).

Entre las 10 y 20 mn el ecosistema presentó concentraciones de cloa típicas de sistemas de transición eutrófica y mesotróficas, con valores de biomasa entre 0,5 a mayores de 0,2 $\mu\text{g/L}$. Mas allá de las 40 mn el ecosistema es marcadamente oligotrófico en la totalidad del área muestreada.

La distribución de los productos de degradación (**Fig. 54d**) presentó la misma distribución espacial que la cloa, pero en distintas magnitudes de concentración. Es decir, en las áreas de cloa superior a 2 $\mu\text{g/L}$, se midió valores de feop mayores de 1 $\mu\text{g/L}$. Es importante destacar que el núcleo oceánico de cloa mayor de 0,5 $\mu\text{g/L}$, descrito para la intertransecta entre punta Lobos (t3) y punta Junín (t4) es de la misma magnitud que la concentración de los feop.



4.2 Distribución de la biomasa fitoplanctónica integrada para el período mayo 2001 - febrero 2002.

La clorofila integrada (cloint) será utilizada como un indicador de la distribución total de la cloa en la columna de agua, considerando todos los valores desde la superficie hasta la máxima profundidad de muestreo, esto es particularmente importante en periodos en los que la alta estratificación termohalina de la columna de agua induce a que las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica se sitúen en forma subsuperficial. De esta manera es posible obtener una visión del estatus de la columna en su totalidad, especialmente en el verano.

4.2.1 Distribución espacial de los pigmentos integrados en otoño de 2001

La distribución de la cloint en mayo de 2001 (**Fig. 55a**), indicó valores superiores a 20 mg/m² y típicos de sistemas oligotróficos, en prácticamente toda la zona costera del área de muestreo, con valores superiores a 40 mg/m² solo en bahía Moreno (t1) y punta Lobos (t3) abarcando entre la costa y las 10 mn, con los valores más bajos, es decir inferiores a 20 mg/m² en las transectas correspondientes a punta Copaca (t2) y Arica (t5). En esta época del año la presencia de bajos valores de cloa en gran parte de la columna de agua con valores típicos de sistemas productivos sólo en la capa superficial y en las cercanías de la costa, son los responsables de los bajos valores de cloint en toda la zona de muestreo.

Al mismo tiempo los productos de degradación o feopigmentos integrados (feopint) (**Fig. 56a**) presentaron valores y distribución semejantes a los de la cloint, superando apenas los 60 mg/m² en punta Lobos (t3), con una influencia restringida a no más allá de las 10 mn de distancia de la costa.

4.2.2 Distribución espacial de los pigmentos integrados en invierno de 2001

En septiembre del 2001, la cloint (**Fig. 55b**) presentó concentraciones similares a mayo pero con una distribución espacial aun más restringida a la costa, encontrándose concentraciones mayores a 40 mg/m² sólo hasta las 10 mn frente a bahía Moreno (t 1) y



Arica (t5). Mientras que el resto de la zona presentó valores bajos, vale decir menores de 20 mg/m², típicos de sistemas poco productivos.

Los feopint (**Fig. 56b**) mostraron un reducido patrón de distribución espacial, con valores que superaron levemente los 20 mg/m² sólo en la bahía Moreno (t1), punta Copaca (t2) y Arica (t5), siendo esta última localidad donde se presenta el núcleo mayor de 20 mg/m² importante.

4.2.3 Distribución espacial de los pigmentos integrados en primavera de 2001

En diciembre del 2001, la concentración de los pigmentos en toda la columna aumentó en forma significativa respecto del crucero anterior, especialmente en la mayor cobertura espacial, aumentando en forma significativa en el sector norte de la zona de estudio (**Fig. 55c**), con concentraciones mayores de 100 mg/m² dentro de las primeras 5 mn al frente de Arica (t5) a una mn de punta Junín y en la estación costera de Iquique.

Los feopint (**Fig. 56c**) tendieron a distribuirse en ambientes más oceánicos y en casi toda la zona fueron superiores a 20 mg/m², presentándose núcleos importantes de concentración (i.e. >40 mg/m²) entre la costa y las 10 mn, en punta Junín (t4), Arica (t5), los que coinciden con las altas concentraciones de cloa superficial. En Iquique la concentración de feopint no superó los 40 g/m².

4.2.4 Distribución espacial de pigmentos integrados en verano de 2002

En febrero del 2002 los valores más altos de cloaint (**Fig. 55d**) aumentaron de cobertura espacial, presentando en las transectas t1, t2, t3 y t4 concentraciones sobre los 100 mg/m², dentro de las 10 mn. Se destaca además un núcleo que superó los 300 mg/m² a 5 mn en la localidad de punta Lobos, situación que se asoció a altas concentraciones de cloa en prácticamente toda la columna de agua. La excepción es la t5 donde la concentración superó levemente los 20 mg/m² a 75 mn de la costa.

Los feopint (**Fig. 56d**) aumentaron su distribución espacial con respecto a diciembre, presentando valores superiores a 40 mg/m² en las localidades de bahía Moreno (t1), punta Copaca (t2), punta Lobos (t3) y punta Junín (t4) alcanzando las 40 mn en esta última.



4.3 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica para el período mayo 2001 - febrero 2002.

4.3.1 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en otoño de 2001

En la transecta 1 (**Fig. 57**) la cloa se distribuyó desde la costa hasta las 70 mn, al igual que durante el año 2000, con una distribución continua de alta biomasa desde la costa hasta las 40 mn, con valores en el rango 1 a 3 $\mu\text{g/L}$ en la zona inmediata a la costa y hasta 1 $\mu\text{g/L}$ en la zona correspondiente a las 20 y 40 mn, tendiendo a disminuir a valores mesotróficos hacia las 70 mn.

Esta distribución espacial, tanto en el plano vertical como en el longitudinal, conformó un gradiente de concentración casi continuo, por lo que es posible deducir que esta distribución fue producto del transporte intenso desde la zona costera hasta la oceánica. Respecto de los feop (**Fig. 58**) en esta transecta la distribución espacial fue semejante a la de los pigmentos activos, con magnitudes entre 0,5 a 1 $\mu\text{g/L}$ en la zona costera y mayor de 0,2 $\mu\text{g/L}$ en la zona oceánica.

En punta Copaca (t2) (**Fig. 57**) los mayores niveles de concentración de biomasa fitoplanctónica, estuvieron restringidos a las inmediaciones de la zona costera, es decir 1 mn, con un gradiente mesotrófico entre las 1 y 5 mn. Los feop (**Fig. 58**) a pesar de estar en concentraciones bajas, tendieron a distribuirse más profundamente, esto podría deberse a la presencia de aguas hipóxicas con alto contenido de productos de degradación o poblaciones autotróficas taxonómicamente distintas a las presentes en la zona eufótica.

En punta Lobos (t3) (**Fig. 57**) es posible observar un núcleo intenso de cloa, el que llegó a ser de hasta 3 $\mu\text{g/L}$, entre la costa y las 5 mn. En esta transecta en particular la cloa se posicionó en forma subsuperficial, mientras que en la superficie los valores fueron típicos de sistemas entre meso y oligotróficos. Este hundimiento de la cloa permitió que altos valores de concentración de la biomasa (i.e. 1 $\mu\text{g/L}$) se distribuyeran hasta los 25 m de



profundidad. Los productos de degradación o feop (**Fig. 58**) estuvieron muy por sobre lo esperado (i.e. > 0,5 hasta 2 $\mu\text{g/L}$) y asociados a una alta concentración de pigmentos activos, la que llegó a ser de 3 $\mu\text{g/L}$ en el núcleo.

En punta Junín (t4) (**Fig. 57**) los pigmentos vegetales estuvieron en el rango de 1 a 2 $\mu\text{g/L}$, entre la costa y las 10 mn, con una distribución continua de los valores de 1 $\mu\text{g/L}$ hasta las 20 mn. El nivel máximo de 2 $\mu\text{g/L}$ se encontró en forma subsuperficial y a 20 mn de la costa. Esto podría indicar al menos dos escenarios, en el primero se trataría de una fuente continua de cloa que esta siendo generada en las inmediaciones de la zona costera y transportada hasta las 20 mn por mecanismos de advección, el segundo escenario sería una alta producción biológica *in situ* situación poco frecuente en la zona, pero que estaría asociada a la presencia de los frentes costeros relacionados al campo térmico. Más allá de las 20 mn, las masas de agua tienen concentraciones de cloa características de sistemas oceánicos, es decir menores de < 0,2 $\mu\text{g/L}$.

Los feop (**Fig. 58**) tendieron a situarse más profundamente, en alrededor de los 75 m, con valores entre 0,5 a 2 $\mu\text{g/L}$. No obstante al ser un solo punto el de alta concentración, cabe preguntarse sobre de la existencia de un error tanto de muestreo como de la presencia efectiva de organismos autotróficos distintos a los presentes en la superficie.

En Arica (t5) (**Fig. 57**) los valores más altos de cloa, es decir entre 1 a 3 $\mu\text{g/L}$, se situaron desde la costa hasta las 5 mn, formando un núcleo de distribución restringida a la zona costera y con una influencia en el plano vertical que sólo llegó hasta los 10 m de profundidad. Los feop (Fig. 58) no presentaron ninguna tendencia en su distribución, y sólo se distribuyeron en forma más profunda que la cloa, especialmente en la zona costera.

4.3.2 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en invierno de 2001

En punta Tres Picos (t0) la concentración de pigmentos vegetales activos (cloa) y degradados (feop) (**Figs. 59 y 60**) no fue significativa, es decir menores de 0,2 $\mu\text{g/L}$, correspondiendo toda el área a un sistema de producción biológica entre ultraoligotrófica y oligotrófica.



En bahía Moreno (t1) (**Fig. 59**) la cloa que no fue observada en el nivel superficial, se encontraba acumulada en la forma de un núcleo subsuperficial localizado a 10 m de profundidad, el que llegó a ser mayor de 3 $\mu\text{g/L}$, la distribución espacial de las isóneas indica que los valores mayores de 2 $\mu\text{g/L}$ llegaron hasta los 25 m de profundidad. Este núcleo permitió la formación de un gradiente significativo de cloa el que llegó hasta las 10 mn, formando un continuo de alta concentración de biomasa fitoplanctónica en la zona. Los pigmentos degradados (**Fig. 60**) no superaron los 0,2 $\mu\text{g/L}$, indicando que la biomasa del fitoplancton estaba bajo un óptimo estado fisiológico o que no estaba siendo utilizada por organismos pastoreadores.

En punta Copaca (t2) (**Fig. 59**) la zona típica de sistemas productivos estuvo localizada entre la costa y las 5 mn con un área de influencia en el plano vertical, que llegó hasta los 25 m de profundidad, pero no con la intensidad informada para bahía Moreno (t1). Mas allá de las 10 mn, esta transecta estuvo bajo un régimen oligotrófico en toda la columna de agua. Los feopigmentos (**Fig. 60**) no presentaron ninguna distribución característica, con la sola excepción de un núcleo subsuperficial mayor de 0,2 $\mu\text{g/L}$, a 40 mn de distancia de la zona costera.

En punta Lobos (t3) (**Fig. 59**), los valores de concentración más altos (*i.e.* > 1 $\mu\text{g/L}$), estuvieron restringidos a una mn de distancia de la zona costera, sin presentar mayores agregaciones en toda la extensión de la transecta, en general toda el área de ésta estuvo bajo la influencia de un sistema marcadamente ultraoligotrófico.

En punta Junín (t4) (**Fig. 59**), es prácticamente la misma situación que en punta Lobos (t3), aunque es posible observar valores mayores de 1 $\mu\text{g/L}$ a 5 mn, pero dada la distancia de la costa, la situación podría ser caracterizada como semejante a la transecta anterior.

En Arica (t5) (**Fig. 59**), a situación es marcadamente diferente a las otras transectas, la distribución de la biomasa tendió a ser continua entre la superficie y los 25 metros y desde la costa hasta las 20 mn, con un núcleo importante de cloa mayor de 5 $\mu\text{g/L}$ a 10 mn de la costa. Esta distribución espacial permitió la formación de una zona continua de alta concentración de fitoplancton. Al contrario del resto de la zona monitoreada, la biomasa



de cloa fue típica de un sistema mesotrófico, es decir mayores de 0,2 hasta levemente superiores a 0,5 $\mu\text{g/L}$

4.3.3 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en primavera de 2001

En las localidades de bahía Moreno (t1), punta Copaca (t2) y punta Lobos (t3) (**Fig. 61**) las agregaciones más significativas de biomasa fitoplanctónica, es decir mayores de 1 hasta 2 $\mu\text{g/L}$, se distribuyeron casi exclusivamente entre la superficie y los 10 m de profundidad.

Los valores de concentración de cloa típicos de sistemas mesotróficos, siempre estuvieron localizados entre los 10 a 25 m en el plano vertical y entre las 10 a 20 mn de distancia de la costa, en las zonas de interfase o de encuentro entre masas de agua oligo y eutróficas.

En las transectas frente a punta Junín (t4) y Arica (t5) (**Fig. 61**) se observó una gran acumulación de cloa en forma subsuperficial, con valores que llegaron hasta los 5 $\mu\text{g/L}$ a 10 m de profundidad entre la costa y las 10 mn, con una zona de influencia batimétrica que llegó hasta los 25 m situación poco usual en la zona norte de Chile. En estas transectas fue posible observar núcleos de alta biomasa relativa en la zona oceánica, la que llegó a ser mayor de 0,2 hasta menores de 0,5 $\mu\text{g/L}$ a 100 mn en punta Junín (t4) y Arica (t5), esto como siempre es el probable efecto del desplazamiento de parches de alta agregación que son generados en los centros de surgencia de la costa del Perú, especialmente punta San Juan.

Las condiciones de oligotrofia características de la zona norte de Chile se observaron en todas las transectas y más allá de las 10 mn, observándose algunos núcleos de alta agregación en punta Junín (t4) y Arica (t5), los que podrían ser producidos en otras áreas del ecosistema, tal cual fue mencionado anteriormente.

La concentración de los productos de degradación se encontraron en forma significativa, es decir concentración mayor de 0,5 hasta 1 $\mu\text{g/L}$, sólo desde punta Lobos (t3) a Arica (t5), con las mayores agregaciones en las transectas de punta Junín (t4) y Arica (t5) (**Fig. 62**), las que



al mismo tiempo tuvieron las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica fisiológicamente activa. Las transectas con las menores agregaciones de cloa fueron las que tuvieron las menores agregaciones de feop, los que no sobrepasaron los 0,2 $\mu\text{g/L}$.

4.3.4 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en verano de 2002

La distribución batimétrica de la cloa presentó valores elevados de concentración entre la costa y las 10 mn, con valores mayores de 5 $\mu\text{g/L}$ en bahía Moreno (t1), punta Copaca (t2) y punta Junín (t4) (**Fig. 63**). Una excepción importante a esta distribución, se localizó en punta Lobos (t3), en donde el núcleo de cloa sobrepasó los 27 $\mu\text{g/L}$, valor de concentración que no tiene precedentes en zonas alejadas de la costa para toda la duración de este programa de vigilancia oceanográfica.

Los mas característico de estas zonas de alta concentración de biomasa autotrófica, es que prácticamente no se formaron núcleos subsuperficiales de importancia, tendiendo a formar zonas de distribución de alta biomasa fitoplanctónica en forma homogénea desde la superficie y hasta los 25 m, con algunas acumulaciones de importancia en la transecta de punta Lobos (t3) y a 10 m de profundidad.

Es importante destacar las restricciones a la distribución espacial de la cloa más allá de las 10 mn, en prácticamente todas las transectas muestreadas. Esto impidió la formación de cuñas de distribución típicas de sistemas físicamente más dinámicos, y que no permiten la exportación de los excedentes de la producción local hacia la zona oceánica.

Otro aspecto importante de esta distribución espacial vertical, es la profundidad que alcanzaron valores de cloa mayores de 1 $\mu\text{g/L}$, los que llegaron hasta los 25 m situación que también es poco común para la zona.

Al contrario de la distribución cuali y cuantitativa de la biomasa fitoplanctónica descrita anteriormente, en punta Junín (t4) (**Fig. 63**) la cloa disminuyó de concentración en forma significativa, con un núcleo débil y mayor de 4 $\mu\text{g/L}$ a 10 m de profundidad, y cuya distribución espacial estuvo restringida a no más allá de la 5 mn de distancia de la costa.



Aunque se mantuvo la distribución más profunda de las isolíneas mayores de 1 $\mu\text{g/L}$, llegando al igual que en las transectas anteriores, hasta los 25 m de profundidad.

En Arica (t5) (**Fig. 63**) la cloa disminuyó ostensiblemente, llegando a presentar un único valor levemente mayor a los 0,5 $\mu\text{g/L}$ a 10 m de profundidad, el resto de las profundidades de muestreo presentó valores de cloa típicos de sistemas oligotróficos. Esta transecta presentó lejos la mayor disminución, tanto en la distribución como en las magnitudes de la cloa.

4.4 Relaciones funcionales entre las variables físicas y la biomasa fitoplanctónica para el período mayo 2001 a febrero 2002.

Las relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica y el campo físico serán establecidas utilizando como variable dependiente a la clorofila total (clot) ya que ésta representa a la sumatoria de los pigmentos activos (cloa) y degradados (feop).

El objetivo de establecer estas relaciones funcionales es entender como el campo termohalino afecta la distribución y magnitudes de la biomasa fitoplanctónica, los usos eventuales que tendría esta información será, por ejemplo, establecer *a priori* el estatus trófico de la zona norte de Chile a gran escala, es decir áreas mayores de 1000 km^2 , utilizando solamente cartas de distribución de la temperatura satelital.

En el análisis de información no se utilizó el oxígeno disuelto, aunque al ser éste un producto de la fotosíntesis era esperable obtener algún grado de funcionalidad entre este gas y la biomasa fitoplanctónica. Esta situación no ha ocurrido en ninguno de los cruceros realizados hasta la fecha, lo que podría deberse a la existencia de mecanismos de salida e ingreso de este gas en la capa superficial, que pueden ser tan importantes como la producción biológica, tales como es el intercambio océano-atmósfera y la oxidación metabólica.

En el caso de las relaciones entre la transparencia o profundidad del disco Secchi y la biomasa, sólo pretende entender el efecto de las agregaciones fitoplanctónicas sobre las características ópticas de la columna de agua.



4.4.1 Relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica, la temperatura y la salinidad en otoño de 2001.

En mayo del 2001 la biomasa fitoplanctónica, como clorofila total (clot), presentó un alto nivel de funcionalidad con la temperatura (**Fig. 65a**) ($r^2= 0,66$, $n= 45$). Al comparar las pendientes para el otoño del 2000 y 2001, $-0,45$ y $-0,52$ respectivamente, es posible indicar que entre ambas variables existió una proporción estable, no así con los interceptos los que cambian sustancialmente en forma interanual, vale decir 1.658 para mayo del 2001 y 5.039 para el año 2000. Respecto de la salinidad la clot presentó un grado importante de asociación funcional entre las variables mencionadas ($r^2= 0,39$, $n= 45$) (**Fig. 65b**) si se la compara con la informada para el año 2000 ($r^2= 0,21$, $n= 46$) por Osses (*op cit*), esto se debió a la presencia significativa de masas de agua de distinto origen durante el 2001, mientras que durante el 2000 la salinidad presentó un rango de variación más estrecho lo que afectó la relación funcional.

4.4.2 Asociación entre la biomasa fitoplanctónica y la profundidad del disco de Secchi en otoño de 2001.

Al establecer el grado de funcionalidad entre la clorofila total (clot) y la profundidad del disco de Secchi (**Fig. 66a**) es posible indicar el alto nivel de funcionalidad entre ambas mediciones ($r^2= 0,79$ $n= 23$), al comparar este mes con la misma época del año 2000, la relación entre ambas variables es constante, vale decir pendientes de $-0,146$ en el 2001 y $-0,13$ para el año 2000, y con interceptos muy semejantes, $2,98$ el 2000 y $3,14$ el 2001, los que indican las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica cuando las mediciones del disco de Secchi tienden a ser inferiores a los 10 metros.

4.4.3 Asociación entre la biomasa fitoplanctónica y el campo físico en invierno de 2001

En septiembre del 2001, no se presentó ningún patrón de distribución característico entre el campo térmico y la clot (**Fig. 65c**). Esto se debió a que los valores medidos de clot, es decir $0,2$ a $3 \mu\text{g/L}$, se distribuyeron en todo el rango de temperatura, es decir entre 13 a



18°C, sin asociarse los mayores valores de concentración de clot a alguna estructura térmica definida.

La relación clot **versus** la salinidad (**Fig. 65d**) presentó la misma situación que para la temperatura, presentándose los valores de biomasa en el rango 34,5 a 35,1 psu. Debido a esto no fue posible asignar a algún rango en particular valores característicos de clot. La sola excepción a esta distribución es que a salinidades mayores de 35 psu, las masas de agua asociadas son típicamente oligotróficas y en general inferiores a 0,2 µg/L de clot.

4.4.4 Asociación entre la biomasa fitoplanctónica y la profundidad del disco de Secchi en invierno de 2001.

En septiembre del 2001 la clot **versus** la profundidad del disco de Secchi (**Fig. 66b**) presentó un alto nivel de funcionalidad (i.e. $r^2=0,57$, $n= 35$), la distribución gráfica de los valores indica que la zona oligotrófica se caracterizó por profundidades de disco Secchi mayores de 12 m y asociada a valores de clot iguales o inferiores a 0,2 µg/L, mientras que la zona entre los 8 a 10 m puede ser considerada una profundidad de transición, la que puede tener asociados valores de clot oligotróficos y eutróficos, esto podría ser interpretado como que no obstante la transparencia del agua es típica de sistemas productivos, las partículas presentes no son todas biogénicas. A profundidades inferiores de 8 m y hasta los 5 m las concentraciones de clot son siempre características de sistemas eutróficos, es decir mayores de 1 µg/L.

La pendiente e intercepto del gráfico analizado indica que la razón entre ambas variables fue de $-0,168$ con un intercepto de 3,02, si se compara estos valores con los obtenidos el año 2000 (i.e. pendiente $-0,21$ e intercepto 6,59), es posible indicar la tendencia a la homogeneidad de la funcionalidad entre la profundidad del disco Secchi y la estructura biológica superficial del sistema, mientras que las diferencias en el intercepto son reflejo de los niveles distintos de clot medidos en el área, siendo más altos los medidos en el año 2000.



4.4.5 Asociaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica y las variables físicas en primavera de 2001.

En el crucero de diciembre del 2001 la biomasa fitoplanctónica se asoció en forma significativa solo con la temperatura (**Fig. 65e**) presentando un alto nivel de funcionalidad ($r^2= 0,53$ $n= 49$), producto de la intensificación de los procesos de estratificación superficial lo que significó que para todos los valores de temperatura mayores de 19 °C, los valores de cloa fueron siempre superiores a 1 $\mu\text{g/L}$, mientras que a valores mayores de 20 °C los valores de cloa fueron siempre propios de sistemas poco productivos u oligotróficos.

La salinidad no presentó ninguna asociación con la cloa (**Fig. 65f**), producto de la baja variabilidad de esta medición, es decir en el rango 34,6 a 35,2 psu, lo que impide encontrar alguna funcionalidad entre estas variables, pero puede ser indicado que para valores entre 34,6 a 34,8 psu la cloa tendió a presentar valores altos de cloa, aunque al mismo tiempo también valores típicos de sistemas oligotróficos, pero en menor número.

4.4.6 Asociación funcional entre la clot y el disco de Secchi en primavera de 2001

En diciembre del 2001 y al igual que lo observado en cruceros anteriores, la visibilidad de la columna volvió a ser una función exponencial de la concentración de clot superficial (**Fig. 66c**), donde $r^2=0,78$, pendiente $-0,199$, intercepto 3,7 ($n=33$). Respecto del mismo mes del año 2000, los valores de las variables antes mencionadas fue de $r^2=0,72$, pendiente $-0,140$ e intercepto 2,07 ($n=16$).

4.4.7 Asociaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica, la temperatura y la salinidad en verano de 2002.

En febrero del 2002 la distribución superficial de la biomasa estuvo fuertemente influenciada por la temperatura a juzgar por el gráfico de ésta *versus* la clot (**Fig. 65g**), en el que es posible observar la marcada funcionalidad entre estas variables ($r^2=0,57$, $n= 50$). En esta misma gráfica, es posible observar que en esta estación del año las mayores agregaciones de cloa, es decir aquellas mayores de 1 $\mu\text{g/L}$ se situaron entre los 15 a



18°C, con una disminución ostensible más allá de este rango. Los valores de cloa típicos de sistemas oligotróficos se asociaron en general temperaturas mayores de 20°C.

Respecto de la salinidad vs la clot (**Fig. 65h**), ésta no presentó, al igual que los otros años informados, ninguna asociación funcional, tendiendo solamente a agruparse las mayores concentraciones en el rango 34,5 a 34,8 psu. Las agregaciones de clorofila típicas de sistemas oligotróficos son detectadas a salinidades mayores de 34,9 psu.

Excepcionalmente, se observó un solo valor de alta concentración de clorofila es decir sobre los 10 µg/L a temperaturas mayores de 20°C, pero al ser un valor aislado lo mas probable es que represente un proceso de agregación local, debido a la formación de un núcleo de masa de agua más cálida atrapada en la costa. Situación que puede ser reforzada por la distribución del campo térmico en bahía Moreno (t1), en donde estuvo localizado éste núcleo, en esta transecta es posible observar la salida de las isotermas mayores de 17 °C hacia la superficie a 10 mn de distancia de la costa, dejando un núcleo de alta temperatura atrapado entre la línea de costa y las 5 mn. Esto permite justificar la presencia de este valor de cloa asociado a un campo térmico inusual para las asociaciones observadas regularmente entre el campo térmico y la biomasa fitoplanctónica.

4.4.8 Asociaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica y el disco de Secchi en verano de 2002.

La distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica **versus** la profundidad del disco de Secchi (**Fig. 66d**), indicó la existencia de una funcionalidad discreta respecto de los cruceros anteriores, es decir $r^2=0,416$ (n= 18). Aunque en ambos casos, este nivel de funcionalidad no es tan significativo como el encontrado para la misma época del año durante el año 2001, es decir $r^2=0,75$ (n= 18). Lo interesante de esto, es que no obstante esta aparente falta de funcionalidad entre las variables, las pendientes para estos dos períodos, son prácticamente las mismas para el año 2001 y 2002, o sea -0,195 y -0,117.



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.

5. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES

El procesamiento y análisis de las 202 muestras de zooplancton colectadas durante el transcurso de los cruceros estacionales de monitoreo, a objeto de determinar la distribución y abundancia de los huevos y primeras fases larvarias de anchoveta, sardina, jurel y caballa, permitió cuantificar la presencia de 658.559 huevos y 294.855 larvas, de los cuales 530.507 huevos (80,6%) y 175.356 larvas (59,5%) correspondieron a las especies objetivo del estudio. El detalle del número de huevos y larvas por especie, correspondientes a la totalidad de las muestras procesadas se entrega en las **Tablas 9 y 10**.

Cabe señalar que durante la prospección de primavera de 2001, no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de sardina. De la misma manera, durante los cruceros de otoño e invierno de 2001 no se reconocieron registros positivos a huevos y larvas de jurel y caballa. En verano de 2002, no se determinaron registros positivos a larvas de jurel.

5.1 Anchoveta, *Engraulis ringens*

En el curso de los 4 cruceros estacionales se reconocieron 49 registros positivos para huevos y 92 para larvas, lo que representó una frecuencia de 24,3% y 45,5% y una dominancia numérica igual a 80,4% y 58,0% para cada una de las respectivas fases de desarrollo.

El análisis de las muestras permitió determinar la presencia de 529.273 huevos y 170.875 larvas de anchoveta, señalando para la especie una importante actividad reproductiva especialmente durante las estaciones de invierno y primavera para el estadio de huevos y otoño – invierno para las fases larvarias (**Tabla 11**).



5.1.1 Otoño 2001

En el transcurso de la exploración realizada en otoño de 2001, se localizaron 9 estaciones positivas para huevos (19,1%) y 22 a larvas (46,8%), identificándose un total de 51.353 y 74.386 especímenes para cada una de dichas fases del desarrollo (**Tabla 11**).

La media de huevos por estación positiva en otoño de 2001, alcanzó a 5.706 huevos/10m² (DS = 9443,7), cifra 9,4% y 82,7% menor respecto a la obtenida en verano y primavera, respectivamente.

El patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta (**Fig. 67a**), compromete toda la extensión latitudinal de la zona explorada y se presenta estrechamente asociado a la zona nerítica, alcanzando una cobertura longitudinal máxima de 5 mn. El desove más intenso se localiza en el sector costero frente a punta Lobos y Arica, determinándose al mismo tiempo que las densidades más elevadas (> 22.000 huevos/10m²) se ubican frente a punta Lobos y a 5 mn al oeste de Arica.

En relación al número de huevos, el otoño del año 2001 presentó, respecto al crucero precedente, una tasa de cambio positiva igual a 5.392%, constituyéndose el otoño del año 2001 en el registro más alto para el estadio de huevos de la serie 1983-2001.

Las larvas (**Fig. 68 a**) presentan una distribución geográfica acorde con la anteriormente descrita para la fase de huevos, aunque adoptando una cobertura longitudinal más amplia, lo que se expresa en un incremento en la frecuencia de las estaciones positivas, el cual alcanza a una diferencia porcentual de 144,4%. El aumento de la frecuencia se encuentra asociado a una disminución en la densidad promedio por estaciones positivas, que alcanza un orden de magnitud de -40,7% respecto de los huevos.

La media de larvas por estación positiva en el otoño de 2001, alcanzó a 3.381 larvas/10m² (DS = 12.850,4), cifra 127% mayor respecto a la obtenida en verano de 2001.



Respecto a las densidades larvarias, éstas fluctuaron entre 32 y 60.789 larvas/10m², con una densidad promedio igual a 1.583 larvas por estaciones totales. Las estaciones con las mayores densidades (> 1.400 larvas), a excepción de la estación de 1mn realizada frente a punta Lobos que presentó una abundancia de 60.789 larvas/10m² (81,7%) se localizaron a 1 y 5 mn frente a punta Junín (19°40´S) y a 1mn al oeste de Arica, las que en conjunto contribuyen con el 9,1% al total de larvas de anchoveta censadas durante la prospección.

En relación al número de larvas y al igual que lo señalado para el estadio de huevos, el otoño del año 2001 presentó, respecto al crucero precedente, una tasa de cambio positiva igual a 413,9%, constituyéndose el otoño del año 2001 en el registro más alto para el estadio de larvas de la serie 1983-2001.

5.1.2 Invierno 2001

En invierno de 2001, se reconocieron 14 registros positivos para huevos y 28 para larvas lo que representó una frecuencia de 23,0% y 45,9% y una dominancia numérica igual a 93,4% y 68,9% para cada una de las fases de desarrollo, respectivamente.

El análisis de las muestras permitió determinar la presencia de 287.271 huevos y 51.109 larvas, señalando para la especie una importante actividad reproductiva, la cual es coherente con el pico principal de desove de esta especie.

Como se señaló anteriormente, en invierno de 2001 se determinó la presencia de 287.271 huevos/10m², con abundancias que fluctuaron entre 43 y 96.149 huevos/10m². La media de huevos por estación positiva alcanzó a 20.519 (DS = 32208,02), cifra 260% y 226% mayor respecto a la obtenida en otoño y verano de 2001.

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 a excepción de las transectas realizadas frente a punta Tres Picos (24°20´S) y punta Junín (19°40´S), adoptando éste una modalidad eminentemente costera, concentrándose el 96% de los huevos de anchoveta en la franja de estaciones comprendida entre la costa y



las 10 mn y, en forma ocasional, esta distribución longitudinal fue mayor observándose registros positivos a 100 y 130 mn frente a punta Copaca (22°20'S) y a 40 y 70 mn al oeste de Arica (**Fig. 67b**).

En relación a los focos de desove cuantitativamente importantes, destacan claramente los ubicados frente a bahía Moreno, punta Lobos y Arica. En este contexto, la estación con la densidad más importante (96.149 huevos/10m²) se localizó a 5 mn al oeste de punta Lobos importando al total de huevos de la especie un 33,5%.

Con respecto al número de huevos, el invierno de 2001 presentó respecto al crucero de invierno precedente una tasa de cambio positiva igual a 460%, constituyéndose el invierno de 2001 en el quinto registro más alto de la serie 1981-2001.

Las fases larvarias se hicieron presentes en un total de 28 estaciones positivas con un total de 51.109 especímenes/10m².

Respecto a las densidades larvarias, éstas fluctuaron entre 32 y 8.592, con una densidad promedio igual a 838 por estaciones totales. La media de larvas por estación positiva en invierno de 2001 alcanzó a 1.825 (DS = 2338,8), cifra 46% menor y 22,6% mayor respecto a otoño y verano de 2001, respectivamente.

Las fases larvarias exhibieron una distribución geográfica acorde a la descrita para el estadio de huevos, adoptando una cobertura latitudinal máxima y longitudinal más amplia respecto de ellos, lo que se expresa por una parte, en un incremento en la frecuencia de registros positivos igual a 100% y en una disminución en su densidad promedio por estaciones positivas igual a - 91,1% (**Fig. 68b**).

Los focos de desove cuantitativamente importantes se corresponden con los descritos para el estadio de huevos, localizándose las estaciones con las mayores densidades larvarias (>4.555 larvas/10m²) a 1 y 5 mn frente a bahía Moreno, 1mn al oeste de punta Lobos y a 20 mn de la localidad de Arica, las que en conjunto importan al total de larvas de anchoveta un 49,5%.



En relación al número de larvas y al igual que lo señalado para el estadio de huevos, el invierno de 2001 presentó respecto al crucero de invierno precedente una tasa de cambio negativa igual a 12,3%.

5.1.3 Primavera 2001

En primavera del año 2001, se encontraron 11 estaciones positivas para huevos, lo que representó una frecuencia de 23,4% y una dominancia numérica igual a 72,2%. Se determinó la presencia de 59.288 huevos con abundancias que fluctuaron entre 37 y 20.579 huevos/10m², con una media en los 5.390, señalando para la especie una moderada actividad reproductiva. Con respecto al crucero de invierno de 2001, la fase de huevo experimentó una disminución tanto en su densidad promedio por estaciones positivas y totales igual a 73% (**Tabla 11**).

La distribución espacial del desove de acuerdo a lo observado a través de los huevos, señala en general que éste se verificó en todo el rango latitudinal de la zona explorada, a excepción de la transecta realizada frente a punta Junín, adoptando éste una modalidad costera, concentrándose el 99,7% de los huevos de esta especie en la franja de estaciones comprendidas entre la costa y las 10 mn. En forma ocasional esta distribución se extiende más al oeste, observándose un registro positivo a 20 mn frente a punta Gruesa (**Fig. 67c**).

Tres focos de abundancia se distinguieron claramente, ubicándose éstos frente a bahía Moreno, entre Tocopilla y punta Lobos y frente a Arica. La zona comprendida entre Tocopilla y punta Lobos, destaca como la más importante tanto en términos de la extensión del área ocupada como por los niveles de abundancia que representa, 42% respecto al total de huevos de anchoveta censados, le sigue en importancia bahía Moreno con un 31,5% y finalmente, Arica con un 26,4%. La estación con la densidad más importante (20.579 huevos/10m²) se localizó a 1 mn frente a punta Arenas (21°40'S), contribuyendo con un 34,7 % al total de huevos de la especie.

En relación al número de huevos, la primavera de 2001 presentó respecto al crucero de primavera precedente una tasa de cambio negativa igual a 85,1%, constituyéndose en el octavo registro más alto de la serie 1983-2001.



Las larvas (**Fig. 68c**) presentan una distribución geográfica acorde con la anteriormente descrita para el estadio de huevos, aunque adoptando éstas una distribución latitudinal y longitudinal más amplia, lo que se expresa en un incremento en la frecuencia de estaciones positivas y en un porcentaje de cambio igual a 90,9%. El aumento de la frecuencia se encuentra asociado a una disminución en su densidad promedio por estaciones positivas, la que alcanza un orden de magnitud igual a – 84,2% respecto de los huevos.

Se determinó la presencia de 17.870 larvas distribuidas en 21 registros positivos. La media de larvas por estación positiva alcanzó a 851 larvas/10m² (DS = 1208,85), cifra 17,7% mayor respecto a la obtenida en primavera de 2000.

En relación a las densidades larvarias, éstas fluctuaron entre 30 y 4.133 larvas/10m² con una densidad promedio por estaciones totales igual a 380 larvas. Las estaciones con las mayores densidades (> 3.100 larvas) se localizaron a 1 mn frente a bahía Moreno, punta Aña (22°00´S) y punta Arenas (21°40´S), las que en conjunto contribuyen con el 59,5% al total de larvas de anchoveta censadas durante la prospección.

Con respecto al número de larvas, la primavera de 2001 presentó en relación al crucero de primavera precedente una tasa de cambio positiva igual a 12,4%, constituyéndose en el séptimo registro más alto de la serie 1983-2001.

5.1.4 Verano 2002

Durante el crucero se registraron 15 estaciones positivas para huevos de anchoveta y 21 para larvas, lo que representó una frecuencia de 31,9% y 44,7% y una dominancia numérica igual a 62,8% y 32,1% para cada una de las respectivas fases de desarrollo. El análisis de las muestras permitió determinar la presencia de 131.361 huevos y 27.519 larvas, señalando para la especie una importante actividad reproductiva. En relación a las densidades de huevos, el verano de 2002 presentó con respecto al 2001, un importante incremento exhibiendo un porcentaje de cambio igual a 60,4%, constituyéndose en el tercer registro más importante de la serie 1982-2002..



Las densidades de huevos fluctuaron entre 69 y 88.226 huevos/10m², exhibiendo una media igual a 8.757 huevos (DS= 22348,7) por estación positiva y 2.795 por el total de estaciones (**Tabla 11**). Estos índices señalan una alta intensidad y amplia cobertura espacial del desove, el cual abarcó el rango latitudinal comprendido desde Arica hasta Antofagasta y longitudinalmente se extendió hasta las 40 mn.

El desove fue bastante uniforme, concentrándose el 99,4% de los huevos de esta especie, en la franja comprendida entre la costa y las 10 mn (**Fig. 67d**). No obstante la amplia cobertura latitudinal del desove, los niveles de abundancia presentan una tendencia a incrementarse hacia el extremo norte de la zona de estudio, donde es posible diferenciar focos de mayor relevancia cuantitativa (> 10.000 huevos/10m²) frente a punta Lobos y Arica.

En el contexto de este patrón de distribución, es importante señalar que en la zona costera comprendida entre punta Copaca (22°20'S) y punta Lobos se registró el 73,3% de las estaciones positivas, siendo cuantitativamente importantes las estaciones 22 y 23 localizadas a 5 y 10 mn al oeste de punta Lobos cuyas densidades en conjunto representan el 17% del total de huevos de anchoveta censados.

El foco de desove localizado frente a Arica, y como se ha observado en veranos precedentes, se constituye nuevamente en términos cuantitativos en el más relevante, albergando sólo a dos estaciones positivas, las cuales representan más del 72% del total de huevos de la especie cuantificados durante este crucero.

Con respecto a la fase de huevos, las larvas de anchoveta exhiben una mayor cobertura geográfica y menor abundancia relativa debido a los procesos de dispersión y transporte que las afecta en el curso de su desarrollo, lo que se manifiesta por una diferencia porcentual igual a 40% en la frecuencia de estaciones positivas y -79,1% en su densidad promedio.

Durante el verano de 2002, las larvas de anchoveta (**Fig. 68d**) se distribuyeron latitudinalmente en toda la zona explorada mostrando los niveles de abundancia una



tendencia general a disminuir hacia el extremo norte de la zona de estudio, fluctuando sus densidades entre 35 y 7.153 larvas/10m² con una media igual a 1.310 (DS=1869,6).

Las mayores densidades larvárias (> 3.000 especímenes) se localizaron a 1 mn frente a bahía Moreno y punta Copaca, a 5mn al oeste de punta Lobos y a 1 mn frente a Arica.

Las densidades larvárias presentan con respecto al verano de 2001, una disminución la cual se traduce en un porcentaje de cambio igual a – 16%, constituyéndose en el cuarto registro más significativo de la serie 1982-2002..

5.2 **Sardina, *Sardinops sagax***

Para sardina se determinó la presencia de 5 registros positivos para huevos y 7 para las fases larvárias, en las cuales se colectaron 982 huevos y 4.151 larvas/10m². Estos niveles de abundancia señalan para la especie una baja actividad reproductiva.

5.2.1 **Otoño 2001**

Para este período se determinó la presencia de un registro positivo para huevos y larvas, los que se localizaron en el sector costero frente a Arica y punta Lobos, con totales de 115 huevos y 39 larvas (**Figs. 69a y 70 a - Tabla 12**).

5.2.2 **Invierno 2001**

Durante la prospección se determinó la presencia de 3 registros positivos para huevos y 5 para larvas, en los cuales se colectaron 807 huevos y 4.052 larvas/10m². Estos niveles de abundancia señalan que la especie presentó en la zona de estudio una baja actividad reproductiva (**Tabla 12**).

Los registros positivos a huevos se localizaron a 1 mn frente a bahía Moreno y a 1 y a 10 mn al oeste de Arica, siendo la más significativa la ubicada a 1mn de bahía Moreno con un total de 486 huevos/10m² (**Fig. 69 b**).



Con respecto a las fases larvarias, estas se ubicaron frente a bahía Moreno, punta Copaca, punta Yapes y Arica no sobrepasando las 10 mn. Las densidades más significativas se registran a 1 y 5 mn al oeste de bahía Moreno con abundancias iguales a 2.632 y 1.114 larvas/10m², respectivamente (**Fig. 70 b**).

5.2.3 Primavera 2001

Cabe señalar que durante el crucero de primavera de 2001, no se registran estaciones positivas a huevos y larvas de sardina

5.2.4 Verano 2002

Durante el verano del año en curso, se determinó la presencia de 1 registro positivo a huevos y larvas de sardina, en los cuales se colectaron 60 huevos y 60 larvas/10m², localizándose éstos a 1 mn frente a punta Copaca (**Figs. 69d y 70d**).

5.3 Jurel, *Trachurus symmetricus murphyi*

5.3.1 Otoño 2001

Durante el otoño de 2001, no se registra presencia de huevos y larvas de jurel.

5.3.2 Invierno 2001

Durante el invierno de 2001, no se registró presencia de huevos y larvas de jurel.

5.3.3 Primavera 2001

Se determinó la presencia de 1 registró positivo a huevos y 1 a larvas, en los cuales se colectaron 38 huevos y 40 larvas/10m², localizándose éstos a 100 mn de punta Madrid y 70 mn al oeste de punta Lobos, respectivamente (**Figs. 71c y 72c Tabla 13**).



5.3.4 Verano 2002

Para esta especie se identificó la presencia de dos estaciones positivas para huevos cuyas densidades no excedieron los 35 huevos/10m², las que se localizaron a 70 mn al noroeste de punta Lobos y Arica, respectivamente (**Fig. 71d**).

5.4 Caballa, *Scomber japonicus*

5.4.1 Otoño 2001

Durante el otoño de 2001, no se registró presencia de huevos y larvas de caballa.

5.4.2 Invierno 2001

Durante el invierno de 2001, no se registró presencia de huevos y larvas de caballa.

5.4.3 Primavera 2001

En primavera de 2001, se reconocieron 2 estaciones positivas para huevos y una para larvas las que se ubicaron al oeste de punta Junín no sobrepasando la línea de estaciones de las 20 mn, colectándose 146 huevos y 254 larvas /10m² (**Figs. 73c y 74c Tabla 14**).

5.4.4 Verano 2002

Se reconoció un registro positivo a larvas de caballa, el cual se localizó a 40 mn al oeste de Arica (**Fig. 74d**).

5.5 Variación temporal de la intensidad de desove de anchoveta

La intensidad del desove de anchoveta estimada a través de la densidad promedio por estaciones positivas, muestra para el verano de 2002, la misma tendencia creciente para las respectivas fases del desarrollo. Es así, como ambos estadíos de desarrollo exhiben



con respecto a la primavera de 2001, un importante incremento en sus niveles de abundancia lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 62,5% para huevos y 53,9% para larvas (**Fig. 75 a y b**). Cabe señalar que para el período comprendido entre el invierno de 1995 y el verano de 2002, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general levemente ascendente, con cinco picks de abundancias significativamente importantes (> 18.000 huevos/10m²), los que se han registrado en el período 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 períodos de verano - otoño de 1997, otoño de 1999 y 2000.

Con respecto a su patrón de distribución, éste ha sido eminentemente costero a excepción de las primaveras de los años 1998 y 1999 y los inviernos de 1999, 2000 y 2001, donde se pudo apreciar una mayor cobertura longitudinal. Las máximas abundancias han sido reportadas frente a la localidad de Arica, zona que se ha caracterizado por ser un área de desove estable y persistente en el tiempo, compartiendo esta designación con el área lindante al río Loa.

Con relación a las fases larvarias, estas muestran una tendencia general ascendente y superior respecto de los huevos, con mínimos de magnitudes similares los que han sido registrados durante los períodos de verano - otoño de 1996, 1997 y 1998, observándose que las máximas abundancias (> 1.490 larvas/10m²) 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 períodos de primavera de 1999 y verano de 2000 y 2001. Cabe destacar que otoño de 2001, se constituyó en el registro más alto de la serie invierno 1995 – verano 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. Respecto a su patrón de distribución, estas presentan una mayor cobertura latitudinal y longitudinal en relación a la fase de huevos, producto de los procesos que las afectan (e.g. transporte, advección), destacando al igual que para el estadio de huevos, como zonas de desove cuantitativamente importantes las localidades de Arica e inmediaciones del río Loa.



5.6 Análisis estacional de huevos y larvas de peces

5.6.1 Desove de otoño

Los resultados de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, obtenidos en otoño de los años 1983-2001, se muestran en las **figuras 76 y 77** y estos señalan que durante otoño de 2001 se observó un claro predominio del desove de anchoveta respecto de las otras especies objetivo del estudio.

En relación a la anchoveta, se determina que la abundancia promedio de ambas fases de desarrollo respecto al otoño de 2000, presenta un notable incremento igual a 6731% para la fase de huevos y de 546% para las larvas. La intensidad del desove también exhibe con respecto a 2000, un importante incremento el cual es igual 1729% y 390,7% para huevos y larvas, respectivamente.

La estimación del índice de abundancia larval para anchoveta durante la estación de otoño, muestra un importante incremento con respecto a 2000, no obstante lo anterior, 1999 y el 2001 son los años en los cuales se han estimado los índices más altos de la serie 1986/2001 (**Tabla 15, Fig. 78**).

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 puede ser considerada normal dada la época del año (mayo), la cual se caracteriza por un proceso de recuperación y preparación de las gónadas para el desove primario, el que en condiciones normales, se produce durante los meses de julio a septiembre. Cabe señalar que en otoño de 2001, se consignó solamente una estación positiva para ambas fases de desarrollo, presentando las fases de larvas con respecto al otoño precedente, una disminución en la intensidad y extensión del desove igual - 97,2% y -95,8%, respectivamente.

Con referencia a la estimación del índice de abundancia larval, es importante señalar que éste presenta en la actualidad valores muy bajos, experimentando en otoño de 1999 y 2000 una leve recuperación, manteniendo la tendencia moderadamente alcista que éste



exhibe a partir del otoño de 1997 (**Tabla 16, Fig. 78**). No obstante lo anterior, en otoño de 2001 vuelve a experimentar una importante disminución.

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 2001, situación que a excepción de los años 1986, 1992 y 1997 para el caso de los huevos y 1986 y 1987 para las fases larvarias, ha sido lo habitual para la serie histórica disponible la cual comprende desde 1983 al 2001.

Con respecto a caballa, durante el otoño de 2001 hubo ausencia de registros positivos para ambos estadios del desarrollo, destacando el año 1998 como el más importante de la serie disponible tanto para huevos como para larvas de esta especie.

5.6.2 Desove de invierno

La estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en invierno de 2001, respecto a las reportadas en inviernos precedentes para la serie 1981/2001, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta un importante incremento en la cobertura geográfica de los huevos y un decremento para la fase de larvas, lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 332% y - 32,4%, respectivamente (**Figs. 79 y 80**). Cabe señalar que el estadio de huevos, con respecto a cobertura geográfica, se constituye en el quinto registro más importante de la serie 1981 – 2001.

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas, muestran con respecto a 2001 un incremento para ambas fases de desarrollo, exhibiendo el estadio de huevos una tasa de cambio igual a 700% y 22,1% las fases larvarias.

En anchoveta, las estimaciones más altas del índice de abundancia larval, 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. En los inviernos de 1995, 1996 y 1997 el índice se mantuvo prácticamente constante, fluctuando entre 5 y 7,



para disminuir drásticamente en 1998. Durante el invierno de 1999, se observó una tendencia general ascendente, situación que fue corroborada a través del seguimiento del parámetro poblacional densidad promedio por estaciones positivas, el cual exhibió desde el verano de 1998 hasta la primavera de 1999 una tendencia alcista en sus valores, exhibiendo el invierno de 2001, con respecto a otoño una disminución del orden de -46% , estimándose durante este crucero un índice de abundancia bajo, similar a los obtenidos en invierno de los años 1987, 1991 y 1998, presentando con respecto al invierno de 2000 una tasa de cambio igual a $-40,9\%$ (**Tabla 17, Fig. 81**).

Con respecto a sardina, se determina que sus niveles de abundancia promedio tanto para huevos como para larvas respecto a cruceros precedentes, incrementan tanto su cobertura geográfica como su intensidad de desove lo que se reflejó en porcentajes de cambio iguales a $8,3\%$ y 3.200% en su cobertura y $35,8\%$ y 598% en su intensidad para las respectivas fases de desarrollo.

Para la zona de estudio y para los inviernos de los años 1983-2001, el índice de abundancia larval en sardina se mantiene en niveles muy bajos con valores comprendidos entre 0 y 1. En invierno de 1992 y 1999, la estimación del índice sugería que esta situación podría revertirse, pero con posterioridad a 1992, los valores de éste continúan siendo bajos y muy próximos a cero, para incrementarse nuevamente en invierno de 1999. En ambos años, esta situación fue inducida por las condiciones oceanográficas cálidas registradas en la zona Arica - Antofagasta, las cuales fueron favorables para la sobrevivencia y desarrollo de los estadios tempranos de esta especie. Respecto a 2000, la estimación del índice de abundancia larval en invierno de 2001 experimentó un significativo incremento igual a 257% (**Tabla 18, Fig. 81**).

En relación a jurel y caballa en invierno de 2001 no hubo registros positivos a huevos y larvas de estas especies.

La intensidad del desove de anchoveta estimada a través de la densidad promedio por estaciones positivas, muestra para septiembre de 2001, situaciones distintas para las respectivas fases del desarrollo. Es así, como el estadio de huevo exhibe con respecto a



otoño de 2001, un importante incremento en sus niveles de abundancia lo que se traduce en un porcentaje de cambio igual al 260%.

5.6.3 Desove de primavera

En primavera de los años 1983-2001, 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 72,2% para la fase de huevos y 54,3% para las fases larvianas.

La estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, analizada como un índice de la extensión del desove, señala que en la primavera de 2001 se detecta una situación 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 2000 iguales a -85% en su cobertura geográfica y - 83,7% en su intensidad, constituyéndose la primavera de 2001 en el noveno registro más alto de la serie analizada (**Fig. 82**).

La cobertura geográfica e intensidad de desove exhibida por las fases larvianas en primavera de 2001, señala que respecto a la primavera precedente, se produce un incremento, el que es igual a 12,4% y 17,7%, respectivamente (**Fig. 83**).

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 2000, el índice de abundancia larval se incremento en un 14,8% (**Tabla 19, Fig. 84**).

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



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 20**). 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. 84**).

En relación a jurel, la comparación de resultados respecto al año 2000, señala una disminución para ambos estadios de desarrollo, exhibiendo porcentajes de cambio negativos iguales a 99,1% y 81,3% en la cobertura geográfica de huevos y larvas. Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto al año 2000, disminuciones para las fases de huevos y larvas iguales a -96,3% y -64,6%, respectivamente.

Para el recurso caballa se dispone de una serie menor, 1996-2001, exhibiendo ambas fases de desarrollo niveles de abundancia muy bajos respecto a anchoveta y sardina, mostrando en esta oportunidad una disminución en la intensidad del desove de acuerdo a lo señalado por los huevos (-87,4%) y un importante incremento en la concentración de las fases larvarias (694%).

La intensidad del desove de anchoveta estimada a través de la densidad promedio por estaciones positivas, muestra para diciembre de 2001, la misma tendencia decreciente para las respectivas fases del desarrollo. Es así, como el estadio de huevo exhibe con respecto a invierno de 2001, una importante disminución en sus niveles de abundancia lo que se traduce en un porcentaje de cambio igual -73,7%.

5.6.4 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 1982-2002 se muestran en las **figuras 85 y 86**. El análisis de esta serie revela que durante el verano de 2002, 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 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 esta oportunidad se produce un significativo incremento en la cobertura geográfica de huevos y una disminución de las fases larvianas, lo que se refleja en tasas de cambio respecto al 2001 iguales a 60,4% y -16% para ambas fases del desarrollo. El verano de 2002, se constituye en el segundo registro más importante en cuanto a cobertura geográfica de la serie 1982-2002 para el caso de los huevos y en el tercero 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 verano de 2001, una situación diferente para las respectivas fases de desarrollo. Es así, como los huevos de esta especie incrementan su intensidad y concentración de desove en un 39%, mientras que las fases larvianas decrecen en un 12,1%.

Las estimaciones más altas del índice de abundancia larval de anchoveta para la estación de verano se han obtenido durante el período 1999/2002. Con posterioridad al verano de 1988 y hasta el 2000, el índice exhibió una tendencia general ascendente experimentando en los veranos de 2001 y 2002 disminuciones iguales a 58% y 19%, respectivamente (**Tabla 21, Fig. 87**). De la misma manera, los menores índices de abundancia larval 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 2001, la misma cobertura geográfica para el estadio de huevos y una disminución en las fases larvianas igual a -98%. En cuanto a la intensidad y concentración del desove, las densidades promedio por estaciones positivas indican con referencia al 2001, un incremento del orden de 50% para el estadio de huevos y una importante disminución en la concentración de las fases larvianas igual a -95,6%.

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 (**Tabla 22, Fig. 87**).



En relación a jurel, la comparación de resultados respecto al 2001, señala una disminución para la fase de huevos y ausencia de los estadios larvarios. Los huevos de jurel, exhiben en esta oportunidad un porcentaje de cambio igual a $-66,6$ en su cobertura geográfica de huevos y larvas. Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas a huevos acusan con respecto al crucero precedente, una disminución igual a $33,3\%$.

Para el recurso caballa se dispone de una serie menor, 1991-2001, exhibiendo ambas fases de desarrollo niveles de abundancia muy bajos respecto a anchoveta y sardina pero superiores a jurel. En verano de 2002, no se registran estaciones positivas a huevos de caballa y sólo una estación positiva a larvas de esta especie.

La intensidad del desove de anchoveta estimada a través de la densidad promedio por estaciones positivas, muestra para el verano de 2002, la misma tendencia creciente para las respectivas fases del desarrollo. Es así, como ambos estadios de desarrollo exhiben con respecto a la primavera de 2001, un importante incremento en sus niveles de abundancia lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a $62,5\%$ para huevos y $53,9\%$ para larvas.

Los parámetros poblacionales obtenidos estacionalmente para huevos y larvas de anchoveta, se analizaron mediante la aplicación del diseño basado, utilizado en forma tradicional en los estudios de ictioplancton y el modelo basado (Distribución Delta), lo que permitió determinar algunas divergencias existentes entre ambos estimadores y cuyos resultados se entregan en la **tabla 23**. En ella se aprecia, en general que la estimación de la densidad media de huevos y larvas de anchoveta mediante la aplicación del diseño basado para los cuatro cruces estacionales de monitoreo, exhibe un menor coeficiente de variación con respecto al modelo basado.

5.7 Sistema CUFES (Continuos Underway Fish Egg Sampler)

Coetáneamente a los cruces de invierno de 2001 y verano de 2002, operó el sistema CUFES o bomba de huevos, colectándose 544 y 149 muestras en ruta para los



respectivos cruceros, de las cuales 63 y 29 correspondieron a estaciones fijas, es decir muestras dobles o pares CUFES – Red CalVET.

Las **tablas 24 y 25**, muestran un resumen estadístico del número de huevos (m^3) de anchoveta y sardina colectados por el sistema CUFES y red CalVET durante las estaciones fijas y el monitoreo en ruta. Con las densidades de huevos estandarizados y para ambos sistemas de muestreo, se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson's y la estimación de parámetros para la regresión lineal. Estos análisis fueron realizados con datos no transformados y transformados ($\ln(x+1)$) y cuyos resultados se presentan en las **tablas 26 y 27**, obteniéndose bajos coeficientes de correlación, especialmente en invierno de 2001.

En invierno de 2001 (**Fig. 88**), los huevos de anchoveta se registraron en 38 estaciones positivas, mientras que los huevos de sardina exhibieron tan solo 12 registros positivos (**Fig. 89**), con rangos de abundancia comprendidos entre 1 y 1.369 huevos/ m^3 para la anchoveta y entre 1 y 31 para la sardina. La anchoveta se encontró distribuida principalmente en el borde costero de la zona de estudio, con una proyección oceánica entre 50 y 100 mn frente a las localidades de Arica y punta Grande, destacando dos sectores con una mayor agregación de núcleos, entre punta Barrancos ($20^{\circ}42'S$) a punta Lobos ($21^{\circ}00'S$) y el segundo en las estaciones costeras frente a Arica. Con respecto a sardina, ésta presenta una menor frecuencia de estaciones positivas y por ende menor abundancia, registrándose presencia de huevos en la zona costera frente a Arica y punta Lobos y entre punta Grande y bahía Moreno.

Durante el verano del año en curso, la presencia de huevos de ambas especies se consignaron en 44 y 3 estaciones positivas para anchova y sardina, respectivamente (**Figs 88 y 89**), con respecto a sus abundancias éstas fluctuaron entre 1 y 427 para anchoveta y entre 1 y 148 huevos/ m^3 para sardina. Los huevos de anchova denotaron una mayor agregación de núcleos en la zona sur del área prospectada, es decir, entre bahía Moreno y punta Lobos, área donde se concentró más del 59% de los huevos censados. Con respecto a sardina, esta especie a través del tiempo ha presentado una escasa presencia y para este último verano se limitó a las localidades de Mejillones e inmediaciones de Arica.



5.8 Relaciones entre la abundancia de larvas de anchoveta v/s temperatura y salinidad superficial

Respecto de la fase de larvas se puede apreciar que éstas, se distribuyeron en otoño de 2001 en aguas cuyos rangos de temperatura superficial fluctuaron entre 14,104°C y 20,250°C, observándose que las mayores abundancias (> 3000 larvas) se presentaron en aguas con temperaturas comprendidas entre 15,111°C y 16,116°C. Con respecto a la salinidad, las larvas de anchoveta se encontraron en aguas cuyo rango de salinidad fue igual a 34,447 – 35,170 ups, donde las mayores densidades se detectaron en aguas con salinidades comprendidas entre 34,806 y 34,944 ups (**Figs 90 y 91**).

En invierno de 2001, las larvas de esta especie se presentaron en temperaturas comprendidas entre 13,920 y 17,740°C, observándose las más altas abundancias (> 4000 larvas) en temperaturas que fluctuaron entre 15,134°C y 17,082°C. En cuanto a la salinidad superficial ésta fluctuó entre 34,615 y 35,055 ups, apreciándose las mayores abundancias en aguas con salinidades comprendidas entre 34,671 y 34,876 ups.

En primavera de 2001, se aprecia que las larvas de anchoveta se distribuyeron en aguas cuyos rangos de temperatura superficial fluctuaron entre 15,885°C y 21,893°C, observándose que las mayores abundancias (> 3000 larvas) se presentaron en aguas con temperaturas comprendidas entre 17,601°C y 19,709°C. Con respecto a la salinidad, las larvas de anchoveta se encontraron en aguas cuyo rango de salinidad fue igual a 34,580 – 35,170 ups, donde las mayores densidades se detectaron en aguas con salinidades comprendidas entre 34,623 y 34,770 ups (**Figs 90 y 91**).

Finalmente en verano de 2002, se aprecia que las larvas de anchoveta se presentaron en temperaturas comprendidas entre 15,720 y 22,632°C, observándose las más altas abundancias (> 3500 larvas) en temperaturas que fluctuaron entre 15,720°C y 22,082°C. En cuanto a la salinidad superficial ésta fluctuó entre 34,304 y 34,962 ups, apreciándose las mayores abundancias en aguas con salinidades comprendidas entre 34,304 y 34,841 ups.



C. 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.

6. CALIBRACION ELECTROACÚSTICA

6.1 Calibración electroacústica

Los resultados de la calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 presentan variaciones inferiores a $\pm 0,2$ dB, confirmando la estabilidad histórica del equipo (**Tabla 28**).

6.2 Distribución espacial de los recursos

6.2.1 Total de especies

Durante los tres cruceros realizados en el año 2001 (MOBIO 0105, MOBIO 0109; MOBIO 0112) y en el verano de 2002 (MOBIO 0202), la anchoveta fue la especie más frecuente y abundante, representando entre el 25% y el 69,8% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en otoño (MOBIO 0105) con 69,8% y verano (MOBIO 0202) con 60,4% y la menor en invierno (MOBIO 0109), con un 25%, mientras que en la primavera (MOBIO 0112) representó el 44,1% de las lecturas acústicas totales; el jurel representó entre el 11,2% y el 28,5% de las lecturas acústicas totales de cada crucero, siendo los mayores en otoño (MOBIO 0105) y verano (MOBIO 0202) con el 28,5% y el 22,5% del total, respectivamente, mientras que los menores se presentaron en invierno (MOBIO 0109) y primavera (MOBIO 0112) con el 11,2 y el 18,3% de los totales.; la caballa tuvo una presencia esporádica en los cuatro cruceros, siendo más frecuente en el verano (MOBIO 0202) con el 10,1 % del total de las lecturas acústicas, mientras que en los otros cruceros no superó el 5,5 % (**Figs. 92 a 95**).



Las otras especies detectadas en los cruceros del período analizado fueron el pez linterna, que en el otoño (MOBIO 0105), se detectó en bajas densidades en sectores oceánicos al oeste de las 80 mn de punta Argolla ($18^{\circ}50'S$) y de punta Gualaguala ($22^{\circ}45'S$) (**Figs. 92 a 96**); en la primavera (MOBIO 0112) y verano (MOBIO 0202), estos peces representaron el 32,3% y el 7,0% de las lecturas acústicas de cada crucero. La caballa se presentó en el otoño (MOBIO 0105) en forma esporádica y en el verano (MOBIO 0202) en que tuvo una amplia cobertura.

El langostino (*pleuroncodes sp.*) se registró en el invierno (MOBIO 0109) concentrándose entre las 2 y 7 mn al oeste de punta Pichalo ($19^{\circ}40'S$) y en las cercanías de la costa al sur de caleta Buena ($19^{\circ}55'S$). En el verano (MOBIO 0202) también se detectó la presencia de langostino, aunque en menores densidades y en sectores más restringidos que en anteriores cruceros (crucero Mobio 0109), localizado fundamentalmente en áreas costeras cercanas a caleta Camarones ($19^{\circ} 10'S$). Además, registros visuales nocturnos permitieron establecer la presencia de calamar en la franja entre las 40 y 100 mn desde Arica hasta punta Lobos ($21^{\circ} 00'S$), apreciándose un aumento relativo en esta especie en la zona de estudio, respecto a los cruceros MOBIO 0112 y 0109.

6.2.2 Anchoqueta

El patrón típico de distribución espacial de la anchoqueta en el periodo 96-99 (Braun *et al*, 1998; 1999) señala una estacionalidad, con el aumento de las concentraciones del recurso en áreas costeras hacia los periodos primaverales y estivales, llegando hasta 10 mn de la costa y una distribución más oceánica en el invierno y otoño.

En los cuatro cruceros analizados en el presente caso, se presenta una tendencia similar al patrón típico, apreciándose una reducción relativa en los límites occidentales de la distribución en otoño e invierno, respecto a la situación típica, en que con la excepción de la agregación detectada en el otoño entre las 73 y 80 de la costa a la cuadra de Arica, las mayores densidades de anchoqueta tuvieron una distribución asociada a las primeras 15 mn de la costa (**Figs. 97 a 100**).



Específicamente, en el otoño (MOBIO 0105) (**Fig. 97**), la anchoveta se distribuyó entre la costa y las 28 mn, con la excepción del registro detectado entre las 73 y 80 mn al oeste de Arica. En general las mayores agregaciones se presentaron en una franja latitudinal que no superó las 11 mn de la costa, con una leve proyección hasta las 28 mn a la cuadra de punta Pichalo ($19^{\circ} 35'S$). En este crucero los sectores que se destacaron por las agregaciones de alta densidad de anchoveta se ubicaron en las primeras 6 mn al oeste de Arica; entre las 10 y 28 mn al oeste de punta Pichalo ($19^{\circ} 35'S$); a 4 mn de la costa del paralelo $20^{\circ} S$ y entre la costa y las 11 mn de caleta Paquica ($21^{\circ} 55'S$); otros sectores de menor densidad se ubicaron a 8 mn de punta Angamos ($23^{\circ} 00'S$) y a 10 mn de Antofagasta.

En el invierno (MOBIO 0109) esta especie se localizó preferentemente entre la costa y las 15 mn en prácticamente toda la zona de estudio, con la excepción de los sectores ubicados entre punta Argolla ($18^{\circ} 40'S$) y caleta Buena ($19^{\circ} 50'S$) en que estuvo ausente y a las 60 mn de punta Lobos en que se presentó un foco de mayor densidad (**Fig. 98**). Los sectores que se destacaron por las agregaciones de alta densidad de anchoveta en ese periodo, se ubicaron en las primeras 15 mn al oeste de Arica; a 15 mn al oeste de caleta Chipana ($21^{\circ} 20'S$) y a 45 mn al oeste de punta de Lobos ($21^{\circ} 00'S$), otros sectores de menor densidad se ubicaron en las cercanías de Mejillones .

Durante la primavera (MOBIO 0112) esta especie presentó un patrón de distribución esencialmente costero localizándose preferentemente entre la costa y las 10 mn en prácticamente toda la zona de estudio, con la excepción del sector ubicado entre punta Grande ($22^{\circ} 28'S$) y caleta Hornos ($22^{\circ} 48'S$) en que no se detectó (**Fig. 99**). Los sectores que se destacaron por las agregaciones de alta densidad de anchoveta se ubicaron en las primeras 7 mn al oeste de Arica; entre punta Pichalo ($19^{\circ} 36'S$) a caleta Chica ($20^{\circ} 05'S$) y en las cercanías de Mejillones.

En el verano (MOBIO 0202) la anchoveta fue la especie más abundante durante la prospección acústica, el mapa de distribución indica que se localizó preferentemente en una franja localizada en las primeras 12 mn de la costa, con la excepción de los sectores ubicados a 52 mn al oeste de punta Barranco ($20^{\circ} 35'S$) y a 20 mn al oeste de Antofagasta (**Fig. 100**). El patrón de distribución se caracteriza por el dominio de las bajas



densidades en prácticamente la totalidad de la franja señalada, con focos aislados de alta concentración, destacándose los sectores ubicados en las cercanías de caleta Camarones ($19^{\circ} 10'S$), sur de punta Pichalo ($19^{\circ} 35'S$); Iquique; entre las 6 y 10 mn al oeste de punta Lobos ($21^{\circ} 00'S$); punta Grande ($22^{\circ} 25'S$) y a la cuadra de Antofagasta.

En el sentido vertical en los cuatro cruceros considerados, la anchoveta se localizó entre los 3 y 30 m de profundidad tendiendo a ubicarse en un estrato más somero ubicado hasta los 20 m en primavera (MOBIO 0112) y verano (MOBIO 0202), en todos los casos las modas de la distribución batimétrica estuvo en 10 m, con más del 40 % de los registros (**Fig. 101**).

Las isotermas que limitaron esta distribución vertical variaron entre $13^{\circ}C$ y $20^{\circ}C$ en otoño (MOBIO 0105) y primavera (MOBIO 0112), límite que aumentó hasta los $21^{\circ} C$ en verano (MOBIO 0202) y sólo alcanzó a $<19^{\circ} C$ en invierno (MOBIO 0109). Las modas de las isotermas estuvieron en $16^{\circ} C$ en otoño (MOBIO 0105) y verano (0202) y en $14^{\circ} C$ en invierno (MOBIO 0109) y primavera (MOBIO 0112) (**Fig. 102**).

El límite superior de los rangos de salinidad en que se ubicó la anchoveta fue entre 34,8 y 34,9 psu en los periodos de invierno (MOBIO 0109); primavera (MOBIO 0112) y verano (0202), mientras que el límite inferior estuvo en 34,3 en la primavera (MOBIO 0112) y 34,5 psu en invierno (MOBIO 0109) y verano (MOBIO 0202). El otoño (MOBIO 0105) constituye una excepción a los estrechos rangos de la salinidad detectados en todos los otros cruceros, con una variación entre 34,1 y 35,0 psu (**Fig. 103**). Las mayores frecuencias de anchoveta estuvieron en salinidades de 34,6 psu para todos los cruceros, con la excepción del otoño (MOBIO 0105) en que se presentó en 34,5 psu.

6.2.3 Jurel

En términos generales, desde 1996 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 que las mayores agregaciones se han presentado en sectores más oceánicos (> 50 mn). En el periodo analizado en el presente caso (otoño, invierno y primavera del 2001 y verano del 2002), el jurel obedece a este



patrón general, distribuyéndose en forma dispersa en el invierno, primavera y verano, aumentando su densidad en el otoño al sur de Tocopilla.

Específicamente en el otoño (MOBIO 0105), esta especie se localizó desde Pisagua al límite sur de la zona de estudio y entre la costa hasta las 100 mn, siendo más frecuente y más densa en la franja ubicada en las primeras 45 mn de la costa con una proyección más oceánica pero de baja densidad hasta las 100 mn al oeste de punta Lobos ($21^{\circ} 00'S$). Las mayores densidades de jurel se registraron en el límite sur del área de estudio, sugiriendo una proyección por fuera del límite sur de la zona prospectada. Los sectores destacables por las densidades relativamente mayores se ubicaron entre las 38 y 43 mn al oeste de punta Lobos ($21^{\circ} 00'S$); a 10 mn de punta Tames ($22^{\circ} 40'S$) y; entre 16 y 45 mn al oeste de Antofagasta (**Fig. 97**).

En el invierno (MOBIO 0109), el jurel se localizó preferentemente desde punta de Lobos al límite sur de la zona de estudio ($24^{\circ} 20'S$) y entre la costa y las 90 mn, registrándose en forma continua en bajas densidades con focos puntuales de densidades relativamente mayores. Las concentraciones relativamente mayores se registraron entre las 25 y 30 mn al oeste de punta Grande ($22^{\circ} 20'S$) y entre las 44 y 56 mn de la costa en el paralelo $24^{\circ}20'S$ (**Fig. 98**).

En la primavera (MOBIO 0112) esta especie se localizó preferentemente desde punta de Lobos al límite sur de la zona de estudio ($24^{\circ} 20'S$) y entre la costa y las 100 mn, con la presencia aislada a 100 mn al oeste de Arica, su distribución se caracterizó por sectores de baja densidad con focos de concentración relativamente mayores en las primeras 25 mn de la costa. El mapa de distribución de esta especie sugiere una proyección hacia el sur del límite de la zona de estudio, situación similar a la registrada en el crucero MOBIO 0105. Las densidades relativamente mayores de jurel se registraron entre las 5 y 25 mn entre caleta Chipana y norte de punta Arenas; desde Tocopilla a punta Grande ($22^{\circ} 20'S$) y en las cercanías de Antofagasta (**Fig. 99**).

En febrero del año 2002 (MOBIO 0202), el jurel se ubicó preferentemente desde Pisagua al límite sur de la zona de estudio y entre la costa y las 70 mn, con la excepción de las agregaciones de baja densidad registradas en las cercanías de punta Argolla ($18^{\circ} 50'S$) y



a 90 mn al oeste de Antofagasta, siendo más frecuente entre Iquique y caleta Gatico ($22^{\circ} 30'S$) y desde Mejillones a Antofagasta, las mayores densidades se presentaron en focos entre las 6 y 12 mn desde punta de Lobos ($21^{\circ} 00'S$) hasta punta Grande ($22^{\circ} 20'S$) y a 30 mn al oeste de Antofagasta (**Fig. 100**).

En el sentido vertical en los cruceros analizados el jurel se detectó entre los 3 y 50 m de profundidad, con la excepción del invierno en que el límite superior llegó hasta los 90 m (**Fig. 101**), registrándose con mayor frecuencia en el estrato entre los 10 y 30 m. Las isotermas límites de esta distribución vertical han variado entre $12^{\circ}C$ y $21^{\circ}C$ alcanzando ocasionalmente los $23^{\circ}C$ en el verano (MOBIO 0202) y restringiéndose entre $12^{\circ}C$ y $>17^{\circ}C$ en el invierno (MOBIO 0109) (**Fig. 102**). Las salinidades límites han variado entre 34,2 psu y 34,8 psu con algunos registros aislados en 35 psu en el invierno (MOBIO 0109). El rango más amplio en la salinidad, se presentó en el otoño (MOBIO 0105) variando entre 33,9 y 35 psu. Las mayores frecuencias de los registros acústicos se presentan entre 34,4 y 34,8 psu (**Fig. 103**).

6.2.4 Caballa

Esta especie se detectó solamente en el otoño y verano. En el otoño (MOBIO 0105) la caballa estuvo en forma esporádica, con tan solo tres registros en toda la prospección. Mientras que en el verano (MOBIO 0202) esta especie se presentó en prácticamente toda la zona de estudio, con un patrón de distribución similar a una cuña, cuya base se ubicó hasta las 95 mn frente a Arica, y el vértice a 15 mn de caleta Gatico ($22^{\circ} 30'S$), con una proyección aislada en las cercanías de Antofagasta. Las densidades de esta distribución fueron predominantemente bajas con 3 focos aislados de densidad relativamente mayores, ubicados a 93 mn al oeste de Arica; 30 mn de punta Gruesa ($20^{\circ} 20'S$) y a 10 mn de caleta Chipana ($21^{\circ} 20'S$) (**Fig. 96**).

En el sentido batimétrico la caballa se registró en los primeros 40 m de profundidad, con una marcada preferencia por el estrato de los 10 m, donde se presentó el 53% de los registros. Las isotermas que limitaron esta distribución variaron entre 13 y $24^{\circ}C$, con modas principales entre 15 y $16^{\circ}C$. Las isolíneas variaron entre 34,4 y 35,0 psu, ubicándose preferentemente en 34,7 con cerca del 60% de los ecoregistros.



6.2.5 Pez linterna

Esta especie se caracteriza por una distribución altamente gregaria, localizándose preferentemente en sectores hacia el oeste de las 50 mn de la costa y desde punta de Lobos al norte, habiéndose detectado en invierno, primavera y verano.

Otra característica de esta especie, se relaciona con las notables migraciones nictimerales, por cuanto en el día se ubica en profundidades mayores a 100 m y en altas densidades, desplazándose hacia la superficie al crepúsculo, dispersándose en estratos cercanos a la superficie.

Es así como en el invierno (MOBIO 0109) esta especie fue la más abundante en la prospección acústica, localizándose preferentemente en sectores oceánicos entre las 70 y 180 mn hacia el norte de punta de Lobos hasta Arica (**Fig. 93**). El mapa de distribución de la especie sugiere una amplia zona entre Arica y sur de punta de Lobos y una proyección hacia el oeste de las 100 mn, llegando hasta las 180 mn de la costa, lo que supera el límite de la prospección en el extremo norte de la zona de estudio.

Una situación semejante se presentó en el verano (MOBIO 0112) (**Fig. 94**), dado que esta especie también fue la más abundante en la prospección acústica, localizándose preferentemente en sectores oceánicos entre las 40 mn y el límite occidental de la prospección (100 mn), con la sola excepción del sector ubicado a 10 mn al oeste de Pisagua, tendiendo en esta oportunidad a ubicarse algo más al sur que en MOBIO 0109.

En el verano (MOBIO 0202) el pez linterna tuvo una presencia esencialmente oceánica, ubicándose entre las 45 y 100 mn de la costa, distribuyéndose en focos de densidad baja y media, las mayores concentraciones se presentaron entre las 55 y 80 mn al oeste de punta Grande (22° 20'S) (**Fig. 96**).

Verticalmente, esta especie presenta una amplia distribución, variando entre 10 y 270 m, con límites superiores variables entre cruceros desde 100 m en el invierno (MOBIO 0109); 270 m en primavera (MOBIO 0112) y 150 m en verano (MOBIO 0202). Las mayores



frecuencias también son variables entre cruceros, con el 75% de los registros entre los 10 y 30 m en el invierno; 38% de los registros entre los 10 y 60 m en la primavera y verano.

Las temperaturas que limitaron la distribución vertical de esta especie, variaron entre 12° y 17°C en el invierno, donde se presentó con mayor frecuencia en los 16° C y entre 12 y 20°C en verano en que se registró una moda principal en 12° C.

6.3 Distribución batimétrica estacional de anchoveta y jurel respecto a las variables hidrográficas. Periodo 1996-2002.

6.3.1 Batimetría

Las profundidades medias en las que se ha distribuido la anchoveta en el periodo 1996-2002, exceptuando el periodo 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. 104**).

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 fueron 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 15,0 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 117,0 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 periodos normales tiende a ubicarse en profundidades medias levemente superiores en otoño siendo entre 15,2 y 24,1 m en verano (**Fig. 104**), 21,3 y 58,5 en otoño, 15,0 y 32,9 m en invierno y 14,2 y 36,0 m en primavera. Sin embargo, los límites superiores del rango son mayores en primavera, variando entre 6,5 y 59,5 m en verano, 5,0 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.

6.3.2 Temperatura

Las temperaturas promedio de anchoveta, en periodos normales, presentan una leve estacionalidad, siendo menores en invierno, variando entre 14,7 y 15,2 (**Fig. 105**) con rangos entre 13,3 y 18,2° C mientras que en verano las medias fueron entre 15,4 y 19,2° C con rangos entre 12,9 y 24,1° C; otoño con medias entre 15,3 y 18,3° C con rangos entre 12,8 y 20,7° C; y en primavera con medias entre 14,8 y 17,1° C con rangos entre 12,8 y 21,6° 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 del 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. 105**), 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.

6.3.3 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. 106**). Los rangos son levemente más estrechos en el invierno, que con las excepciones ya indicadas, se ubican entre 34,3 y 35,2 psu, mientras que en los periodos excepcionales los rangos estuvieron entre 34,6 y 35,6 psu, siendo mayores en el otoño e invierno de 1998.

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. 106**). 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).

6.4 Índices de cobertura y densidad

Entre 1996-2002, los índices de cobertura (IC) de anchoveta presentan tres periodos: entre los inviernos de 1996 y 1997 que se caracterizó por su relativa estabilidad en sus valores variando entre 11,0 y 18,1%; un periodo 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. 107**).

En los cuatro cruceros analizados en el presente caso (MOBIO 0105, 0109, 0112, y 0202) el índice de cobertura (IC) de anchoveta, varió entre 4,0 y 11,5%, siendo mayor en la primavera (MOBIO 0112) y el verano (MOBIO 0202) y el menor en invierno (MOBIO 0109).

Los índices de densidad (ID) de anchoveta también presentan tres periodos, entre el invierno de 1996 hasta la primavera de 1998, con valores que fluctuaron entre 105,7 y 191,2 t/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 invierno del 2000 (MOBIO 0009) se registraron los valores más altos en los ID variando entre 415,5 t/mn² y 604,3 t/mn². Entre la primavera del 2000 (MOBIO 0012) y el verano del 2002 (MOBIO 0202) volvió a decaer el ID variando entre 179,3 y 192,0 t/mn² con un mínimo en la primavera del 2000 con 66,7 t/mn² y un máximo en el otoño del 2001 (MOBIO 0105) con 662,6 t/mn². En los cuatro cruceros considerados en el presente caso, los ID de anchoveta variaron entre 179,3 y 662,6 t/mn², siendo mayores en otoño (MOBIO 0105) y los menores en verano (MOBIO 0202) (**Fig. 107**).

Los IC de jurel en el periodo 1996-2002 presentan dos etapas (**Fig. 107**), 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 9,4%

En el presente caso, los IC del jurel de los cuatro cruceros analizados variaron entre 5,1 y 9,4 %, siendo mayor en verano (MOBIO 0202) y otoño (MOBIO 0105) (6,7%).



El ID de jurel en el periodo analizado, presenta tres 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 y finalmente la tercera etapa se presentó a partir del invierno del 2000 con ID que han fluctuado entre 80,2 y 195,4 t/mn².

En el presenta caso, los ID de jurel han variado entre 67,1 t/mn² en el invierno del 2001 (MOBIO 0109) y 195, 4 t/mn² en el otoño del 2001 (MOBIO 0105).

Estacionalmente los espectros de las señales de los IC e ID (**Fig. 107**) 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 el comportamiento altamente gregario que presentan estos recursos.

D. Objetivo específico N° 2.4

Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual con observaciones realizadas en a lo menos 3 estaciones costeras profundidad (30>z>200m) localizadas dentro de la zona de estudio, donde se registrarán a lo menos las variables señaladas en los puntos 2.1 y 2.2.

7. ESTACIONES COSTERAS DE VIGILANCIA

7.1 Temperatura, salinidad y concentración de oxígeno disuelto en estaciones costeras de monitoreo.

La distribución temporal vertical de las variables temperatura, salinidad, oxígeno, en las estaciones de monitoreo mensual de Arica, Iquique y Mejillones para el período mayo 1997 a mayo 2002 se entrega en las **figuras 108, 109 y 110**. El análisis de la información



de las estaciones costeras se entrega en dos partes: 1) el período mayo 1997 a mayo 2001 y 2) período abril 2001 a mayo 2002, correspondiente a este proyecto.

7.1.1 Período mayo 1997 a mayo 2001

Las estaciones ubicadas frente a Arica, Iquique y Mejillones, presenta una gran variación en profundidad de las isotermas (**Fig. 108**) y por lo tanto en los valores de temperatura en la columna de agua. Estas profundizaciones son originadas por ondas atrapadas en la costa, generadas en la zona ecuatorial, y que se desplazan hacia los polos. La primera profundización se observa a partir de mayo de 1997 en Arica e Iquique y en Julio 97 en Antofagasta. La segunda y de magnitud muy superior, fue registrada entre diciembre de 1997 y enero de 1998 en los tres lugares. Entre septiembre y octubre de 1997 se aprecia un relajamiento del sistema, donde las isotermas tienden a ubicarse a las profundidades normales. Los máximos valores se presentan en enero y febrero en Arica y en el mes de enero en Iquique y Antofagasta. A partir de marzo de 1998, el sistema comienza a disminuir rápidamente la temperatura, alcanzando en agosto de 1998 valores menores de 14°C en casi toda de la columna de agua. En los meses posteriores aumenta la temperatura superficial por efecto del calentamiento estacional el que alcanzaría su máximo en enero y febrero de 1999, decayendo lentamente hasta alcanzar valores menores de 17 en mayo. A fines de 1998 y principios de 1999, se encuentran aguas de menor temperatura bajo los 30 m de profundidad, producto de la intensificación de la surgencia. En marzo y mayo de 1999 se observa un levantamiento de las isotermas y en abril un pequeño hundimiento, el que es más significativo frente a Iquique. Estas variaciones podrían estar asociadas a ondas atrapadas a la costa o a variaciones en la intensidad de la surgencia. A partir de septiembre se inicia el ascenso de la isoterma de 13°C, alcanzando en diciembre hasta casi 30 m de profundidad, este ascenso es similar al observado en igual período año 1998 y estaría asociado a la intensificación estacional del viento y por lo tanto de la surgencia. A partir de enero del 2000, se observa un nuevo descenso de las isotermas, apareciendo en febrero un máximo superficial de más de 19°C en los primeros 10 m de profundidad en Arica y Mejillones. Iquique muestra un descenso similar pero alcanza en superficie a 17°C. Desde febrero a mayo del 2000, se observa un notorio ascenso de las isotermas mayores a 14°C en las tres localidades, lo que estaría siendo provocado principalmente por eventos de surgencia y por el enfriamiento



estacional. En Arica, desde mayo a septiembre, la temperatura se mantiene entre $<13^{\circ}$ y $>15^{\circ}\text{C}$ con una distribución similar en la columna de agua, mientras que en Iquique ésta aumenta con un máximo relativo en julio y, por el contrario, la localidad de Mejillones disminuye sus valores en la columna de agua originando las mínimas temperaturas del año en el mes de julio. En octubre y noviembre, se presentó una disminución de la temperatura bajo los 30 m, indicado por la aparición de la isoterma de 13°C , pero comienza también el descenso de las isotermas de 14° y 15°C , presentándose isotermas de valores mayores en superficie, no obstante en Iquique y Mejillones se mantienen los valores menores a 13°C , bajo los 40 y 20 m, respectivamente. Las condiciones de temperatura de diciembre del año 2000 son similares a las del mismo mes de 1999, considerado como normal. Durante el trimestre diciembre 2000 a marzo 2001, se presentó el calentamiento estacional de verano dentro de los rangos habituales para esta variable, similares a los presentados al mismo trimestre del año 2000, pero con relación a 1999 presentaron una profundización menor en 10 m en la termoclina de Arica e Iquique. En los gráficos se observa que el calentamiento estacional está restringido principalmente a la capa superficial de los primeros 10 a 20 metros, capa donde se concentra la presencia de isotermas de los valores mayores y ocurre principalmente hacia el mes de febrero. La localidad de Iquique presentó las menores temperaturas superficiales del trimestre, mientras que las otras dos presentaron el máximo superficial que alcanzó los 20°C . La temperatura máxima de Arica puede, no obstante, ser efecto de las aguas de lluvias entregadas por el río Lluta. Las tres localidades presentaron un levantamiento de la isoterma de 15°C (base de la termoclina) hacia fines de febrero no obstante, se encuentran los máximos valores del trimestre en superficie. La menor profundidad de la termoclina concuerda con el levantamiento general de la termoclina observado en toda la zona norte de Chile durante el crucero febrero-marzo y comentado en este Informe. La profundización de la termoclina es mayor en la localidad de Arica, seguida de Mejillones. A este respecto, la mayor profundidad de la isoterma de 15°C se registró en enero mientras que en Iquique esta fue en el mes de diciembre. Durante febrero Arica presentó un calentamiento estacional superficial que alcanzó los 19°C y también un enfriamiento subsuperficial. La primera situación es observada por la presencia de isotermas que crean un fuerte gradiente vertical mientras que el segundo lo es por el levantamiento de las isotermas de 13 a 15°C , llegando esta última isoterma a localizarse en los 10 m de profundidad. El mes de marzo continuó con valores subsuperficiales similares a los



encontrados en febrero pero en superficie, incluso con la localización de la isoterma de 15°C en los 5 m, pero no se aprecian ya los gradientes térmicos superficiales, quedando una temperatura de 16°C en el nivel de cero metro. Para esta misma localidad y a partir de abril se experimenta un calentamiento tanto superficial como subsuperficial, mostrado por el brusco hundimiento de las isotermas y la aparición en superficie de la isoterma de 17°C. Esta situación puede deberse a una disminución de intensidad de los procesos de surgencia en la zona. A este respecto, información superficial del crucero de mayo de 2001 indica una disminución de la surgencia en el sector de Arica, mientras se mantienen estos procesos en las localidades más al sur como Iquique y Mejillones. Iquique y Mejillones por su parte presentaron un esquema similar al indicado para Arica, sin embargo, los cambios de posición en la vertical de las isotermas, y con ello, de los valores de temperatura en la columna de agua que son notoriamente menores. Estas dos localidades también presentan una profundización de las isotermas, a partir de abril pero ésta se ve interrumpida probablemente por una activación de los procesos de surgencia en estas localidades, que mantienen a las isotermas a un mismo nivel de profundidad, como el caso de Mejillones o la ascienden hasta alcanzar la superficie como ocurre en Iquique. Una situación similar, levantamiento y hundimiento de las isotermas, se aprecia durante el otoño de 1999, año considerado como normal, sin embargo no se aprecia esta situación en el mes de mayo 2000, pero si está presente durante el período febrero-marzo anterior.

La salinidad (**Fig. 109**) presenta una tendencia general similar a la descrita para la temperatura, con un máximo en julio de 1997 y otro en enero de 1998. El máximo de enero es subsuperficial y alcanza valores mayores de 35,6, estos altos valores corresponden a aguas de origen Subtropical oceánico. En marzo de 1998, la salinidad comienza a disminuir notoriamente, encontrándose de mayo a agosto valores menores de 34,9 psu, característicos del agua Ecuatorial Subsuperficial y que alcanzan la superficie producto de la surgencia. De agosto a mayo 1999 los valores disminuyen ligeramente, lo que estaría indicando una mayor participación del agua Subantártica en la surgencia, con excepción de un evento observado en enero de 1999 frente a Iquique y otro en marzo de 1999. Durante el período septiembre a diciembre de 1999 los valores en Arica e Iquique son característicos del agua Ecuatorial Subsuperficial y en Mejillones de Agua Subantártica. De diciembre de 1999 a mayo del 2000 el agua que participa en la surgencia



costera es principalmente Agua Subantártica lo que es ratificado por los valores de oxígeno que se encuentran en este periodo. De junio a septiembre la salinidad en Arica aumentó bajo los 20 m, mientras que en Mejillones se presentaron algunas bajas salinidades que pueden ser originadas por debilitamientos de la surgencia y una mayor presencia, con esto, de agua de origen subantártico, lo que es indicado también por los valores altos de oxígeno en los primeros 25 m para esa localidad. Sin embargo, en el mes de septiembre se observó un aumento de la salinidad y una disminución del oxígeno en Mejillones producto de la surgencia normal de la zona. En octubre, se observó en las tres localidades un aumento general de la salinidad en toda la columna con valores cercanos a 34,9 psu y que, dado los valores de oxígeno encontrados, esto es altos en superficie y menores a 1 mL/L bajo los 10 m de profundidad, indican presencia de AST en superficie y AESS bajo los 10 m. En diciembre la salinidad vuelve a disminuir, indicando la presencia de agua de mezcla de AST y ASAA en superficie y AESS bajo los 30 m con relación a la salinidad, la localidad de Arica presentó durante febrero bajos valores en superficie (34,1 psu) debido al aporte de agua lluvias desde el continente entregadas por el río Lluta. Esto corresponde a un evento esporádico y que no había ocurrido y registrado en los muestreos realizados. En general, durante este trimestre Arica e Iquique mostraron las mayores salinidades de la columna de agua hasta los 50 metros, mientras que Mejillones presentó las menores, diferencia salina que es normal debido a la mayor presencia de agua subantártica en esta última localidad, lo que es confirmado por las mayores concentraciones relativas de oxígeno que se presentan en ella. En comparación al mismo trimestre de 1999 la salinidad de la columna de agua de Arica e Iquique es levemente superior, mientras que Mejillones es levemente inferior, principalmente en los primeros 10 m. En comparación al trimestre del año 2000, esta variable tiene valores similares en Iquique y Arica pero menores en 0,1 a 0,2 psu en Mejillones. La salinidad para la localidad de Arica indica que la columna de agua durante el período febrero se presentó con valores relativamente altos que alcanzaron los 35,0 psu a un nivel de 25 m de profundidad. El mes siguiente, marzo, se presentó particularmente con bajas salinidades (<34,5 psu), que se ubicaron desde los 20 m de profundidad hasta el límite máximo de muestreo (50 m). Este mínimo de salinidad había sido registrado en períodos similares en años pasados. En mayo, esta localidad se presentó con valores levemente superiores (>34,8 psu), a los encontrados en mayo de 1999 y 2000. En las localidades de Iquique y Mejillones los valores de salinidad medidos en el trimestre marzo-mayo son



similares a los encontrados en igual período de los años 1999 y 2000. Se destaca sin embargo un valor de salinidad $<34,5$ psu, medido en Mejillones durante el mes de enero, valor que no había sido medido en un período similar.

En la variable oxígeno disuelto (**Fig. 110**), entre diciembre 1997 y enero 1998, se presenta una distribución un tanto similar a la observada en temperatura y salinidad, es decir se produce una profundización de las isolíneas producto de la presencia de agua subtropical de alto contenido de oxígeno, alta temperatura y salinidad, producto del paso de una onda atrapada a la costa. En el resto del período, los bajos valores dependen principalmente de la intensidad de la surgencia local, es decir, si el viento es persistente en un sector, se genera un ascenso hasta los primeros metros de profundidad de aguas Ecuatoriales Subsuperficiales de bajo contenido de oxígeno (< 2 mL/L) y de salinidad entre 34,8 y 34,9 psu o de Aguas Subantárticas de alto contenido de oxígeno (>3 mL/L) y salinidades levemente menores que las ecuatoriales ($< 34,8$ psu). A partir de octubre de 1999, en Arica e Iquique se observa el ascenso de los mínimos valores y estarían asociados a la intensificación estacional del viento y por lo tanto de la surgencia, en Mejillones en cambio, esto aparece como un hundimiento de las isolíneas, lo que es consistente con lo observado en la salinidad. En el último período de diciembre de 1999 a mayo del 2000, se observa un descenso de las isolíneas, principalmente en Iquique y Mejillones, lo que indica un aumento del contenido de oxígeno en la capa superficial de los primeros 50 metros y la presencia de agua de origen subantártico. De junio a septiembre la columna de agua se presentó bien oxigenada en los primeros 15 metros (> 2 mL/L). Se destaca un aumento del contenido de oxígeno durante mayo en la estación de Iquique, donde se presentaron valores mayores a 2 mL/L en los primeros 50 m y en menor grado en Mejillones, volviéndose a valores normales el mes siguiente. Esta situación estuvo asociada a una disminución de la salinidad en ese período. En Mejillones, para el muestreo de septiembre, se presentó una columna de agua con bajo contenido de oxígeno, registrándose valores menores a 1 mL/L bajo los 10 m de profundidad. Esta situación estuvo asociada a un aumento de la salinidad, lo que indicaría que es producto de la surgencia en esa área. Como se indicó en los análisis de temperatura y salinidad anteriores, la columna de agua en octubre se caracterizó por un bajo contenido de oxígeno, a un nivel de profundidad mayor a los 10 m, producto del incremento en la presencia de AESS por procesos de surgencia costera, mientras que



desde noviembre a diciembre, los valores de oxígeno aumentan entre la superficie y los 20 m, indicando relajamiento en la surgencia costera y mayor participación de ASAA, dado los bajos valores de salinidad en estos dos meses.

Durante el primer trimestre del año 2001, las tensiones de OD se mantuvieron con la estratificación característica para la estación realizada en Arica e Iquique, con tensiones de OD de 4 a 5 mL/L, entre la superficie y los 10 m, para tornarse hipóxicas bajos los 10 m de profundidad, situación que ha sido una constante durante prácticamente todo el año 2000. No obstante esto, se observó una sola desviación durante el mes de mayo del año 2000 en la que un pulso de agua de concentración de oxígeno mayor de 2 mL/L predominó en toda la columna, valor que está sobre los valores considerados normales, vale decir inferiores a 0,5 mL/L a profundidades mayores de 10 m, pero que no obstante siguen siendo hipóxicos.

En Mejillones es posible observar un fuerte pulso de masa de agua de OD igual o mayor a 2 mL/L entre la superficie y los 25 metros, indicando la presencia de una masa de agua diferente a la descrita para Arica e Iquique, la que modificó las características de la columna, encontrándose valores sobre 1 mL/L en prácticamente toda la columna. Posteriormente, entre febrero y marzo del 2001, las tensiones de OD disminuyeron formando un gradiente de consideración en el plano temporal, entre los meses antecedentes y precedentes, el que posteriormente se relajó llegando los valores mayores de 1 mL/L hasta la máxima profundidad de muestreo.

Respecto de la tendencia en la información globalizada, en el último trimestre se observó las típicas variaciones de OD en la columna y que consideradas normales para la zona con algunos pulsos esporádicos de OD relativamente altos. Esta situación de normalidad es apoyada además por la información oceanográfica asociada, ya que ésta indica que el ambiente no está siendo afectado por ningún evento climático importante y que además presentó niveles de concentración de biomasa fitoplanctónica que pueden ser considerados normales y típicos de sistemas costeros productivos, es decir mayores de 1 $\mu\text{g/L}$, durante prácticamente todo el año.



7.1.2 Período abril 2001 a mayo 2002

En el trimestre febrero – mayo del 2001, las características de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la columna de agua de las estaciones costeras de vigilancia es el que se describe a continuación:

Durante febrero 2001, Arica presentó un calentamiento estacional superficial que alcanzó los 19°C, y también un enfriamiento subsuperficial. La primera situación es observada por la presencia de isotermas que crean un fuerte gradiente vertical, mientras que el segundo lo es por el levantamiento de las isotermas de 13 a 15°C, llegando esta última isoterma a localizarse en los 10 m de profundidad. El mes de marzo 2001, continuó con valores subsuperficiales similares a los encontrados en febrero pero sólo en superficie, incluso con la localización de la isoterma de 15°C en los 5 m, pero no se aprecian ya los gradientes térmicos superficiales, quedando una temperatura de 16°C en el nivel de cero metro. Para esta misma localidad y a partir de abril se experimenta un calentamiento tanto superficial como subsuperficial, mostrado por el brusco hundimiento de las isotermas y la aparición en superficie de la isoterma de 17°C. Esta situación puede deberse a una disminución de intensidad de los procesos de surgencia en la zona. A este respecto, información superficial del crucero de mayo de 2001 indica una disminución de la surgencia en el sector de Arica, mientras se mantienen estos procesos en las localidades más al sur como Iquique y Mejillones. Estas dos últimas localidades, por su parte, presentaron un esquema similar al indicado para Arica, sin embargo los cambios de posición en la vertical de las isotermas y con ello de los valores de temperatura en la columna de agua, son notoriamente menores. Estas dos localidades también presentan una profundización de las isotermas a partir de abril pero esta se ve interrumpida probablemente por una activación de los procesos de surgencia en estas áreas, que mantienen a las isotermas en un mismo nivel de profundidad, como es el caso de Mejillones o la ascienden hasta alcanzar la superficie como ocurre en Iquique. Una situación similar, de levantamiento y hundimiento de las isotermas, se aprecia durante el otoño de 1999, año considerado como normal, sin embargo no se aprecia esta situación en el mes de mayo 2000, pero si está presente durante el período febrero –marzo anterior.



En este mismo trimestre la salinidad para la localidad de Arica indica que la columna de agua durante el período febrero del 2001 se presentó con valores relativamente altos que alcanzaron los 35,0 psu a un nivel de 25 m de profundidad. El mes siguiente, marzo, se presentó con salinidades particularmente bajas ($<34,5$ psu), que se ubicaron desde los 20 m de profundidad hasta el límite máximo de muestreo (50 m). Este mínimo de salinidad había sido registrado en períodos similares en años pasados. En mayo 2001, esta localidad se presentó con valores levemente superiores ($>34,8$ psu), a los encontrados en mayo de 1999 y 2000. En las localidades de Iquique y Mejillones, los valores de salinidad medidos en el trimestre marzo-mayo son similares a los encontrados en igual período de los años 1999 y 2000. Se destaca sin embargo, un valor de salinidad $<34,5$ psu, medido en Mejillones durante el mes de enero, valor que no había sido medido en un período similar. .

En Arica, Iquique y Mejillones, la distribución espacial de la concentración de oxígeno disuelto (OD) fue más profunda, encontrándose valores de OD cercanos a 3 mL/L a 25 m de profundidad, durante abril y mayo del 2001. Este hundimiento de las isolíneas de alta concentración de OD, también fue observado durante el año 2000, aunque la intensidad fue menor. Entre enero y marzo del 2001, fue posible detectar núcleos persistentes de alta concentración de OD y que estuvieron asociados a agregaciones de biomasa fitoplanctónica superiores a 1 $\mu\text{g/L}$. Al mismo tiempo el gradiente de OD, es decir entre 1 a 5 mL/L, se localizó entre los 5 y 10 metros, siendo especialmente intenso entre los meses de enero y febrero. Los gradientes de OD típicos de la zona, es decir de 5 a 1 mL/L, se localizaron entre los 10 y 25 m de profundidad en los meses de enero a abril del 2001, en las tres estaciones, con la presencia importante de agua del mínimo de oxígeno bajo los 10 metros.

Las tensiones y distribución espacio temporal del OD en la zona durante este trimestre estuvo dentro de los parámetros normales para el período descrito, con las mayores agregaciones de OD asociadas a las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica, y los gradientes de OD, que separa masa de agua óxicas e hipóxicas, en las cercanías de la superficie. Es típica la dominancia de sistemas subóxicos bajos los 25 metros de profundidad.



La mayor oxigenación de la columna en los últimos dos meses, estuvo asociada a la presencia de masa de agua de baja temperatura (i.e. $<16^{\circ}\text{C}$) (**Fig. 108**) y salinidad (i.e. $<34,6$ psu) (**Fig. 109**), características típicas de sistemas subantárticos, las que homogenizaron la columna de agua en sus características físicas, rompiendo los gradientes de OD cuasi constantes en la zona.

En el trimestre junio – septiembre del 2001 la temperatura en la columna de agua presenta en las estaciones fijas de Arica e Iquique un claro aumento de sus valores durante los meses de junio y julio, mientras que por el contrario, la temperatura tiende a disminuir en Mejillones. La situación descrita es mostrada por el hundimiento de las isotermas de 14° y 15°C en Arica e Iquique y por el levantamiento de éstas en Mejillones, evento que se repite en los mismos meses de los años anteriores. En forma particular en la estación costera de Arica se observa que existe una tendencia a que los aumentos de temperatura encontrados durante los meses de junio-julio sean menores hacia el año 2000 y 2001, años en que estos dos últimos períodos muestran valores similares, en comparación a los años anteriores. En cambio para la estación fija de Iquique, si bien existe la misma tendencia durante, el período del 2001 fue con una temperatura levemente mayor a la del año 2000.

En Mejillones se observa un comportamiento inverso de la temperatura en comparación a lo que ocurre en estaciones de Arica e Iquique, ya que para los meses de junio y julio de los años 1998 y 2001 se presenta una disminución de la temperatura en la columna de agua. No obstante lo anterior en los mismos meses de junio-julio del año 1997, con presencia del evento cálido El Niño 1997-1998, las temperaturas aumentaron notoriamente, con valores entre 20° y 17°C en los primeros 50 m, en las tres estaciones simultáneamente. El aumento de la temperatura durante los períodos de invierno en las estaciones costeras de Arica e Iquique respondería a una situación de disminución relativa de la surgencia costera en la zona norte de Chile debido a un debilitamiento estacional de los vientos (Fuenzalida, 1989). Por su parte la situación indicada para Mejillones sugiere que la surgencia costera no disminuye su intensidad en relación al período de verano, sino que e ésta sería mayor y/o se mantiene más estable y permanente durante el invierno en relación a lo que ocurre en las localidades ubicadas más al norte.



En Arica e Iquique se presenta durante el mes de septiembre 2001 una disminución de los valores de temperatura en la columna de agua, lo que indica el comienzo del período de surgencias más intensas que se desarrollarán desde primavera hasta otoño y con un máximo en verano. Lo indicado anteriormente, es coincidente con los valores de oxígeno en este mes, ya que esta variable mostró un aumento de los valores durante junio y julio y luego comienza una paulatina disminución hacia agosto y septiembre debido a la presencia de la masa de agua ecuatorial subsuperficial (AESS) asociada a la surgencia costera. En Mejillones, por el contrario, se observa durante septiembre la tendencia de un aumento de la temperatura y el oxígeno disuelto en la vertical, sugiriendo otra vez el comportamiento inverso, en lo que a surgencia y temperatura de la columna de agua se refiere, al comparar las tres estaciones fijas.

Las mediciones de salinidad obtenidas en las estaciones fijas de Arica e Iquique para el período junio – septiembre del 2001 indica también un aumento de los valores superficiales en la columna de agua durante el bimestre junio-julio del 2001, en comparación a los meses del trimestre febrero-mayo anterior. Lo antes mencionado sería producto de una mayor presencia de agua subtropical (AST) mezclada con agua subantártica (ASAA) en superficie, lo que es confirmado por los valores relativamente altos de oxígeno disuelto (> 4 mL/L en los primeros 10 m) y que descartan la participación de AESS como agua costera para este período. La estación costera de Mejillones, si bien también aumenta sus valores de salinidad, ésta lo hace de una forma menos intensa en comparación con las otras dos localidades. A este respecto y en relación con la intensidad de la surgencia que se desarrolla en Mejillones, se puede indicar que, si bien existe surgencia costera, el agua que participaría en ésta es de AESS mezclada con ASAA, que hace que las salinidades no aumenten en forma importante a nivel superficial pero si se ve disminuida la cantidad de oxígeno disuelto en la columna de agua, principalmente bajo los 10 m donde se encuentran valores menores a 3 mL/L, lo que es una baja concentración de este gas originado por agua de tipo AESS. En Mejillones durante el mes de septiembre se observa una disminución de la surgencia costera en relación a los meses de junio-julio, lo que es mostrado por una disminución de la salinidad, aumento de la temperatura y un aumento del oxígeno disuelto. Del análisis de la serie de tiempo para temperatura, salinidad de las tres estaciones fijas se puede especular que el sector de



Mejillones tiende a tener un comportamiento contrario a lo que ocurre en las estaciones ubicadas más al norte, es decir en el período de invierno este sector aumenta o mantiene la surgencia en relación a las otras dos localidades que la disminuyen.

Durante al año 2001, la distribución de oxígeno disuelto (OD) en términos temporales indica que durante los últimos meses la capa del mínimo de OD, es decir valores menores de 1 mL/L, se presentaron entre los 25 a 50 m de profundidad mientras que valores hipóxicos, es decir entre 2 a 3 mL/L, estuvieron presentes entre los 10 y 25 m, quedando solamente una capa de no más de 10 m con valores típicos de sistemas oxigenados. Esta situación había sido observada en igual periodo de 1999 y 2000, posterior al evento cálido 1997-98.

En los años 1997 y 1998 la profundidad de la zona oxigenada estuvo entre la superficie y hasta los 10 m y entre este nivel y los 25 m los valores de OD fueron siempre mayores de 4 mL/L, por lo que en esta época del año del 2001 es posible indicar una baja considerable en las tensiones de OD en comparación a lo que ocurre durante un evento cálido y durante la fase de normalización posterior a él.

En la estación de Iquique no es posible observar, entre los meses de junio y septiembre, entre los niveles 10 a 25 m la presencia de valores típicos del mínimo de OD (<1 mL/L) pero si se observan tensiones de OD característicos de masa de agua hipóxicas (2 a 3 mL/L). Esta tendencia puede ser observada, para los mismo meses desde los años 98 hasta el año en curso, excepto el año 2000, por lo que sería posible sugerir la presencia de una señal estacional característica para esta estación de vigilancia.

En la estación localizada en Mejillones es posible indicar que existió una mayor profundización de las isolíneas de 1 a 7 mL/L, superando incluso la de 1 mL/L los 50 m de profundidad. Esta ultima situación no había sido observada en la zona desde 1998. Se puede indicar además que la profundización de las isolíneas en Mejillones es coincidente con la profundización de las mismas que ocurrió en Iquique.

Durante el trimestre octubre-diciembre del año 2001 la temperatura en las estaciones fijas muestra el habitual proceso de transición hacia el período cálido de verano, aumentando



los valores superficiales y alcanzando su máximo en los meses de enero y febrero. El período de verano se caracteriza, según el comportamiento en los años anteriores, por un aumento en la temperatura en la delgada capa superficial de los primeros 10 m, mientras que en la capa inferior se hace un poco más fría. En las tres estaciones fijas se observa este proceso de transición ya que la isoterma de 15°C se profundiza desde el mes de octubre del 2001 pero la isoterma de 13°C muestra un ascenso hasta los 25 m. Se observa en este trimestre lo indicado para el trimestre anterior respecto a que la isoterma de 15°C se ubicó más arriba en los meses de octubre a diciembre correspondientes a los últimos años en relación a los mismos meses de los años anteriores y después del período cálido “El Niño 1997”.

Por lo tanto se puede sugerir que la temperatura superficial ha disminuido en uno o dos grados en el período de primavera desde 1998 al 2001 en los 10 primeros metros, haciéndose también la capa de agua cálida levemente más angosta hacia los últimos muestreos. De igual forma la extensión de los períodos cálidos de verano se han hecho más cortos. Bajo los 10 m de profundidad también se aprecia que los períodos en que la isoterma de 14°C se mantiene más arriba en la columna de agua, es decir con menores oscilaciones, se hacen más extensos. Lo anterior, se repite en las tres estaciones fijas con la excepción del período de primavera del 2000 en Mejillones, en que la temperatura superficial tuvo un repunte de 1°C en el mes de diciembre.

Durante este trimestre se observó en la variable salinidad una pequeña disminución de su valor en la de la columna de agua hacia el mes de diciembre, en comparación a los valores registrados en septiembre. La estación de Mejillones, no obstante presentó durante el mes de noviembre una disminución un poco mayor, cercana a 0,1 psu, nuevamente hacia diciembre aumentó levemente. La estación de Arica presentó valores más homogéneos durante el trimestre octubre – diciembre en comparación a las otras dos estaciones de vigilancia.

Similar a lo descrito para la temperatura se observó a lo largo de toda la serie que los períodos correspondientes a primavera - verano, presentan valores cada vez más bajos en salinidad y también más extensos en tiempo hacia el año 2001 y esto ocurre desde la finalización del evento cálido de 1997-1998.



Al observar el comportamiento y valores de las variables temperatura y salinidad bajo los 10 m de profundidad y aquellos de oxígeno para el trimestre se puede señalar que la disminución de la temperatura y el leve aumento de la salinidad están asociados a una disminución de la concentración del oxígeno disuelto, lo que significa que la participación del agua ecuatorial subsuperficial AESS se viene haciendo más importante durante los períodos de primavera y verano hacia la actual fecha desde 1998, lo que indica una menor participación de la AST en el sector costero. Considerando que los vientos favorables a la surgencia no decaen durante los períodos cálidos (Montecinos, 1991) no se puede sugerir un aumento de la surgencia costera en el período actual para explicar la mayor participación de AESS en el sector costero. Adicional a lo anterior, los valores bajos de salinidad (34,5) y oxígeno > 5 mL/L en la capa de los primeros 10 m indica también un aumento de la presencia de ASAA.

Durante el último trimestre del 2001 la distribución de oxígeno disuelto (OD) en términos temporales se caracterizó por valores menores de 1 mL/L en forma constante entre 25 y 50 m de profundidad, manteniéndose esta situación en forma constante en las estaciones de Arica e Iquique. Mejillones por su parte presentó lo señalado pero sólo entre noviembre y diciembre. Los valores de OD entre 10 y 25 m fueron de valores hipóxicos en el rango de 2 a 3 mL/L en la estaciones de Arica y Mejillones y la estación de Iquique con valores menores a 1 mL/L.

La capa de alta concentración de OD, es decir todos aquellos superiores a los 5 mL/L, en ambientes someros, son típicos de sistemas productivos y ésta se mantuvo entre los 0 y 10 m, en forma casi constante y espacialmente en las mismas posiciones en donde se observaron las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica.

En la estación de monitoreo localizada en Mejillones es posible indicar que la misma profundización de valores altos de OD, es decir que las isolíneas mayores de 3 mL/L llegaron hasta los 25 m, mientras que existió una ausencia total de valores inferiores a 2 mL/L entre los 25 y 50 m, este comportamiento está asociado a la intrusión de masas de agua de tipo ASAA las que influyen fuertemente la estructura físico-química de la columna, este comportamiento temporal ha sido una componente de alta estacionalidad en la zona, a juzgar por las mismas fechas de los años precedentes.



Al final del año 2001 el OD tendió a estratificarse de la misma manera que las otras estaciones de vigilancia, con el aumento progresivo de la salinidad la que es típica de masa de agua tipo AESS.

Durante el trimestre enero – marzo de 2002 la temperatura superficial en las tres localidades de monitoreo mensual evolucionó hacia 17° a 19°C, los que son valores típicos del calentamiento estacional de verano en la costa. El aumento de las temperaturas superficiales originó la profundización paulatina de las isotermas en la columna de agua lo que es notorio desde diciembre del año 2001. Durante febrero la isoterma de 15°C se ubicó a 20 m de profundidad y a 15 m en Iquique y Mejillones, valor similar a los años normales de igual período del 2000 y 2001. Sin embargo, durante la segunda quincena de marzo, fecha del muestreo mensual correspondiente a ese mes, la isoterma se profundizó y alcanzó un nivel 40 m en Arica y 30 m en las dos restantes, lo que es más del doble de la profundidad esperada para el mes (10 m).

Tanto la profundización simultánea de la isoterma de 15°C en las tres localidades como el nivel alcanzado en la vertical sugieren el paso de una onda Kelvin por la costa chilena. Al respecto se señala que durante el mes de febrero se registró en las costas del Ecuador la profundización de más de 40 m en la termoclina local (BAC, 137), situación que marcó la llegada a la costa sudamericana de la Onda Kelvin generada durante el mes de enero en el Pacífico Ecuatorial Central (BAC, 137). Esta situación deberá confirmarse con los datos de Nivel Medio del Mar en cuanto estén disponibles para descartar una situación local.

La salinidad durante el trimestre presentó en la columna de agua de las estaciones fijas valores entre 34,7 a 35,0 , los que son superiores en 0,1 a 0,2 psu a los encontrados en igual período del 2000 y 2001 y que parecen indicar una mayor participación de AESS en la surgencia. No obstante lo anterior, hacia fines de marzo las estaciones fijas no presentan un aumento importante en la salinidad acoplado al aumento de la temperatura, oxígeno y el paso de la onda Kelvin señalado anteriormente. Sin embargo los valores son levemente superiores (0,1 psu) a los registrados en igual mes del año 2001 en Arica y similares en Iquique y Mejillones.



A fines del año 2001 en Arica la distribución de oxígeno disuelto (OD) presentó valores de concentración en la superficie de 6 mL/L llegando hasta los 5 mL/L a los 5 m. Bajo este nivel la concentración de este gas disminuyó en forma suave, hasta llegar a valores propios de sistemas subóxicos, es decir inferiores a 4 mL/L bajos los 25 m. Esta tendencia en la distribución espacio-temporal se mantuvo desde octubre del año 2001 hasta marzo del año 2002.

La zona de mayores tensiones de OD, es decir valores mayores de 5 mL/L, estuvo asociada a las mayores agregaciones de cloa. Manteniéndose esta asociación durante los últimos seis meses del período analizado.

En la estación localizada en Iquique, y durante los últimos seis meses, fue posible observar el mismo nivel de homogeneidad observado en Arica, con la sola excepción de un núcleo mayor de 6 mL/L, pero que estuvo restringido a la superficie, en el resto de la columna la situación fue básicamente la misma.

En la estación de monitoreo localizada en Mejillones, es posible observar que la columna se estratificó entre la superficie y los 25 m, esto permitió la formación de un gradiente más suave en la distribución del OD. En marzo del 2002 el gradiente de OD se observó entre la superficie y los 5 m, lo que significó la formación de una oxiclina muy marcada en la columna. Bajo los 5 m la tensión de OD es prácticamente la misma y de alrededor de 0,5 mL/L, sin llegar estas tensiones de OD a ser típicas de sistemas anóxicos, es decir menores de 1 mL/L.

Para el trimestre febrero a mayo del 2002 la temperatura en la vertical de las estaciones fijas muestra el calentamiento estacional de verano en la zona norte de Chile, el cual se observa desde diciembre 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 presentan un importante hundimiento y simultáneo de todas las isotermas a fines de marzo, lo que está originado por el paso de una onda Kelvin como se indicó anteriormente. En el muestreo correspondiente al mes de abril las isotermas presentan un ascenso hacia un nivel promedio de 25 m, lo que significa ya el proceso de recuperación de las temperaturas de la capa superficial, para finalmente en el mes de mayo alcanzar un valor de 10, 15 y 5 m



de profundidad de la isoterma de 15°C, para las estaciones en un sentido norte sur, respectivamente. El hundimiento de la termoclina en este período es el de mayor intensidad 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 fue causada por paso de una onda Kelvin ya que, como se observa, ésta no es simultánea para las tres estaciones.

La salinidad en las estaciones fijas para el trimestre febrero a mayo 2002, se presenta con los mayores valores relativos durante la estación de verano, lo que se observa en las tres estaciones fijas. Los valores de salinidad, sin embargo, son mayores en la estación de Arica respecto a los de Iquique y Mejillones que presentan valores similares. Asimismo, en las tres estaciones se presentan los valores mayores hacia niveles más profundos con una salinidad mayor a 34,9 psu en el nivel de 50 m. Para fines de marzo la salinidad disminuye notoriamente en las tres estaciones, sin embargo y contrario a lo esperado, no se aprecia el paso de las ondas en forma tan clara como ocurre en el caso de la temperatura. En este sentido, la profundización de la isoterma hacía esperar un aumento de la salinidad en la capa superficial hacia marzo producto de una mayor presencia de agua subtropical transportada por la onda atrapada a la costa, sin embargo, éste no es evidente en los datos obtenidos y, por el contrario, esta variable muestra un paulatino descenso de sus valores en mayo y también en un sentido norte sur.

Durante el trimestre marzo – mayo 2002 la concentración de oxígeno disuelto presenta un aumento estacional de sus valores, situación que es mostrada por la profundización de todas las isolíneas en forma simultánea en las tres estaciones. Mejillones presenta en este período los valores más altos en superficie, y con ello los mayores gradientes de concentración en la vertical. La estación de Iquique presenta una mayor profundización de las isolíneas en mayo, al superar el nivel de 50 m la isolínea de 1 mL/L, lo que significa un mayor nivel de oxigenación entre las profundidades de 10 a 50 metros.

Si bien la profundización de las isolíneas es típica del periodo abril – mayo, se observa particularmente más importante, y con mayores valores superficiales, durante este trimestre del año 2002.



7.2 Pigmentos vegetales

La distribución general de la biomasa presentó una alta variabilidad especialmente en los meses de transición de un régimen cálido a otro frío, como lo fue el período mediados de 1997 hasta el invierno de 1988 (**Fig. 111**). En este período pudo ser observado que para los primeros 5 meses (julio a noviembre) de 1997 la cloa estuvo en niveles típicos de sistemas oligotróficos en Arica y Mejillones. Por el contrario, en Iquique persistieron valores más productivos ($>1 \mu\text{g/L}$) pero que no alcanzan los valores “normales” de concentración para la zona en las mismas épocas de los años precedentes. Esta situación configuró una alteración generalizada del ecosistema de la costa chilena.

Este fenómeno (o evento) cambió entre enero y mayo de 1999, ya que en Arica se mantuvieron condiciones oligotróficas e Iquique cambio a un sistema oligotrófico también, mientras que Mejillones aumentó la concentración de cloa en forma considerable, llegando a valores mayores de $2 \mu\text{g/L}$. Posteriormente y después del invierno de 1998 la variabilidad de la cloa se mantuvo en los ritmos normales para la época del año, es decir aumentos considerables de la cloa a fines del otoño y durante la primavera, disminución hacia el verano. Aunque en términos generales la cloa durante fines de 1998, 1999 y el 2000 se mantuvo en prácticamente todo el año en condiciones de alta producción, es decir valores mayores de $1 \mu\text{g/L}$, con aumentos sobre este valor hasta superar los $5 \mu\text{g/L}$, en los períodos de otoño y primavera.

Durante el último crucero, la situación es normal y dentro de lo esperado para la estación del año, aunque Arica está levemente baja, pero la variabilidad del sistema no permite definir si esto es un proceso esporádico que se recuperó en el corto plazo.

En Arica (**Fig. 111a**) y continuando con la tendencia observada durante los últimos 6 meses del año 2001, la cloa se mantuvo en niveles significativos de concentración, con máximos de hasta $10 \mu\text{g/L}$ en los primeros 5 m de la columna en el mes de diciembre. Con un alza sostenida desde el inicio de la primavera, hasta fines del año y manteniéndose siempre en valores mayores a $1 \mu\text{g/L}$, hasta febrero del año 2002. Bajo los 10 m la concentración de biomasa fitoplanctónica se mantuvo sostenidamente baja y



estuvo de acuerdo con la distribución de la capa del mínimo de oxígeno disuelto y la alta estratificación térmica de la columna.

Entre enero y mayo del 2002, la cloa tendió a disminuir ostensiblemente sus niveles de concentración, con valores inferiores a 1 $\mu\text{g/L}$, los que son típicos de sistemas meso o poco productivos

En Iquique (**Fig. 111b**) la biomasa fitoplanctónica presentó incrementos significativos en julio y agosto, con valores superiores a los 3 $\mu\text{g/L}$, manteniéndose esta tendencia hasta fines de año, con valores que llegaron hasta los 4 $\mu\text{g/L}$. En los primeros cinco meses del año 2002, la cloa tendió a formar el mismo patrón de agregación temporal presentado en los años 1999 al 2001, en donde se observan las mayores agregaciones de biomasa, las que han llegado hasta los 10 $\mu\text{g/L}$ entre 1999 y 2000. No obstante que los valores medidos de cloa para los tres primeros meses del año en curso son inferiores, en valores absolutos, a los cuantificados en años anteriores, éstos son representativos de sistemas altamente productivos. Indicando que en esta estación de vigilancia se observó un patrón de agregación constante de la biomasa fitoplanctónica que conformó un ritmo estacional marcado.

Las mayores agregaciones de clorofila estuvieron asociadas a la presencia en toda la columna de masa de agua tipo AESS, las que si bien no presentan estratificaciones de importancia, si fertilizan la zona eufótica. Este estímulo sobre los productores primarios indujo un aumento significativo en las tensiones de OD en la misma zona de los máximos de cloa.

En la estación de Mejillones (**Fig. 111c**) entre los meses de octubre a diciembre del 2001, la cloa aumentó a valores superiores a los 3 $\mu\text{g/L}$ y estuvieron localizados entre la superficie y los 5 m. En los otros niveles de profundidad, la columna presentó una homogeneidad significativa en la distribución de la cloa, con concentraciones superiores a 1 $\mu\text{g/L}$. Entre enero y mayo del 2002, la biomasa tendió a disminuir en forma ostensible respecto de fines del 2001, con valores mayores de 1 $\mu\text{g/L}$, induciendo además la formación de un sistema muy homogéneo desde la superficie hasta prácticamente los 25 m. Bajo los 25 m los valores de cloa son inferiores a los 0,5 $\mu\text{g/L}$.



A pesar de que se observó una disminución en los niveles de cloa respecto de fines del año 2001, si se presentaron las mismas magnitudes informadas para la misma época del año desde el año 1998 en adelante. Esto indica que la zona tiene una componente marcadamente estacional en la distribución de la cloa, con valores inferiores a los medidos en Arica e Iquique, pero que para esta zona son típicos de sistemas productivos.

Al igual que para el informe anterior, existió una asociación entre las mayores agregaciones de cloa y las masa de agua tipos AESS. Cuando el sistema cambió en la composición de las masas de agua de AESS a tipo ASAA, como el periodo septiembre octubre, esto no afectó significativamente la estructura biológica de la columna manteniéndose siempre eutrófica.

Aunque fue posible observar una leve disminución de la concentración de cloa desde diciembre del 2001 a mayo del 2002, el sistema se mantuvo productivo y con un alto nivel de estacionalidad en las agregaciones de la biomasa autotrófica.

7.3 Huevos y larvas de peces en estaciones costeras de monitoreo

7.3.1 Anchoqueta

En la localidad de Arica para el período abril 2001 - mayo 2002, esta especie exhibió densidades que fluctuaron entre 45 - 147.991 huevos/10 m², con un promedio de 26.962 (**Tabla 29**), estos valores fueron registrados durante los meses de abril y febrero de 2002, respectivamente (**Fig. 112**).

Las larvas por su parte, demostraron durante este período, una menor constancia temporal, constatándose su presencia en un total de 10 meses, con valores de densidad comprendidos entre 34 y 4.895 y un promedio de 1.161 larvas/10 m² (**Tabla 29**), exhibiéndose ambas extremas en julio de 2001 y enero de 2002 (**Fig. 113**).



Para el trimestre mayo - julio de 2001, las mayores abundancias de huevos y larvas de anchoveta en Arica, se detectaron en mayo, concentrando un total de 6.855 huevos/10 m² y 944 larvas/10 m². Posteriormente en junio, la densidad de esta especie experimentó una tasa de cambio negativa y más significativa respecto del mes anterior, decreciendo en - 5.966% los huevos y -1.585% las larvas, hasta experimentar un nuevo aumento en julio en 3.539 huevos, no así las larvas, quienes volvieron a denotar una disminución.

Entre julio - septiembre de 2001, las mayores abundancias de huevos y larvas de anchoveta, se registraron en septiembre, con densidades iguales a 65.779 y 1.332/10 m², respectivamente (**Figs. 112 y 113**).

Para el trimestre octubre-diciembre 2001, sólo se constató la presencia de estadios de desarrollo de anchoveta, detectándose un total de 16.139 huevos y 2.524 larvas/10 m². Los huevos durante este trimestre fueron demostrando tasas de cambio positivas a través del tiempo, observándose paulatinos incrementos en sus niveles de abundancia, mostrando en noviembre tasas de cambio superior a un 37% con respecto a octubre, cifra que equivale a un total de 2.381 huevos.

Por el contrario, las larvas disminuyeron sus concentraciones en un 645% en relación al mes de octubre, cuantificándose sólo 82 especímenes/10 m².

Posteriormente, en el mes de diciembre se detectaron alzas importantes en la densidad del ictioplancton de anchoveta, concentrando los huevos un total de 12.258 y las larvas 1.831, demostrando significativos incrementos en sus concentraciones, del orden de 81% los huevos y de 96% las larvas, con respecto a noviembre.

Durante el año 2002, la anchoveta fue la única especie presente en la estación costera de Arica. En el trimestre anterior (octubre - diciembre 2001) se repitió igual situación, presentándose sólo esta especie, pero la totalidad de huevos y larvas censados en aquella oportunidad fue bastante menor respecto a la exhibida por la especie en el transcurso del año 2002. Particularmente, durante febrero se observó el mayor número de huevos de anchoveta, 147.991/10 m², de toda la serie analizada, avalando que la especie se encuentra en uno de sus períodos reproductivos principales. En tanto en



marzo la cifra se redujo a 796 ejemplares, mientras que las larvas por otro lado, denotaron un máximo en enero con 4.895 larvas/10 m², demostrando un aumento de 167% respecto del mes de diciembre, pero en febrero se produjo una caída de -46,4%, hasta llegar a un mínimo en marzo de 239 larvas/10 m², correspondiendo al último registro positivo del año 2002 para esta fase.

En esta localidad las máximas abundancias de huevos, superiores a 55.672, detectadas a través del tiempo, han sido observadas en diciembre de 1997, marzo 1998, octubre 1999, enero, febrero, octubre y diciembre del 2000, septiembre 2001, enero y febrero 2002. Correspondiendo el valor más bajo a lo reportado durante octubre de 1999 (**Fig. 112**).

En cuanto a las larvas, los picks más importantes exhibidos por esta fase para el período abril 1997 – mayo 2002, se detectaron durante los meses de agosto 1997, 1998, enero 1999, enero, febrero 2000 y enero 2002. Situación que refleja claramente los períodos de mayor actividad reproductiva de la especie durante estos meses (**Fig. 113**).

En Iquique, durante el período abril 2001 – mayo 2002, ambas fases de desarrollo mostraron la misma frecuencia temporal, con densidades extremas entre 43 – 39.9189/10 m² los huevos (**Tabla 29**), correspondiendo ambos valores al mes de mayo 2002 y 2001, respectivamente.

Las larvas exhibieron extremas de 74 – 7.904/10 m², reportando tales cifras en octubre y junio del 2001.

En junio los huevos experimentan una disminución -282% respecto del mes de mayo, en cambio, las larvas revelan su máximo durante este mes, correspondiendo además al máximo de toda la serie analizada.

A partir de julio se observa una disminución en la densidad de ambas fases de desarrollo.



Durante el trimestre octubre-diciembre 2001, se aprecia en Iquique la menor representatividad numérica de anchoveta, ausentándose por completo los huevos, mientras que las larvas fueron observadas en octubre y noviembre en densidades iguales a 74 y 128 larvas/10 m², respectivamente, demostrando en noviembre un incremento de un 42% en relación a octubre.

En Iquique durante el año 2002, se detectaron sólo tres registros positivos para huevos; enero, febrero y mayo, con un máximo de 279 en enero, por otro lado, las larvas son detectadas en enero y mayo, albergándose en mayo el valor más alto después de septiembre 2001 (**Figs. 112 y 113**).

En la localidad de Iquique y para el período mayo 1997 – mayo 2001, las máximas densidades de huevos de anchoveta, sobre los 10.000 huevos/10 m² se registraron en noviembre (16.906) y diciembre (27.087) de 1997, febrero (76.146), mayo (39.919) y junio (10.456) de 2001, sobresaliendo así mismo, los máximos larvales durante los meses de agosto (32.482) de 1997 y enero (14.921) de 1999.

La mayor constancia temporal exhibida por los huevos de anchoveta, se registró entre junio de 1997 a febrero 1998 y desde fines del año 2000 a septiembre 2001. En tanto las larvas denotan una mayor constancia en el transcurso del tiempo respecto a los huevos, observándose entre mayo de 1997 a enero 2000 una presencia temporal importante, ausentándose sólo dentro de este rango en seis períodos mensuales. También desde junio 2000 a enero 2002 su presencia es más frecuente que lo demostrado por los huevos.

En Mejillones las fluctuaciones alcanzadas por los huevos durante abril 2001 – mayo 2002, fueron de 105 – 162.606 huevos/10 m² (**Tabla 29**), correspondiendo ambos registros a los observados en mayo 2002 y septiembre 2001.

Mientras que las larvas exhibieron su mínima densidad en diciembre 2001, 32 larvas/10 m² y el máximo en septiembre y octubre, 5.955 y 8.648 larvas, respectivamente.



En Mejillones los huevos se detectaron en forma ininterrumpida desde abril 2001 a octubre 2002, correspondiendo el registro observado en mayo como el más bajo del año 2001 (419 huevos).

Para el cuatrimestre junio - septiembre 2001, las máximas abundancias de huevos se observaron en junio y septiembre con densidades iguales a 44.127 y 162.606 huevos/10 m², respectivamente, siendo este último registro el más significativo del período mayo 1997 - septiembre 2001.

En Mejillones se detectó entre octubre-diciembre 2001, una de las mayores densidades numéricas de huevos y larvas de anchoveta, reportándose ambas fases en octubre y diciembre, con un aporte a la densidad global de 83.143 huevos y 8.648 larvas, lo que representa una dominancia en la estación de 99,86% y de 95%, respectivamente (**Figs. 112 y 113**). Tales concentraciones se vieron drásticamente disminuidas en el mes de diciembre, alcanzando niveles bastante bajos si se comparan con el período precedente, con valores de 1.481 huevos y 32 larvas.

Durante el año 2002, los huevos estuvieron ausentes sólo en marzo, mientras que las larvas se ausentaron en marzo y abril. Las mayores concentraciones se destacaron en febrero con 5.952 huevos y en mayo con 2.475 larvas.

En Mejillones se presentó un registro continuo tanto de huevos y larvas de anchoveta desde mayo de 1997 a marzo de 1998, ausentándose durante el segundo trimestre de 1998 y reapareciendo nuevamente desde julio a octubre. En los meses de noviembre y diciembre no hubo muestreo en esta zona. En los tres primeros meses de 1999 hay registro positivo.

Para ambos estadíos, desde diciembre de 1999 a mayo 2002, se detectó una presencia temporal importante de huevos y larvas, igual a lo observado en la localidad de Arica.

Para el período mayo 1997 – mayo 2002, las máximas densidades de huevos de anchoveta, superiores a los 10.000 huevos/10 m², se detectaron en julio (53.734) de 1997, febrero (13.237) de 1998, diciembre (19.007) 1999 y septiembre (26.305) de 2000.



7.3.2 Sardina

El ictioplancton de sardina no fue detectado en la localidad de Arica durante el año 2001 y tampoco durante el transcurso de los cinco primeros meses del año 2002.

En la localidad de Arica, la presencia de huevos y larvas de sardina se hizo más frecuente a partir del segundo trimestre de 1998, con densidades que fluctuaron entre 41 para el mes de junio y 4.279 en julio. Las larvas presentaron abundancias comprendidas entre 39 y 85 larvas/10 m², presentándose durante el año 1999 en los meses de enero, febrero, marzo, mayo y diciembre, donde reporta la mayor de las abundancias para el período mayo 1997 – abril 2001.

También se ausentó en Mejillones, durante los primeros seis meses del año 2001, presentándose los huevos en esta localidad a partir de julio a septiembre con densidades muy bajas, entre 29-190 huevos/10 m². Posteriormente, se detectó en el mes de febrero 2002 con 1.009 huevos, correspondiendo éste al último registro observado en esta localidad (**Fig. 114**).

En Iquique los huevos y larvas de esta especie se registraron durante los meses de marzo y mayo los huevos, con abundancias de 345 y 171 huevos/10 m² y en mayo, junio las larvas con 171 y 62 larvas/10 m², respectivamente (**Figs. 114 y 115**).

En Iquique la presencia de huevos y larvas de sardina se consigna desde julio de 1997 a febrero de 1998, observándose ausencia de ambas fases entre los meses de marzo a diciembre de 1998. La presencia de huevos y larvas se detectó particularmente a comienzos y fines de los distintos años contemplados para el análisis, detectándose sólo en 1997 presencia durante los meses de julio y agosto.

En Mejillones durante la serie analizada, sólo se detectó la presencia de huevos de sardina, con registros positivos desde junio a septiembre 2001 y febrero 2002, correspondiendo este último al más importante (**Fig.114**), reuniendo una densidad global de 1.009 huevos/10 m², presentándose la más baja en julio con 29 huevos/10 m².



La presencia de huevos de sardina en la localidad de Mejillones se constató en julio de 1998, junio de 1999, septiembre de 2000, entre julio a septiembre 2001 y en febrero 2002, correspondiendo esta última a la más importante de la serie 1997 - 2002.

7.3.3 Jurel

La presencia de huevos y larvas de esta especie fue negativa durante todo el período mensual analizado entre el año 2001 y 2002 en las tres estaciones costeras de vigilancia (**Fig. 116**), observándose a través del tiempo el último registro positivo en la localidad de Mejillones, durante el mes de diciembre de 2000.

La escasa presencia de huevos de jurel, ha sido registrada sólo en los meses de octubre y diciembre de 1998 y agosto 1999 en la localidad de Arica. En Iquique su única aparición fue en diciembre de 1997 y en Mejillones en diciembre del año 2000. Todas las concentraciones fluctuaron entre 26 – 320 huevos/10 m². La presencia de la especie durante estos períodos, revela su inicio en la actividad reproductiva en la zona norte, el que se desarrollaría durante los meses de noviembre y diciembre.

7.3.4 Caballa

Para el período abril 2001 - mayo 2002, no hubo registros positivos para huevos y larvas de esta especie (**Figs. 117 y 118**), no observándose su presencia desde mayo de 1999, ocurrida en Arica.



E. Objetivo adicional N° 3.1

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

8. COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA ESTACIONAL DEL ZOOPLANCTON

La zona explorada durante la realización de los cruceros de otoño, invierno, primavera de 2001 y verano de 2002, estuvo compuesta en forma general por un total de 18 grupos zooplanctónicos, cuya abundancia particular en cada crucero fluctuó en densidades entre 24.673.009 – 41.399.897 (**Tabla 30**).

Otoño 2001

Zona costera

En esta zona un total de 11 taxas exhibieron mayores concentraciones que en la zona oceánica, incluyendo dentro de éstas a todos los crustáceos (**Tabla 31**).

La concentración de zooplancteres en esta zona durante otoño superó solamente a la observada en invierno de 2001. Los 16 grupos presentes concentraron un total de 21.747.896/1.000 m³. Quienes aportaron con las mayores dominancias fueron los copépodos, apendicularias y ostrácodos, con densidades fluctuantes entre 134.926 - 21.032.982 (**Tabla 30**). Los restantes grupos exhibieron densidades desde 350 – 102.860.

Las concentraciones más importantes de copépodos detectados sobre los 600.000 ejemplares, se observaron principalmente en las estaciones más costeras, pero los dos focos con las máximas conglomeraciones se registraron a 1 y 5 mn frente a Arica, con densidades superiores a 3.400.000 copépodos/1.000 m³. Las aglomeraciones con menor representatividad numérica se localizaron hacia la zona más oceánica (**Fig. 119 a**).



Las apendicularias reúnen un total de 326.835 ejemplares/1.000m³, con un promedio general de 14.210, las fluctuaciones presentadas por el grupo variaron entre 123 – 300.642 (**Tabla 30**).

Geográficamente éstas se extendieron a través de todas las estaciones, concentrando sus densidades mayores en ambos extremos de la zona de estudio y en el sector centro, exhibiendo ahí el rango de 4.244 - 11.373, sobresaliendo una acumulación de apendicularias localizadas a 1 mn frente a Arica, manifestando en esta estación un máximo de 300.642 apendicularias/1.000 m³ (**Fig. 119 b**).

Los ostrácodos demostraron fluctuaciones límites entre 1.276 - 24.277, con un promedio por estación de 5.622 (**Tabla 30**), estos ejemplares al igual que los copépodos, apendicularias, quetognatos, larvas de decápodos, anfípodos, poliquetos y pterópodos, exhibieron una de sus mayores abundancias en las estaciones situadas frente a Arica, sobresaliendo los ostrácodos, por sus máximos reflejados justamente en todas las estaciones costeras de la transecta frente a Arica, cuyas concentraciones variaron entre 13.006 - 24.277, tales densidades representan el 49% de la dominancia total para la zona. Desde Pisagua a Antofagasta, las acumulaciones de ostrácodos se registraron en su gran mayoría en focos que albergaron un rango de 4.244 - 11.373 (**Fig. 119 c**).

Zona oceánica

Los grupos que dominaron numéricamente dentro de esta zona por sobre aquellos detectados en el sector costero fueron las medusas, sifonóforos, quetognatos, doliólidos y radiolarios (**Tabla 31**).

En esta zona se observa una representatividad numérica de 8.529.035 zooplancteres, cifra que denota una diferencia respecto a la zona costera de -155%. El mayor aporte a la dominancia total fue revelado por los copépodos, quetognatos, ostrácodos y eufáusidos. El análisis de las estaciones permitió observar que las máximas concentraciones de todos los grupos, a excepción de los doliólidos y larvas de cifonautas, se registraron a partir de la estación situada a 40 mn frente a punta Lobos.



Los copépodos muestran una diferencia porcentual respecto de la zona costera de -157%. Estos exhiben sus máximas expresiones de abundancia en las estaciones más cercanas a costa, situadas entre Arica y punta Lobos, destacando un centro localizado a 40 mn al oeste de punta Lobos, albergando un total de 1.007.956 copépodos/10m³, representando ésta a la máxima dominancia observada, lo que se traduce en un 98,81% (**Fig. 120 a**).

Los ostrácodos también se encuentran dentro de los grupos mayoritariamente dominantes en términos numéricos, con una representatividad de 122.728 (**Tabla 30**), cifra que revela una disminución de -9,9% respecto de lo concentrado por este mismo grupo en la zona costera. Estuvo presente en la totalidad de las estaciones, con un promedio de 5.336 y una fluctuación entre 953 - 9.820 (**Tabla 30**).

Geográficamente, su presencia se detectó con las mayores densidades a partir de la latitud 23°20'S hacia el norte, albergándose en la mayoría de las estaciones densidades entre 4.244 - 11.373, pero sobresaliendo la estación colindante con la latitud 19°00'S, en donde se detectó un máximo de 9.820 ostrácodos/10 m³, representando un 2,99% de la dominancia total para la estación (**Fig. 120 b**).

Los eufáusidos experimentan una diferencia porcentual de -71% respecto a lo detectado en la zona costera, porcentaje que corresponde a un total de 60.152, con un promedio de 2.734 y una fluctuación extrema de 560 - 12.710 (**Tabla 30**).

Espacialmente, se distribuyeron en el 96% de las estaciones, albergándose el mayor número de focos con las concentraciones más altas entre Pisagua y Arica, mientras que desde caleta Patillos hacia el sur dominan los focos que reúnen densidades entre 368 - 1.386. Sólo una estación resalta por sobre el resto, con una abundancia de 12.719/1.000 m³, situada a 40 mn frente a Pisagua (**Fig. 120 c**).



Invierno 2001

Zona costera

Durante el período invernal 2001 se registró la densidad zooplanctónica más baja de los cuatro períodos estacionales analizados, representando a la zona costera 16 grupos, con un aporte numérico de 13.210450 (**Tabla 30**).

Los individuos demostraron fluctuaciones extremas de 1.527.046 – 272. Latitudinalmente las concentraciones de los zooplancteres se aprecian con un leve incremento de sur a norte. Detectándose un mayor número de altas concentraciones entre punta Lobos y Pisagua, sector en el cual, se localizó una de las densidades máximas, con un total de 1.571.232.

En la zona costera estuvo albergado el mayor porcentaje de grupos cuyas concentraciones fueron superiores a las aportadas por estos taxas en la zona oceánica, estos fueron todos los crustáceos, además de sifonóforos, ctenóforos, quetogantos, poliquetos, apendicularias y larvas de cifonautas (**Tabla 31**).

Los mayores aportes a la densidad global de la zona, estuvo dado en primer lugar por los copépodos, seguido en orden de importancia numérica por los eufáusidos, apendicularias, quetognatos y poliquetos, cuyos valores estuvieron dentro del rango de 11.163.043 - 236.311 (**Tabla 30**). Contrariamente, los ctenóforos se mostraron como un grupo accidental, con el menor aporte a la densidad, estando presentes sólo en la estación frente a Arica.

La abundancia más baja exhibida por los copépodos fue de 45.460, su incidencia a la dominancia total fue de 84,50%. Estos colonizaron el 100% de las estaciones, estableciendo sus concentraciones máximas en las estaciones más costeras de 1 mn en las localidades de Mejillones, punta Gruesa y Pisagua, siendo esta última la mayormente colonizada con 1.527.046individuos/1.000 m³, aportando en esta ocasión con un 97,19% de la dominancia de la estación (**Fig. 121 a**). Los focos de menores aglomeraciones se registraron en el extremo sur de la prospección.



Los eufáusidos por su parte entregaron un aporte de 622.317 ejemplares/1.000 m³, con un promedio para la estación de 23.935, con fluctuaciones límites de 288 -318.613 (**Tabla 30**), su presencia en las estaciones fue de un 100%, pudiéndose encontrar latitudinalmente un centro máximo representado por 318.613 a 20 mn de las inmediaciones de punta Grande (**Fig. 121 b**), compartiendo con el 44,88% de la dominancia para la estación. La mayor afluencia de focos entre 1.387-4.243 se observó desde punta Lobos hasta Arica, registrándose entre este sector las densidades más bajas.

Las apendicularias colonizaron también el 100% de las estaciones de la zona costera, concentrando un total de 376.399 apendicularias/1.000 m³ (**Tabla 30**) cifra que representa el 2,85% de la dominancia para la zona, sus fluctuaciones extremas fueron de 544 - 80.134, detectándose espacialmente los focos de mayor densidad, entre 11.374 - 115.000 a lo largo de toda la extensión latitudinal, localizándose las máximas conglomeraciones en las estaciones situadas en la zona sur, al oeste de Mejillones y Antofagasta, detectándose en este sector grupos de individuos entre 43.611 - 80.134 (**Fig. 121 c**).

Los quetognatos entregaron un aporte general similar al de las apendicularias, un total de 366.652/1.000 m³, con un promedio de 16.666 y una fluctuación entre 861 - 84.057 (**Tabla 30**). Estos colonizaron el 84,6% de la zona, la casi totalidad de los focos concentraron densidades entre 11.374 - 115.000, entregando los mayores aportes en las estaciones situadas en el sector sur, desde las inmediaciones de punta Grande, donde destacan las estaciones situadas a la altura de las latitudes 22°40`S y 23°20`S (**Fig. 121 d**).

Zona oceánica

En esta zona, 5 grupos entregaron un aporte numérico superior al registrado por éstos en la zona costera, correspondiendo a las medusas, pterópodos, salpas, doliólidos y radiolarios (**Tabla 31**).

Los 15 grupos presentes, reunieron un total de 6.615.383 zoplancteres/1.000 m³ (**Tabla 30**). La densidad observada en esta zona denotó una tasa de cambio respecto de la zona costera de -99,7% y corresponde además al igual que el sector costero, al período más



bajo en la densidad de individuos, en relación a los restantes períodos estacionales analizados.

La tendencia observada en esta zona se aprecia con más claridad que en la zona costera, también con un aumento de sur a norte, destacándose principalmente, los focos situados a 20 mn al oeste punta Grande, donde se alcanzó la concentración máxima con 732.611 individuos/1.000 m³ y a 40 mn frente a Arica con 615.063.

Los grupos de mayor presencia numérica fueron los copépodos, eufáusidos, quetognatos y apendicularias, correspondiendo a los mismos taxas que demostraron los porcentajes máximos de dominancia en la zona costera.

Los copépodos representan un porcentaje de 78,61% de la dominancia de esta zona, denotando un cambio porcentual de – 114,6%, respecto a lo exhibido por este grupo en la zona costera. También se presentan en la totalidad de las estaciones, pero con concentraciones del orden de 71.167 - 549.587 (**Tabla 30**), siendo inferiores a los núcleos detectados en la zona costera.

Entre punta Grande y punta Lobos los centros de mayores concentraciones se detectaron en las estaciones mas costeras, mientras que entre Pisagua y Arica las mayores densidades se encontraron en las estaciones más oceánicas, destacando una frente a Arica, con una dominancia de 89,35% (**Fig. 122 a**).

En este sector los eufáusidos al igual que en la zona costera, siguen siendo el grupo secundariamente dominante, con el 5,82%, disminuyendo en un 61,6% respecto de la zona costera, aunque su presencia se observó en todas las estaciones.

Geográficamente, los núcleos de menores aglomeraciones tendieron a situarse mayoritariamente en las estaciones más oceánicas. El único centro que albergó agregaciones superiores a los 200.000 eufáusidos, se situó a 20 mn al oeste de punta Grande, con una representatividad de 30,13% (**Fig. 122 b**).



El tercer grupo dominante en la zona oceánica corresponde a los quetognatos, quienes desplazan en este sector a las apendicularias al cuarto lugar. Su colonización en el total de las estaciones reúne una concentración de 292.998 quetognatos/1.000 m³ (**Tabla 30**), variando en un 25,13% menos que en la zona costera. Sus mayores representaciones se localizaron en las estaciones de 70 y 100 mn, frente a Antofagasta y 70 mn de punta Grande (**Fig. 122 c**). Los centros de menores densidades se situaron entre Pisagua y Arica.

Primavera 2001

Zona costera

El plancton de la zona costera concentró una densidad total de 32.009.983 organismos/10m³, cifra aportada por un total de 18 grupos, correspondiendo ambos parámetros a los valores más altos detectados en los cuatro períodos estacionales analizados (**Tabla 30**).

Las abundancias extremas exhibidas por los diferentes individuos fluctuaron entre 533 – 4.675.468.

El 91,39% de la dominancia de la zona fue aportada por los copépodos, seguidos con porcentajes bastantes más bajos por las apendicularias, poliquetos y larvas de decápodos, con valores respectivos de 2,02; 1,57 y 1%. Sólo los copépodos y apendicularias se mantuvieron constantes en todas las estaciones.

Los copépodos exhibieron densidades extremas entre 97.672 – 4.675.468, correspondiendo al máximo registrado por el grupo durante todos los períodos analizados, con un promedio por estación de 1.218.859 (**Tabla 30**). Geográficamente éstos se distribuyeron en todas las estaciones, concentrando sus máximos valores en las cercanías de la costa, destacando la estación situada a 1 mn de punta Lobos con la concentración máxima. Los focos más alejados de la costa se presentaron con las mínimas densidades (**Fig. 123a**).

Las apendicularias muestran un 100% en la frecuencia de estaciones, con fluctuaciones extremas de 733 - 160.659 y un promedio de 607 (**Tabla 30**), correspondiendo estos



valores a los más altos exhibidos por este grupo respecto del resto de los períodos. Los centros de mayores aglomeraciones se localizaron preferentemente desde punta Grande al norte, dominando el rango de densidades entre 11.374 - 115.000. Destaca la presencia de una concentración máxima a 1 mn de Arica, la que albergó un total de 160.659 apendicularias/10 m³ (**Fig. 123 b**).

Los poliuetos, tercer grupo de mayor dominancia, con un aporte de 1,57%, se detectaron en el 95,8% de las estaciones, exhibiendo los núcleos de mayores concentraciones en las estaciones más someras. El mayor aporte otorgado por este grupo se observó a 1 mn al oeste de Pta. Lobos (**Fig. 123 c**).

En la zona costera predominó un mayor porcentaje de grupos zooplanctónicos, concentrándose el 61% de los taxas en este sector (**Tabla 30**).

Zona oceánica

Esta zona albergó un porcentaje mucho menor de individuos respecto de la zona costera, 9.389.914/1.000 m³, con igual número de taxas, esta cifra equivale a una diferencia de – 240% respecto a la acumulación zooplanctónica detectada en la zona costera. Los grupos que sobresalen por sus mayores aportes a la densidad fueron los copépodos, apendicularias, quetognatos y sifonóforos (**Tabla 31**).

Los copépodos en esta zona muestran una disminución en el porcentaje de dominancia, el que equivale a un 78,81%, experimentando una baja con respecto a lo exhibido en la zona costera de un 295% menos. Espacialmente, éstos se concentraron en mayor número desde la zona frente a punta Lobos hacia el norte, exhibiendo allí los focos más abundantes, particularmente destaca uno situado frente a punta Patache con un total de 1.000.798 copépodos/10m³, contrariamente hacia la zona sur principalmente desde Mejillones, dominan los centros con rangos de concentración entre 11.374 - 115.000 (**Fig. 124 a**).

Las apendicularias, denotan una disminución menor a lo expuesto por este grupo en la zona costera, aunque la diferencia es menos notoria que en los copépodos, disminuyendo en -7,7%, con un total de 600.366, no obstante, la dominancia numérica exhibida en la



zona oceánica es mayor, alcanzando un 6,39%, con un promedio para la zona de 26.103 y valores extremos desde 816 - 105.022 (**Tabla 30**).

Espacialmente se presenta también en el 100% de las estaciones, el 74% de los focos concentraron individuos entre el rango de 11.374 - 115.000 (**Fig. 124b**), las aglomeraciones más bajas se produjeron mayoritariamente hacia la zona sur, especialmente desde el sur de Mejillones.

Los quetognatos agrupados dentro de los tres grupos de mayor presencia numérica, colonizaron el total de estaciones, mientras que la densidad aportada por ellos, los hace dominar con un 4,79% en la zona, siendo superior al exhibido en la zona costera, permitiéndole mostrar un mayor dominio numérico en el sector oceánico.

Espacialmente, este grupo muestra agregaciones bastante homogéneas, dominando ampliamente en el 95% las estaciones, cuyas concentraciones de quetognatos estuvieron dentro del rango de 11.374 - 115.000. Sólo un núcleo situado a 100 mn frente a Arica se mostró por debajo de estos valores. Contrariamente, la densidad más importante se detectó al sur de Mejillones en la latitud 23°20' S (**Fig. 124c**).

Los sifonóforos, son el cuarto grupo con el mayor aporte de individuos en la zona oceánica, 221.358, representando el 2,36% de la dominancia, con un promedio de 9.624 (**Tabla 30**). Su presencia en esta zona fue mayor que en la zona costera, mostrando una diferencia de 49,5%.

Geográficamente se presentan en el 100% de las estaciones, su distribución muestra dos zonas particulares, desde Arica hasta punta Lobos dominan exclusivamente los centros con densidades entre 11.374 - 115.000, mientras que desde punta Grande a Antofagasta, se presentan las concentraciones más bajas desde 66 - 11.373 sifonóforos/10 m² (**Fig. 124 d**).



Verano 2002

Zona costera

En esta zona se identificaron 17 grupos zooplanctónicos, los que en forma conjunta agruparon un total de 24.080.851, correspondiendo al segundo período de mayor densidad después de la primavera 2001.

Fue el único período que compartió igual número de grupos dominantes en ambas zonas. Nueve fueron las taxas con mayores densidades en la zona costera (**Tabla 31**).

Durante este período se detectó un mayor número de grupos con densidades altas, superiores a los 470.000, éstos fueron los copépodos, sifonóforos, cladóceros, quetognatos y poliquetos. Los estomatópodos y salpas son grupos accidentales que sólo aparecieron en una estación, frente a Arica (**Tabla 30**).

Los copépodos representan el 86,31% de la dominancia de la zona, su presencia se revela en la totalidad de las estaciones (**Tabla 30**), destacando las mayores agregaciones frente a Antofagasta, punta Grande, Pisagua y Arica, con densidades entre 1.000.001 - 2.614.826, situándose en Pisagua la máxima densidad, representando una dominancia de 98,07%. Los restantes núcleos albergan densidades entre 127.420 - 1.000.000 (**Fig. 125 a**).

Los sifonóforos dominan en segundo término con el 2,93%. Colonizan el 95,8% de la zona, concentrando en ella un total de 705.772 sifonóforos/1.000 m³ (**Tabla 30**). Los focos concentraron agregaciones entre 576 - 300.229, el mayor porcentaje de ellos albergó densidades fluctuantes entre 4.244 - 11.373, los que se distribuyeron a lo largo de toda la franja costera (**Fig. 125 b**). A 1 mn de punta Grande se detectó la densidad máxima.

Los cladóceros por primera vez se ubican en este período dentro de los grupos mayoritariamente dominantes, a pesar de colonizar un total de 8 estaciones lo que representa el 33,3% de la dominancia total, éstos alcanzan una abundancia importante de 500.817, lo que equivale a un 2,08% de la dominancia para el área. Espacialmente se distribuyeron en ambos extremos de la zona de estudio, Arica y Antofagasta y en el sector



centro, punta Lobos y punta Arenas, albergando densidades entre 508 - 458.659, situándose la máxima acumulación a 5 mn de Antofagasta (**Fig. 125 c**), siendo esta densidad la de mayor aporte para el grupo, con un 29,14%, correspondiendo además este valor a la densidad más alta exhibida respecto de los restantes grupos después de los copépodos.

Zona oceánica

La densidad zooplanctónica detectada en esta zona durante el período estival 2002, fue la más abundante de todas, con un total de 9.444.676, aunque bastante inferior a lo registrado en la zona costera (**Tabla 30**), demostrando respecto a ella una tasa de cambio de -155%. Fue el único período estacional en que el sector costero y oceánico comparten igual número de taxas (**Tabla 31**).

Los grupos dominantes fueron principalmente los copépodos, quetognatos, sifonóforos y cladóceros, correspondiendo a los mismos taxas predominantes en la zona costera. Contrariamente, los estomatópodos y ctenóforos son los ítems de menor frecuencia en las estaciones (**Tabla 30**).

Los copépodos constituyen el 75,55% de la dominancia total de la zona oceánica, con una frecuencia de ocurrencia del 100%. Estos exhiben aquí una densidad bastante baja en comparación a lo detectado en la zona costera, demostrando una tasa de cambio de - 191%.

Especialmente sus concentraciones se presentaron entre 56.288 - 865.757 copépodos/1.000 m³, situándose los focos de mayores concentraciones entre Pisagua y punta Lobos, albergando estas densidades entre 421.223 - 595.901, aunque el centro más importante se ubicó a 20 mn de punta Grande (**Fig. 126 a**).

Los quetognatos representan la segunda dominancia numérica más importante de la zona, con un porcentaje de 11,40%. Este grupo es el único que demostró sus mayores niveles de abundancia en la zona oceánica, respecto a lo que exhibe en la costa. Totalizando una densidad de 1.077.119 quetognatos/1.000 m³, demostrando un incremento de un 54,82% en relación al sector costero.



Su presencia se contempló en el 95,7% de las estaciones, su distribución fue bastante homogénea, concentrando la mayor parte de las estaciones densidades entre 11.374 - 115.000, destacando un solo centro de máxima concentración, 118.260, representando el 33,83% de la dominancia, localizada a 100 mn al sur de Arica (**Fig. 126 b**).

Los sifonóforos denotan un cambio notable en sus concentraciones, albergando un total de 298.467, aportando con el 3,16% de la dominancia de la zona, demostrando una tasa de cambio de - 136% respecto a lo exhibido por estos en la zona costera.

Geográficamente este grupo demuestra una constancia de 91,3% en las estaciones, albergando el mayor número de ellas focos con densidades fluctuantes entre 11.374 - 48.397, las que se distribuyeron en su mayoría a 100 mn entre Arica y Pisagua, sobresaliendo la densidad más significativa a 70 mn de Pisagua (**Fig. 126 c**).

8.1 Composición y abundancia mensual del zooplancton

Arica

El total de individuos censados en la localidad de Arica durante los 14 períodos mensuales analizados, permitió ubicarla en el segundo lugar de mayor densidad después de Iquique (**Fig. 127**), albergando un total general de 9.876.943 zooplancteres/1.000 m³, densidad entregada por los 16 grupos presentes en esta estación costera (**Tabla 32**). El único ítem que mostró constancia en el tiempo fueron los copépodos, los que registraron además los mayores porcentajes de dominancia. Otro grupo que denotó una alta presencia temporal fueron los poliquetos, ausentándose sólo en agosto 2001 y enero 2002, su densidad acumulada en esta estación, le permitió ubicarse dentro del cuarto grupo mayormente numérico después de los crustáceos. En la **Figura 128** se aprecian tres de los grupos de mayor dominancia numérica en la estación fija de Arica (**Tabla 32**), a los ya mencionados copépodos, se agregan los anfípodos y larvas de decápodos. Durante el mes de enero 2002, los copépodos, anfípodos y poliquetos exhibieron sus niveles máximos de concentración, mientras que las larvas de decápodos lo hicieron en diciembre 2002.



Los mayores porcentajes de dominancias numéricas se observaron durante el tercer trimestre del año 2001, específicamente en los meses de octubre y diciembre de 2001, encontrándose dentro de este período el 44% de los grupos con sus niveles máximos, mientras que el 37,5% demostró sus máximas densidades en el primer trimestre del año 2002.

Particularmente en el mes de enero, el 19% de los restantes grupos expresaron las máximas abundancias durante el segundo trimestre de 2001.

Contrariamente los menos representativos numéricamente fueron los ctenóforos, los que sólo se presentaron en el mes de enero 2002, las salpas y radiolarios estuvieron presentes durante el primer y cuarto trimestre, respectivamente (**Tabla 33**).

Abril 2001

Los 10 grupos identificados durante el mes de abril, se reunieron en un total de 412.176 zooplancteres/1.000 m³, con un promedio por estación de 41.218, exhibiendo los copépodos la máxima dominancia numérica, con 396.110 copépodos/1.000 m³, representando en términos porcentuales un 96,10%. Los restantes ítems presentes mostraron fluctuaciones numéricas entre 554 – 7.202 (**Tabla 33**).

Mayo 2001

La mayor diversidad de grupos zooplanctónicos se observó durante este mes, los 12 grupos reunieron una concentración de 1.465.748 individuos, correspondiendo esta densidad a la segunda más importante de la serie abril 2001 – mayo 2002. El promedio general para la estación fija de Arica en mayo fue de 122.146, con densidades fluctuantes entre 1.330 – 1.396.584, compartiendo estos valores extremos los eufáusidos con los sifonóforos y el máximo los copépodos (**Tabla 33**).



Junio 2001

Durante este mes se detectó la segunda abundancia más baja en la densidad de los zooplancteres, totalizando 178.681, promediando una cifra de 22.335 en la estación, con mínimos de 409 y máximos de 168.867, compartiendo el valor mínimo las larvas de decápodos, sifonóforos, pterópodos y salpas y los copépodos el máximo. Por su parte, las apendicularias continúan siendo el segundo grupo de mayor densidad en el tiempo desde el mes de abril 2001, aunque con una baja considerable respecto del mes precedente, disminuyendo en 4.906%. En línea general todos los grupos presentan disminuciones en su densidad respecto del mes de mayo (**Tabla 33**).

Julio 2001

Al entrar en el período de invierno, la estación costera de Arica se observó con una diversidad específica bastante baja, albergándose en ella sólo 3 grupos zooplanctónicos, los que reunieron una abundancia de 228.468/1.000 m³, con un promedio de 76.156, mientras que los valores individuales por taxa fueron de 409, 1.228 y 226.830, representando a los poliquetos, quetognatos y copépodos, respectivamente. Este último grupo experimenta un incremento de un 34,3% en relación a junio (**Tabla 33**).

Septiembre 2001

El aumento en la diversidad específica se observa a partir de este mes, albergándose un total de 10 ítems, totalizando una densidad de 334.189, con un promedio de 33.419 y con valores extremos fluctuantes entre 889 – 302.192 (**Tabla 33**).

Octubre 2001

Durante este mes se observaron los valores poblacionales más bajos de los tres períodos analizados en Arica, alcanzando la densidad a un total de 425.626 organismos/1.000 m³, con extremos de 665 – 311.239, correspondiendo el mismo valor mínimo a los eufáusidos, anfípodos y larvas de cifonautas, mientras que el máximo fue para los copépodos. El promedio de zooplancteres por estación alcanzó a los 38.693/1.000 m³ (**Tabla 33**).



Noviembre 2001

En uno disminuyó el número de taxas presentes en la zona durante este mes, con respecto a octubre. Los diez grupos conglomeraron una densidad de 632.453, incrementándose en un 48,6% respecto del mes precedente. Pero a pesar de esta alza, sólo cuatro taxas exhibieron tasas de cambio positivas respecto de octubre, los copépodos, eufáusidos, larvas de decápodos y larvas de cifonautas. El número de individuos por ítem zooplanctónico se determinó entre 665 – 564.619, correspondiendo respectivamente ambos valores a los anfípodos y copépodos. Estos últimos aportaron con el 89,3% de la abundancia total (**Tabla 33**). Una presencia importante también se registró en las larvas de decápodos, las que mostraron una dominancia de un 6,83%. Durante este período mensual, el único grupo que no mantuvo una ocurrencia temporal fue el de los ostrácodos.

Diciembre 2001

A pesar de presentarse en la zona de Arica en el mes de diciembre la menor representatividad específica, se observó a través del tiempo un incremento en los niveles de abundancia, reuniendo una densidad máxima en diciembre de 1.313.755 individuos/1.000 m³, cifra un 52% superior al mes de noviembre. Correspondiendo al tercer registro más importante numéricamente de la serie mensual analizada, después del mes de mayo 2001. Denotando a su vez valores extremos entre 1.339 – 1.008.418, alcanzando en esta oportunidad los copépodos una dominancia en el área de 76,76% (**Tabla 33**).

Los poliquetos quienes durante el mes de noviembre, demostraron la mayor tasa de cambio negativa respecto de octubre, esta vez, fueron los que exhibieron la tasa de cambio más importante, aumentando la densidad en un 97% en comparación a noviembre, dominando sobre el resto de los grupos en un 8,15%.

Los copépodos se incrementaron por su parte en un 44% de acuerdo a lo registrado en noviembre.



De los nueve grupos presentes, seis de ellos revelaron incrementos significativos respecto del mes anterior, estos fueron los copépodos, larvas de decápodos, anfípodos, poliquetos, apendicularias y larvas de cifonautas. Por su parte, los ostrácodos reaparecieron durante este mes, las medusas fueron las únicas que mostraron una tasa de cambio negativa y los quetognatos sólo fueron observados durante este mes (**Tabla 33**).

Enero 2002

Durante este período se observaron 8 grupos zooplanctónicos, los que se conglomeraron en abundancias que fluctuaron desde 2.678 – 2.828.390 ejemplares, con una densidad total de 3.323.894 y un promedio de 415.487, asignándose el mes de enero como el más representativo numéricamente de los 14 meses analizados, otorgándole los mayores porcentajes de dominancia el grupo de los copépodos y larvas de decápodos, con valores de 85,09% y 13,30%, en cada caso.

Dos ítems aparecen por primera vez durante este mes, los ctenóforos y radiolarios.

Un cambio positivo importante se detectó con respecto a la abundancia observada en diciembre del 2001, incrementándose en un 153%, a pesar de registrarse durante enero una menor representatividad específica respecto de diciembre.

Febrero 2002

Durante este mes la densidad numérica decreció en –85,75% a diferencia de enero, registrándose una abundancia global de 473.732 zooplancteres, con un promedio de 52.637 y extremas de 807 – 389.800 ejemplares/1.000 m³, representando ambas cifras a las larvas de cifonautas y copépodos, respectivamente.

Los anfípodos y larvas de cifonautas se detectaron a partir de febrero y las medusas desaparecen (**Tabla 33**).

Continuaron siendo los dos grupos de mayor dominancia durante este mes al igual que en enero, los copépodos y larvas de decápodos, con porcentajes de 82,28% y 9,03% cada uno.



Marzo 2002

Un total de 698.090 individuos se detectaron en este período, cifra que experimentó un aumento de un 47,36% respecto del mes anterior, desapareciendo los ostrácodos, sifonóforos y larvas de cifonautas y haciéndose presentes por primera vez en el trimestre los cladóceros y quetognatos. Los valores extremos exhibidos por los diferentes grupos fluctuaron entre 807 – 389.800, estando representados ambos valores por los cladóceros – anfípodos y copépodos. El mayor porcentaje de los taxas presentes en marzo, denotó los menores valores de abundancia en relación a enero y febrero (**Tabla 33**).

Abril 2002

Este período del año fue el que mostró las menores densidades poblacionales, detectándose una de las más bajas frecuencias de ocurrencia de los grupos zooplanctónicos, identificándose sólo copépodos, anfípodos y poliquetos, con densidades fluctuantes entre 1.126 – 132.296, concentrando estos tres ítems una densidad de 160.444 individuos, siendo este el registro más bajo de la serie abril 2001 – mayo 2002 (**Tabla 33**).

Mayo 2002

Durante este mes reaparecen 7 grupos que habían estado ausentes en el mes anterior, un total de 9 conglomeran una densidad de 229.688 ejemplares/1.000 m³. El ítem ampliamente dominante se concentró en un 91,18%, correspondiendo a los copépodos, los restantes grupos exhibieron densidades que fluctuaron desde 563 – 7.881 (**Tabla 33**). Este último mes de la serie analizada correspondió al tercero más bajo en representatividad numérica general.

Iquique

En la estación de Iquique se detectó una mayor diversidad de grupos zooplanctónicos, 18 en total, los que reunieron una densidad general de 12.032.860/1.000 m³ (**Tabla 32**). Cifra que permitió ubicar la estación costera de Iquique como la de mayor colonización numérica respecto de Arica y Mejillones (**Fig. 126**). Los taxas más constantes en el



tiempo fueron los copépodos, eufáusidos, larvas de decápodos, poliquetos y apendicularias, cuya presencia se detectó entre 10 – 13 muestreos mensuales. Contrariamente los ítems que solo tuvieron una presencia ocasional fueron los cladóceros, radiolarios, ctenóforos y doliólidos, con porcentajes de frecuencia de 5,56% y 11,11% (**Tabla 32**), exhibiéndose en un período mensual los dos primeros y en dos períodos mensuales los dos últimos.

En Iquique la mayoría de los grupos presentes exhibieron las dominancias más altas en el trimestre 2001, abril - junio, especialmente en el mes de mayo, seguido de abril. En octubre y diciembre se reunió el 33,33% de los ítems con sus densidades máximas (**Tabla 33**).

Particularmente, los grupos que demostraron tener mayores niveles de densidad fueron los copépodos, quetognatos y apendicularias (**Fig. 127**), con valores de 11.339.980, 109.482 y 148.739 respectivamente, ellos demuestran sus máximas concentraciones en los meses de septiembre 2001 los copépodos, abril 2001, los quetognatos y en mayo 2001, las apendicularias.

El rango en los niveles límites de abundancia de todos los individuos fue de 362 – 3.727.619. A su vez, los meses de mayor representatividad numérica fueron en orden decreciente septiembre, mayo, febrero 2002 y diciembre 2001 (**Tabla 33**).

Abril 2001

Los 11 grupos presentes concentraron una densidad numérica de 475.866 individuos/1.000 m³, con un promedio para la estación de 43.261, determinándose las densidades extremas entre los 723 – 381.126. Las abundancias más significativas correspondieron a los copépodos, quetognatos, apendicularias, sifonóforos y larvas de cifonautas.



Mayo 2001

Durante este mes se apreció un incremento en los niveles de abundancia numérica, en un 291%, incrementándose además en 14 los taxas, cuyas concentraciones fluctuaron entre 2.792 – 1.633.507. El 44,4% de los grupos zooplanctónicos incrementaron sus niveles de abundancia respecto del mes de abril, mientras que solo el 11% decreció, estos fueron los quetognatos y pterópodos. Los radiolarios presentaron junto con otros grupos el valor más bajo de densidad y su presencia solo se detectó durante este mes (**Tabla 33**).

Junio 2001

Una nueva baja en la densidad se observó en junio, decreciendo con respecto a mayo en –80,93%. Los 8 grupos representantes de la estación se limitaron en concentraciones de 700 – 329.150, con un promedio de 44.383. Todos ellos mostraron decrecimientos en la densidad respecto del mes de mayo. El 92,70% de la dominancia numérica se debe a los copépodos y el 4,93% a las apendicularias, los restantes ítems denotaron niveles de densidad entre 700 – 2.801 (**Tabla 33**).

Julio 2001

Hacia este período, se produce una leve alza en el nivel general de abundancia zooplanctónica, incrementándose en un 11,7%, lo que equivale a una densidad de 396.727 individuos/1.000 m³. Colonizando el zooplancton la estación fija de Iquique en concentraciones extremas comprendidas entre 368 – 379.078. El mayor aporte a la densidad de la estación lo entregan los copépodos con una dominancia de 95,55%, encontrándose los restantes grupos en concentraciones bastante bajas, menores a 2.941 (**Tabla 33**).

Los doliólidos se presentan por primera vez durante el mes de julio, por otra parte los copépodos, poliquetos, apendicularias y larvas de cifonautas han permanecido sin alteración temporal desde su presencia en abril 2001.



Septiembre 2001

Este mes destaca debido a que en él se concentró la densidad más grande de toda la serie analizada, si bien la diversidad de taxas no fue significativa, los grupos detectados contribuyeron con una abundancia de 3.781.847, con un promedio para la estación de 472.731, aportando densidades que fluctuaron entre 2.358 – 3.727.619. La mayor contribución realizada por los copépodos, los hace ser dominantes con un porcentaje de 98,57%, seguidos muy lejanamente por el segundo grupo de mayor dominancia numérica, los poliquetos, concentrando 18.862 ejemplares/1.000 m³ (**Tabla 33**).

Octubre 2001

La abundancia concentrada durante este mes experimentó una drástica caída, disminuyendo considerablemente respecto de lo observado en septiembre, en un – 91,86%, alcanzando a tan solo 307.932 zooplancteres, siendo ésta la más baja de los tres períodos analizados durante el cuarto trimestre del año 2001, con valores que fluctuaron desde 491 – 276.009 y un promedio por estación de 23.687.

De las 13 taxas presentes, los que exhibieron los mayores porcentajes de dominancia dentro de la estación fueron los copépodos, eufáusidos y sifonóforos, con dominancias respectivas de 89,63%, 3,19% y 1,59%. La menor representatividad numérica la mostraron las apendicularias. Se presentan por primera vez en la estación los ctenóforos y por segunda vez los doliólidos, después de su última aparición en julio (**Tabla 33**).

Noviembre 2001

El número de taxas durante este mes se redujo a 11, pero la abundancia numérica se incrementó a un máximo de 593.764 individuos, denotando una tasa de cambio positiva de 48,14% respecto de octubre. Los valores máximos y mínimos fueron de 544.161 – 491.

El grupo ampliamente dominante en la estación fue el de los copépodos con un 91,65%, con aportes menores se presentaron los ostrácodos y poliquetos, con 2,32 % y 1,57% respectivamente.



Los ctenóforos, salpas y doliólidos estuvieron completamente ausentes en este período, en tanto los anfípodos se detectaron a partir de este mes (**Tabla 33**).

Diciembre 2001

La abundancia zooplanctónica alcanzó su máxima expresión durante diciembre, con un total de 1.007.393, cifra representada por 10 taxas, cuyas densidades variaron entre 1.561- 919.217, correspondiendo ambos valores extremos a medusas y copépodos. Los incrementos más significativos se observaron en los copépodos, larvas de decápodos y larvas de cifonautas con tasas de cambio positivas respecto del mes anterior de 41%, 80% y 76%. Grupos que a su vez exhibieron los mayores porcentajes en la dominancia de la estación fija de Iquique, con valores de 91,25%, 2,17% y 2,63%, respectivamente.

Los eufáusidos y quetognatos no estuvieron presentes durante este período y los pterópodos sólo se detectaron en este mes (**Tabla 33**).

Enero 2002

Fue en este período donde se observó la menor abundancia zooplanctónica, cuyo total de 307.056 individuos, abarcó valores entre 780 – 296.522. De los 7 grupos presentes, quienes superaron en número fueron los copépodos con una dominancia de 96,57%, las restantes taxas estuvieron con dominancias por debajo del 1,65% (**Tabla 33**).

Febrero 2002

Un notorio incremento se produjo durante este mes en Iquique respecto de enero, con una abundancia de 1.740.320 ejemplares/1.000 m³, revelando un cambio de más de 3.573% en relación a ese mes. Detectándose además en febrero la máxima representatividad específica, 14 grupos cuyas concentraciones fluctuaron entre 954 – 1.670.707, compartiendo el valor más bajo los cladóceros, estomatópodos, sifonóforos, ctenóforos, pterópodos y apendicularias y el mayor a los copépodos. A excepción de los sifonóforos y apendicularias, todos estos grupos de menor densidad se presentaron solo



hasta el mes de febrero (**Tabla 33**). Además la totalidad de los taxas demostraron sus mayores niveles de abundancia durante este mes, salvo las larvas de cifonautas.

Marzo 2002

Se hizo notar significativamente la baja en las tasas de concentración respecto de febrero, decreciendo en un 395%, así también los grupos presentes se redujeron a 6, que reunieron a 351.402 zooplancteres/1.000 m³, exhibiendo densidades variables entre 477 y 347.587, compartiendo el valor menor los ostrácodos, medusas y apendicularias y el mayor los copépodos, con una dominancia de 98,91% (**Tabla 33**).

Abril 2002

Transcurrido el tiempo, se aprecia un nueva disminución numérica del zooplancton, esta vez la tasa de cambio es de -37,45% respecto de marzo, detectándose densidades entre 362 y 244.442, el número de taxas se eleva a 7, siendo los dominantes de la estación con un 95,62% los copépodos, correspondiendo a los únicos, junto a los quetognatos, que no se discontinúan en el tiempo, presentándose también durante el mes anterior, en tanto los restantes grupos estuvieron ausentes en aquel período (**Tabla 33**).

Mayo 2002

El cambio, en la densidad para este mes esta vez se presenta positivo, denotándose un incremento respecto de abril de 57,20%, permaneciendo invariable el número de taxas presentes en relación al mes anterior. Las abundancias fluctuaron entre 362 y 590.854. La mayor dominancia de toda la serie analizada la presentaron durante este mes los copépodos, con un 98,91%, contrariamente las densidades expuestas por los demás ítems se mostraron bastante bajas, en un rango entre 362 y 1.446 (**Tabla 33**).



Mejillones

La estación costera de Mejillones reunió la menor densidad de organismos zooplanc-tónicos respecto de Arica e Iquique, la que alcanzó a los 1.067.283 zooplancters/1.000 m³ (**Fig. 126**), cifra representada por 13 taxas, donde destacan por sus mayores niveles de abundancia a los copépodos, larvas de decápodos, larvas de cifonautas y apendicularias, seguidos de los poliquetos y quetognatos. Los ítems de menor incidencia numérica fueron en primer término los cladóceros, estomatópodos y pterópodos. Los grupos de mayor constancia en el tiempo fueron los copépodos, larvas de decápodos, quetognatos y larvas de cifonautas, con porcentajes de frecuencia entre 68,75% y 81,25% (**Tabla 32**).

Abril 2001

Durante el primer mes de análisis en las estaciones fijas, se observó a la estación de Mejillones como la más importante respecto de Arica e Iquique, debido a su elevada concentración zooplanctónica, constituyéndose en el tercer registro más importante para esta localidad. Las 11 taxas presentes conglomeraron a un total de 1.173.394 organismos/1.000 m³ (**Tabla 33**).

Mayo 2001

El análisis cuantitativo realizado durante este mes correspondió al más bajo de las tres estaciones fijas, concentrándose un total de 1.215.301 zooplancteres/1.000 m³, pero el número de taxas presentes fue igual al exhibido en la estación fija de Iquique, además cualitativamente ambas estaciones albergaron los mismos grupos zooplanctónicos, con la excepción de que en Mejillones se detectaron sifonóforos, no así en Iquique y contrariamente en esta última estación se registraron radiolarios, pero no en Mejillones.

La componente numérica durante mayo exhibió un incremento de un 3,4% respecto de abril, siendo el segundo registro más importante en términos cuantitativos, los individuos se concentraron en densidades extremas de 679 – 1.116.231. Los grupos sobresalientes por sus mayores registros numéricos fueron en orden de importancia los copépodos,



apendicularias, larvas de cifonautas y larvas de decápodos, con porcentajes de dominancia de 91,8%; 2,3%; 1,73% y 0,84%, respectivamente. Las salpas muestran presencia sólo durante este mes (**Tabla 33**).

Junio 2001

Para junio se apreció una caída drástica en la densidad del zooplancton para la estación de Mejillones, con una tasa de cambio de - 428%, reduciéndose además el número de taxas a la mitad, respecto de lo registrado en el mes anterior y la totalidad de los grupos redujeron sus niveles de abundancia respecto de mayo. Las abundancias fluctuaron entre 695 y 211.146 individuos. La estación se presentó dominada principalmente por los copépodos, larvas de decápodos y estomatópodos con un 91,8%; 3,9% y 2,4%, respectivamente. Este último grupo, exhibió su máxima densidad durante este mes en relación a todo el período analizado (**Tabla 33**).

Julio 2001

La densidad presentada por los 9 taxas presentes este mes se mostró inferior a la del mes precedente, disminuyendo en un 18,29%, situándose de esta manera en el segundo registro más bajo de la serie abril 2001 – mayo 2002, incrementándose en dos los grupos zooplanctónicos respecto de junio. Las fluctuaciones numéricas en sus abundancias estuvieron comprendidas entre 355 y 176.219 individuos. Los únicos grupos que se observaron con una continuidad en el tiempo, presentes desde abril fueron los copépodos, eufáusidos y apendicularias (**Tabla 33**). La dominancia alcanzada por los copépodos llegó a un 90,68%, con porcentajes más reducidos dominaron las apendicularias y sifonóforos, 3,47 y 2,38%, respectivamente.

Agosto 2001

Los 8 grupos identificados reunieron una densidad total de 488.975/1.000 m³, lo que representa un incremento respecto de julio de un 60,3%, los diferentes taxas presentes son aquellos que han mantenido una presencia más constante en el tiempo, detectándose



en a lo menos 4 de los períodos mensuales anteriores, exhibiendo sus abundancias extremas entre 727 - 470.811, con un promedio para la estación de 165.551, siendo esta dominada en un 96,29% por los copépodos y en menor grado por las larvas de decápodos con un 1,34% (**Tabla 33**).

Septiembre 2001

El análisis cuantitativo para este mes se manifiesta en un leve decrecimiento de la densidad zooplanctónica, que respecto a agosto exhibe una tasa de cambio de -0,99%. Los 11 grupos presentes se manifestaron en rangos de densidades comprendidas entre de 743 - 420.289. Dos grupos exhibieron sus niveles de abundancia máxima durante este mes, éstos fueron los sifonóforos y apendicularias (**Tabla 33**), mientras que los grupos dominantes fueron los copépodos con 86,81%, siendo este valor porcentual el segundo más bajo registrado de la serie analizada abril 2001/mayo 2002, secundariamente y en menor grado dominaron las apendicularias con el 7,36%.

Octubre 2001

Durante este mes, se constató la presencia de 12 ítems zooplanctónicos, los que en conjunto totalizaron una densidad de 195.329 organismos, representando esta la segunda densidad más baja de la serie analizada, con un promedio por estación de 11.490 y valores fluctuantes entre 379 y 124.025 organismos, correspondiendo ambos valores extremos a los anfípodos y copépodos, respectivamente. Las larvas de decápodos denotan durante este mes su máxima densidad respecto de la serie mensual analizada, aportando con el 19,8% de la dominancia, correspondiendo a su vez, a la más importante de toda la serie, siendo superado sólo por el grupo de los copépodos, aunque estos durante este mes revelaron la dominancia más baja de la serie abril 2001/mayo 2002 (**Tabla 33**).



Diciembre 2001

Diez fueron los grupos presentes durante este mes, concentrando en la zona de Mejillones una abundancia de 2.863.584, insertándose esta como la más alta de todas, incrementándose la densidad en un 93% respecto de lo observado en octubre. Los individuos se presentaron en aglomeraciones que variaron desde 3.130 a 2.744.659 organismos, con un promedio de 168.446 zooplancteres por estación.

Particularmente las taxas dominantes en la zona correspondieron a los copépodos, con un 95,85% de dominancia y poliquetos con un 1,42%. El grupo representado por los cordados tuvo total ausencia durante este período. Los ítems que no se mantuvieron temporalmente fueron los anfípodos, sifonóforos y apendiculariasa, presentándose sí en el mes de octubre (**Tabla 33**).

Enero 2002

La mayor diversidad de grupos se presentó durante este mes, 13 fueron los representantes, quienes reunieron un total de 325.870 individuos/1.000 m³, fluctuando éstos entre 391 y 303.180 individuos. Vuelven a ser los copépodos los dominantes de la zona, demostrando una incidencia porcentual de 93,04%. Contrariamente el porcentaje de menor dominancia lo compartieron los anfípodos, estomatópodos, sifonóforos y pterópodos, con un 0,12% cada uno.

Febrero 2002

El número de taxas se redujo a 8, con un total de 249.021 individuos/1.000 m³, dominando ampliamente los copépodos con el 94,98%. No se presentaron durante este mes los estomatópodos, medusas, pterópodos, apendicularias y larvas de cifonautas. Se produjo una disminución igual a -23,6% en la abundancia del zooplancton respecto de enero (**Tabla 33**).



Marzo 2002

La densidad se incrementó en un 98,6% en relación a febrero, a pesar de presentarse durante este período la menor diversidad específica, reuniéndose sólo 5 grupos zooplanctónicos los que agruparon a un total de 492.392 ejemplares/1.000 m³. Los ítems presentes fueron los copépodos, ostrácodos, larvas de decápodos, quetognatos y larvas de cifonautas, siendo los dominantes del área los copépodos con el 95,41% y los menos representados los ostrácodos y larvas de decápodos con un 0,16%. En este período, los copépodos, quetognatos y larvas de cifonautas exhiben sus máximos valores (**Tabla 33**).

Abril 2002

Conjuntamente con el período de marzo, durante este mes se exhibió la menor representatividad zooplanctónica, los cuatro grupos presentes, concentraron un total de 258.398 ejemplares/1.000 m³, estos fueron los copépodos, sifonóforos, quetognatos y larvas de cifonautas (**Tabla 33**), estos tres últimos grupos revelaron densidades entre 331-994, mientras que los copépodos dominaron el área con el 99,23%.

Mayo 2002

Los 11 grupos identificados muestran abundancias fluctuantes entre 663 y 219.307 individuos, con un promedio para la estación de 65.585. Estos se conglomeraron en un total de 237.859, lo que equivale a una disminución de un 8,6% respecto a lo detectado en el mes de abril 2002. La dominancia expuesta por los copépodos fue de 92,20%. El grupo de los cladóceros, ausente en los meses anteriores (**Tabla 33**), presenta una abundancia igual a 5.963 individuos/1.000m³, lo que equivale a un 2,51% de la dominancia total para la estación de Mejillones, correspondiendo ésta, a la segunda más importante después de los copépodos.



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 DE LA BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA

9.1 Biomasa zooplanctónica en estaciones costeras de monitoreo

El valor más importante en la biomasa zooplanctónica de las estaciones costeras se detectó en forma particular durante el mes de diciembre de 2001 en la localidad de Mejillones, alcanzando una concentración igual a 780 ml/1.000 m³ (**Tabla 34**).

La biomasa más importante observada en Iquique también se consignó en febrero, con una concentración de 715, mientras que en la estación fija de Arica ocurre en enero de 2002 con un máximo de 356 ml, en esta última localidad la biomasa fue exhibiendo a partir de enero, leves disminuciones a través del tiempo hasta llegar a un mínimo de 123 ml en mayo de 2002, correspondiendo esta a la densidad más baja de la serie abril 2001 – mayo 2002 (**Tabla 34**).

Espacialmente la biomasa presente en las tres estaciones costeras de monitoreo, demuestra alzas en los meses de mayo, entre septiembre y octubre y entre diciembre de 2001 a febrero de 2002 (**Fig. 129**).

En relación a la biomasa promedio, esta exhibió el valor máximo durante el mes de mayo de 2001, alcanzando una concentración de 379 ml/1.000 m³, durante los últimos trimestres, el valor más elevado se registró en el mes de diciembre de 2001, con un promedio de 348 ml (**Tabla 34**).



9.2 Biomasa zooplanctónica estacional

En la primavera del año 2001 se detectó la biomasa promedio más importante, así como también la mayor variación de densidad. En general en los cuatro períodos estacionales analizados, el rango de densidad predominante, estuvo dado por la categoría de densidades comprendida entre 101 y 300, con porcentajes de dominancia de 72,3%; 72,1%; 55,3% y 57,4% en otoño, invierno, primavera de 2001 y verano de 2002, respectivamente.

Las concentraciones más importantes en general, se observaron en las estaciones de más al norte, principalmente entre punta Lobos y Arica, señalándose de esta manera una distribución ascendente en sentido sur - norte.

Otoño 2001

La estimación de la biomasa zooplanctónica presentó valores extremos de 84 y 1.243 ml de zooplancton/1.000 m³, exhibiendo un promedio general para la zona de estudio de 228 (Tabla 35).

En términos generales la biomasa mostró una distribución bastante homogénea, observándose una tendencia ascendente en sentido sur-norte, particularmente en la zona costera comprendida entre punta Junín y Arica, sector donde se agrupa la mayor biomasa del área (Fig. 130a).

En la zona se presentó un claro predominio de la categoría de densidad comprendida entre 101 – 300 ml/1.000 m³, la que representó el 72,3% y tuvo en general una cobertura latitudinal y longitudinal máxima, a excepción de ciertas áreas de mayor biomasa, las cuales fueron detectadas a 20 mn al oeste de bahía Moreno, a 5 mn de punta Lobos y entre las 40 y 10 mn desde punta Junín hasta el puerto de Arica.

Los niveles promedio de biomasa zooplanctónica alcanzados con respecto a otoño del año 2000, señalan una disminución con una tasa de cambio igual a –31%, con un leve aumento respecto a 1999 (12,3%).



Las muestras revelaron una dominancia de mesozooplancton, particularmente de copépodos y quetognatos, consignándose también la presencia de eufáusidos y langostinos frente a Antofagasta y en el sector costero comprendido entre Iquique y Pisagua.

Invierno 2001

La estimación de la biomasa zooplanctónica en invierno de 2001, presentó valores extremos de 4 y 552 ml de zooplancton/1.000 m³, exhibiendo un promedio general para la zona de 209. En términos generales la biomasa presentó una distribución bastante homogénea, observándose una tendencia ascendente en sentido sur – norte, particularmente en la zona oceánica comprendida entre punta Lobos y Arica, donde se agrupan al igual que en las inmediaciones de la Península de Mejillones, las mayores biomasa del área de estudio (**Fig. 130 b**).

En la zona se presentó un claro predominio de la categoría de densidad comprendida entre 101 – 300 ml/1.000 m³, la que representó el 72,1% y tuvo en general una cobertura latitudinal y longitudinal máxima, a excepción de ciertas zonas de mayor biomasa (>420 ml/1.000 m³), las cuales fueron detectadas a 1 mn al oeste de bahía Moreno, a 6 mn frente a punta Angamos (23°00`S), a 130 mn de punta Lobos y 100 mn al oeste de punta Canave (19°24`S).

Los niveles promedio de biomasa zooplanctónica alcanzados respecto al invierno del año 2000, señalan un incremento con una tasa de cambio igual a 50,3%, exhibiendo en relación a otoño de 2001 una leve disminución igual a –7,9% (**Tabla 35**).

El mesozooplancton fue el elemento predominante en las muestras, principalmente los copépodos y quetognatos, asignándose también la presencia de eufáusidos y langostinos frente a punta Copaca.



Primavera 2001

En primavera del año 2001, la biomasa zooplanctónica fluctuó entre 46 – 1.436, con un promedio general para la zona de estudio de 331 (**Tabla 35**), predominando los valores comprendidos en los rangos de densidad de 101 – 300 y 301 – 900 ml/1.000 m³, los que representaron el 55,3% y 38,3%, respectivamente. El resto del área prospectada se caracterizó por el predominio del rango de densidad fluctuante entre 34 – 100, el que fue detectado en el 4,25% de las estaciones, focalizándose las mayores biomásas (901 – 10.000) sólo en el 2,12% de las muestras (**Fig. 130 c**).

Las principales categorías de densidad, se presentaron a través de toda la extensión latitudinal y longitudinal del área de estudio, pero en las estaciones más costeras predominó el rango entre 301 – 900 ml/1.000 m³, a excepción de la zona nerítica que se extiende desde Pisagua al sur de Iquique. Cabe destacar que la estación localizada a 1 mn al oeste de Arica registró la densidad más importante, 1.436ml/1.000 m³.

El elemento predominante en las muestras fue el mesozooplancton y particularmente los copépodos y quetognatos. Estos grupos contribuyen con el 48,3% y 41,4%, respectivamente; consignándose también la presencia de eufáusidos y salpas de pequeño tamaño.

Al comparar los niveles de biomasa promedio obtenidos durante el año 2001, se determina que en primavera 2001, la biomasa zooplanctónica presentó una media de 331 (DS= 226,03), siendo este valor 58,4% mayor respecto al crucero de invierno y 29,3% mayor en relación a la primavera del año 2000.

Verano 2002

La biomasa zooplanctónica detectada en la zona de estudio entre Arica y Antofagasta, estuvo representada por valores de densidad comprendidos entre 15 – 993 ml de zooplancton/1.000 m³ de agua de mar, exhibiendo un promedio general para la zona de 263 (**Tabla 35**).



El área prospectada exhibió la presencia de 5 categorías de densidad, fluctuantes entre 0-10.000 ml, pero se observó un amplio dominio del rango entre 101-300, albergándose éste en el 57,4% de la zona comprometida en el estudio (**Fig. 130 d**). Se destaca también la alta presencia de núcleos con concentraciones mayores, entre los 301-900, entregando un aporte porcentual a la biomasa total de 29,79%. Contrariamente, la existencia de áreas de baja densidad fueron escasas, localizándose sólo en una estación concentraciones entre 0-33 y en cuatro focos densidades de 34-100.

En la **Figura 130 d**, se aprecia la biomasa con una distribución bastante homogénea, exhibiéndose los valores de 101-300 en toda la zona comprometida, especialmente desde las inmediaciones de Pisagua hasta bahía Moreno, siendo interrumpida en el sector oceánico, a 100 mn entre punta Lobos (21°00`S) a punta Tames (22°40`S) por fluctuaciones de 34-100, detectándose también densidades con este mismo valor a 40 mn de punta Copaca.

El segundo grupo de mayor densidad estuvo presente mayoritariamente en el extremo norte, entre Arica y Pisagua, encontrándose focos aislados con estas densidades a 70 mn de punta Patache, a 1 y 5 mn de punta Copaca y a 5 y 10 mn frente a bahía Moreno.

A 100 mn de Antofagasta se detectó el único foco de menor biomasa (15ml/1.000 m³) a su vez, la abundancia más elevada fue encontrada a 5 mn de punta Junín, con un valor de 993 ml/10.000 m³.

Los niveles en la biomasa promedio registradas durante el verano del 2002, denotaron una disminución de un -13,5% respecto del verano precedente, decreciendo aún más en relación al año 2000 en -29,7% y en -2,6 respecto a 1999. Situándose el verano del año 2002 como el tercero más bajo de la serie 1989 - 2002, superando sólo las abundancias promedios de los años 1998 y 1997. Siendo, además, el único período estival con presencia de la más baja categoría de densidad (0-33 ml).



G. Objetivo adicional N° 3.3

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

10. EXPLORACIÓN DE LAS RELACIONES ENTRE LA DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS DE ANCHOVETA Y LAS VARIABLES BIO-OCEANOGRÁFICAS

10.1 En relación con la temperatura

La **figura 131** presenta los rangos de huevos y larvas respecto de la temperatura del mar en el estrato superficial.

Durante los días del crucero de mayo del año 2001 (días 21-28), las TSM varían mayoritariamente entre los 14 y 22°C, destacándose la gran extensión geográfica que alcanza la isoterma de los 16°C y la virtual desaparición de valores superiores a los 21°C; asimismo, se observan focos de aguas surgentes que afloran en las proximidades de Pisagua y entre Iquique y Mejillones. Por otra parte, los huevos y larvas se distribuyen mayoritariamente en dos focos, frente al puerto de Arica y al sur de Iquique en los alrededores de los focos de surgencias, lo que implica que ambas variables se presenten preferentemente en aguas frías con una clara preferencia por los 16°C (**Figs. 47 y 131**). Los índices V de Cramer indican que ambas variables presentan buenas asociaciones con la temperatura y la salinidad (**Tabla 36**).

En el crucero de septiembre (17-29 de septiembre), la zona presenta una distribución homoterma, donde mayoritariamente los registros están en el estrato 14-16°C, y que se caracteriza por no presentar gradientes latitudinales y/o longitudinales relevantes, además se aprecia una breve intensificación de las surgencia que provoco bajas temperaturas en la costa. Respecto a los huevos de anchoveta, éstos alcanzan grandes densidades y son más oceánicos que el crucero anterior, con grandes concentraciones frente a Arica, punta Lobos y Antofagasta, la distribución de los huevos indica que se ubicaron en el rango 14-17°C, con una inclinación por TSM de 15-16°C. En el caso de las larvas, éstas revelaron una



distribución más oceánica que los huevos alcanzando las 100 mn de la costa y, al igual que los huevos, se localizaron en el rango 14-17°C, con una preferencia por los 15-16°C.

El mes de diciembre presenta un incremento de las temperaturas las cuales mayoritariamente se encuentran por sobre los 18°C, no obstante lo anterior también se aprecia una delgada franja de aguas frías en las cercanías de la costa debido a un nuevo brote de aguas surgentes. En relación a la distribución de huevos y larvas, se señala que fue bastante costera con dos núcleos relevantes que se sitúan al sur de punta Lobos y frente a Antofagasta en las proximidades de focos de surgencias, respecto a los rangos ambas variables se posicionan entre los 16 y 21°C, con una predilección por TSM de 18°C **(Fig. 131)**.

Durante el crucero de febrero-marzo del 2002 (26/02 – 07/03), las TSM presentan un predominio de aguas cálidas en el sector noroeste, sobresaliendo un núcleo con TSM superiores a los 25°C a unas 100 mn frente a Arica, además se produce un fortalecimiento de las surgencias que se manifiestan en importantes filamentos en el área costera principalmente frente a Iquique y Mejillones. Por otra parte, la repartición de huevos y larvas es muy costera y no supera las 20 mn de la costa con dos focos importantes que se emplazan frente Arica y entre Iquique y Tocopilla en la franja costera de aguas frías y en las inmediaciones de aguas surgentes, respecto a los rangos ambas variables se presentan entre los 15-24°C con una preferencia por aguas de 19-20°C. Cabe destacar que en este crucero tanto los huevos como las larvas de la especie están altamente correlacionadas con la TSM alcanzando Cramer de 0,48 y 0,50, respectivamente **(Tabla 36)**.

10.2 En relación con la salinidad

En el crucero de mayo, la salinidad tuvo una clara variación clinal, con la presencia de aguas más salinas hacia el noroeste y aguas comparativamente menos salinas en el sector costero, asimismo la salinidad evidenció importantes gradientes laterales (negativos a la costa) principalmente al norte del río Loa y un núcleo de bajas salinidades ubicado frente a Antofagasta. Con respecto a la relación entre las reparticiones espaciales de huevos y larvas de anchoveta y la salinidad, se aprecia que tanto huevos como larvas se localizaron entre los 34,4 y 35,1 psu, con una inclinación por 34,7 y 34,8 psu **(Fig. 132)**.



Se señala que los huevos y las larvas presentan una gran asociación con la salinidad con índices V de Cramer de 0,43 y 0,55, respectivamente (**Tabla 36**).

En el crucero de septiembre la distribución de la salinidad es más uniforme en donde las isohalinas superiores a los 34,7 psu cubren aproximadamente el 75% de la zona de estudio; asimismo, la zona analizada no presenta gradientes longitudinales importantes. En relación a la repartición espacial de los huevos y larvas, éstos alcanzan grandes densidades frente a Arica, Pta Lobos y Antofagasta, con una distribución que señala que se sitúan en el estrato 34,6-35,0 psu, con una nítida inclinación por salinidades de 34,7 psu.

Durante diciembre existe un incremento de las salinidades que se encuentran principalmente sobre los 34,8 psu sin embargo se observa una estrecha banda costera con aguas menos salinas. Con respecto a los huevos y larvas de anchoveta, éstos presentaron una repartición ribereña con dos focos principales al sur de punta Lobos y frente a Antofagasta en las proximidades de focos de surgencias, en salinidades de 34,5 y 35,2 psu (**Fig. 132**).

Finalmente, en crucero de febrero-marzo del 2002, las salinidades muestran un predominio de aguas cálidas y salinas en el sector noroeste, asimismo, se observa un robustecimiento de las surgencias que se manifiestan en importantes filamentos en el área costera principalmente frente a Iquique y Mejillones e importantes gradientes laterales. Por otra parte, la repartición de huevos y larvas es muy costera y no supera las 20 mn de la costa con dos focos importantes situados frente a Arica y al sur de Iquique, respecto a los rangos ambas variables se presentan entre 34,3 - 35,3 psu con una clara preferencia por los 34,7 y 34,8 psu (**Fig. 132**).

10.3 Análisis de la señal latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la temperatura

De acuerdo a la metodología, para la estimación de la señal latitudinal de las variables bio-oceanográficas consideradas, fue necesario dividir el área de estudio en franjas latitudinales y longitudinales.



Durante mayo se aprecia que los huevos tienen una cobertura preferentemente costera alcanzando las mayores concentraciones en las primeras 10 mn frente al puerto de Arica y al sur de Iquique en los alrededores de los focos de surgencias, lo anterior significa que los huevos se posicionarán en aguas frías y en las cercanías de gradientes térmicos moderados (**Fig. 133 a**). Por otro lado, las larvas poseen una distribución más oceánica y se presentan mayoritariamente entre Iquique y Tocopilla en los bordes térmicos que forman el afloramiento de las aguas surgentes; asimismo, se observa que las mayores concentraciones de las larvas están relacionados con variaciones latitudinales negativas de la TSM, es decir se encuentran en sectores donde la temperatura va descendiendo en el sentido norte-sur, los cuales a su vez se asocian con gradientes de térmicos moderados y a bordes de focos de surgencia (**Fig. 133b**).

La **Fig. 134a** nos muestra que en septiembre se observan importantes concentraciones de huevos y larvas de la especie. En efecto, en el caso de los huevos de anchoveta, se presentan tres grandes concentraciones: frente a Arica, frente a punta Lobos y a la cuadra de Antofagasta, las cuales están relacionadas con sectores donde se presentan aguas surgentes y variaciones latitudinales negativas de la TSM. En cuanto a las larvas, éstas también exhiben grandes concentraciones en las primeras millas de la costa que se extienden hasta las 100 mn frente a Arica y Tocopilla; al igual que los huevos, las larvas de anchoveta muestran sus más altas densidades en sectores donde las temperaturas presentan un continuo descenso en el sentido norte-sur, de igual forma los núcleos emplazados al sur de Tocopilla se sitúan en lugares donde la temperatura presenta continuos decrecimientos y en las cercanías de los focos de surgencias (**Fig. 134b**). Por otra parte, en la banda de 11-20 mn se observa que frente a Arica y Tocopilla hay grandes densidades que se presentan en sectores donde hay moderados gradientes térmicos relacionados con filamentos de aguas frías que emergen desde la costa.

En el crucero de diciembre, tanto los huevos como las larvas de anchovetas disminuyen considerablemente su cobertura geográfica, sin embargo las variables tienen una gran presencia en las estaciones que se encuentran en los sectores ribereños. En relación a los huevos, se puede apreciar que presentan dos núcleos relevantes (entre punta Lobos-Tocopilla y frente a Antofagasta), respecto de dichos núcleos se destaca que están 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 nortesur (**Fig. 135a**); en la franja de las 11-20 mn se advierte que al sur de Iquique hay altas concentraciones relacionadas con fuertes gradientes térmicos. Con respecto a las larvas, se distinguen tres focos principales; el primero está ubicado frente de Arica y se caracteriza por presentar densidades medias y ubicarse en aguas frías, el segundo centro se presenta entre punta Lobos y Tocopilla y esta vinculado con aguas surgentes que poseen gradientes moderados y; el tercero, está a la cuadra de Antofagasta y presenta las mayores concentraciones y se ubica al sur de focos de surgencia en zonas de altos gradientes térmicos (**Fig. 135b**).

Durante el crucero de febrero del 2002, la repartición geográfica de huevos y larvas muestra bajas concentraciones de la especie y agrupadas mayoritariamente en las primeras 10-20 mn de la costa. Respecto de los huevos, la distribución indica que frente al puerto de Arica se localizan las mayores densidades en un sector cercano a focos de aguas surgentes y relacionados con gradientes térmicos moderados (**Fig. 136a**). Por su parte, las larvas presentan una repartición más extensa y homogénea, observándose un gran núcleo frente a Pta Lobos que se caracteriza por exhibir mediocres densidades y situarse en el centro de un foco de aguas surgentes (**Fig. 136b**).



IX. DISCUSIÓN

Los vientos medidos en las estaciones oceanográficas para cada período muestran dos características principales: 1) vientos de baja intensidad con un porcentaje de valores menores a 5 m/s superior al 90% y 2) vientos de predominio del segundo y tercer cuadrante con la mayoría de los vientos provenientes de los 150° y 200°. No obstante el predominio de vientos de baja intensidad, la constancia en la dirección con componente hacia el norte producen durante todo el año una situación de surgencia prácticamente permanente a lo largo de gran parte de la costa y también un transporte de agua de surgencia hacia oeste que llega hasta las 40 mn, principalmente en verano y otoño. En cada crucero es posible observar varias zonas de surgencia habituales como Iquique a Tocopilla y Mejillones. En general las capas de mezcla observadas para cada período pueden explicarse a través de los vientos observados en los cruceros. Es así como la mitad sur de la zona se caracteriza por mayores capas de mezcla en otoño primavera y verano, asimismo un aumento del espesor de esta capa hacia el oeste, sector de mayores vientos en comparación con la franja costera. Las mayores intensidades relativas a los cuatro cruceros se registraron durante la época de invierno y de este período las máximas estuvieron en la zona central de punta Lobos a Tocopilla y hacia el sector oceánico.

La TSM en la zona de estudio se presentó tanto en valores como en distribución de acuerdo a los patrones estacionales típicos (Blanco *et al.*, 2001), es decir, el período invernal presentó la menor temperatura superficial con bajos gradientes costa – océano, mientras el período estival tuvo fuertes gradientes térmicos originados por las altas temperaturas superficiales ($> 25^{\circ}\text{C}$) en el sector oceánico y las bajas temperaturas ($< 17^{\circ}\text{C}$.) en la franja de las primeras 20 mn.

Los valores de anomalías de temperatura se presentan en general dentro de los rangos de $\pm 1^{\circ}\text{C}$, rango considerado como una variación normal de esta variable de acuerdo a los promedios históricos (Blanco *et al.*, 2001).



En los 4 períodos se presentan procesos de surgencia que son evidenciados por los frentes térmicos superficiales en la costa durante otoño, primavera y verano, pero en el período de invierno, dada la similitud de los valores de temperatura de las aguas oceánicas y las costeras no se crean estos frentes térmicos, no obstante el proceso de afloramiento está ocurriendo, tal como se evidencia en las gráficas de temperatura vertical. En los procesos de afloramiento se destaca lo siguiente: 1) un transporte intenso de agua de surgencia hacia el sector oceánico en el período de otoño en el área punta Lobos a Tocopilla, en primavera entre Iquique y punta Lobos y también en verano entre Arica e Iquique y 2) el debilitamiento de la surgencia costera frente a Pisagua (T4, 19°40'S) que permitió la entrada de agua de origen AST hacia la costa. El punto 1 indicado origina anomalías térmicas y salinas superficiales negativas en el sector comprometido, las que en verano llegaron hasta -2°C en el área oceánica frente a Pisagua, centrado en las 50 mn de la costa.

El período de invierno fue el período de mayor homogeneidad en la TSM y también en las anomalías térmicas las que estuvieron entre 0 y -1°C hasta las 100 mn.

En lo que respecta a la termoclina, los períodos de otoño e invierno presentan los menores espesores de esta la capa con un promedio general de sólo 10 m. El período de primavera presenta los mayores espesores de hasta 50 m en la franja oceánica y de 10 a 20 m en la franja costera, seguido del período de verano con espesores unos 10 m menores a los de primavera. El espesor de la termoclina está definido principalmente por dos factores: 1) la profundidad de la CM, que origina un gradiente térmico con la capa bajo ella y 2) el gradiente térmico en la columna de agua. Es por este último punto que en verano se encuentran los mayores gradientes máximos no obstante la capa de mezcla no es tan profunda como en invierno. Como ejemplo, se presenta el caso del sector oceánico frente a Tocopilla, él que tiene una delgada termoclina pero una alta temperatura superficial, debido a la presencia de AST, está mezclada hasta 20 m, y el agua subsuperficial bajo la CM tiene participación de agua subantártica (ASAA) de baja temperatura, por lo tanto estos dos factores hacen que tenga un mínimo espesor de termoclina pero con un fuerte gradiente térmico. En el caso de la franja central y también para la costera, el mayor espesor de la termoclina durante el verano, en comparación al otoño e invierno, se debe a una más delgada capa de mezcla (0 a 10 m) con agua de



mayor temperatura superficial, por lo tanto existe un mayor gradiente térmico con las aguas bajo la CM, originando entonces que la termoclina sea de mayor espesor y de mayor gradiente térmico, en comparación a los otros dos períodos mencionados.

La temperatura base de la termoclina se presentó en general con valores mayores en el período de verano, sin embargo éstos ocurrieron en la franja oceánica frente a Tocopilla (22°S), dejando el resto del área con una temperatura de 14 a 15°C, valor similar que predomina en los períodos de otoño y primavera, salvo con la presencia de algunos focos de valores mayores encontrados en otoño 2001. El invierno presenta valores más bajos que están entre 13° a 14°C.

Con respecto a la profundidad base de la termoclina se localizó más profunda en invierno en comparación a los otros periodos, sin embargo cabe recordar que el invierno tiene los menores espesores de la termoclina y los mayores espesores de capa de mezcla de los cuatro periodos. Comparativamente el período de otoño localiza el término de la termoclina a menor profundidad que los otros períodos analizados.

El gradiente máximo en la termoclina, es lo que indica la máxima diferencia de temperatura ocurrida en un intervalo de 1 m de profundidad y por tanto la máxima intensidad dentro de esa capa.

Dado que la densidad en la vertical está determinada fuertemente por la temperatura entonces en este punto se ubica también el máximo gradiente de la pycnoclina. Por lo general, los máximos gradientes se ubican al terminar la CM o unos metros más abajo. Al comparar las figuras de máximo gradiente con las de gradiente promedio, se observan diferencias en la magnitud sin embargo, en general, la distribución de máximos y mínimos es similar. Se puede indicar también que la profundidad del gradiente máximo fue en general unos 5 m mayor a la profundidad de la CM, lo que significa que no siempre el máximo gradiente térmico se localiza al inicio de la termoclina.

La distribución de las isotermas en la vertical de los primeros 100 m de profundidad muestra una presencia permanente de procesos de surgencia, incluso en los períodos de invierno en que no son evidentes por la ausencia de frentes térmicos en la franja costera.



El ascenso de las isotermas en las primeras 20 mn hace evidente estos procesos los que, sin embargo tienen una variación estacional y latitudinal. En este sentido, de las figuras 13 a 17, se observa que las surgencias durante el período de estudio, mayo 2001 – febrero 2002, son más intensos en otoño y verano al mostrar ascensos de las isotermas desde mayor profundidad, 50 a 70 m, y estos ascensos ocurren desde distancias más alejadas de la costa, formándose los frentes térmicos característicos desde la línea costera hasta las 40 mn. El período de otoño muestra una situación similar aunque en un grado menor. En un sentido latitudinal las mayores intensidades de surgencia, dado las pendientes y profundidad de las isotermas involucradas están en la mitad sur de la zona es decir transectas de bahía Moreno, Pta. Junín y Pta Lobos.

En lo que respecta a la termoclina, es evidente que en el período de verano se forma una termoclina de mayor gradiente, como se vio anteriormente, y a la vez de mayor espesor, lo que esta asociado fundamentalmente a la mayor temperatura de agua superficial AST que ingresa a la zona durante la época estival. Por el contrario, las isotermas muestran el período de invierno con las menores estratificaciones por la menor temperatura de las aguas AST.

Bajo los 100 m de profundidad la horizontalidad de las isotermas está gobernada por la ubicación del núcleo de la masa de agua Ecuatorial subsuperficial (AESS). Es así que la mayor intensidad de este núcleo, de temperaturas entre 12 a 14°C, profundiza la de 12°C y levanta la de 14°C, proceso que ocurre en dirección hacia la costa. No se puede indicar categóricamente que los lugares de fuerte pendiente de la isotermas de 12° y 14°C signifiquen una intensificación hacia el polo, ya que las variaciones de la corriente que transporta la AESS presenta en inversiones de dirección frecuencias de semanas (Shaffer *et al.*, 1995), sin embargo es probable, dado las fuertes pendientes de las isotermas, que el flujo se intensifique hacia el polo en esos lugares.

En relación a la profundidad de la isoterma de 15°C se puede indicar que, de los cuatro períodos observados, las máximas profundidades de esta variable se encontraron durante el invierno y las mínimas durante el período de primavera del 2001. Los períodos de Otoño y Verano se presentaron con una distribución similar de las isobatas de esta variable, teniendo este último período unos 10 m más profundo en el área por fuera de las 40 mn.



En general las anomalías de profundidad de esta isoterma se presentan dentro del rango considerado normal de ± 10 m. Sin embargo el período de invierno muestra algunas zonas con anomalías mayores y levemente significativas e incluso pequeñas áreas con anomalías significativas. En este sentido se puede indicar que dado que las anomalías de TSM muestran un valor indicativo de normalidad, se puede sugerir entonces que el sector norte de la zona de estudio, presenta una capa de agua de origen AST menos profunda y que el agua subantártica (ASAA) y/o ecuatorial subsuperficial (AESS), que se ubican bajo ella, se presentan de manera más intensa, disminuyendo la temperatura en la columna de agua. En el sector sur y a nivel superficial existiría un debilitamiento de la ASAA, lo que hace que la participación de la AST sea más profunda y por ende que la isoterma de 15°C se presente más abajo de lo normal.

Para los cuatro períodos analizados, la existencia de valores de anomalía en general en torno al promedio histórico (± 10 m), o que aquellas consideradas como significativas sean causa de procesos locales señalan que no se presentaron en la costa norte de Chile, en las fechas cercanas a los cruceros, ondas tipo Kelvin, características de los eventos cálidos El NIÑO-OSCILACION DEL SUR (ENOS) desplazándose hacia el sur. Cabe mencionar, que el paso de las ondas Kelvin profundizan la termoclina fuertemente, pudiendo alcanzar 40 m por sobre el promedio en el sector oceánico y más de 200 m en el costero, como se registró en el verano de 1998. Estas ondas son en definitiva las responsables del transporte anómalo desde el norte a la zona de estudio de aguas de características subtropicales AST durante los eventos cálidos.

Una profundización de las isotermas en la costa norte ocurrió a fines de marzo del 2002, posterior al IV Crucero, realizado a principios de ese mes, situación que fue observada a través de la información obtenida en las tres estaciones fijas asociadas a este proyecto. La profundización indicada se debió al paso de una Onda Kelvin por la zona. Así mismo los datos de las estaciones fijas del mes de abril indicaron una rápida recuperación del sistema. Siendo esta variable un buen indicador de las condiciones anómalas relacionadas a los períodos cálidos de EL ENOS y de acuerdo a los valores registrados durante el período mayo 2001 – marzo 2002, se puede indicar que la zona de estudio presentó una condición de normalidad, excepto para fines de marzo en que se produjo una



profundización de las isotermas en la costa pero con rápida normalización hacia el mes de abril.

Los espesores de capa de mezcla son informados y comparados por primera vez dentro del marco de los proyecto “Monitoreo bio-oceanográfico de la zona norte”, por lo que no existe información histórica para efectos comparativos del comportamiento intra estacional con los actuales resultados. En el actual proyecto, sólo se pueden discutir las diferencias encontradas entre los cuatro períodos de estudio y estos deben interpretarse como observaciones relativas a los cruceros y no necesariamente como características del período estacional correspondiente. En este sentido se puede señalar que en general en los cuatro períodos la profundidad de la capa de mezcla aumentó en sentido este-oeste. Los períodos de otoño e invierno tienen profundidades de la CM menores a 10 m en la franja de las primeras 30 mn de la costa, pero primavera y verano muestran una extensión de esta franja de bajo espesor de la CM hacia el oeste, caracterizándose ambos períodos por presentar en la zona oceánica en general profundidades menores a 20 m, especialmente el período de primavera, el que tiene las menores profundidades de los cuatro. En el sector oceánico, el período correspondiente a invierno presentó las mayores profundidades, en relación a los otros tres periodos, en el espesor de la CM, las que llegaron hasta 50 m en las 100 mn y hasta 60 m en las 200 mn de la transecta de punta Copaca. La profundidad de la capa de mezcla en la zona muestra un grado de asociación con los vientos registrados durante cada período de muestreo estacional, especialmente invierno y primavera. Es así como el invierno 2001, con mayores capas de mezcla, presenta los vientos más intensos y por el contrario, la primavera 2001 con los menores intensidades de viento, principalmente en la mitad sur de la zona, tiene los menores espesores de CM.

La variable salinidad superficial muestra también en el sector oceánico la típica variación estacional (Blanco *et al.*, 2001) con los máximos valores superficiales en la época de verano y los menores durante el invierno. Asimismo, durante el verano se presentan los mayores gradientes superficiales en sentido Este –Oeste, producto de salinidades bajas en las primeras 20 mn, originadas por la surgencia.



Estacionalmente, se puede indicar que en otoño del 2001 las anomalías positivas no superaron los 0,1 psu y se ubicaron sólo en un foco oceánico más allá de las 70 mn entre Iquique y Tocopilla y otro pequeño foco que se ubicó 20 mn frente a Arica (T5). En invierno del 2001, las áreas costeras de Arica a Pisagua, Iquique a punta Lobos y de Mejillones al sur tuvieron valores de anomalía negativos entre 0 y -0,1 psu, los que no es significativo, y que evidencia el desarrollo de una surgencia de tipo débil en las dos primeras áreas y relativamente más intensa en Mejillones. En el resto del área costera las anomalías negativas fueron levemente mayores a 0,1 psu (absoluto) lo que sugiere asimismo el desarrollo de una surgencia aún más débil. Los bajos valores de salinidad superficial encontrados en primavera en la transecta de punta Copaca (T2) (estaciones 16 y 17) se deben a un proceso de afloramiento costero pero en el que participa preferentemente ASAA y no agua ecuatorial subsuperficial (AESS) como es habitual en la zona. Lo anterior, es confirmado por los relativamente altos valores de oxígeno (> 5 mL/L) y también por los valores de salinidad bajos a nivel superficial y subsuperficial en este sector ($< 34,6$ psu).

Durante el verano el agua surgente en la franja costera corresponde preferentemente a AESS mezclada parcialmente con ASAA, lo que da un valor relativamente bajo de salinidad y esto origina las anomalías negativas encontradas habitualmente en ella. En este mismo sentido, los menores valores de anomalía en la estación 21 (1 mn, punta Lobos) 0 a $-0,01$ psu indica que hay una fuerte participación de agua AESS, por lo tanto mayor salinidad, disminuyendo de esta manera la desviación con respecto al promedio histórico. Dados los resultados obtenidos se puede señalar que las salinidades superficiales registradas en verano del 2002, se encuentran dentro de los rangos normales y que las mayores desviaciones respecto del promedio, se deben sólo a procesos locales típicos del período del año.

La salinidad en la vertical de las transectas realizadas muestra la ubicación de los diferentes núcleos de las masas de agua que se presentan en la zona hasta una profundidad de 500 m. Los núcleos más salinos asociados a la superficie oceánica corresponden a la masas de agua subtropical (AST), la que con una alta temperatura y salinidad relativa se presentan fuertemente intensificada durante el período estival y hacia las transectas de más al norte. Su participación hacia las transectas de bahía



Moreno y punta Copaca se realiza preferentemente mezclada con agua subantártica ASAA y limitada, en forma menos mezclada, a una estrecha franja superficial hacia el lado oceánico de la transecta. Es así como sólo en los períodos de otoño y verano se observan salinidades superiores a 34,9 psu en la capa superficial de la transecta T2 punta Copaca, y sólo en verano en la transecta T1 bahía Moreno. Hacia las transectas de más al norte la AST es más habitual en todos los períodos a excepción de invierno, en que se presenta sólo en las transectas T4 y T5.

Los núcleos de agua subantártica ASAA corresponden a aquellos de mínima salinidad, que alcanzan hasta 34,2 psu en las transectas T1 y T2 ubicadas hacia el sur y de 34,5 psu en las transectas del límite norte. La intensidad de este núcleo es mayor en los períodos de invierno y primavera y en todas las transectas se observa como se extiende desde el borde oeste bajo la AST y sobre la masa ecuatorial subsuperficial AESS, y asciende hacia la costa para participar en la surgencia mezclada con AESS, o bien ubicándose como núcleo intenso bajo la AST y mezclándose en la costa con ella, como ocurre en la transecta T3 en el período de invierno.

La AESS se localiza bajo la ASAA con fuerte presencia en la mitad norte la que disminuye hacia la mitad sur. En general su núcleo, mayor a 34,8 psu y con salinidades de hasta 34,9 psu en otoño y verano, se encuentra próximo a la costa en las transectas T1 y T2, donde forma una capa de agua de mayor espesor, caracterizándose a nivel subsuperficial por una más alta salinidad y mayor temperatura (al mismo nivel de profundidad). En las transectas T3 a T5 ocupa este núcleo todo el largo de la transectas, entre los niveles de 100 a 200 m. Es en el período de verano donde la AST se presenta más intensa, ocupando en la transecta T5 el nivel de profundidad entre 100 y 300 metros.

En la vertical de la transecta 3 las anomalías de temperatura y salinidad se caracterizan por presentar bajo los 100 m de profundidad valores entorno al promedio histórico por lo tanto sus valores se encuentran en general entre +1 y -1°C y 0,1 a -0,1 psu respectivamente, lo que sugiere un comportamiento normal de las masas de agua bajo este nivel de profundidad. Sin embargo, en la capa superficial de los primeros 100 m se registraron valores positivos y negativos asociados a procesos locales como mezcla y/o la presencia de una masa de agua en particular como AST que sube los valores de



temperatura y salinidad y el caso de AESS que los disminuye. En esta capa de agua superficial la presencia de valores de anomalía significativos responden a procesos de mezcla y transporte, por lo tanto a procesos locales y no necesariamente a una mayor presencia sostenida de una masas de agua en particular que definiría una situación de anormalidad. En este caso sin embargo el período de invierno parece sugerir, como se verá a continuación, una tendencia mayor a valores negativos de anomalía.

En otoño, el ASAA se ubicó en la franja de las primeras 40 mn de la costa a nivel superficial con su núcleo en los 40 m originando las anomalía de -2°C y $-0,4$ psu reportadas para ese sector. En este caso la presencia de ASAA en forma importante en la composición de las aguas del sector se debe a la participación de esta masa de agua en la surgencia costera y posterior transporte hacia el oeste. En esta caso la AESS también participa en la surgencia, pero se encuentra pegada en las primeas 5 mn de la costa y posterior transporte en la capa de los primeros 10 m de agua. En la franja oceánica se puede indicar que la presencia de la AST y de una capa de mezcla de 20 a 30 m subió la temperatura y salinidad del agua a nivel subsuperficial hasta los 40 m. Y por otro lado la ubicación inmediatamente bajo ella de un núcleo de ASAA es la causa de las anomalías negativas para ambas variables.

La anomalías de temperatura y salinidad encontradas en invierno en el sector oceánico corresponden a una localización de un núcleo ASAA (de agua de menor temperatura y salinidad) el que también da origen a anomalías negativas de profundidad de la isoterma de 15°C (30 m más superficial). La anomalía costera que fue positiva en temperatura y negativa en salinidad ($+1^{\circ}\text{C}$ y $-0,3$ psu, respectivamente) que se localizó a 20 mn de la costa y a una profundidad de 80 m, está también asociada a un núcleo de ASAA que se ubicó en aquel lugar, esto explica los valores de anomalía positivos de temperatura y negativos de salinidad presentes en la capa de los primeros 100 m en la estación 38 (20 mn), pues serían la mezcla de aguas tipo AST y ASAA.

En el caso del período de primavera, la presencia de anomalías negativas de temperatura y salinidad en la capa superficial de los primeros 100 m de la columna de agua durante diciembre de 2001, también fueron reportadas durante diciembre de 2000 en temperatura y desde 1998 en adelante en salinidad (Braun *et al.*, 1999a, 1999b, 2000, 2001).



En este sentido se puede señalar que durante el mes de diciembre de 1997 y como consecuencia del evento cálido “El Niño 1997”, se presentaron importantes anomalías positivas en la columna de agua, las que superaron los +4°C y +0,5 psu en la capa superficial de los primeros 100 m (Braun *et al.*, 1998), mientras que en diciembre de 1998 y 1999 (Braun *et al.*, 1999, 2000) estas anomalías no fueron significativas en temperatura, oscilando alrededor del promedio, sin embargo, en salinidad fueron de tipo negativas y con una magnitud mayor a 0,3 psu.

Los años 2000 y 2001 presentaron anomalías negativas de temperatura, siendo menores el año 2000, pero para la salinidad, éstas continúan siendo negativas y significativas con magnitudes de 0,3 a 0,4 psu para los respectivos años.

Sin ser concluyente, se puede señalar, que a lo largo de esta transecta existe la tendencia a presentar, con posterioridad a El Niño 1997/98, y particularmente durante los períodos de primavera, anomalías negativas de temperatura y salinidad, las que han ido en aumento gradual hasta la fecha.

Lo indicado anteriormente puede ser una consecuencia del desarrollo de “La Niña 1998-1999”, que si bien no afectó en forma importante la temperatura superficial de las aguas chilenas de la zona norte, parece haberlo hecho en mayor grado en la salinidad superficial (Braun *et al.*, 2000 y 2001) y en la temperatura y salinidad a nivel subsuperficial, principalmente entre los niveles de 25 y 100 metros.

Lo anterior puede ser causa de:

- la participación de agua de tipo AST, en forma comparativa a los años normales, fue menor durante el período 1998-2001, lo que supondría un menor transporte desde el norte;
- una participación mayor de la ASAA, proveniente del sur y en este caso habría un mayor transporte de la corriente de Humboldt, y
- la AST se presenta en diciembre de los últimos años con valores de salinidad más bajas, lo que explicaría las anomalías negativas superficiales del 2000, sin embargo esta situación no se ajusta a lo encontrado en la superficie el año 2001.



En relación a lo que ocurre bajo los 100 m de profundidad y al oeste de las 70 mn, las anomalías negativas de salinidad indicarían también una menor participación de agua tipo AESS, y por lo tanto esto sería la causa de la reducción de los valores de esta variable.

Como complemento a lo indicado anteriormente se puede mencionar que una situación similar a la descrita para primavera de 2001, se registró también durante el invierno de los años 1997 – 2001 (Braun *et al.*, 1998, 1999a, 1999b, 2000, 2001 a,b,c). En este caso los períodos de otoño de 1997 a 1999 también se presentaron en forma similar, sin embargo en los correspondientes al 2000 y 2001 se registraron anomalías positivas de temperatura y negativas de salinidad, las que son de menor magnitud respecto a las encontradas en los períodos de primavera e invierno correspondientes. Por otro lado, los muestreos realizados en el período de verano (febrero-marzo) de los años 1998, 2000 y 2001 presentan un cuadro relativamente distinto, en este caso marzo de 1998 presentó aún importantes anomalías positivas de temperatura y salinidad asociadas con el evento cálido de 1997, pero el correspondiente al del 2000 presentó la tendencia a una situación neutral en temperatura a excepción de una foco cálido en los 25 m de profundidad y 70 mn de la costa. En el verano del 2001 la situación se presentó más cercana al patrón de primavera, con anomalías negativas de salinidad y temperatura, principalmente en la capa de los primeros 100 m. La comparación con los otros períodos estacionales, y según la información recopilada a la fecha, permite sugerir que lo indicado para el período de primavera sería una característica estacional propia y comparable sólo, aunque en menor grado, con lo que está ocurriendo en los períodos de invierno.

En verano de 2002 se presenta una condición similar a la encontrada durante el otoño anterior, descrita anteriormente, con una capa superficial oceánica de anomalías positivas de temperatura y salinidad hasta los 40 m y en la costa estas anomalías son negativas en ambas variables.

La densidad superficial se encuentra determinada por la temperatura en los cuatro períodos de estudio, lo que se observa a través de una distribución de las isopicnas en forma similar a las isotermas superficiales. Comparativamente el invierno se presenta como es habitual con una superficie más homogénea en los valores de densidad, con



muy bajo gradiente costero. La surgencia que ocurre en esta zona en invierno no se manifiesta claramente a través de los valores de densidad en la costa y sólo es perceptible a través de la distribución vertical de algunas variables. En primavera y verano en cambio la aparición de gradientes superficiales, máximos en verano, en la franja costera es lo habitual, situación que es producto de surgencia y principalmente por la entrada de agua subtropical a la zona que aumenta la temperatura y salinidad en la franja intermedia y oceánica.

Estando la densidad principalmente determinada por la temperatura en la columna de agua para todos los periodos, entonces no es extraño encontrar que durante el verano la capa superficial de los primeros 100 m de profundidad se encuentre con una mayor estratificación. El otoño presenta una situación similar pero no tan marcada como en el verano y es durante el invierno cuando la estratificación vertical, y también la horizontal, se encuentra en su mínima expresión para la zona. La estratificación por temperatura se ve incrementada también en el verano pues la AST, que ingresa a la zona en superficie lo hace también con una mayor salinidad. En un sentido latitudinal esta estratificación de la columna de agua, para todos los periodos, es mayor hacia la mitad norte de la zona, situación que se indica por el acercamiento de las isopicnas provocando una picnoclina más intensa y también más delgada. En un sentido longitudinal (este – oeste), la picnoclina presenta un adelgazamiento hacia la costa de la transecta T1 a T3, mientras que en las transectas T4 y T5 se presenta con un espesor similar a lo largo de la transecta.

Los cuatro períodos de estudio muestran la presencia habitual de las masas de agua presentes en la capa de los primeros 500 m de profundidad de la zona norte de Chile. Estas son: agua subtropical (AST) en la superficie, agua subantártica (ASAA) y agua Ecuatorial subsuperficial (AESS) a nivel subsuperficial (Silva y Konow, 1975). Tanto la ASAA como la AESS suelen ubicarse en la superficie de la franja costera al ser ascendidas por los procesos de surgencia descritos para la zona (Blanco *et al*, 2001).

No obstante se encuentran presentes estas masas de agua en todos los períodos y a lo largo de toda la zona, éstas tienen variaciones en la participación tanto en forma estacional como en un sentido longitudinal y latitudinal. Para el período de estudio de



mayo 2001 a marzo 2002, la AST se presentó como de esperar más intensa en la época estival y hacia la mitad norte de la zona. La ASAA se ubicó a nivel subsuperficial bajo la AST y participó en la surgencia costera mezclada con AESS, situación similar a la de otoño pero con menor participación de la AST. La AESS se presenta bien definida en todas las transectas y periodos, y participa fuertemente en todas las estaciones, sin embargo en el período de invierno y primavera se aprecia una separación de algunas líneas t-s del grupo principal, las que corresponden a las transectas de bahía Moreno a punta Lobos (T1 a T3) dando lugar a una mayor presencia de ASAA.

Los períodos que mostraron un patrón de circulación con flujos paralelos a la costa fueron el invierno de 2001 y el verano de 2002. En el primero estos flujos fueron hacia el norte prácticamente en toda el área hasta las 100 mn. En el verano estos flujos presentaron también dirección hacia el norte, abarcando hasta las 100 mn. De la misma manera, en el sector costero entre Pisagua - Iquique y Tocopilla – Mejillones, aparecen flujos característicos de la surgencia costera con transporte hacia el oeste, de agua más fría y menos salina, siendo esta la causa de las anomalías negativas de estas variables en aquellos sectores. Los aportes de AST hacia la zona se hacen a través de la zona norte hasta Pisagua y en el sector oceánico frente a Tocopilla. El Otoño 2001 muestra los flujos hacia la costa en la mitad norte de la zona e importantes flujos saliendo de ella entre Tocopilla y punta Lobos, el primero originado por debilitamiento de la surgencia y de los vientos y el segundo flujo por aumento de la surgencia que intensifica el transporte hacia fuera de la costa. El período de primavera, con bajos vientos hacia el norte en el sector costero se muestra con baja intensidad de los flujos en el mismo sentido, lo que se muestra por una mayor separación de las isolíneas de geopotencial. En este mismo período, el flujo hacia el sur que se localiza en la mitad norte de la zona centrado entre 20 y 40 mn es el responsable de la entrada de agua más salina y cálida que crea las anomalías positivas de las variables respectivas. El patrón de circulación encontrado en otoño difiere al del mismo período del 2000. La presencia de un flujo más desarrollado hacia el norte, provoca la aparición en la mitad sur de la zona de estudio de anomalías negativas en superficie mayores a 1°C y también el levantamiento de la termoclina en 10 m. Las características de la circulación descrita para este crucero se asemejan al encontrado en invierno del año 2000.



En relación a las TSM satelitales, se puede mencionar que los meses de enero, febrero y marzo del presente año fueron más cálidos que en el 2001, lo anterior se manifiesta claramente en los registros de la TSM satelital, es así como en los primeros meses del 2001 los valores máximos alcanzados son de 25°C (en enero-febrero 2001) en tanto que en el año 2002 los registros se empinaron sobre los 26°C. Asimismo, se destaca que en términos globales el verano del presente año presentó TSM mucho más altas que los veranos de 1999 y del año 2001, lo que queda reflejado en la señal de la distribución espacial mensual de la TSM, donde se aprecia claramente el calentamiento de la zona de estudio principalmente al norte de Iquique. No obstante lo anterior, las TSM manifiestan condiciones de total normalidad lo que es coincidente con lo reportado por las estaciones de monitoreo a lo largo del Pacífico sudeste (BAC 138 y 139). También se debe destacar la nítida variación intra e interanual con una clara estacionalidad verano-invierno, lo que es semejante a lo descrito por Pizarro *et al.* (1994) y Yáñez *et al.* (1995).

Asimismo, es posible apreciar una gran variabilidad de las TSM tanto espacialmente. En efecto, se advierte un claro enfriamiento en la medida que se avanza en dirección sur, también en el presente trabajo se observan sectores típicos donde se sitúan focos de surgencias: desde Arica hasta punta Baquedano (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 Barbieri *et al.* (1995).

Finalmente, se destaca que los resultados indican que las cartas satélites describen claramente el comportamiento de la estructura térmica durante el período de estudio y pueden ser utilizadas para discriminar distintos eventos como por ejemplo, filamentos, surgencia, remolinos, etc., que están en directa relación con la distribución y abundancia de las especies (Barbieri *et al.*, 1995; Cáceres, 1992; Fonseca y Farías 1987).

Las mayores concentraciones de OD, es decir >6 mL/L, estuvieron asociadas a los flujos de agua frías (< 17°C) y menos salinas (< 34,7 psu) que provienen de la zona sur, o masa de agua tipo ASAA, específicamente en las transectas 1 y 2. Mientras que, en la zona norte, las masas de agua con concentraciones cercanas a 5 mL/L estuvieron asociadas a



masas de agua tipo AST, de salinidad superior a 35 psu y temperatura mayor de 19 °C. No obstante esto, se debe considerar que los flujos de gases en el plano superficial son altamente dependientes de las condiciones locales de interacción entre el océano atmósfera, por lo que esta información sólo es una visión general del ecosistema.

Al considerar la distribución vertical del OD, la posición más somera de las zonas hipóxicas, impondría un límite a la distribución de organismos pelágicos con altas tasas de consumo de este gas, especialmente a los pequeños pelágicos. No obstante, en la zona se ha podido verificar que los recursos pueden estar en las cercanías de masas de agua hipóxicas, siempre y cuando la oferta ambiental de alimentación sea la adecuada, es decir que la zona costera provea de una fuente constante de biomasa fito o zooplanctónica (Osses, 2000).

Estos requisitos de alta disponibilidad de alimentación se cumplieron en el crucero realizado en mayo del 2001, en las transectas 3, 4 y 5, en donde los valores de biomasa fitoplanctónica reflejan una alta oferta ambiental de biomasa fitoplanctónica, la que tiende a formar máximos subsuperficiales alejados de la zona costera. Bajo los 25 metros, 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 sólo es posible observar un incremento significativo en los productos de degradación o feopigmentos.

Al mismo tiempo, 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 y hasta 20 µg/L de biomasa fitoplanctónica, de esta asociación podría deducirse el efecto importante de la producción primaria sobre las tensiones locales de OD en la zona, pero las que son lineales debido al efecto del muestreo nocturno en donde la columna de agua está bajo un sistema metabólico oxidativo.

En septiembre de 2001, la distribución del OD indicó una fuerte estratificación en las tensiones de este gas en el plano vertical, especialmente en las transectas 4 y 5, con una aproximación del mínimo de OD a la zona superficial. Esta distribución espacial del OD



estuvo asociado a las mayores agregaciones de cloa en la zona. Esto indicaría que las cercanías de este tipo de masa de agua a la zona eufótica permite 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, aunque no exista un afloramiento costero de importancia.

En diciembre de 2000, la distribución del OD estuvo fuertemente estratificada en la zona costera en todas las transectas monitoreadas y sin que las masas de agua hipóxicas afloraran a la superficie. Esta estratificación en el campo del OD se asoció con la estructura termohalina de la columna, especialmente en aquellas transectas en donde la formación de frentes costeros permitió la agregación de la bioma fitoplanctónica.

En la zona oceánica, esta estratificación fue más leve y profunda que la observada en la zona costera, lo que permitió que la profundidad de distribución de los valores mayores a 5 mL/L aumentara significativamente entre los 25 a 50 m. Los valores máximos de OD observados en la zona superficial y en las cercanías de ésta, 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.

En febrero de 2002, asociada a los gradientes intensos de OD detectados en la zona costera es posible observar grandes acumulaciones de biomasa fotoautotrófica, este proceso podría estar asociado tanto a la cercanía de la capa fótica a las masas de agua tipo AESS o a la mezcla turbulenta de aguas superficiales oligotróficas tipo AST con las tipo AESS.

En términos globales puede ser indicado que la estratificación termohalina de la columna de agua provocó restricciones importantes a los flujos de gases y partículas, tanto en el plano horizontal como en el vertical. En el caso de los cruceros de mayo y septiembre, la estructura termohalina provocó fuertes gradientes en el plano horizontal y vertical lo que indujo la acumulación local del OD llegando hasta los 8 mL/L asociados a altas concentraciones de biomasa fotoautotrófica (i.e. > 8 µg/L). En febrero del 2002, se observó un caso especial de agregación del Od en la zona costera de Antofagasta con



niveles de OD sobre el punto de saturación, al observar la distribución del campo termohalino es posible observar un núcleo de alta temperatura atrapado en la costa el que provocó que esa parcela de agua se mantuviera en la zona por el tiempo suficiente para que el OD aumentara localmente como efecto de la producción biológica *in situ*.

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 la OD no presentó ninguna asociación funcional con la clorofila-*a*.

Al comparar la información de los años 2001-2002, es posible concluir que el comportamiento espacial de la biomasa fitoplanctónica se mantuvo constante y dentro de los parámetros considerados normales para la zona, es decir bandas de cloa típicas de sistemas productivos no más allá de las 10 mn, con algunas desviaciones en la distribución espacial costera asociados a los patrones de circulación del área, como los observados en bahía Moreno (t1) durante mayo y diciembre del 2001.

La formación de una banda continua de cloa, típica de sistemas mesotróficos, en toda la zona costera es reflejo de procesos de producción biológica local intensa para la época del año, más la formación de frentes costeros a distancias más alejada de la zona costera que lo habitual. Al mismo tiempo, se midió valores bajos de concentración de pigmentos degradados, lo que indicaría que la oferta ambiental de alimentación estuvo en niveles óptimos desde el punto de vista metabólico. Una excepción a esta situación se observó en mayo de 2001, en donde la existencia de altos valores de concentración de los feopigmentos en la zona costera y en forma somera, especialmente en punta Lobos (t3), podría significar que existieron fuertes presiones de pastoreo sobre la biomasa fitoplanctónica.

La distribución de la cloa en el plano superficial indicó que aquellas transectas en las que históricamente es posible encontrar las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica continúan siendo productivas, no obstante las magnitudes de estas agregaciones en febrero de 2001, si se las compara con el año 2000, son considerablemente más bajas, por ejemplo en la transectas de punta Junín (t4) y Arica (t5), la cloa no sobrepasó el nivel de 1 µg/L, mientras que en el año 2000 el rango estuvo desde 1 a 5 µg/L, incluyendo además el hecho



que la biomasa se distribuyó espacialmente en forma más extendida, llegando las isolíneas mayor de 1 $\mu\text{g/L}$ hasta las 20 mn, como efecto del desplazamiento de los frentes termohalinos.

En diciembre de 2001, al observar los patrones de distribución del campo térmico es posible indicar que en la misma transectas de punta Junín (t4) y Arica (t5), donde se cuantificó las mayores agregaciones de cloa, se observó un gradiente de temperatura muy intenso, que permitió la agregación de la biomasa en un espacio muy restringido. Esta situación cumple idealmente con los parámetros requeridos para que las larvas de pequeños pelágicos puedan disponer de fuentes constantes y abundantes de alimentación, cuando pasan a tener boca funcional. Al mismo tiempo esta restricción en la distribución espacial de la biomasa fitoplanctónica, asociada a la fuerte estratificación física de la columna, indica que la masa de agua tuvo tiempos de residencia importante, lo que permitió la acumulación de la materia orgánica particulada, además de dejarla disponible por un tiempo lo bastante extenso que permita su utilización por parte de los consumidores primarios y sus consumidores.

En febrero de 2002, la distribución de la biomasa fitoplanctónica indicó la existencia de altos niveles de producción biológica en la zona, con valores de concentración de cloa mayores de 20 $\mu\text{g/L}$, los que pueden ser considerados los más altos desde que se realiza este programa de vigilancia. Esta alta concentración de cloa permitió la formación de una banda continua de alta agregación de cloa desde bahía Moreno (t1) a punta Junín (t4).

La formación de estas altas agregaciones de cloa en la zona estuvieron fuertemente afectadas por la estratificación horizontal de la masa de agua presentes en la zona, se detectaron frentes térmicos intensos en la zona costera, los que restringieron la circulación de masa de agua permitiendo la acumulación de los excedentes de la producción primaria.

No obstante la utilización de criterios de alta o baja productividad son utilizadas en forma genérica en este informe, no se debe desconocer el hecho que al ser la cloa una medición discreta no da cuenta de los flujos energéticos que existen en el área, por lo que es difícil



intentar una respuesta del efecto de la oferta ambiental de alimentación sobre la distribución espacial de herbívoros y sus predadores. Por lo que, lo más apropiado es utilizarla como un indicador de “normalidad” en el estatus trófico y dejar como una aproximación sobre la calidad y cantidad de la alimentación disponible para los consumidores primarios.

Es importante destacar, el hecho que el ecosistema esté influenciado por las surgencias que se producen en la costa del Perú, las que se ven reflejadas en la zona oceánica de la transecta de Arica (t5), manteniendo en forma casi constante valores de cloa típicos de sistemas mesotróficos, los que son inusuales en todas las otras transectas realizadas.

En cuanto a la distribución de la biomasa fitoplanctónica activa y degradada integrada, se puede decir que en general en los meses mayo y septiembre el patrón de distribución espacial es semejante al de la cloa superficial, indicando un régimen mesotrófico en la costa donde los valores de cloint son $>20 \text{ mg/m}^2$ en gran parte de la zona de muestreo llegando a máximos de 80 mg/m^2 sólo en algunas estaciones costeras. Similar situación se apreció en los mismos meses del año 2000.

En diciembre de 2001 y febrero de 2002, los patrones de distribución cambiaron notablemente, apreciándose claramente el cambio estacional, aumentando tanto en su alcance espacial como en los valores de cloint. En ambos casos las altas concentraciones de cloa no se alcanzan a percibir en la distribución superficial del pigmento, por que están centradas entre los 5 y 10 m de profundidad, lo que sí se refleja en los altos valores de cloint. Este cuadro es distinto a lo encontrado en los mismos meses del año 2000, donde las concentraciones de cloint se encontraron muy por debajo de las detectadas en éste período.

Por otro lado, los productos de degradación feoint se presentaron en los mismos rangos del año 2000, aumentando levemente en los meses de diciembre y febrero donde los mayores valores están alrededor de los 80 mg/m^2 en las primeras 5 mn desde la costa.

Al comparar la distribución de la cloa para los años 2000 y 2001 en bahía Moreno (t1), para la misma época del año, es posible observar que las zonas de mayor productividad



no cambian fundamentalmente en su patrón de distribución espacial, aunque si lo hacen levemente en el plano vertical y las magnitudes de concentración permanecen prácticamente iguales.

En Arica (t5) durante el año 2000, la cloa se distribuyó más hacia el oeste formando máximos subsuperficiales de consideración a 20 m de profundidad y a 20 mn de distancia de la costa, indicando un mecanismo fuerte de transporte desde la zona costera, esto produjo un efecto de dilución de la cloa pero la regularidad en la distribución desde las 5 mn hasta las 20 indica una gran intensidad en la producción biológica *in situ*. Durante el 2001 la cloa se distribuyó en forma más restringida y eso provocó un efecto de aumento local de la concentración de cloa, pero podría deberse a un problema de circulación más que de un aumento de la producción biológica. Por lo que podría indicarse que en ambos periodos la producción biológica se mantuvo en los mismos niveles.

La asociación entre la biomasa de fitoplancton y las variables físicas ya ha sido demostrada en informes anteriores (Osses, 2000; 2001), y en este crucero queda demostrado una vez más la alta relación funcional entre el campo térmico y las agregaciones de clot. El efecto más importante es la generación de frentes costeros termohalinos o zonas de transición entre sistema oligo y eutróficos, en los que la cloa tendió a acumularse más significativamente, especialmente en los meses de mayo del 2001 y febrero de 2002, en donde los gradientes permitieron la agregación de concentraciones significativas de cloa en las inmediaciones de la zona costera, así como la generación de núcleos de alta temperatura, relativa a la de las masas de agua circundante, también generó un patrón de circulación que permitió la agregación de las partículas biogénicas.

Por otros lado, es importante destacar el desplazamiento significativo de una banda de alta concentración de cloa en la zona sur del área de muestreo, asociada a una intensificación en la dinámica física que permitió la exportación de partículas generadas en la zona costera hacia la zona oceánica, formando una banda continua de alta concentración que llegó, en mayo de 2001, hasta las 70 mn hecho inédito para la zona.



Otra característica muy importante es la intrusión periódica de masa de agua tipos AST de alta temperatura y salinidad, cuyas características son típicas de sistemas de agua oligotróficas, al ecosistema costero afectando significativamente las características tróficas del área. Por lo que prácticamente es una constante que a temperaturas superiores de 19 °C y salinidad mayor de 35 psu, las características tróficas del ecosistema serán siempre oligotróficas.

Al igual que para el año 2001, durante los primeros 5 meses del año 2002, la composición y estacionalidad en la intrusión de diferentes masas de agua afectaron significativamente la estructura físico-química de la columna de agua. Esta estacionalidad, en los procesos de entrada de masas de agua a la zona costera, indujo un fuerte efecto sobre la estructura biológica de la columna de agua, manteniéndose patrones estacionales característicos de agregación de biomasa fitoplanctónica en las tres estaciones de vigilancia durante los últimos tres años.

Desde el punto de vista del ecosistema en su totalidad, éste se encuentra bajo un régimen de normalidad con valores altos de biomasa fitoplanctónica. Estas mayores agregaciones son efecto de la presencia de masas de agua que permiten la fertilización de la zona eufótica y que, con la estabilización de las parcelas de agua por tiempos de residencia extendidos, permiten la acumulación de partículas biogénicas.

Los resultados de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, obtenidos en otoño de los años 1983-2001, señalan que durante otoño de 2001 se observó un claro predominio del desove de anchoveta respecto de las otras especies objetivo del estudio.

En relación a la anchoveta, se determinó que la abundancia promedio de ambas fases de desarrollo respecto al otoño de 2000, presenta un notable incremento igual a 6.731% para la fase de huevos y de 546% para las larvas. La intensidad del desove también exhibe con respecto a 2000, un importante incremento el cual es igual 1.729% y 390,7% para huevos y larvas, respectivamente.



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 puede ser considerada normal dada la época del año (mayo), la cual se caracteriza por un proceso de recuperación y preparación de las gónadas para el desove primario, el que en condiciones normales, se produce durante los meses de julio a septiembre. Cabe señalar que en otoño de 2001, se consignó solamente una estación positiva para ambas fases de desarrollo, presentando las fases de larvas con respecto al otoño precedente, una disminución en la intensidad y extensión del desove igual – 97,2% y –95,8%, respectivamente.

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 2001, situación que a excepción de los años 1986, 1992 y 1997 para el caso de los huevos y 1986 y 1987 para las fases larvarias, ha sido lo habitual para la serie histórica disponible la cual comprende desde 1983 al 2001.

Con respecto a caballa, durante el otoño de 2001 hubo ausencia de registros positivos para ambos estadios del desarrollo, destacando el año 1998 como el más importante de la serie disponible, tanto para huevos como para larvas de esta especie.

La estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en invierno de 2001, respecto a las reportadas en inviernos precedentes para la serie 1981/2001, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta un importante incremento en la cobertura geográfica de los huevos y un decremento para la fase de larvas, lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 332% y – 32,4%. Cabe señalar, que el estadio de huevos, con respecto a cobertura geográfica, se constituye en el quinto registro más importante de la serie 1981 – 2001.

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas, muestran con respecto a 2001 un incremento para ambas fases de desarrollo, exhibiendo el estadio de huevos una tasa de cambio igual a 700% y 22,1% las fases larvarias.



Con respecto a sardina, se determina que sus niveles de abundancia promedio tanto para huevos como para larvas respecto a cruceros precedentes, incrementan tanto su cobertura geográfica como su intensidad de desove lo que se reflejó en porcentajes de cambio iguales a 8,3% y 3.200% en su cobertura y 35,8% y 598% en su intensidad, para las respectivas fases de desarrollo.

En relación a jurel y caballa en invierno de 2001 no hubo registros positivos a huevos y larvas de estas especies.

La intensidad del desove de anchoveta, estimada a través de la densidad promedio por estaciones positivas, muestra para septiembre de 2001, situaciones distintas para las respectivas fases del desarrollo. Es así, como el estadio de huevo exhibe con respecto a otoño de 2001, un importante incremento en sus niveles de abundancia lo que se traduce en un porcentaje de cambio igual 260%.

En primavera de los años 1983-2001, 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 72,2% para la fase de huevos y 54,3% para las fases larvarias.

La estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, analizada como un índice de la extensión del desove, señala que en la primavera de 2001 se detecta una situación 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 2000 iguales a -85% en su cobertura geográfica y - 83,7% en su intensidad, constituyéndose la primavera de 2001 en noveno registro más alto de la serie analizada.

La cobertura geográfica e intensidad de desove exhibida por las fases larvarias en primavera de 2001, señala que respecto a la primavera precedente, se produce un incremento, el que es igual a 12,4% y 17,7%, respectivamente.



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

En relación a jurel, ambos estadios de desarrollo muestran porcentajes de cambio negativos iguales a 99,1% y 81,3% en su cobertura geográfica. Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto al año 2000, disminuciones para las fases de huevos y larvas iguales a -96,3% y -64,6%, respectivamente.

Para el recurso caballa se dispone de una serie menor, 1996-2001, exhibiendo ambas fases de desarrollo niveles de abundancia muy bajos respecto a anchoveta y sardina, mostrando en esta oportunidad una disminución en la intensidad del desove de acuerdo a lo señalado por los huevos (-87,4%) y un importante incremento en la concentración de las fases larvarias (694%).

En primavera de 2001, la intensidad del desove de anchoveta, muestra la misma tendencia decreciente para las respectivas fases del desarrollo. Es así, como el estadio de huevo exhibe con respecto a invierno de 2001, una importante disminución en sus niveles de abundancia lo que se traduce en un porcentaje de cambio igual -73,7%.

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 1982-2002, revela que durante el verano de 2002, persistió 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 el verano 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 disminución de las fases larvarias, lo que se refleja en tasas de cambio respecto al 2001 iguales a 60,4% y -16% para ambas fases del desarrollo. El verano de 2002, se constituye en el segundo registro más importante en cuanto a cobertura



geográfica de la serie 1982-2002 para el caso de los huevos y en el tercero 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 verano de 2001, una situación diferente para las respectivas fases de desarrollo. Es así, como los huevos de esta especie incrementan su intensidad y concentración de desove en un 39%, mientras que las fases larvianas decrecen en un 12,1%.

La extensión del desove en sardina, señala con respecto al verano de 2001, la misma cobertura geográfica para el estadio de huevos y una disminución en las fases larvianas igual a -98%. En cuanto a la intensidad y concentración del desove, las densidades promedio por estaciones positivas indican con referencia al 2001, un incremento del orden de 50% para el estadio de huevos y una importante disminución en la concentración de las fases larvianas igual a - 95,6%.

En relación a jurel, la comparación de resultados respecto al 2001, señala una disminución para la fase de huevos y ausencia de los estadios larvianos. Los huevos de jurel, exhiben en esta oportunidad un porcentaje de cambio igual a - 66,6 en su cobertura geográfica de huevos y larvas. Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas a huevos acusan con respecto al crucero precedente, una disminución igual a 33,3%.

Para el recurso caballa se dispone de una serie menor, 1991-2001, exhibiendo ambas fases de desarrollo niveles de abundancia muy bajos respecto a anchoveta y sardina, pero superiores a jurel. En verano de 2002, no se registran estaciones positivas a huevos de caballa y sólo una estación positiva a larvas de esta especie.

La intensidad del desove de anchoveta estimada a través de la densidad promedio por estaciones positivas, muestra para el verano de 2002, la misma tendencia creciente para las respectivas fases del desarrollo. Es así, como ambos estadios de desarrollo exhiben con respecto a la primavera de 2001, un importante incremento en sus niveles de



abundancia lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 62,5% para huevos y 53,9% para larvas.

Durante los tres cruceros realizados en el año 2001 (MOBIO 0105, MOBIO 0109; MOBIO 0112) y en el verano de 2002 (MOBIO 0202), la anchoveta fue la especie más frecuente y abundante, representando entre el 25% y el 69,8% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en otoño (MOBIO 0105) con 69,8% y verano (MOBIO 0202) con 60,4% y la menor en invierno (MOBIO 0109), con un 25%, mientras que en la primavera (MOBIO 0112) representó el 44,1% de las lecturas acústicas totales.

Por su parte, el jurel representó entre el 11,2% y el 28,5% de las lecturas acústicas totales de cada crucero, siendo los mayores en otoño (MOBIO 0105) y verano (MOBIO 0202) con el 28,5% y el 22,5% del total, respectivamente, mientras que los menores se presentaron en invierno (MOBIO 0109) y primavera (MOBIO 0112) con el 11,2 y el 18,3% de los totales.; la caballa tuvo una presencia esporádica en los cuatro cruceros, siendo más frecuente en el verano (MOBIO 0202) con el 10,1 % del total de las lecturas acústicas, mientras que en los otros cruceros no superó el 5,5 % .

Las otras especies detectadas en los cruceros del período analizado fueron el pez linterna, que en el otoño (MOBIO 0105), se detectó en bajas densidades en sectores oceánicos al oeste de las 80 mn de punta Argolla (18°50'S) y de punta Gualaguala (22°45'S); en la primavera (MOBIO 0112) y verano (MOBIO 0202), estos peces representaron el 32,3% y el 7,0% de las lecturas acústicas de cada crucero. La caballa se presentó en el otoño (MOBIO 0105) en forma esporádica y en el verano (MOBIO 0202) en que tuvo una amplia cobertura.

El langostino (*Pleuroncodes sp.*) se registró en el invierno (MOBIO 0109) concentrándose entre las 2 y 7 mn al oeste de punta Pichalo (19°40'S) y en las cercanías de la costa al sur de caleta Buena (19°55'S). En el verano (MOBIO 0202) también se detectó la presencia de langostino, aunque en menores densidades y en sectores más restringidos que en anteriores cruceros (crucero MOBIO 0109), localizado fundamentalmente en áreas costeras cercanas a caleta Camarones (19° 10'S). Además, registros visuales nocturnos permitieron establecer la presencia de calamar en la franja entre las 40 y 100 mn desde



Arica hasta punta Lobos (21° 00'S), apreciándose un aumento relativo en esta especie en la zona de estudio, respecto a los cruceros MOBIO 0112 y 0109.

En Arica, las máximas abundancias de huevos de anchoveta, superiores a 55.672, detectadas a través del tiempo, han sido observadas en diciembre de 1997, marzo 1998, octubre 1999, enero, febrero, octubre y diciembre del 2000, septiembre 2001, enero y febrero 2002. Correspondiendo el valor más bajo a lo reportado durante octubre de 1999. En cuanto a las larvas, los picks más importantes exhibidos por esta fase para el período abril 1997 – mayo 2002, se detectaron durante los meses de agosto 1997, 1998, enero 1999, enero, febrero 2000 y enero 2002. Situación que refleja claramente los períodos de mayor actividad reproductiva de la especie durante estos meses.

En la localidad de Iquique y para el período mayo 1997 – mayo 2001, las máximas densidades de huevos de anchoveta, sobre los 10.000 huevos/10 m² se registraron en noviembre (16.906) y diciembre (27.087) de 1997, febrero (76.146), mayo (39.919) y junio (10.456) de 2001, sobresaliendo así mismo, los máximos larvales durante los meses de agosto (32.482) de 1997 y enero (14.921) de 1999.

La mayor constancia temporal exhibida por los huevos de anchoveta, se registró entre junio de 1997 a febrero 1998 y desde fines del año 2000 a septiembre 2001. En tanto las larvas denotan una mayor constancia en el transcurso del tiempo respecto a los huevos, observándose entre mayo de 1997 a enero 2000 una presencia temporal importante, ausentándose sólo dentro de este rango en seis períodos mensuales. También desde junio 2000 a enero 2002 su presencia es más frecuente que lo demostrado por los huevos.

En Mejillones se presentó un registro continuo tanto de huevos y larvas de anchoveta desde mayo de 1997 a marzo de 1998, ausentándose durante el segundo trimestre de 1998 y reapareciendo nuevamente desde julio a octubre. En los meses de noviembre y diciembre no hubo muestreo en esta zona. En los tres primeros meses de 1999 hay registros positivos para ambos estadíos. Desde diciembre de 1999 a mayo 2002, se detectó una presencia temporal importante de huevos y larvas, igual a lo observado en la localidad de Arica.



Para el período mayo 1997 – mayo 2002, las máximas densidades de huevos de anchoveta, superiores a los 10.000 huevos/10 m², se detectaron en julio (53.734) de 1997, febrero (13.237) de 1998, diciembre (19.007) 1999 y septiembre (26.305) de 2000.

En la localidad de Arica, la presencia de huevos y larvas de sardina se hizo más frecuente a partir del segundo trimestre de 1998, con densidades que fluctuaron entre 41 para el mes de junio y 4.279 en julio. Las larvas presentaron abundantes densidades comprendidas entre 39 y 85 larvas/10 m², presentándose durante el año 1999 en los meses de enero, febrero, marzo, mayo y diciembre donde reporta la mayor de las abundancias para el período mayo 1997 – abril 2001.

En Iquique la presencia de huevos y larvas de sardina se consigna desde julio de 1997 a febrero de 1998, observándose ausencia de ambas fases entre los meses de marzo a diciembre de 1998. La presencia de huevos y larvas se detectó particularmente a comienzos y fines de los distintos años contemplados para el análisis, detectándose sólo en 1997 presencia durante los meses de julio y agosto.

La presencia de huevos de sardina en la localidad de Mejillones se constató en julio de 1998, junio de 1999, septiembre de 2000, entre julio a septiembre 2001 y en febrero 2002, correspondiendo esta última a la más importante de la serie 1997 - 2002.

La escasa presencia de huevos de jurel, ha sido registrada sólo en los meses de octubre y diciembre de 1998 y agosto 1999 en la localidad de Arica. En Iquique su única aparición fue en diciembre de 1997 y en Mejillones en diciembre del año 2000. Todas las concentraciones fluctuaron entre 26 – 320 huevos/10 m². La presencia de la especie durante estos períodos, revela su inicio en la actividad reproductiva en la zona norte, el que se desarrollaría durante los meses de noviembre y diciembre.

Al comparar los cuatro períodos estacionales, la zona costera alberga un mayor porcentaje de organismos zooplanctónicos, a excepción del verano 2002, donde la diversidad específica fue igual tanto en la zona costera como en la oceánica.



Cuantitativamente el período estacional de primavera 2001 reveló en la zona costera la mayor densidad zooplanctónica, observándose hacia el período estival 2002 una disminución de -24,8% respecto de la primavera, pero correspondiendo al segundo registro más importante de la zona costera respecto a otoño e invierno de 2001.

A su vez, también en primavera y verano se registraron las mayores abundancias zooplanctónicas en la zona oceánica. Esto revela una correspondencia en el tiempo, que coincide con el período de gran actividad fitoplanctónica que se produce entre octubre y abril (Avaria *et al.*, 1998).

En términos generales, la mayor representatividad numérica de organismos zooplanctónicos, se observó en Iquique, registrándose también en esta localidad la mayor diversidad de individuos, esto difiere de lo exhibido durante el período abril 2000- abril 2001, ya que la mayor agregación numérica fue encontrada en la estación costera de Mejillones, correspondiendo la densidad de esta localidad, como la más importante de los dos períodos anuales analizados (Braun *et al.*, 2001).

Las asociaciones de la repartición de huevos y larvas de anchoveta respecto de las variables oceanográficas (temperatura y salinidad) confirman el hecho que estas variables se distribuyen altamente relacionadas con ciertos rangos característicos. En este sentido, es importante destacar que tanto huevos como larvas muestran una clara preferencia por la temperatura de 15-16°C (en los meses otoño e invierno), dichos resultados son semejantes a los descritos por Braun *et al.*, (2001) y Oliva *et al.*, (2002). En tanto que en los meses de verano y primavera (diciembre-febrero) el estrato predilecto es de 18-20°C.

En relación con la salinidad, los huevos se distribuyen entre los 34,4 y 35,2 psu con una marcada preferencia por la salinidad de 34,7 psu; por su lado que las larvas se reparten en un estrato un poco más extenso (34,3-35,3 psu), con una moda de 34,7 y 34,8 psu. Lo anterior, es nuevamente similar a lo propuesto por Braun *et al.*, (2001) y Oliva *et al.*, (2002) los cuales dan cuenta que las variables ictioplánctónicas se presentan entre los 34,5 y 34,9 psu con una nítida preferencia por salinidades entre 34,7 y 34,9 psu.



Al examinar visualmente el patrón de distribución latitudinal de los huevos y larvas de la anchoveta se observa que se distribuyen en zonas donde se presentan variaciones latitudinales moderadas y fuertes de la TSM y en las proximidades de focos de aguas surgentes. En el caso de los huevos de la especie, éstos se posicionan en aguas frías y en las cercanías de gradientes térmicos moderados y fuertes. En tanto que las larvas están relacionadas con variaciones latitudinales negativas de la TSM, es decir se encuentran en sectores donde la temperatura va descendiendo en el sentido norte-sur, los cuales a su vez se asocian con gradientes de térmicos moderados y a bordes de focos de surgencia. Lo anterior, es concordante con Oliva *et al.*, (2002) que indican que los huevos de la especie tienden a ubicarse en los bordes de gradientes térmicos y salinos y que los focos más importantes quedan atrapados por dichos diferenciales y restringidos a las primeras millas dentro del borde interno.

En términos generales, se puede apreciar que los mayores focos de huevos y larvas se concentran en tres áreas principales: la primera está localizada frente al puerto de Arica y registra una gran extensión longitudinal; la segunda zona, se extiende desde el sur de Iquique hasta Tocopilla y es un foco costero que presenta una gran densidad de huevos y, el tercer sector, se ubica frente a Antofagasta y se caracteriza por una elevada concentración de huevos y por su cobertura netamente costera.



X. CONCLUSIONES

Se observan procesos de surgencia prácticamente permanentes en los cuatro períodos a lo largo de la zona de estudio, siendo más intensos en los sectores Pisagua - punta Lobos y Tocopilla - Mejillones.

Durante los períodos de otoño y primavera del 2001 y verano 2002 se produjeron en superficie, importantes transportes de agua de surgencia, que alcanzaron hasta 40 a 70 mn, entre el sector de Pisagua y Tocopilla, dando origen a anomalías superficiales negativas y significativas en temperatura y salinidad.

Las variables superficiales de temperatura, salinidad y profundidad de la isoterma de 15°C, indican para el período de estudio una condición de normalidad.

Los valores significativos de anomalía superficial que se presentaron se debieron a procesos locales, como mezcla, transporte de agua de surgencia hacia el oeste, una mayor participación de determinada masa de agua en relación a las otras y a variaciones de intensidad de la surgencia.

El espesor de la termoclina es menor en los períodos de otoño e invierno, con un promedio general de sólo 10 m, ubicando su base más profunda en invierno siendo más superficial en otoño. Las isotermas e isopícnas en la vertical muestran el período de invierno con las menores estratificaciones por la menor temperatura superficial.

La termoclina y pícnoclina es más intensa durante el período de verano, asociado fundamentalmente a la mayor temperatura de agua superficial AST que ingresa a la zona durante la época estival.

Durante la realización de los cruceros estacionales no se observaron anomalías de profundidad de la isoterma de 15°C, asociadas a una condición de calentamiento o al paso de ondas atrapadas a la costa



Las estaciones costeras de vigilancia mensual presentaron en general desde 1999 a la fecha, las fluctuaciones estacionales habituales para la zona, exhibiendo a fines de marzo de 2002 y en forma simultánea el paso de una onda Kelvin en dirección hacia el sur, lo que fue corroborado por el hundimiento de la termoclina local en más del doble de lo esperado.

Los patrones de circulación superficial estacional se presentan en general como normales. Sólo la época de otoño presenta un patrón distinto en la mitad sur dado que se observó un flujo hacia el norte más intenso originando valores de TSM y Salinidad superficial con anomalías negativas y levantamiento de la termoclina en 10 metros.

La estacionalidad en los procesos de entrada de masas de agua a la zona costera, indujo un fuerte efecto sobre la estructura biológica de la columna de agua, creando patrones estacionales característicos de agregación de biomasa fitoplanctónica en las tres estaciones de vigilancia durante los últimos tres años.

Durante el período de estudio, los niveles de biomasa fitoplanctónica fueron altos. Estas mayores agregaciones son efecto de la presencia de masas de agua, principalmente AESS, que permiten la fertilización de la zona eufótica y que, con la estabilización de las parcelas de agua por tiempos de residencia extendidos, permiten la acumulación de partículas biogénicas.

En términos globales, las tensiones de OD para el período de estudio responden a la variabilidad propia del ecosistema, con un efecto significativo del tipo de masa de agua presentes sobre la estratificación del OD en la columna de agua.

Las tensiones más altas de OD (>5 mL/L) se asocian a los núcleos de alta biomasa fitoplanctónica.

Información de carácter global indica que la zona del Pacífico Ecuatorial continua en una etapa de desarrollo hacia nuevo período cálido El Niño, que tendría su fase madura a fines del año 2002. Las aguas chilenas de la zona norte se verían afectadas durante el último trimestre del año 2002.



En la componente temporal se destaca que el verano de 1998 es significativamente más cálido, debido al evento El Niño que se presentó en dicho año, también se aprecia que los primeros meses del 2002 registran TSM altas, en especial en el sector norte. En términos espaciales, se señala que en general existe un sostenido enfriamiento de las temperaturas en dirección norte-sur.

Se identificaron tres focos principales de surgencias: desde Arica hasta punta Baquedano (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.

La intensidad del desove de anchoveta estimada a través de la densidad promedio por estaciones positivas, muestra para el verano de 2002, la misma tendencia creciente para las respectivas fases del desarrollo. Es así, como ambos estadíos de desarrollo exhiben con respecto a la primavera de 2001, un importante incremento en sus niveles de abundancia lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 62,5% para huevos y 53,9% para larvas.

Para el período comprendido entre el invierno de 1995 y el verano de 2002, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general levemente ascendente, con cinco picks de abundancias significativamente importantes (> 18.000 huevos/10m²), los que se han registrado en el período 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 períodos de verano - otoño de 1997, otoño de 1999 y 2000.

Con respecto a su patrón de distribución, éste ha sido eminentemente costero a excepción de las primaveras de los años 1998 y 1999 y los inviernos de 1999, 2000 y 2001, donde se pudo apreciar una mayor cobertura longitudinal. Las máximas abundancias han sido reportadas frente a la localidad de Arica, zona que se ha caracterizado por ser un área de desove estable y persistente en el tiempo, compartiendo esta designación con el área lindante al río Loa .



Con relación a las fases larvarias, éstas muestran una tendencia general ascendente y superior respecto de los huevos, con mínimos de magnitudes similares los que han sido registrados durante los períodos de verano - otoño de 1996, 1997 y 1998, observándose que las máximas abundancias (> 1.490 larvas/10m²) 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 períodos de primavera de 1999 y verano de 2000 y 2001.

Otoño de 2001, se constituyó en el registro más alto de la serie invierno 1995 – verano 2002. Para las fases larvarias de anchoveta, 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. Respecto a su patrón de distribución, estas presentan una mayor cobertura latitudinal y longitudinal en relación a la fase de huevos, producto de los procesos que las afectan (e.g. transporte, advección), destacando al igual que para el estadio de huevos, como zonas de desove cuantitativamente importantes las localidades de Arica e inmediaciones del río Loa.

La presencia de huevos y larvas de anchoveta en las estaciones costeras de monitoreo, se ha mantenido relativamente estables a través del tiempo, desde mayo de 1997 a mayo 2002.

Los huevos de anchoveta exhiben en Arica, en términos generales, las mayores concentraciones, destacando a través del tiempo los picks más importantes ocurridos en diciembre 1997, enero y diciembre 2000 y enero, febrero del año 2002, destacando particularmente los dos núcleos aparecidos en el año 2000, como los más importantes numéricamente.

En Iquique las mayores densidades se detectaron en diciembre de 1997, febrero y mayo de 2001. En Mejillones destacan los meses de julio de 1997, septiembre de 2000 y junio y septiembre de 2001.



En general en Arica y Mejillones los huevos denotan una tendencia a aumentar a medida que pasa el tiempo, aunque en Arica se muestra en forma más leve. En cambio en Iquique ocurre lo contrario, estos tienden a disminuir con el paso del tiempo.

En Arica y Mejillones las larvas de anchoveta tienden a mantenerse relativamente estables a través del tiempo, mientras que en Iquique se observaron prolongados períodos mensuales con ausencia.

La estación de Mejillones fue quien presentó la mayor presencia de huevos de sardina, con cuatro registros positivos, mientras que en Iquique éstos se detectaron sólo en mayo de 2001, ausentándose completamente en Arica desde abril 2001 a mayo 2002.

El ictioplancton de jurel y caballa no fue detectado en ninguno de los períodos mensuales analizados, observándose los últimos registros de huevos y larvas de caballa en marzo de 1999, en Arica.

La mayor densidad zooplanctónica se registró en la zona costera en la primavera del año 2001, seguida del verano de 2002. Por otra parte, las mayores abundancias registradas en la zona oceánica fueron observadas también en primavera y verano.

La mayor biomasa promedio mensual fue observada durante el mes de mayo de 2001, detectándose en forma particular el valor más alto en el mes de diciembre del mismo año en la localidad de Mejillones.

Respecto de la biomasa zooplanctónica estacional, el rango más amplio de densidad se detectó durante la primavera del año 2001, con una fluctuación entre 46 – 1.436 ml/1.000 m³, así mismo en este período se alcanzó la biomasa promedio más importante.

Durante los tres cruceros realizados en el año 2001 y en el verano de 2002, la anchoveta fue la especie más frecuente y abundante, representando entre el 25% y el 69,8% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en otoño con 69,8% y verano



con 60,4% y la menor en invierno con un 25%, mientras que en la primavera representó el 44,1% de las lecturas acústicas totales.

El jurel representó entre el 11,2% y el 28,5% de las lecturas acústicas totales de cada crucero, siendo los mayores en otoño y verano con el 28,5% y el 22,5% del total, respectivamente, mientras que los menores se presentaron en invierno y primavera con el 11,2 y el 18,3% de los totales.

La caballa tuvo una presencia esporádica en los cuatro cruceros, siendo más frecuente en el verano de 2002 con el 10,1 % del total de las lecturas acústicas, mientras que en los otros cruceros no superó el 5,5 %.

Las otras especies detectadas en los cruceros del período analizado fueron el pez linterna, que en el otoño, se detectó en bajas densidades en sectores oceánicos al oeste de las 80 mn de punta Argolla (18°50'S) y de punta Gualaguala (22°45'S). En la primavera y verano, estos peces representaron el 32,3% y el 7,0% de las lecturas acústicas de cada crucero.

El langostino (*Pleuroncodes* sp.) se registró en el invierno, concentrándose entre las 2 y 7 mn al oeste de punta Pichalo (19°40'S) y en las cercanías de la costa al sur de caleta Buena (19°55'S). En el verano de 2002 también se detectó la presencia de langostino, aunque en menores densidades y en sectores más restringidos que en anteriores cruceros, localizado fundamentalmente en áreas costeras cercanas a caleta Camarones (19° 10'S).

Registros visuales nocturnos de verano de 2002, permitieron establecer la presencia de calamar en la franja entre las 40 y 100 mn desde Arica hasta punta Lobos (21° 00'S), apreciándose un aumento relativo en esta especie en la zona de estudio, respecto a los cruceros de primavera e invierno de 2001.

El análisis de la distribución de los huevos y larvas de anchoveta y la temperatura indica que dichas variables se presentan principalmente en temperaturas de 15-16°C (en los



meses otoño e invierno) y de 18-20°C en diciembre-febrero. Con respecto a la salinidad, ambas variables presentan una marcada preferencia por salinidades de 34,7 y 34,8 psu.

Del análisis visual se concluye que los huevos y larvas se presentan mayoritariamente en sectores donde existen variaciones latitudinales negativas de la TSM (sectores donde la temperatura va descendiendo en el sentido norte-sur), los cuales a su vez se asocian con gradientes térmicos moderados y bordes de focos de surgencia.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



XI. BASE DE DATOS

La estructura de las bases de datos con toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del proyecto FIP 2001 -01 "Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, Año 2001", se encuentra almacenada en registros magnéticos, los archivos y el formato de grabación de cada una de las componentes del proyecto se detallan a continuación:

1. Datos oceanográficos y meteorológicos

La información oceanográfica y meteorológica de cada una de las estaciones bio-oceanográficas realizadas durante los cruceros de monitoreo, se encuentran en los siguientes archivos: **Cruce442**, **Cruce447**, **Cruce449** y **Cruce451** cuyo formato de grabación (Formulario de codificación), corresponde a una modificación del formato **NODC**. El formato **IFOP** está compuesto por un registro de identificación y varios registros de información:

a) Registro de identificación

Campo	Columna de inicio	Formato
País	1	E 2
Buque	3	A 2
latitud grados	5	E 2
Minutos	7	R 3.1
longitud grados	10	E 2
Minutos	13	R 3.1
Marsden	16	E 3
Año	19	E 2
Mes	21	E 2
Día	23	E 2

Cont.'



Cont'

Campo	Columna de inicio	Formato
Hora local	25	R 3.1
institución	28	E 2
crucero	30	E 3
estación	33	A 3
prof.ecosonda	36	E 4
máxima profundidad	40	E 2
n° observaciones	42	E 2
Trans. Secchi	44	E 2
dirección olas	46	E 2
altura olas	48	E 1
período olas	49	E 1
dirección viento	50	E 2
velocidad viento	52	E 2
presión barométrica	54	R 3.1
Bulbo seco	57	R 3.1
Bulbo humedo	60	R 3.1
tiempo	63	E 2
tipo nubes	65	E 1
cant. Nubes	66	E 1
visibilidad	67	E 1
latitud n-s	68	A 1
longitud w-e	69	A 1
tipo de datos	76	A 1
control	80	E 1

b) Registros de datos

identificación	1	35 (Repetición)
profundidad (m)	36	E 4
temperatura (°C)	40	R 4.2
salinidad	44	R 5.3
oxígeno (ml/l)	49	R 4.4
control	80	E 1



Observaciones:

Formato tipo: A n: Alfanumérico

E n: Entero

R n: Real sin el punto (ej. 34.356 en formato R 5.3 es 34356

n: Número de columnas

Columna 28 y 29 - códigos institución: 01=SHOA, 02=IFOP, 03=UCV, 04=SSP y 05=otros

Columna 76 - códigos del tipo de datos: B=botellas, C=CTD

Columna 80 - código control: 1 identificación de la estación y 2 ultimo dato observado

Los datos meteorológicos se encuentran codificados de acuerdo las normas y códigos del NODC.

2. Pigmentos vegetales

La información de pigmentos vegetales de cada una de las estaciones bio-oceanográficas que se realizaron durante los cruceros estacionales de monitoreo 2001/2002, se almacenaron en los siguientes directorios:

Mayo2001: Cru442, Septiembre2001: Cru447, Diciembre2001: Cru449 y Febrero2002: Cru451, cuyo formato de grabación se detalla a continuación:

MAYO2001: Nombre del archivo: 442-t1 = Indica código crucero y número de transecta.

Estructura Interna del Archivo:

Columna 1	Dist	distancia desde la costa en millas náuticas
Columna 2	Prof	Profundidad en metros
Columna 3	Cloa	Clorofila a en µg/L
Columna 4	Feop	Feopigmentos en µg/L
Columna 5	Est	Número de estación



3. Registros de Huevos y Larvas de Peces

La información ictioplanctónica de cada una de las estaciones realizadas durante los cruceros estacionales de monitoreo 2000/2001, se almacenaron en los siguientes archivos:

Otoño: Cru442, Invierno: Cru447, Primavera: Cru449 y Verano: Cru451, 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	Nº Final Revoluciones
16 y 17	Tiempo Calado minuto, segundo
18 y 19	Tiempo Virado minuto, segundo
20	Metros Cable arriado
21	Angulo cable
22	Temperatura 0m (°C)
23	Salinidad 0m (ups)
24	Huevos de Sardina

Cont.1



Cont.'

Columna	Tipo de información
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
34	Biomasa Zooplanctónica

4. Registros Acústicos

La información concerniente al monitoreo acústico de los cruceros estacionales de monitoreo están contenidos en dos tipos de archivos: Bioma y Posic., los cuales se encuentran en los siguientes subdirectorios:

MOBIO 0105, MOBIO 0109, MOBIO 0112 Y MOBIO 0202.

BIOMA.txt

Columna	Tipo	Longitud	Decimales	Descripción
1	Numérico	3	0	Número de la UBM
2	Numérico	1	0	Especie (Nota 1)
3	Numérico	1	0	Agregacion (Nota 2)
4	Numérico	1	0	Ecosonda (Nota 3)
5	Numérico	3	0	Prof. Superior (m) de la agregacion
6	Numérico	3	0	Prof. Inferior (m) de la agregacion
7	Numérico	7	0	Lectura acústica - Sa (m ² /mn ²)



Nota 1: Especie: 0 = Otros
 1 = Sardina
 2 = Jurel
 3 = Anchoveta
 4 = Caballa

Nota 2: Agregación: 1 = Cardumen
 2 = Estratos
 3 = Disperso
 4 = individual

Nota 3: Ecosonda: 1 = 38 KHz
 2 = 120 KHz
 3 = 200 KHz

POSICION.txt

Columna	Tipo	Longitud	Decimales	Descripción
1	Numérico	3	0	Número de la UBM
2	Numérico	8	0	Fecha (AAAAMMDD)
3	Numérico	8	0	Hora (HHMMSSss)
4	Numérico	7	2	Latitud (GGMM.mm)
5	Caracter	1		N = Norte S = sur
6	Numérico	8	2	Longitud (GGGMM.mm)
7	Caracter	3		E = Este W = West

A : Año

M : Mes /Minuto

D : Día

G : Grados de Latitud / Longitud

S : Segundo

m : décimas de minuto

s : décimas de segundo



5. Zooplancton e Ictioplancton estacional y mensual

La información zooplanctónica mensual obtenida de los muestreos realizados en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones entre abril de 2001 y mayo de 2002, se encuentra almacenada en el archivo Zoomen.xls cuyo formato de grabación es el siguiente:

Columna	Tipo de información
A	Estación
B	Factor
C	Copépodos
D	Eufáusidos
E	Ostrácodos
F	Cladóceros
G	Lar.Decápodos
H	Anfípodos
I	Estomatópodos
J	Medusas
K	Sifonóforos
L	Ctenóforos
M	Quetognatos
N	Poliquetos
O	Pterópodos
P	Salpas
Q	Doliólidos
R	Apendicularias
S	Radiolarios
T	L.cifonautas
U	Biomasa



La información zooplanctónica estacional obtenida de los cruceros de Monitoreo, se encuentra almacenada en el archivo basedata01-02.xls cuyo formato de grabación es el siguiente:

Columna	Tipo de información
A	Longitud
B	Latitud
C	442/01
D	Factor
E	Copépodos
F	Eufáusidos
G	Ostrácodos
H	Cladóceros
I	Lar.Decápodos
J	Anfípodos
K	Estomatópodos
L	Medusas
M	Sifonóforos
N	Ctenóforos
O	quetognatos
P	Poliquetos
Q	Pterópodos
R	Salpas
S	Doliólidos
T	Apendicularias
U	Radiolarios
V	L.cifonautas

La información mensual de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, obtenida de los muestreos realizados a las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones, se encuentra almacenada en el archivo ictiomen. xls cuyo formato de grabación es el siguiente:



Columna	Tipo de información
A	Estación
B	Factor de estandarización
C	Huevos de sardina
D	Huevos de anchoveta
E	Huevos de jurel
F	Huevos de caballa
G	Larvas de sardina
H	Larvas de anchoveta
I	Larvas de jurel
J	Larvas de caballa
K	Factor de estandarización
L	Huevos de sardina
M	Huevos de anchoveta
N	Huevos de jurel
O	Huevos de caballa
P	Larvas de sardina
Q	Larvas de anchoveta
R	Larvas de jurel
S	Larvas de caballa
T	Factor de estandarización
U	Huevos de sardina
V	Huevos de anchoveta
W	Huevos de jurel
X	Huevos de caballa
Y	Larvas de sardina
Z	Larvas de anchoveta
AA	Larvas de jurel
AB	Larvas de caballa



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



XII. 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.
- Avaria,S., P. Muñoz y M. Braun. 1988. El fitoplancton frente a península Los Molles, Valparaíso, Chile (32°45'S) y su relación con El Niño 1982-83. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 24(1): 1-35.
- BAC 120 a 125. Boletín de Alerta Climático. Septiembre 2000 a Febrero de 2001. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS.
- BAC 132. Boletín de Alerta Climático. Septiembre 2001. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS.
- BAC 134. Boletín de Alerta Climático. Noviembre 2001. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS.
- BAC 137. Boletín de Alerta Climático. Febrero 2002. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS.
- Bakun, A. and C. Nelson. 1991. The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. *J. Phys. Oceanogr.*, 21, 1815-1834.



- Bakun, A. 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.
- 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
- Barría, P., A. Aranís, S. Mora, G. Böhm., V. Catasti, H. Peña y C. González. 2000. Monitoreo de las capturas de jurel en la zona centro-sur. Informe Final Proyecto FIP N° 99-02.
- Bjerknes, J. 1966. A Possible Response of the Atmospheric Hadley Circulation to Equatorial Anomalies of Ocean Temperature. Tellus, 18(4): 820-829.
- 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. , 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 hidrographics conditions in the upweling region off nortern Chile. J. Geophys, Res., 106, C6, 11451-11467.
- Boletín Climático, 2001. Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. Sección Meteorología. año 7, número 1.
- 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., H. Reyes, J. Osses, V. Catasti y J. Castillo 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, Valparaíso- Chile..
- 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 Fomentio 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 Fomentio 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.
- 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.
- Cáceres, M. 1992. Vórtices y filamentos observados en imágenes satelitales frente al área de surgencia de Talcahuano, Chile central. Invest. Pesq. (Chile), 37:55-66.
- Carpenter, J.H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. Limnol. And Oceanogr., 10:141-143.
- Castillo, J. M. Barbieri, M. Espejo, V. Catasti, S. Rosales, J. Osses, P. Barria, G. Daneri, H. Gonzalez. 1998. Estimación del Reclutamiento de Anchoveta en las regiones I y II. Informe Final FIP 97-51. Instituto de Fomento Pesquero.(Valparaíso, Chile). 181 pp + Tablas y Figuras.
- Chiechowski, J.D. de.1971. Distribución regional y cuantitativa de huevos de anchoita (*Engraulis anchoita*), caballa (*Scomber japonicus marplatensis*) y sardina fueguina (*Sprattus fueguensis*) en el mar Argentino. CARPAS Doc. Ocas.,(5/D.Téc.6):12p.
- Climate Giagnostics Bulletin:
http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin/index.html
- CPPS, 2001. Nota de prensa al 30 de septiembre de 2001.
- Eastman, J.R. 1995. IDRISI for windows: User's Guide. Clark University, MA-USA, 372 pp.
- Einarsson, H. y B.Rojas de Mendiola.1963. Descripción de Huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.) Bol.Inst.Rec.Mar., Callao, 1(1):1-23.



- Fahay, M.P.1983. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the Western North Atlantic Ocean, cape hatteras to the southern scotian shelf J. north west Atl.Fish.Sci.4,423p.
- Fischer, W.1958. Huevos, crías y primeras prelarvas de la "anchoveta"(*Engraulis ringens*) Jenyns. Rev. Biol.8(1,2 y 3):111-124.
- Fonseca, T. y M. Farías. 1987. Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. Invest. Pesq. (Chile)., 34:33-46.
- Foote,K., H.Knudsen, G.Vestnes, D. Mac Lennan and J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. ICES Cooperative Research Report 144, Palaegade 2, 1261 Copenhagen K, Denmark.
- Frontier, S.1966. Zooplancton de la región de Nosy-Bé I(Programa des recoltes et techniques d'etude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10.Cah Orstom (océanogr.), 4(3):3-37.
- Fuenzalida, R. 1989. Variabilidad temporal de un índice de surgencia para la zona de Iquique (Lat. 20°S). Invest. Cient. y Tec., Serie: Ciencias del Mar 1: 37-47.
- Fuenzalida, H. 1971. Climatología de Chile. Departamento de Física y Geodesia, Universidad de Chile, 73 pp.
- Greenwood, P.,D. Rosem,S.Weitzman y G.Myers.1966. Phyletic studies of teleosteam fishes, with a provisional classification of linving forms. An.Mus.Nat.Hist., Bull 131(4):341-455.
- 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



- Hellerman, S. and M. Rosenstein. 1983. Normal Monthly Wind Stress Over the World Ocean with Error Estimates. *J. Phys. Oceanogr.*, 13, 1093-1104.
- 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.
- Microimages. 1997. TNTmips The Map & Image Processing System 5.8, User's Guide and Technical References. MicroImages, Inc, Nebraska, USA.
- Millero, F. and A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. *Deep Sea Res.*, 28A, 625-629.
- Montecinos, A. 1991. Efecto del 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.
- 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, 2002. Climatic Prediction Center.
- NOAA-CIRES Climatic Diagnostics Center: <http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html> .



- Oliva, J., C. Montenegro, M. Braun, O. Rojas, E. Díaz, V. Catasti, H. Reyes y P. Barría. 2001. Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones. Año 2000. Informe Final Proyecto FIP N° 2000-06. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso. 115 pp + tablas y figuras.
- Olivar, M.P. and J.M.Fortuño.1991.Guide to Ichthyoplankton of the southeast Atlantic (Benguela Current Region) *SCI.Mar.*, 55(1):1-383.
- Orellana, M.C. y F.Balbontín.1983.Estudio comparativo de las larvas de clupeiformes de la costa de Chile. *Rev.Biol.Mar.*, Valparaíso, 19(1):1-46.
- Osses, J. 2001. Distribución de la biomasa fitoplanctónica en la zona norte de Chile. En: Monitoreo de las Condiciones Oceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final Fondo de Investigación Pesquera.
- Osses, J. 200. Biomasa fitoplanctónica durante el crucero RECLAN 0001. En: Evaluación del reclutamiento de anchoveta en la I y II Regiones. Informe Final Fondo de Investigación Pesquera, 132pp + figuras y anexos.
- Palma, S. y S. Rosales. 1995. Composición, distribución y abundancia estacional del macroplancton de la bahía de Valparaíso. *Invest. Mar.*, Valparaíso, 23:49-66.
- 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.
- 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.
- Pennington, M. 1986. Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. (U.S.) 84:519-525.
- 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.
- Reddy, R., V. Lyne, R. Gay, A. Easton y S. Clarke. 1995. An application of satellite-derived sea surface temperatures to southern bluefin tuna and albacore off Tasmania, Australia. Sci. Mar., 59 (3-4): 445-454.
- Robles, F. E. Alarcón y A. Ulloa. 1974. Las masas de agua en la región norte de Chile y sus variaciones en un período frío (1967) y en períodos cálidos (1969,1971-1973). Reunión de trabajo sobre el fenómeno de El Niño. Guayaquil - Ecuador, diciembre 1974. Santiago de Chile IFOP. 144p.
- Rojas, O. Y A. Mujica. 1981. Delimitación de las áreas de desove, prereclutamiento y estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces pelágicos de importancia económica. Santiago, Chile, IFOP:82p.
- Rojas, O., A. Mujica, M. Labra, G. Ledermann y H. Miles.1983. Estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. AP83/31. Santiago, Chile, IFOP-80p.
- Santander, H. y O.S. de Castillo.1972. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de "jurel" *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. Inf.Inst.Man. Perú-Callao (36):1-22.
- Santander, H.,J.Alheit y P.E.Smith.1984.Estimación de la biomasa de la población desovante de Ancholeta Peruana *Engraulis ringens*, 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos".mimeo.



- Shaffer, G., S. Salinas, O. Pizarro, A. Vega y S. Hormazabal. 1995. Currents in the deep ocean off Chile (30°S). *Deep-Sea Res.* Vol 42(4), pp 425-436.
- Silva, C. E, Yañez, M.A. Barbieri, K. Nieto, V. Mimica, F. Espíndola y J. Acevedo. 1999. "Exploring the association between small pelagic fisheries and SEAWIFS chlorophyll and AVHRR sea surface 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. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill. Crucero 3-4, julio-agosto 1974. *Rev. Com. Per. Pacífico sur*, (3):63-75.
- Silva, N. y H. Sievers. 1981. Masas de agua y circulación en la región de la rama costera de la Corriente de Humboldt. Latitudes 18°S - 33°S (Operación Oceanográfica Marchile X-ERFEN I). *Cienc. y Tec. del Mar. CONA* (5):5-50.
- Simpson, J.J. And T.D. Dickey. 1981. The relationship between downward irradiance and upper ocean structure. *J. Phys. Oceanogr* 11. 309
- Sinclair, M. y M.J. Tremblay. 1984. Timing of spawning of Atlantic herring *Clupea harengus* populations and the match-mismatch theory. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 1005-1065.
- Sinclair, M., M.J. Tremblay y P. Bernal. 1985. El Niño events and variability in a Pacific mackerel (*Scomber japonicus*) survival index: support for Hjort's second hypothesis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42:602-608.
- Smith, P.E. y S.L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. *FAO. Doc. Téc. Pesca* (175):107 p.
- UNESCO, 1968. Zooplankton sampling. *Monographs on oceanographic methodology* 2. Geneve. 174 p.



- 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

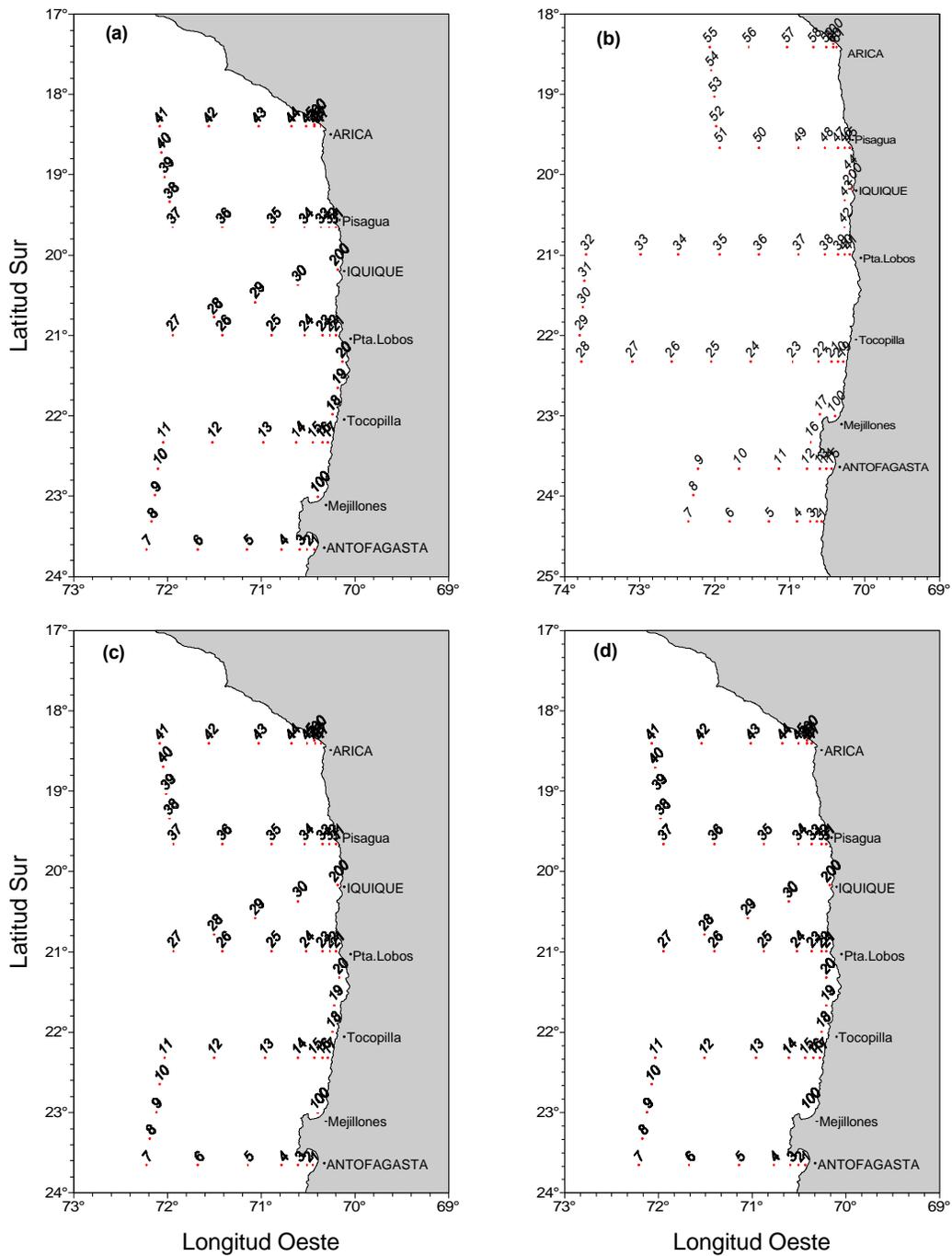


Figura 1.- Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros estacionales 2001/2002. (a) Otoño 2001, (b) Invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.

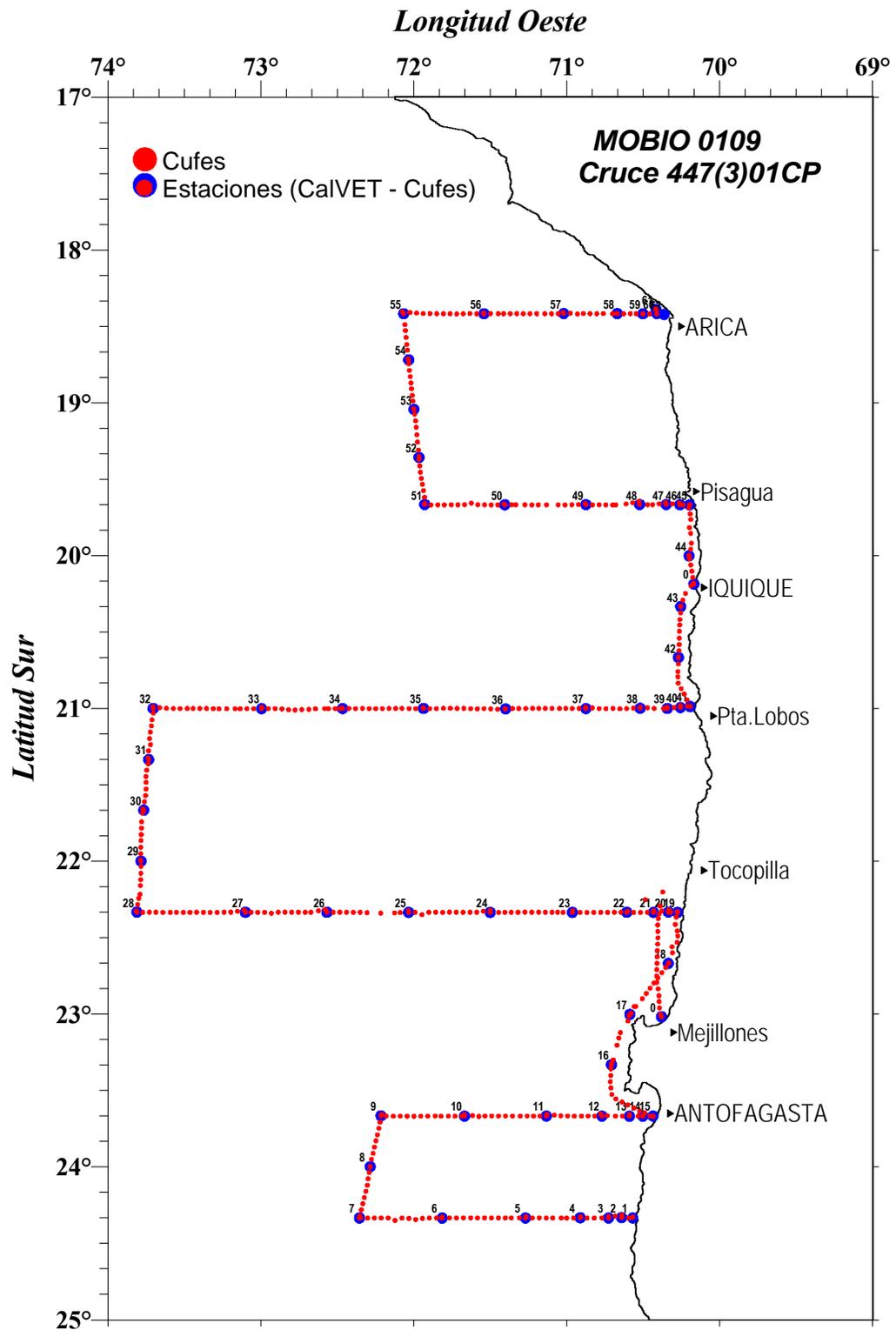


Figura 2.- Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0109. Invierno 2001.

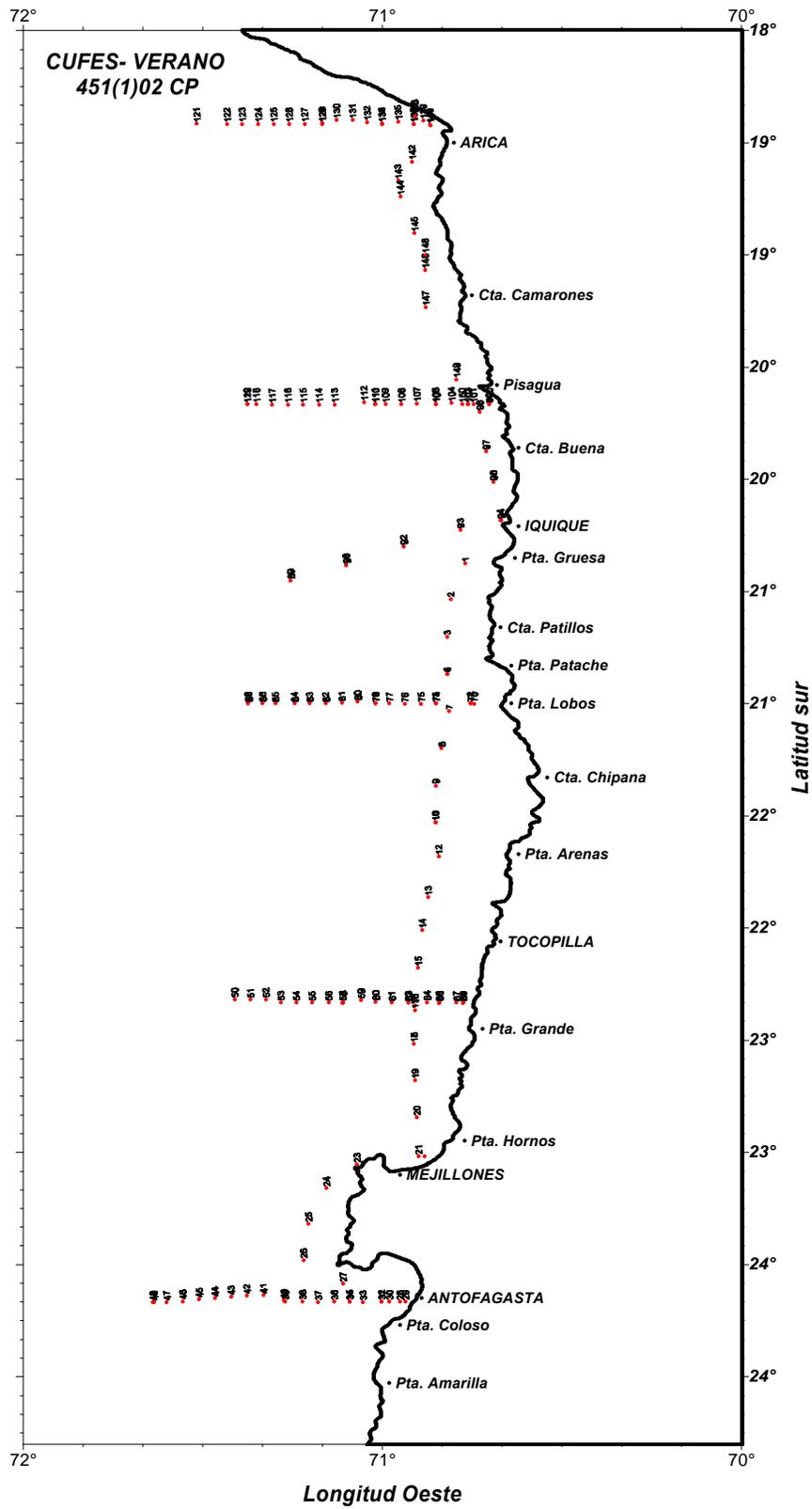


Figura 3.- Ubicación geográfica de estaciones CUFES. Crucero MOBIO 0202. Verano 2002.

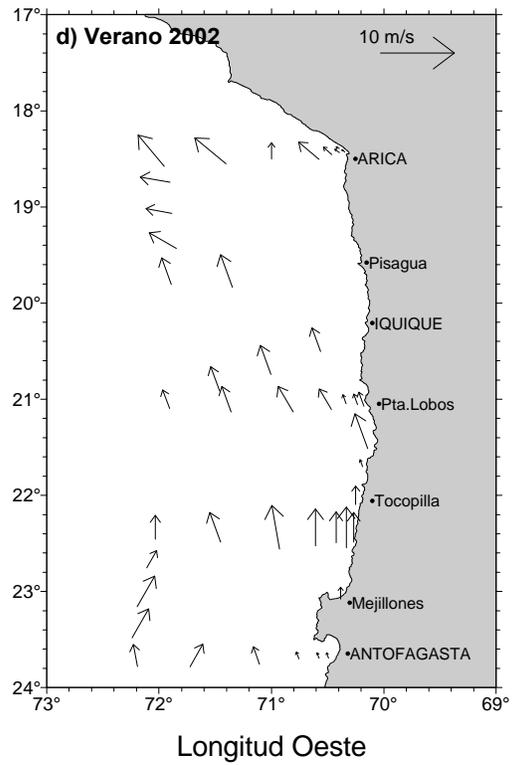
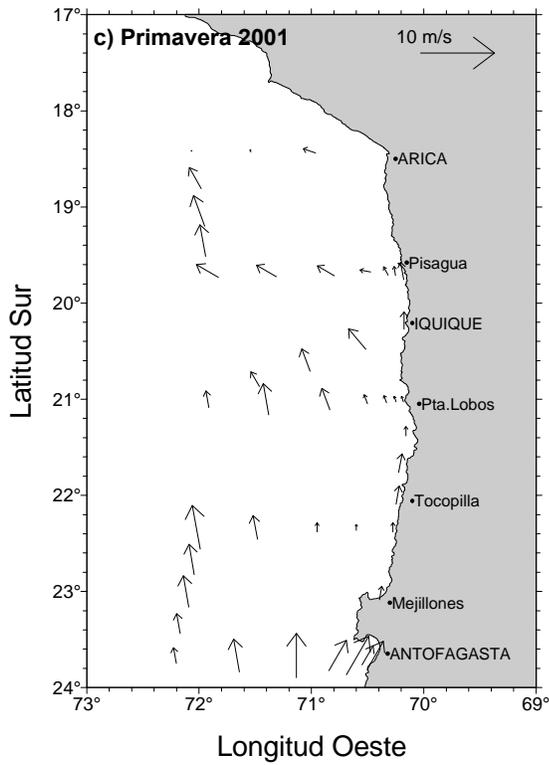
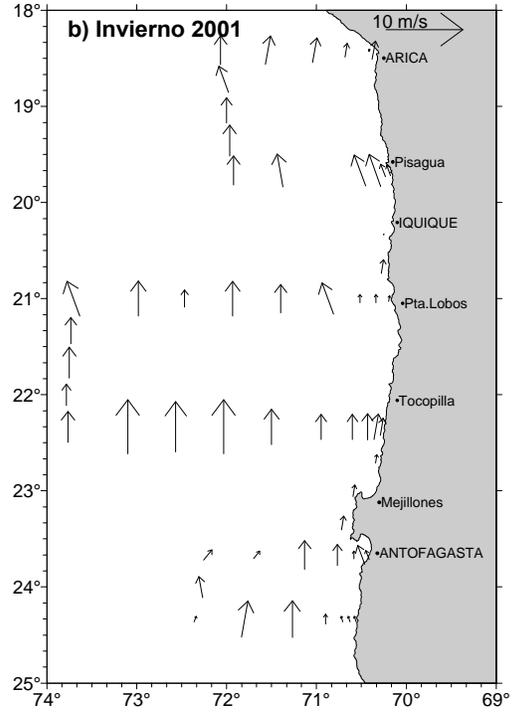
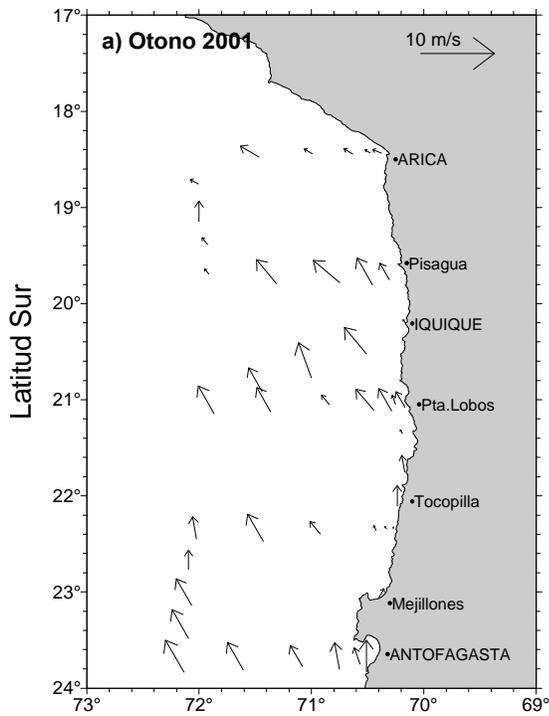


Figura 4.- Dirección e intensidad del viento (m/s) medido en las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

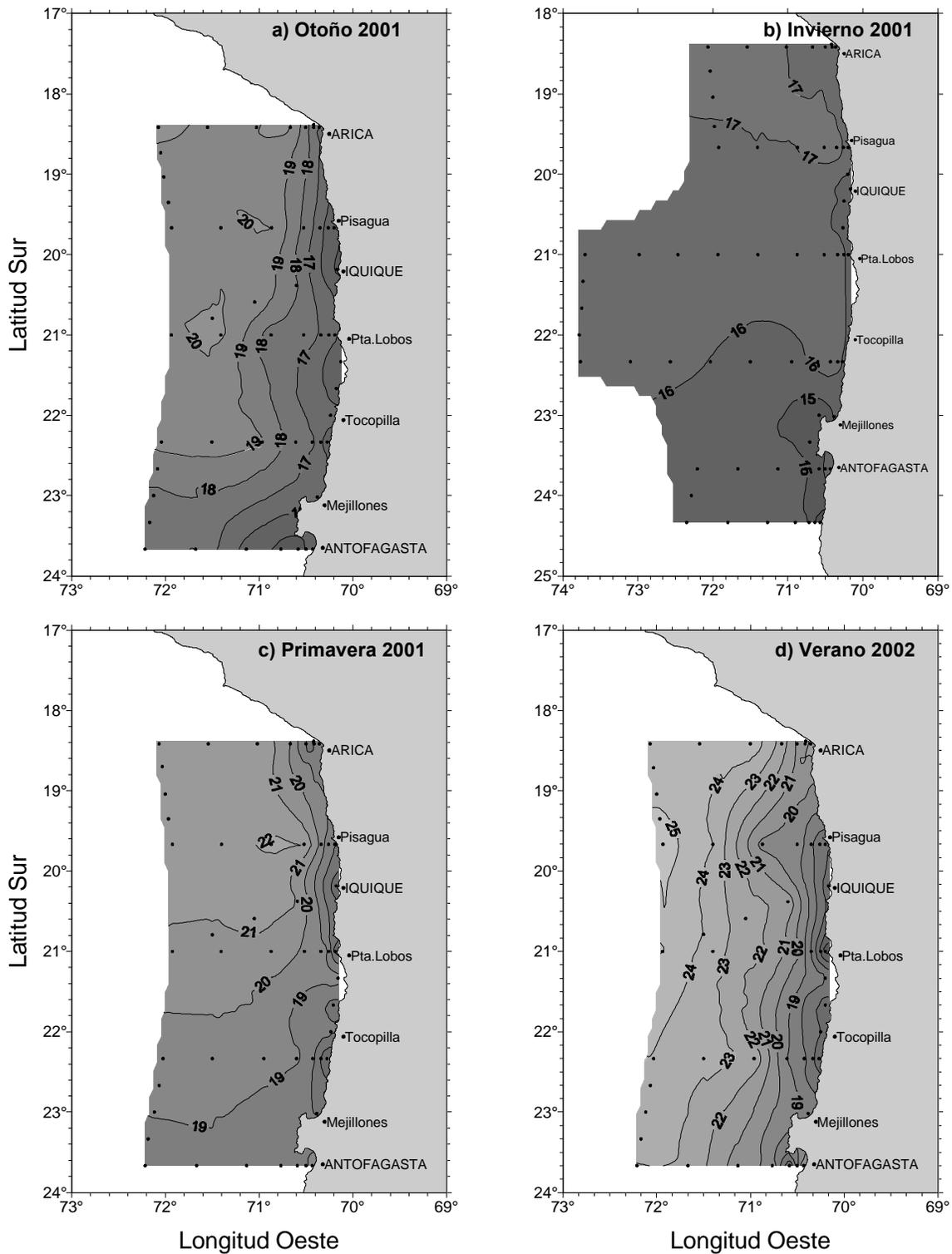


Figura 5.- Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

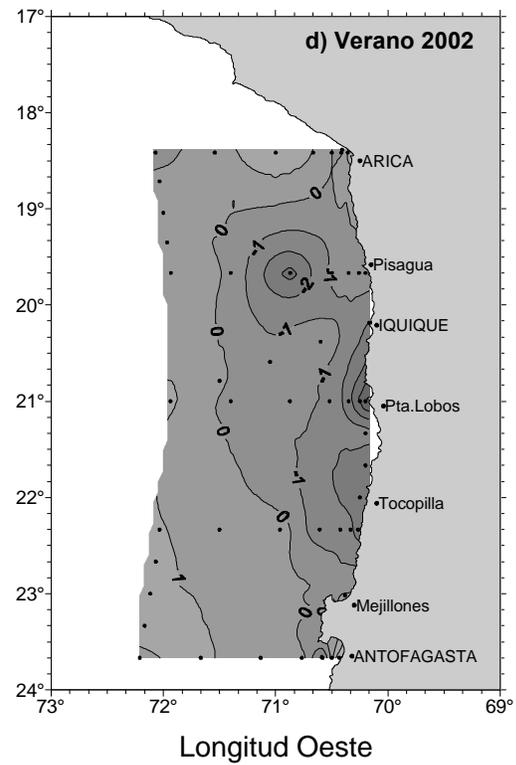
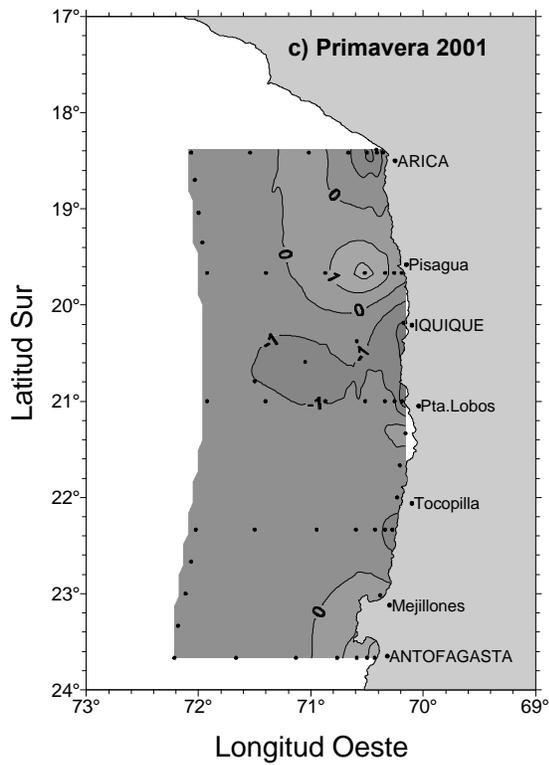
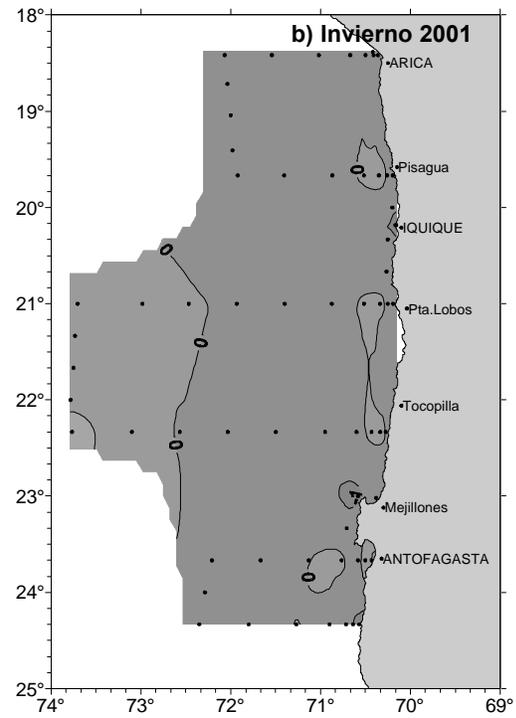
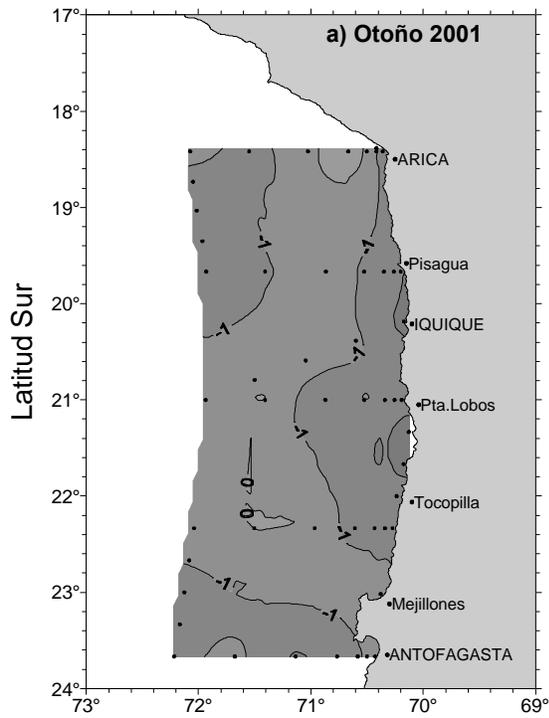


Figura 6.- Anomalías de temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

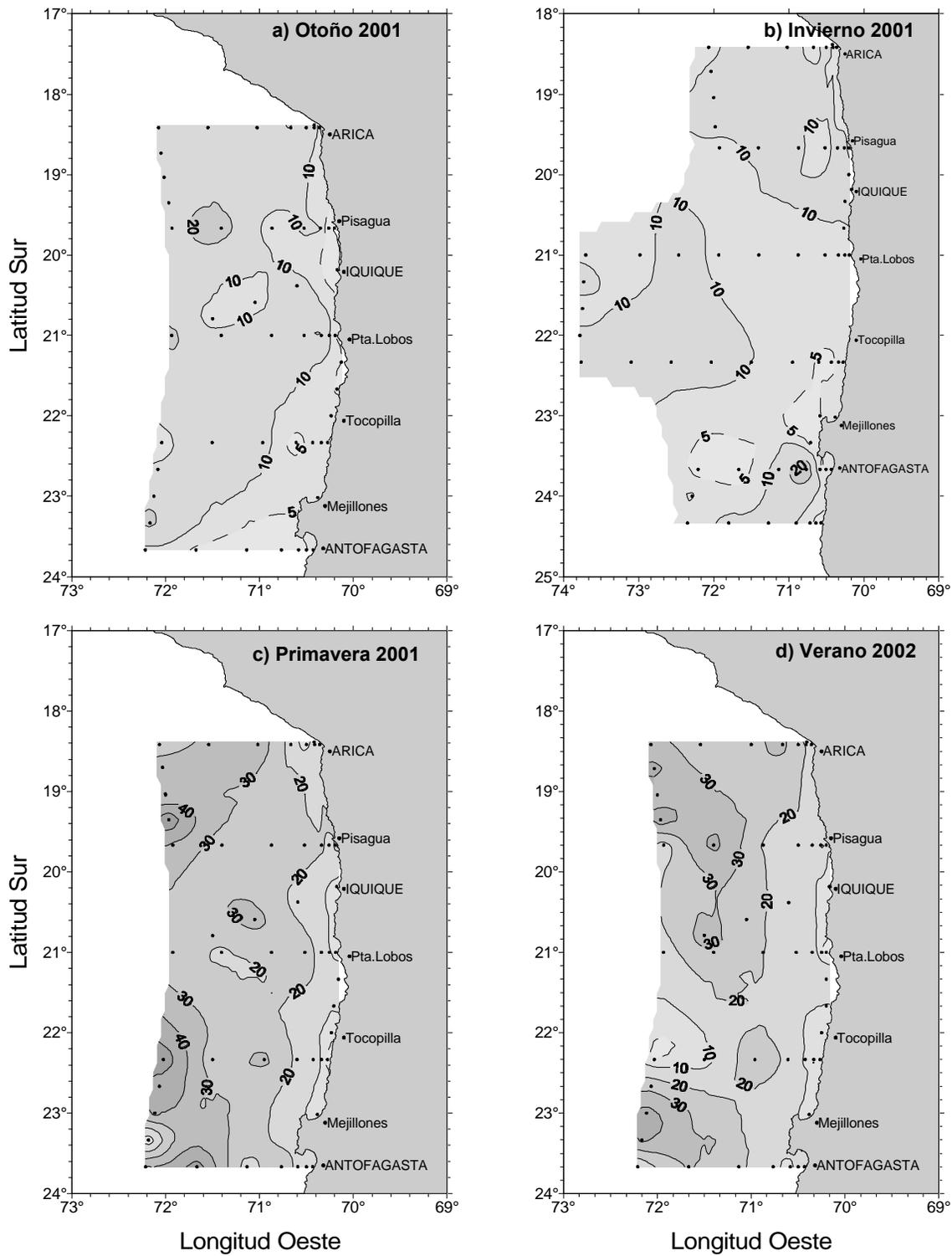


Figura 7.- Espesor de la termoclina (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

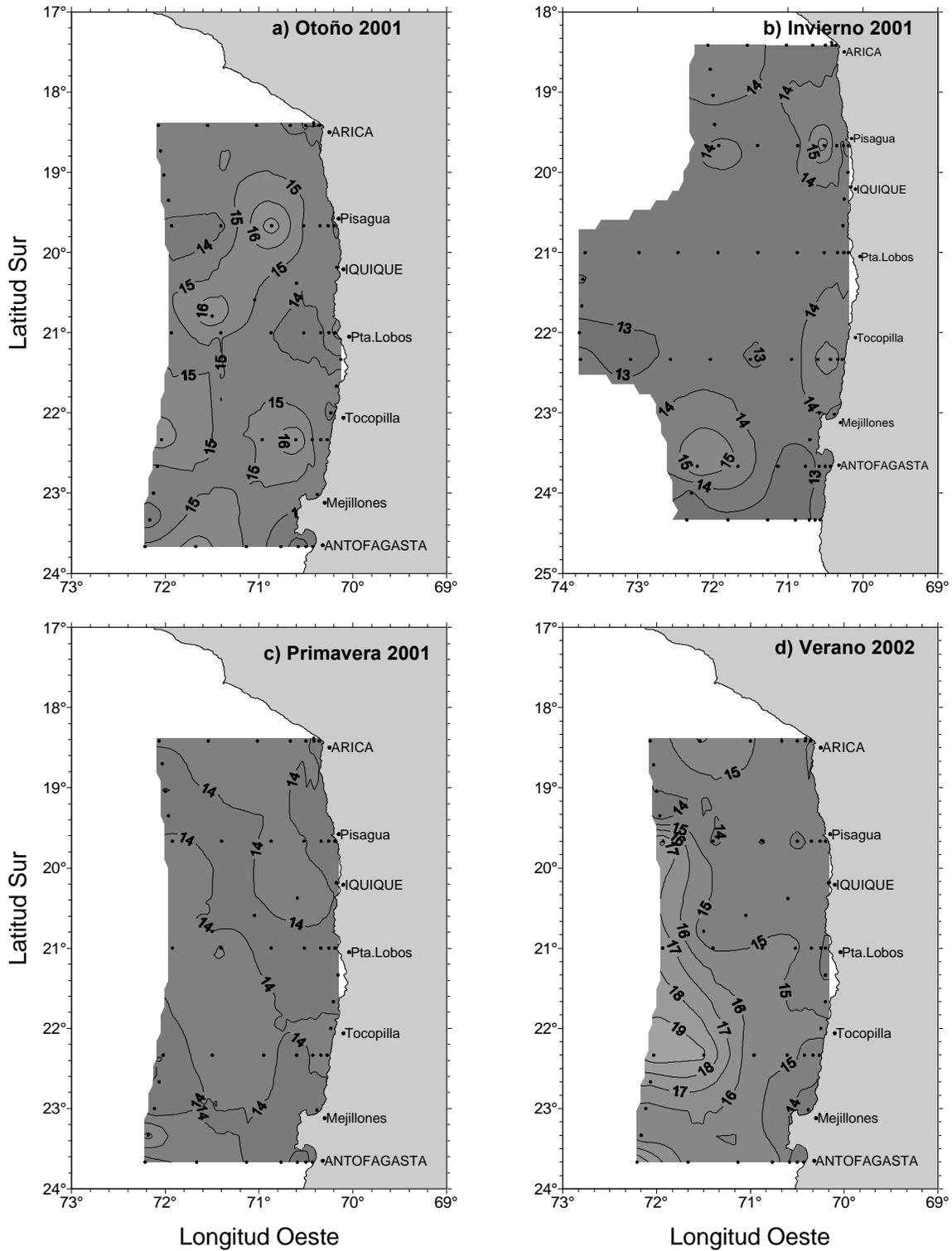
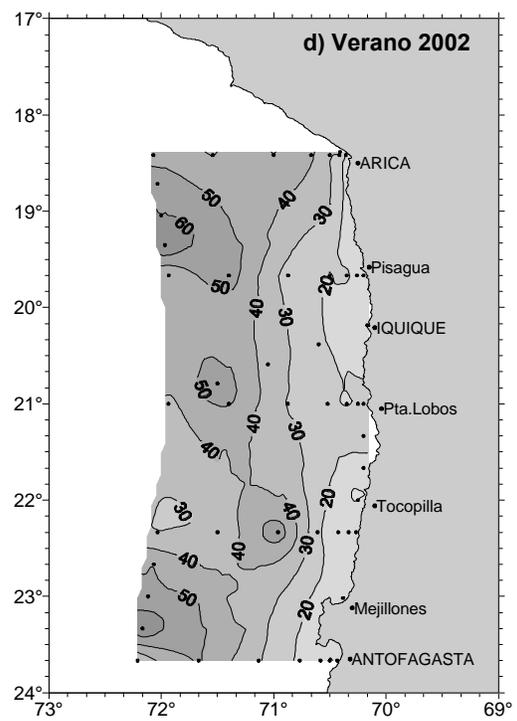
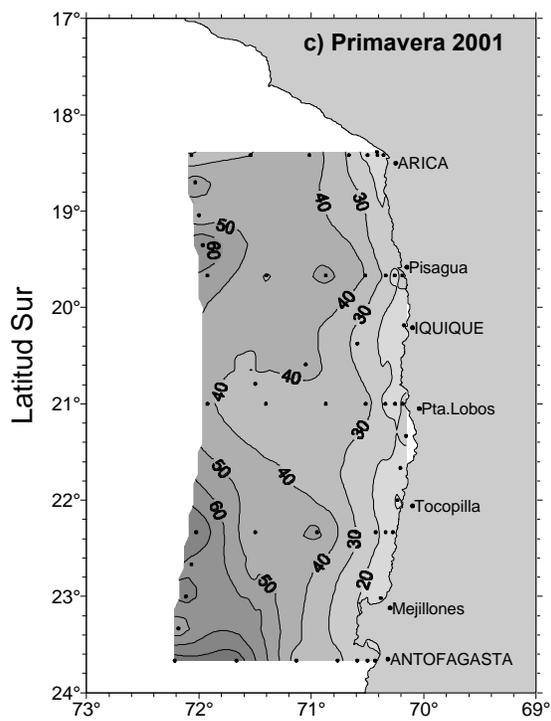
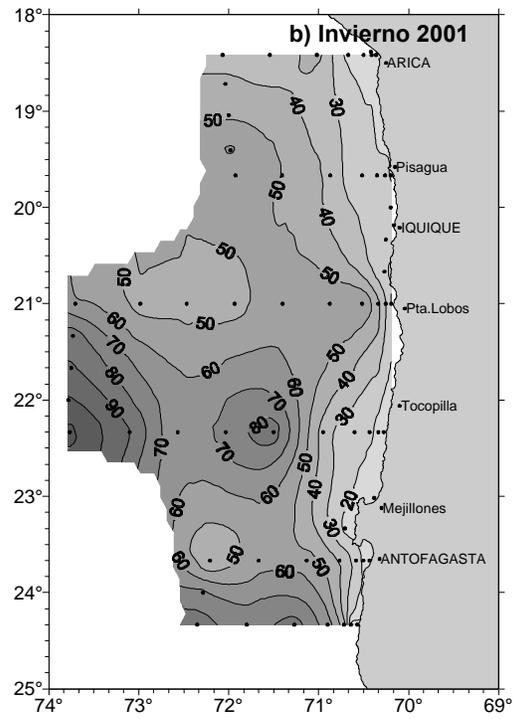
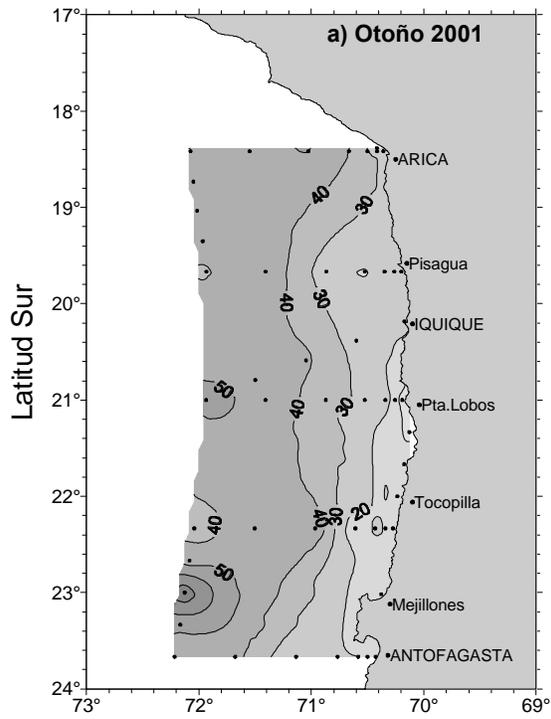


Figura 8.- Temperatura base de la termoclina (°C). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.



Longitud Oeste

Longitud Oeste

Figura 9.- Profundidad base de la termoclina (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

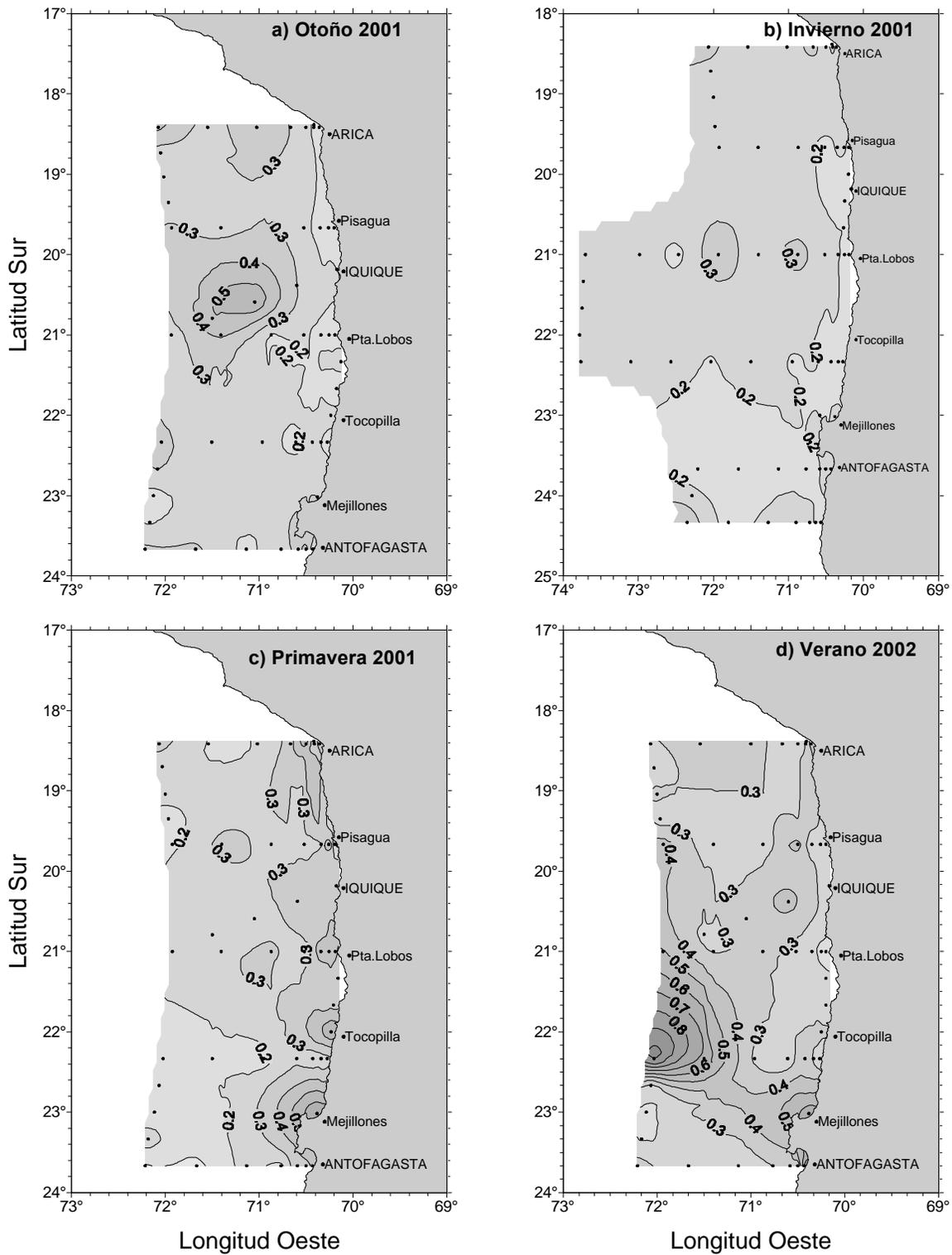


Figura 10.- Gradiente de temperatura promedio de la termoclina ($^{\circ}\text{C}$). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

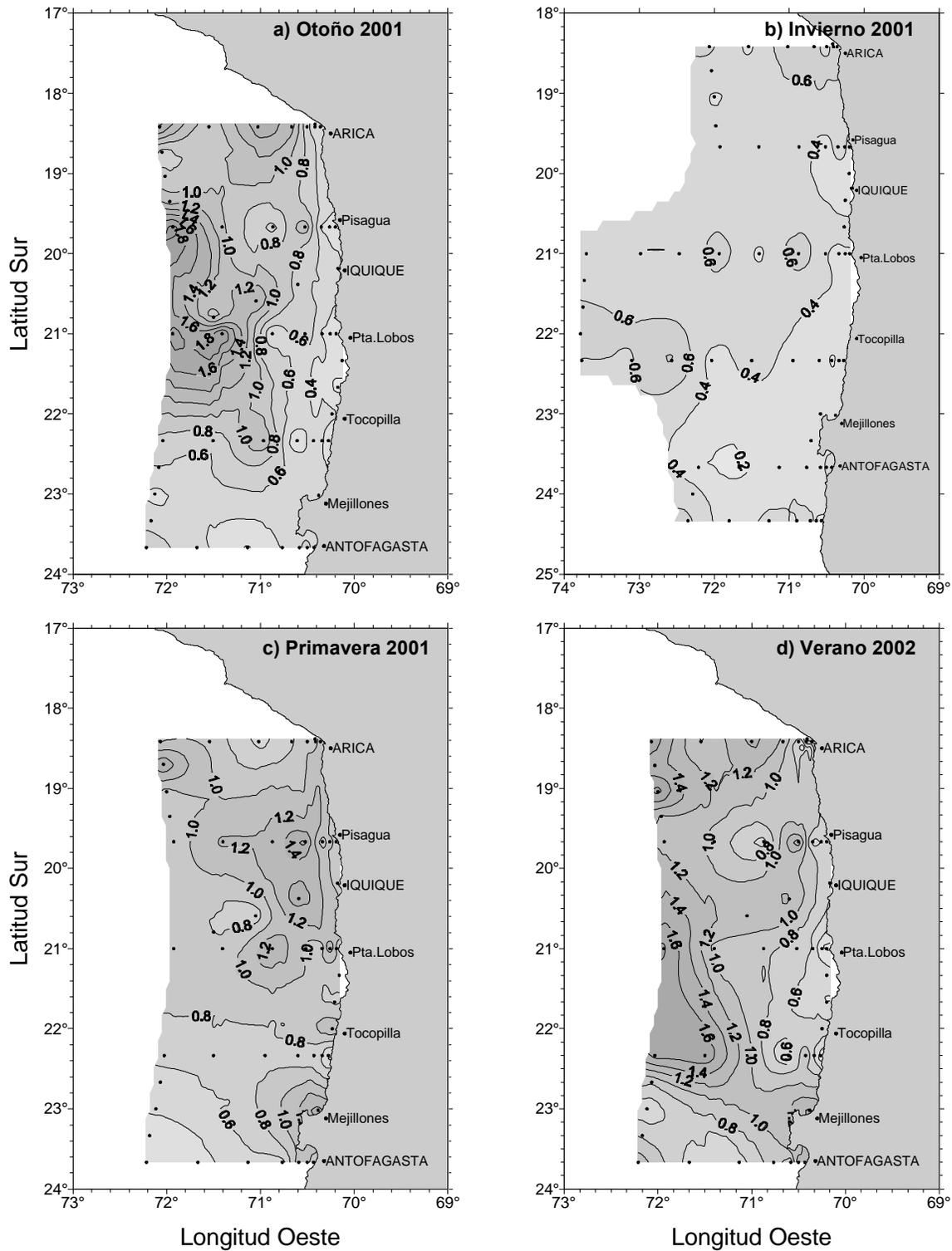


Figura 11.- Máximo gradiente de temperatura en la termoclina ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

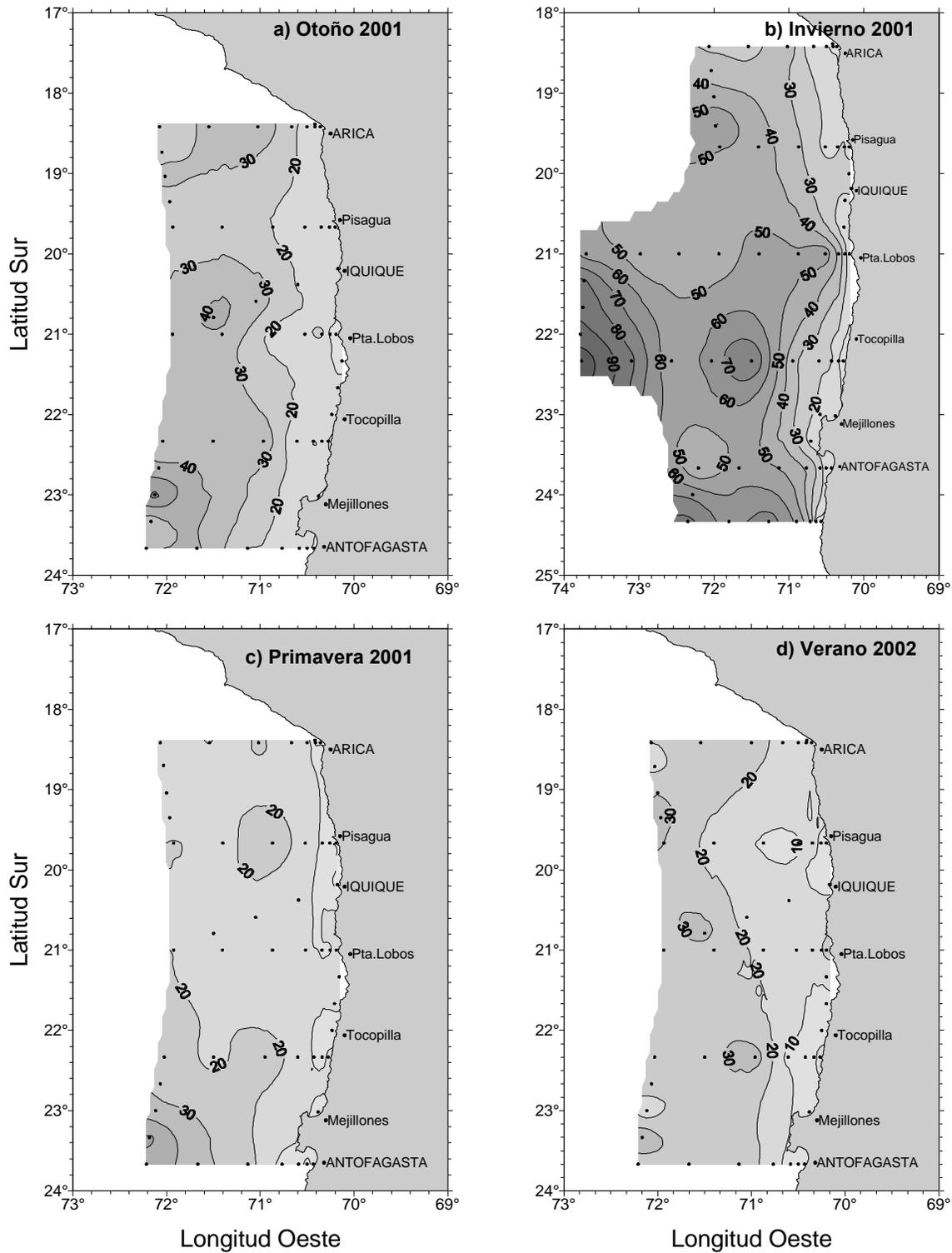


Figura 12.- Profundidad del máximo gradiente de temperatura en la termoclina (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

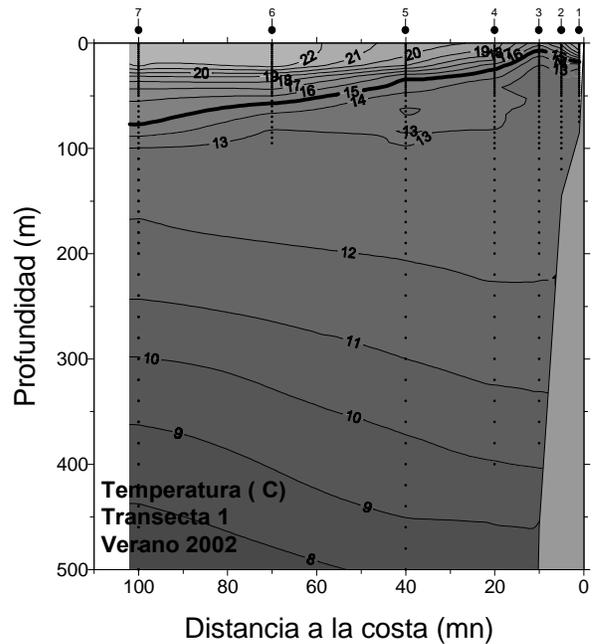
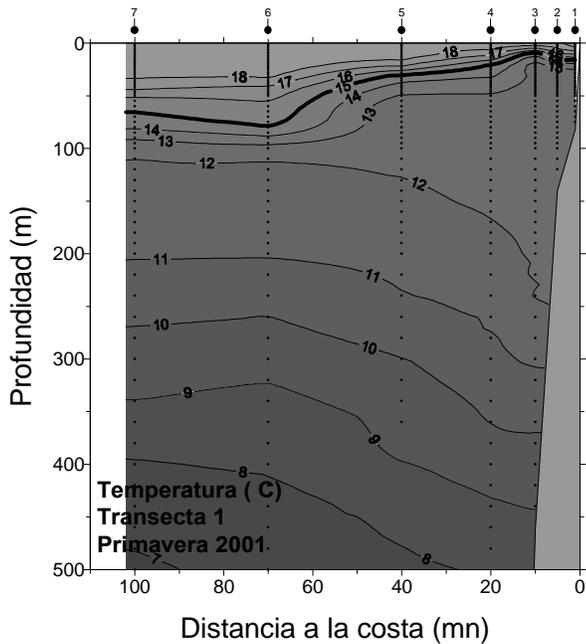
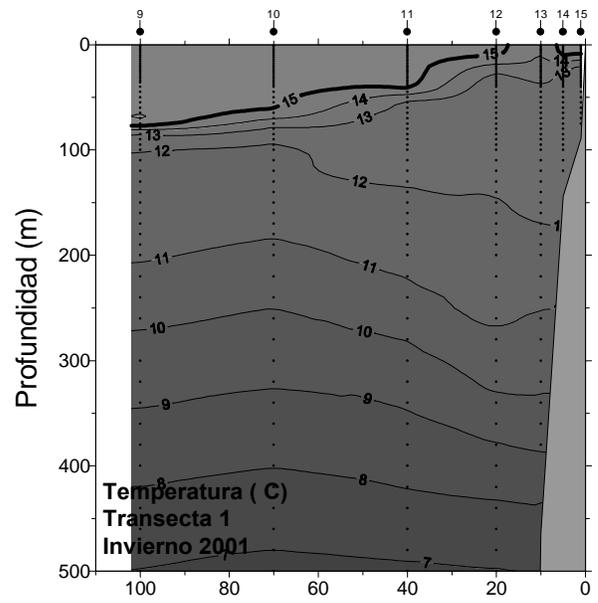
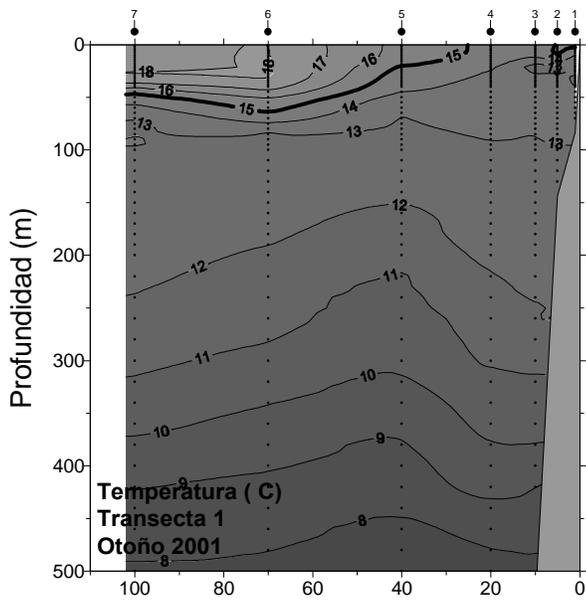
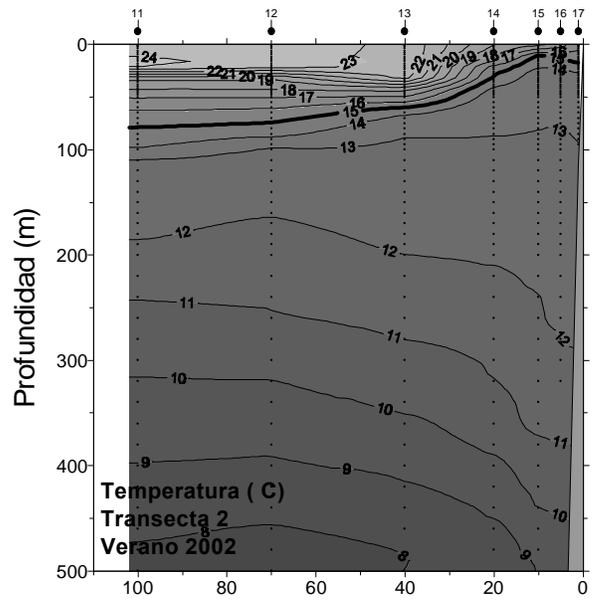
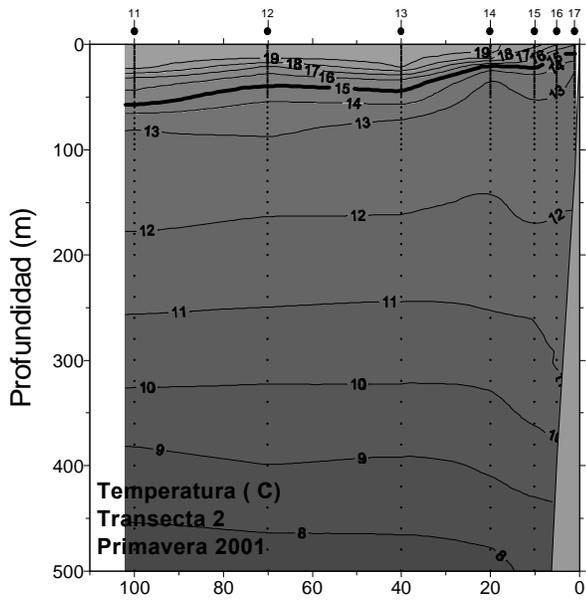
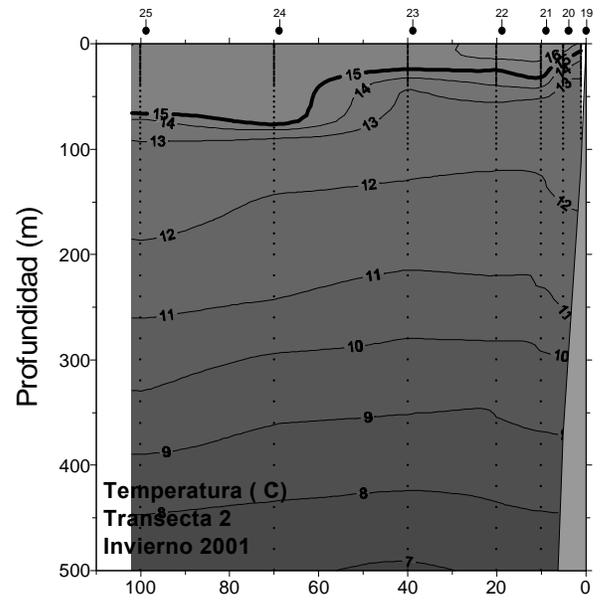
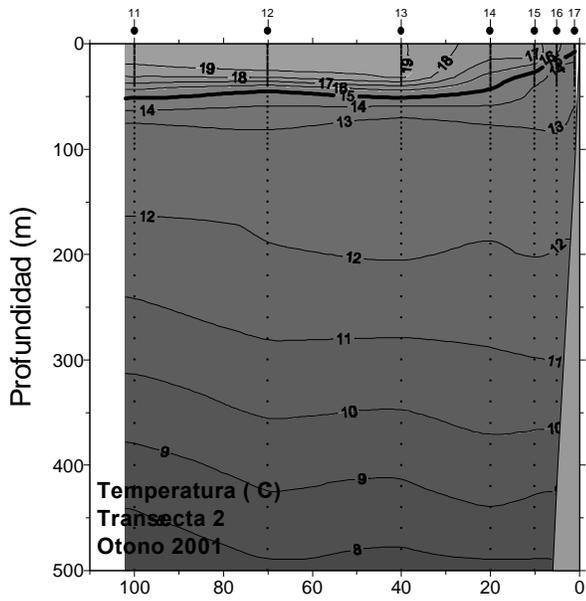


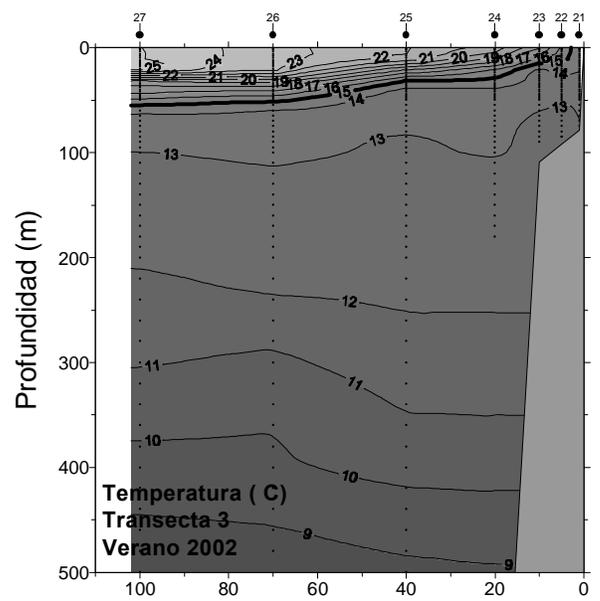
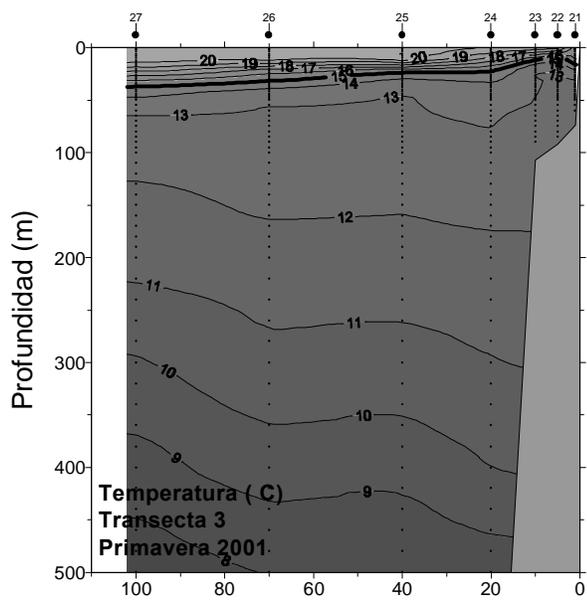
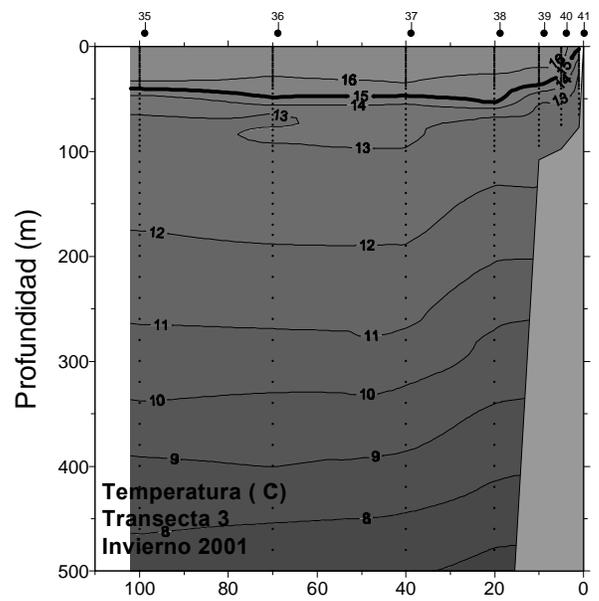
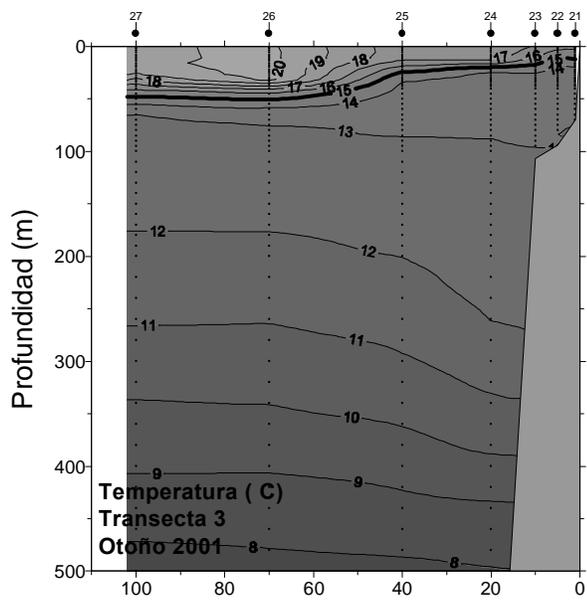
Figura 13.- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 1. (Bahía Moreno; 23°40'S).
 Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.



Distancia a la costa (mn)

Distancia a la costa (mn)

Figura 14.- Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en la transecta 2. (Pta. Copaca; $22^{\circ}20'S$).
Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.



Distancia a la costa (mn)

Distancia a la costa (mn)

Figura 15.- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 3. (Punta Lobos; 21°00'S).
Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

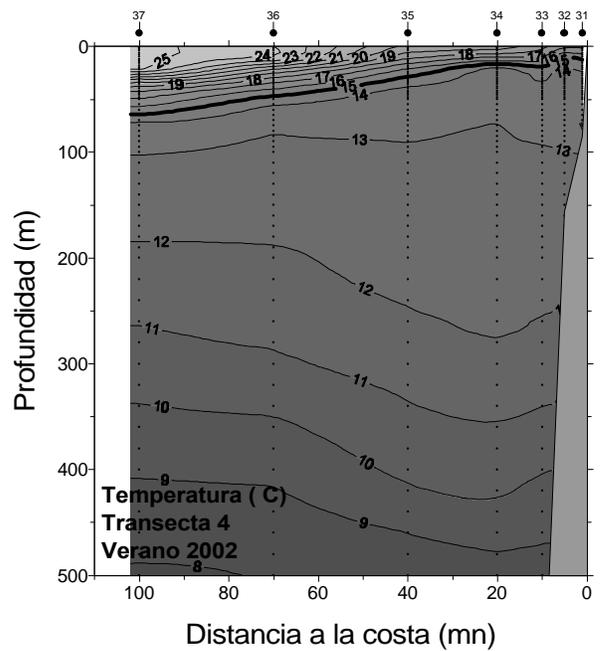
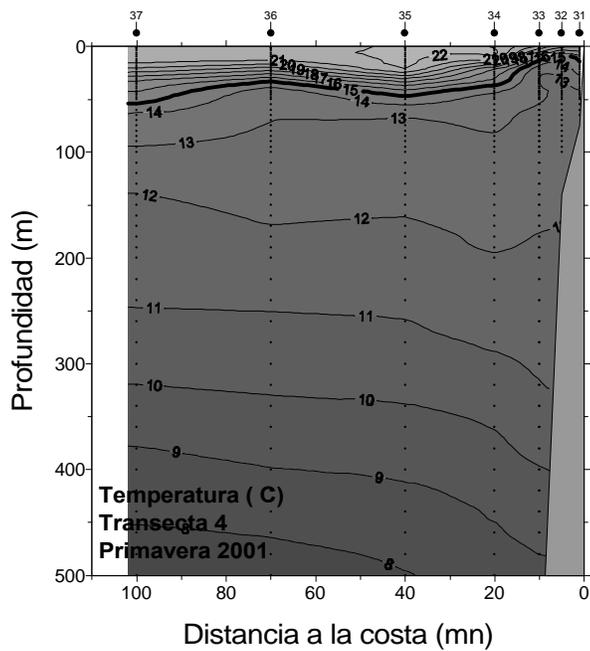
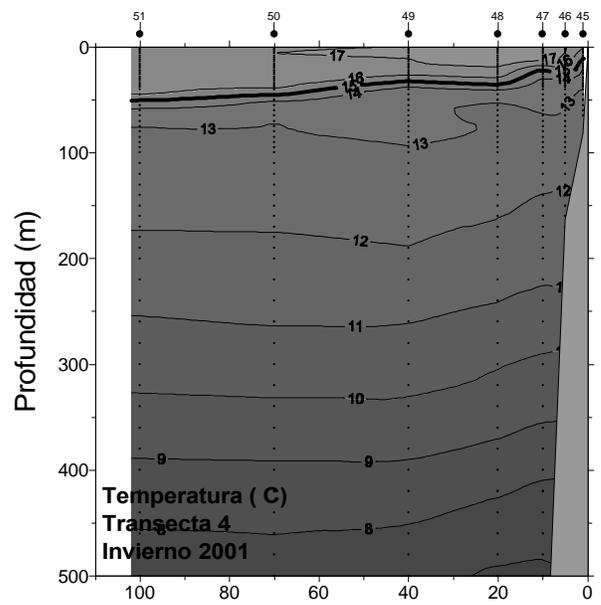
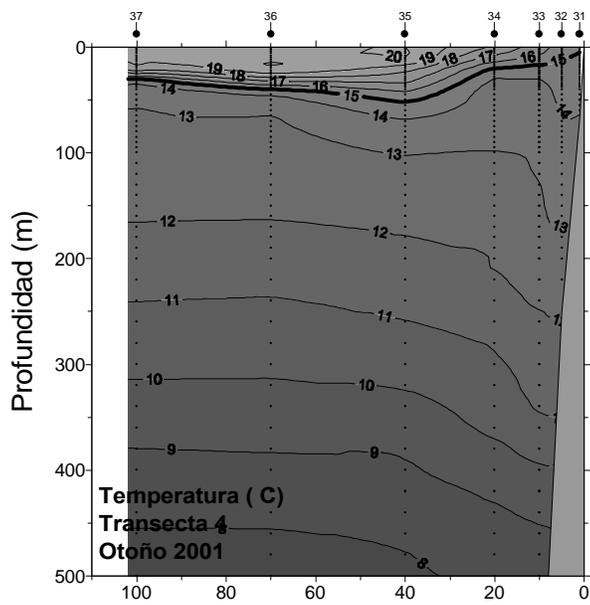


Figura 16.- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 4. (Punta Junin; 19°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

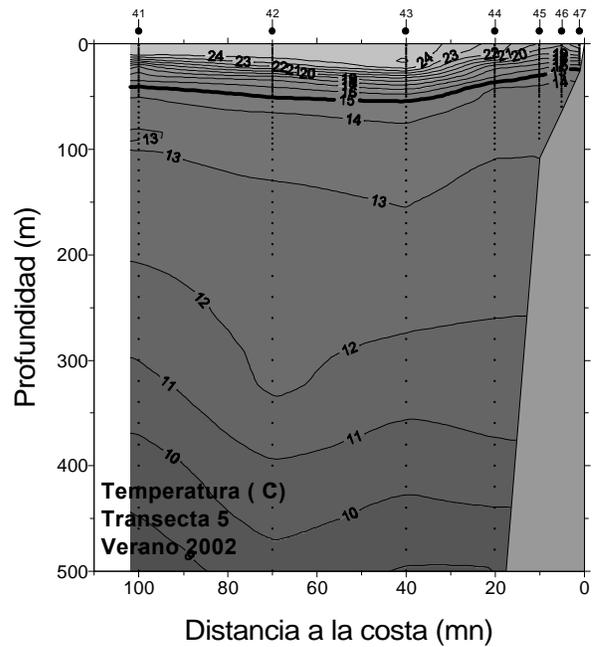
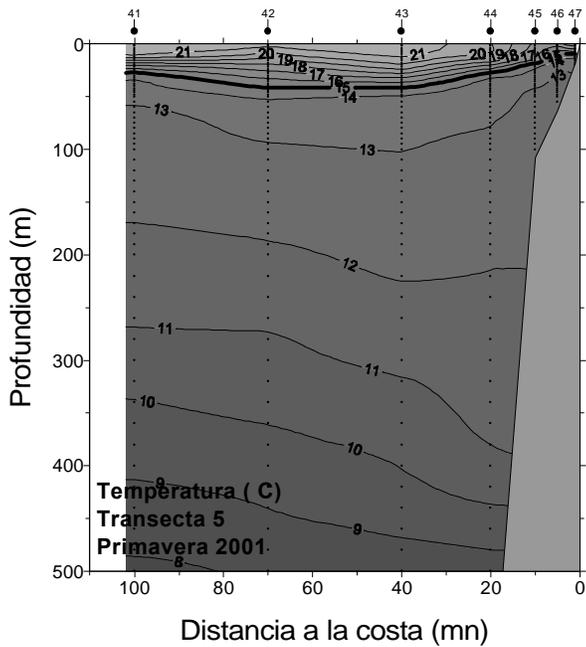
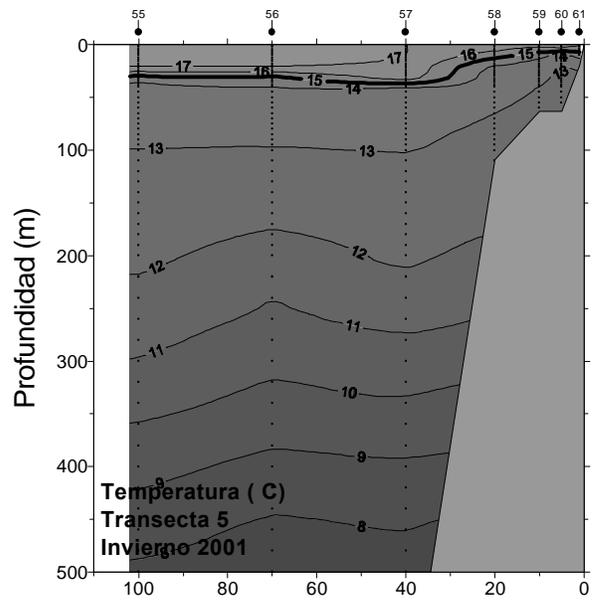
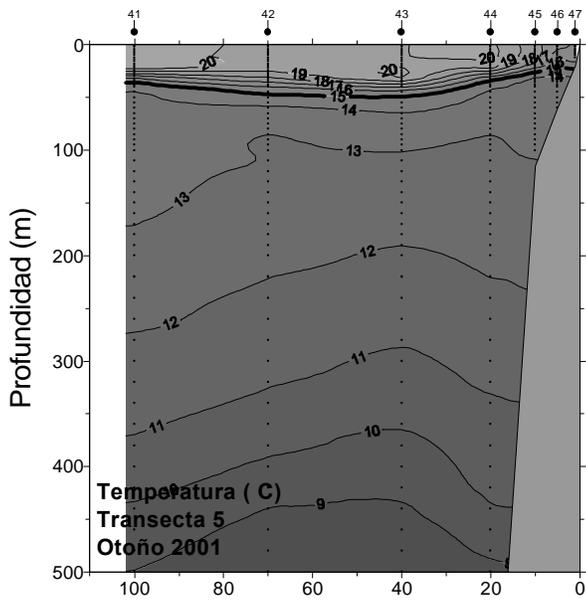


Figura 17.- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 5. (Arica; 18°25'S).
Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

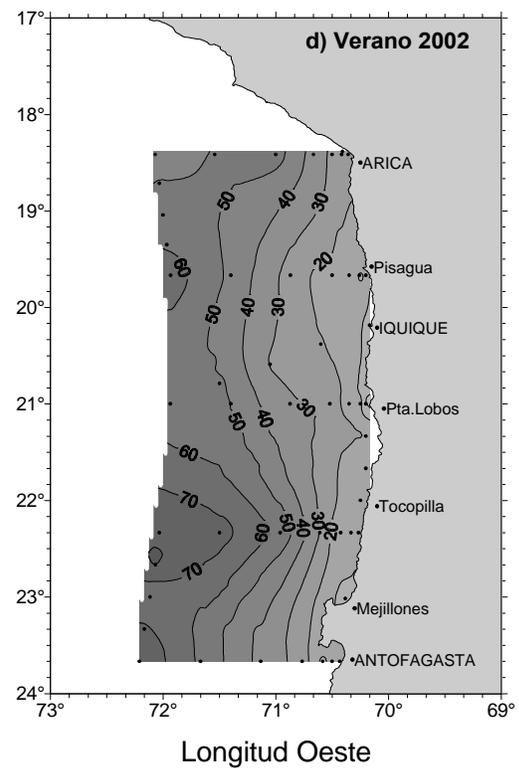
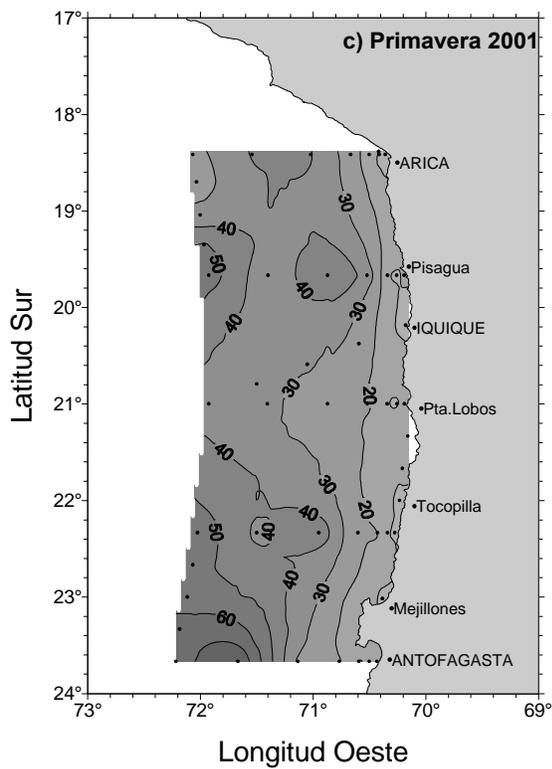
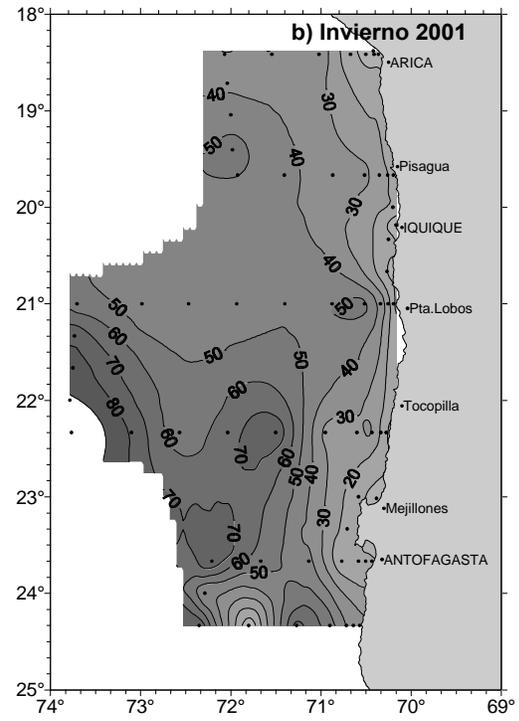
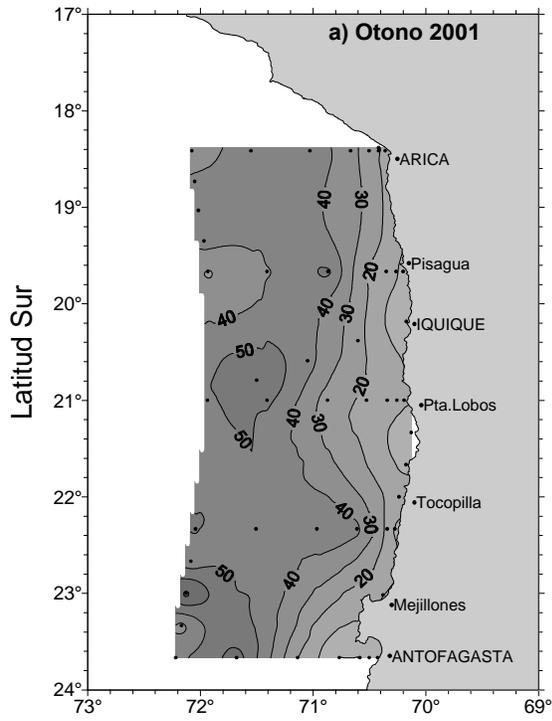


Figura 18.- Profundidad de la isoterma de 15°C (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

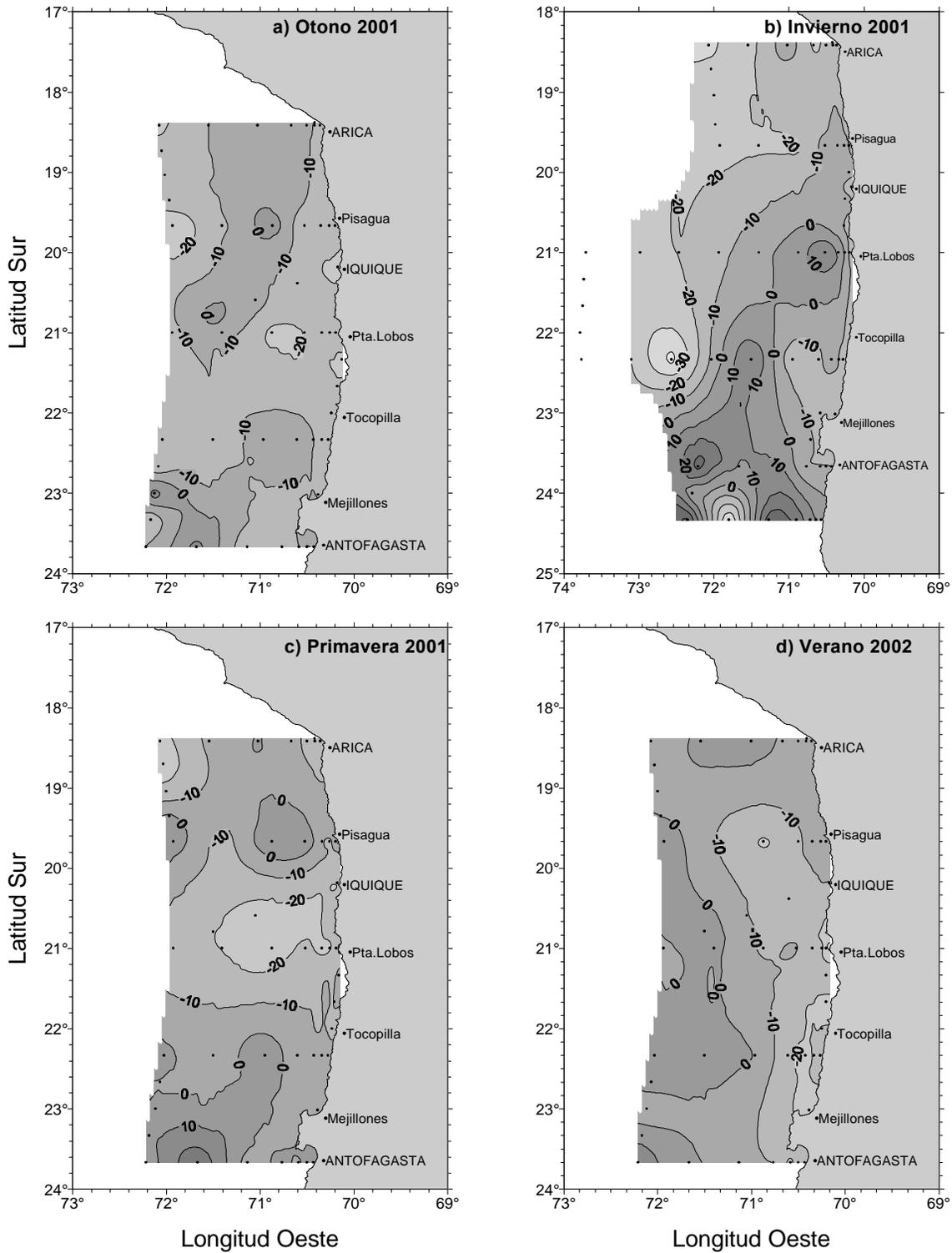


Figura 19.- Anomalia de profundidad de la isoterma de 15°C (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

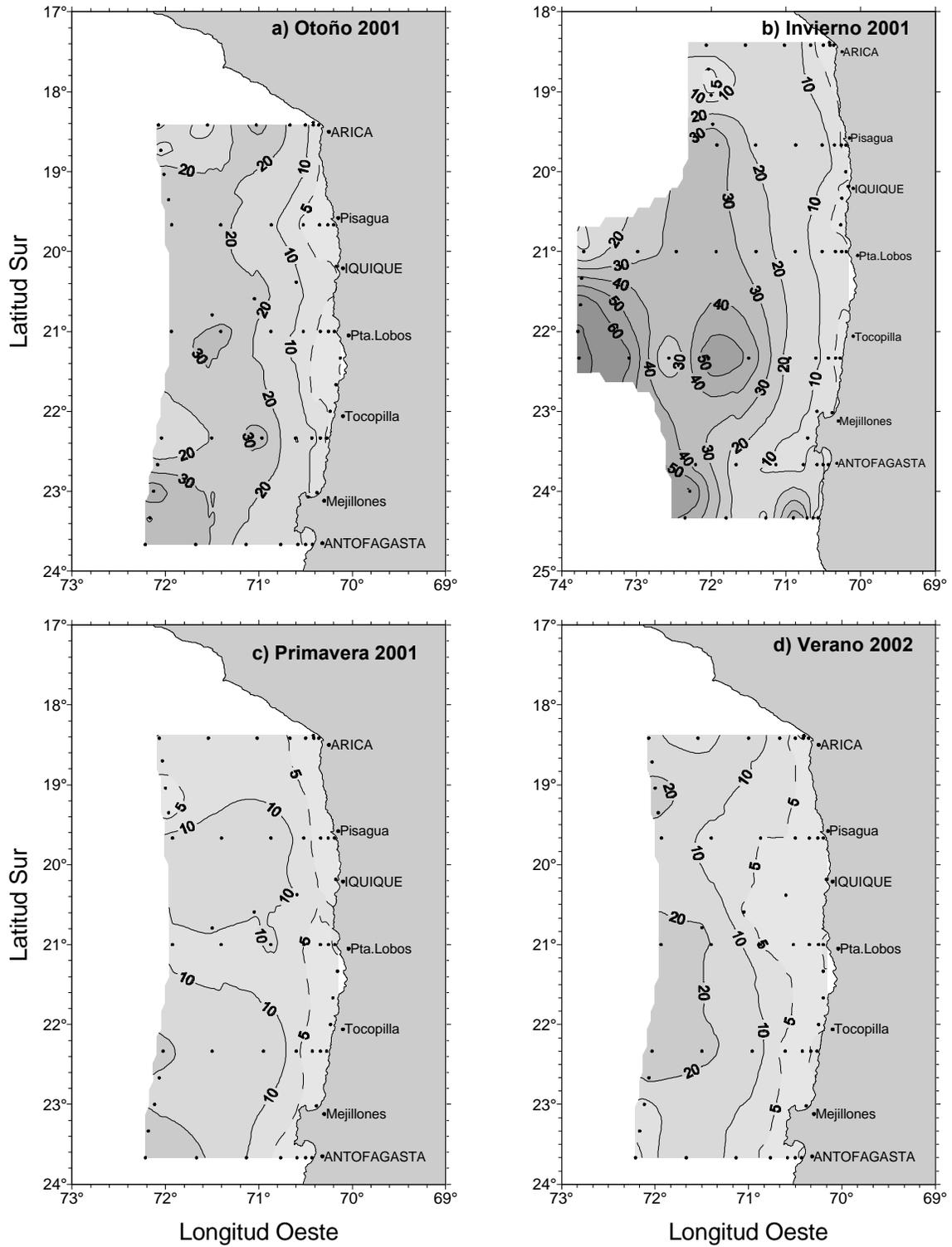


Figura 20.- Espesor de la capa de mezcla (m). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

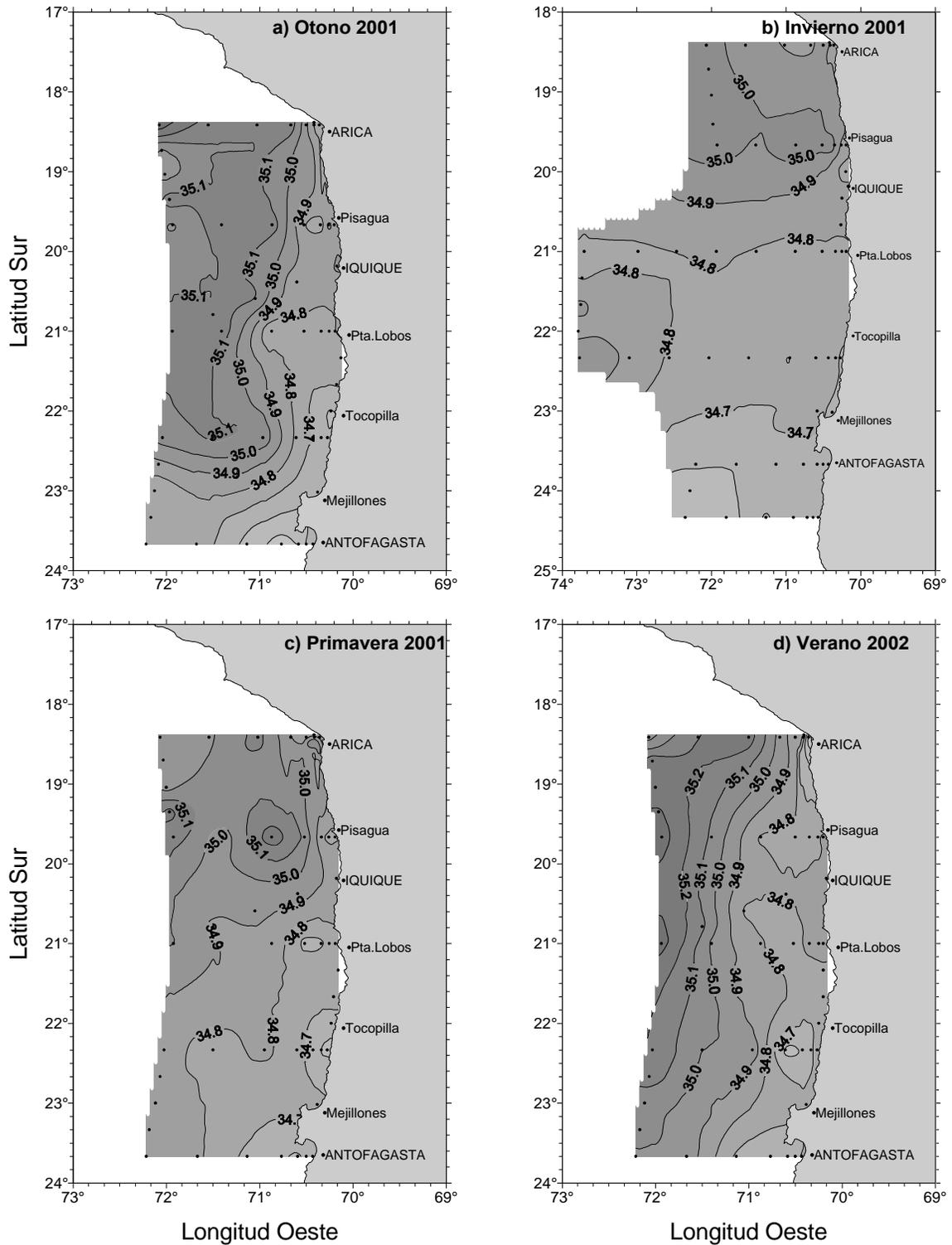


Figura 21.- Salinidad Superfial del mar (psu). Cruceros estacionales Mayo 2001 - Febrero 2002.

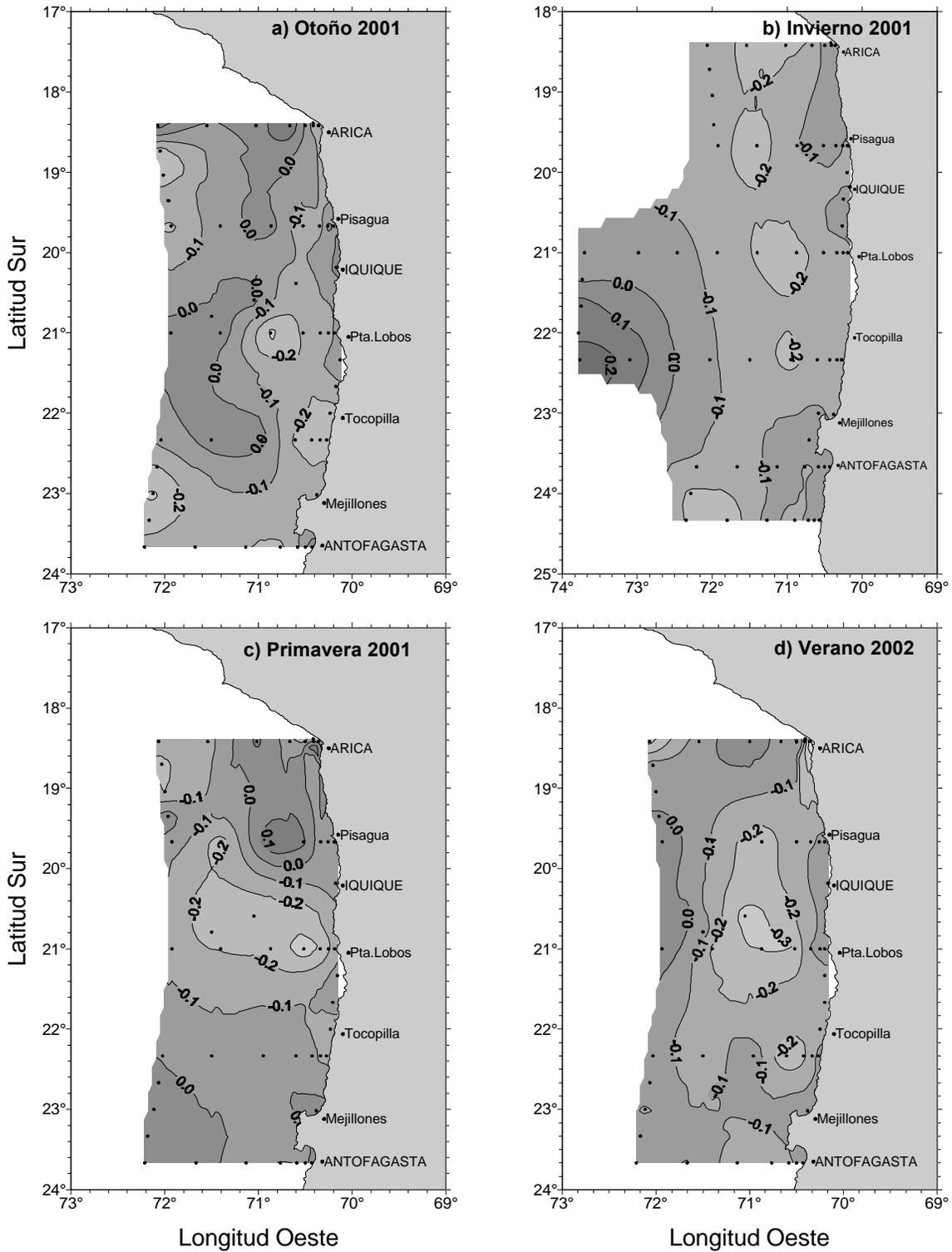


Figura 22.- Anomalía de salinidad superficial del mar (psu). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

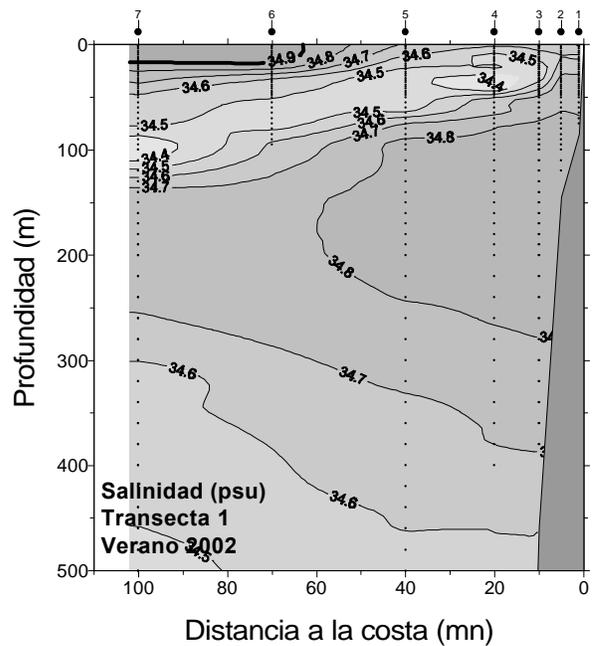
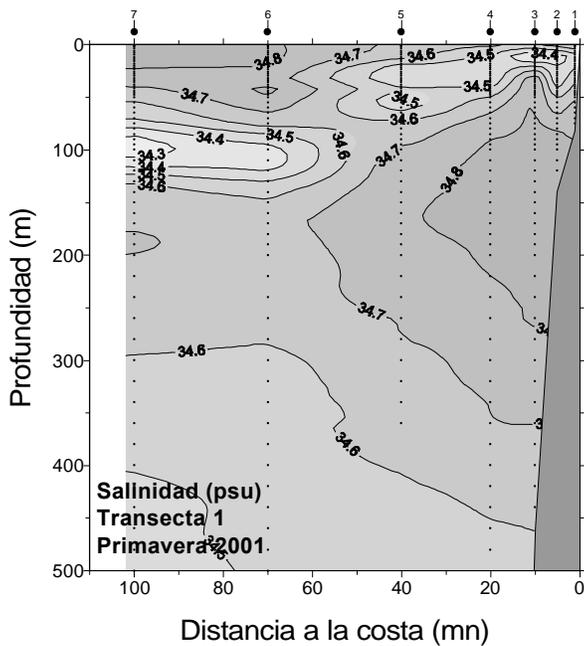
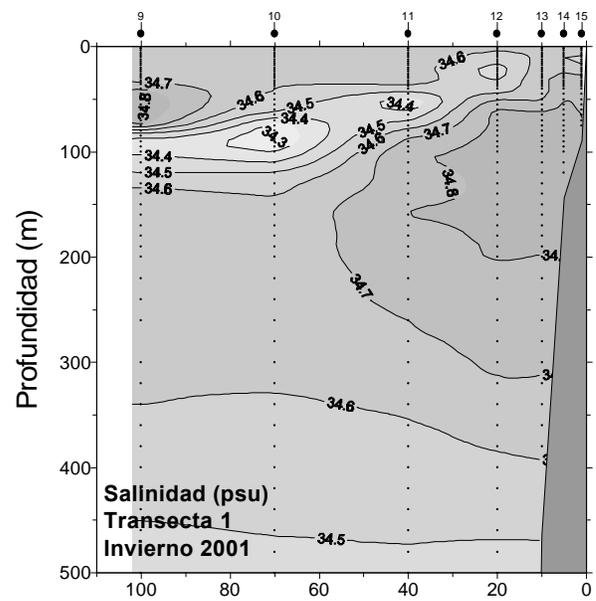
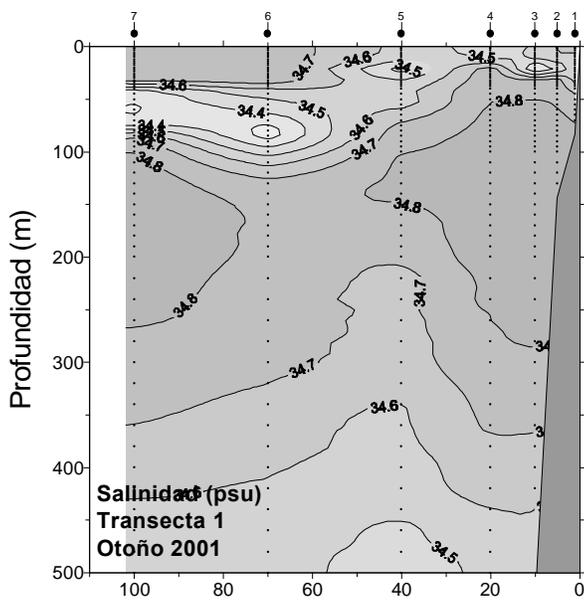
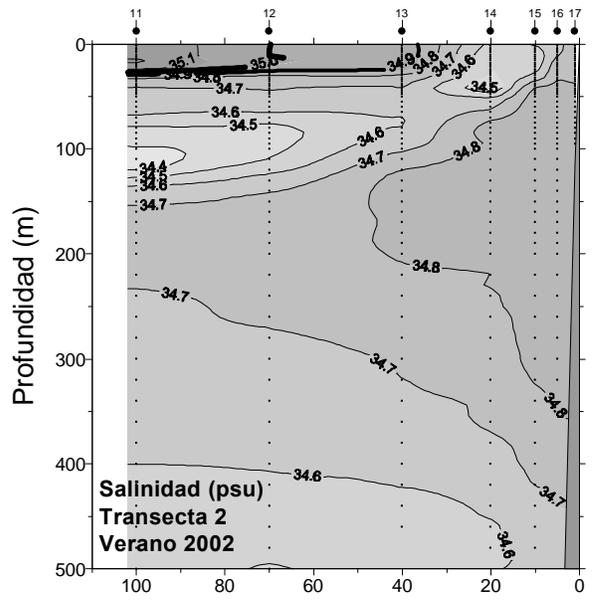
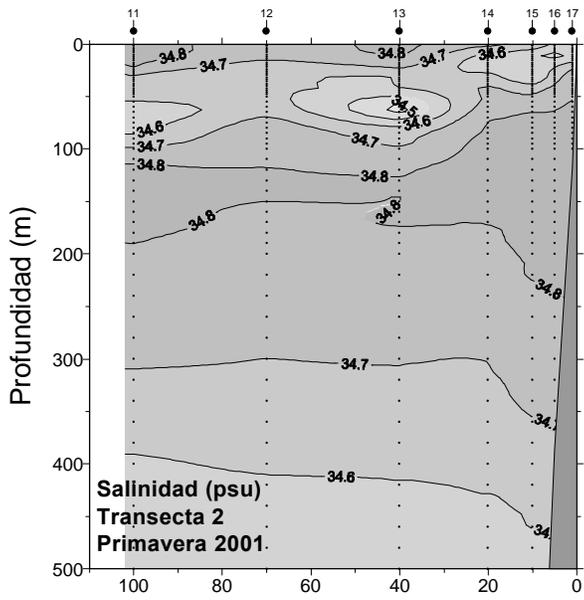
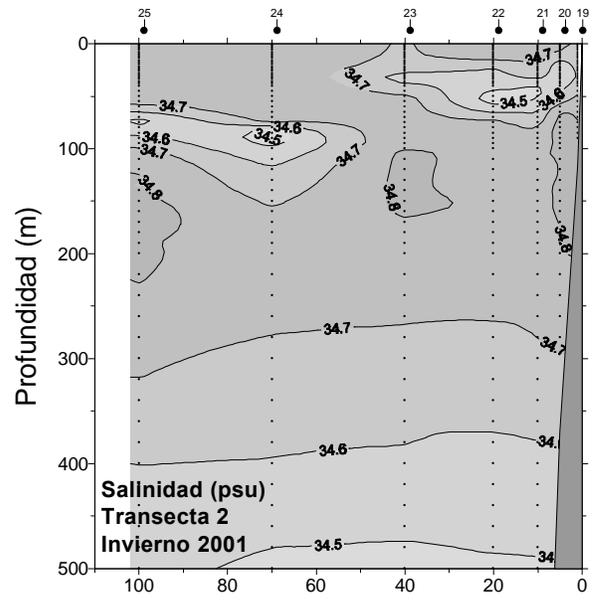
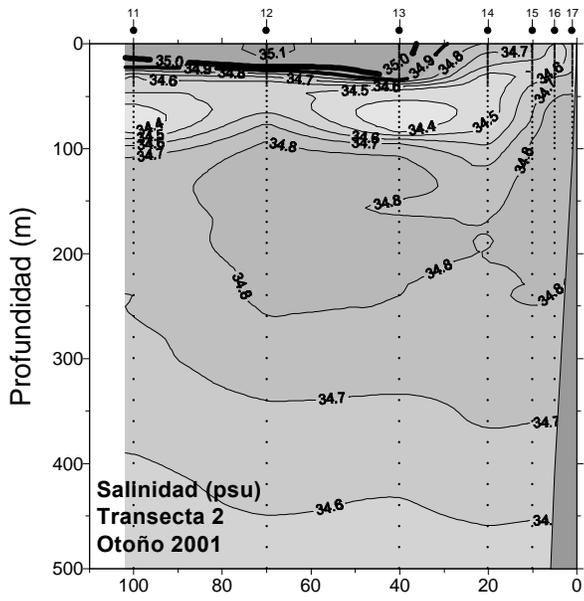


Figura 23.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 1. (Bahía Moreno; 23°40'S).
Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.



Distancia a la costa (m)

Distancia a la costa (m)

Figura 24.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 2. (Pta. Copaca; 22°20'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

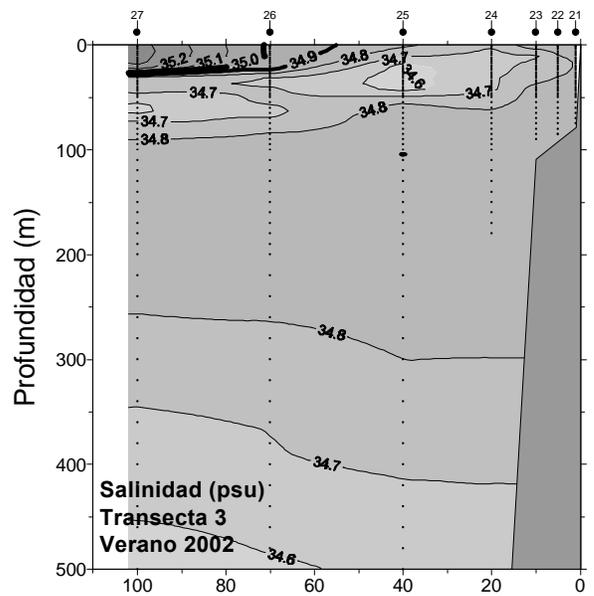
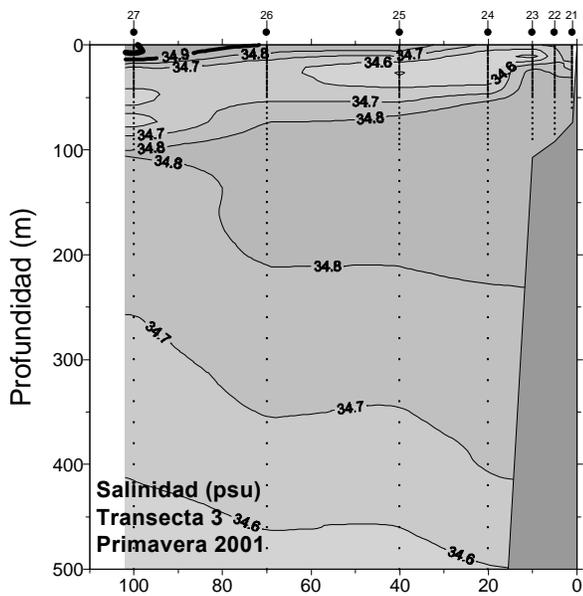
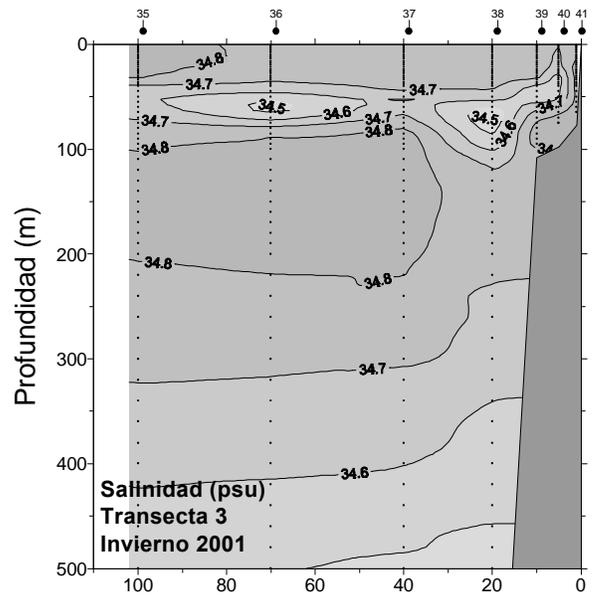
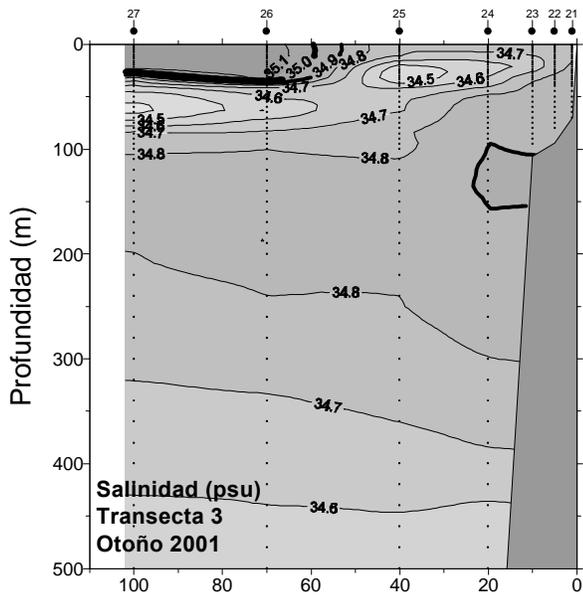
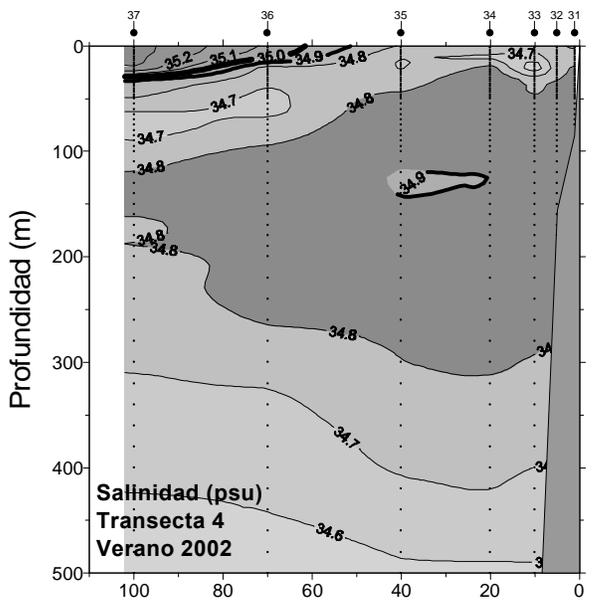
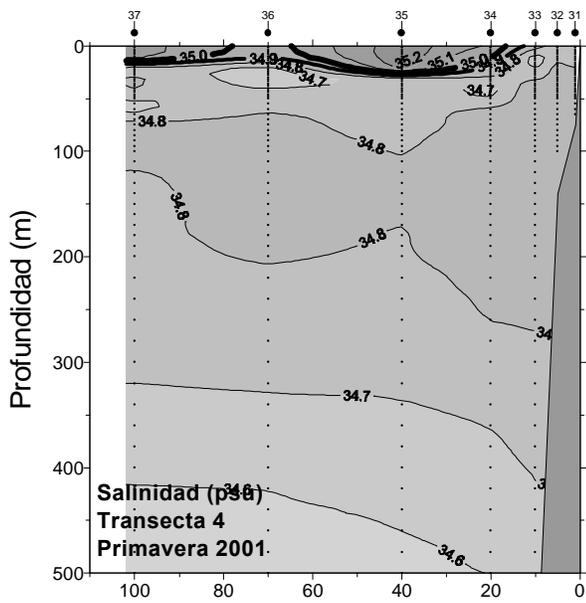
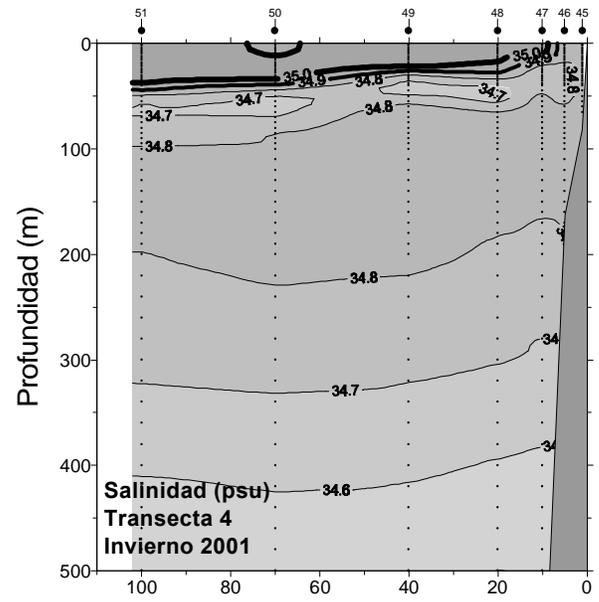
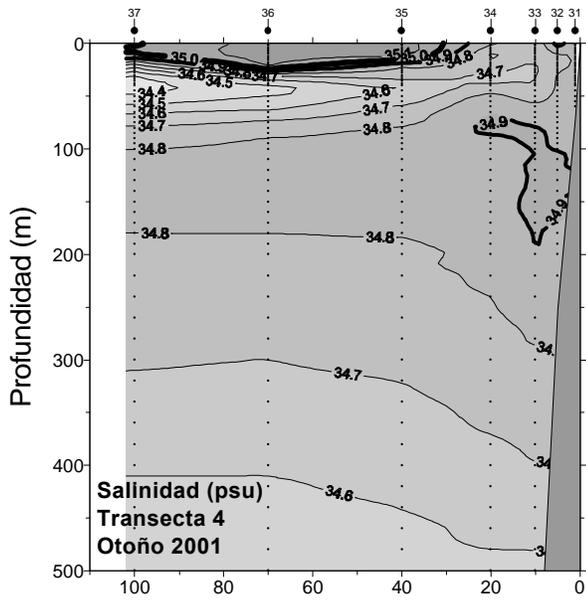


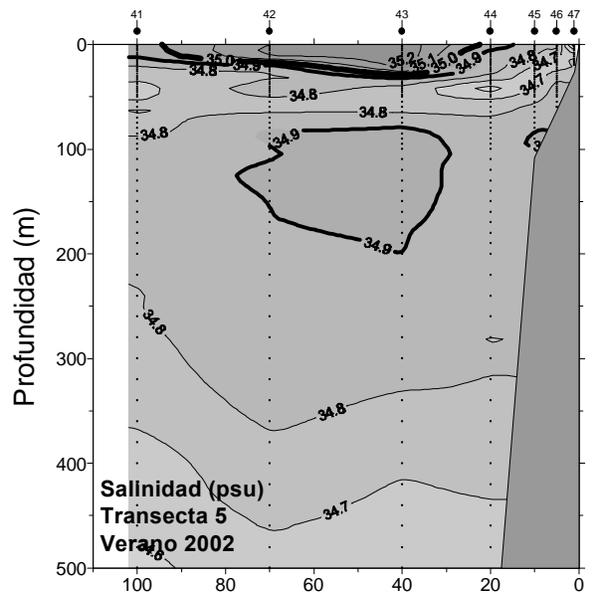
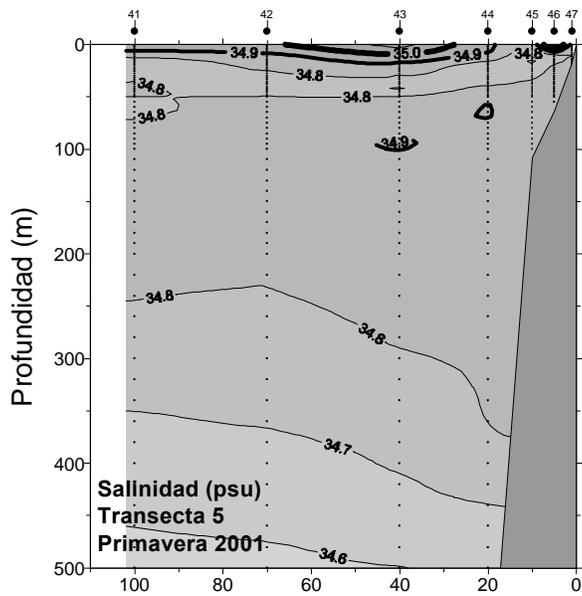
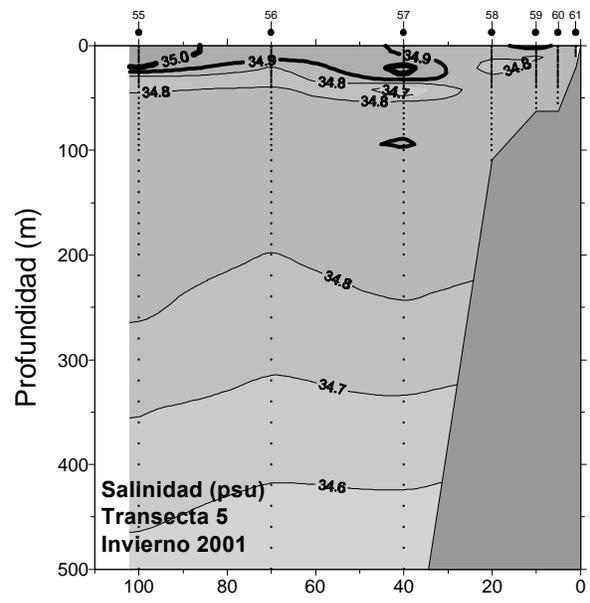
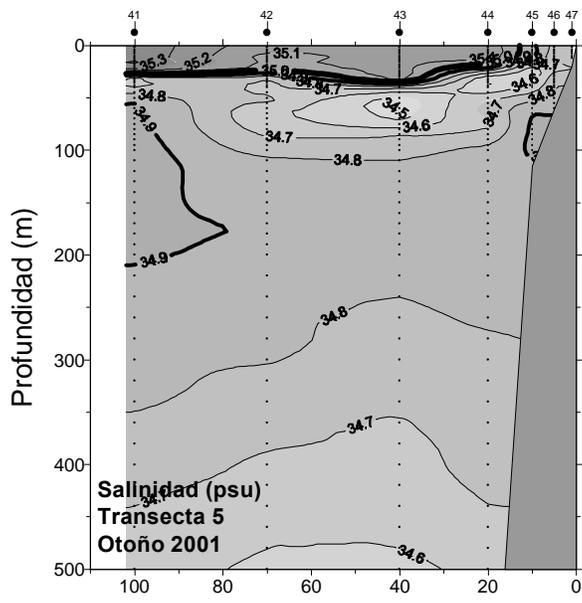
Figura 25.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 3. (Punta Lobos; 21°00'S).
Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.



Distancia a la costa (mn)

Distancia a la costa (mn)

Figura 26.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 4. (Punta Junin; 19°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.



Distancia a la costa (mn)

Distancia a la costa (mn)

Figura 27.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 5. (Arica; 18°25'S).
Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

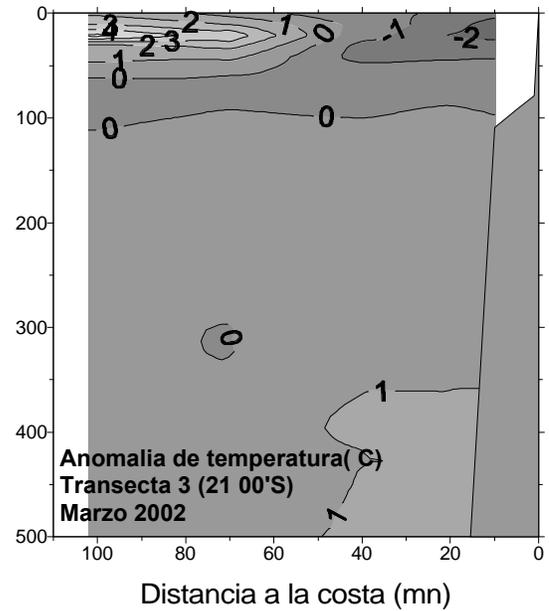
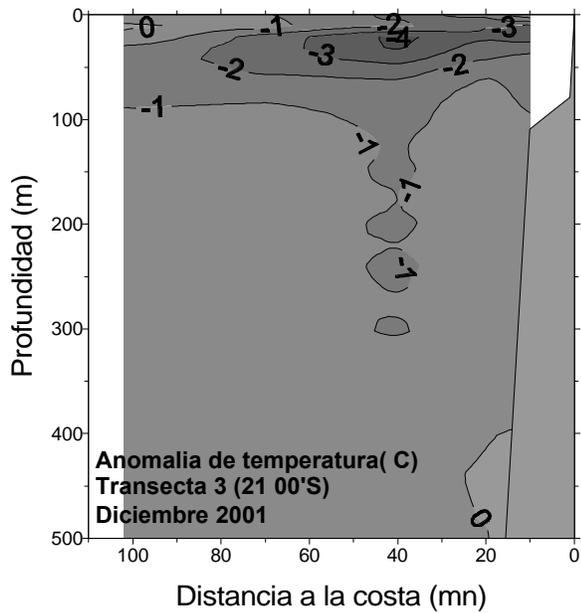
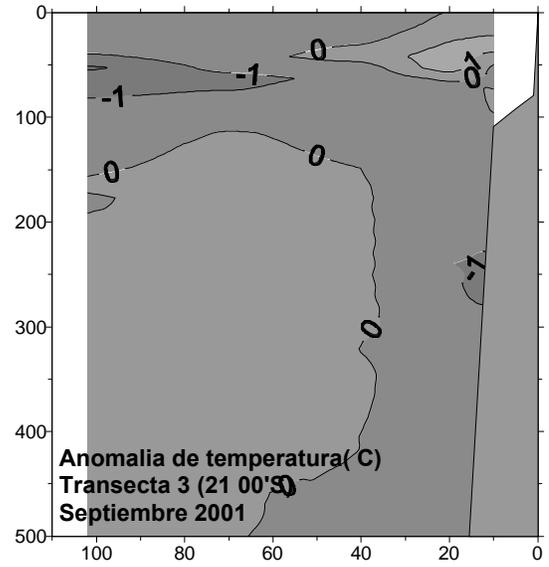
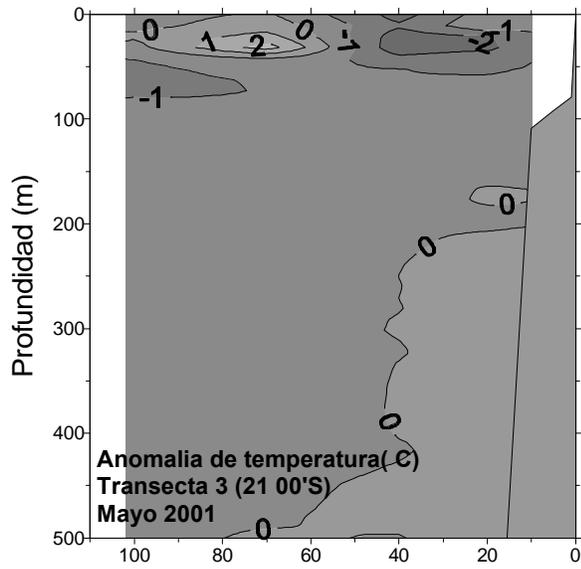


Figura 28.- Anomalia de temperatura vertical (°C) en la transecta 3 (Punta Lobos; 21°00'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

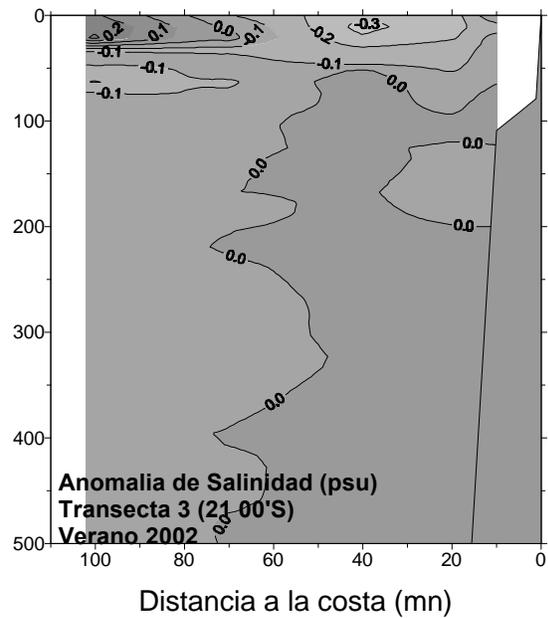
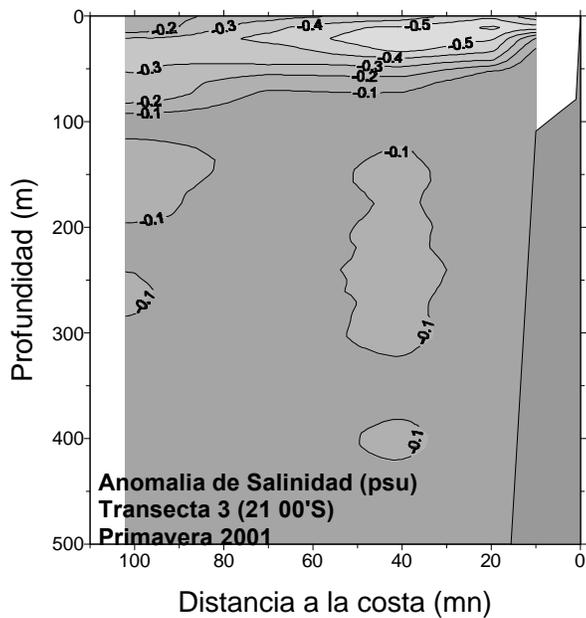
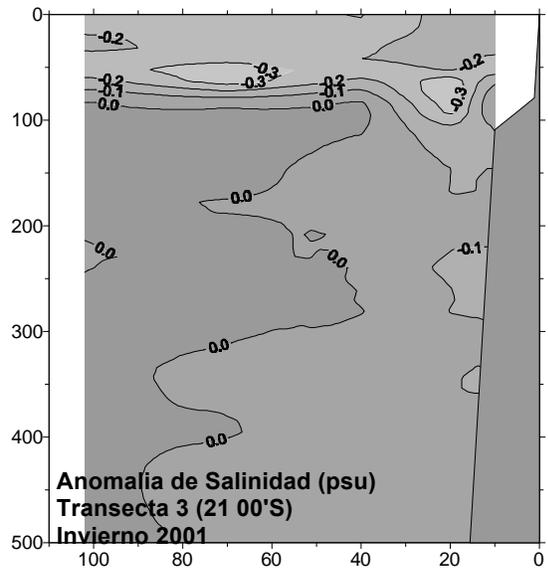
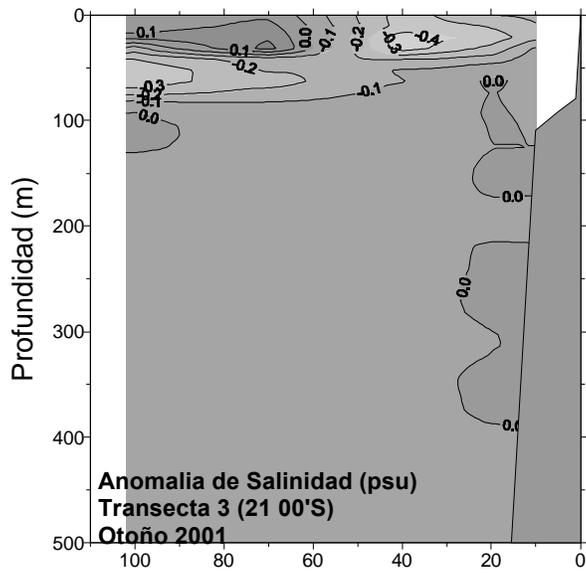


Figura 29.- Anomalia de salinidad vertical (psu) en la transecta 3 (Punta Lobos; 21°00'S).
Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

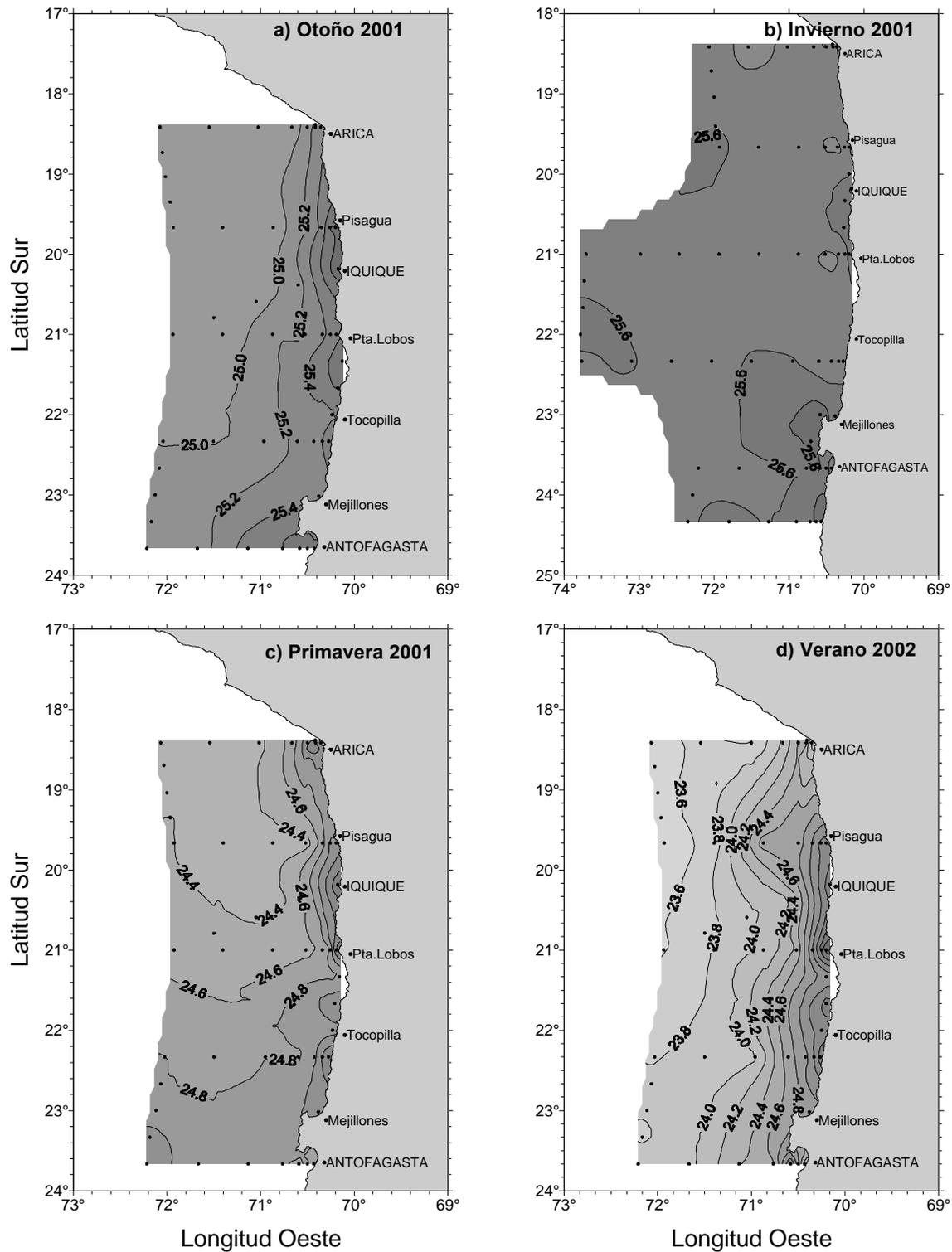
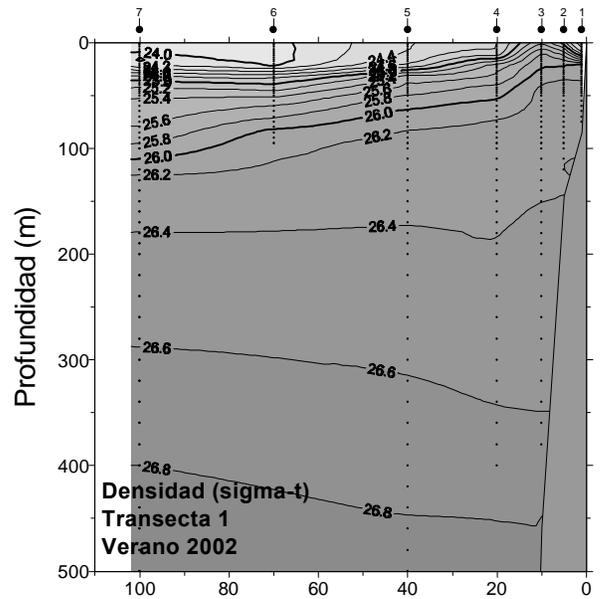
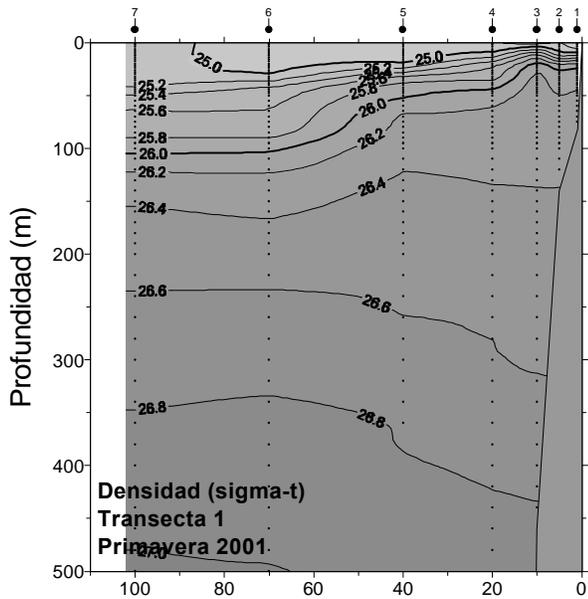
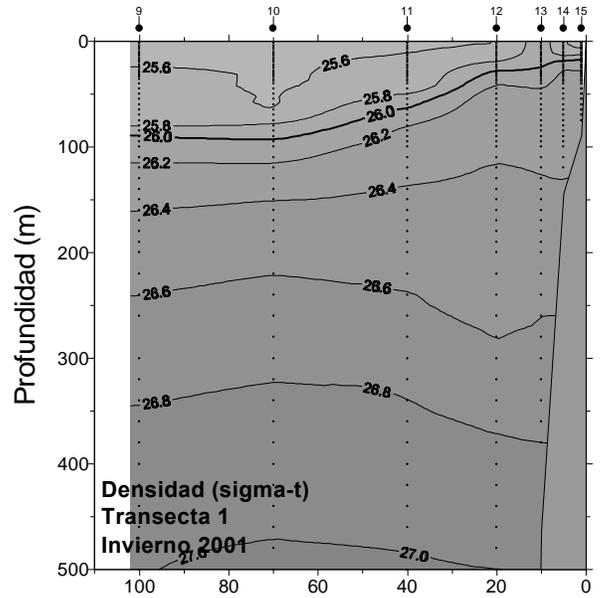
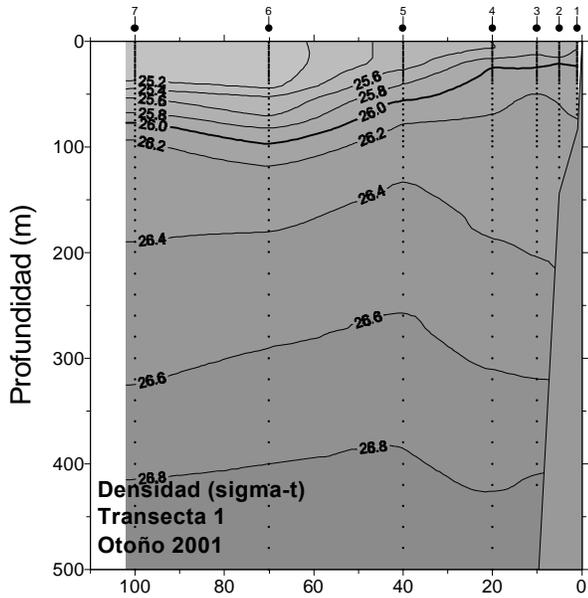


Figura 30- Densidad superficial del mar (σ_t) (Kg/m^3). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.



Distancia a la costa (mn)

Distancia a la costa (mn)

Figura 31.- Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m³) en la transecta 1. (Bahía Moreno; 23°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

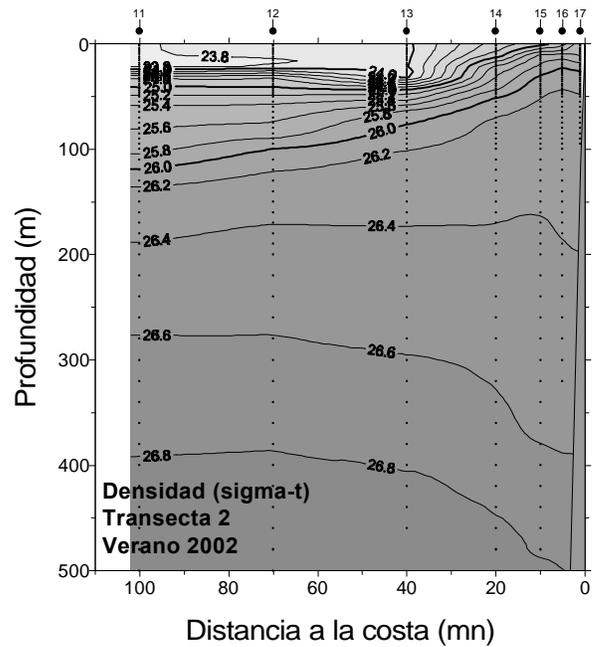
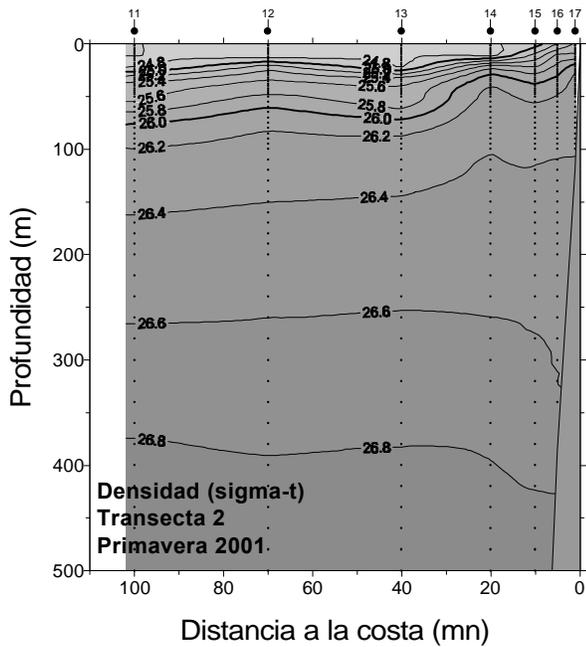
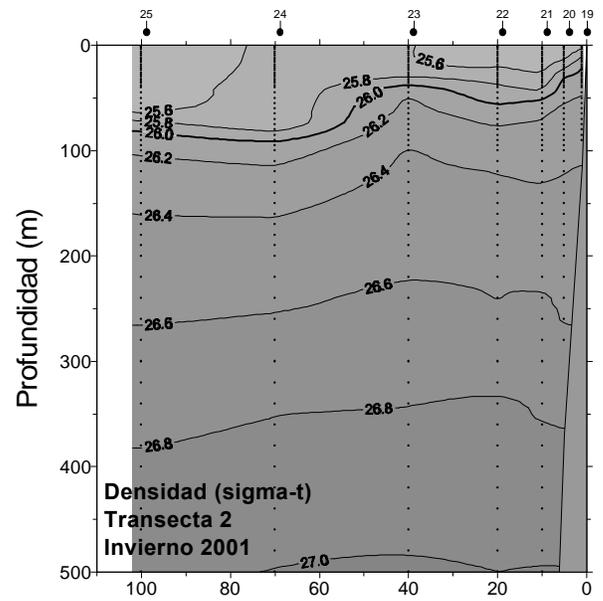
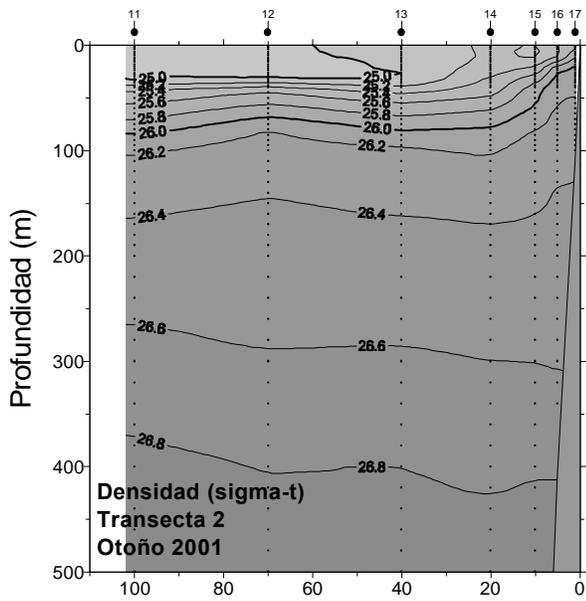


Figura 32.- Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m³) en la transecta 2. (Pta. Copaca; 22°20'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

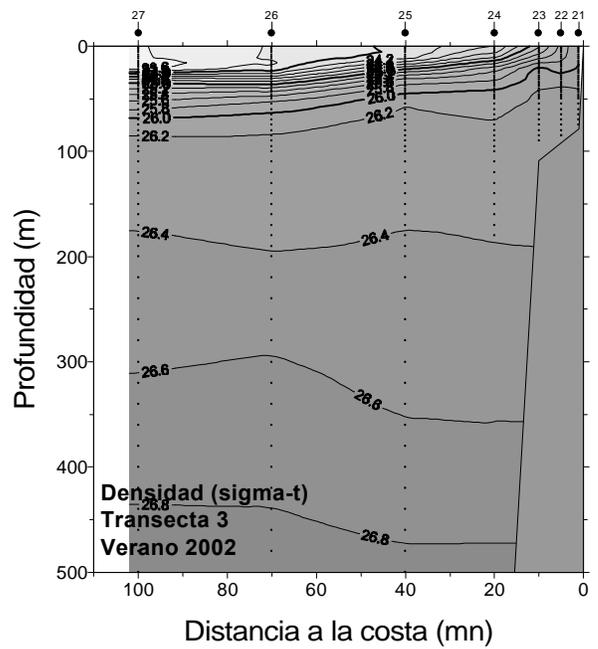
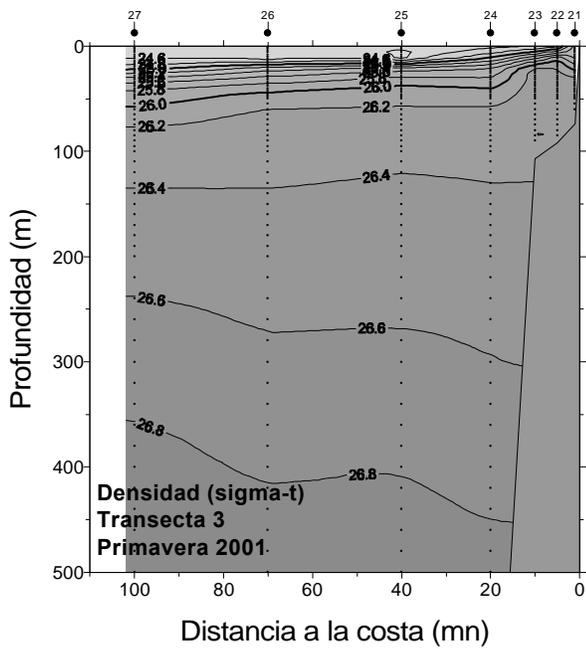
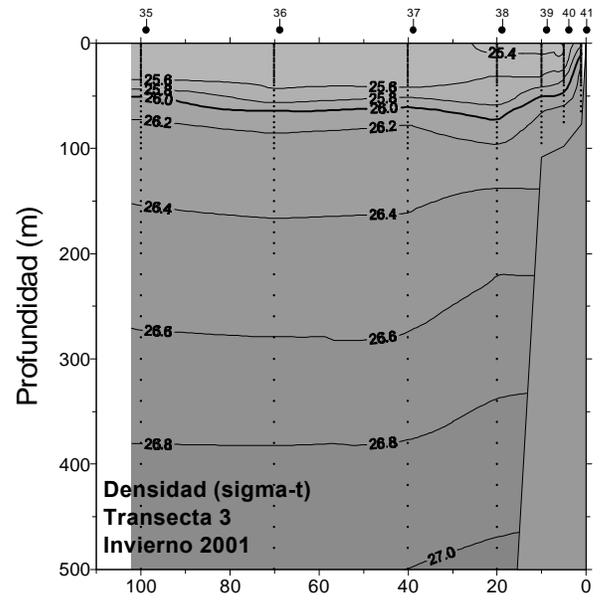
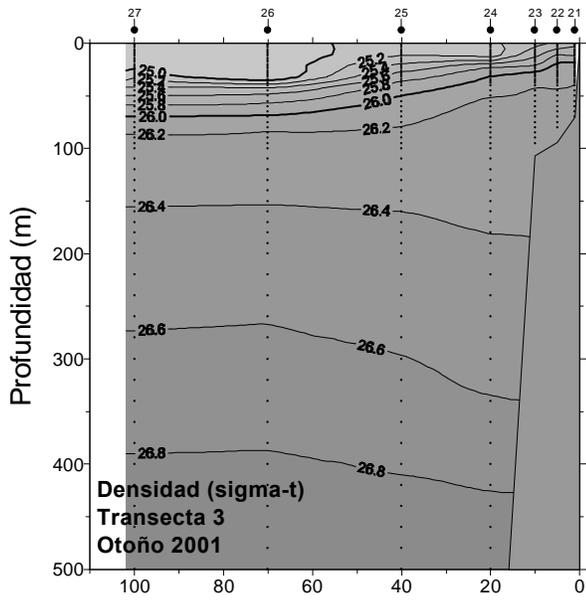


Figura 33.- Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m³) en la transecta 3. (Punta Lobos; 21°00'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

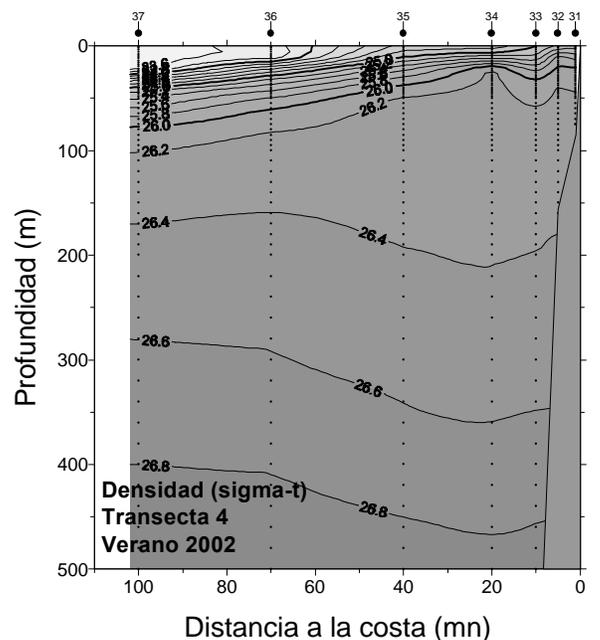
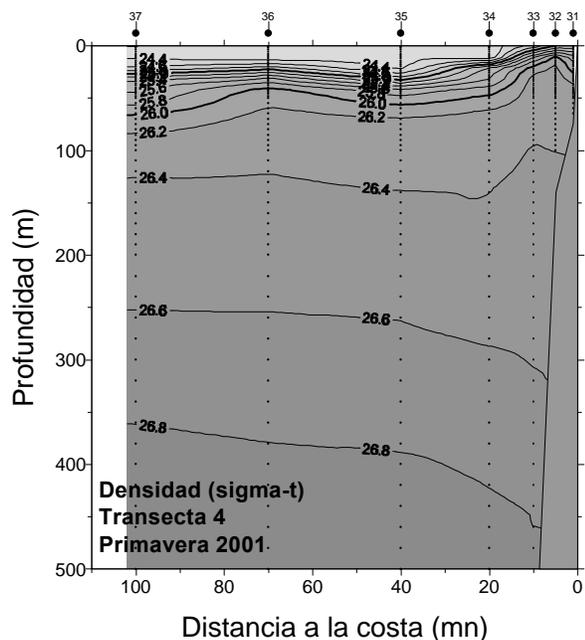
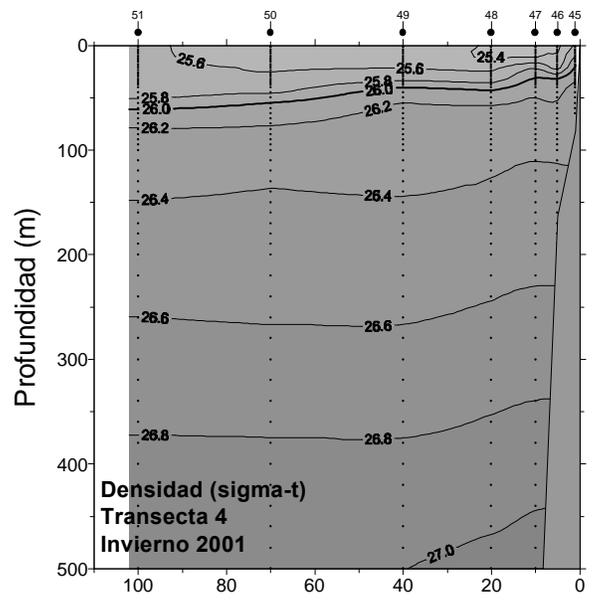
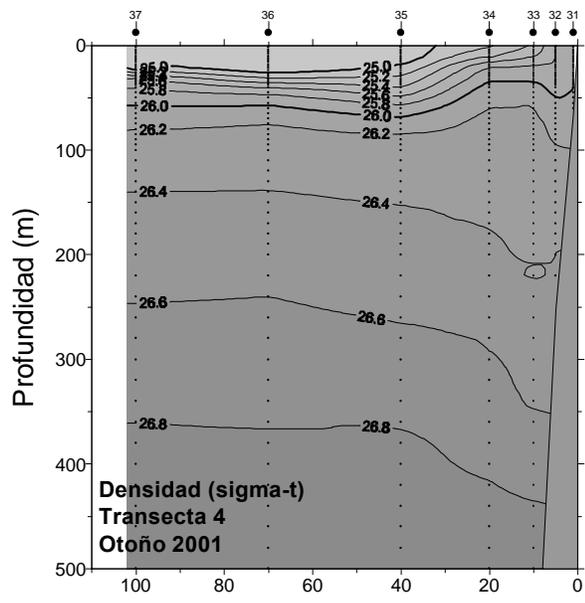
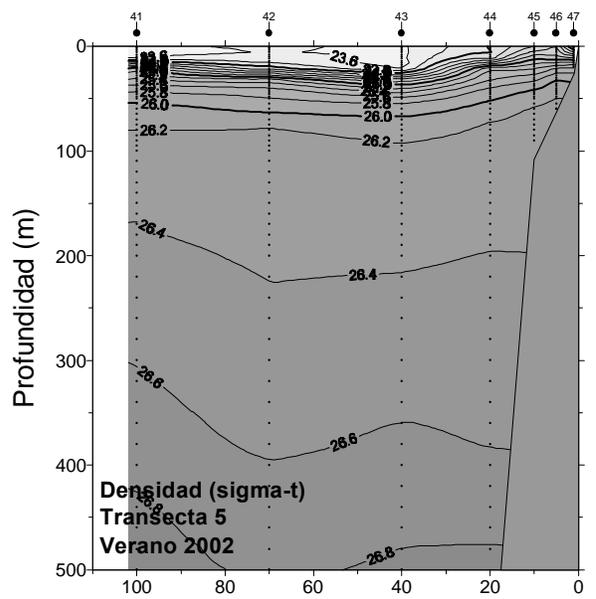
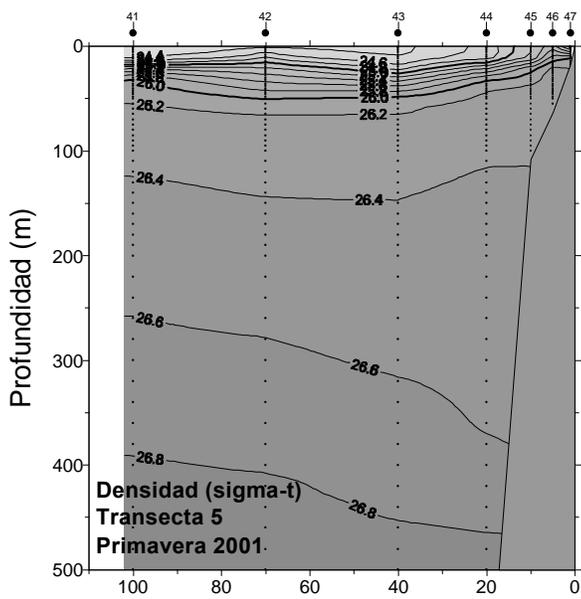
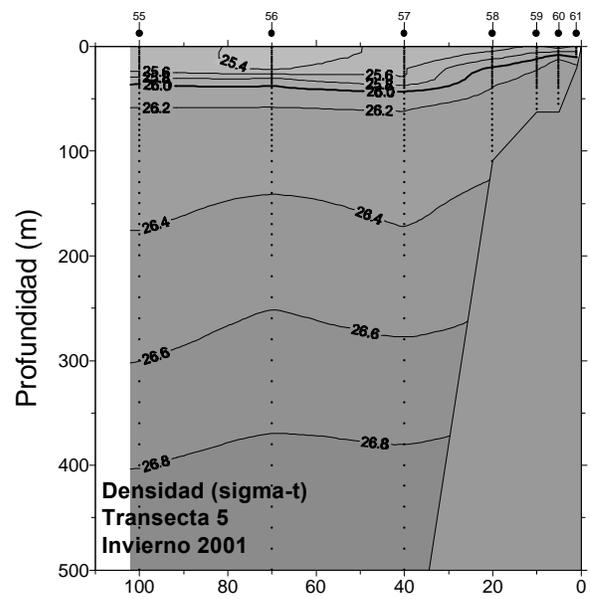
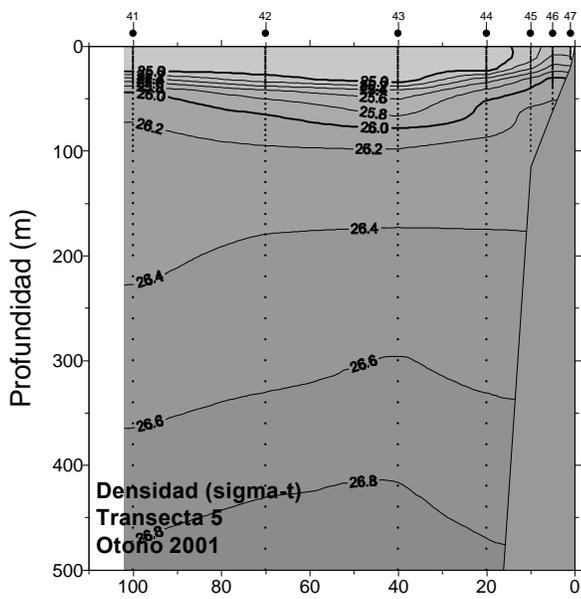


Figura 34.- Distribución vertical densidad ($\sigma\text{-t}$)(kg/m^3) en la transecta 4. (Punta Junin; $19^{\circ}40'\text{S}$). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.



Distancia a la costa (m)

Distancia a la costa (m)

Figura 35.- Distribución vertical de densidad ($\sigma\text{-t}$)(kg/m^3) en la transecta 5. (Arica; $18^{\circ}25'S$). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

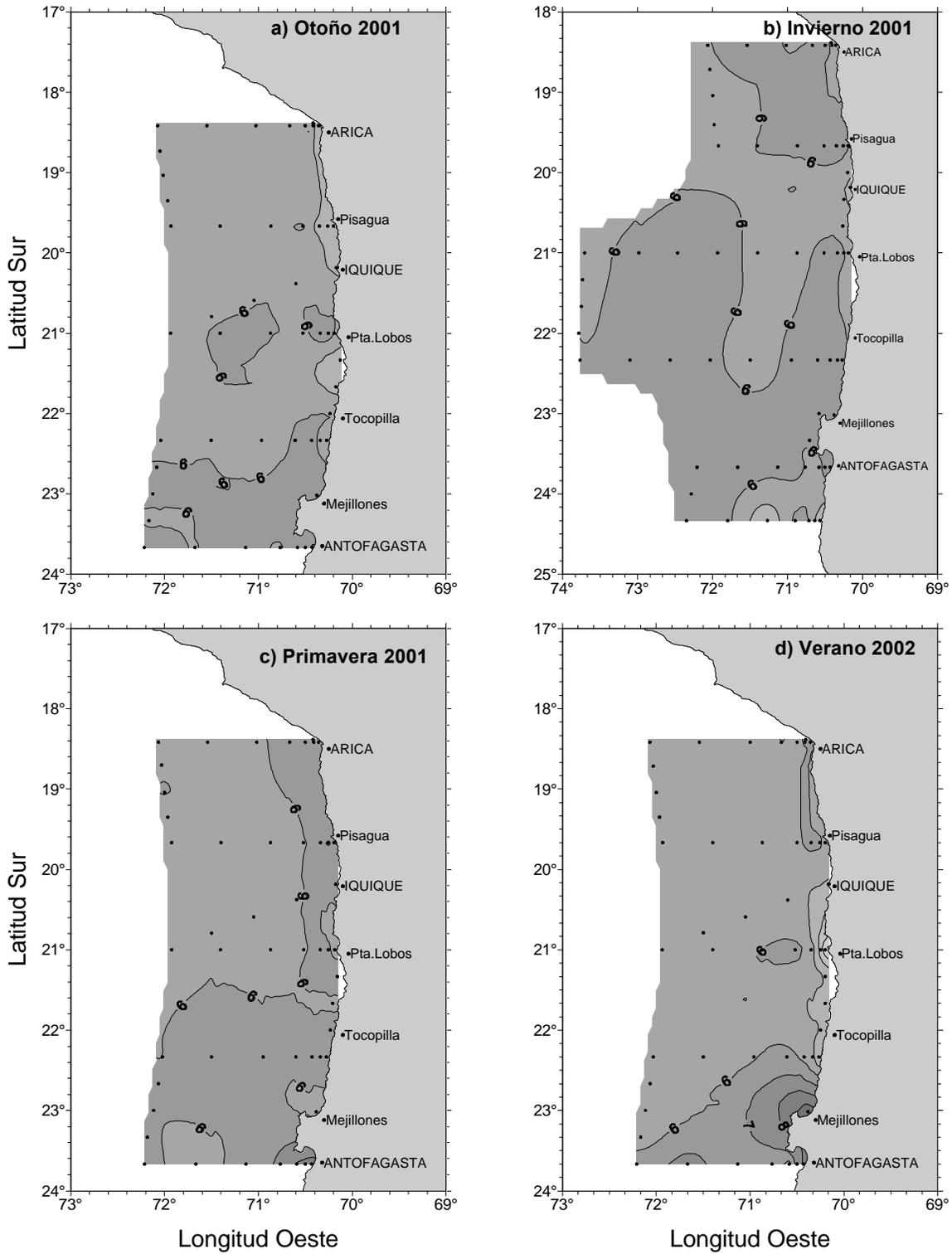


Figura 36.- Distribución superficial del contenido de oxígeno disuelto (mL/L). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

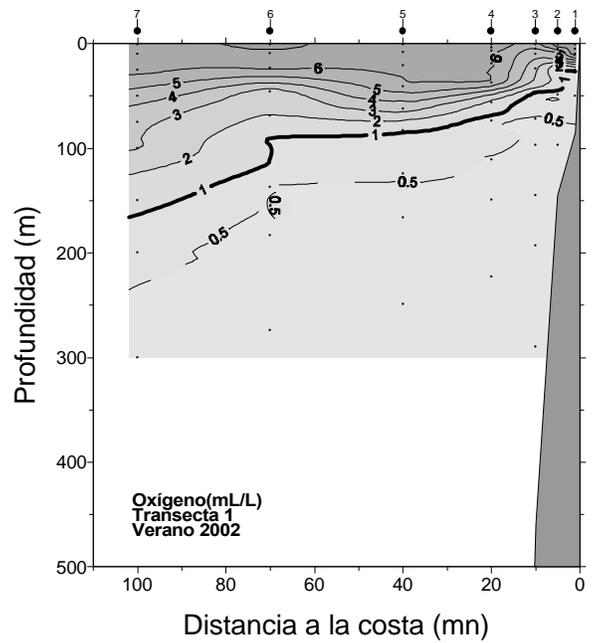
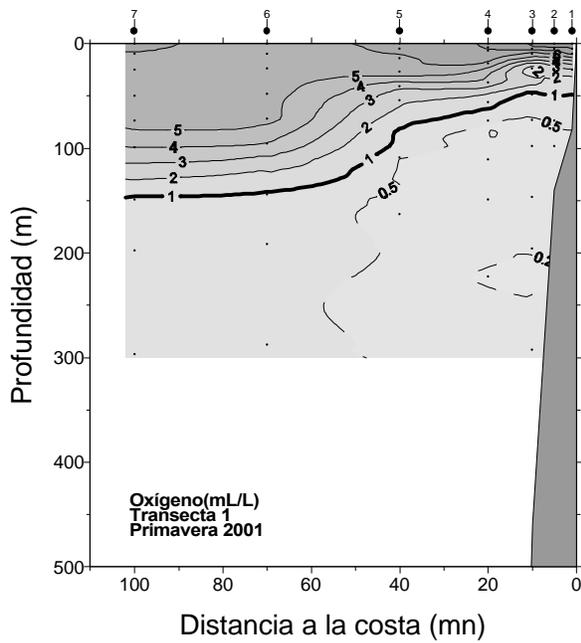
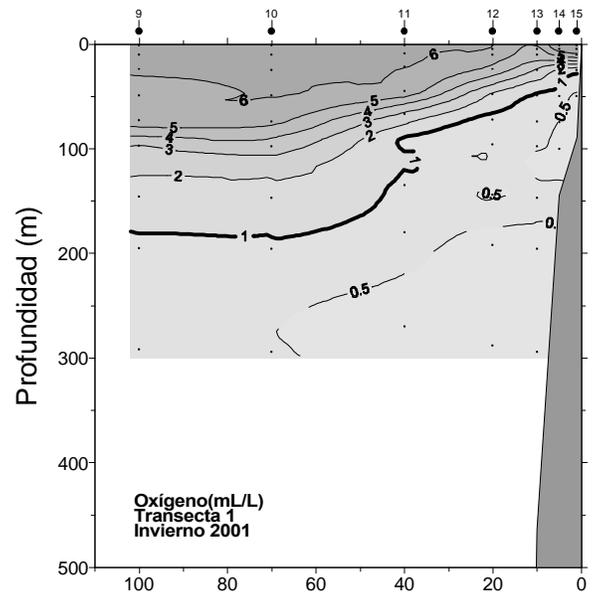
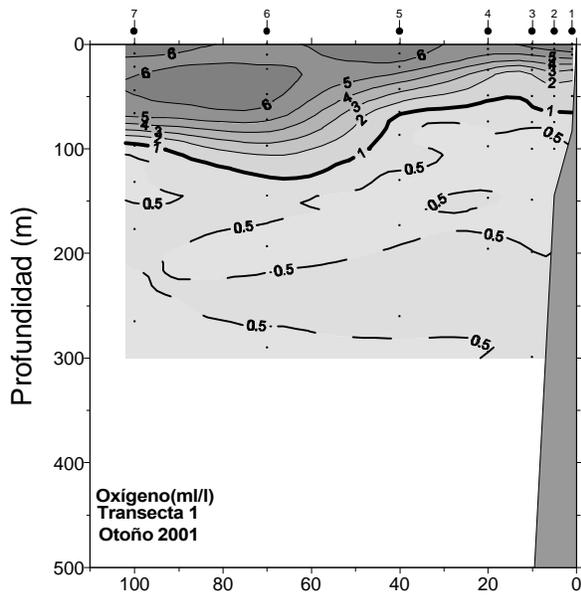


Figura 37.- Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 1. (Bahía Moreno; 23°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

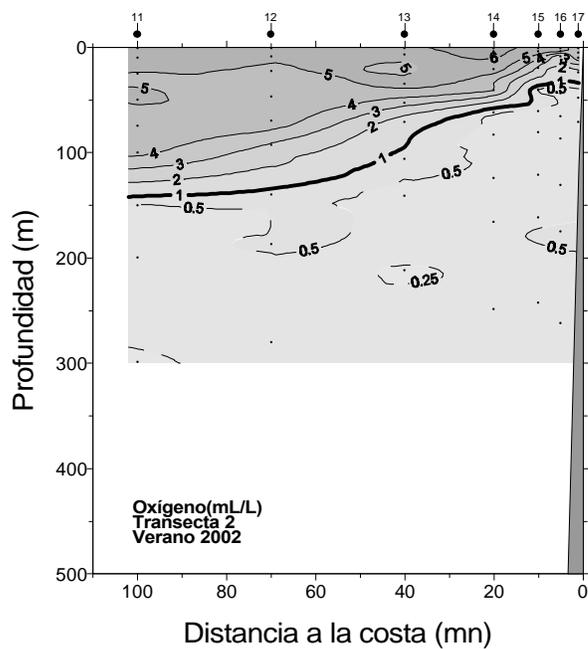
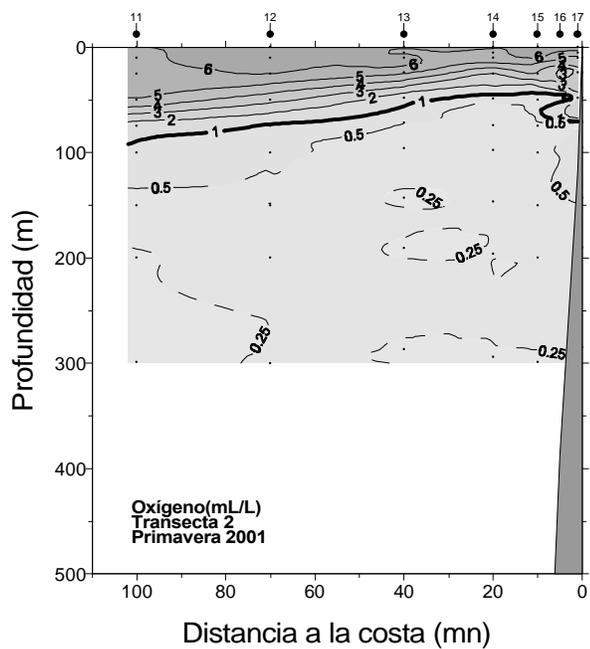
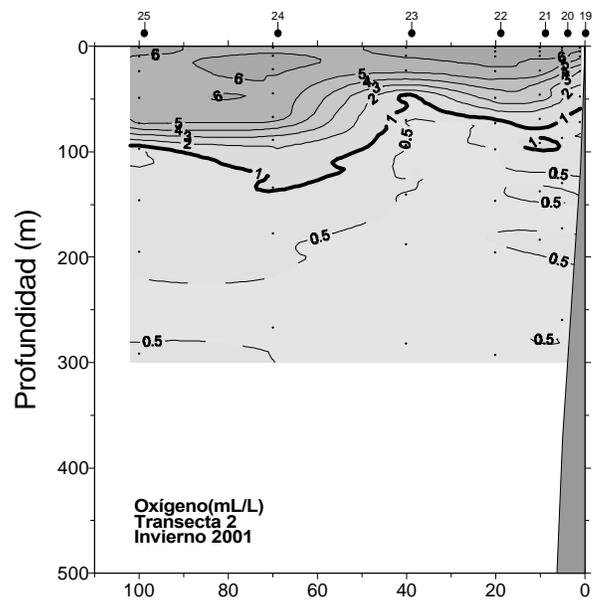
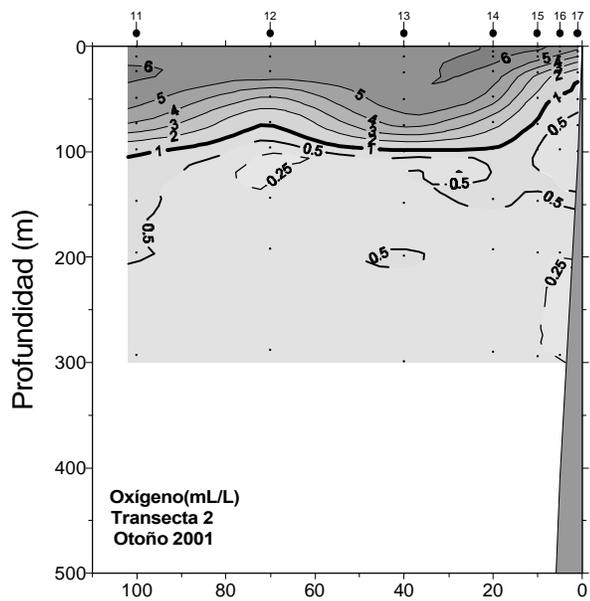


Figura 38.- Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 2. (Pta. Copaca; 22°20'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

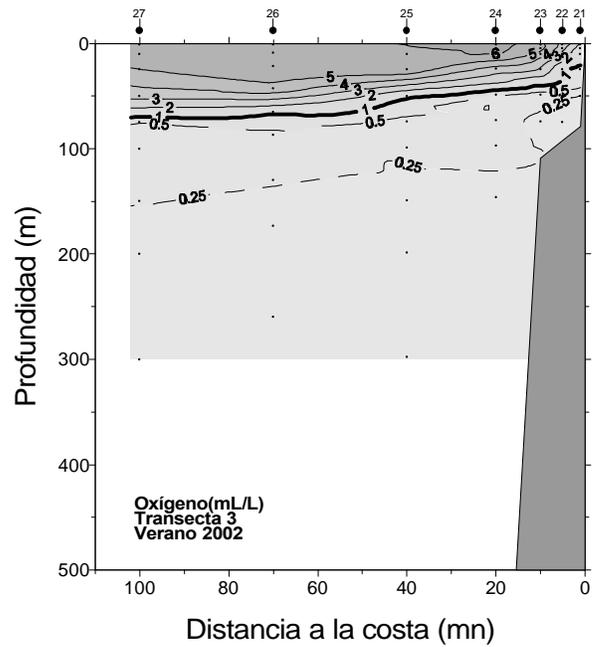
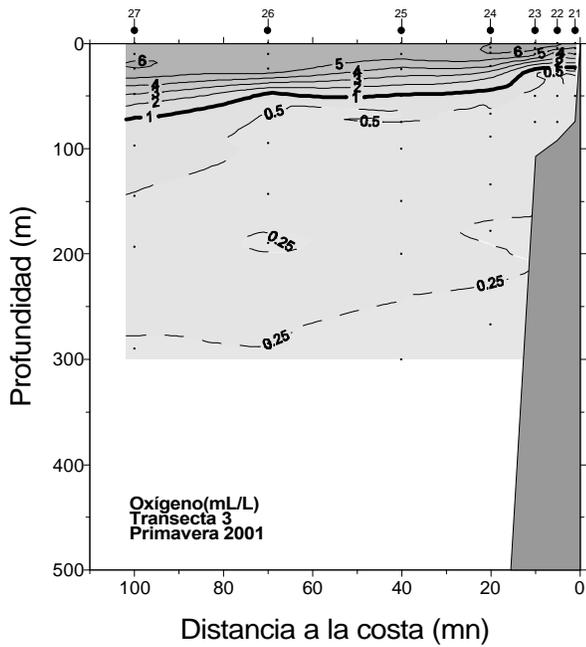
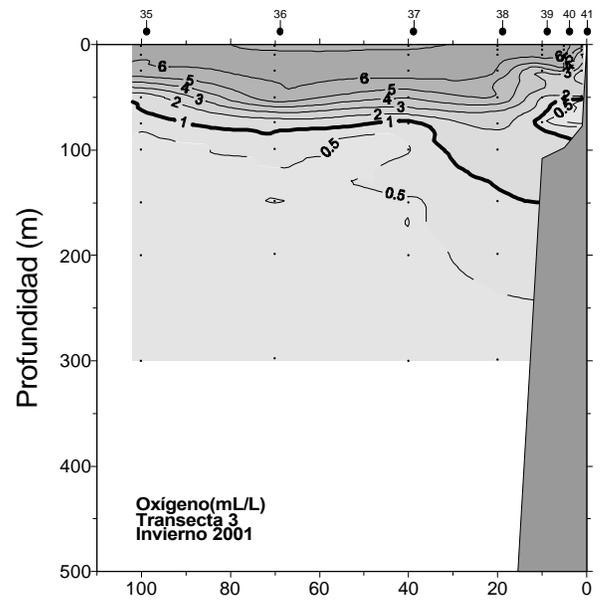
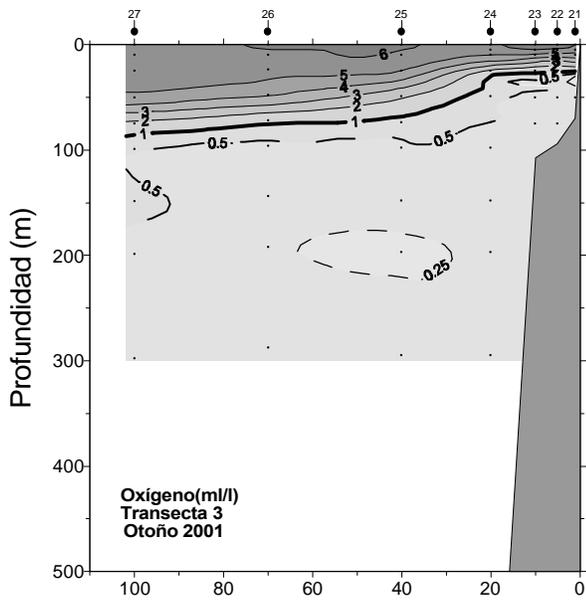


Figura 39.- Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 3. (Punta Lobos; 21°00'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

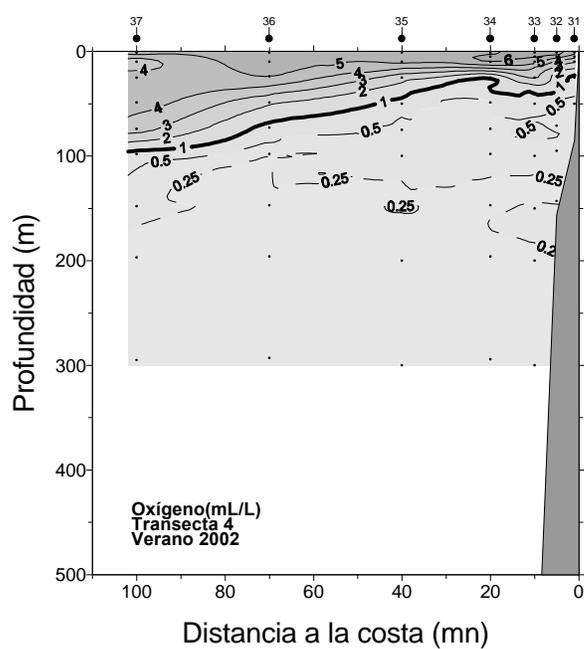
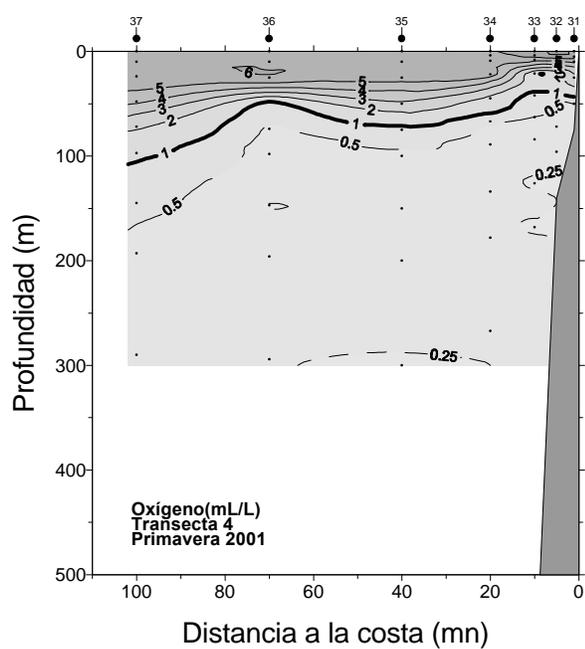
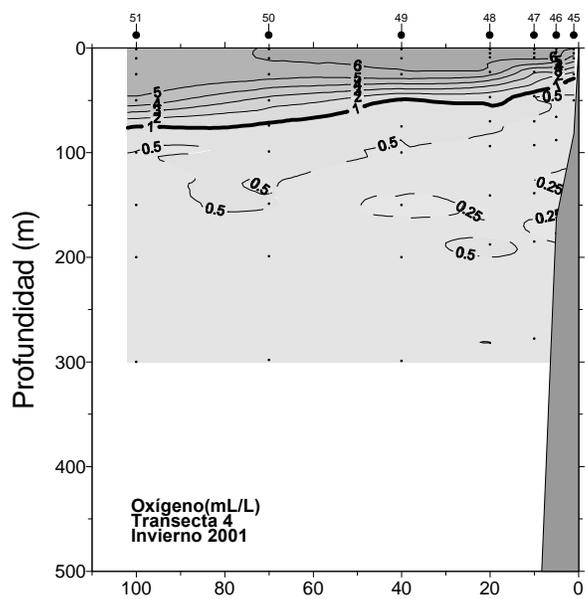
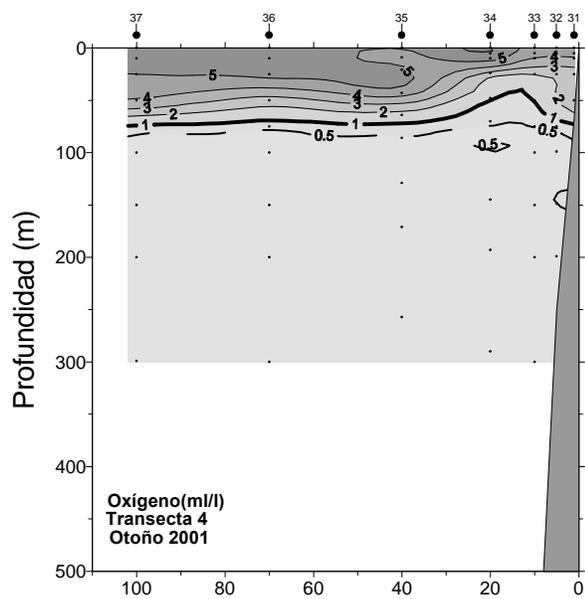


Figura 40.- Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 4. (Punta Junin; 19°40'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

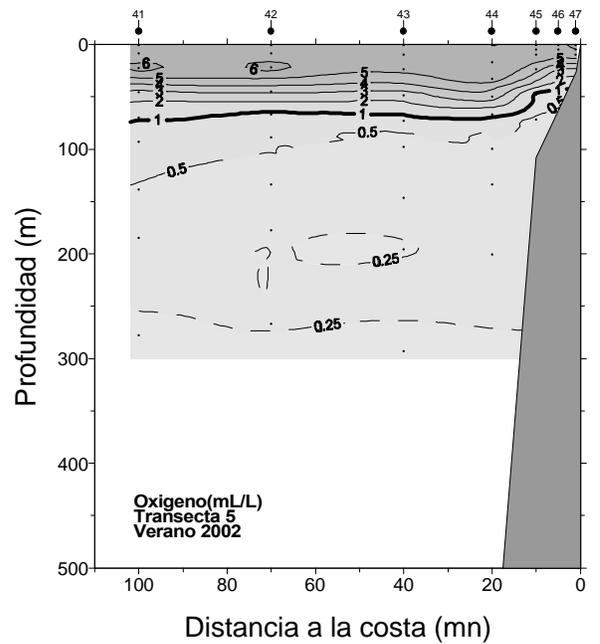
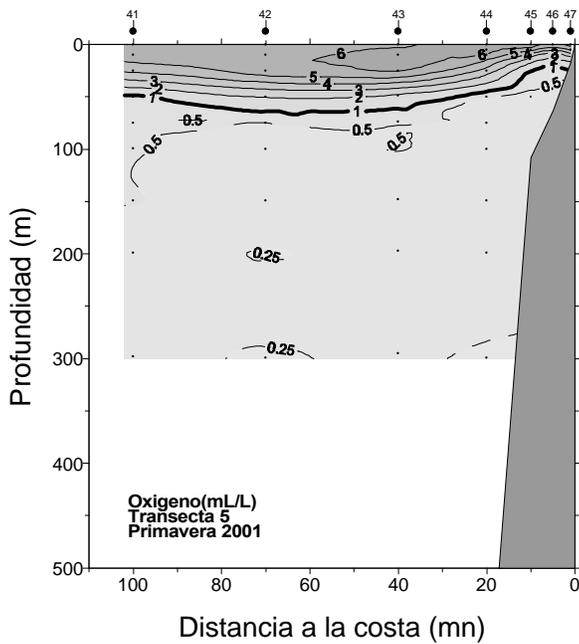
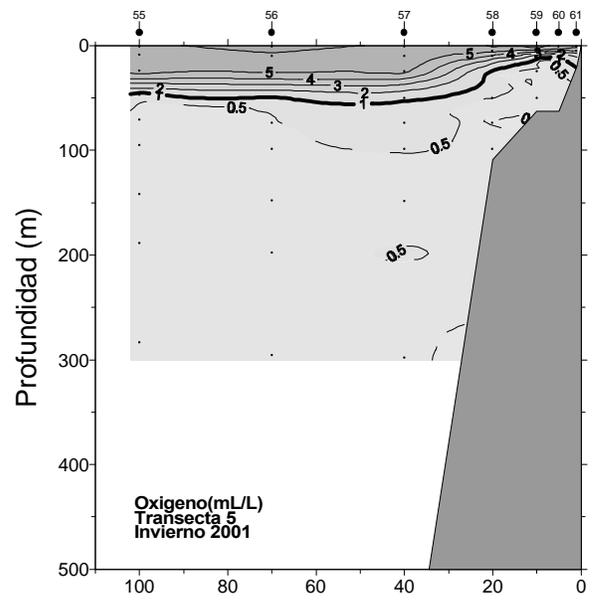
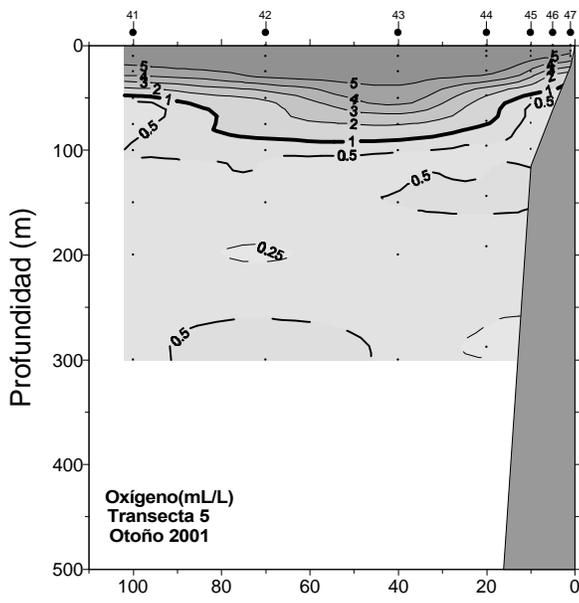


Figura 41.- Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 5. (Arica; 18°25'S). Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

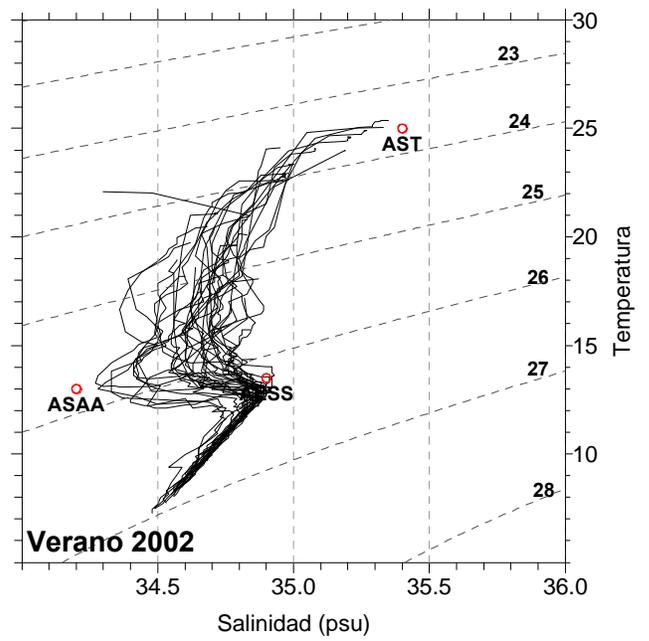
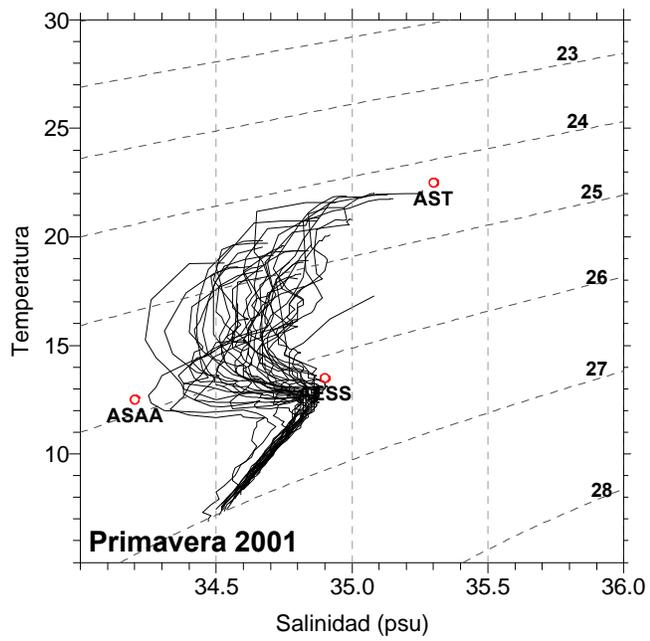
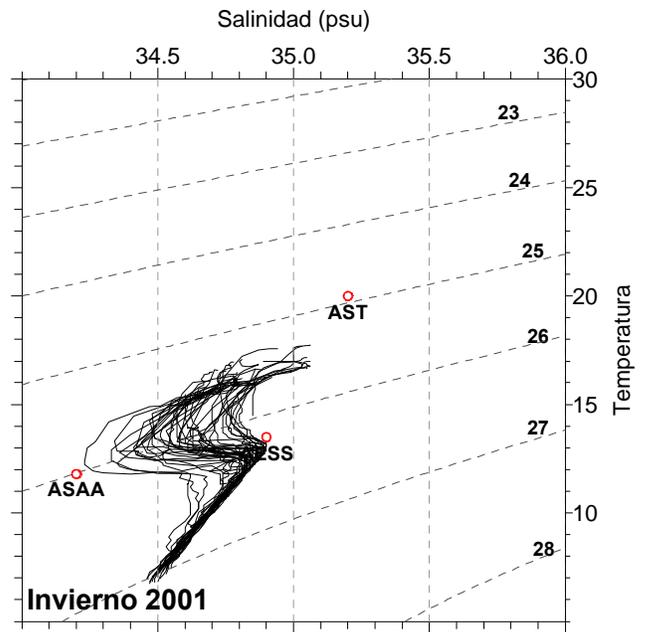
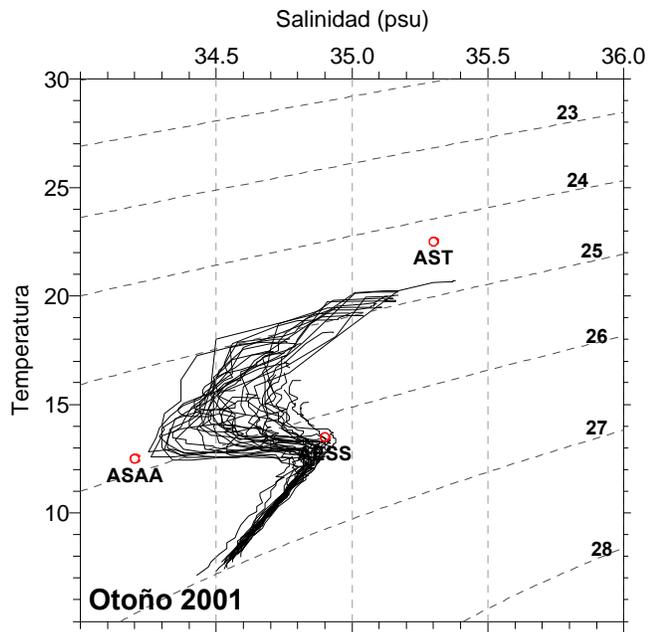


Figura 42.- Diagramas t-s de todas las estaciones por crucero. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

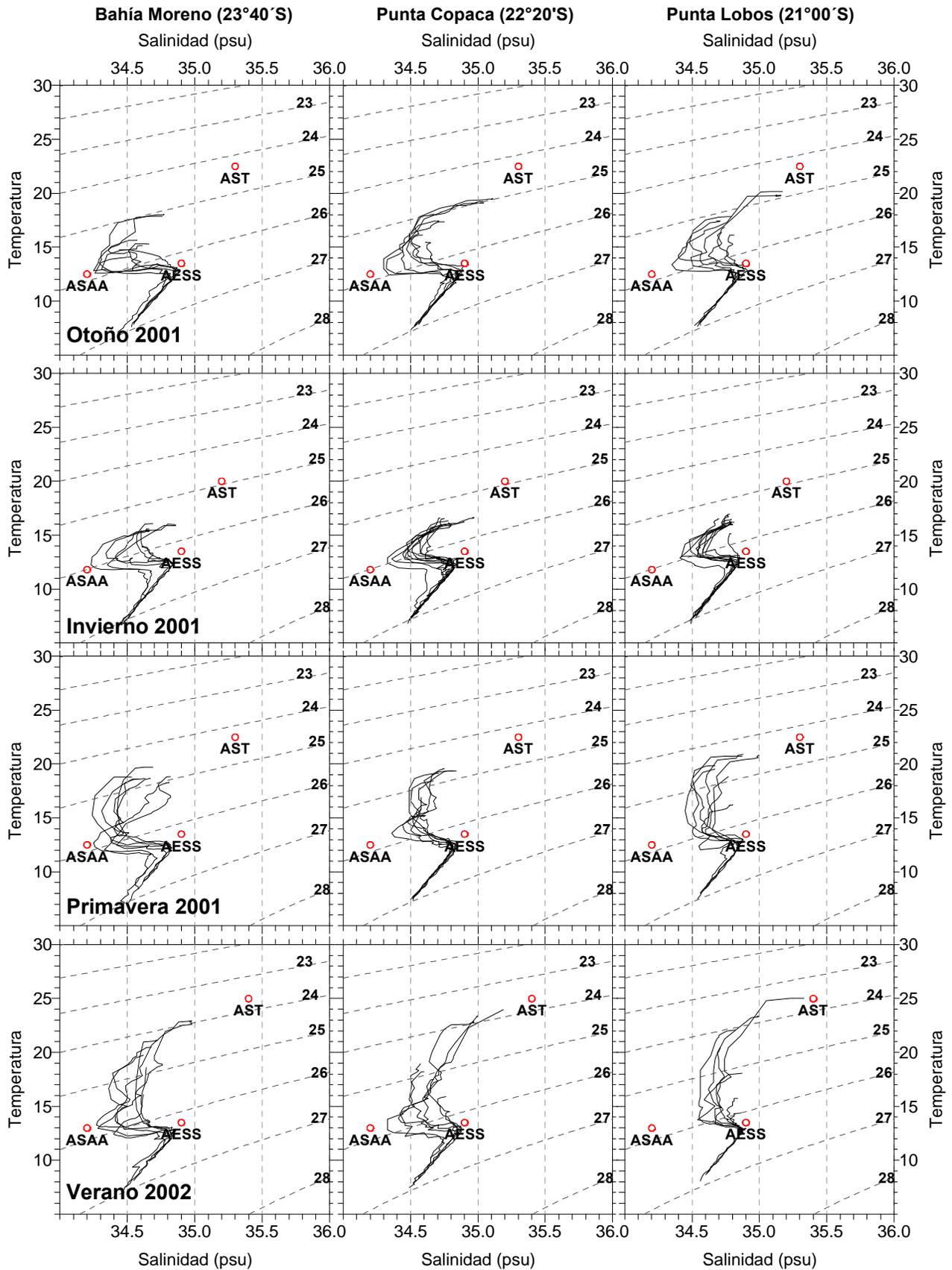


Figura 43.- Diagramas t-s de las transectas realizadas frente a Bahía Moreno, Punta Copaca y Punta Lobos. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

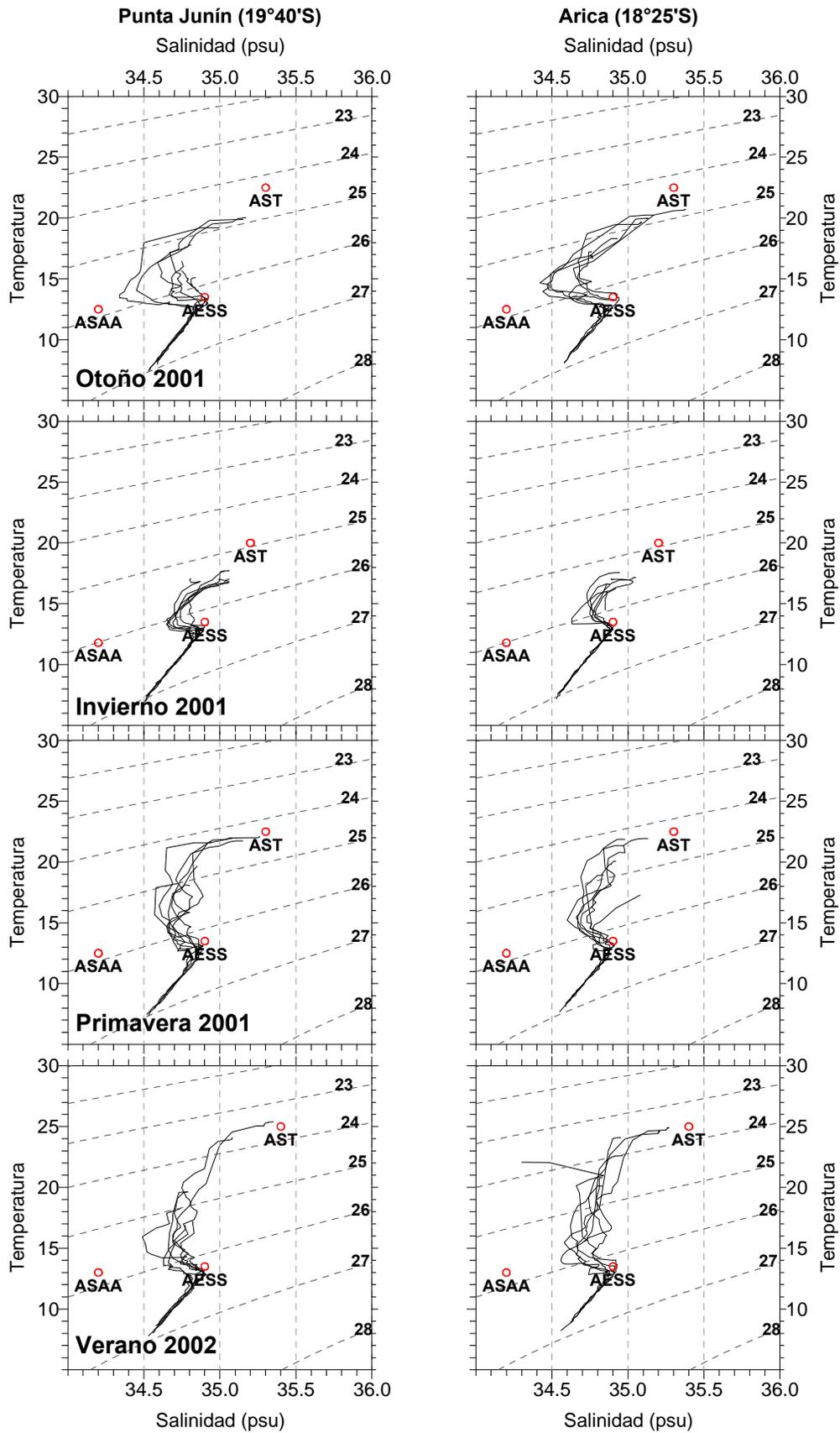


Figura 44.- Diagramas t-s de las transectas realizadas frente a Punta Junín y Arica. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

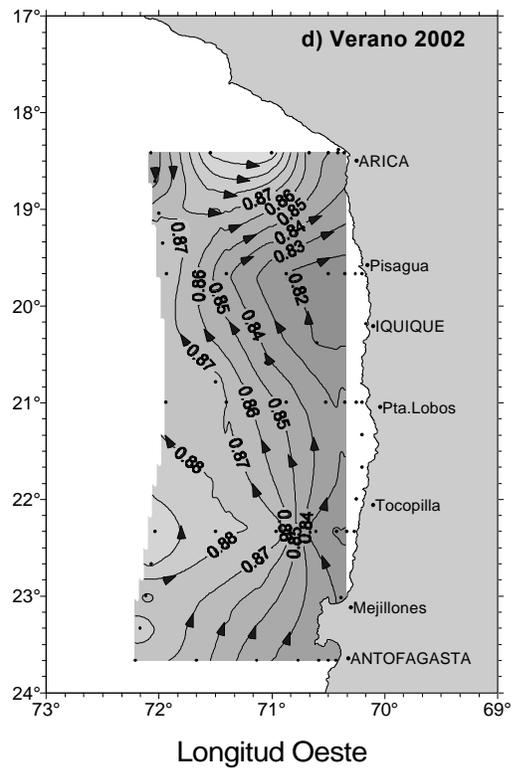
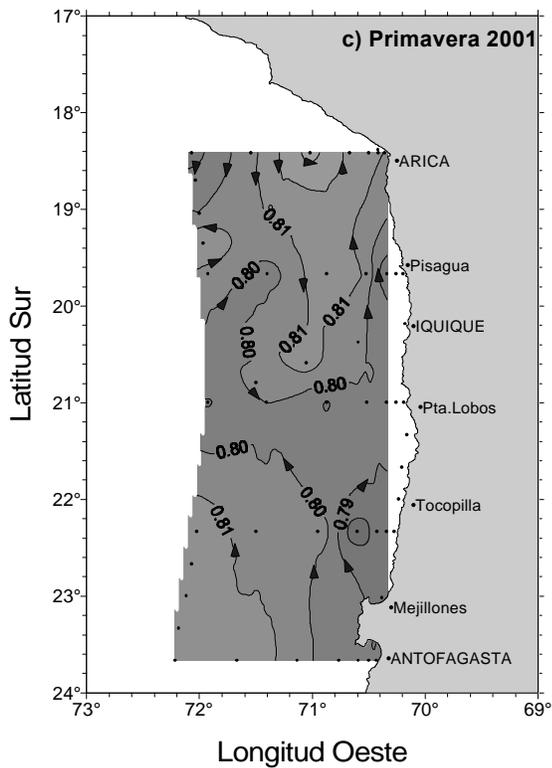
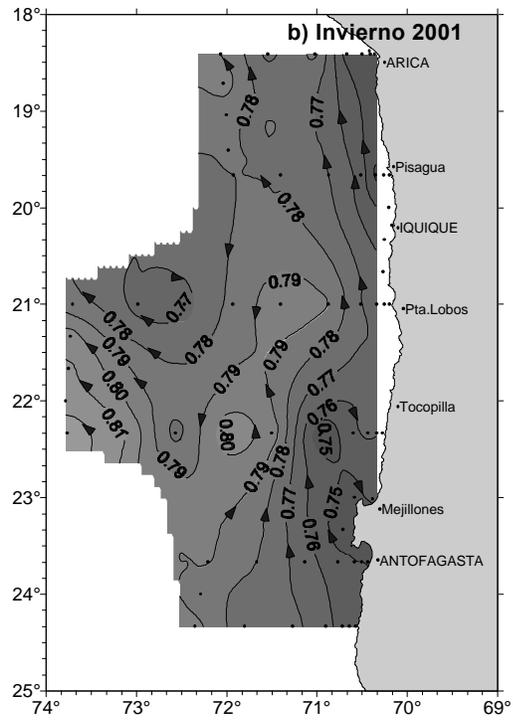
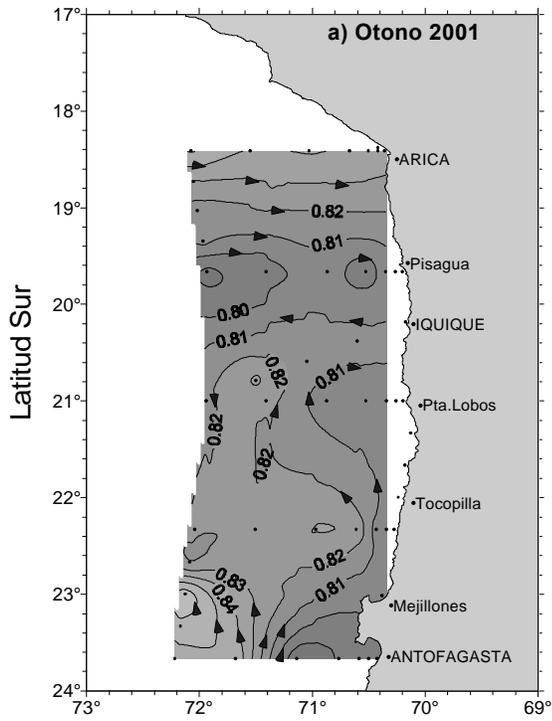


Figura 45.- Anomalia geopotencial de superficie referida a 500 db. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

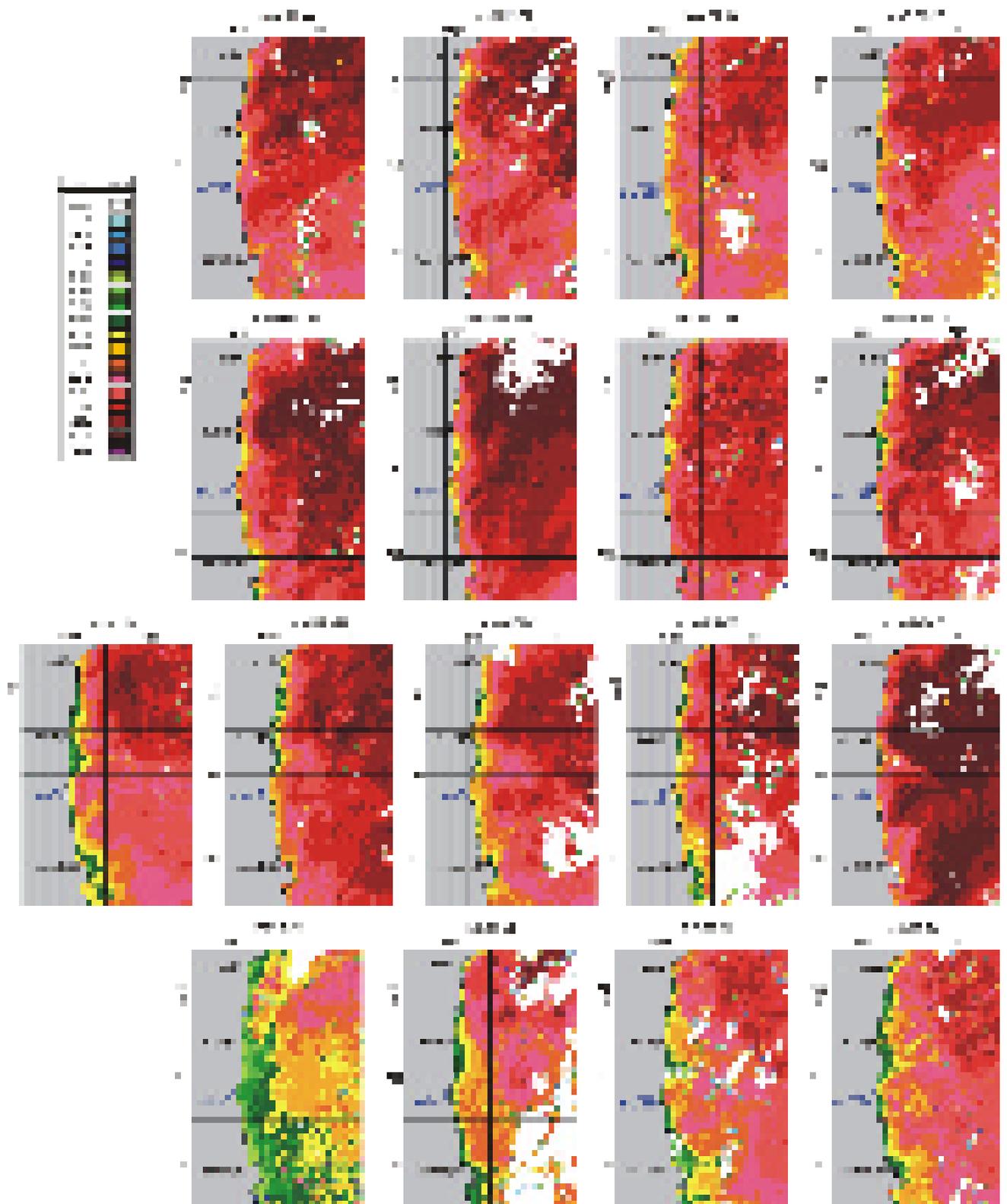


Figura 46 Distribución espacial semanal de la TSM (°C) satelital en la zona norte de Chile. Enero - abril de 2001.

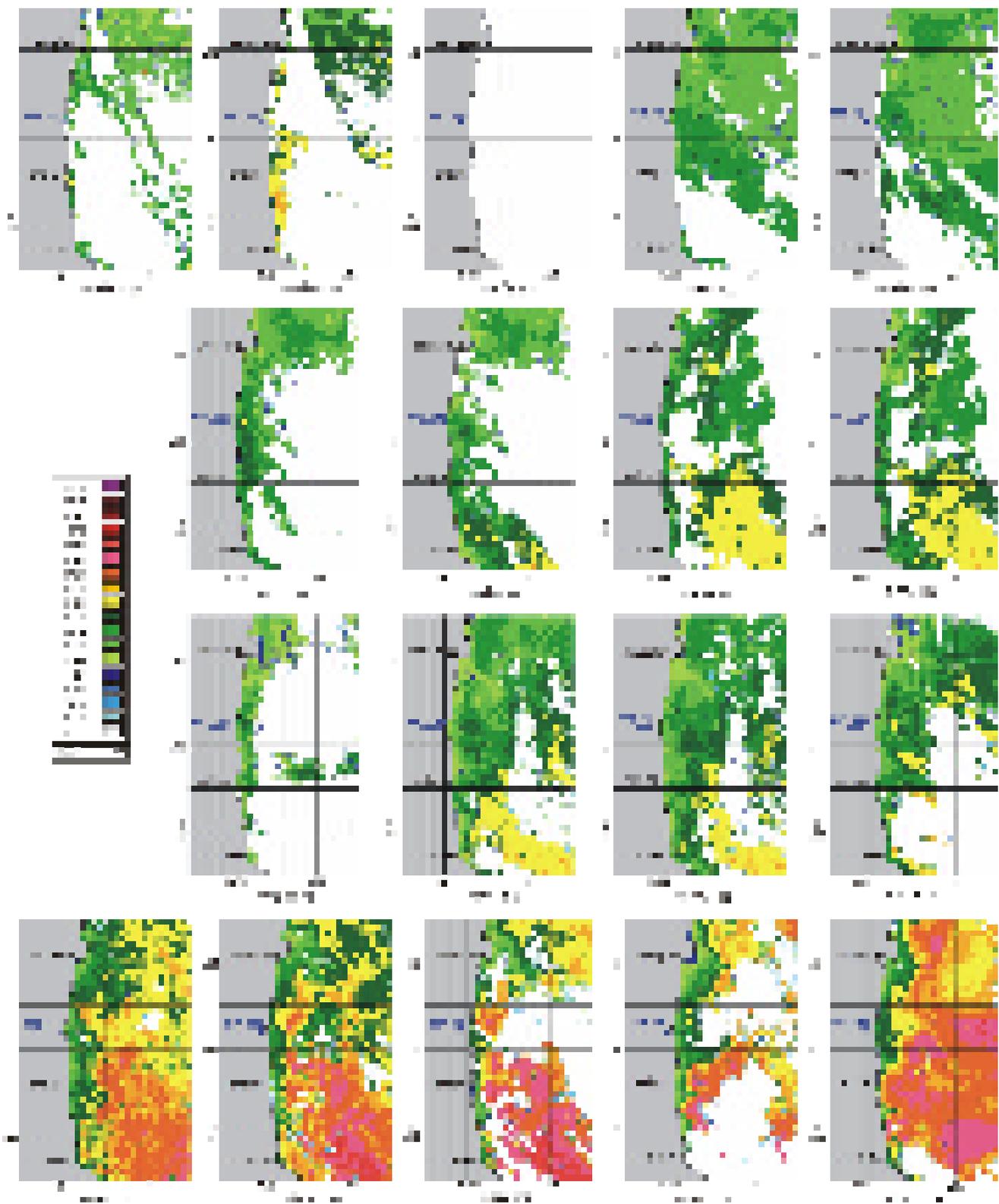


Figura 47. Distribución espacial semanal de la TSM (°C) satelital en la zona norte de Chile. Mayo – agosto de 2001.

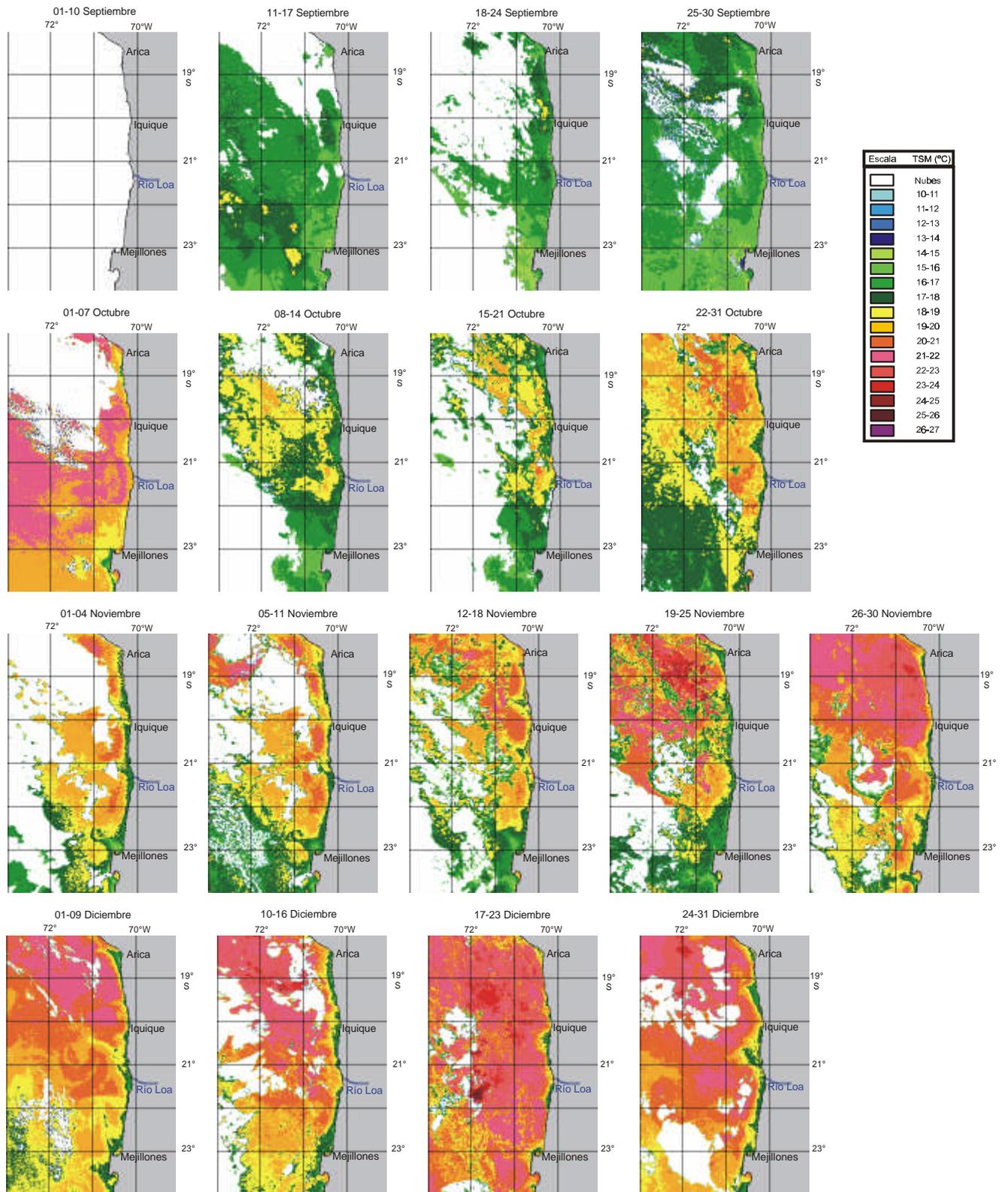


Figura 48. Distribución espacial semanal de la TSM (°C) satelital en la zona norte de Chile. Septiembre - diciembre de 2001.

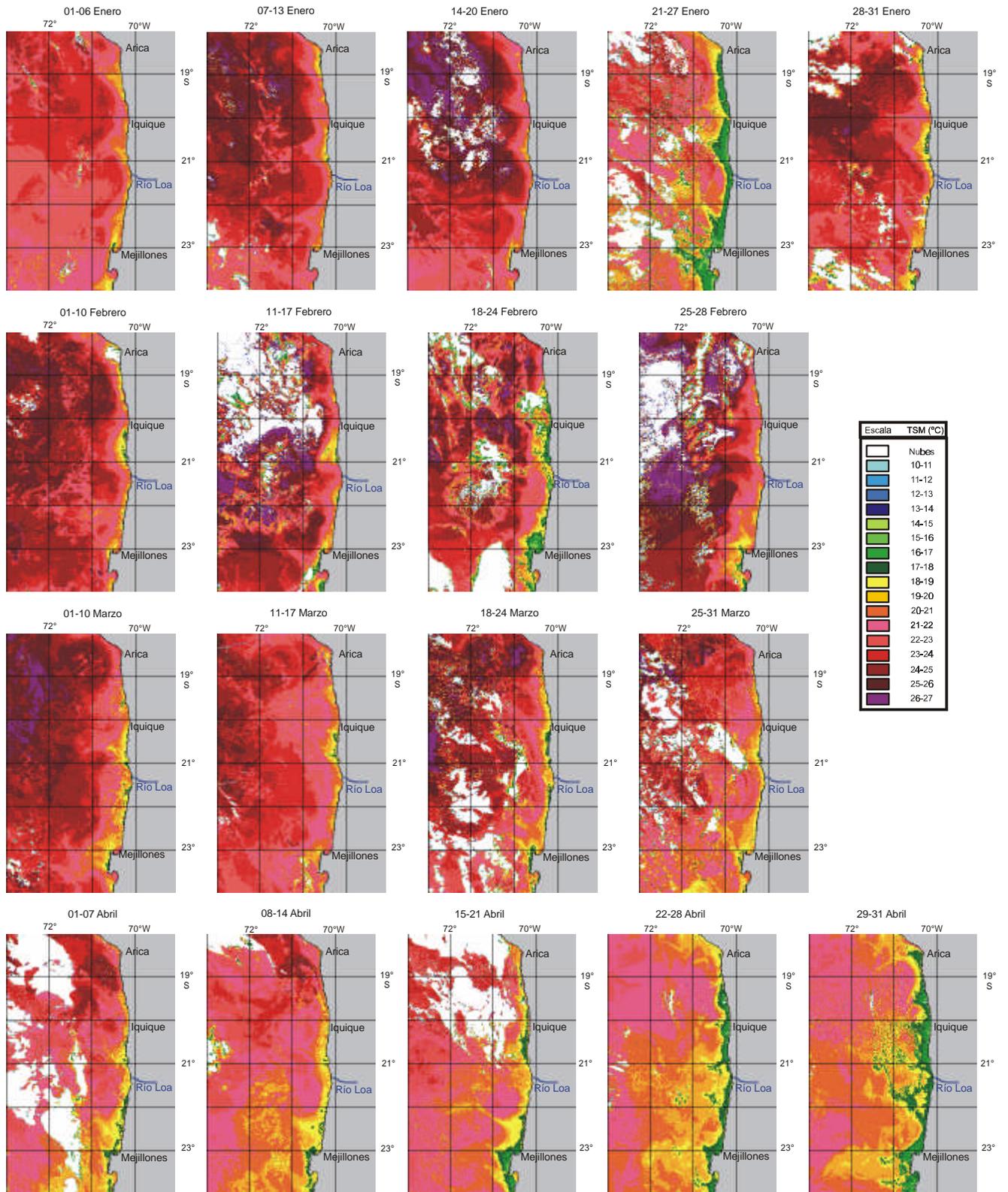


Figura 49. Distribución espacial semanal de la TSM (°C) satelital en la zona norte de Chile. Enero – abril del 2002.

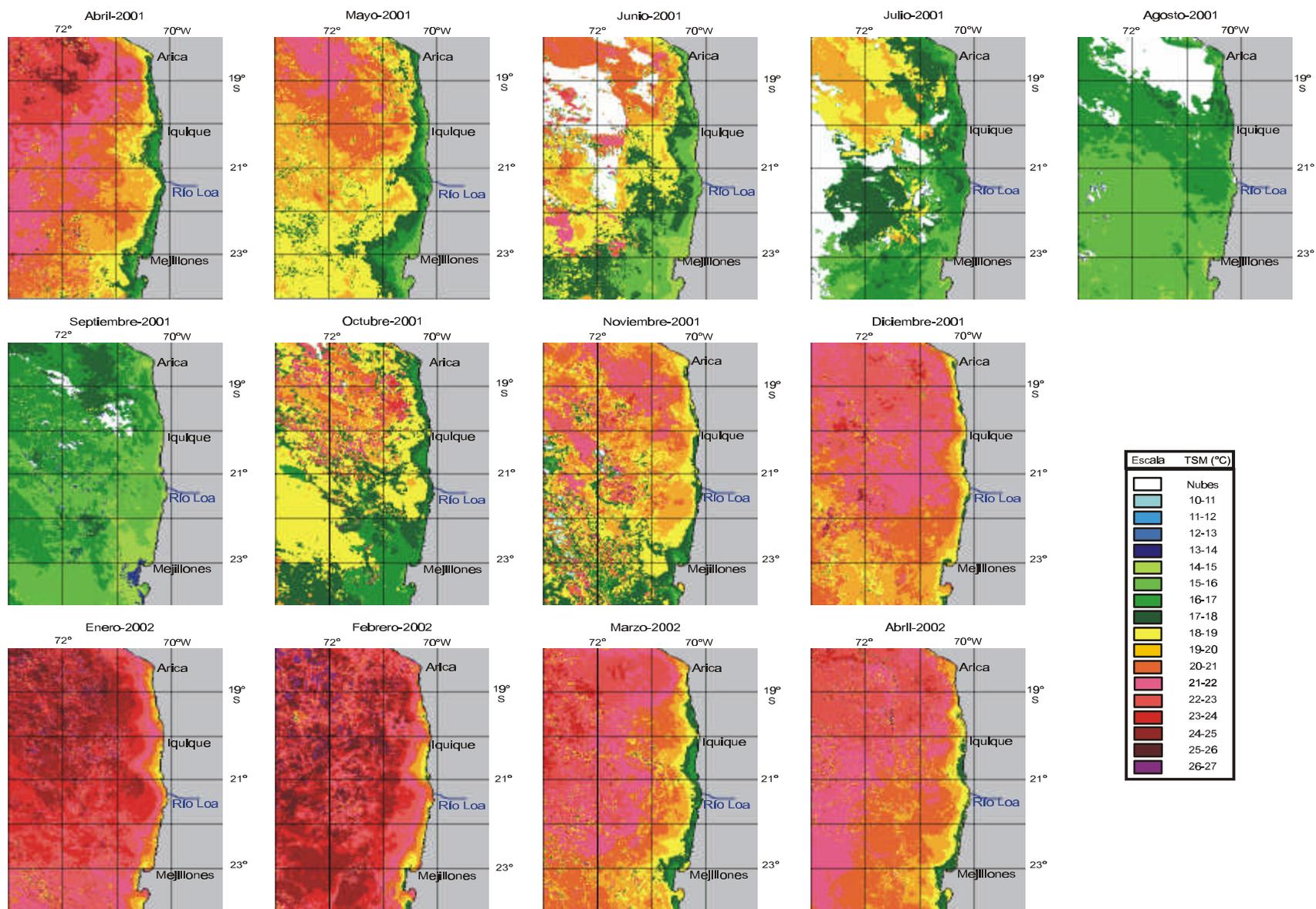


Figura 50 Distribución espacial mensual de la TSM (°C) satelital en la zona norte de Chile. Abril 2001 – abril 2002.

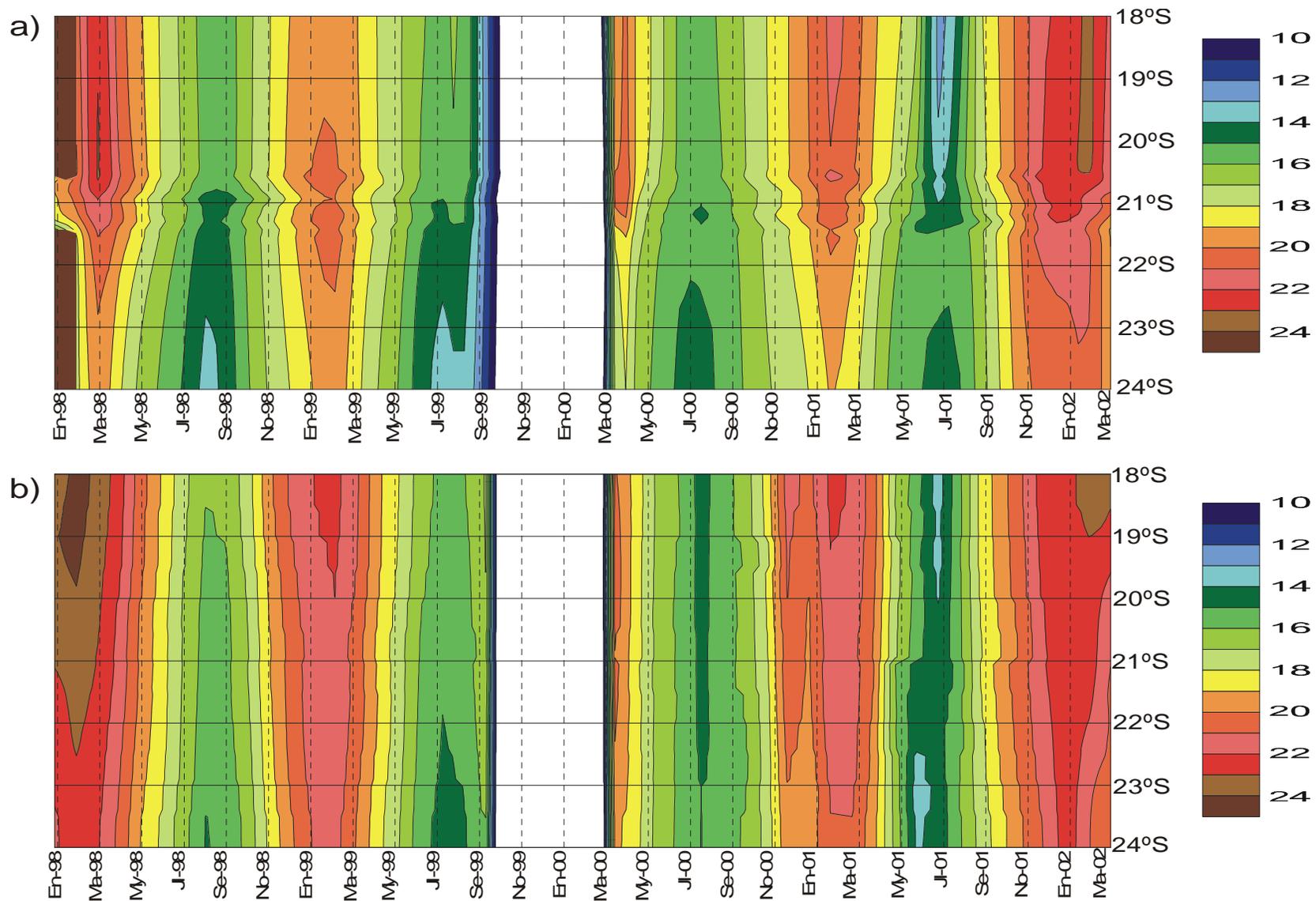


Figura 51. Distribución espacial mensual de la TSM satelital en: a) franja costera y b) franja oceánica. Enero 1998 – abril 2002.

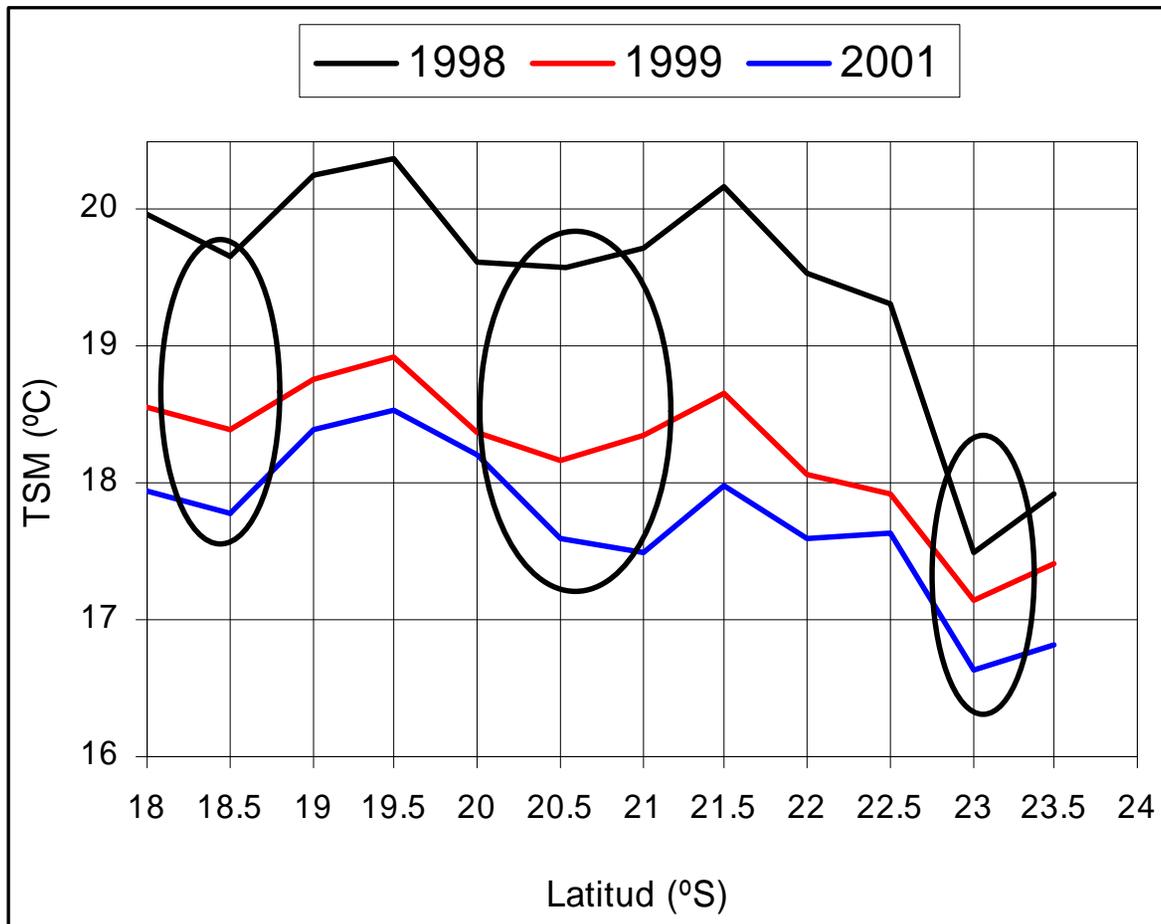


Figura 52. Distribución latitudinal de la TSM satelital en la zona norte. 1998, 1999 y 2001.

○ : lugares donde se producen focos de surgencias (aguas más frías).

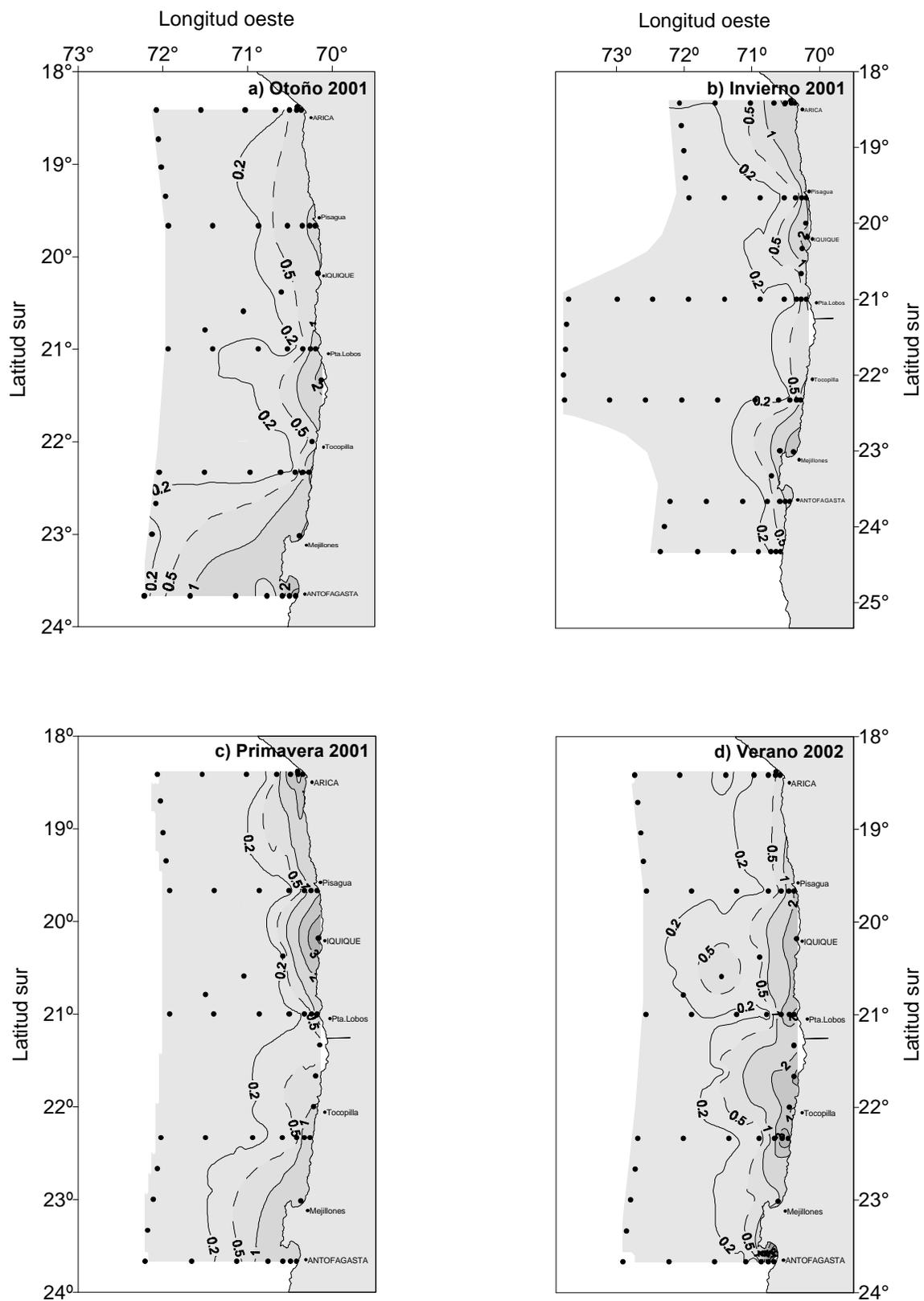


Figura 53. Distribución superficial de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en a) Otoño 2001, b) Invierno 2001, c) Primavera 2001 y d) Verano 2002. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

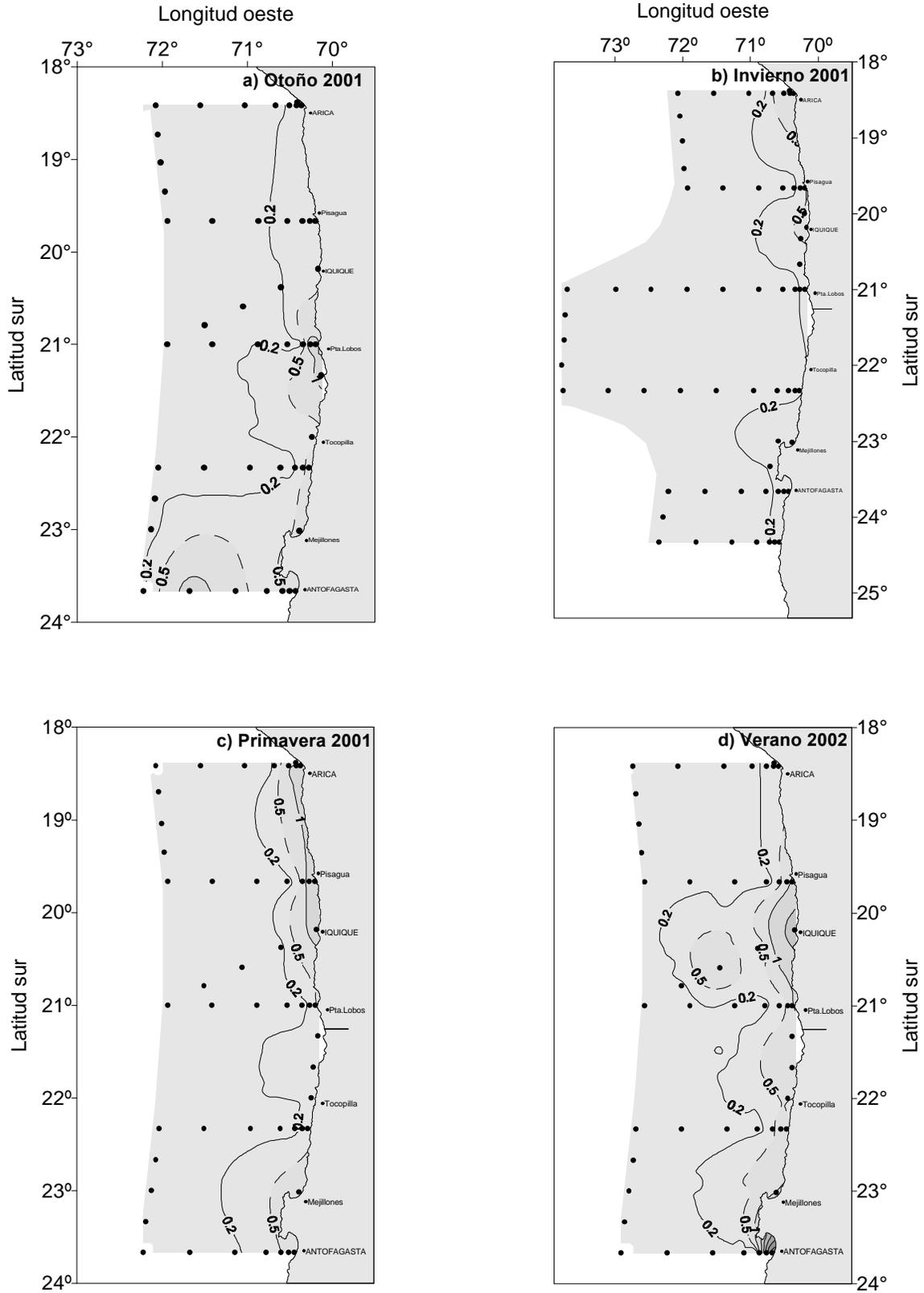


Figura 54. Distribución superficial de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en a) Otoño 2001, b) Invierno 2001, c) Primavera 2001 y d) Verano 2002. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

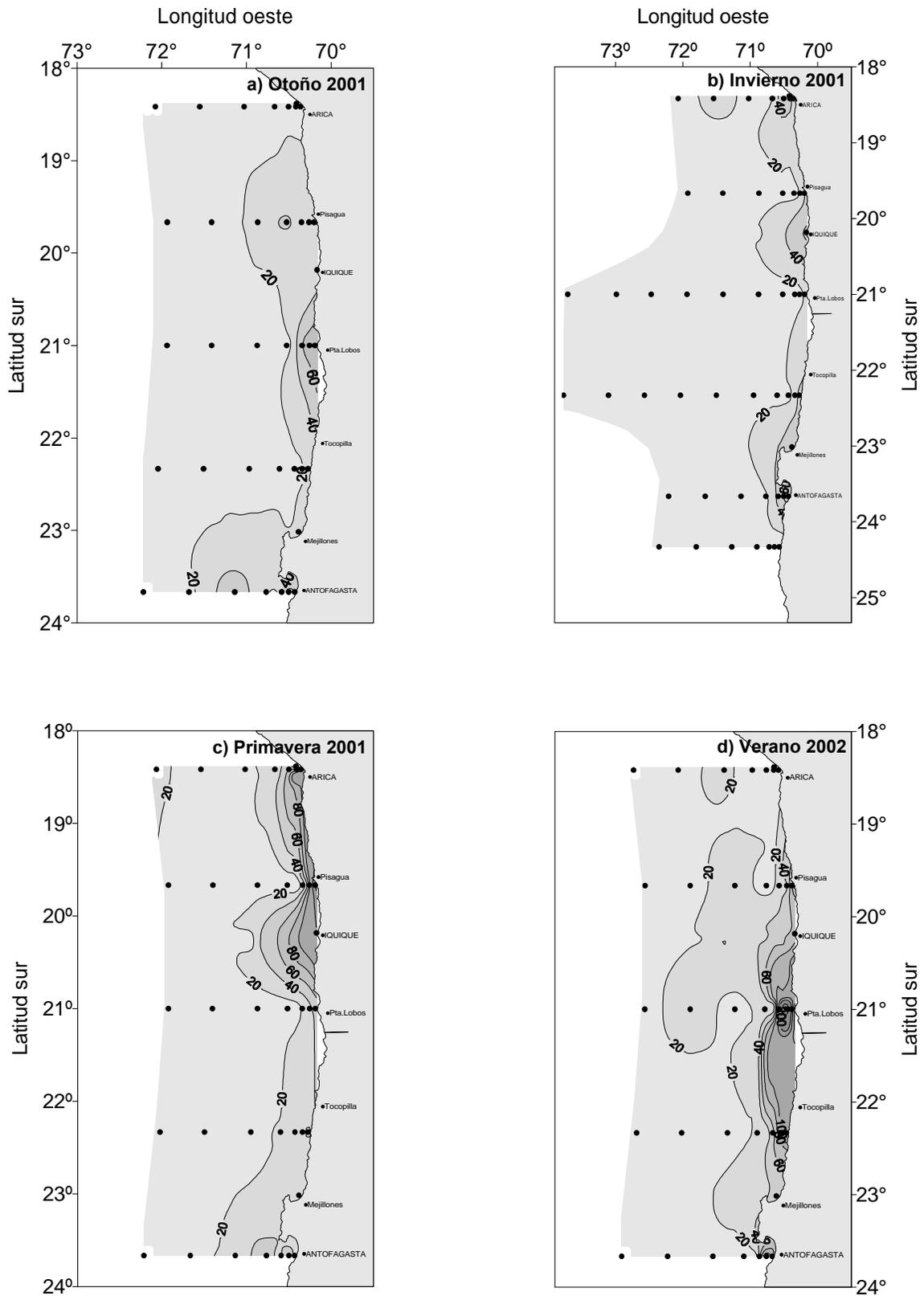


Figura 55. Distribución de la clorofila *a* integrada (mg/m²) en a) Otoño 2001, b) Invierno 2001, c) Primavera 2001 y d) Verano 2002. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

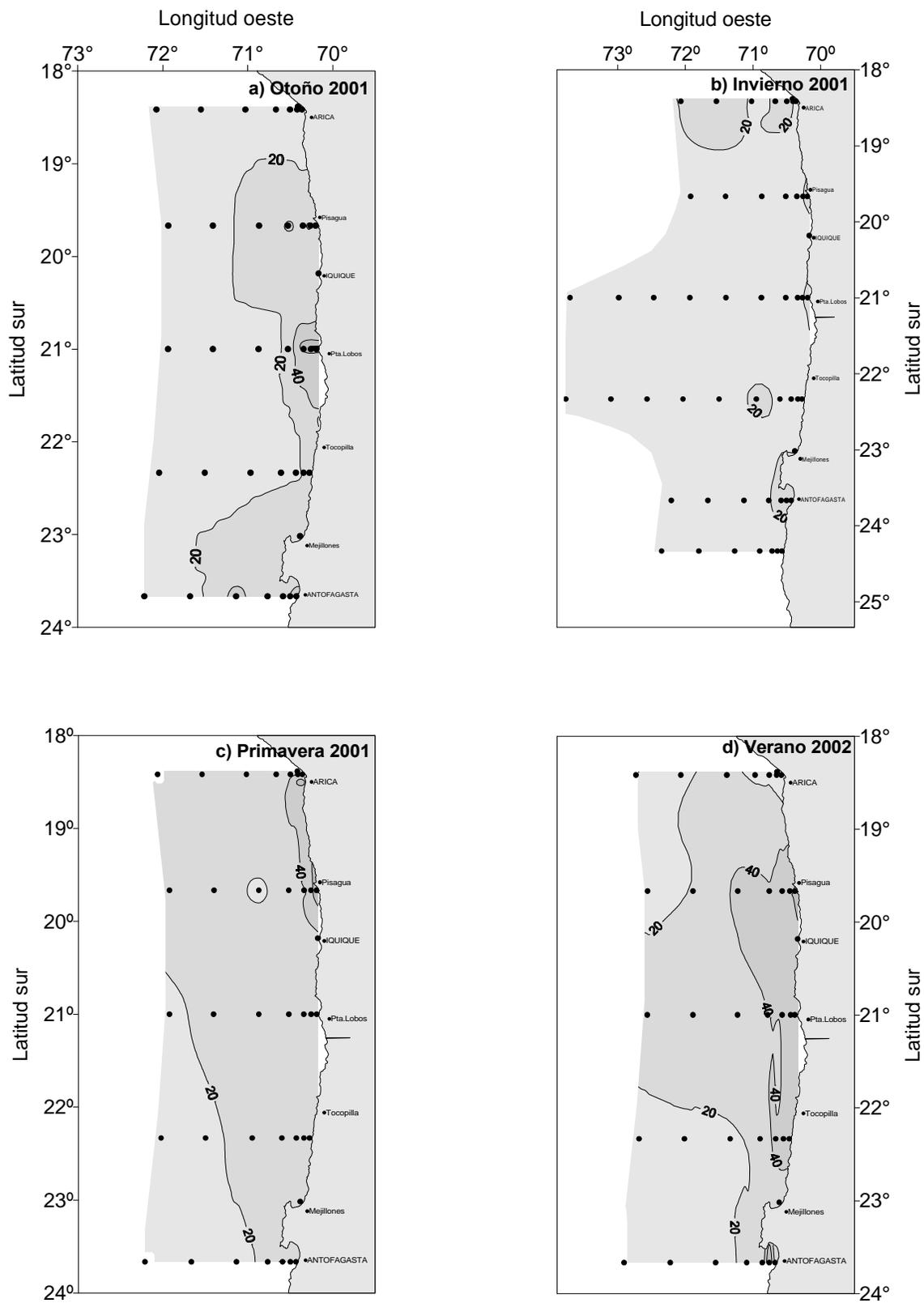


Figura 56. Distribución de los feopigmentos integrados (mg/m^2) en a) Otoño 2001, b) Invierno 2001, c) Primavera 2001 y d) Verano 2002. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

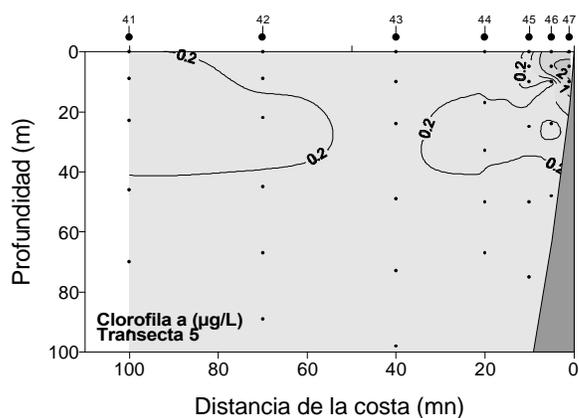
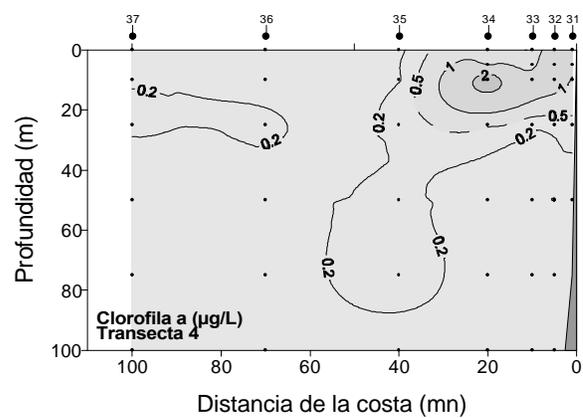
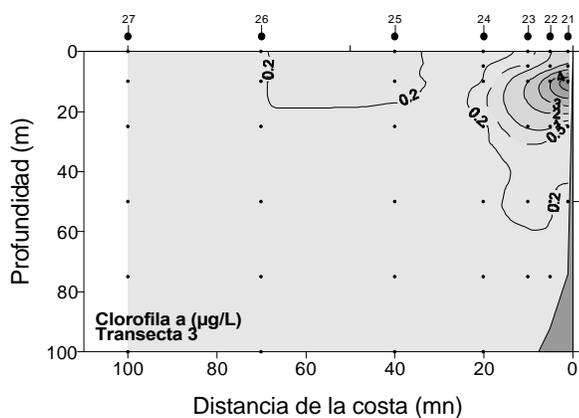
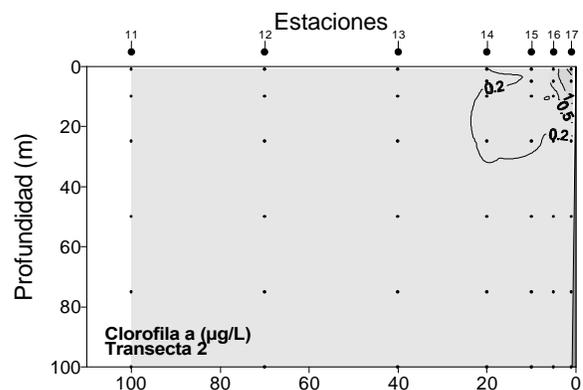
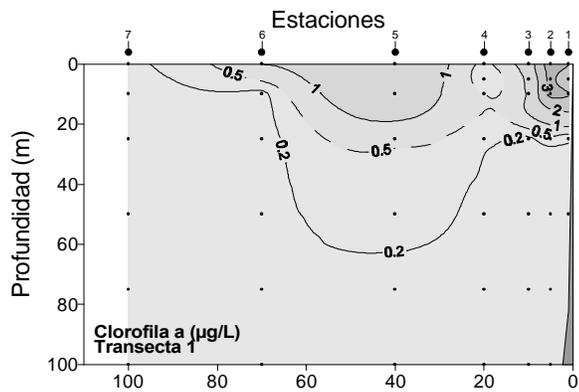


Figura 57. Distribución batimétrica de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 1 (Lat. $23^\circ 40'S$), 2 (Lat. $22^\circ 20'S$) 3 (Lat. $21^\circ 00'S$), 4 (Lat. $19^\circ 40'S$) y 5 (Lat. $18^\circ 25'S$). Otoño 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

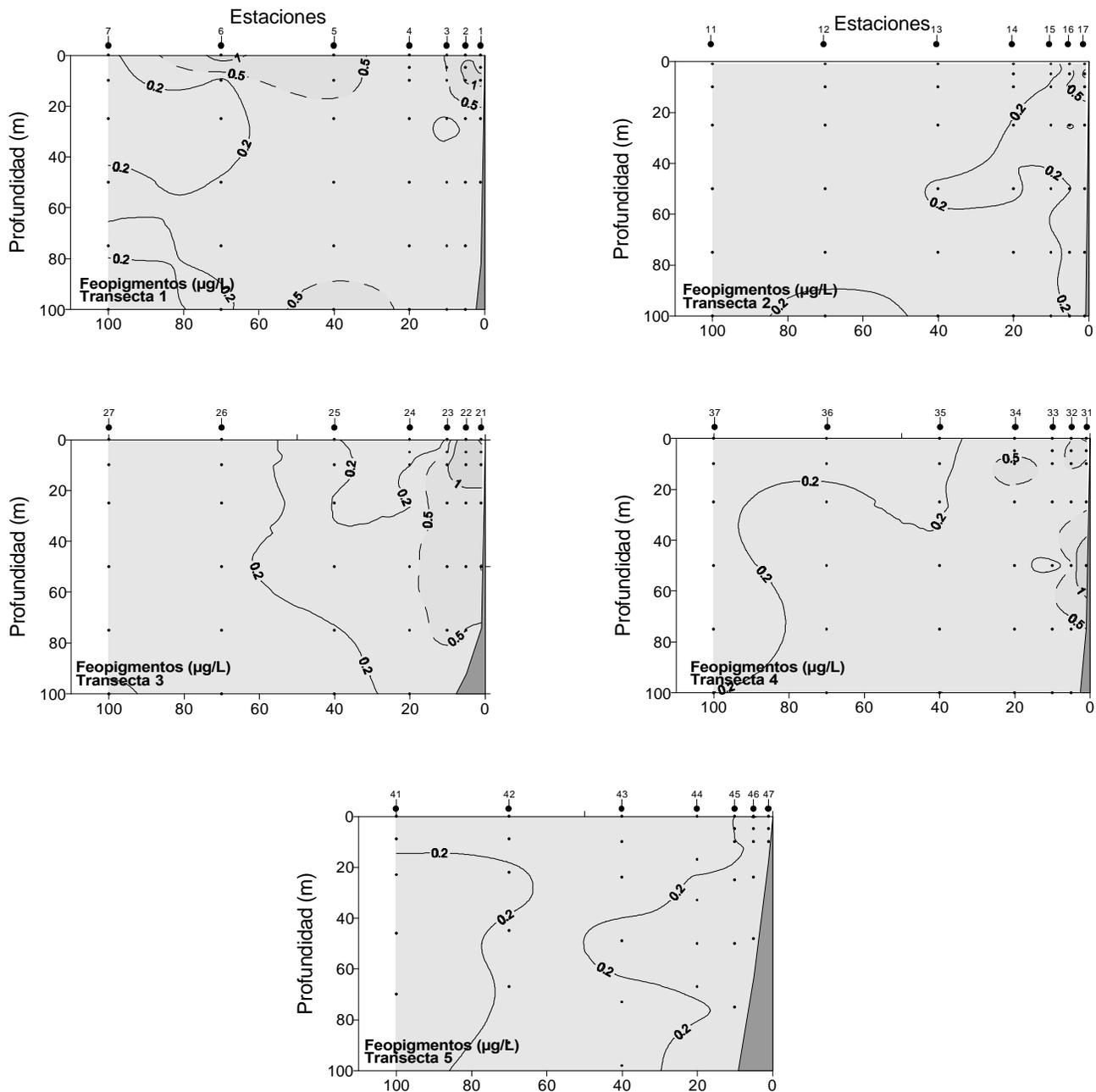


Figura 58. Distribución batimétrica de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 1 (Lat. $23^\circ 40'S$), 2 (Lat. $22^\circ 20'S$), 3 (Lat. $21^\circ 00'S$), 4 (Lat. $19^\circ 40'S$) y 5 (Lat. $18^\circ 25'S$). Otoño 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

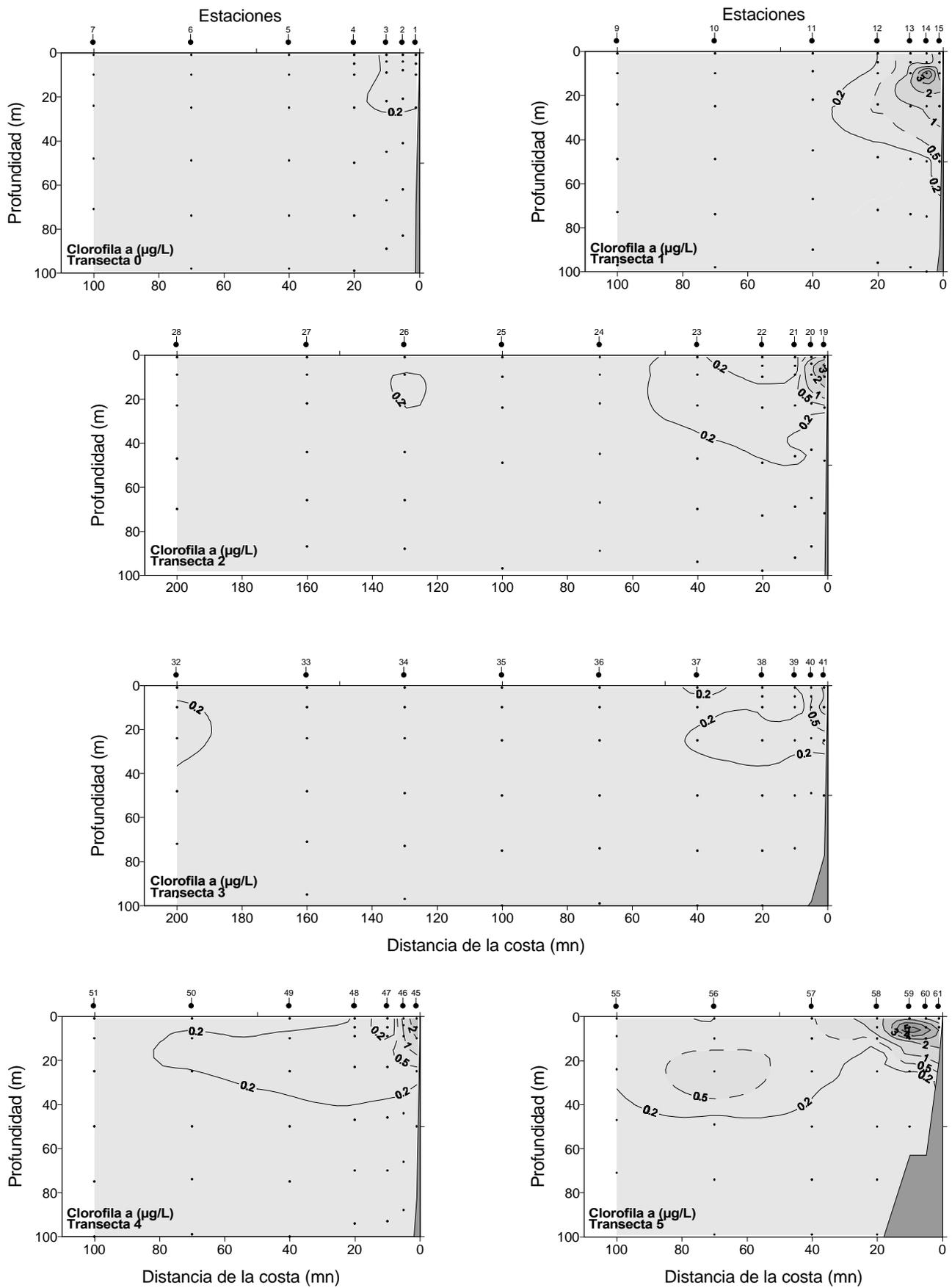


Figura 59. Distribución batimétrica de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 0 (Lat. $24^\circ 20'S$), 1 (Lat. $23^\circ 40'S$), 2 (Lat. $22^\circ 20'S$), 3 (Lat. $21^\circ 00'S$), 4 (Lat. $19^\circ 40'S$) y 5 (Lat. $18^\circ 25'S$). Invierno 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

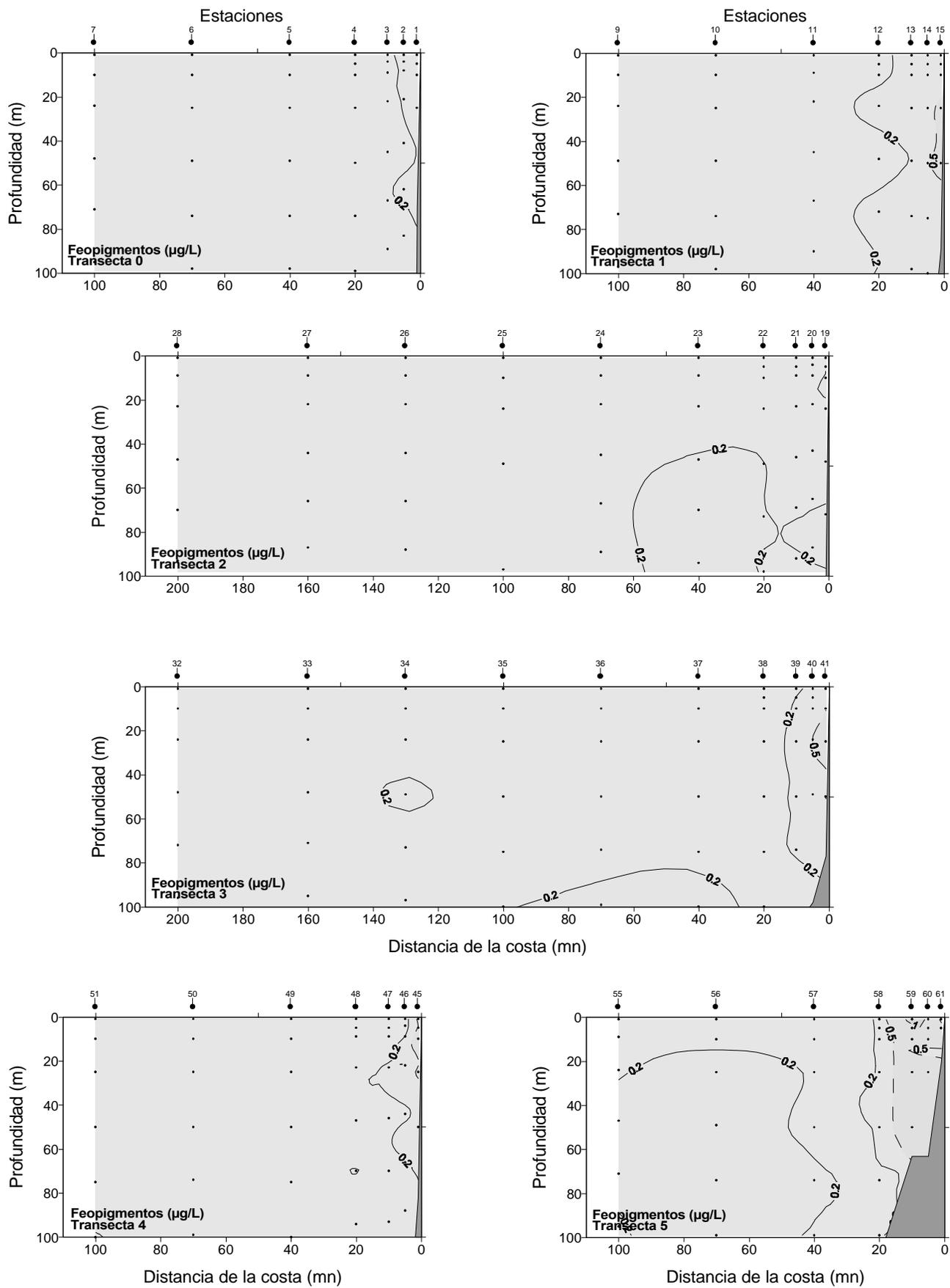


Figura 60. Distribución batimétrica de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 0 (Lat. $24^{\circ} 20'S$), 1 (Lat. $23^{\circ} 40'S$), 2 (Lat. $22^{\circ} 20'S$), 3 (Lat. $21^{\circ} 00'S$), 4 (Lat. $19^{\circ} 40'S$) y 5 (Lat. $18^{\circ} 25'S$). Invierno 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

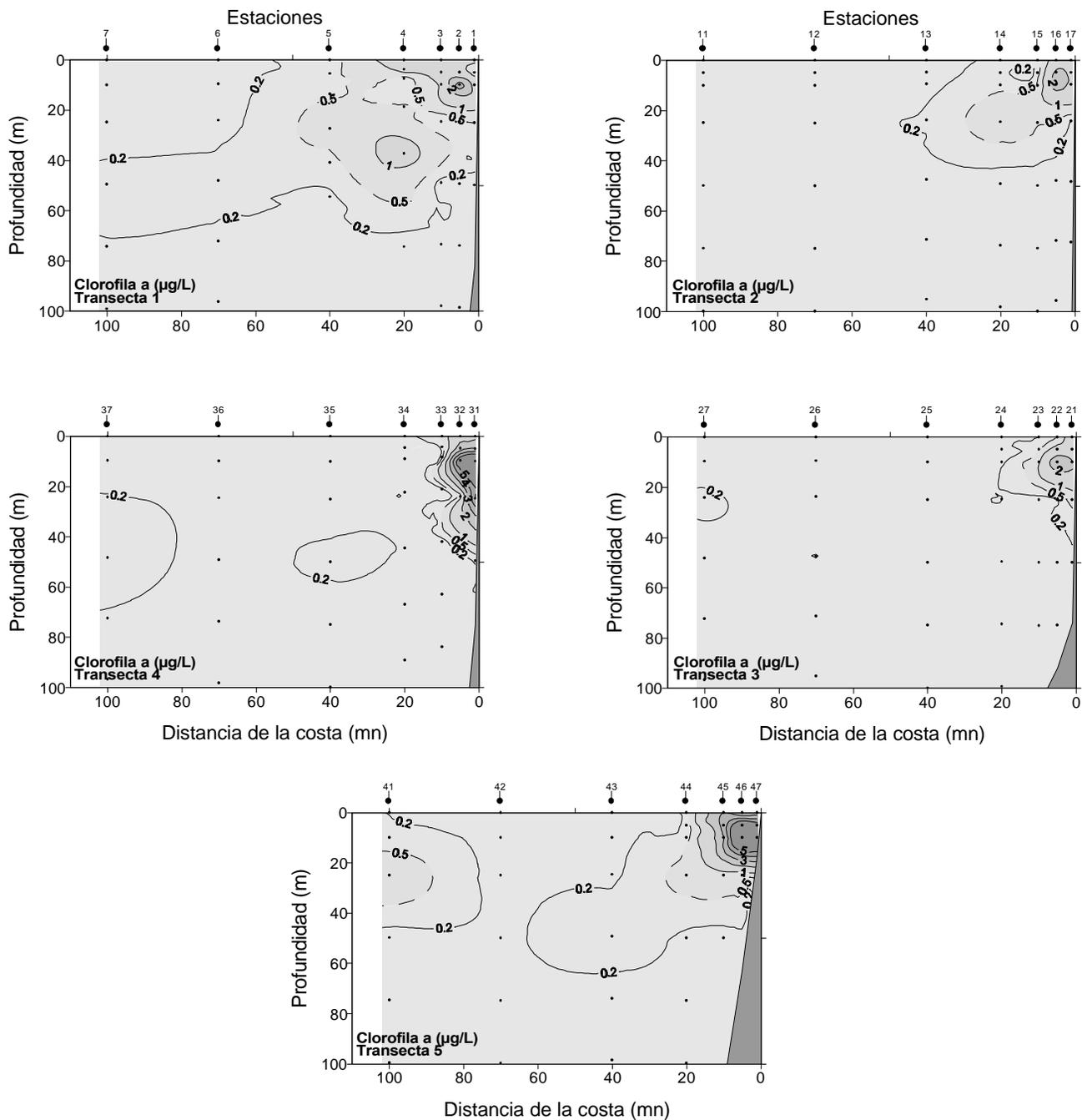
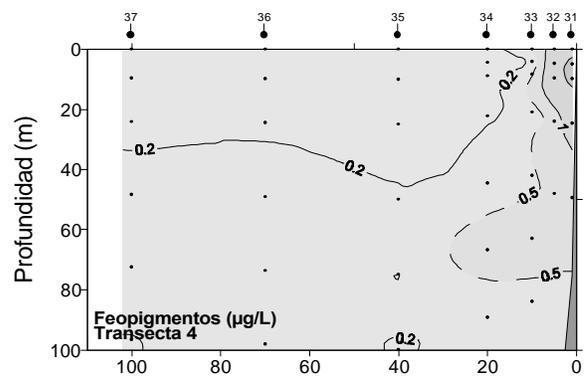
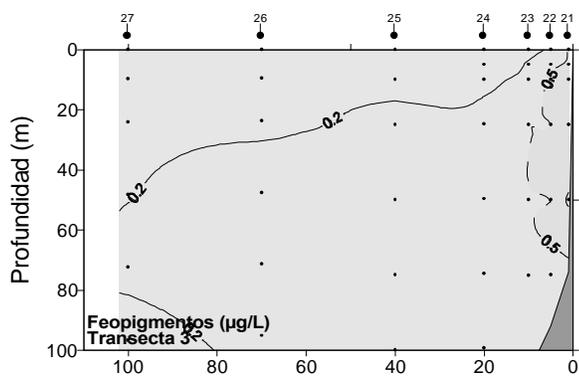
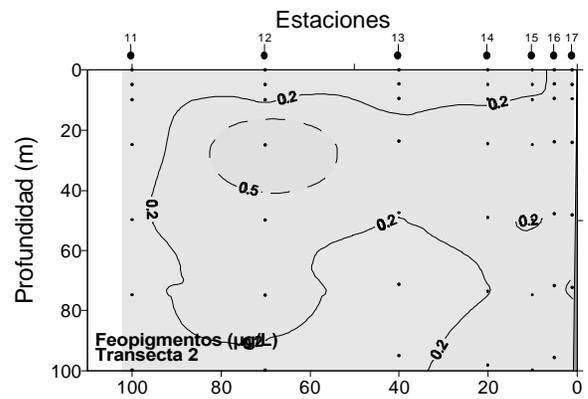
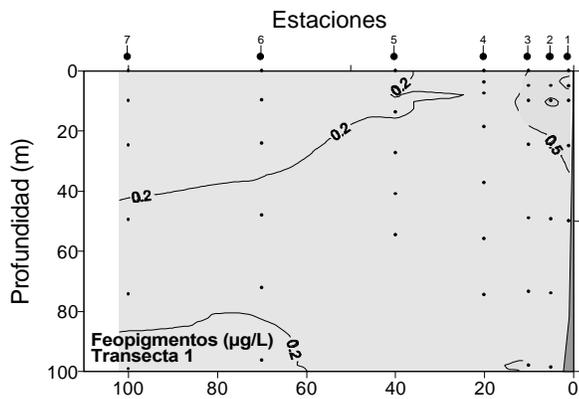


Figura 61. Distribución batimétrica de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 1 (Lat. $23^{\circ} 40'S$), 2 (Lat. $22^{\circ} 20'S$), 3 (Lat. $21^{\circ} 00'S$), 4 (Lat. $19^{\circ} 40'S$) y 5 (Lat. $18^{\circ} 25'S$). Primavera 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.



Distancia de la costa (mn)

Distancia de la costa (mn)

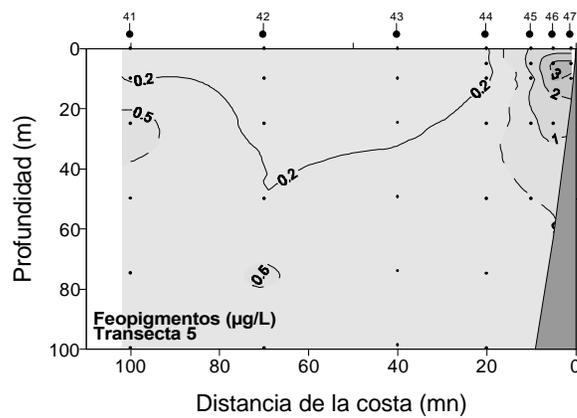


Figura 62. Distribución batimétrica de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 1 (Lat. $23^{\circ} 40'S$), 2 (Lat. $22^{\circ} 20'S$), 3 (Lat. $21^{\circ} 00'S$), 4 (Lat. $19^{\circ} 40'S$) y 5 (Lat. $18^{\circ} 25'S$). Primavera 2001. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

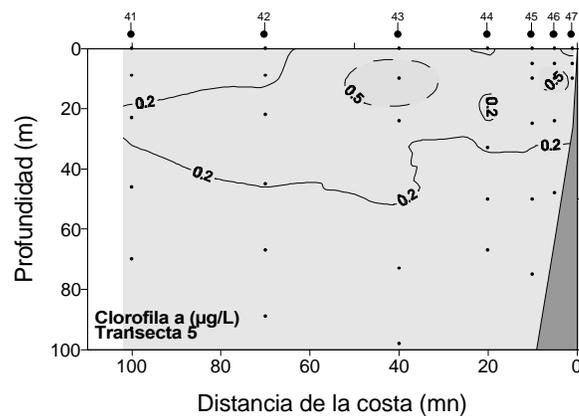
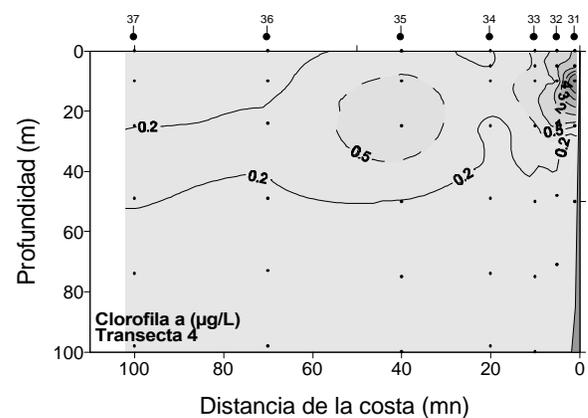
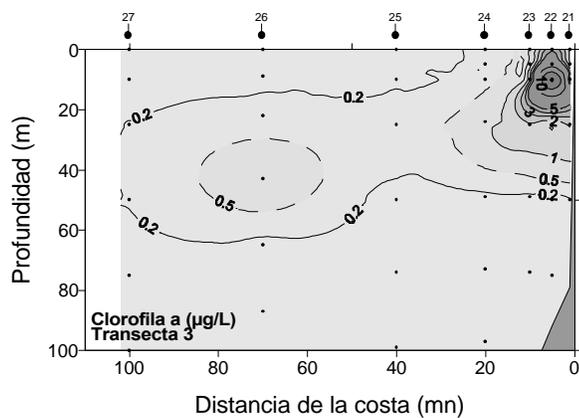
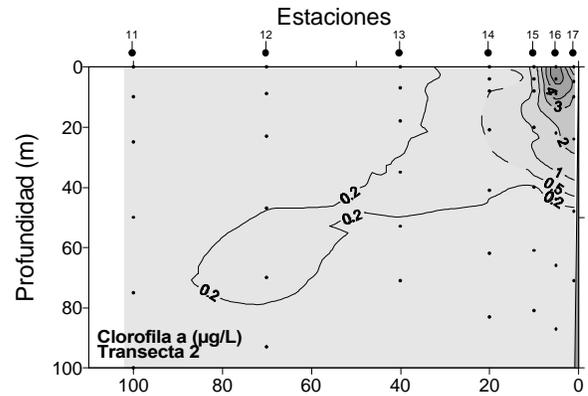
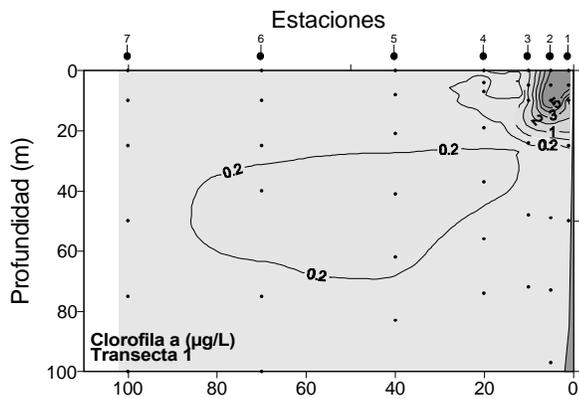


Figura 63. Distribución batimétrica de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 1 (Lat. $23^{\circ} 40'S$), 2 (Lat. $22^{\circ} 20'S$), 3 (Lat. $21^{\circ} 00'S$), 4 (Lat. $19^{\circ} 40'S$) y 5 (Lat. $18^{\circ} 25'S$). Verano 2002. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

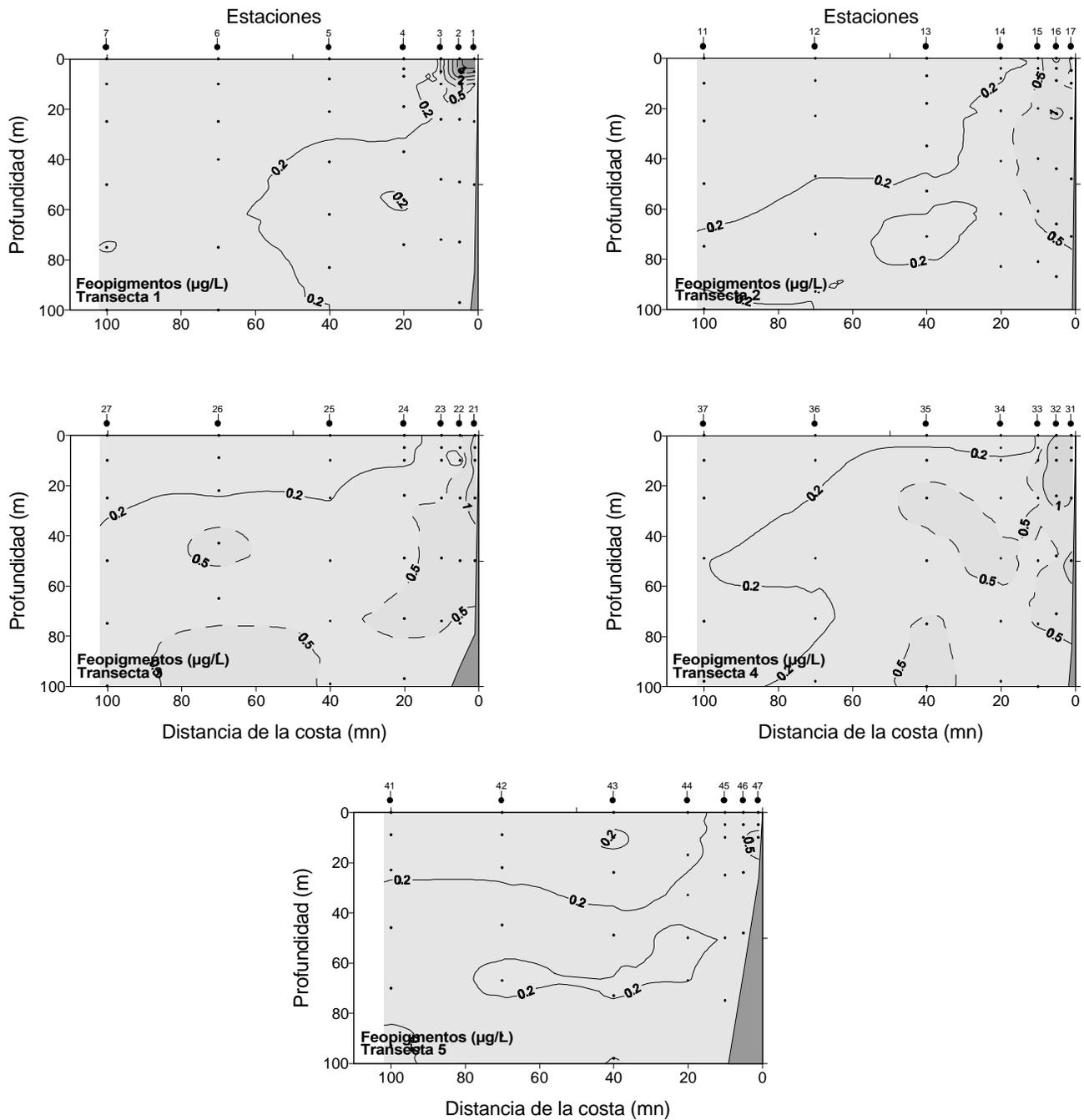


Figura 64. Distribución batimétrica de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), en las transectas 1 (Lat. $23^\circ 40'S$), 2 (Lat. $22^\circ 20'S$), 3 (Lat. $21^\circ 00'S$), 4 (Lat. $19^\circ 40'S$) y 5 (Lat. $18^\circ 25'S$). Verano 2002. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

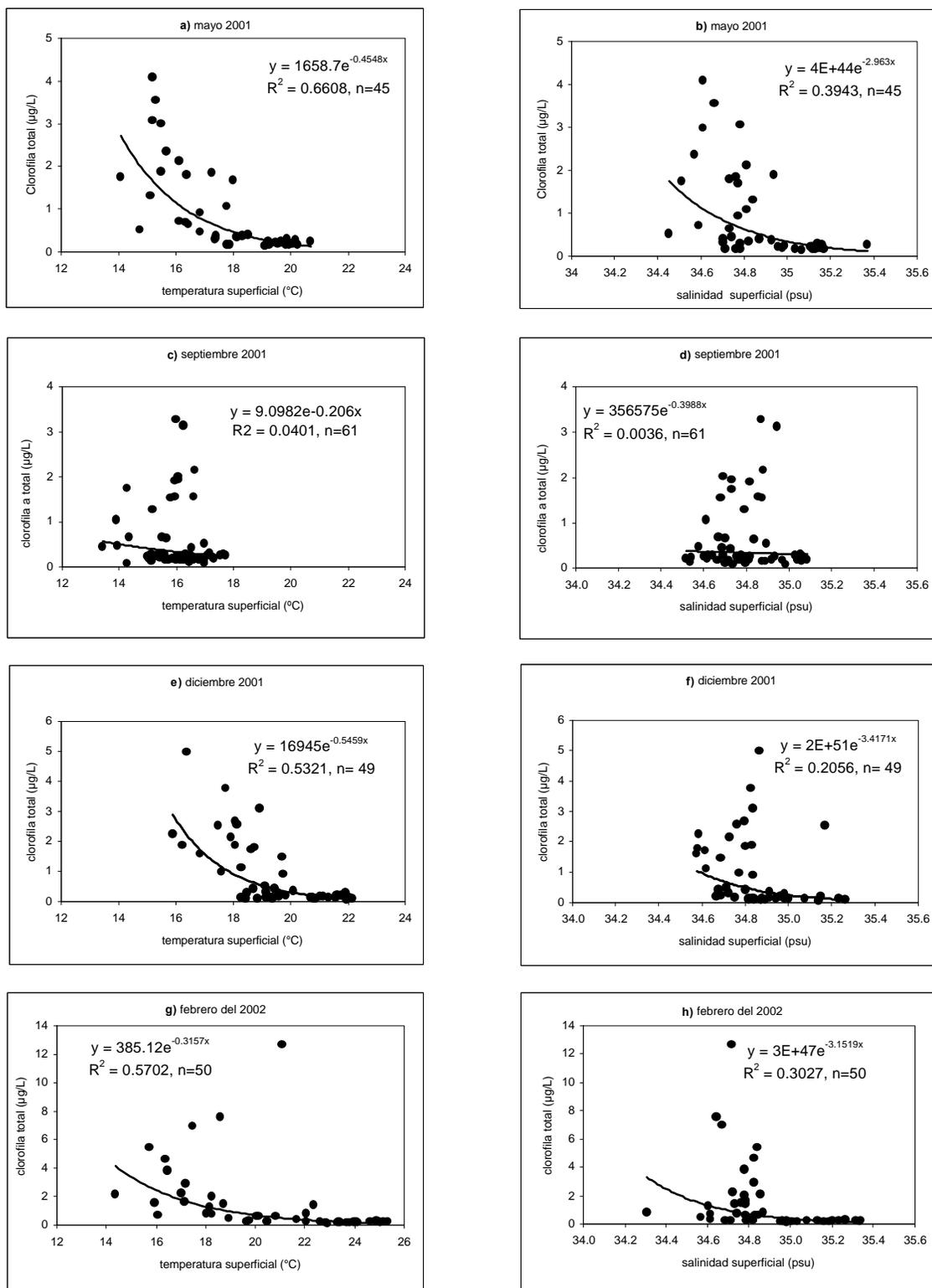


Figura 65. Relaciones funcionales entre la clorofila total ($\mu\text{g/L}$) versus la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la salinidad (psu) para los meses de mayo, septiembre, diciembre y febrero. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.

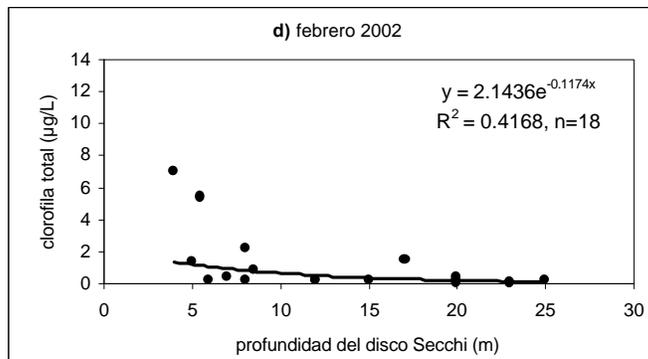
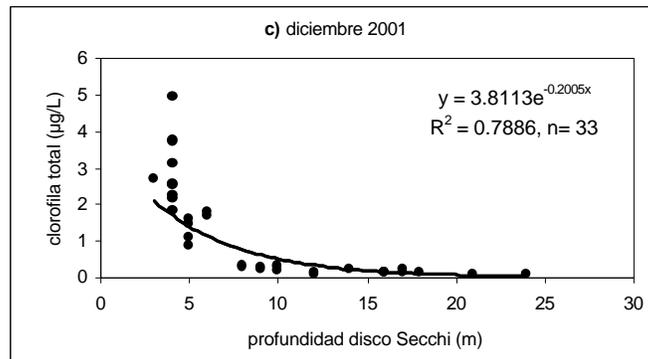
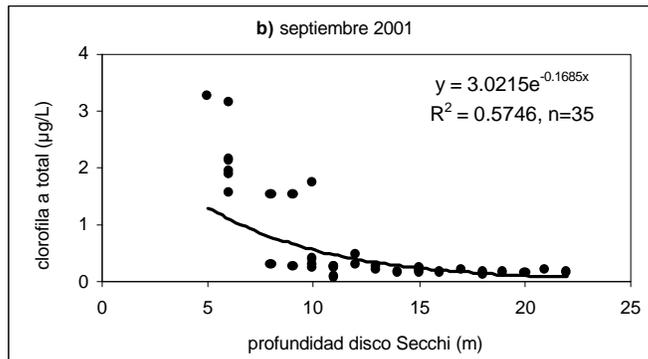
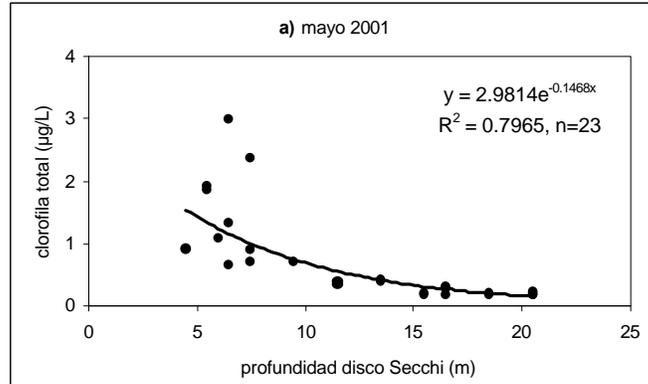


Figura 66. Relaciones funcionales entre la clorofila total ($\mu\text{g/L}$) versus la profundidad del Disco del Secchi (m) para los meses de mayo, septiembre, diciembre y febrero. Cruceros estacionales. Mayo 2001 – Febrero 2002.

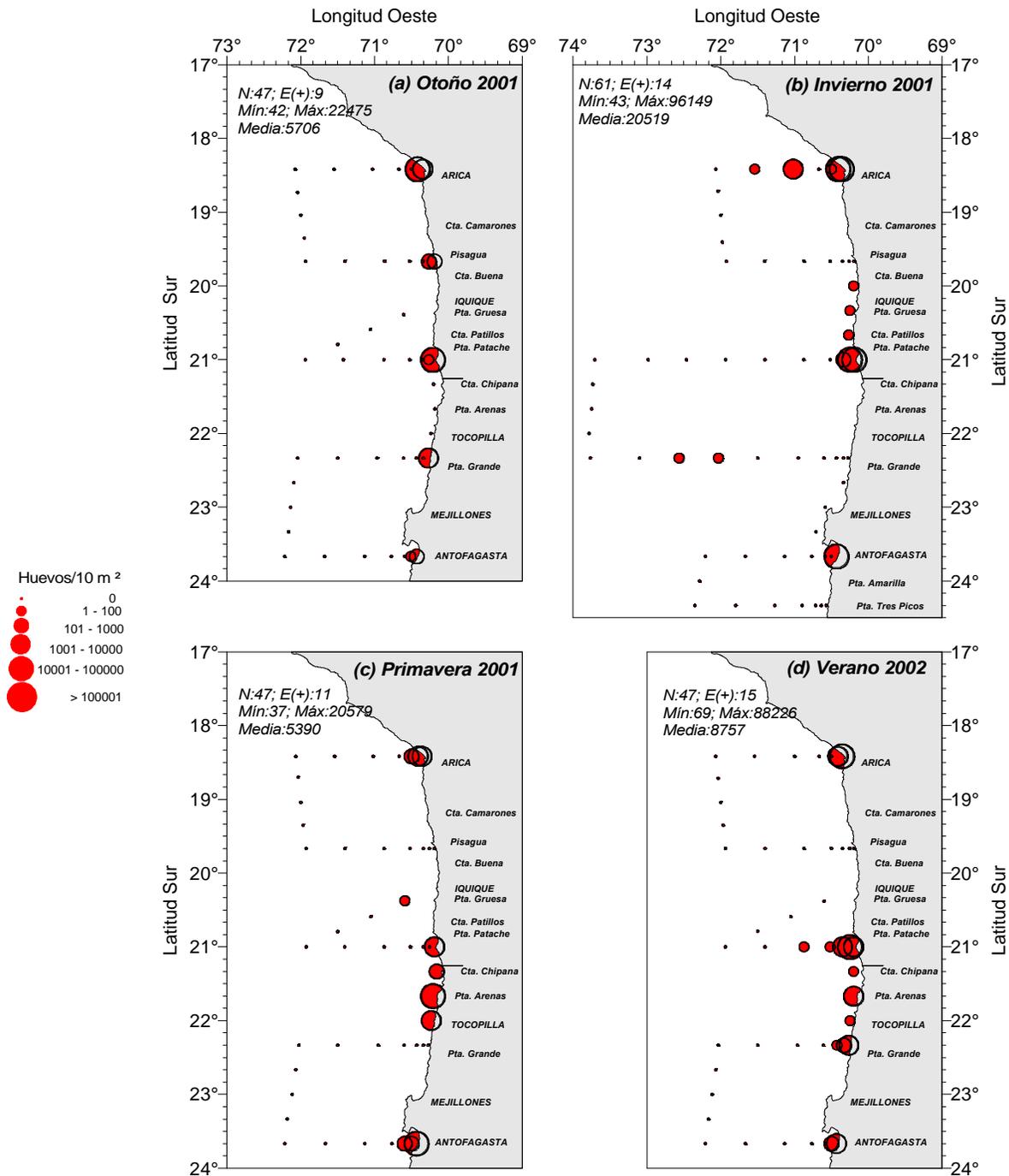


Figura 67.- Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta, Cruceros trimestrales. (a) otoño 2001, (b) invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.

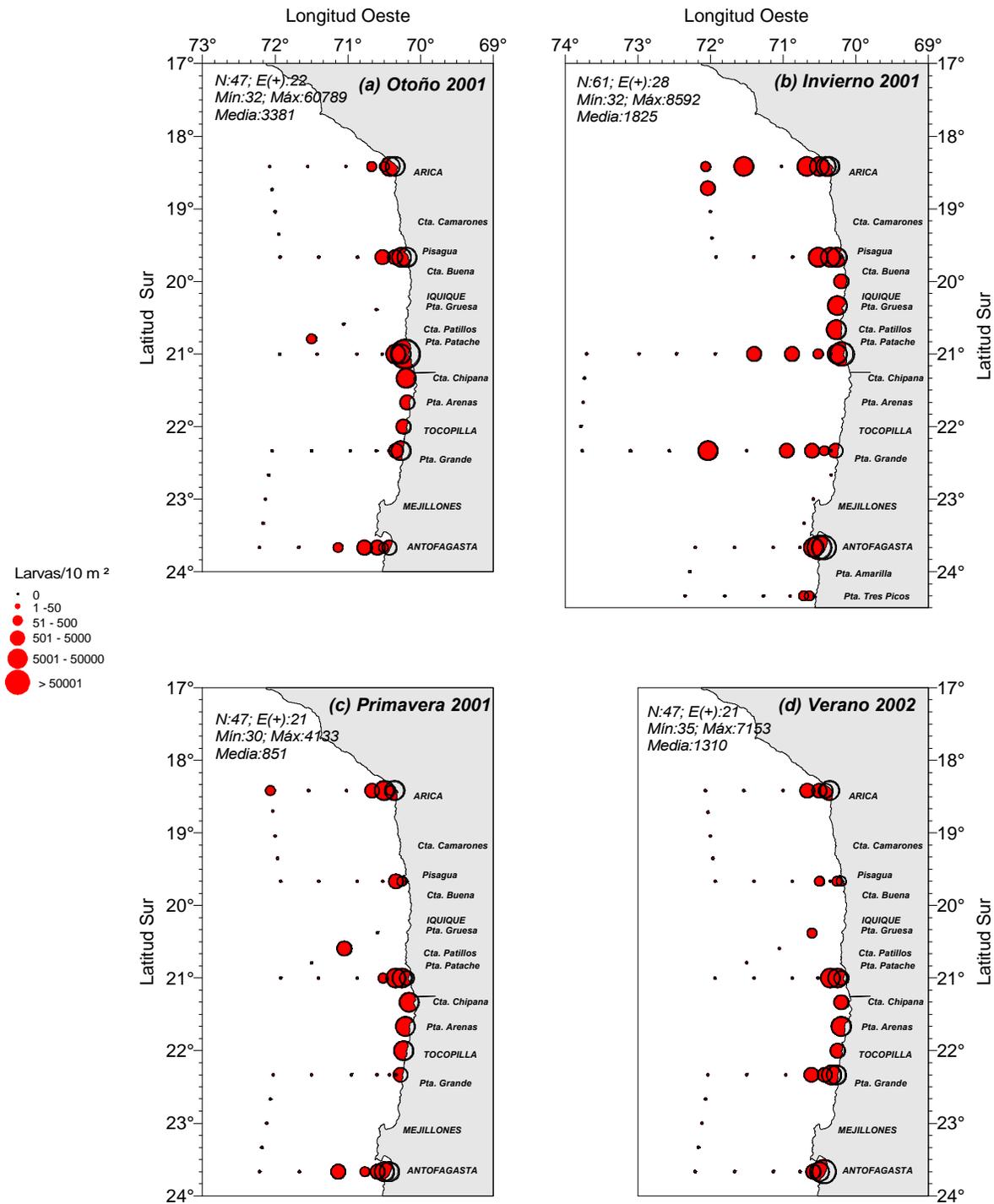


Figura 68.- Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta, Cruceros trimestrales. (a) otoño 2001, (b) invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.

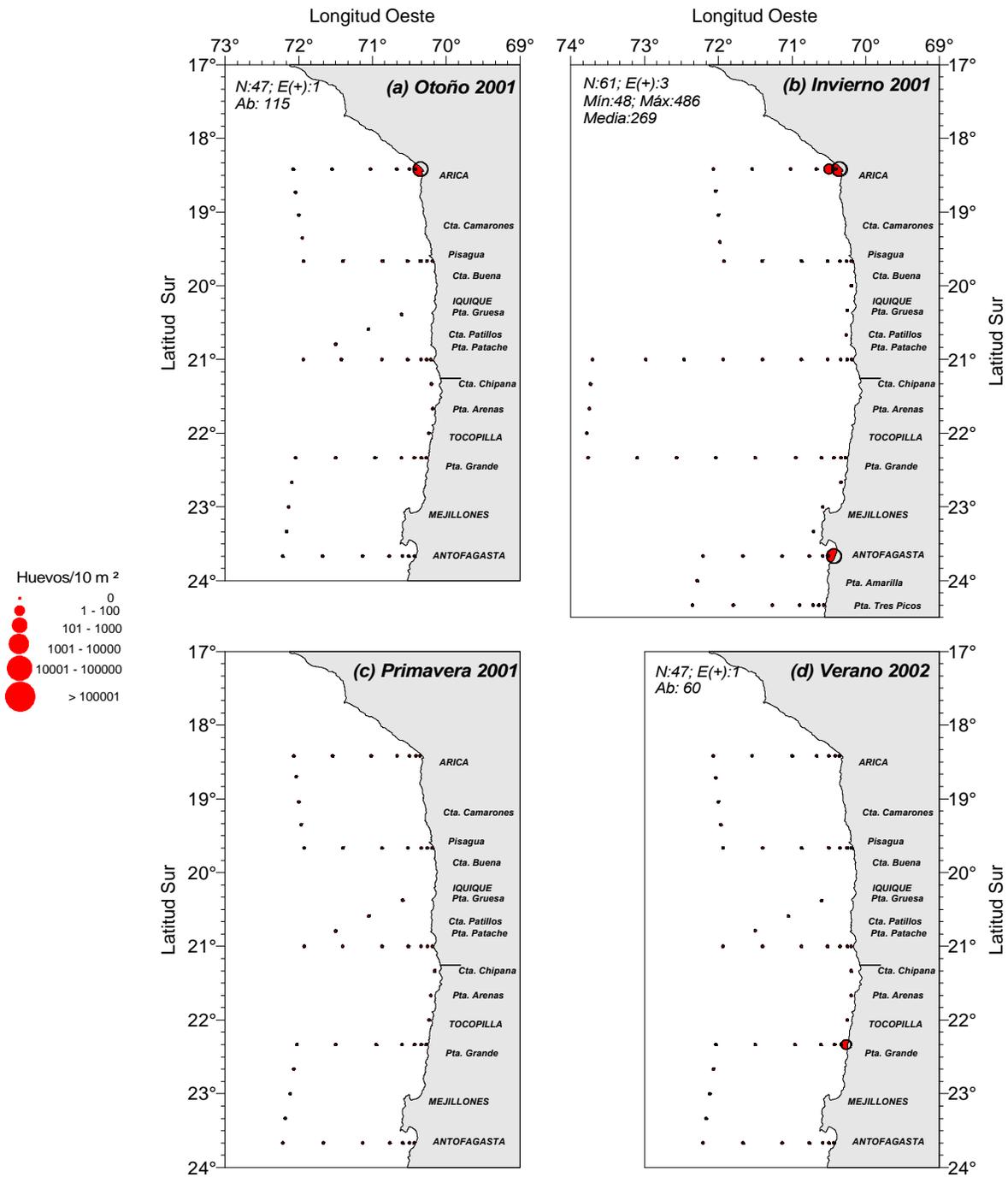


Figura 69.- Distribución y abundancia de Huevos de Sardina, Cruceros trimestrales. (a) otoño 2001, (b) invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.

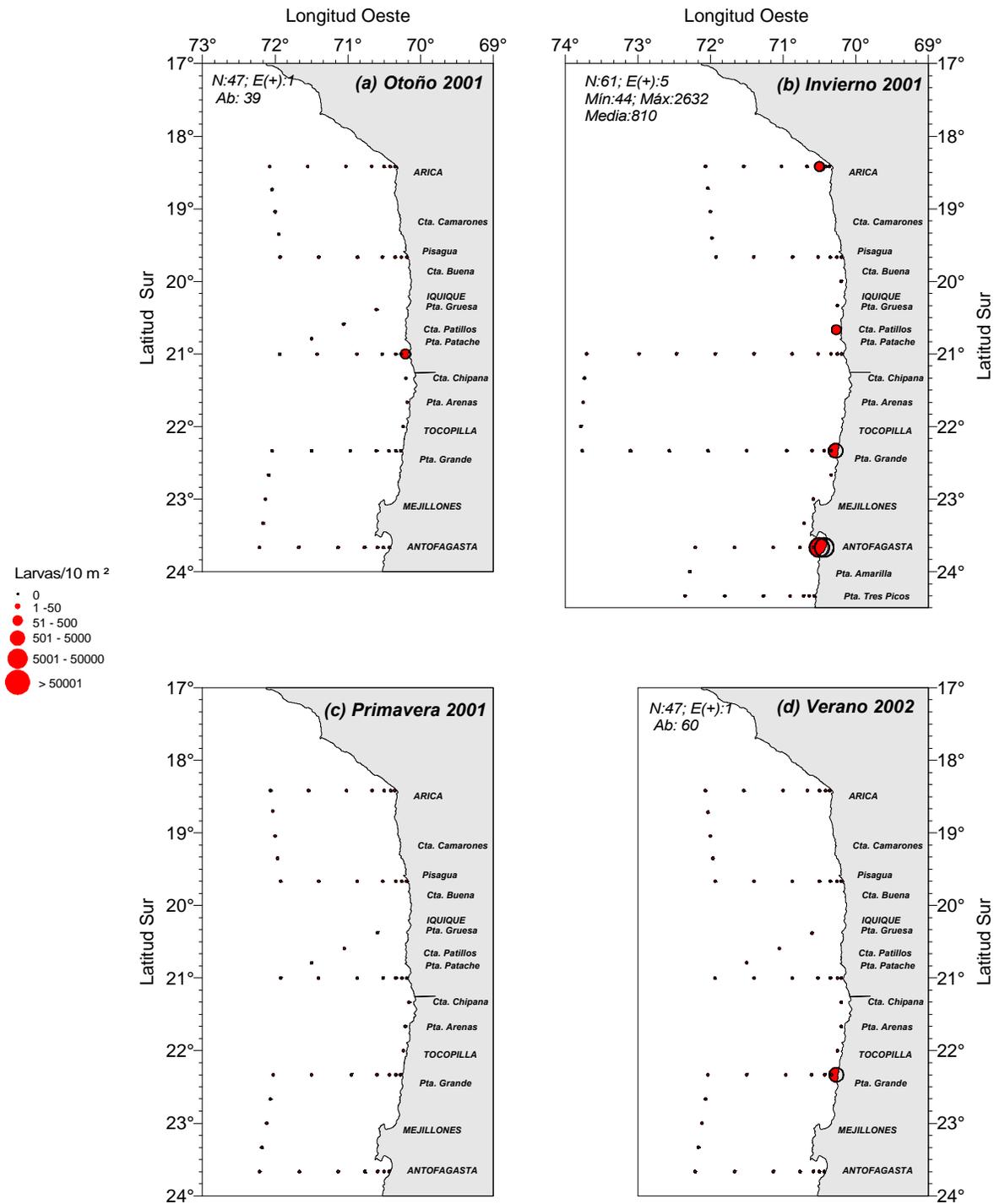


Figura 70.- Distribución y abundancia de Larvas de Sardina, Cruceros trimestrales. (a) otoño 2001, (b) invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.

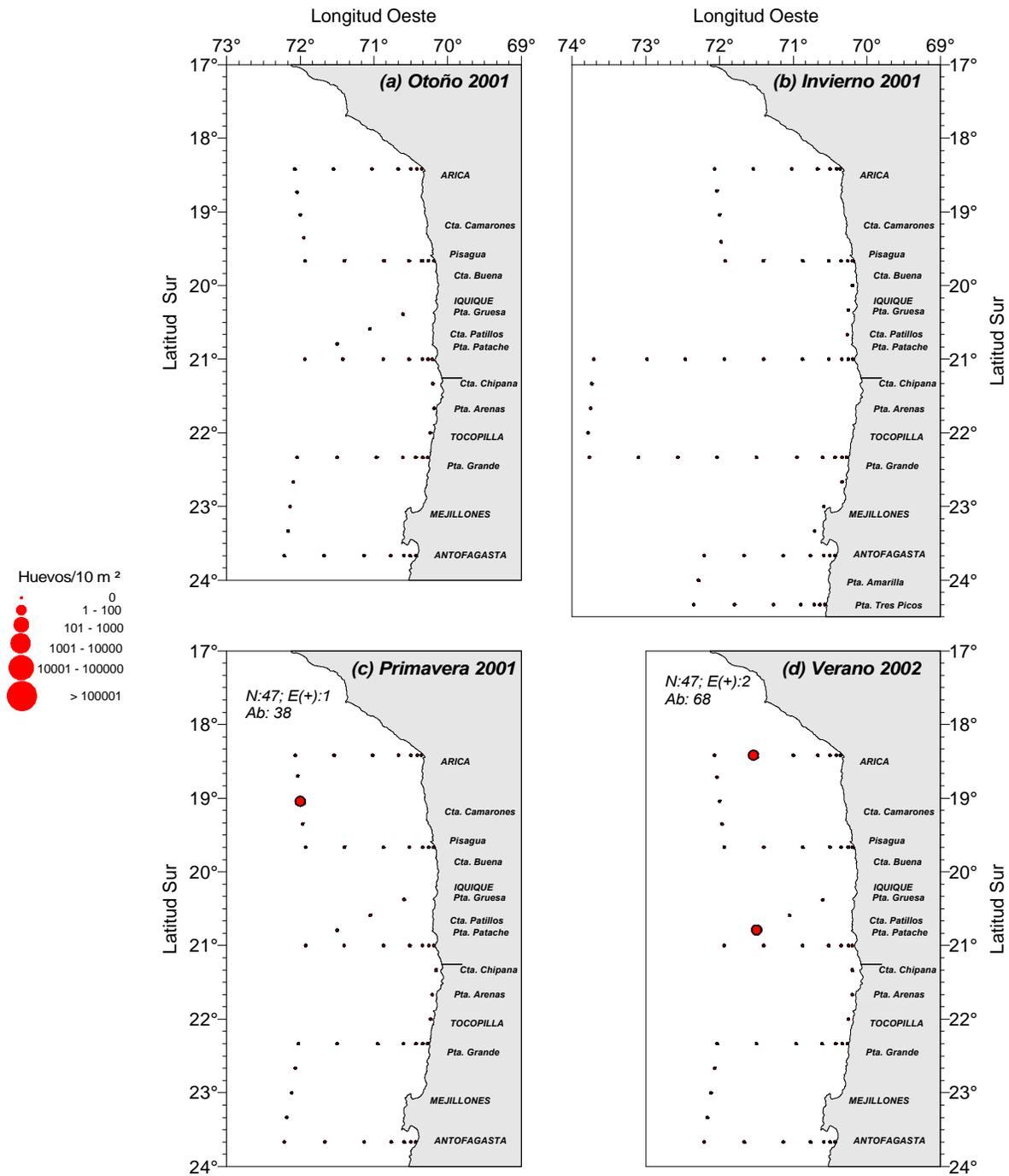


Figura 71.- Distribución y abundancia de Huevos de Jurel, Cruceros trimestrales. (a) otoño 2001, (b) invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.

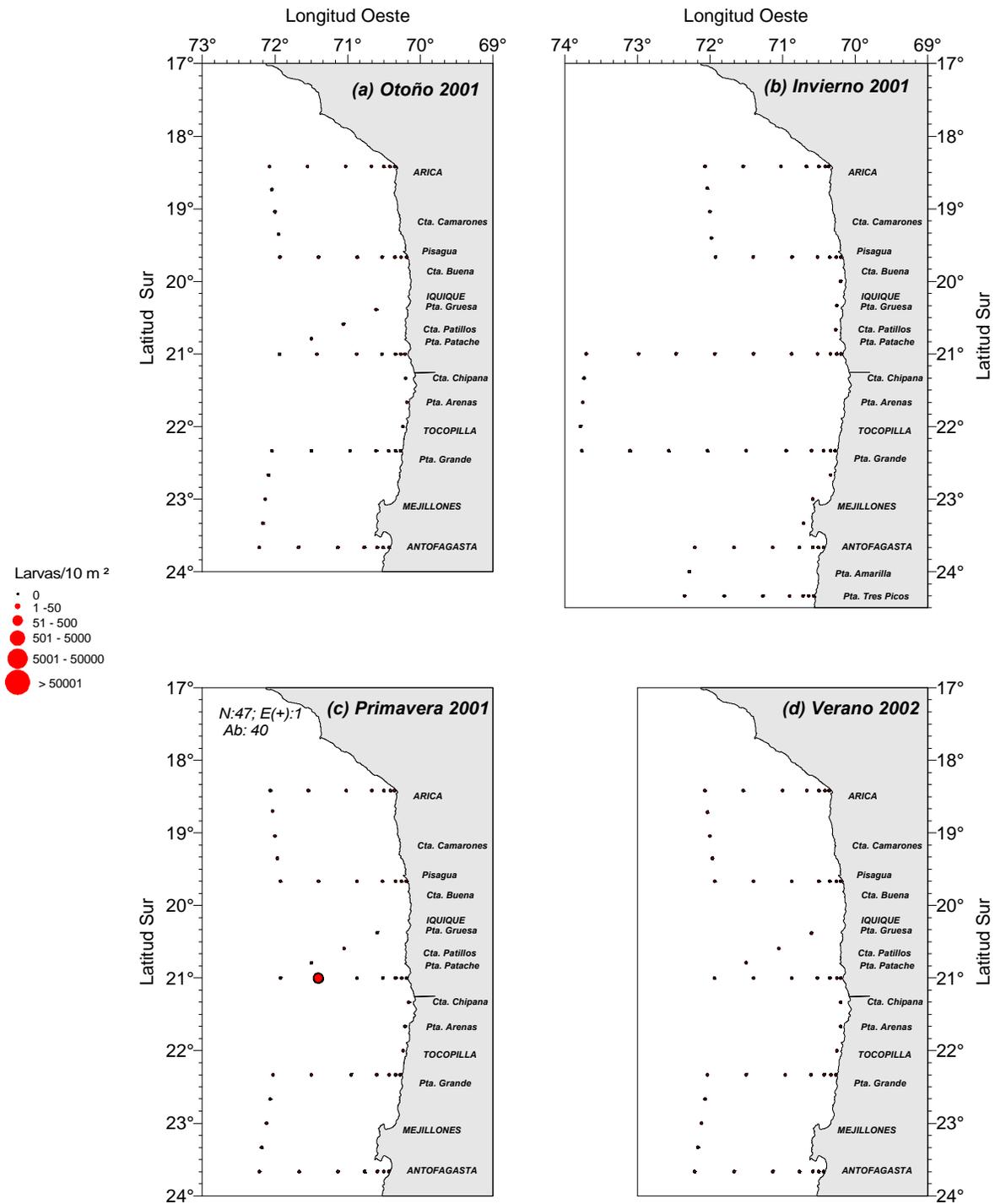


Figura 72.- Distribución y abundancia de Larvas de Jurel, Cruceros trimestrales.
(a) otoño 2001, (b) invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.

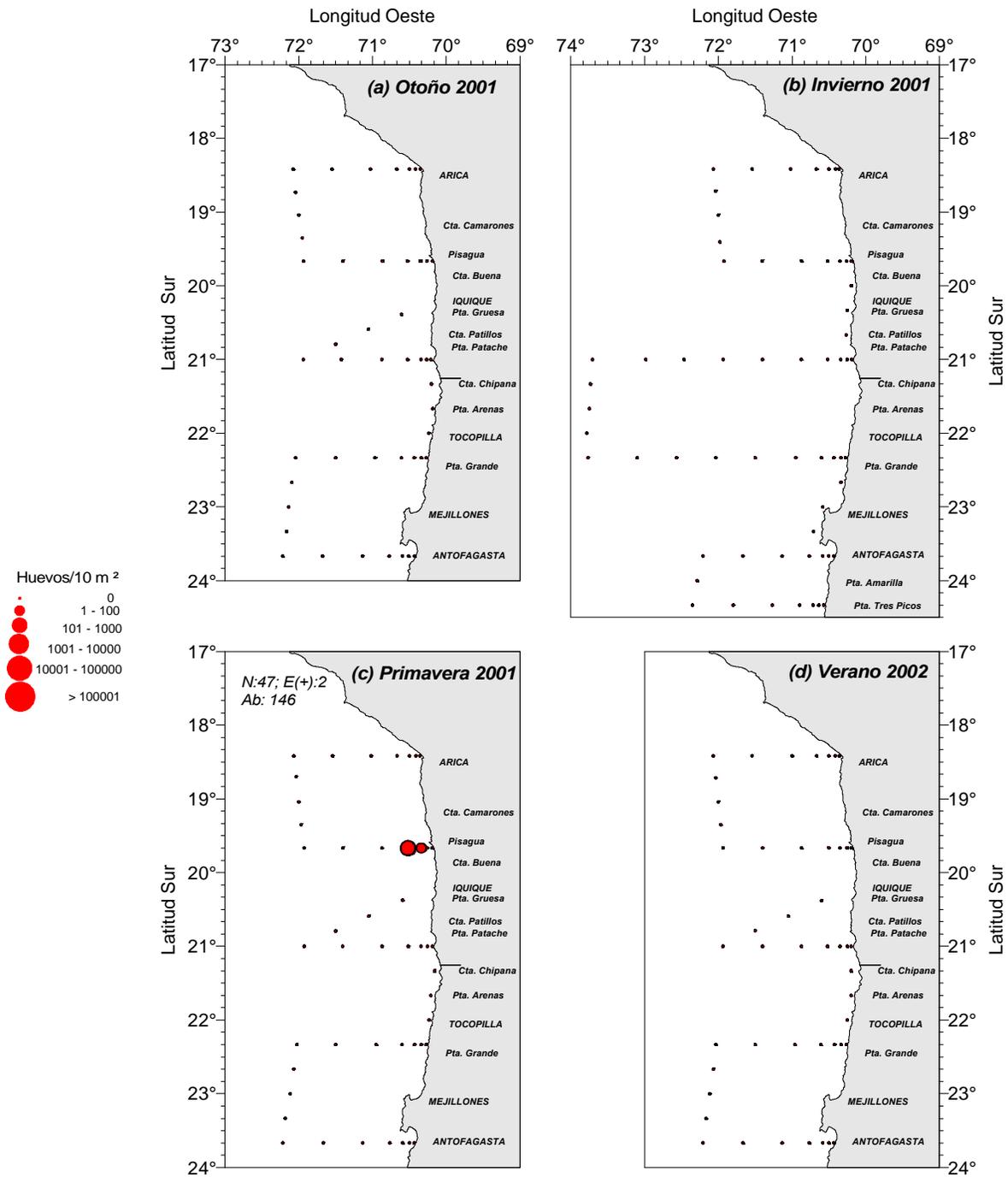


Figura 73.- Distribución y abundancia de Huevos de Caballa, Cruceros trimestrales. (a) otoño 2001, (b) invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.

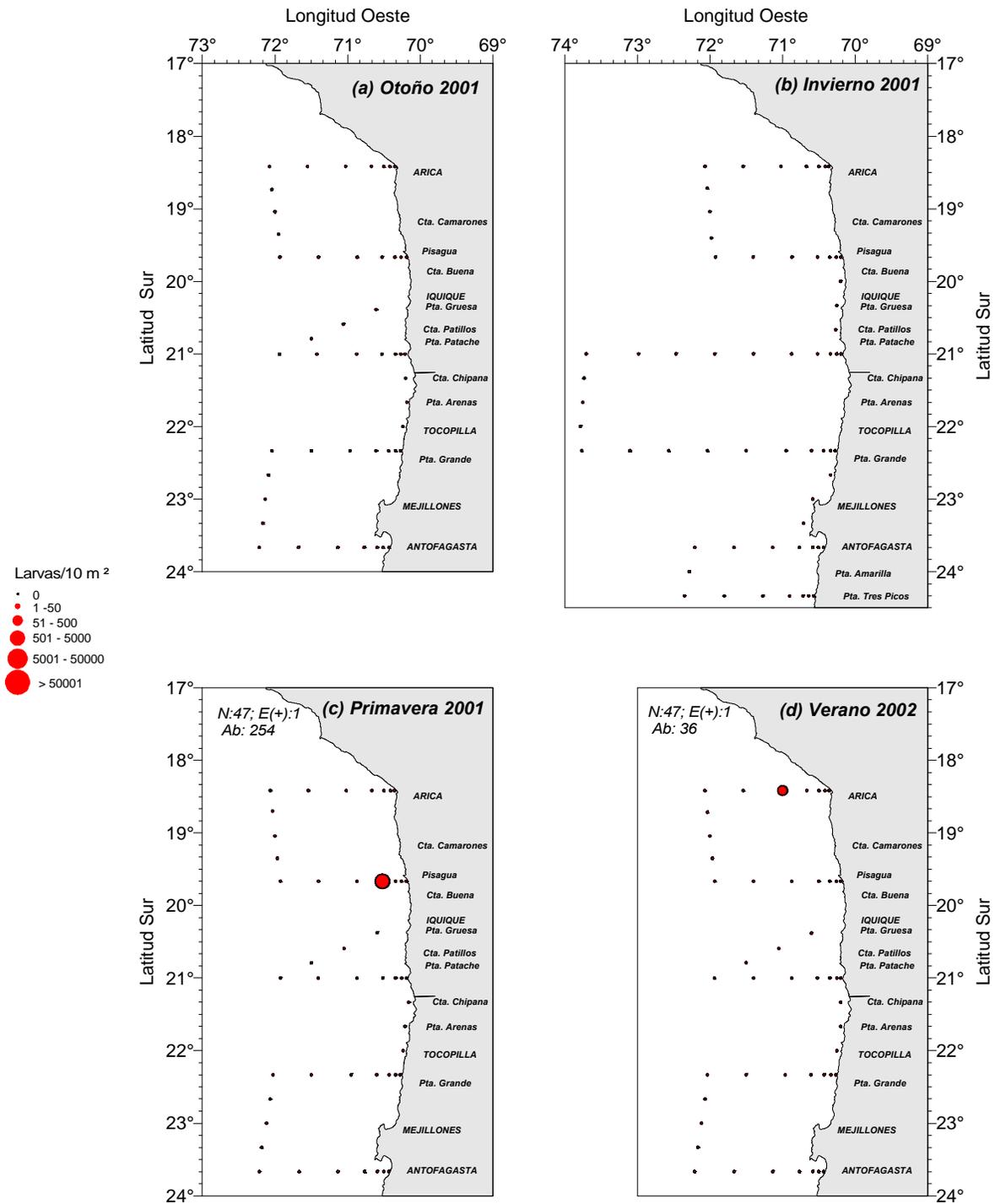


Figura 74.- Distribución y abundancia de Larvas de Caballa, Cruceros trimestrales. (a) otoño 2001, (b) invierno 2001, (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.

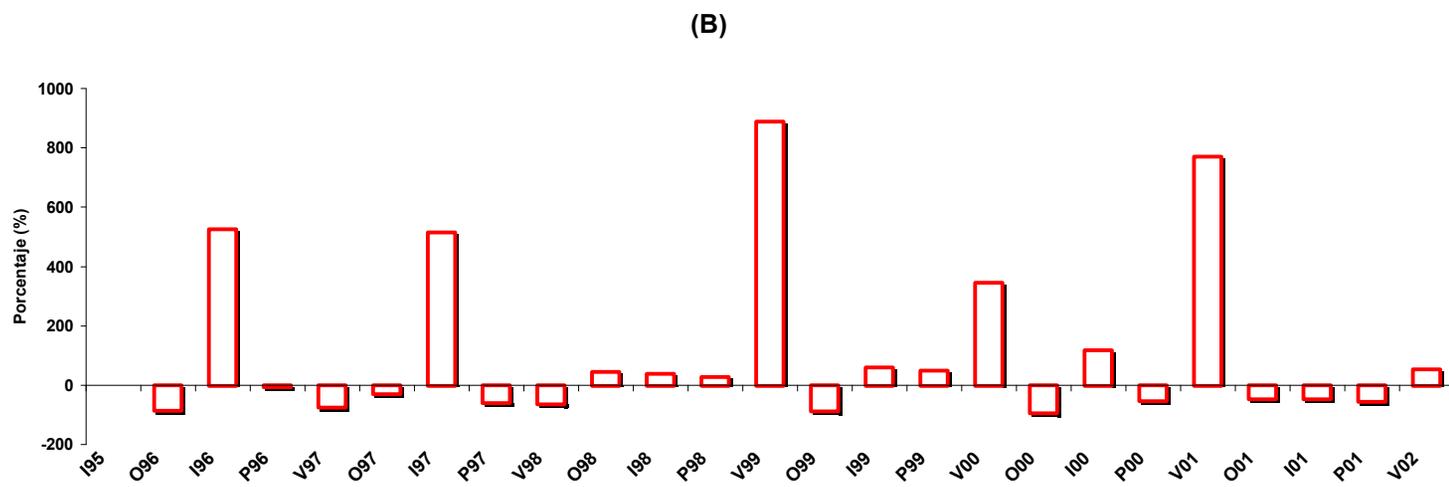
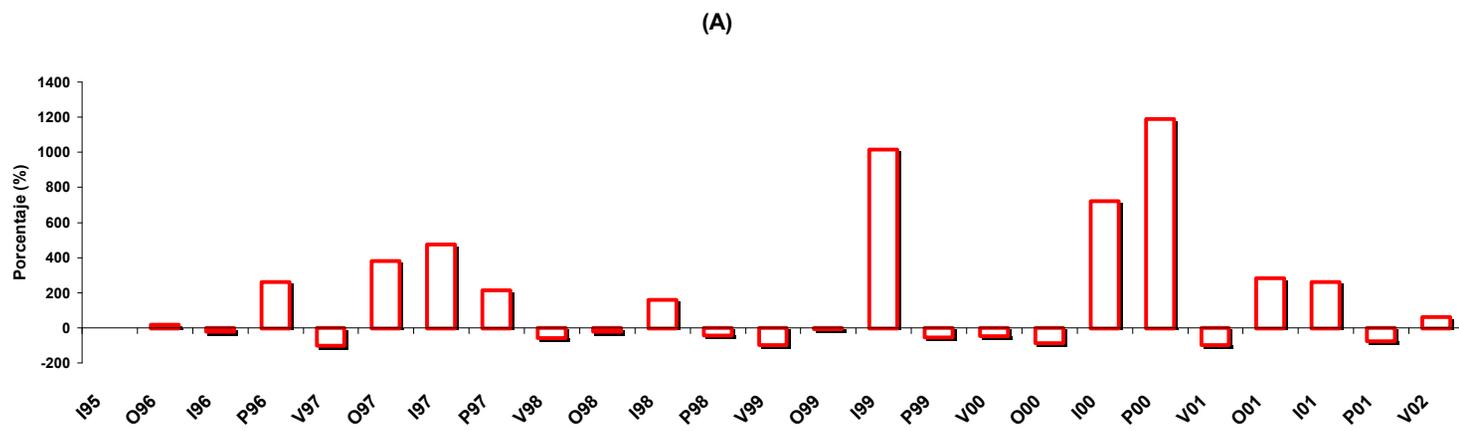


Figura 75. Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta, para el período invierno 1995 - verano de 2002.

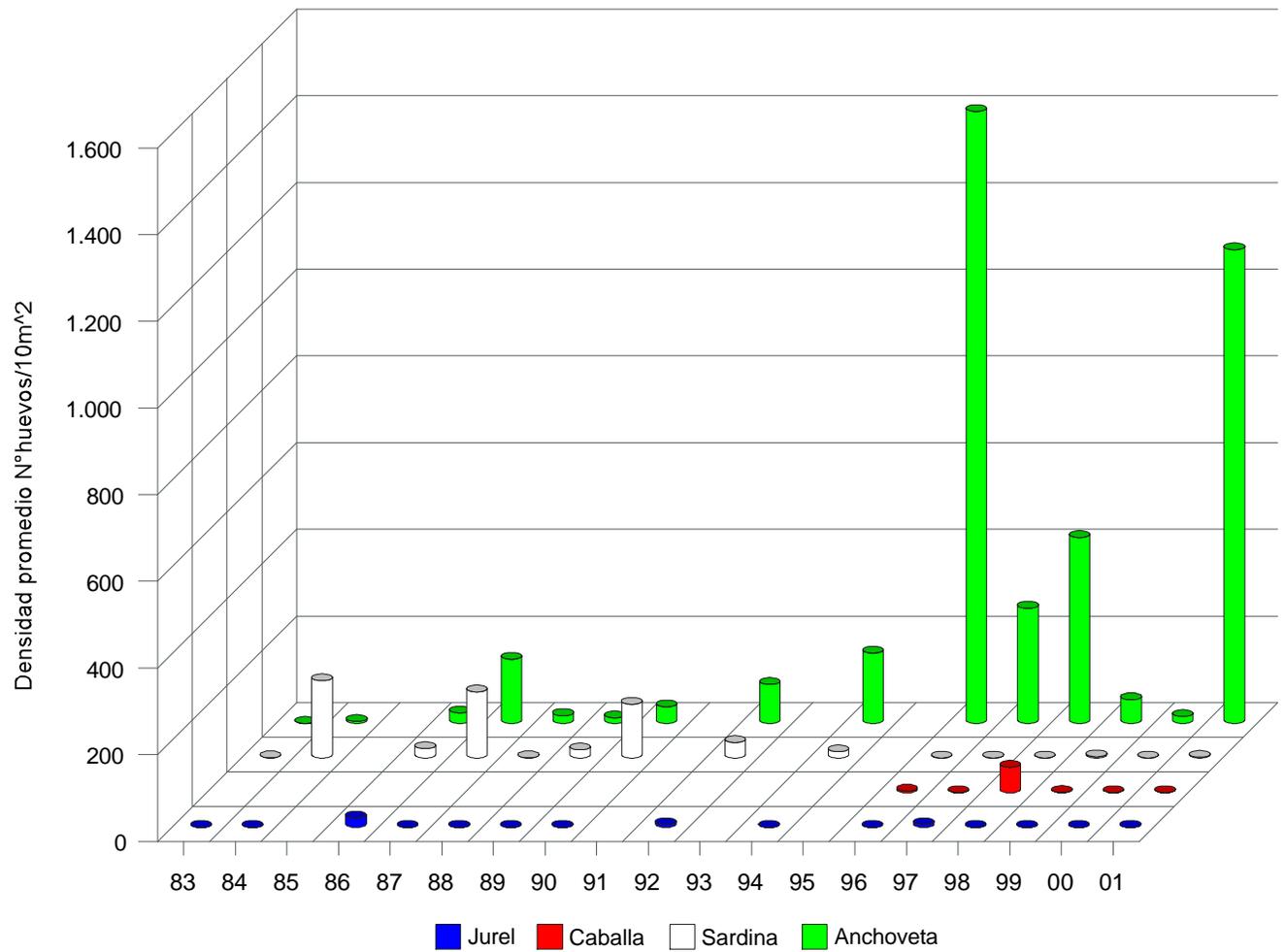


Figura 76 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2001.

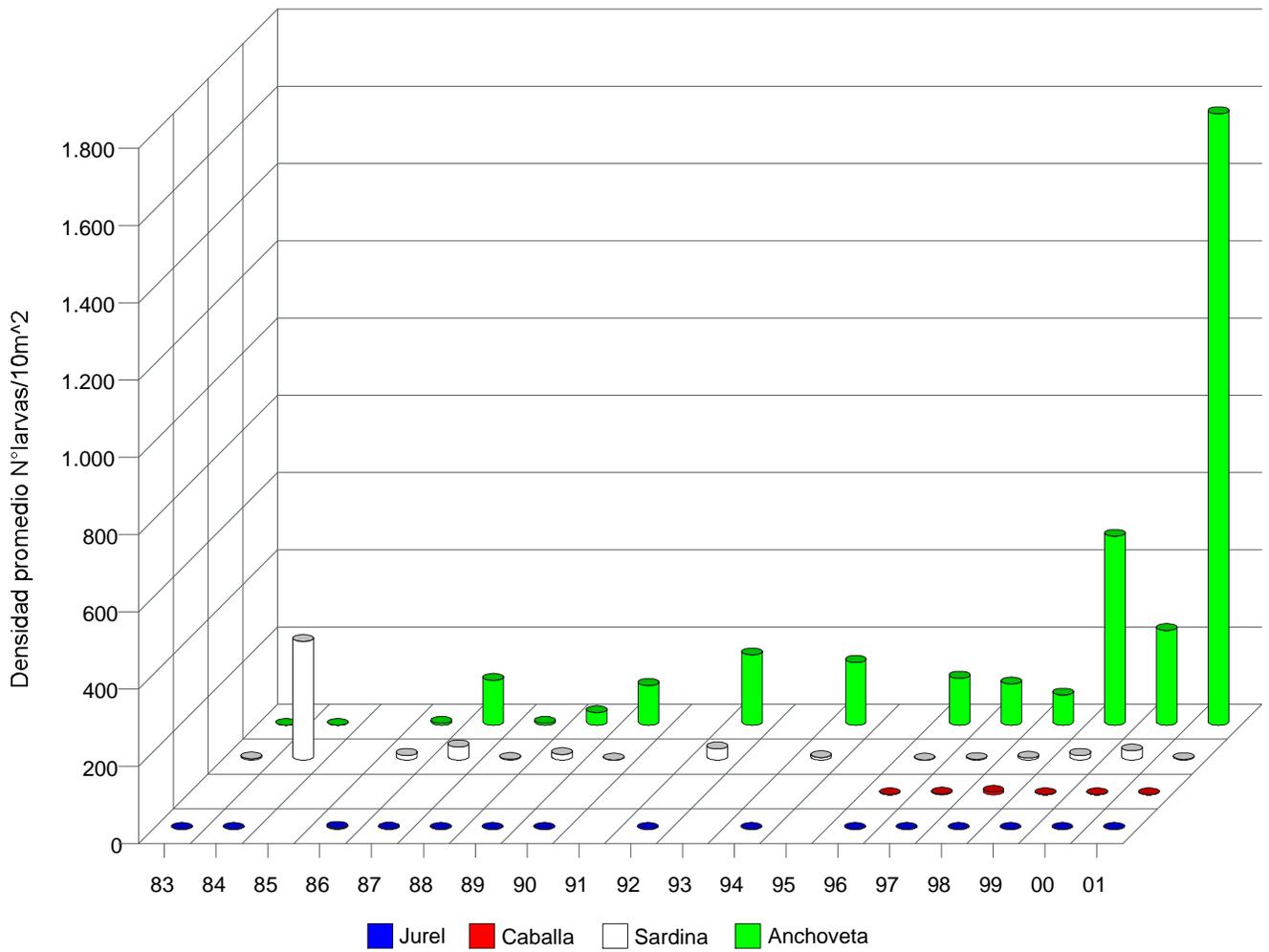


Figura 77 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2001.

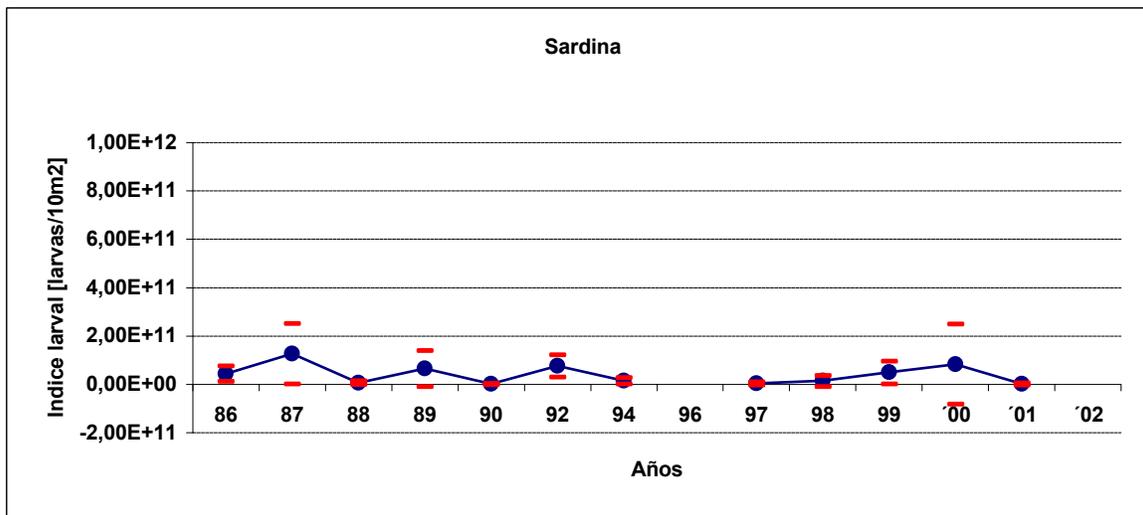
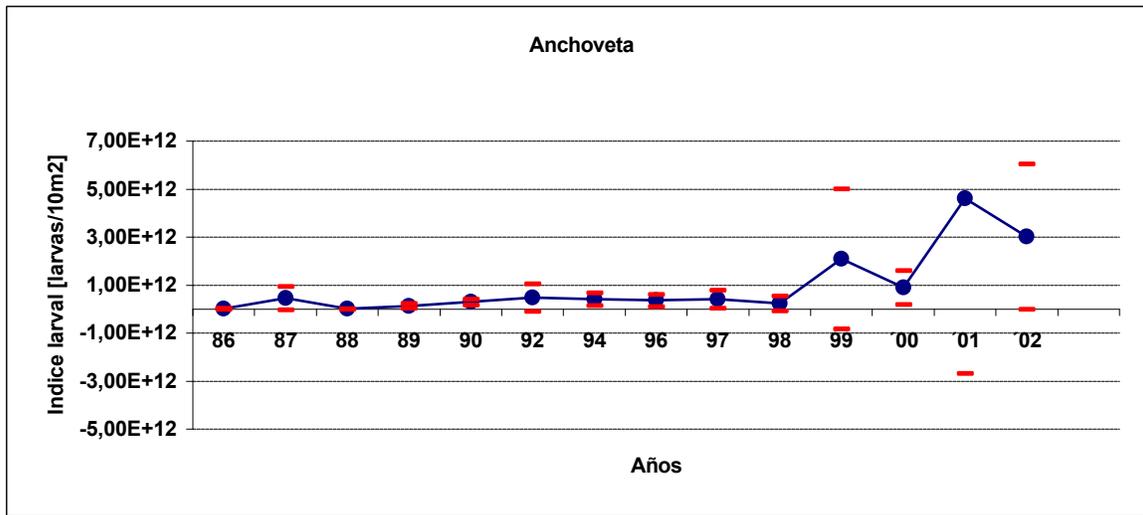


Fig. 78 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en otoño del período 1986/2002.

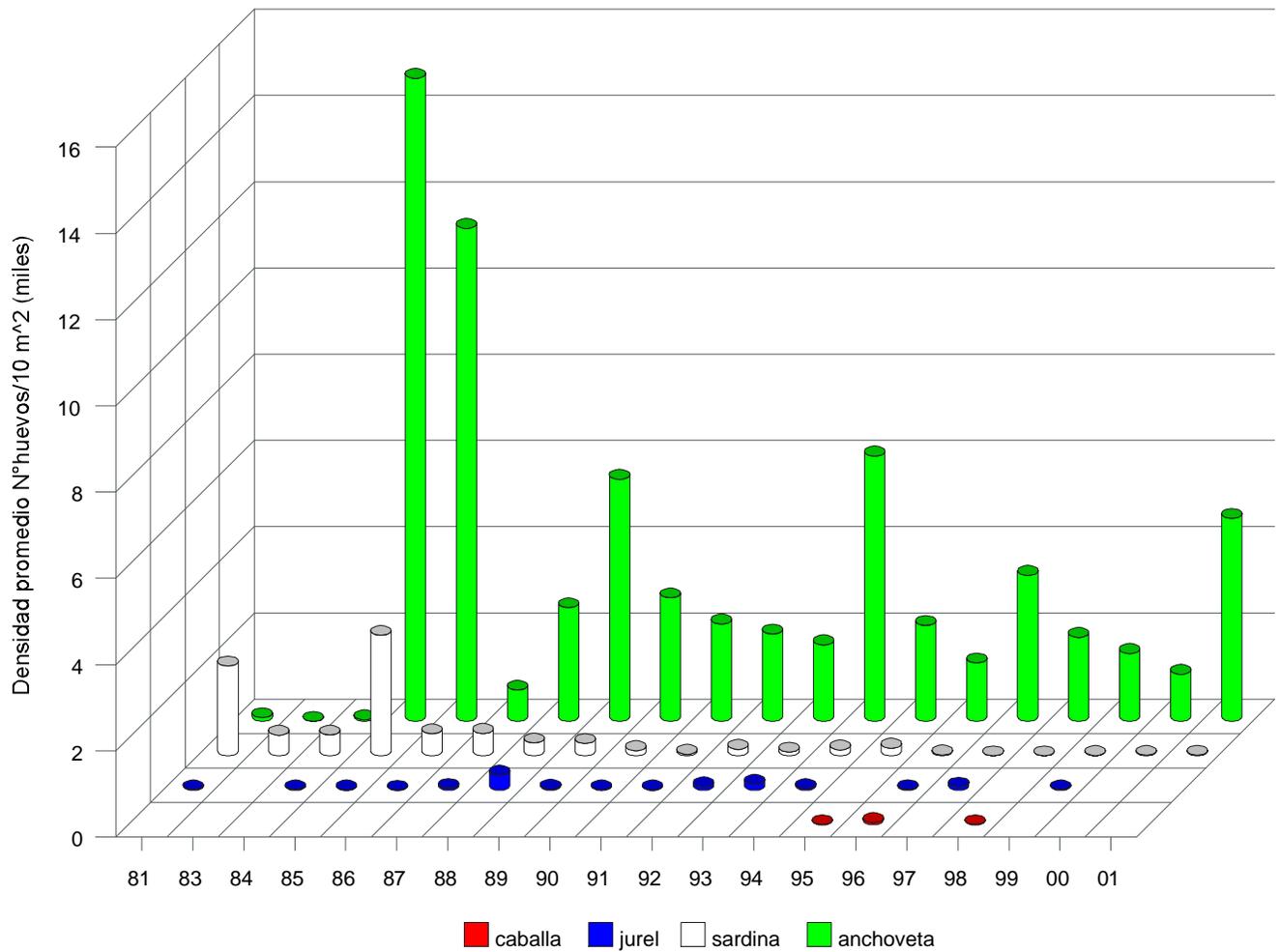


Figura 79 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/2001.

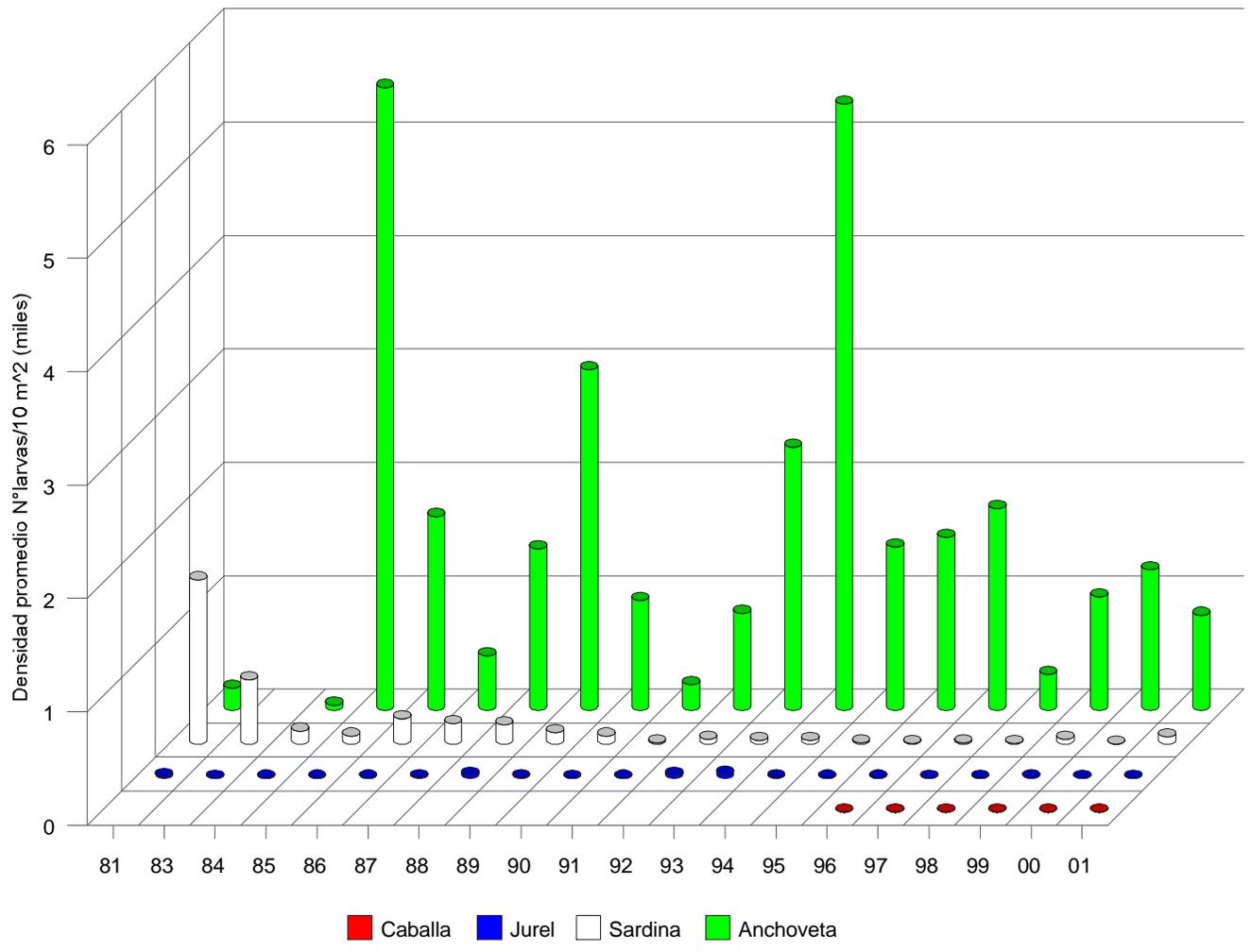


Figura 80 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta -Arica en invierno de los años 1981/2001.

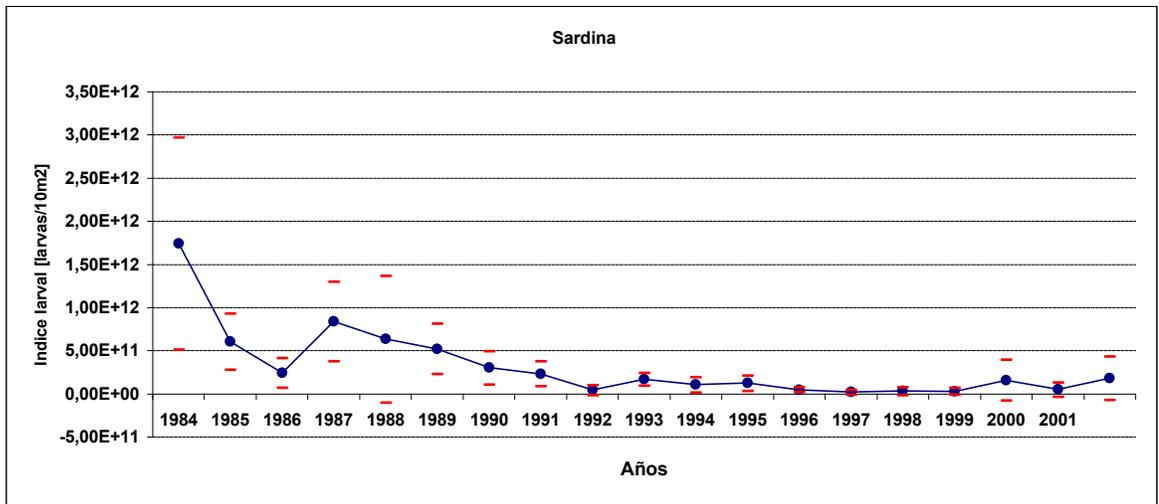
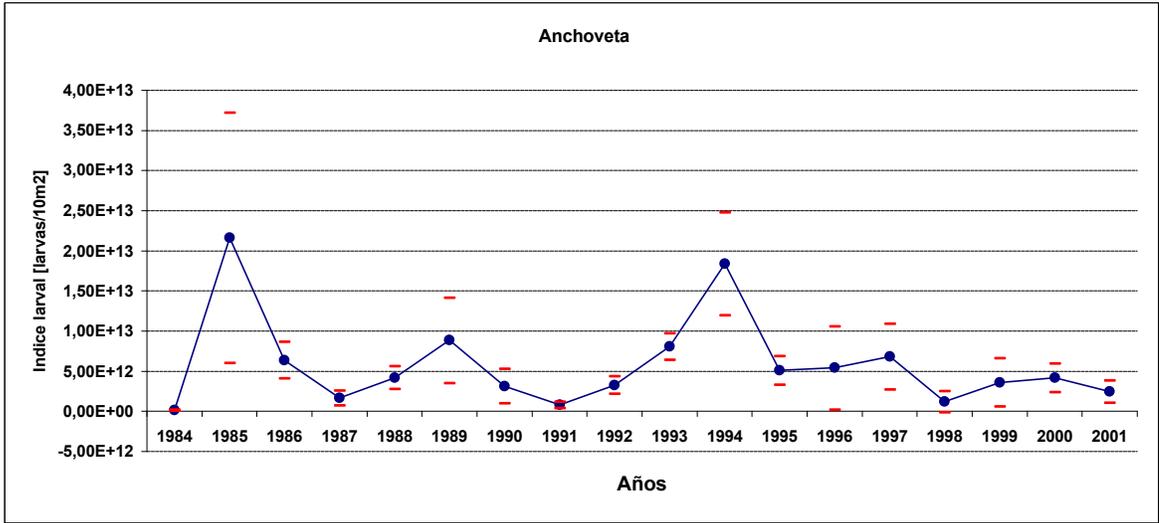


Fig. 81 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de período 1984/2001.

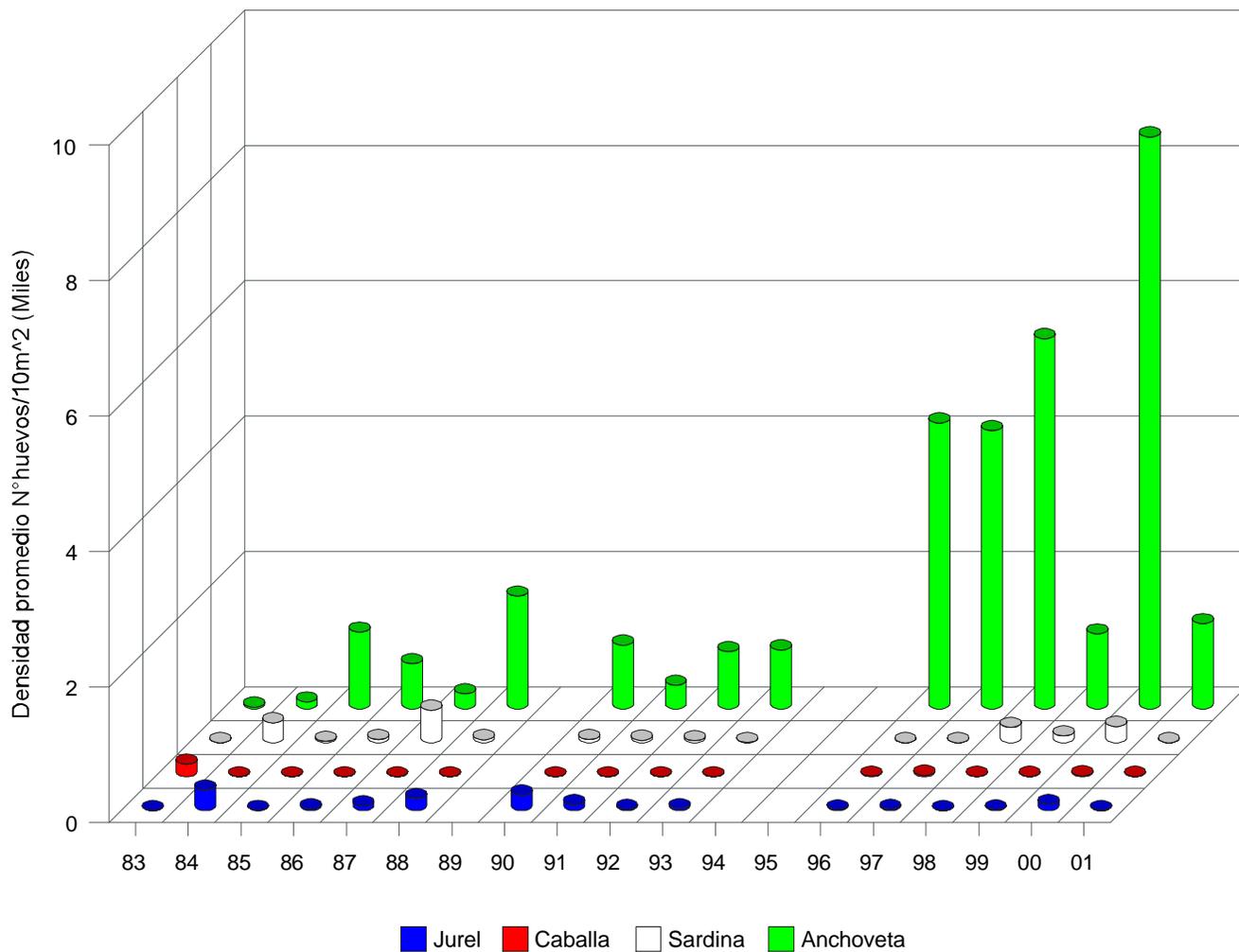


Figura 82 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/2001.

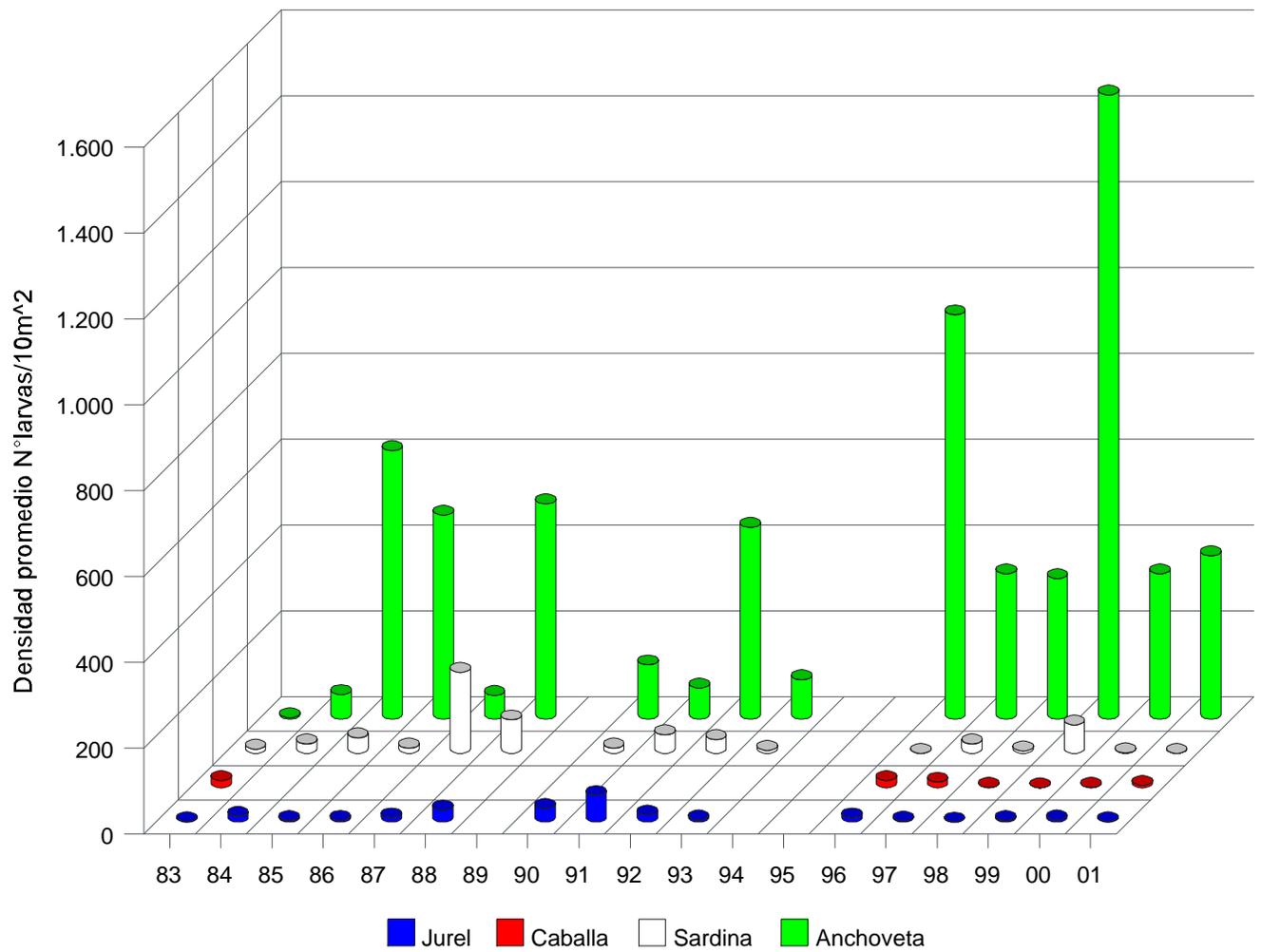


Figura 83 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/2001.

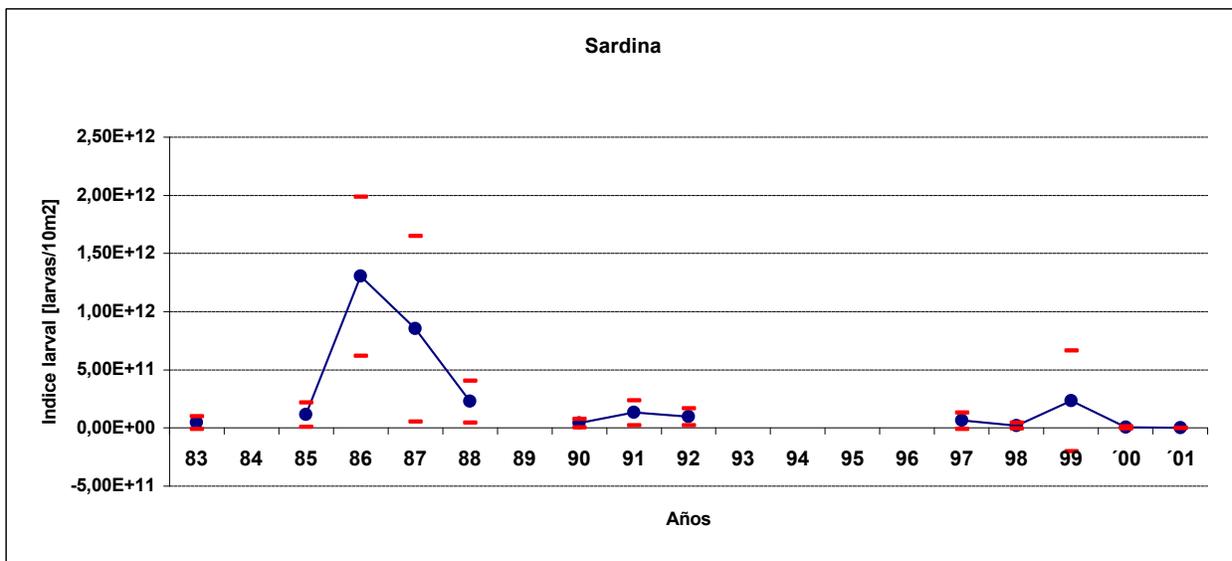
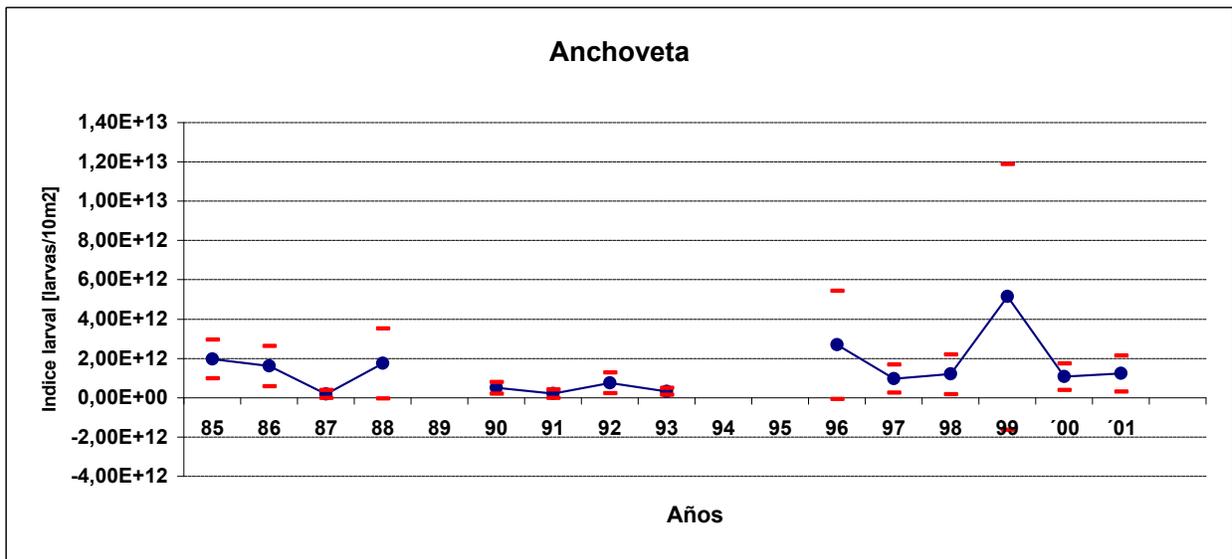


Fig. 84 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en primavera del período 1983/2001.

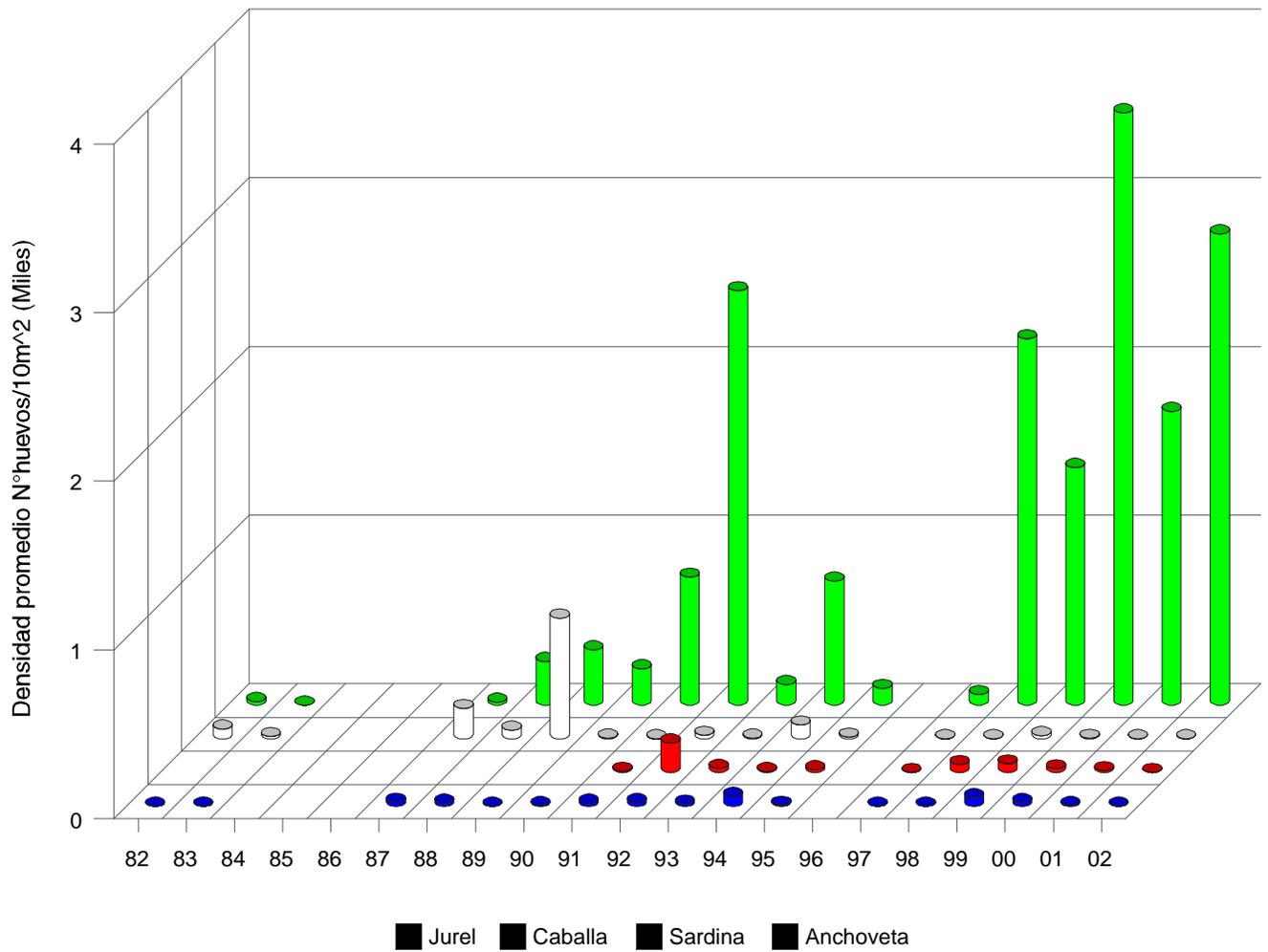


Figura 85 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2002.

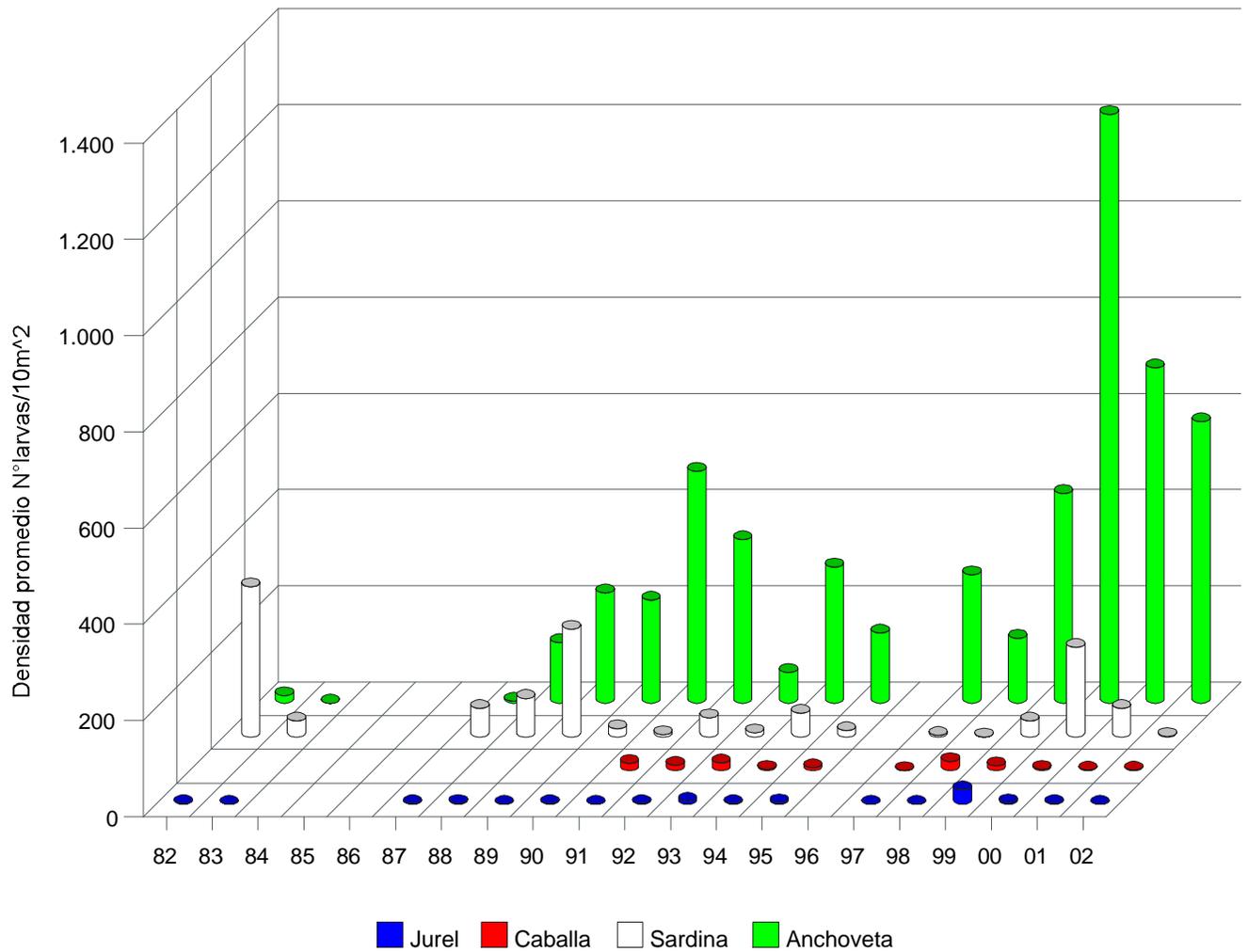


Figura 86 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2002.

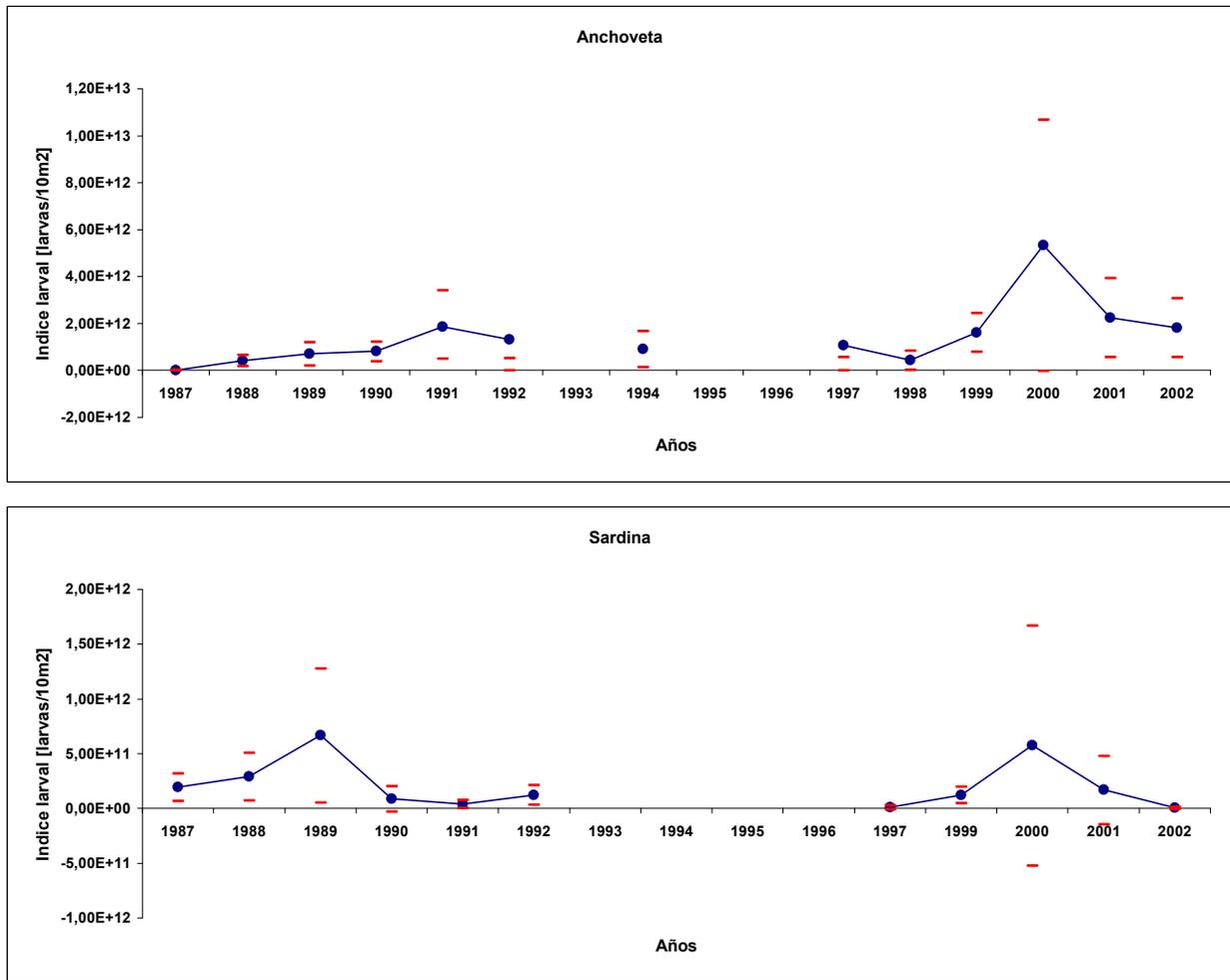


Fig. 87 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1987/2002.

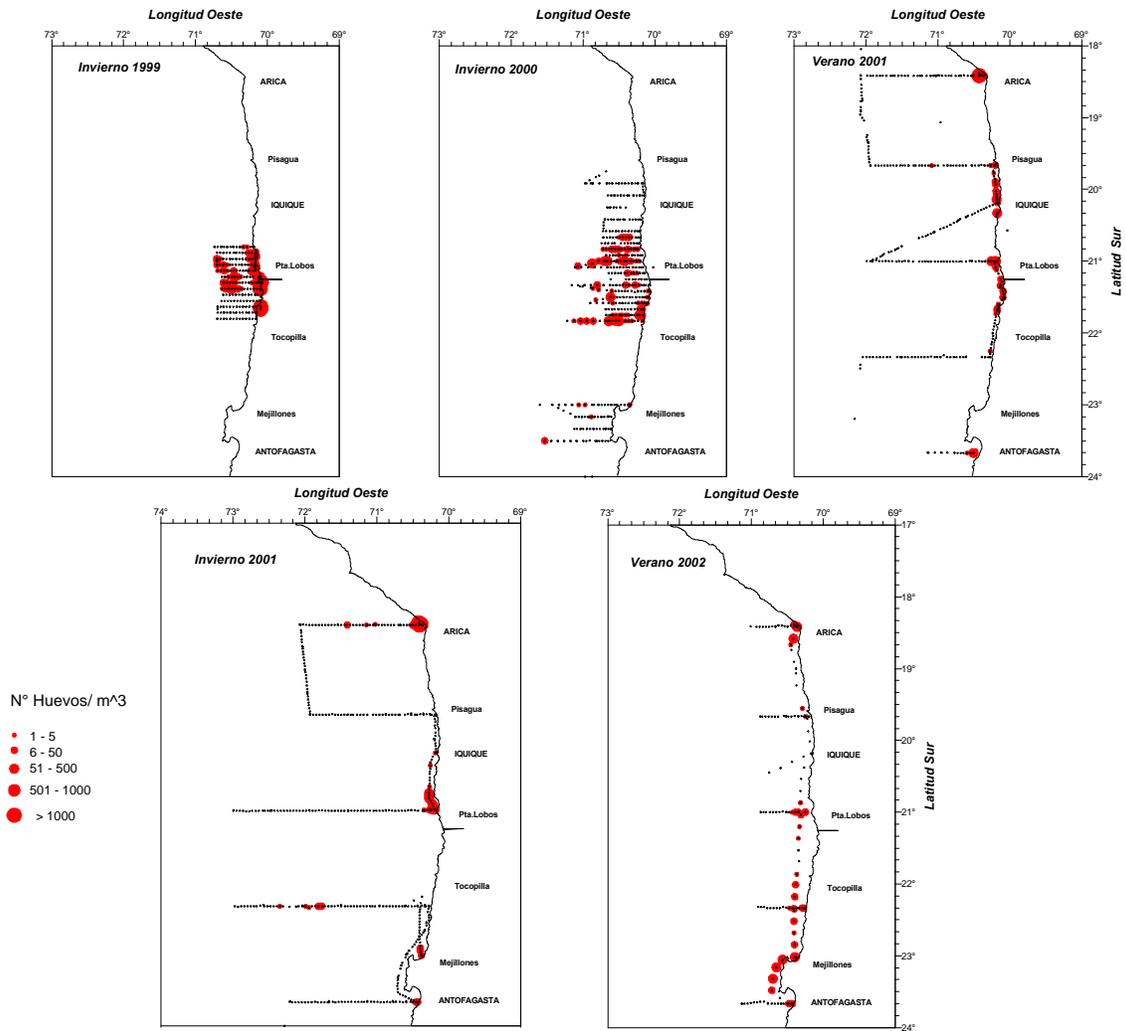


Figura 88.- Distribución espacial y abundancia de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, mediante el uso de la CUFES.

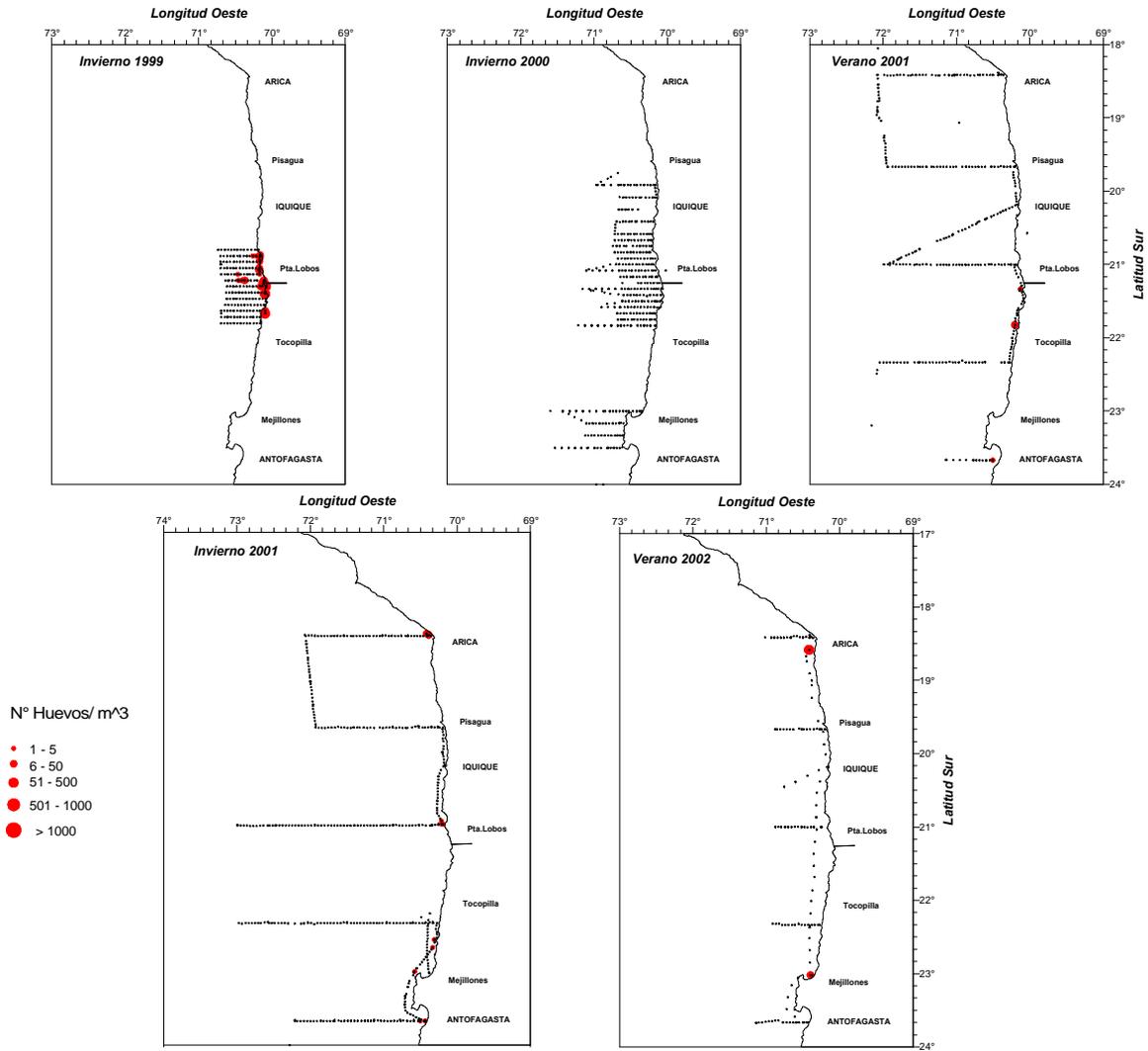


Figura 89.- Distribución especial y abundancia de huevos de sardina, *Sardinops sagax*, mediante el uso de la CUFES.

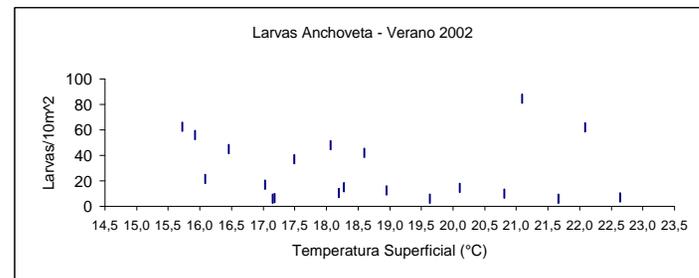
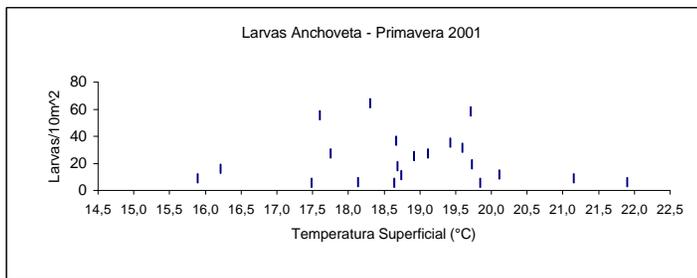
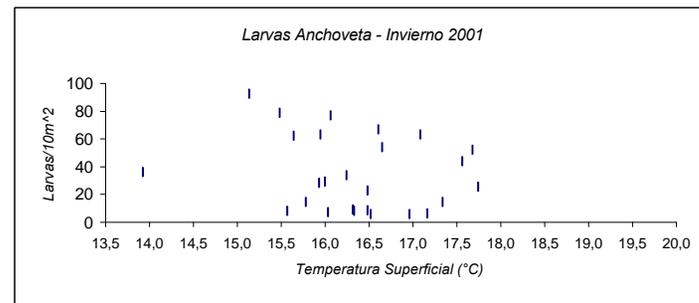
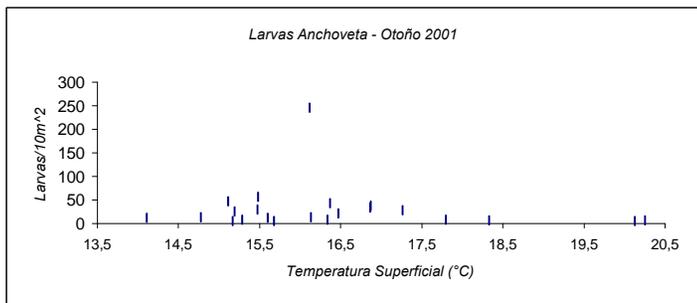


Figura 90. Relaciones entre la abundancia de larvas de anchoveta y la temperatura superficial. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

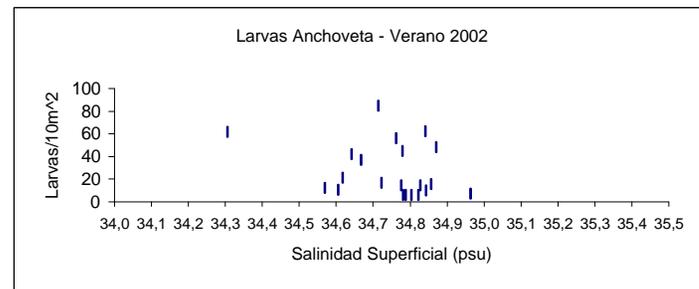
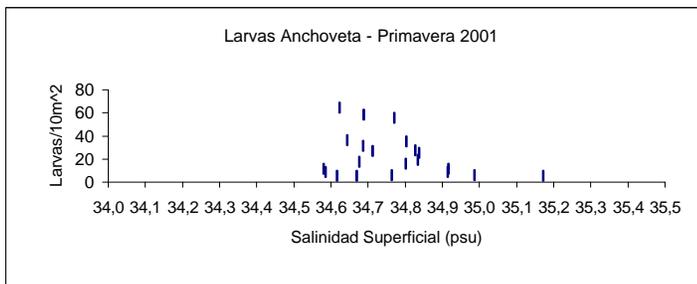
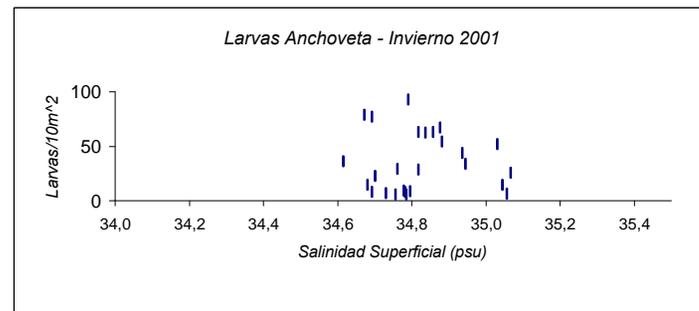
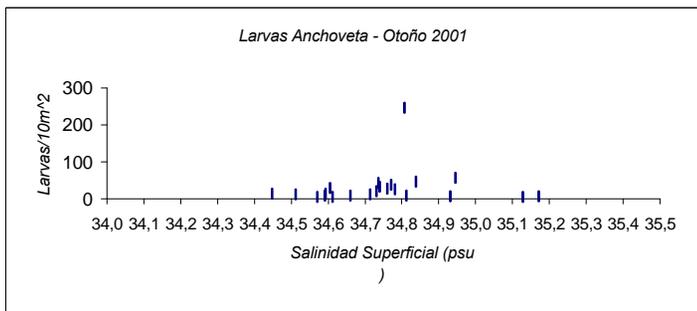


Figura 91. Relaciones entre la abundancia de larvas de anchoveta y la salinidad superficial. Cruceros estacionales. Mayo 2001 - Febrero 2002.

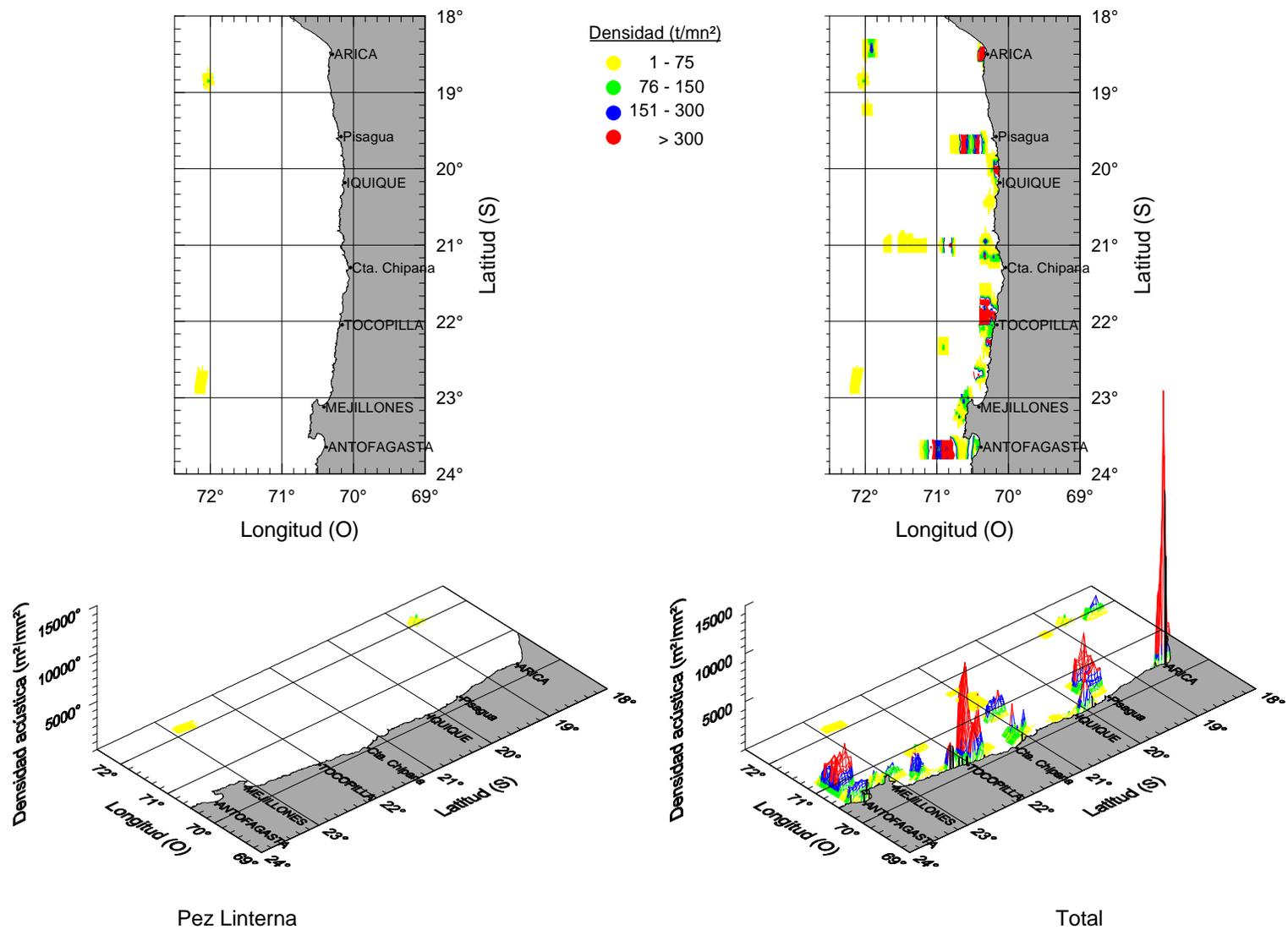


Figura 92.- Distribución espacial de pez linterna y total. Crucero MOBIO 0105.

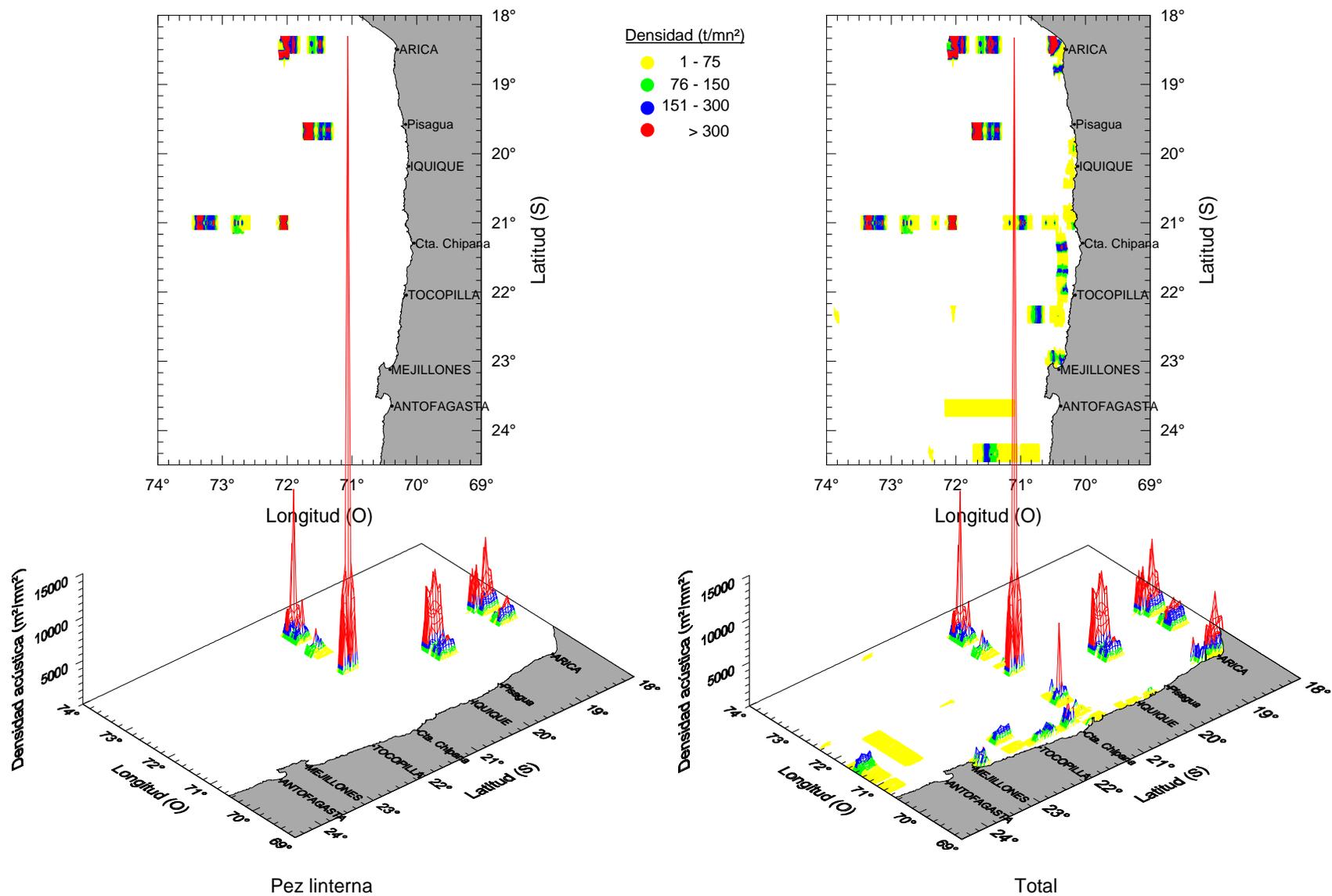


Figura 93.- Distribución espacial de pez linterna y total. Crucero MOBIO 0109.

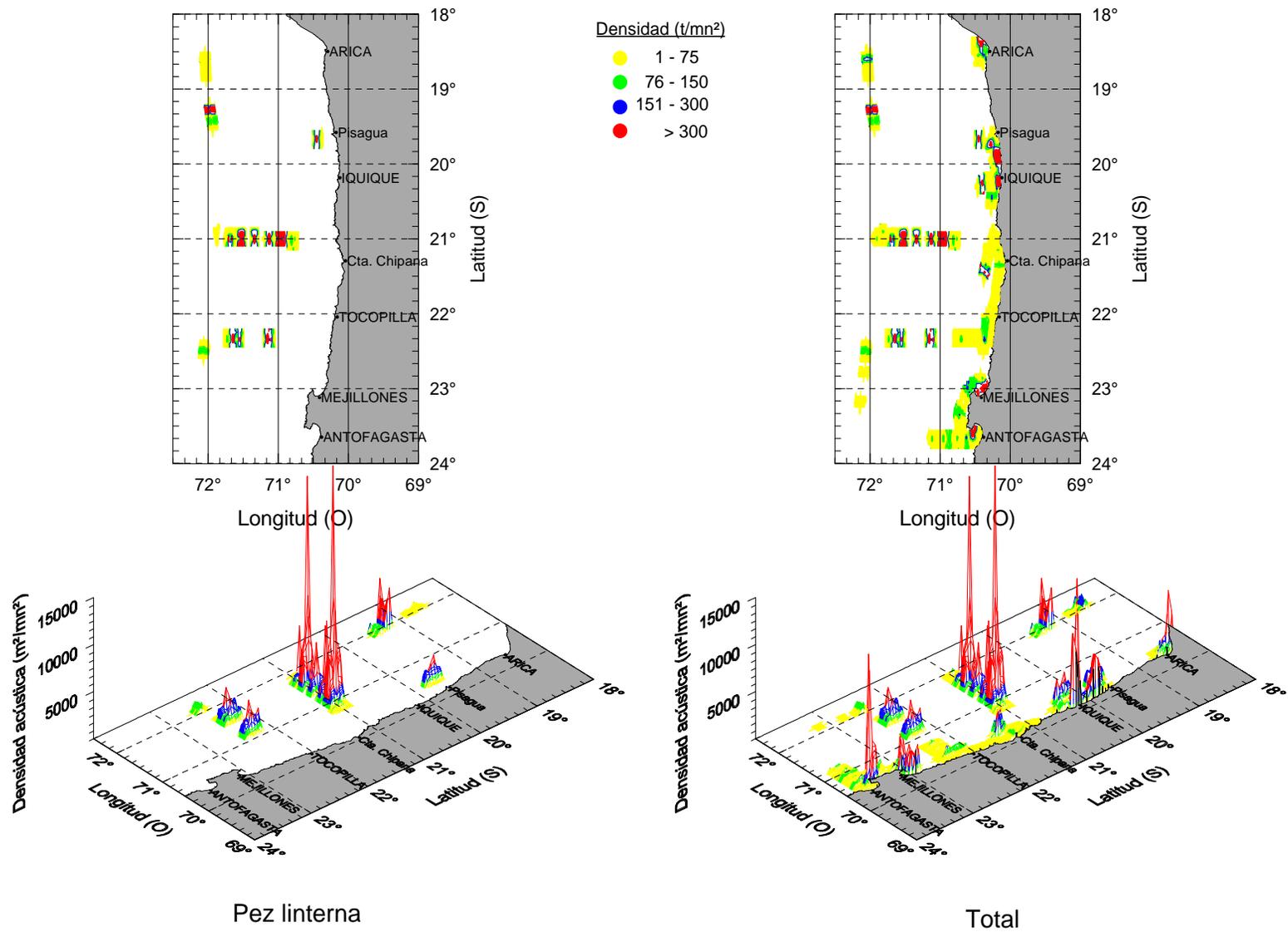
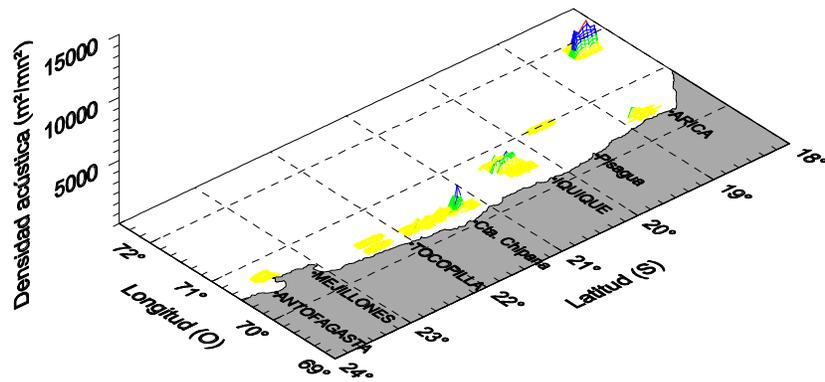
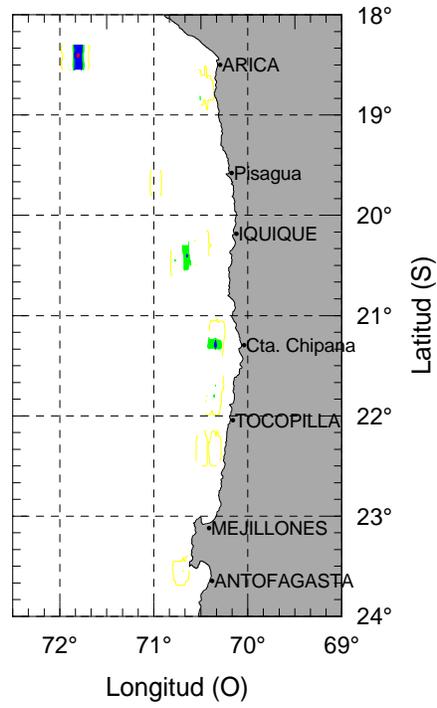


Figura 94.- Distribución espacial de pez linterna y total. Crucero MOBIO 0112.



Caballa

Figura 95.- Distribución espacial de caballa. Crucero MOBIO 0202.

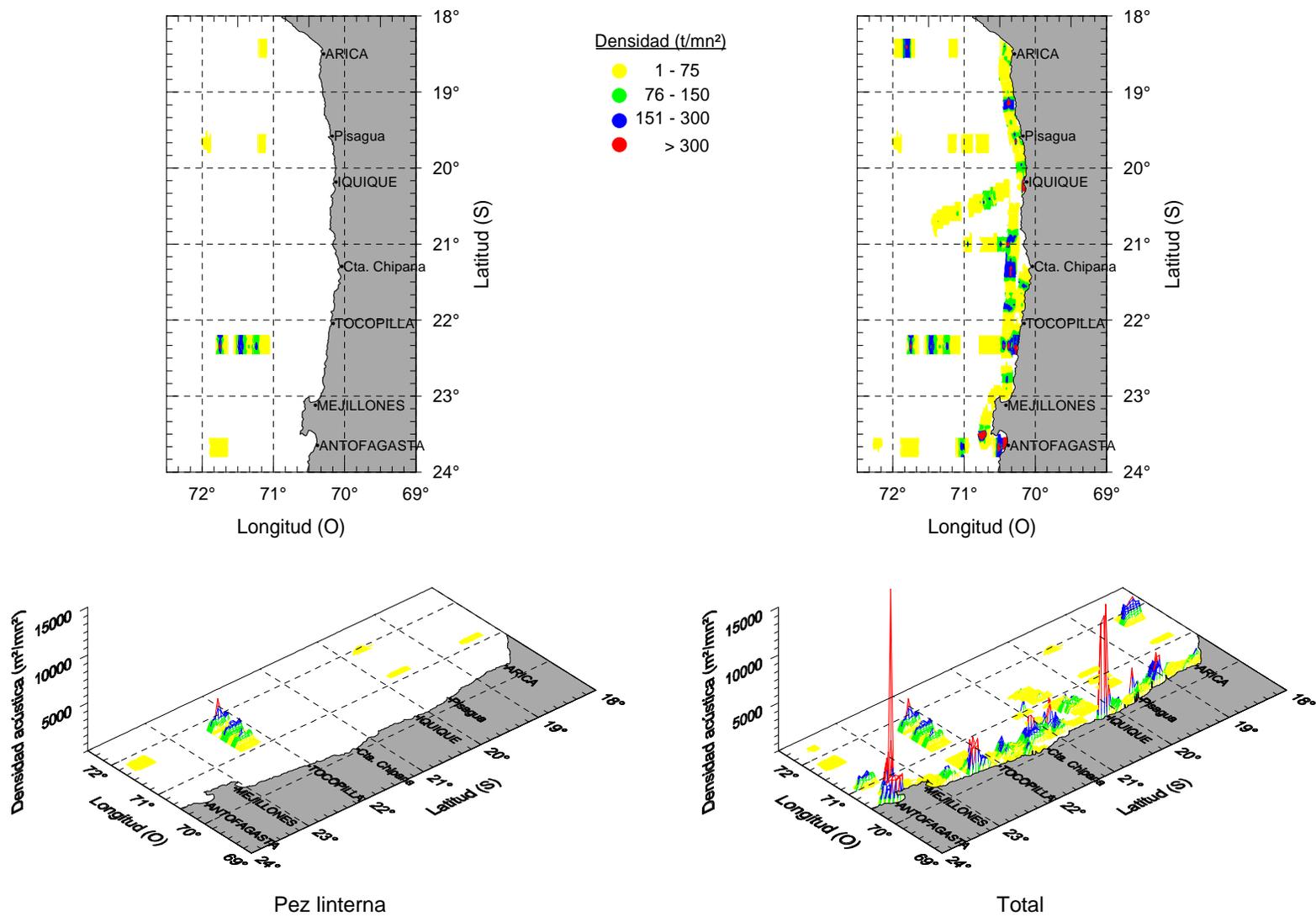


Figura 96.- Distribución espacial de pez linterna y total de especies. Crucero MOBIO 0202.

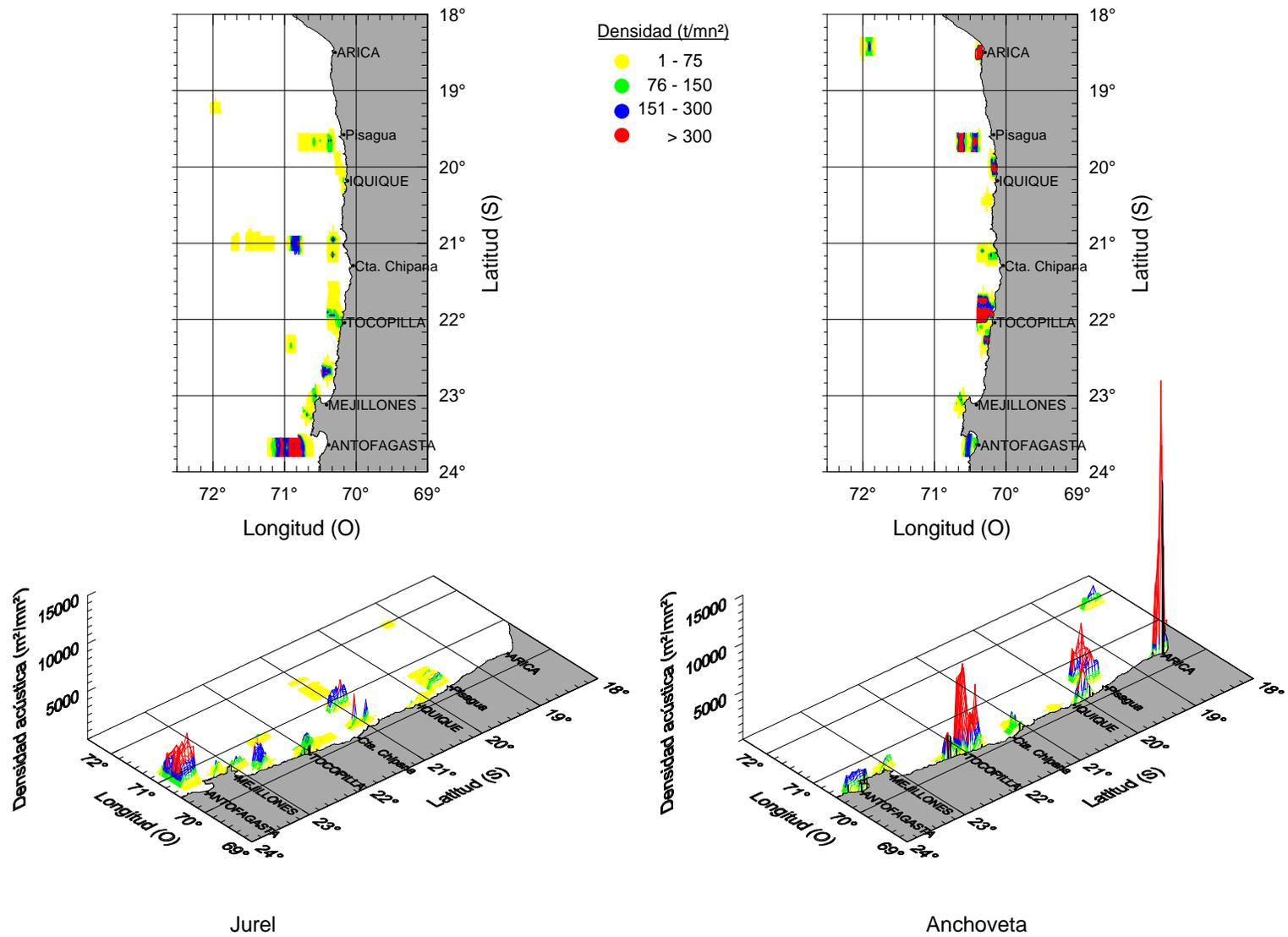


Figura 97.- Distribución espacial de jurel y anchoveta. Crucero MOBIO 0105.

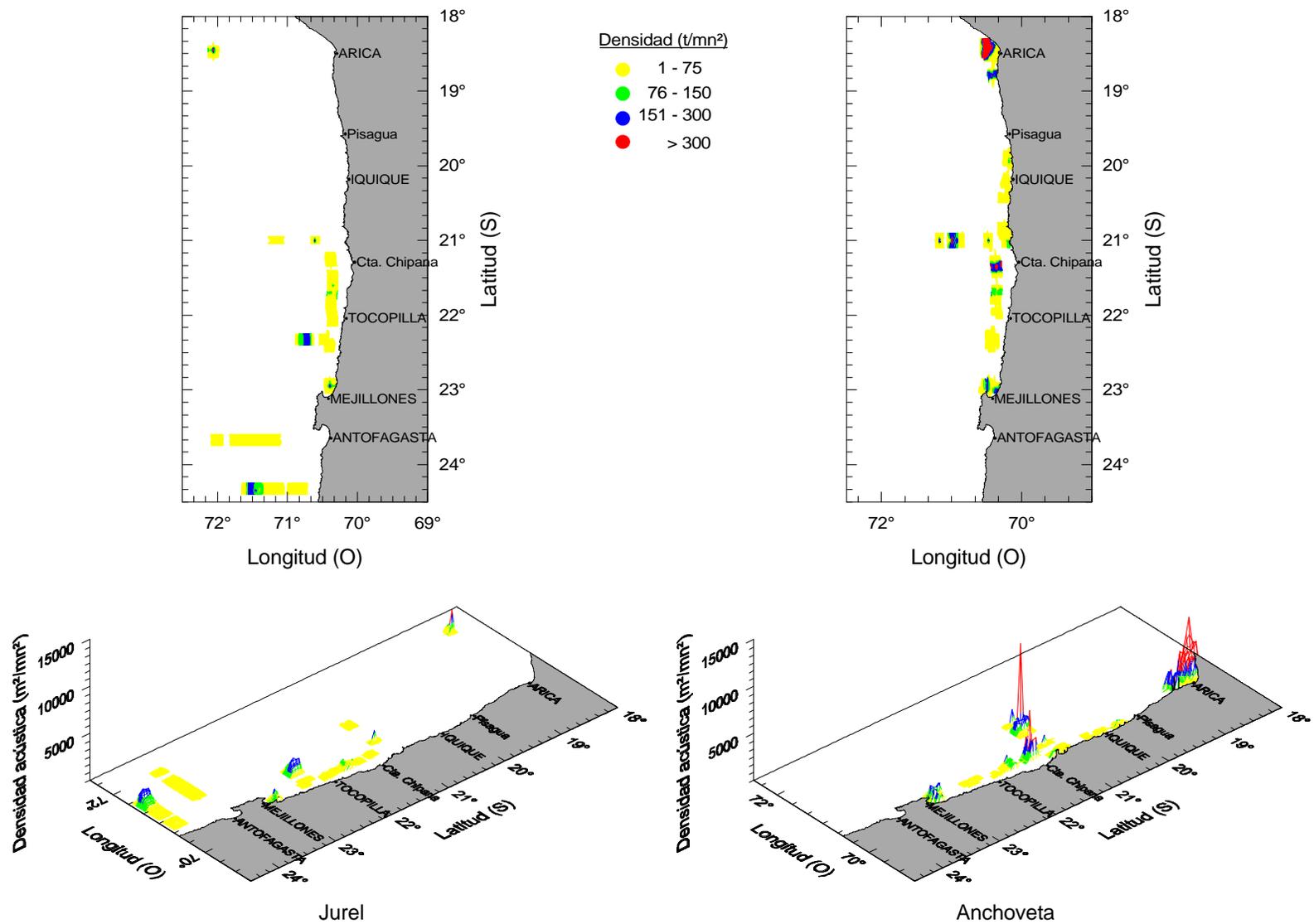


Figura 98.- Distribución espacial de jurel y anchoveta. Crucero MOBIO 0109.

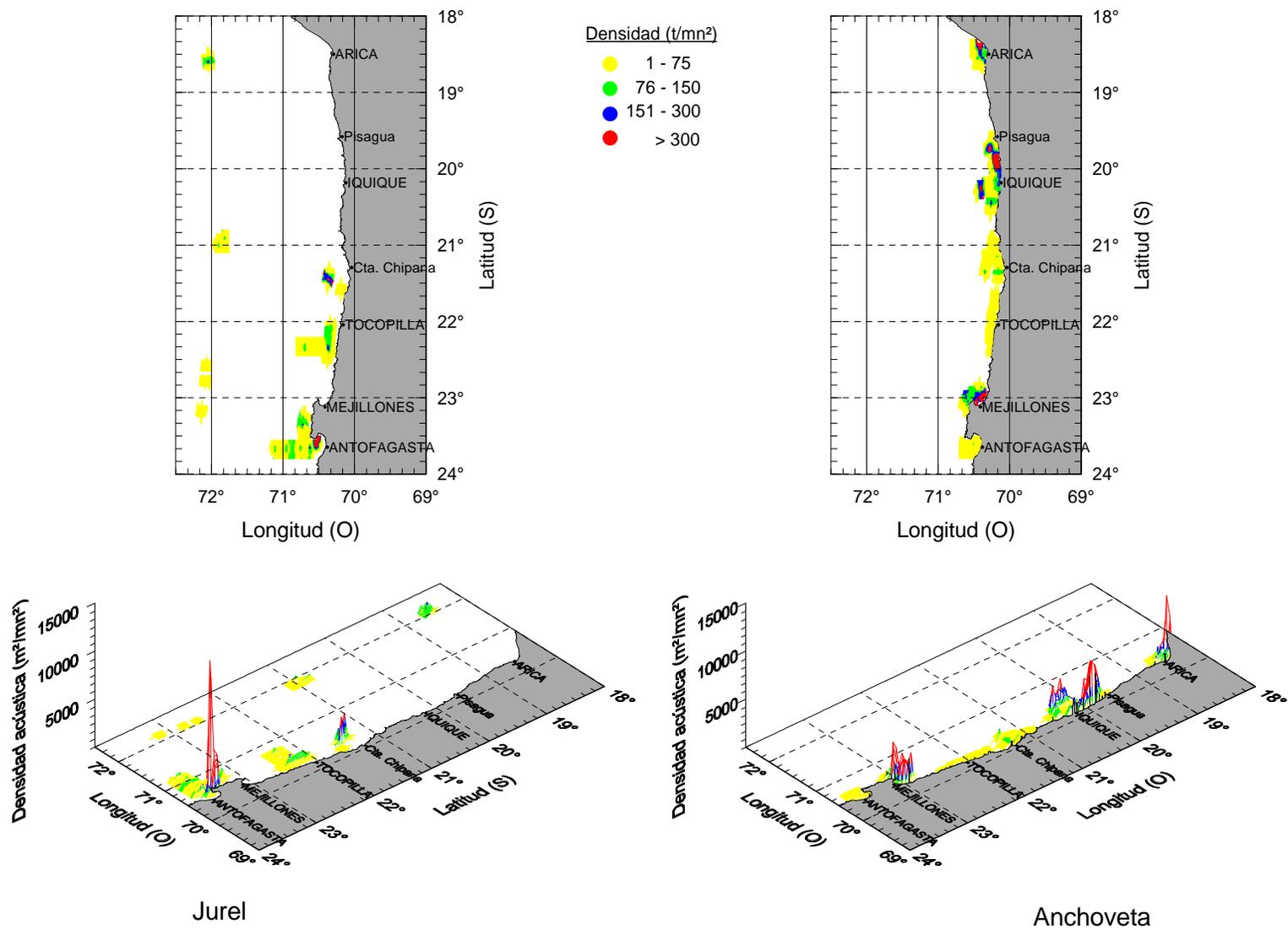


Figura 99.- Distribución espacial de jurel y anchoveta. Crucero MOBIO 0112.

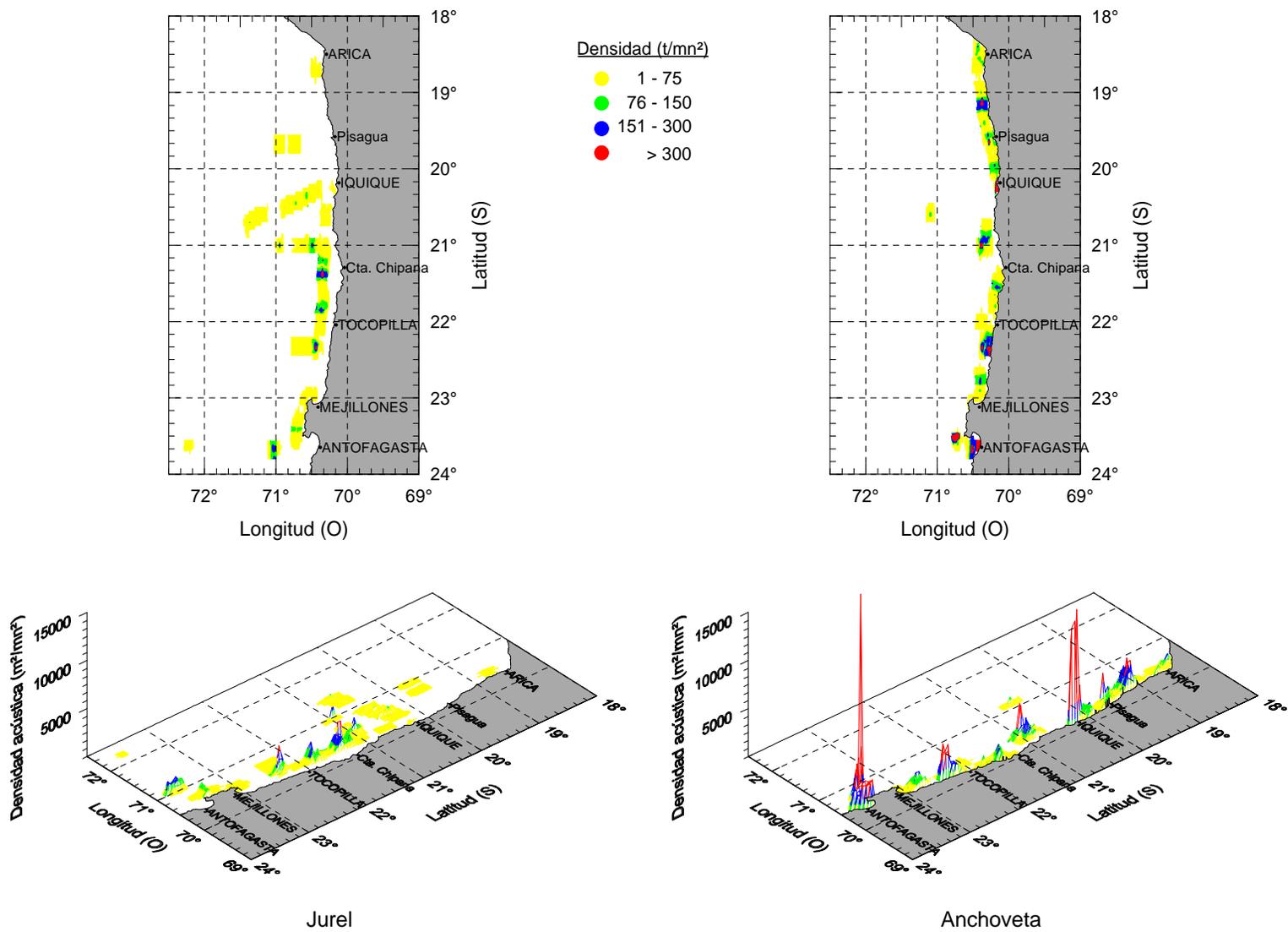


Figura 100.- Distribución espacial de jurel y anchoveta. Crucero MOBIO 0202.

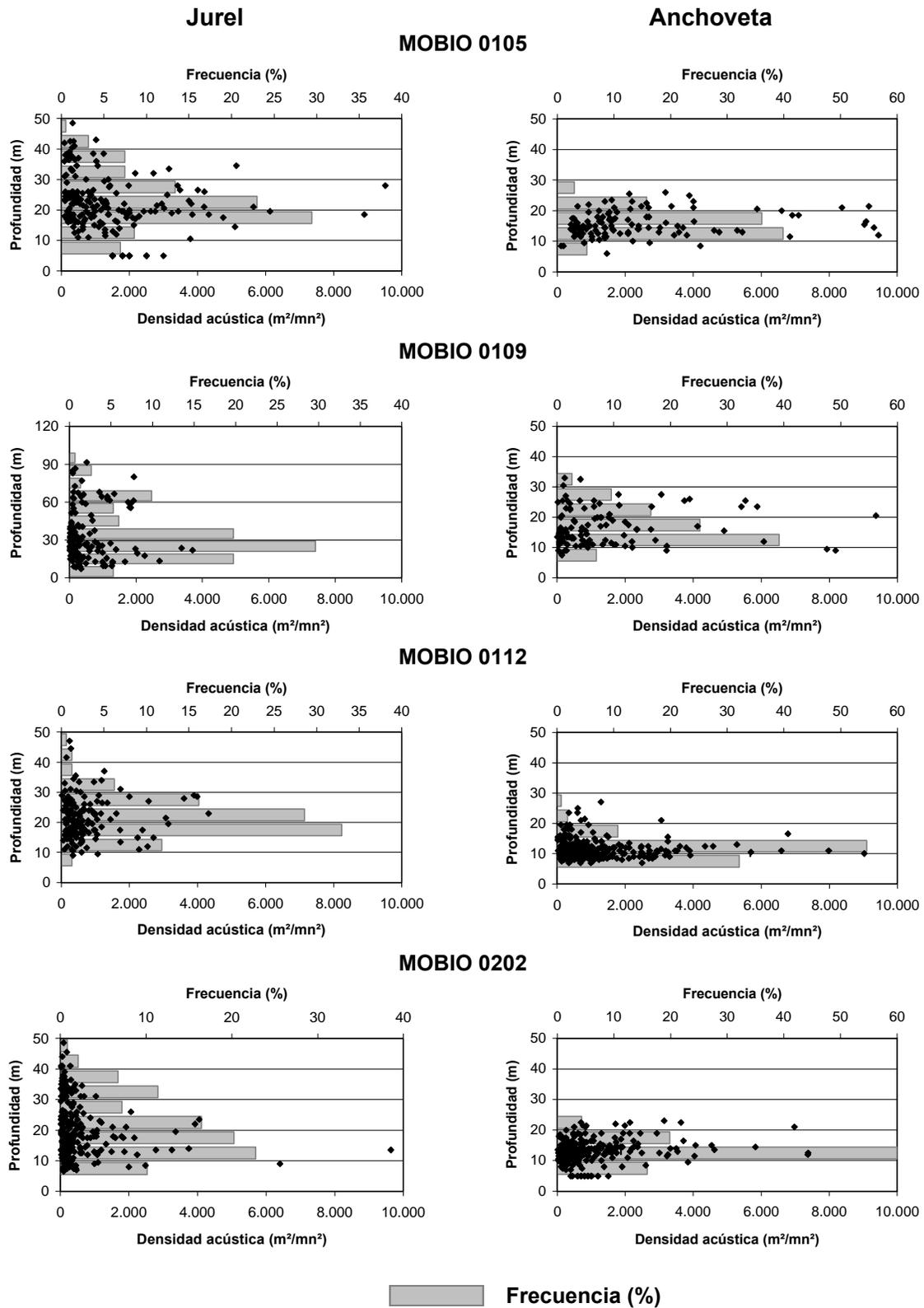


Figura 101.- Distribución batimétrica (m) de la densidad acústica (m²/mn²) en los cruceros de otoño, invierno y primavera del año 2001 y verano del 2002.

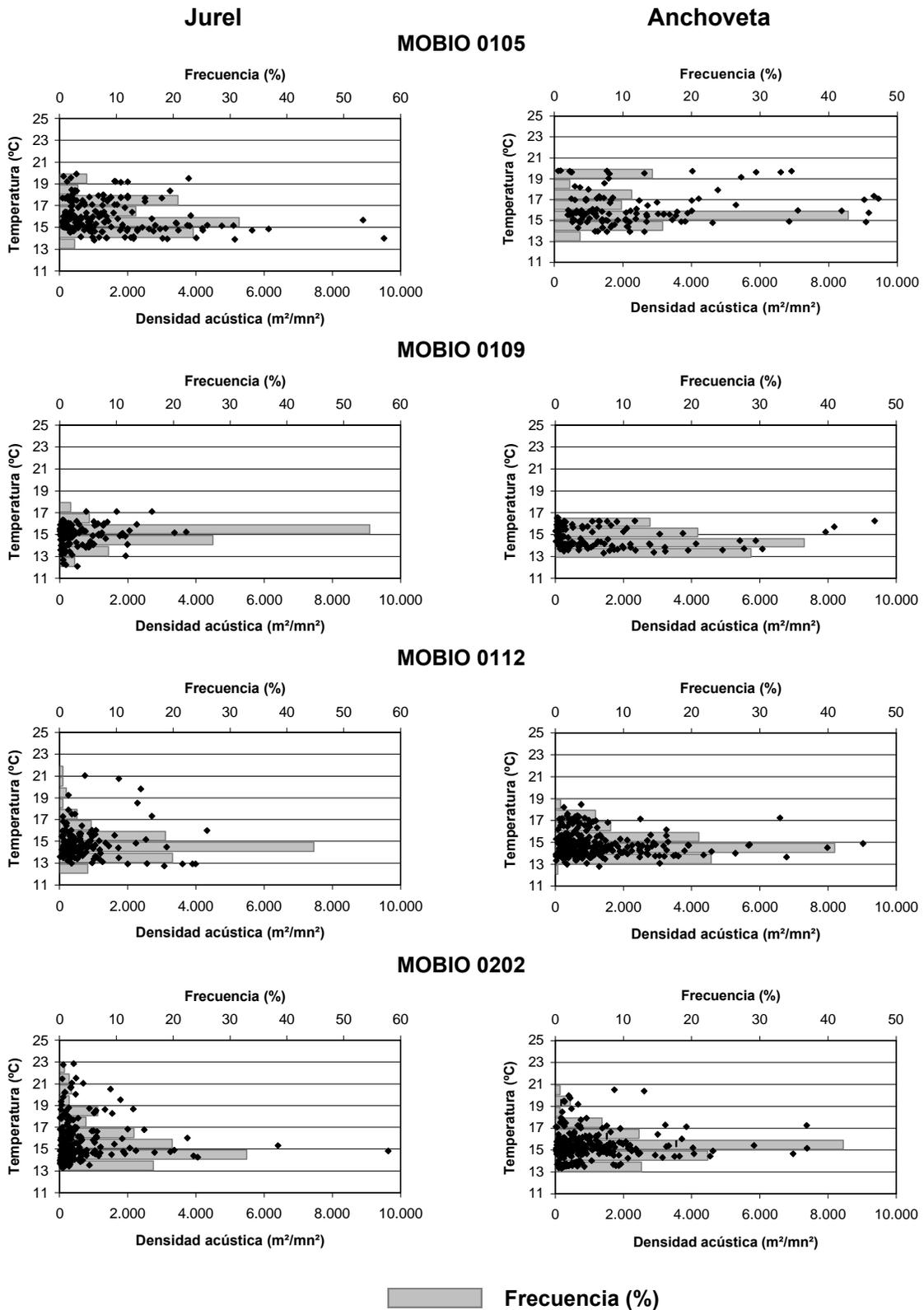


Figura 102. Distribución de temperatura (°C) de la densidad acústica (m²/mn²) en los cruceros de otoño, invierno y primavera del año 2001 y verano del 2002.

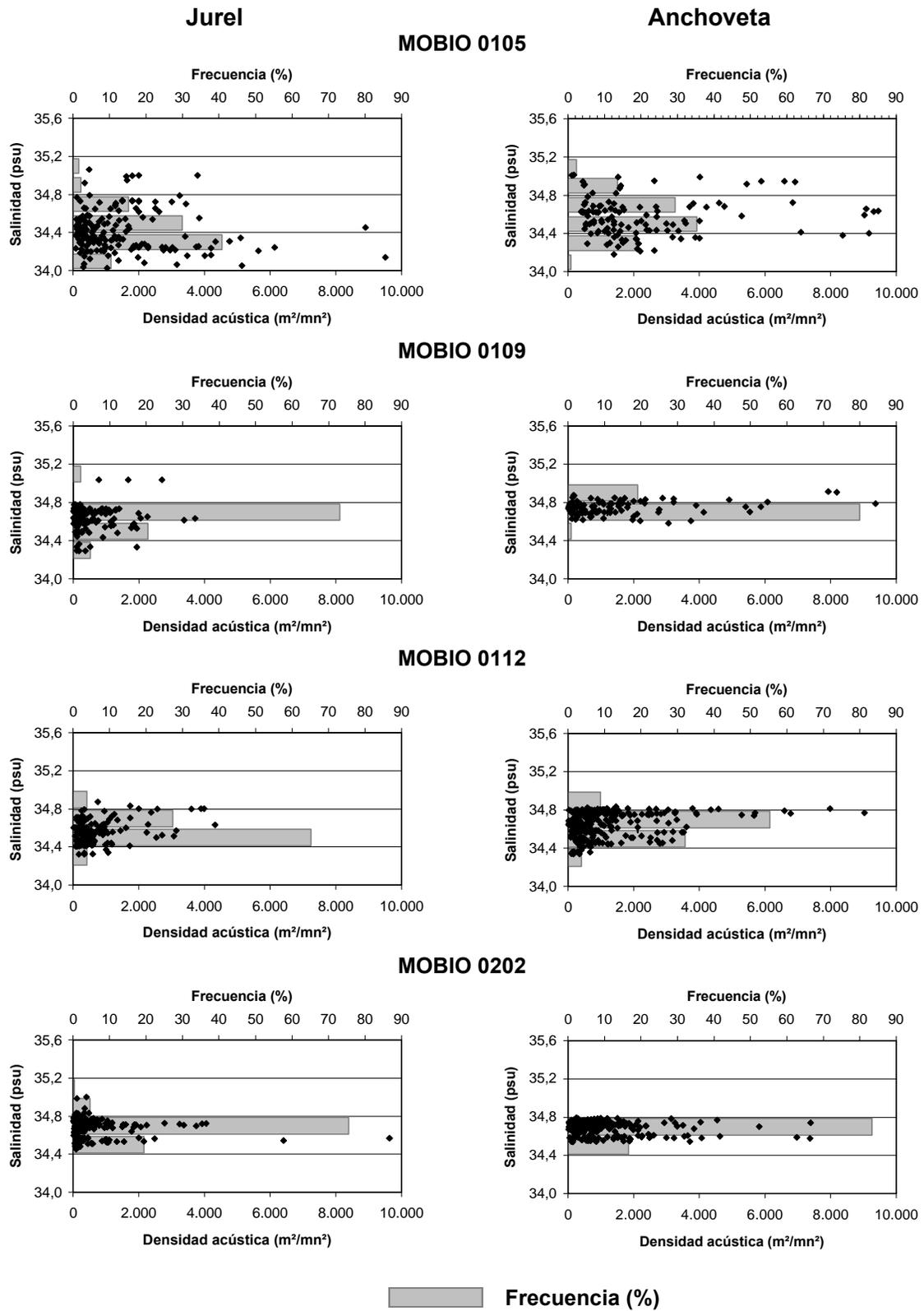


Figura 103. Distribución de salinidad (°C) de la densidad acústica (m²/mn²) en los cruceros de otoño, invierno y primavera del año 2001 y verano del 2002.

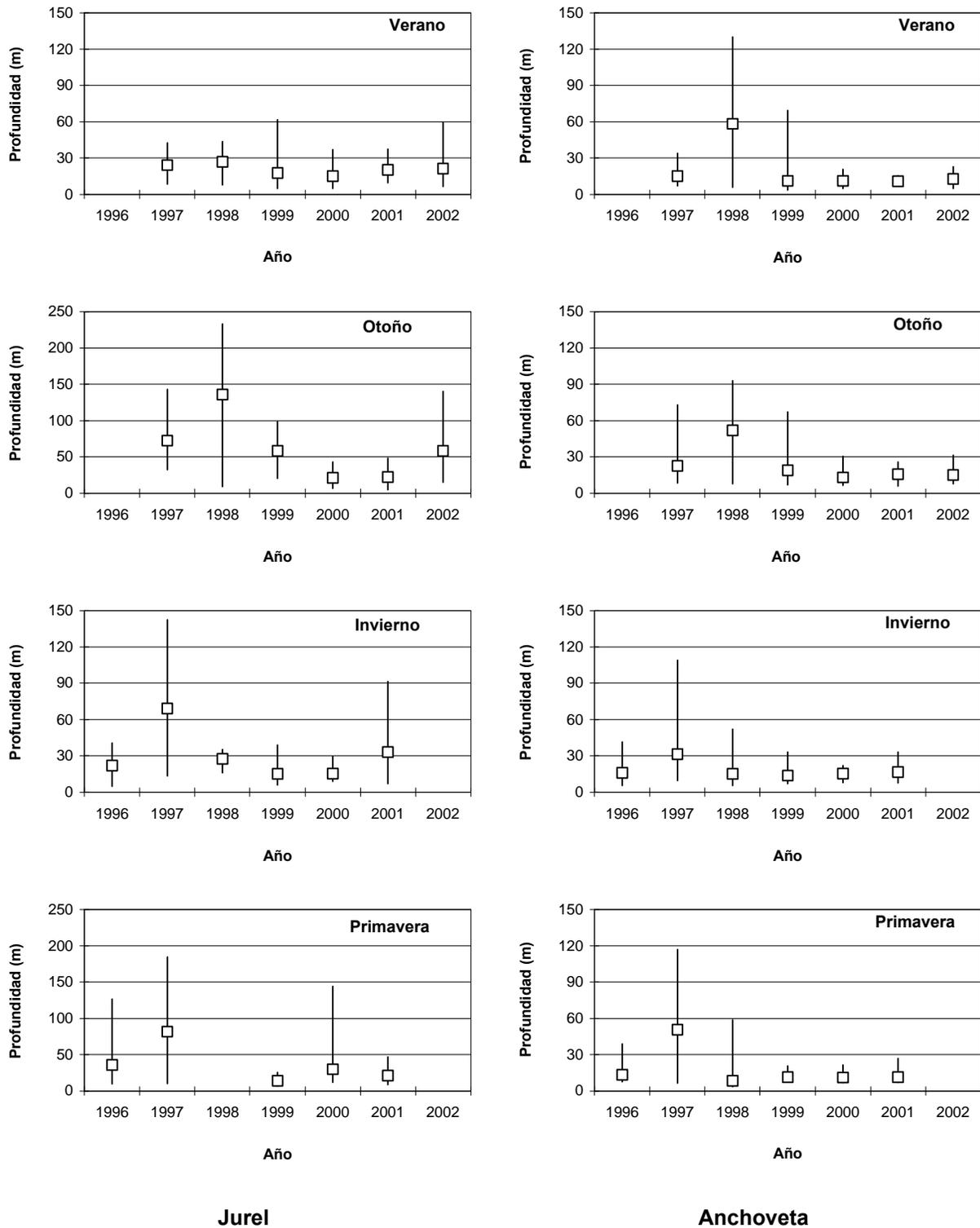


Figura 104. Distribución batimétrica mínima, máxima y promedio de jurel y anchoveta.

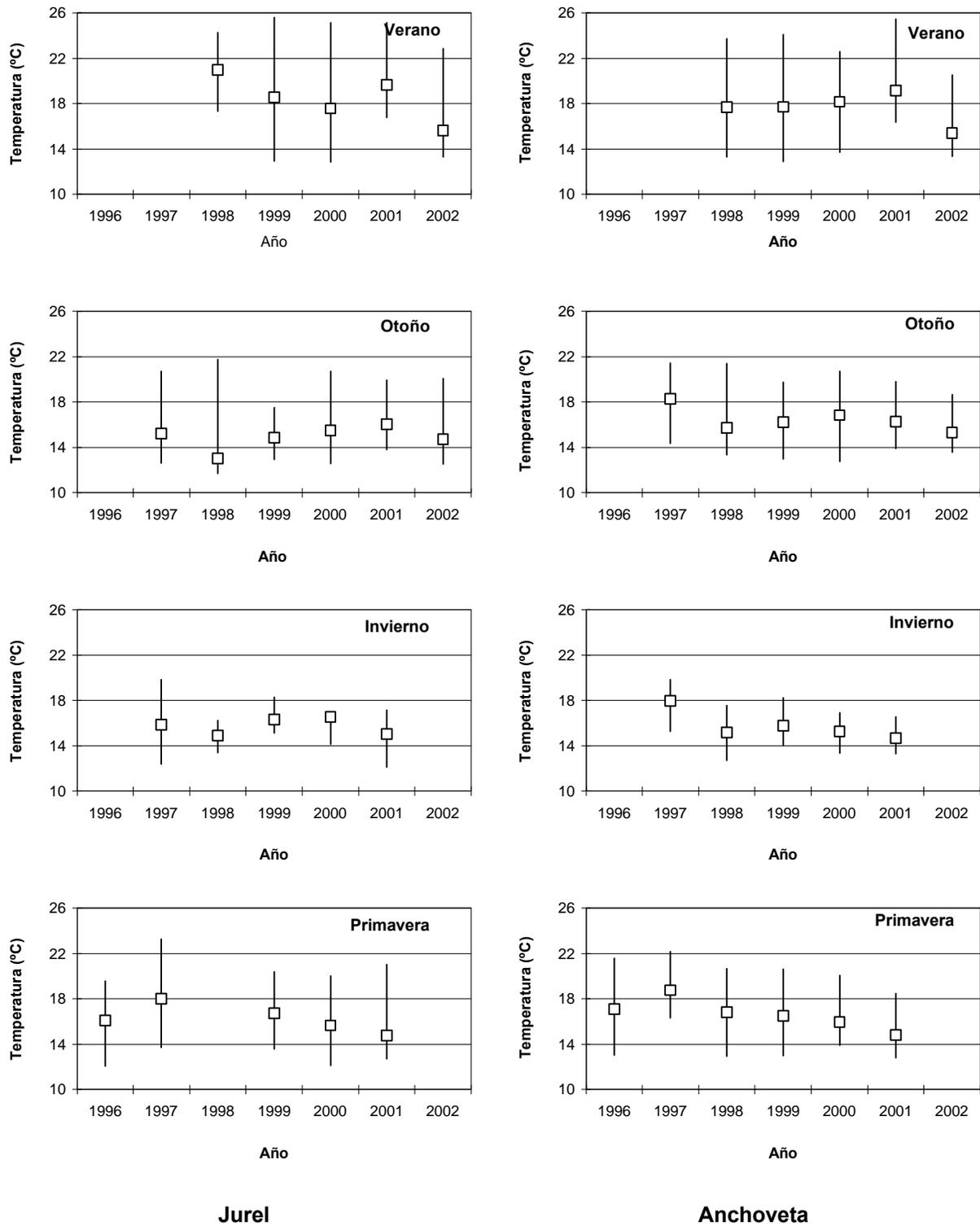


Figura 105. Distribución de temperatura (°C) mínima, máxima y promedio de jurel y anchoveta.

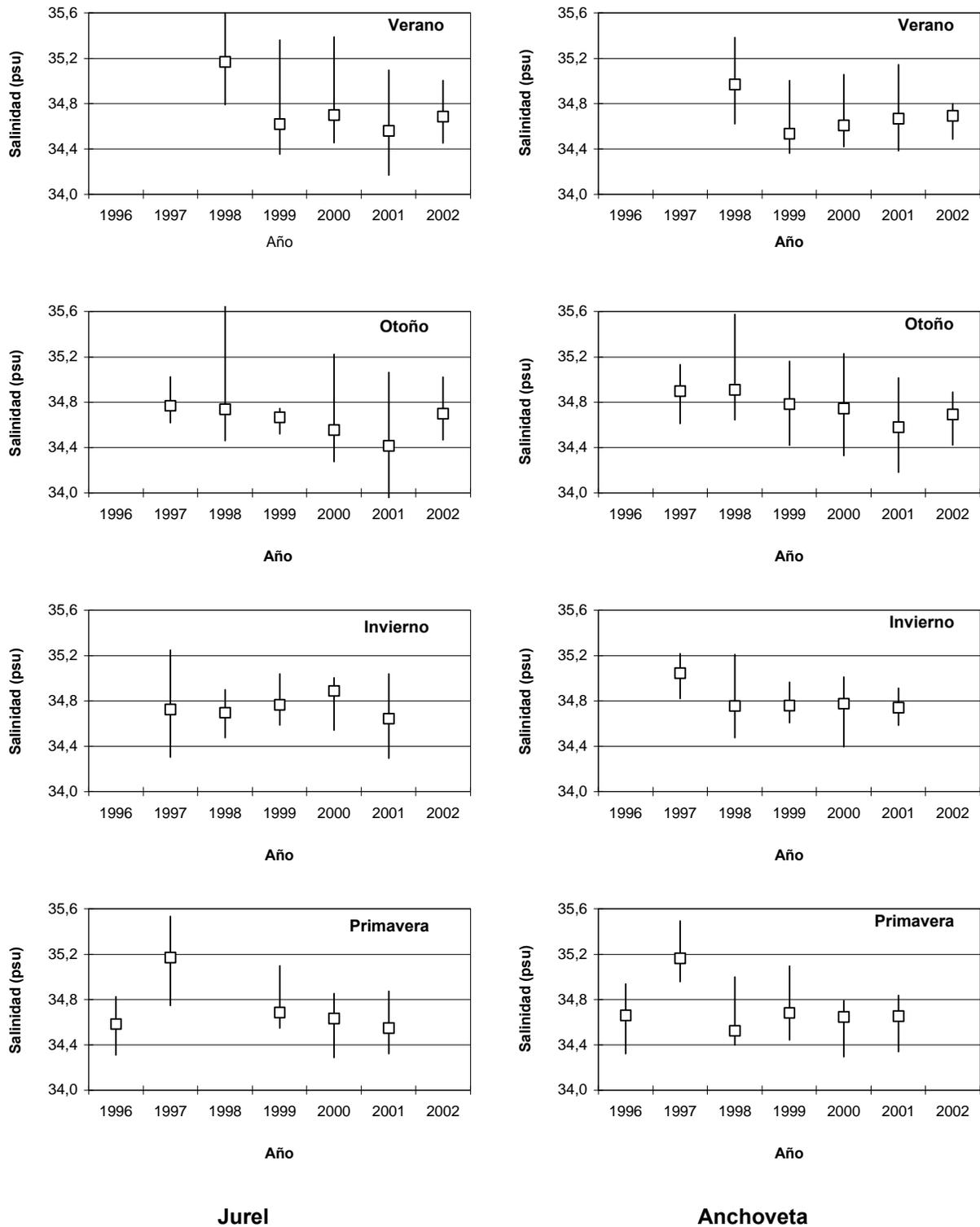
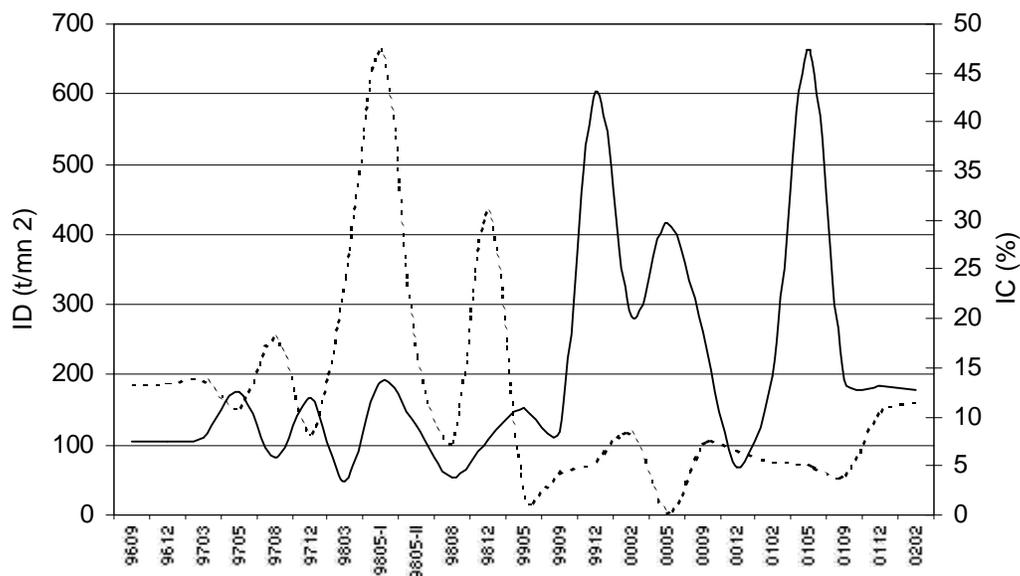


Figura 106. Distribución de salinidad (psu) mínima, máxima y promedio de jurel y anchoveta.

ANCHOVETA



JUREL

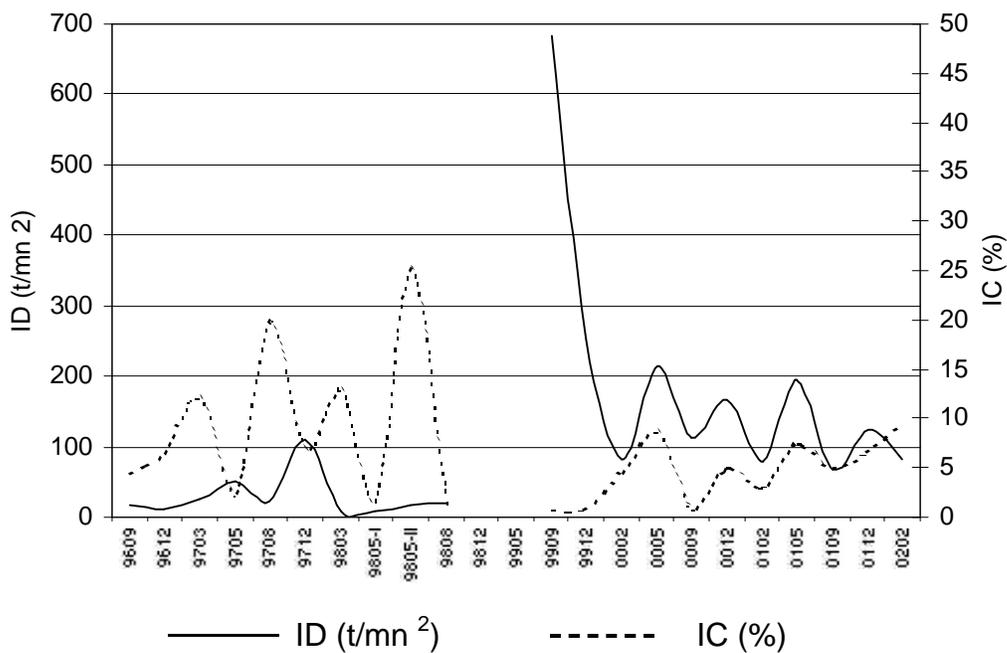


Figura 107.- Índice de Densidad (ID) (t/mn²) y Cobertura (IC) (%) estimados para anchoveta y jurel por crucero, periodo 1996-2002.

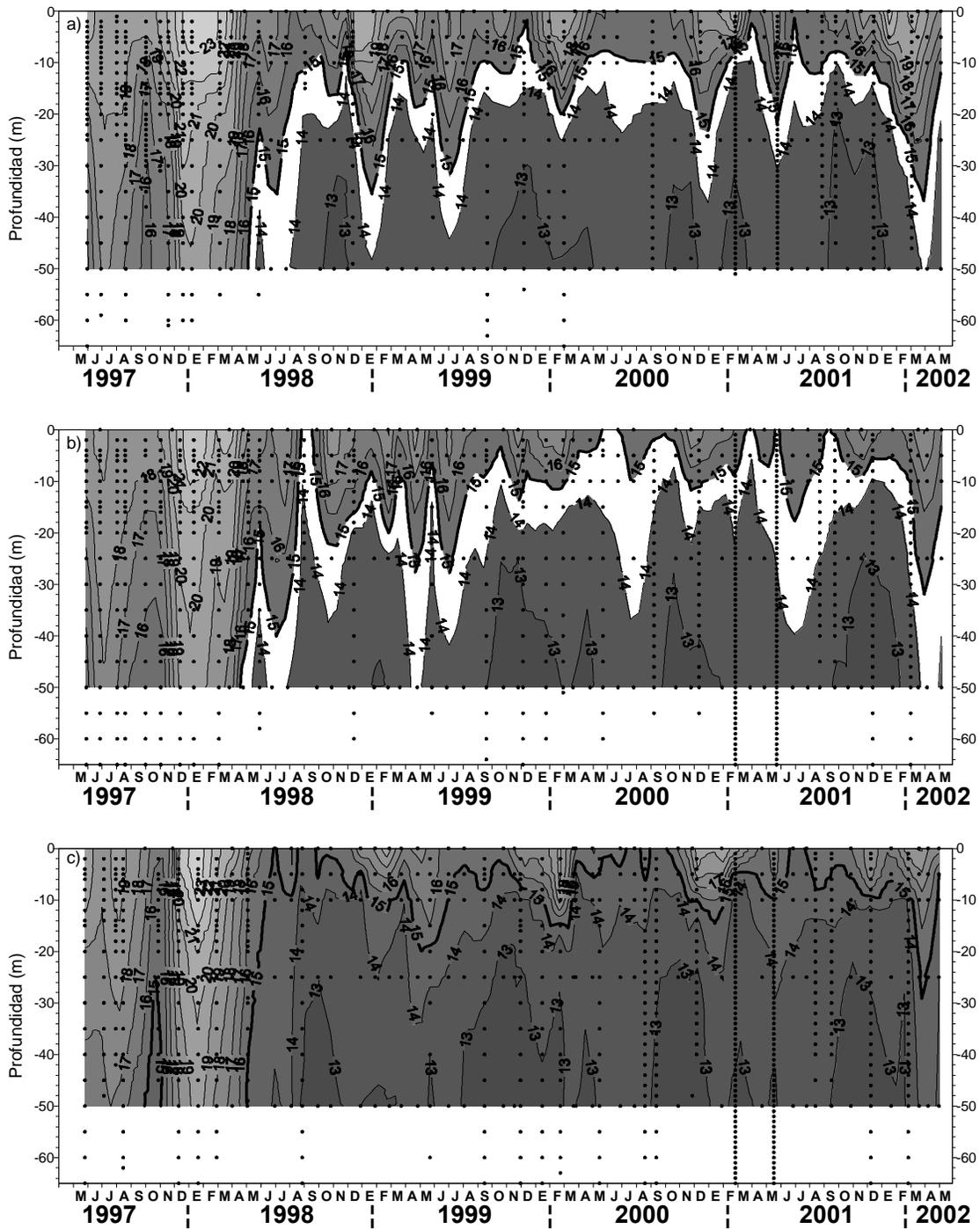


Figura 108. Distribución temporal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a Mayo 2002.

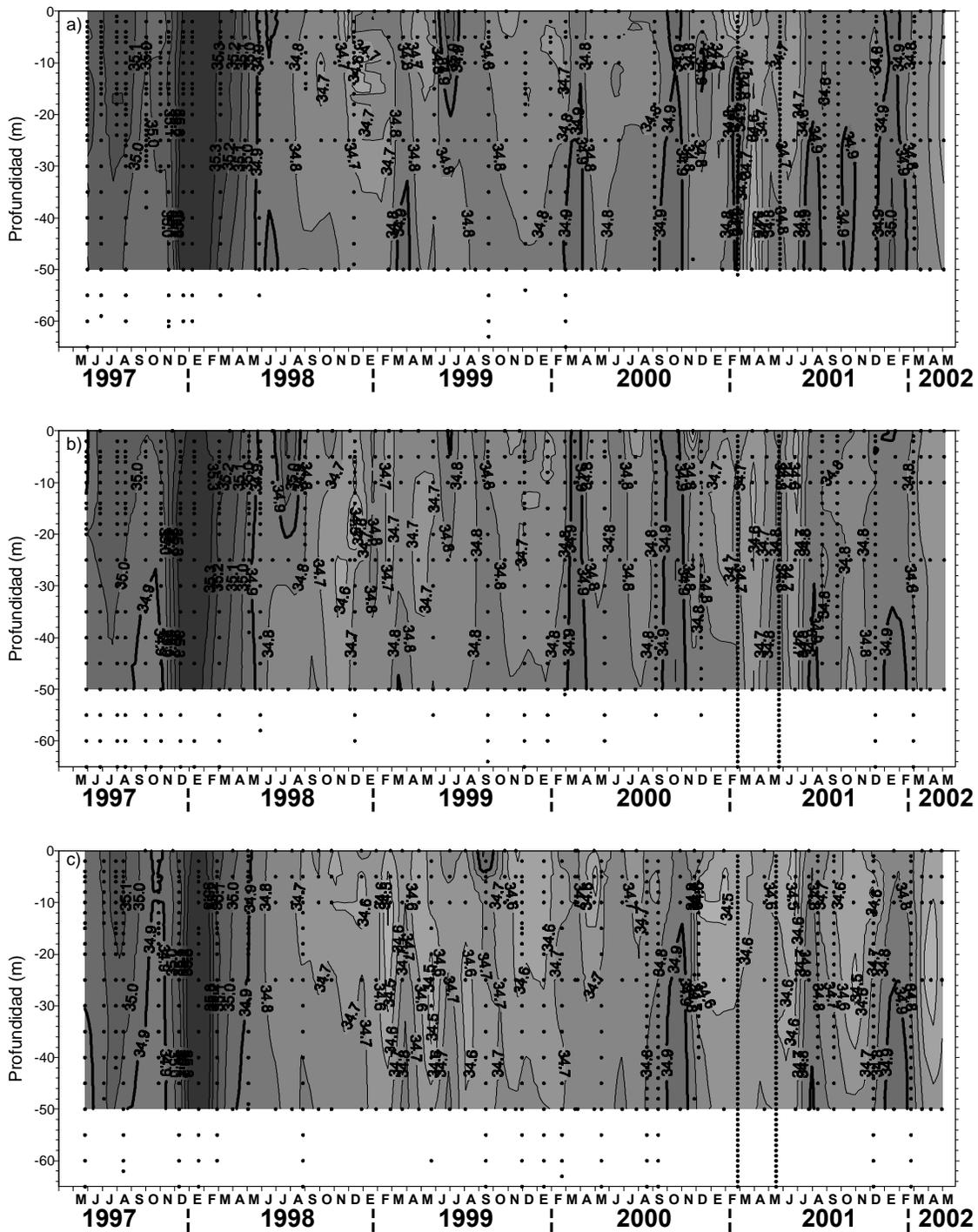


Figura 109. Distribución temporal de salinidad (psu) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a Mayo 2002.

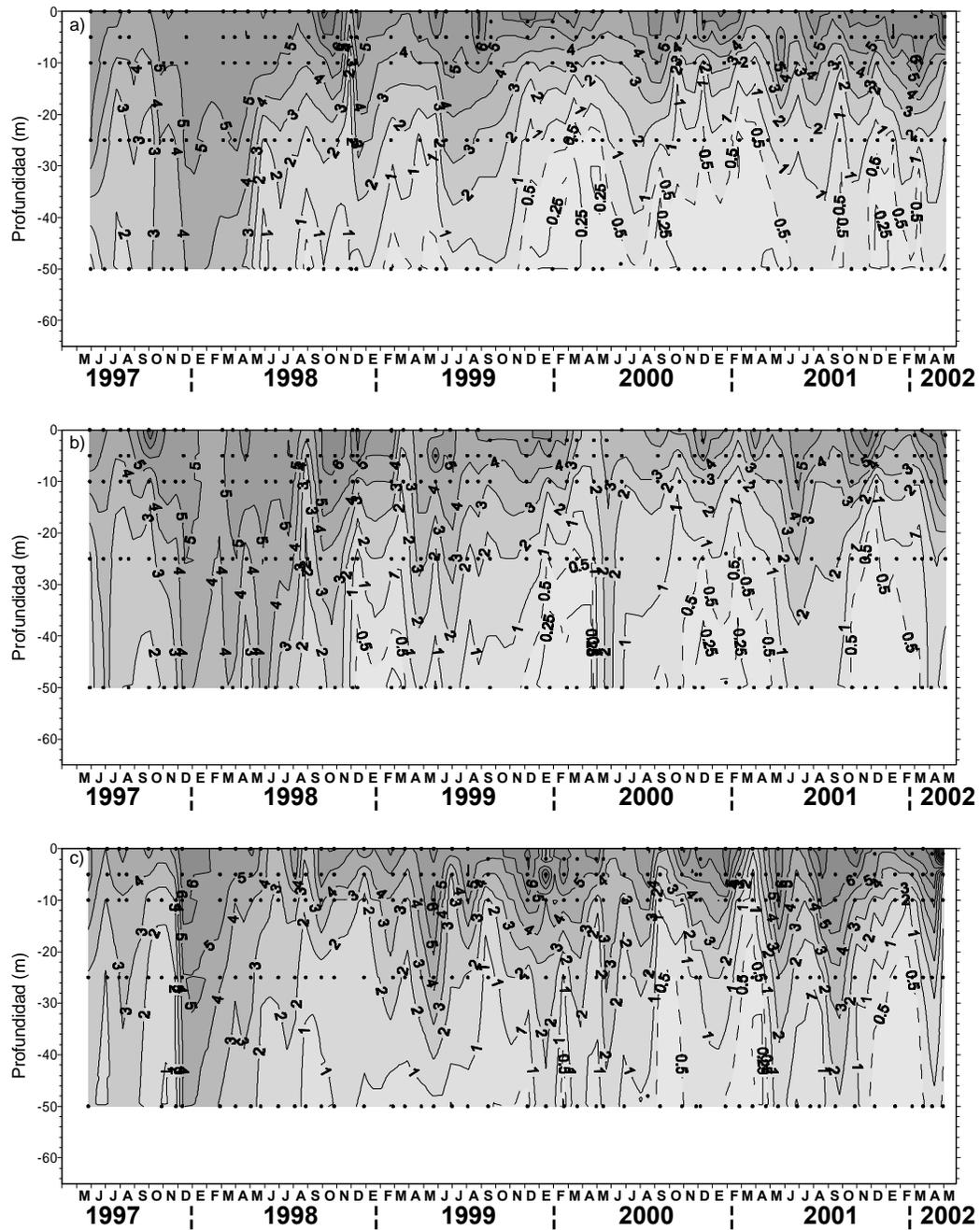


Figura 110. Distribución temporal de Oxígeno disuelto (mL/L) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a Mayo 2002.

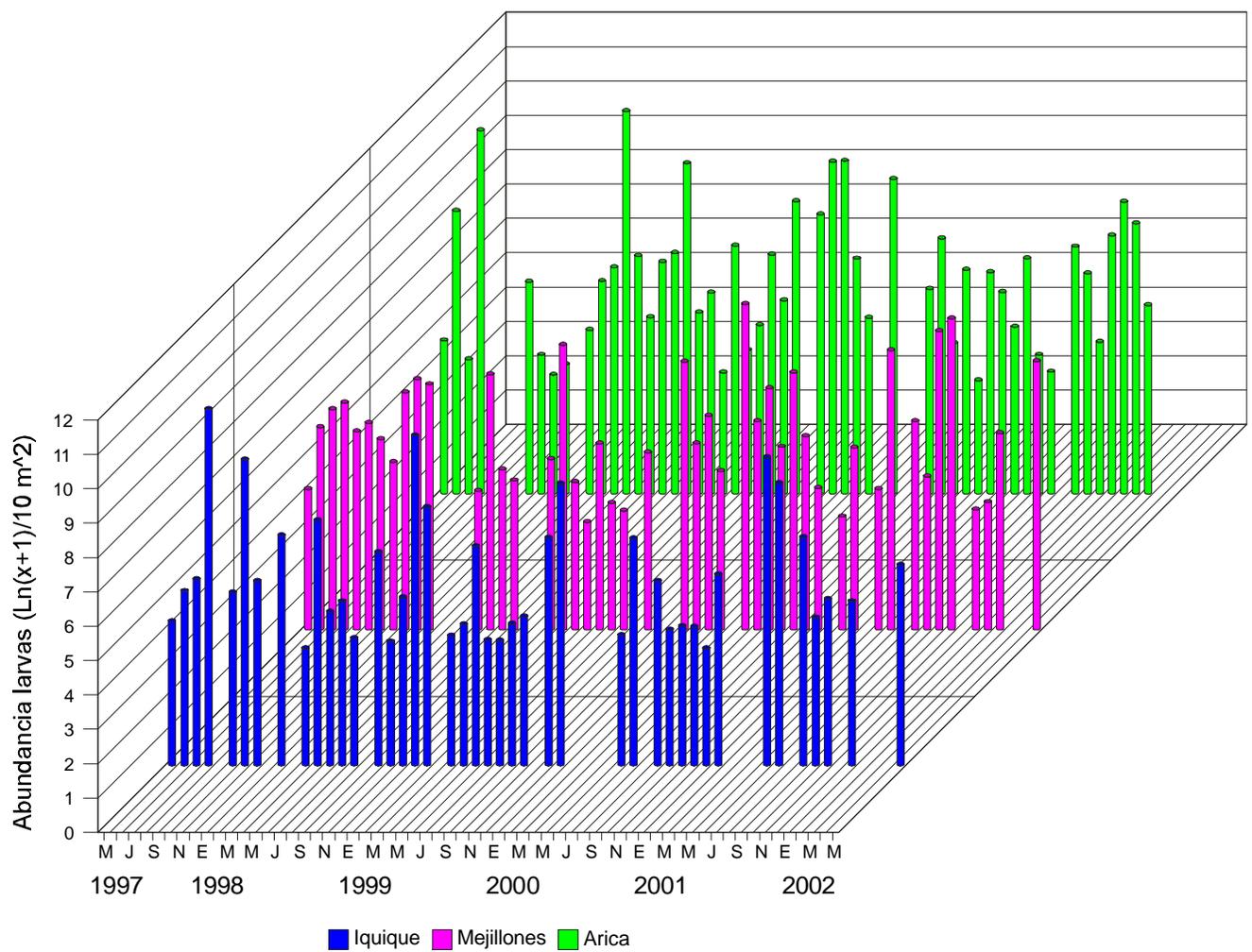


Figura 113 Distribución y abundancia temporal de larvas de anchoveta en estaciones fijas de monitoreo Mayo 1997 - Mayo 2002

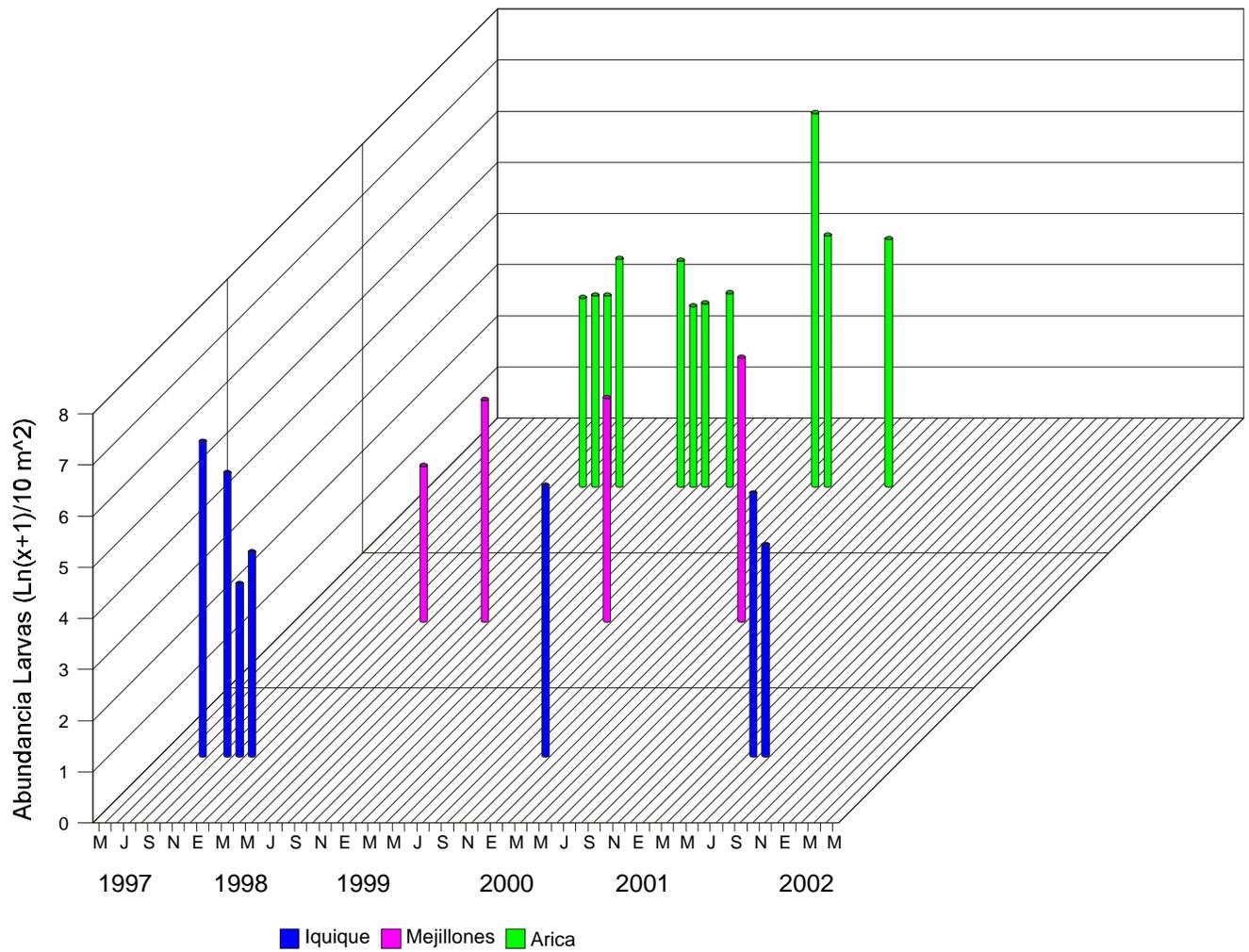


Figura 115 Distribución y abundancia temporal de larvas de sardina en las estaciones fijas de monitoreo Mayo 1997 - Mayo 2002

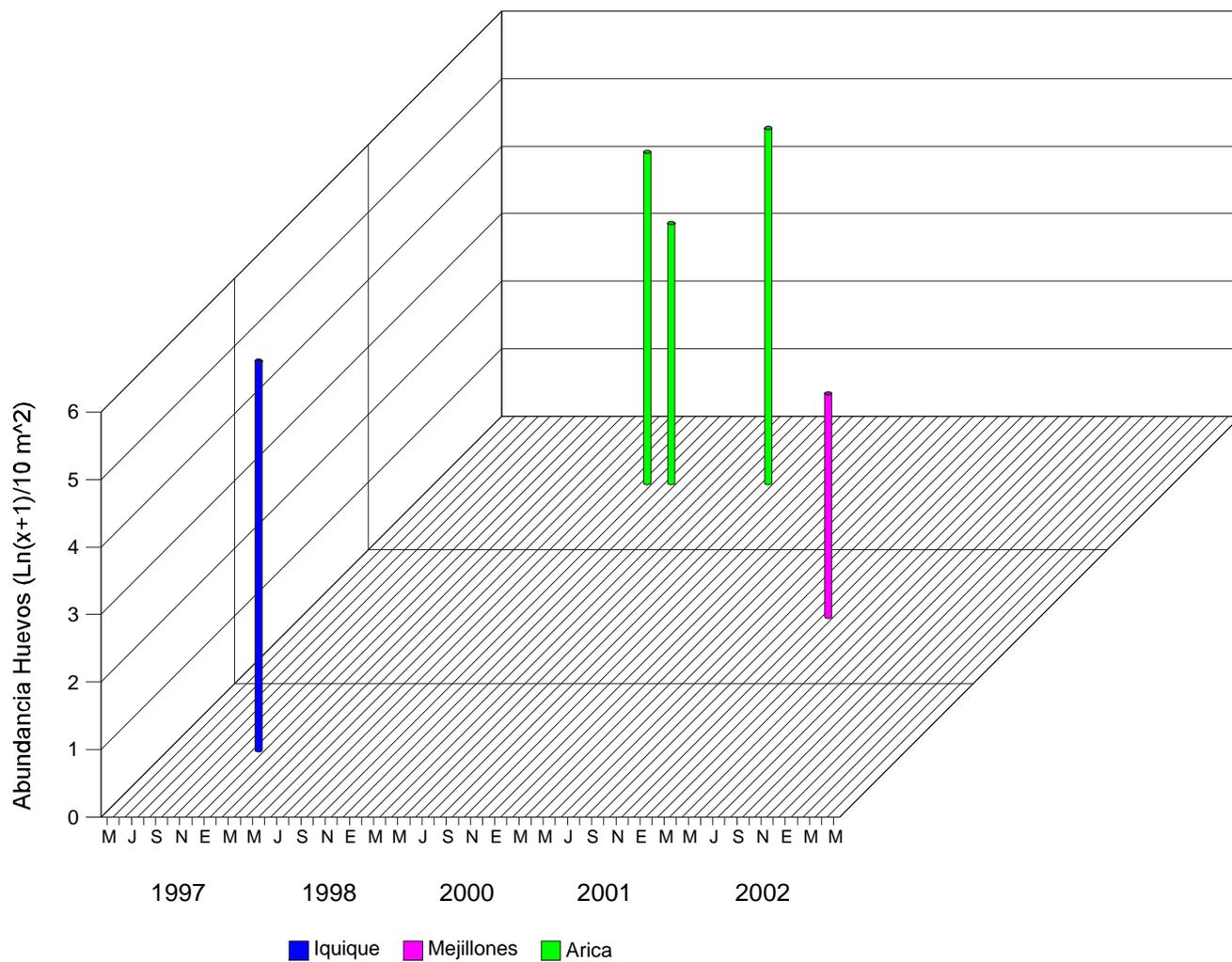


Figura 116 Distribución y abundancia temporal de huevos de jurel en las estaciones fijas de monitoreo Mayo 1997 - Mayo 2002

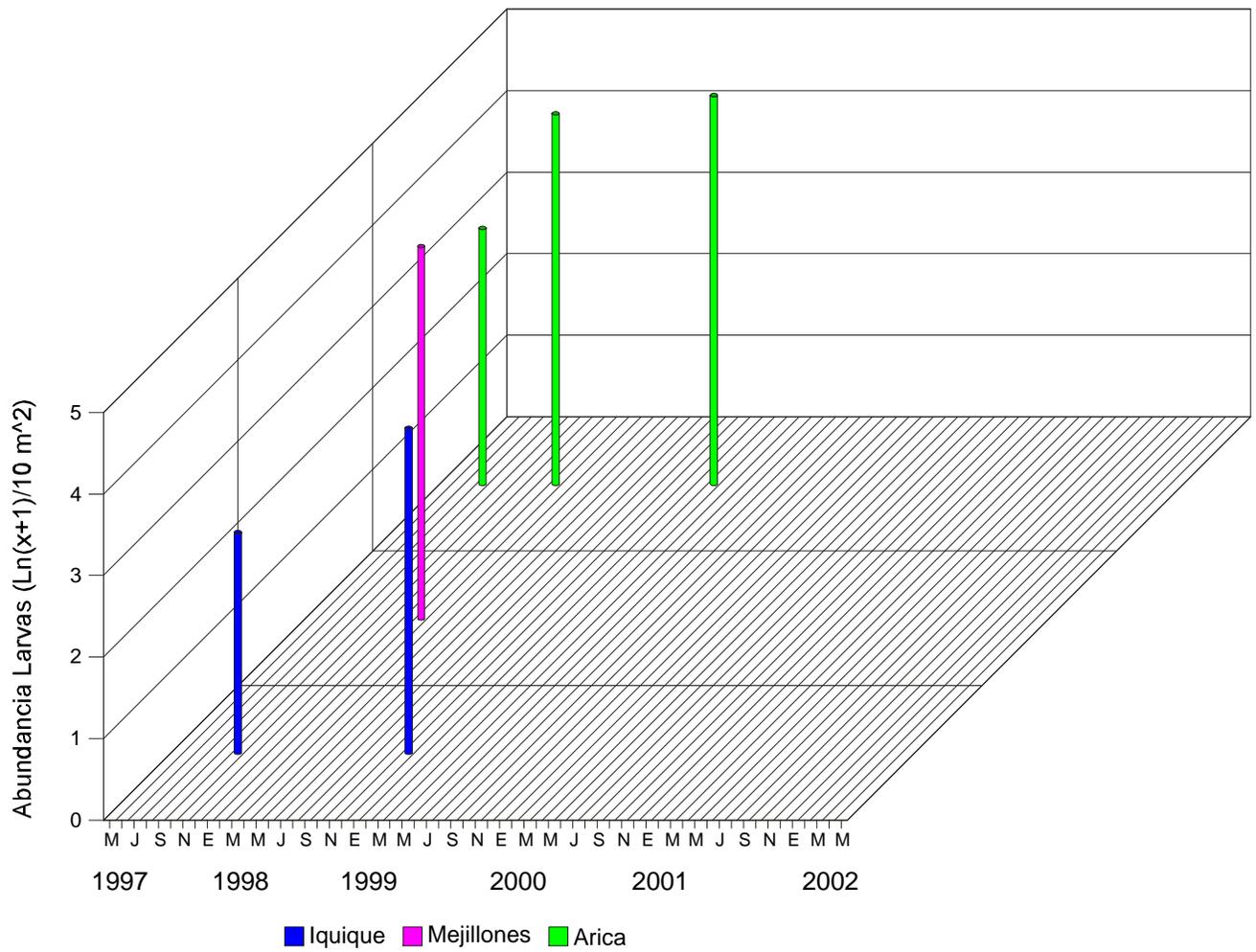


Figura 118 Distribución y abundancia temporal de larvas de caballa en las estaciones fijas de monitoreo Mayo 1997-Mayo 2002

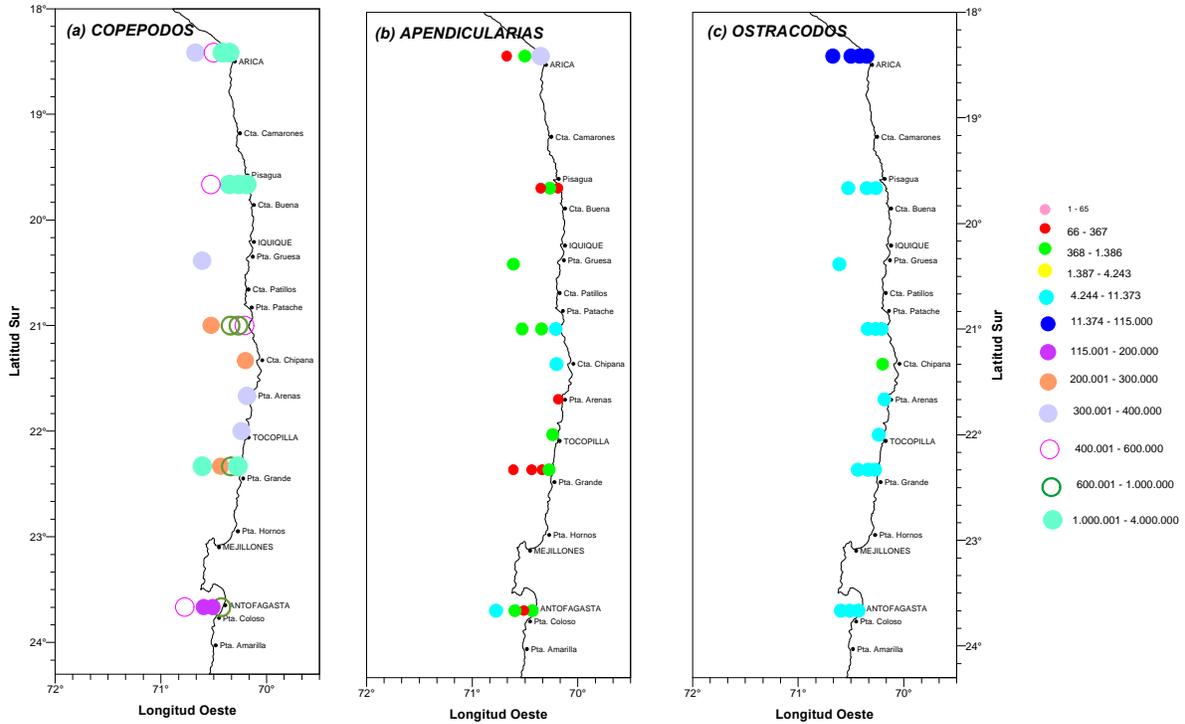


Figura 119.- Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona costera, en otoño 2001.

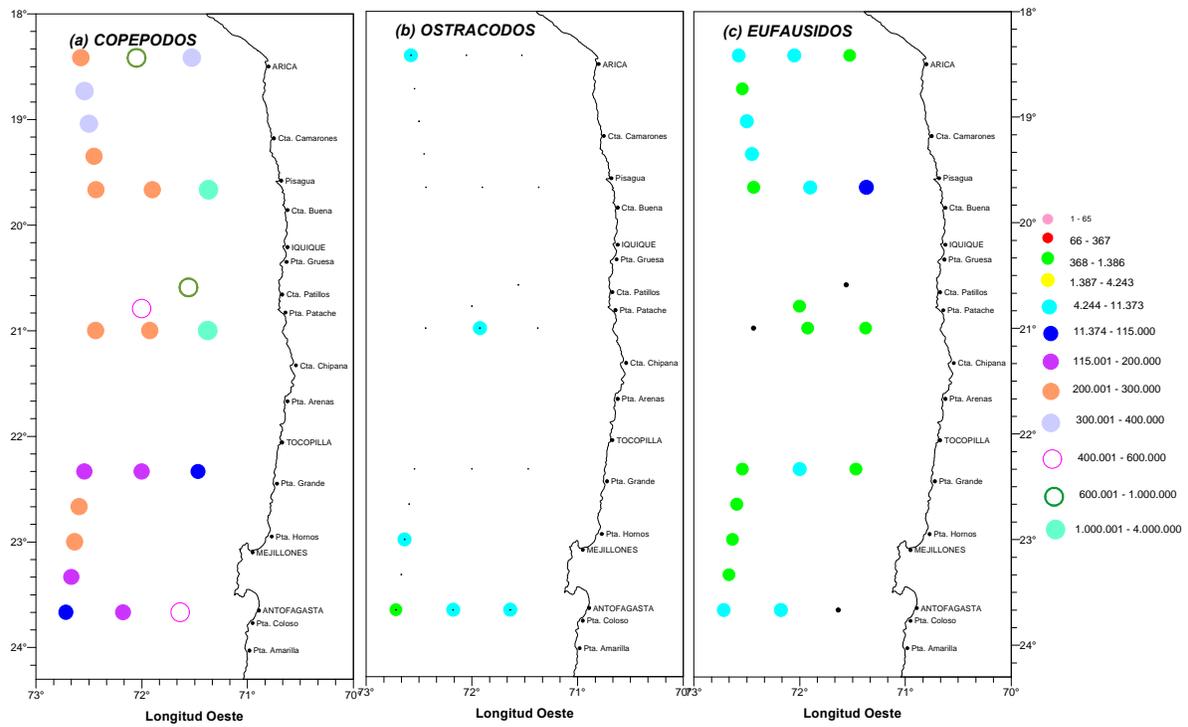


Figura 120.- Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona oceánica, en otoño 2001.

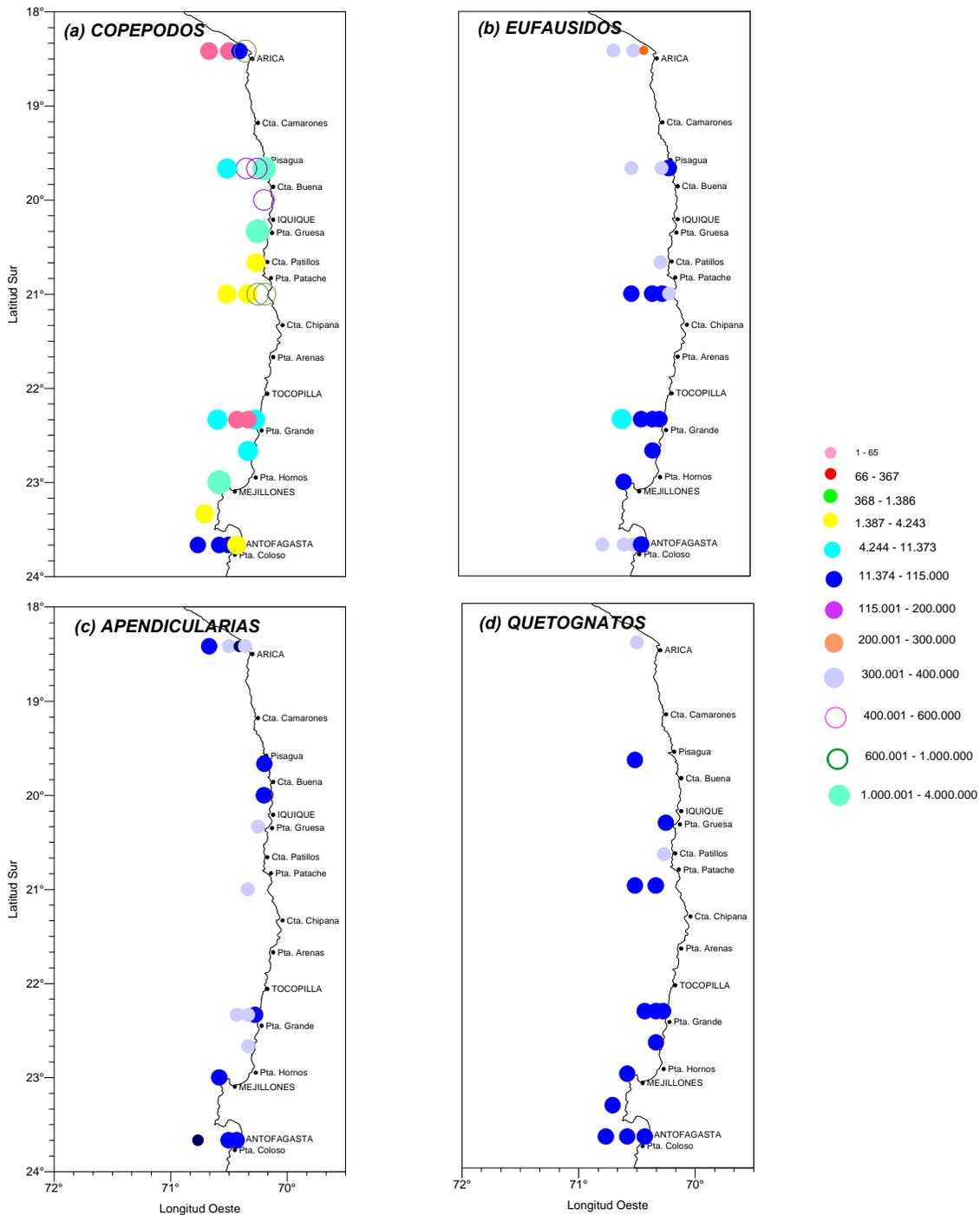


Figura 121.- Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona costera, en invierno de 2001.

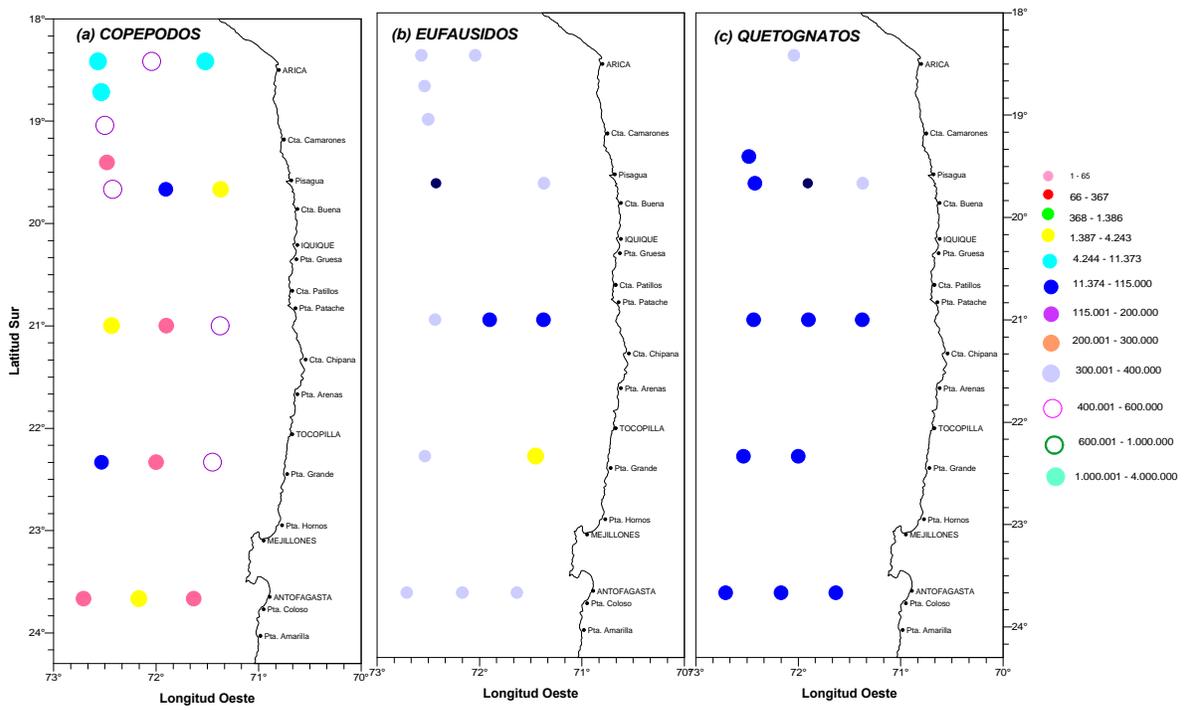


Figura 122.- Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona oceánica, en invierno de 2001.

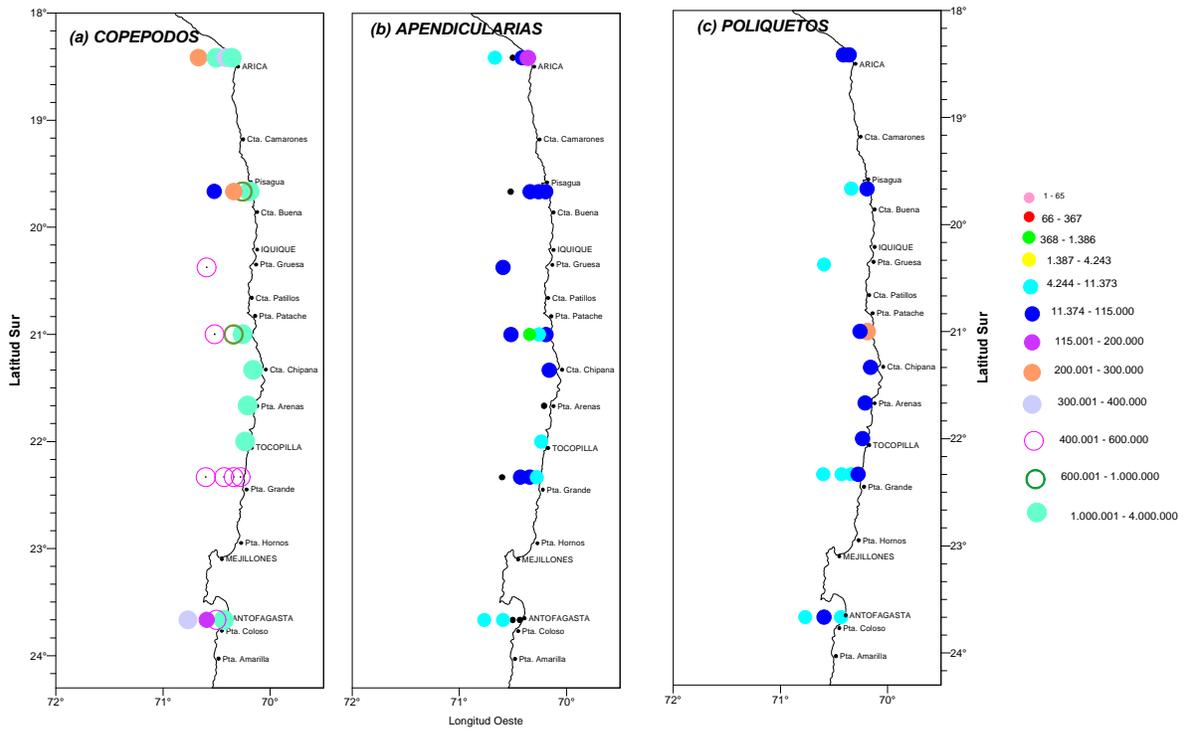


Figura 123.- Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona costera, en primavera de 2001.

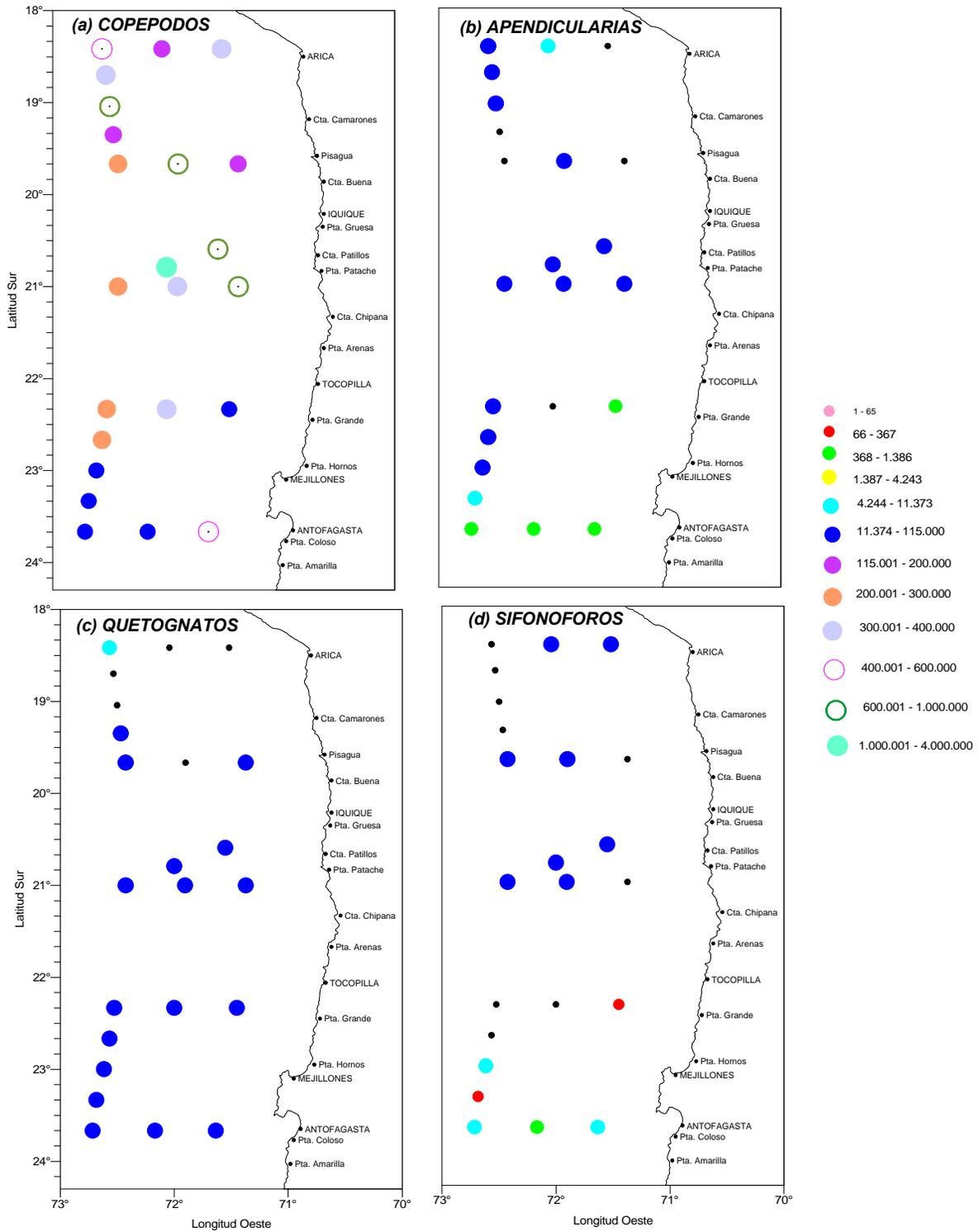


Figura 124.- Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona oceánica en primavera de 2001.

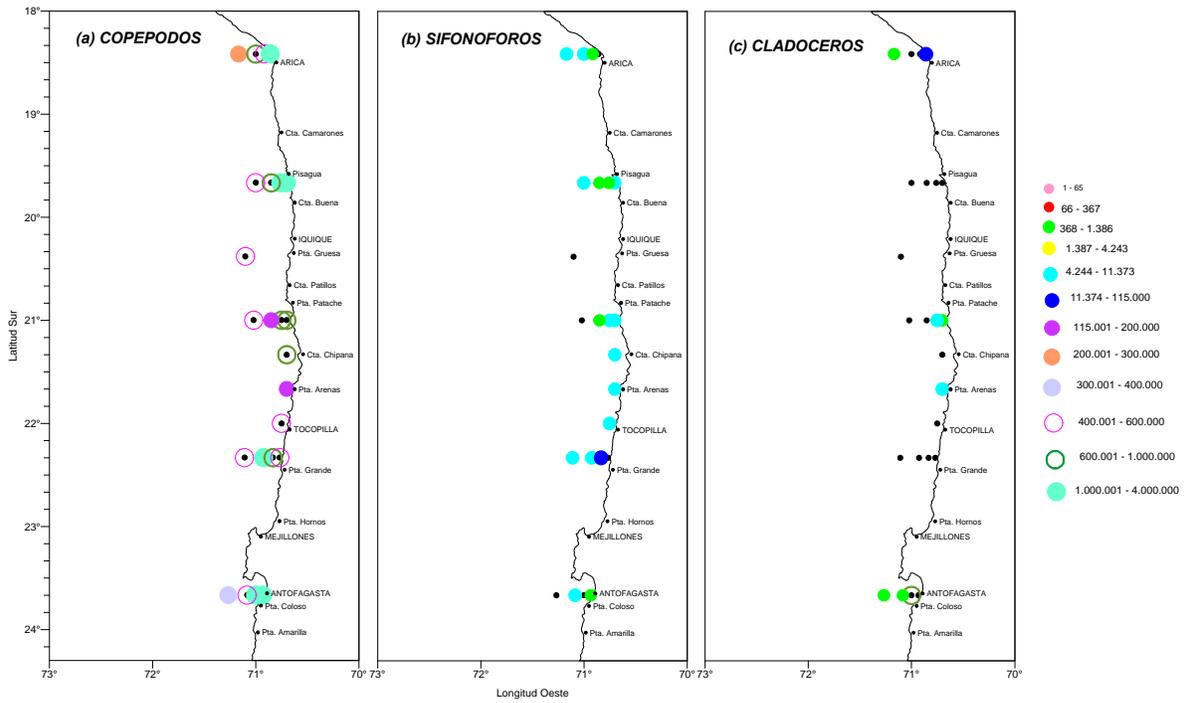


Figura 125.- Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona costera, en verano de 2002.

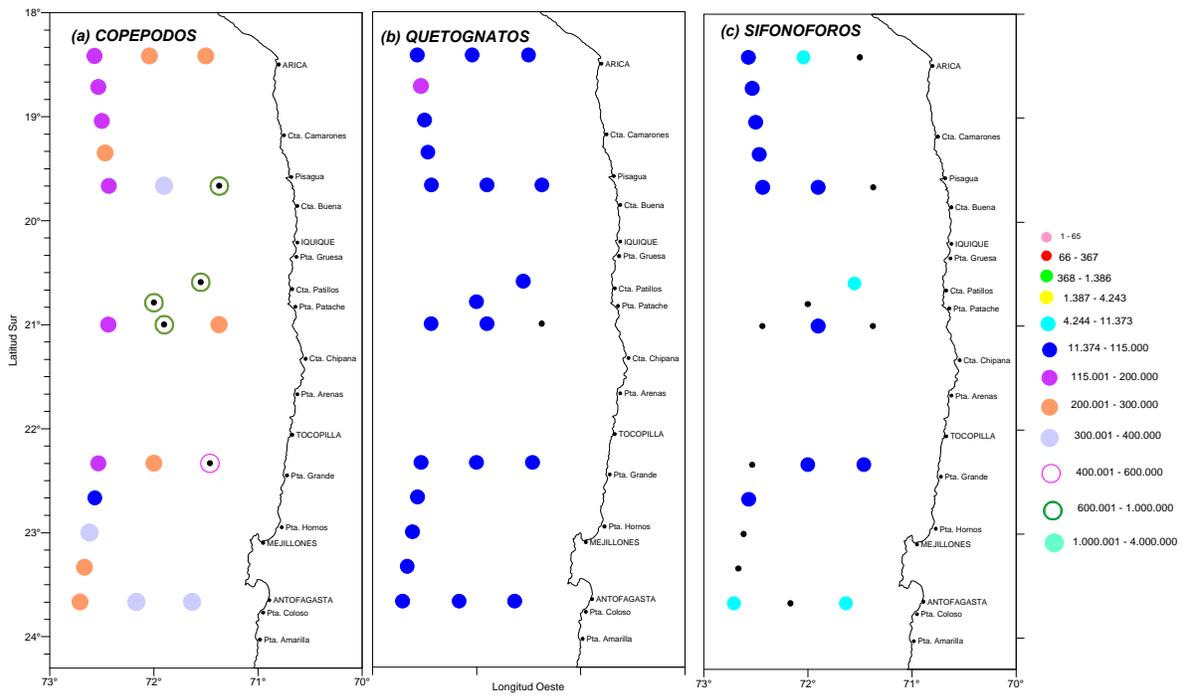


Figura 126.- Distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos dominantes en la zona oceánica, en verano de 2002.

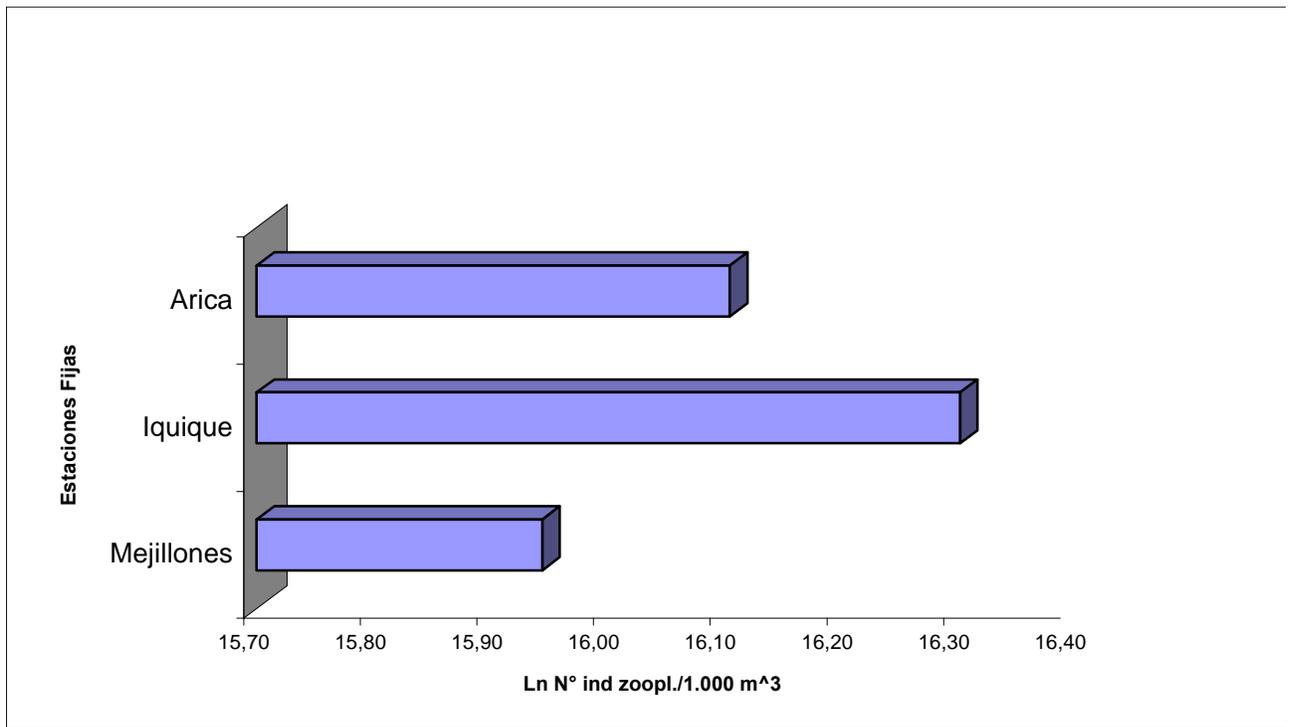


Figura 127. Densidad zooplanctónica total acumulada en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones

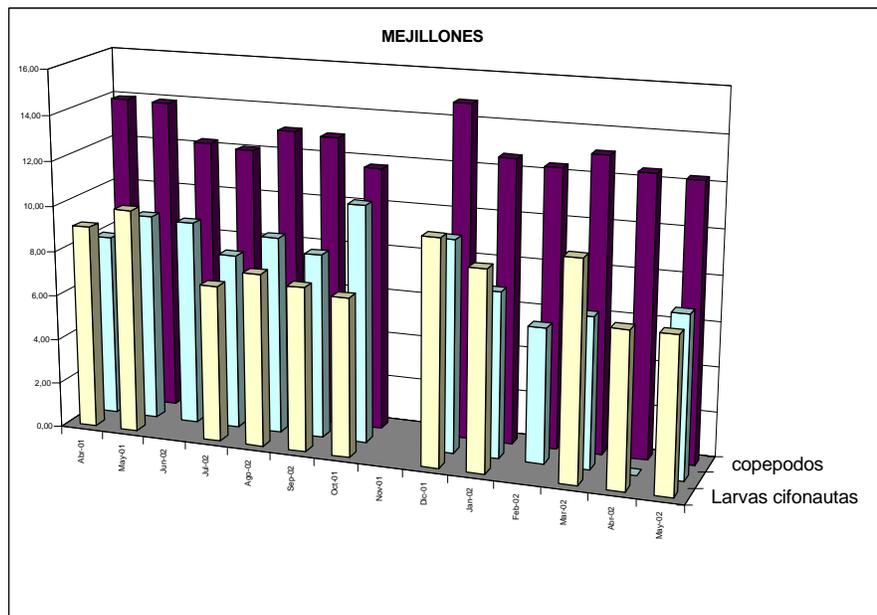
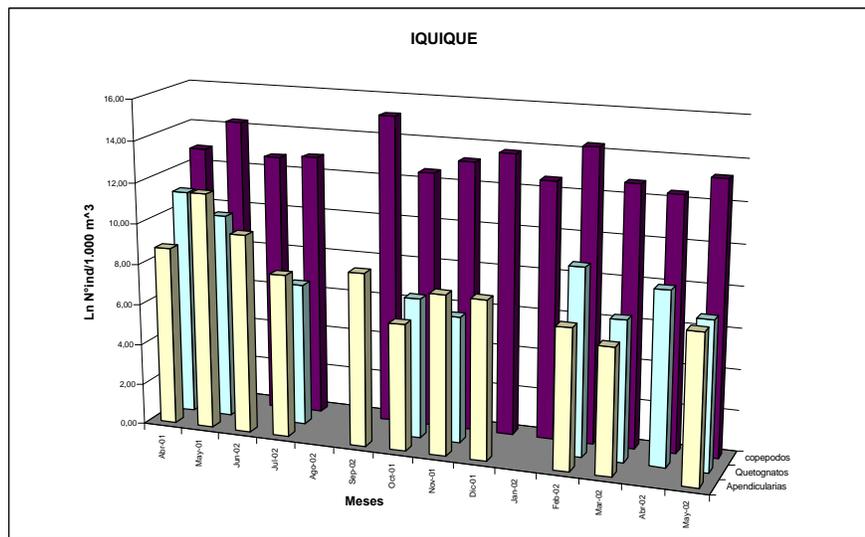
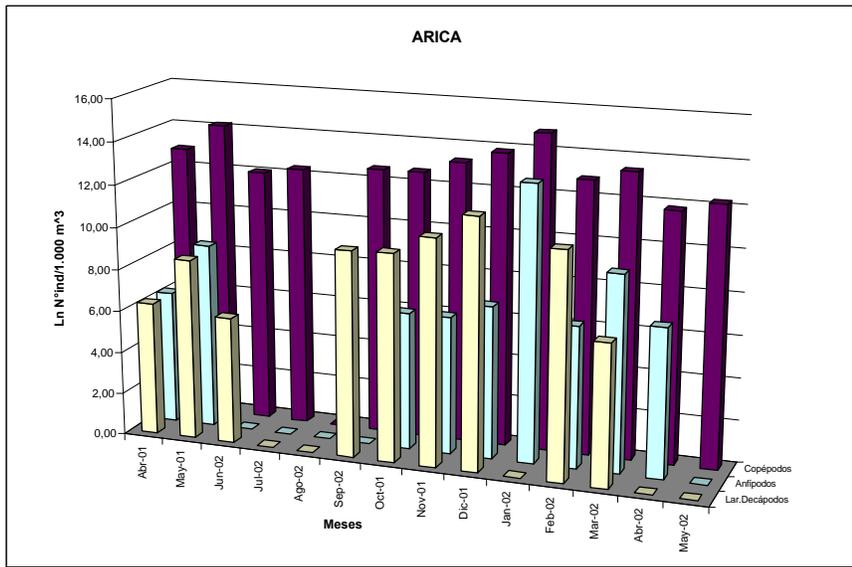


Figura 128. Densidad de los grupos zooplantónicos de mayor abundancia en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones.

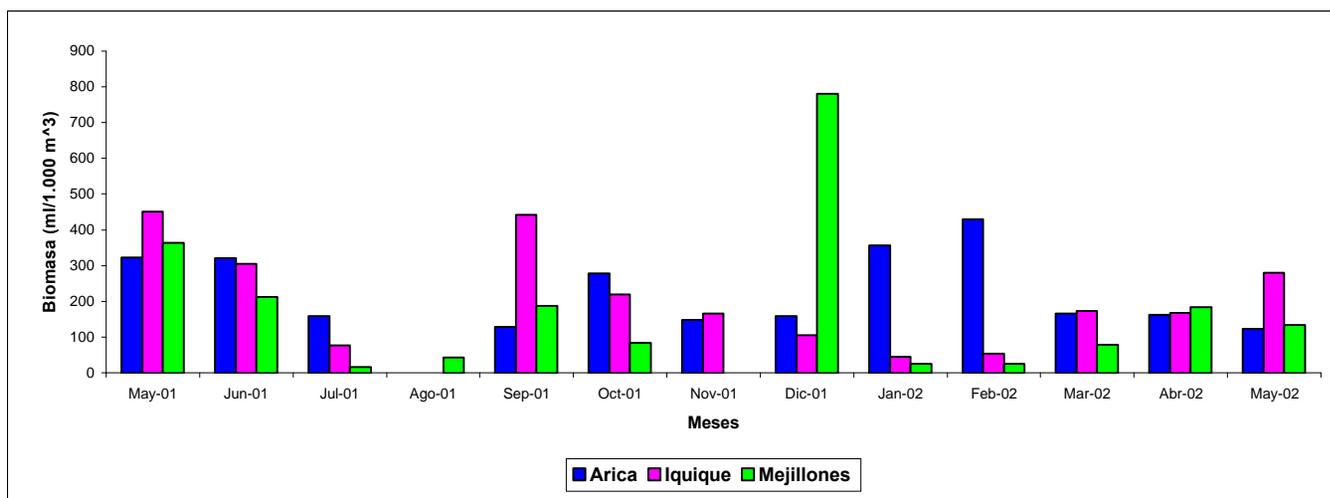


Figura 129. Abundancia de la biomasa zooplantónica en las estaciones costeras de monitoreo.

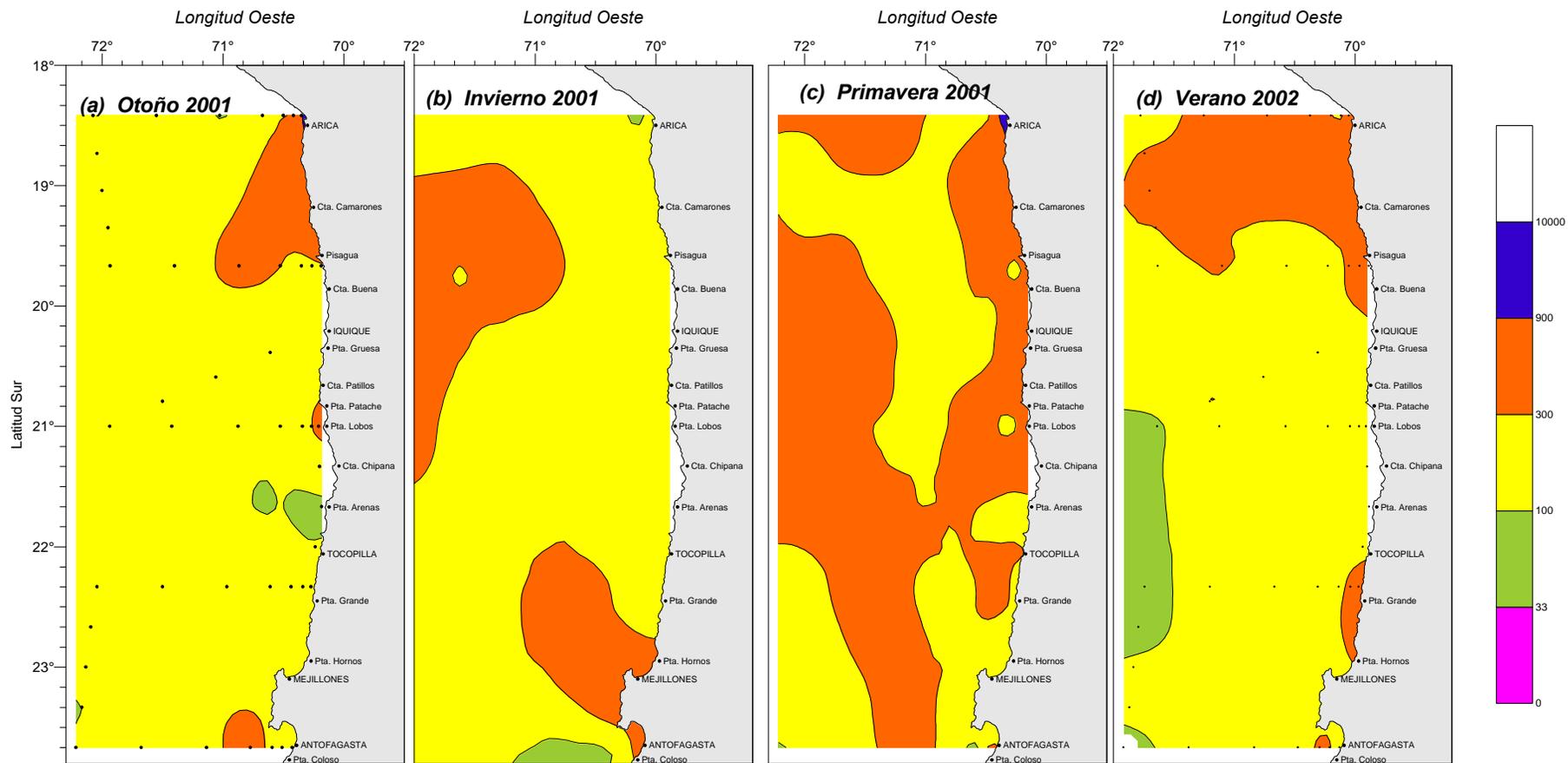


Figura 130. Abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000 m³ de agua filtrada) Cruceros de (a) Otoño, (b) Invierno y (c) Primavera 2001 y (d) Verano 2002.

T A B L A S

Tabla N° 1

Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0105 - 442(2)01CP. Otoño 2001.

N° EST	FECHA			HORA		LAT		LONG		RED CÓDIGO	PROF. MALLA	FLUJÓMETRO ECOS. COD.	CALADO N°FIN.	VIRADO		CABLE ARR.	TEMP(°C) 0m	SALINI. 0m	PRESIÓN ATMOSF.	TEMP.AIRE		SECCHI	OLAS		VIENTO		NUBES						
	AA	MM	DD	HH	MM	GR	MIN	GR	MIN					MIN	SEG					MIN	SEG		ARR.	ÁNG.	0m	0m	ATMOSF.	SECA	HÚMEDA	ALT.	DIR.	DIR.	VEL.
1	'01	5	21	23	15	23	40,0	70	25,7	03	297	73	A07	503	1	10	0	58	65	10	15,281	34,659	13,0	15,5	15,0		0	20					
2	'01	5	22	1	50	23	40,0	70	30,6	03	297	147	A07	815	2	1	1	33	100	10	15,163	34,611	13,2	15,5	15,0		1	20	18	3			
3	'01	5	22	3	31	23	40,0	70	35,6	03	297	476	A07	725	2	22	1	10	100	7	14,104	34,511	13,2	15,2	15,0		1	20	16	2			
4	'01	5	22	5	54	23	40,0	70	46,4	03	297	2415	A07	720	2	34	2	3	100	16	14,769	34,447	13,4	15,5	15,0		1	20	17	3			
5	'01	5	22	9	40	23	40,0	71	8,1	03	297	4900	A07	772	1	33	1	34	100	14	15,671	34,569	14,5	16,5	15,5	8	1	16	15	3	6	8	
6	'01	5	22	22	47	23	40,0	71	40,6	03	297	5000	A07	810	1	58	1	36	100	6	18,022	34,767	14,0	16,5	15,0		1	15	15	3	6	8	
7	'01	5	23	5	23	23	40,0	72	13,0	03	297	4300	A07	903	2	23	2	21	100	19	17,885	34,757	14,0	16,5	15,0		1	15	15	3	6	8	
8	'01	5	23	7	44	23	20,0	72	10,0	03	297	4300	A07	1155	1	46	1	22	100	33	17,670	34,707	15,0	17,0	16,0	22	1	15	15	3	6	8	
9	'01	5	23	10	52	23	0,0	72	8,1	03	297	4141	A07	722	1	51	1	37	100	16	17,785	34,712	14,5	19,0	17,0	21	1	15	15	3	6	8	
10	'01	5	23	14	25	22	40,0	72	5,6	03	297	4200	A07	735	2	0	1	22	100	13	18,507	34,870	12,5	21,0	19,0	14	1	15	18	2	6	8	
11	'01	5	23	17	36	22	20,0	72	2,5	03	297	4200	A07	675	1	50	1	33	100	7	19,241	35,045	12,5	17,5	16,5	17	2	17	17	3	6	8	
12	'01	5	23	22	17	22	20,0	71	30,0	03	297	5000	A07	703	1	57	1	45	100	12	19,483	35,118	14,5	17,5	16,5		2	15	15	3	6	8	
13	'01	5	24	2	56	22	20,0	70	58,0	03	297	5000	A07	760	1	55	1	42	100	13	19,110	35,067	14,5	17,0	16,0		2	15	14	2	6	8	
14	'01	5	24	6	8	22	20,0	70	36,5	03	297	1247	A07	790	2	0	1	31	100	31	17,376	34,778	14,5	17,0	16,0		1	15			6	8	
15	'01	5	24	8	8	22	20,0	70	26,1	03	297	908	A07	621	1	31	1	7	100	15	17,415	34,696	14,5	17,5	16,5	12	1	15	15	1	6	8	
16	'01	5	24	9	39	22	20,0	70	20,3	03	297	401	A07	730	1	36	1	30	100	15	16,126	34,592	15,1	17,0	15,5	10	0	15	15	0	6	8	
17	'01	5	24	10	50	22	20,0	70	16,3	03	297	113	A07	630	1	28	1	40	100	9	15,472	34,605	15,2	18,0	17,5	7	1	16	19	0	6	8	
18	'01	5	24	13	37	22	0,0	70	14,2	03	297	134	A07	745	1	38	1	55	100	22	16,330	34,590	15,0	19,5	17,5	8	1	16	18	2	6	8	
19	'01	5	24	16	5	21	40,0	70	11,0	03	297	90	A07	615	1	51	1	30	85	6	15,599	34,713	13,5	20,5	18,5	11	1	16	17	2	6	8	
20	'01	5	24	18	37	21	20,0	70	12,0	03	297	110	A07	670	1	49	1	36	100	22	15,189	34,780	14,2	17,5	16,5		1	16	15	1	6	8	
21	'01	5	24	21	23	21	0,0	70	12,5	03	297	82	A07	472	1	26	1	21	70	12	16,116	34,806	15,1	17,5	16,0		1	15	15	2	6	8	
22	'01	5	24	22	38	21	0,0	70	16,0	03	297	95	A07	578	1	48	1	46	90	2	16,364	34,736	16,0	17,0	16,0		1	16	16	1	6	8	
23	'01	5	24	23	40	21	0,0	70	20,5	03	297	109	A07	620	1	58	1	46	100	12	16,857	34,738	16,0	17,0	15,5		2	15	15	3	6	8	
24	'01	5	25	1	25	21	0,0	70	31,5	03	297	785	A07	712	2	11	2	16	100	6	17,822	34,783	16,0	17,0	15,0		1	15	14	3	6	8	
25	'01	5	25	4	40	21	0,0	70	52,5	03	297	3000	A07	695	2	2	1	39	100	9	17,418	34,704	15,0	17,0	15,0		1	15	14	2	6	8	
26	'01	5	25	9	25	21	0,0	71	25,4	03	297	5000	A07	703	1	38	1	36	100	3	20,185	35,158	16,5	18,5	16,5	17	2	15	15	3	6	8	
27	'01	5	25	13	40	21	0,0	71	56,2	03	297	4300	A07	762	2	2	2	19	100	12	19,842	35,126	16,0	19,5	17,0	21	3	15	15	3	8	7	
28	'01	5	25	17	59	20	47,5	71	30,0	03	297	5300	A07	720	1	57	1	39	100	18	20,121	35,128	14,5	20,0	18,5	19	3	15	15	3	6	7	
29	'01	5	25	22	13	20	35,4	71	3,5	03	297	4000	A07	705	2	2	1	46	100	18	19,678	35,107	15,2	19,0	17,0		2	16	16	3	6	8	
30	'01	5	26	2	37	20	23,2	70	36,5	03	297	1030	A07	698	2	16	1	57	100	19	18,118	34,816	14,5	17,0	16,0		1	16	14	3	6	8	
31	'01	5	26	12	6	19	40,0	70	11,2	03	297	78	A07	515	1	36	1	22	65	22	15,111	34,838	15,0	18,0	16,5	7	1	15					
32	'01	5	26	13	4	19	40,0	70	15,8	03	297	230	A07	690	1	54	2	2	100	6	15,481	34,944	13,0	19,0	18,0	6	0	15					
33	'01	5	26	14	12	19	40,0	70	21,0	03	297	652	A07	720	2	25	1	57	100	9	16,464	34,730	12,5	17,5	16,5	7	1	15	15	2			
34	'01	5	26	16	10	19	40,0	70	31,5	03	297	800	A07	697	2	17	1	54	100	21	17,792	34,811	12,0	17,5	16,0	6	2	15	15	3	6	6	
35	'01	5	26	19	28	19	40,0	70	52,0	03	297	2293	A07	875	2	4	2	7	100	31	20,029	35,162	12,0	17,5	16,0		1	14	13	3	6	8	
36	'01	5	27	0	17	19	40,0	71	24,0	03	297	5000	A07	685	2	5	2	4	100	12	19,897	35,149	12,2	17,5	16,0		1	14	14	3	6	8	
37	'01	5	27	5	50	19	40,0	71	56,0	03	297	4200	A07	707	2	6	2	0	100	12	19,202	34,988	11,5	17,5	16,0		1	14	14	3	6	8	
38	'01	5	27	7	58	19	21,0	71	57,0	03	297	5000	A07	613	1	50	1	56	100	6	19,878	35,138	12,0	18,0	16,0	17	1	15	14	1	6	8	
39	'01	5	27	10	59	19	2,5	72	0,0	03	297	5000	A07	625	2	6	2	0	100	10	19,731	34,965	12,0	19,0	17,0	21	1	15	18	2	6	8	
40	'01	5	27	13	51	18	44,0	72	2,5	03	297	6350	A07	678	2	1	1	42	100	15	19,558	34,982	11,0	20,5	18,0		1	15	12	1	6	8	
41	'01	5	27	16	40	18	25,0	72	4,5	03	297	5000	A07	678	2	2	1	51	100	22	20,700	35,370	10,5	19,5	18,0	17	1	16			6	8	
42	'01	5	27	21	4	18	25,0	71	33,0	03	297	2000	A07	685	2	2	1	49	100	3	19,650	35,160	12,5	19,0	17,0		1	16	12	2	6	8	
43	'01	5	28	1	22	18	25,0	71	1,6	03	297	935	A07	690	1	58	1	42	100	3	19,980	35,120	12,0	18,5	17,5		1	16	12	1	6	8	
44	'01	5	28	4	35	18	25,0	70	40,3	03	297	670	A07	655	2	9	1	41	100	11	20,250	35,170	11,0	18,5	17,5		1	16	12	1	6	6	
45	'01	5	28	7	16	18	25,0	70	30,0	03	297	109	A07	660	1	58	1	40	100	6	18,330	34,930	12,0	18,0	16,0	12	1	16	12	1			
46	'01	5	28	8	24	18	25,0	70	25,0	03	297	66	A07	395	1	10	0	58	60	6	17,260	34,760	12,0	18,0	16,0	6	1	16	11	1			
47	'01	5	28	10	4	18	25,0	70	21,0	03	297	17	A07	125	0	23	0	26	13	2	16,870	34,770	12,6	19,5	17,5	5	1	16					
ARICA	'01</																																

Tabla N° 2
 Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0109 - 447(3)01CP. Invierno 2001.

N° EST	FECHA		HORA		LAT		LONG		RED		PROF.	FLUJÓMETRO		CALADO		VIRADO		CABLE	TEMP(°C)	SALINI.	PRESIÓN	TEMP.AIRE		SECCHI	OLAS		VIENTO		NUBES			
	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR	MIN	CÓDIGO	MALLA	ECOS.	COD.	N°FIN.	MIN	SEG	MIN	SEG	ARR.	ANG.	0m	0m	ATMOSF.	SECA	HÚMEDA		ALT.	DIR.	DIR.	VEL.	TIP.	CAN.
1	'01	9	19	5	4	24	20,0	70	34,2	03	297	70	A07	528	1	7	1	12	65	3	13,425	34,683	12,6	14,0	13,5		1	19	16	1	6	8
2	'01	9	20	6	3	24	20,0	70	38,3	03	297	782	A07	812	1	46	1	48	100	22	13,961	34,578	13,2	13,5	13,0	12	0	19	16	1	6	8
3	'01	9	20	7	50	24	20,0	70	43,0	03	297	1687	A07	740	1	35	1	26	100	18	15,120	34,644	13,0	14,5	13,5	10	1	19	16	1	6	8
4	'01	9	20	10	7	24	20,0	70	54,0	03	297	2600	A07	778	1	46	1	26	100	2	15,213	34,620	15,0	15,0	13,5	11	1	18	18	1	6	8
5	'01	9	20	13	50	24	20,0	71	16,2	03	297	5800	A07	738	1	34	1	17	100	7	15,694	34,712	13,0	17,5	15,0	15	2	18	18	3	6	7
6	'01	9	20	18	40	24	20,0	71	48,0	03	297	4600	A07	829	1	47	1	34	100	8	14,996	34,543	13,5	14,0	12,5	10	2	18	19	3	6	8
7	'01	9	20	23	32	24	20,0	72	21,0	03	297	4800	A07	789	1	44	1	33	100	20	15,111	34,540	15,0	14,0	12,5		2	18	20	1	6	8
8	'01	9	21	3	40	24	0,0	72	17,2	03	297	4200	A07	783	2	18	1	21	100	5	15,022	34,517	13,8	14,5	13,5		2	18	17	2	6	8
9	'01	9	21	6	50	23	40,0	72	12,5	03	297	4300	A07	710	1	40	1	34	100	15	15,406	34,618	14,5	14,5	14,0		3	18	22	2	6	8
10	'01	9	21	11	40	23	40,0	71	40,0	03	297	4500	A07	712	1	28	1	29	100	10	15,460	34,606	13,0	18,5	16,0	13	3	18	22	1	8	7
11	'01	9	21	17	5	23	40,0	71	8,0	03	297	4800	A07	768	1	46	1	25	100	21	15,585	34,665	11,0	17,5	15,5	20	3	18	18	3	8	7
12	'01	9	21	20	34	23	40,0	70	46,0	03	297	2480	A07	820	1	46	1	30	100	22	15,379	34,624	11,5	17,5	14,0		3	18	15	2	8	6
13	'01	9	21	22	47	23	40,0	70	35,0	03	297	484	A07	688	1	46	1	21	100	17	13,920	34,615	11,5	14,1	12,0		2	18	18	1	8	6
14	'01	9	22	0	18	23	40,0	70	30,2	03	297	144	A07	650	1	49	1	48	100	7	15,475	34,671	12,0	14,5	13,5		2	18	16	2	6	3
15	'01	9	22	1	28	23	40,0	70	26,0	03	297	89	A07	472	1	34	1	36	70	14	16,060	34,691	12,0	14,5	13,5		2	18	16	1	6	3
16	'01	9	22	5	30	23	20,0	70	42,5	03	297	1474	A07	542	1	22	1	2	70	4	14,374	34,700	12,5	14,0	13,0		1	18	19	2	6	7
17	'01	9	22	8	42	23	0,0	70	35,0	03	297	264	A07	515	1	35	1	31	100	18	14,297	34,731	14,0	15,0	14,0	10	1	18	19	1	8	6
18	'01	9	22	12	15	22	40,0	70	20,2	03	297	313	A07	641	1	46	1	30	100	12			13,2	18,0	16,0	11	1	18	19	1	6	8
19	'01	9	22	15	25	22	20,0	70	16,5	03	297	116	A07	608	1	36	1	22	100	22	15,774	34,680	11,5	18,5	16,5	9	2	20	19	2	6	8
20	'01	9	22	16	22	22	20,0	70	20,2	03	297	370	A07	778	1	54	1	26	100	24	16,553	34,725	11,0	17,5	15,5	10	2	20	19	3	6	8
21	'01	9	22	18	0	22	20,0	70	26,0	03	297	900	A07	730	1	33	1	42	100	20	16,513	34,756	11,8	15,5	14,0	11	2	20	18	3	6	8
22	'01	9	22	20	10	22	20,0	70	36,0	03	297	1260	A07	758	1	51	1	53	100	15	16,323	34,781	13,0	14,0	12,0		3	20	18	3	6	8
23	'01	9	22	23	53	22	20,0	70	57,0	03	297	4800	A07	768	2	15	1	39	100	13	15,568	34,691	15,0	14,0	12,0		4	20	18	3	6	8
24	'01	9	23	5	0	22	20,0	71	30,0	03	297	>5000	A07	748	1	49	1	38	100	18	15,851	34,776	13,3	14,5	13,0		3	20	18	3	6	8
25	'01	9	23	10	6	22	20,0	72	2,0	03	297	>5000	A07	838	1	55	1	37	100	22	15,990	34,760	15,0	15,0	14,0	22	6	20	18	4	6	8
26	'01	9	23	15	5	22	20,0	72	34,0	03	297	4500	A07	819	1	37	1	24	100	23	16,171	34,788	12,2	16,0	14,0	15	5	20	18	4	6	6
27	'01	9	23	19	55	22	20,0	73	6,0	03	297	>4500	A07	859	1	12	1	43	100	24	16,240	34,890	13,0	15,5	14,0		4	20	18	4	6	8
28	'01	9	24	2	7	22	20,0	73	46,0	03	297	>4500	A07	818	1	51	1	37	100	15	16,594	34,969	13,8	14,5	13,0		4	20	18	3	6	8
29	'01	9	24	5	26	22	0,0	73	47,0	03	297	>4500	A07	763	2	2	1	21	100	5	16,125	34,875	13,0	14,5	13,0		3	20	18	2	6	6
30	'01	9	24	8	35	21	40,0	73	45,0	03	297	>4500	A07	708	1	47	1	46	100	25	16,301	34,920	14,0	16,3	15,0	19	4	20	18	3	6	7
31	'01	9	24	11	40	21	20,0	73	44,0	03	297	>4500	A07	752	1	40	1	41	100	17	16,058	34,789	14,5	16,5	15,0	21	4	20	18	2	6	8
32	'01	9	24	14	44	21	0,0	73	42,3	03	297	>5000	A07	741	1	37	1	19	100	19	16,150	34,787	12,3	23,5	20,5	13	4	20	16	3	6	8
33	'01	9	24	20	52	21	0,0	72	59,0	03	297	>4500	A07	801	1	52	1	55	100	20	16,097	34,787	13,0	16,0	14,5		5	20	18	3	6	8
34	'01	9	25	2	6	21	0,0	72	28,0	03	297	4000	A07	764	1	55	1	39	100	7	16,021	34,799	14,0	15,5	14,0		4	20	18	2	6	8
35	'01	9	25	7	4	21	0,0	71	56,0	03	297	4300	A07	711	1	39	1	44	100	2	16,186	34,809	13,8	15,5	14,0	18	4	20	18	3	6	8
36	'01	9	25	12	4	21	0,0	71	24,0	03	297	>5000	A07	721	1	32	1	39	100	12	16,479	34,794	14,5	16,1	15,5	18	3	20	18	3	6	8
37	'01	9	25	17	4	21	0,0	70	52,5	03	297	3000	A07	640	1	36	1	41	100	5	16,314	34,777	12,6	18,5	16,5	12	3	20	16	3	6	8
38	'01	9	25	20	32	21	0,0	70	31,0	03	297	825	A07	778	1	51	2	1	100	12	16,957	34,785	13,0	18,0	16,0		2	20	18	1	6	8
39	'01	9	25	22	46	21	0,0	70	20,3	03	297	108	A07	760	1	51	1	52	100	17	16,813	34,771	13,5	16,5	14,5		2	20	18	1	6	8
40	'01	9	25	23	59	21	0,0	70	15,2	03	297	98	A07	613	1	52	1	24	80	18	16,480	34,701	15,0	16,5	15,0				0	0	6	8
41	'01	9	26	1	6	21	0,0	70	11,6	03	297	77	A07	545	1	39	1	47	70	20	15,134	34,790	15,2	15,5	15,0		1	19	19	1	6	8
42	'01	9	26	4	3	20	40,0	70	16,0	03	297	79	A07	441	1	22	1	13	70	2	15,636	34,836	15,0	15,0	14,0		1	19	19	2	6	8
43	'01	9	26	7	7	20	20,0	70	15,1	03	297	290	A07	641	1	46	1	45	100	13	15,928	34,817	15,2	15,0	14,0	6	1	19	19	0	6	8
44	'01	9	26	10	50	20	0,0	70	12,0	03	297	121	A07	545	1	52	1	39	100	2	16,032	34,729	16,8	16,0	14,8	6			0	0	6	8
45	'01	9	26	13	59	19	40,0	70	11,8	03	297	82	A07	506	1	17	1	4	70	3	15,978	34,869	14,8	21,0	18,0	5	1	20	16	1	6	6
46	'01	9	26	14	56	19	40,0	70	15,6	03	297	163	A07	726	1	52	1	41	100	18	17,082	34,817	14,0	20,0	18,0	11	1	20	16	2	6	6
47	'01	9	26	16	19	19	40,0	70	21,0	03	297	668	A07	708	1	57	1	33	100	22	17,740	35,066	13,0	17,5	15,5	9	1	20	16	3	6	7
48	'01	9	26	18	26	19	40,0	70	31,0	03	297	803	A07	689	1	37	1	38	100													

Tabla N° 3
 Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0112 - 449(4)01CP. Primavera 2001.

N° EST	FECHA			HORA		LAT		LONG		RED		PROF.	FLUJÓMETRO		CALADO		VIRADO		CABLE		TEMP(°C)	SALINI.	PRESIÓN		TEMP.AIRE		SECCHI	OLAS		VIENTO		NUBES	
	AA	MM	DD	HH	MIN GR	MIN GR	MIN GR	CÓDIGO	MALLA	ECOS.	COD.	N°FIN.	MIN	SEG	MIN	SEG	ARR.	ÁNG.	0m	0m	ATMOSF.	SECA	HÚMEDA	ALT.	DIR.	DIR.	VEL.	TIP.	CAN.				
1	'01	12	11	12	45	23	40,0	70	26,0	03	297	82	A07	460	1	13	1	17	75	7	19,709	34,688	11,0	23,0	20,0	5	2	23	21	3	6	3	
2	'01	12	11	13	43	23	40,0	70	30,0	03	297	140	A07	700	1	30	1	30	100	24	18,663	34,643	11,0	24,0	21,0	5	2	23	21	2	6	3	
3	'01	12	11	14	58	23	40,0	70	35,5	03	297	460	A07	608	1	19	1	34	100	19	18,737	34,580	10,3	23,0	21,5	6	2	23	21	4	6	3	
4	'01	12	11	17	3	23	40,0	70	46,0	03	297	2140	A07	830	1	44	1	37	100	19	18,634	34,616	7,5	24,0	22,0	6	3	23	21	3	6	3	
5	'01	12	11	20	57	23	40,0	71	8,0	03	297	4000	A07	1010	2	4	1	59	100	35	18,682	34,675	10,5	24,0	22,0		3	21	18	4	6	3	
6	'01	12	12	2	20	23	40,0	71	40,0	03	297	5000	A07	810	2	8	1	56	100	12	18,829	34,817	9,5	17,0	15,0		3	21	17	3	6	3	
7	'01	12	12	7	19	23	40,0	72	12,9	03	297	4300	A07	640	1	56	1	47	100	10	18,278	34,814	10,1	17,0	15,5	17	2	21	17	2	6	8	
8	'01	12	12	10	54	23	20,0	72	11,0	03	297	3993	A07	612	1	52	1	34	100	4	18,442	34,873	11,1	19,5	17,5	21	2	21	17	2	6	8	
9	'01	12	12	14	25	23	0,0	72	7,0	03	297	4300	A07	690	1	47	1	43	100	8	19,142	34,878	9,5	22,0	20,0	16	2	21	17	3	6	8	
10	'01	12	12	17	48	22	40,0	72	4,0	03	297	4200	A07	723	2	17	1	59	100	12	19,329	34,842	8,0	20,0	18,0	16	2	21	17	3	6	8	
11	'01	12	12	21	1	22	20,0	72	1,5	03	297	4190	A07	728	2	0	1	36	100	16	19,357	34,841	9,0	19,5	17,5		2	20	17	4	6	8	
12	'01	12	13	2	11	22	20,0	71	30,0	03	297	4000	A07	725	2	17	1	37	100	15	19,591	34,748	10,2	18,0	16,5		2	20	17	3	6	8	
13	'01	12	13	6	59	22	20,0	70	57,0	03	297	5000	A07	685	2	4	1	55	100	20	19,358	34,830	89,5	19,0	17,5	12	1	18	18	1	6	8	
14	'01	12	13	10	25	22	20,0	70	36,0	03	297	1581	A07	662	1	43	1	43	100	18	19,151	34,721	11,0	20,0	18,0	10	1	18	18	1	6	8	
15	'01	12	13	12	30	22	20,0	70	25,7	03	297	847	A07	650	1	45	1	55	100	3	18,464	34,678	11,0	22,0	19,5	9	1	18	0	0	7	7	
16	'01	12	13	13	50	22	20,0	70	20,4	03	297	387	A07	640	1	51	1	37	100	11	16,858	34,578	10,5	25,0	22,0	5	1	18	0	0	7	6	
17	'01	12	13	14	51	22	20,0	70	16,5	03	297	118	A07	660	1	47	1	43	100	24	15,885	34,584	10,0	25,5	23,0	4	1	18	18	1	7	6	
18	'01	12	13	17	42	22	20,0	70	14,0	03	297	150	A07	855	1	33	1	43	100	35	18,299	34,623	8,2	26,0	23,0	5	1	18	19	2	6	4	
19	'01	12	13	20	27	21	40,0	70	12,5	03	297	121	A07	720	2	12	2	0	100	26	17,601	34,770	8,5	19,0	17,5		1	18	19	2	6	8	
20	'01	12	13	23	15	21	20,0	70	9,5	03	297	100	A07	595	1	54	1	35	90	8	19,421	34,802	10,4	20,0	18,0		0	18	18	1	0	0	
21	'01	12	14	2	15	21	0,0	70	11,3	03	297	74	A07	397	1	53	1	23	60	2	16,207	34,800	11,0	18,0	16,5		1	19	16	1	6	2	
22	'01	12	14	3	13	21	0,0	70	15,3	03	297	92	A07	540	1	39	1	42	85	10	19,110	34,712	11,0	18,5	16,5		1	19	16	1	6	2	
23	'01	12	14	4	16	21	0,0	70	20,5	03	297	107	A07	610	2	16	1	42	95	20	19,587	34,686	10,5	18,5	16,0		1	19	16	1	6	2	
24	'01	12	14	5	58	21	0,0	70	31,0	03	297	814	A07	830	2	10	1	46	100	27	19,842	34,668	10,0	18,0	16,0		1	19	16	1	6	4	
25	'01	12	14	9	37	21	0,0	70	52,3	03	297	3000	A07	718	1	43	1	44	100	2	20,728	34,881	10,5	20,5	18,5	18	2	18	16	3	6	8	
26	'01	12	14	14	25	21	0,0	71	24,3	03	297	5500	A07	675	1	42	1	39	100	12	20,891	34,895	9,2	21,0	18,0	24	2	18	17	3	6	4	
27	'01	12	14	19	8	21	0,0	71	55,5	03	297	4345	A07	740	2	1	1	50	100	15	20,800	35,004	8,2	20,0	18,5	16	2	18	17	2	6	6	
28	'01	12	14	23	22	20	47,5	71	30,0	03	297	5279	A07	722	1	53	1	53	100	29	20,838	34,875	9,9	20,0	18,5		1	17	15	2	0	0	
29	'01	12	15	3	51	20	35,5	71	3,0	03	297	4000	A07	698	2	23	1	48	100	7	21,151	34,914	9,0	20,0	18,0		1	17	16	3	6	8	
30	'01	12	15	8	16	20	22,5	70	35,5	03	297	991	A07	710	1	55	1	58	100	20	21,063	34,949	9,3	20,0	19,0	10	2	18	14	3	6	8	
31	'01	12	15	16	40	19	40,0	70	11,5	03	297	75	A07	350	1	0	1	10	65	15	18,079	34,797	7,5	27,0	24,0	3	1	18	17	2	6	6	
32	'01	12	15	17	27	19	40,0	70	15,5	03	297	140	A07	710	1	41	1	48	100	26	18,131	34,762	8,0	27,0	24,0	4	1	18	17	1	6	6	
33	'01	12	15	18	30	19	40,0	70	20,3	03	297	620	A07	724	2	9	1	44	100	16	19,722	34,833	8,0	20,5	19,0	5	1	16	15	1	6	6	
34	'01	12	15	20	33	19	40,0	70	31,2	03	297	802	A07	735	1	52	1	54	100	17	22,014	35,079	9,0	20,0	19,0		1	15	10	1	6	8	
35	'01	12	15	23	58	19	40,0	70	52,3	03	297	2293	A07	670	2	13	1	58	100	5	22,134	35,264	10,0	20,0	19,0		1	13	12	2	0	0	
36	'01	12	16	4	49	19	40,0	71	24,0	03	297	6000	A07	685	2	4	2	28	100	4	21,573	34,946	8,0	18,0	16,0		1	13	12	3	6	8	
37	'01	12	16	9	45	19	40,0	71	55,5	03	297	4000	A07	730	2	0	1	52	100	14	21,744	35,148	8,5	21,0	18,5	17	1	13	12	3	6	8	
38	'01	12	16	12	58	19	21,0	71	58,0	03	297	5800	A07	650	1	46	2	1	100	7	21,944	35,230	8,0	24,0	21,0	16	1	13	17	3	6	6	
39	'01	12	16	15	49	19	2,5	72	0,0	03	297	6300	A07	705	2	4	1	55	100	17	21,626	34,965	6,0	27,0	24,0	14	1	16	16	3	6	4	
40	'01	12	16	18	56	18	42,0	72	2,0	03	297	6697	A07	735	1	58	1	58	100	2	21,646	34,964	5,3	28,5	25,5	9	2	16	15	3	6	6	
41	'01	12	16	21	50	18	25,0	72	4,0	03	297	5037	A07	745	1	59	2	4	100	11	21,893	34,986	7,0	22,0	19,5		0	15	13	0	6	4	
42	'01	12	17	2	49	18	25,0	71	32,5	03	297	2000	A07	695	2	11	1	51	100	5	21,349	34,982	7,0	21,0	19,0		1	15	16	0	6	4	
43	'01	12	17	7	34	18	25,0	71	1,1	03	297	996	A07	715	1	56	2	0	100	2	21,935	35,137	6,5	20,5	19,0	12	1	14	11	2	6	8	
44	'01	12	17	11	9	18	25,0	70	40,0	03	297	650	A07	755	1	52	1	50	100	21	20,106	34,915	8,0	20,5	19,5	8	1	14	0	0	6	8	
45	'01	12	17	13	16	18	25,0	70	30	03	297	108	A07	630	1	49	1	53	100	6	17,745	34,826	8,0	23,0	21,0	4	0	14	0	0	7	7	
46	'01	12	17	14	19	18	25,0	70	24,7	03	297	63	A07	470	1	4	0	55	55	9	17,477	35,170	8,0	23,0	21,0	4	0	14	0	0	7	7	
47	'01	12	17	14	45	18	25,0	70	21,5	03	297	18	A07	65	0	17	0	18	15	12	18,915	34,837	7,8	25,0	22,0	4	0	14	0	0	6	6	
Arica	'01	12	17	14	54	18	23,0	70	25,0	03	297	55	A07	335	0	58	1	1</															

Tabla N° 4

Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0202 - 451(1)02CP. Verano 2002.

N° EST	FECHA AA MM DD	HORA HH MIN GR	LAT MIN GR	LONG MIN	RED CÓDIGO	PROF. MALLA ECOS.	FLUJÓMETRO N°FIN.	CALADO MIN SEG	VIRADO MIN SEG	CABLE ARR. ÁNG.	TEMP(°C) 0m	SALINI. 0m	PRESIÓN ATMOSF.	TEMP.AIRE SECA HÚMEDA	SECCHI	OLAS ALT. DIR. DIR.	VIENTO VEL. TIP. CAN.	NUBES TIP. CAN.
1	'02 '02	28 20 27 23	40,0 70	26,0	03	297 85	A07 590	1 33	1 35	80 5	21,086	34,713	9,0 21,0 19,0		1 20 16 0 7 2			
2	'02 '02	28 21 28 23	40,0 70	30,0	03	297 141	A07 755	2 0	1 50	100 18	18,593	34,641	10,0 20,0 18,0		1 20 16 1 7 1			
3	'02 '02	28 22 42 23	40,0 70	35,0	03	297 459	A07 710	1 53	1 56	100 11	16,078	34,617	10,0 19,0 17,0		2 20 16 1 7 1			
4	'02 '03	1 0 58 23	40,0 70	46,0	03	297 2400	A07 820	1 59	1 51	100 32	19,746	34,615	11,0 19,0 17,0		2 20 16 1 7 1			
5	'02 '03	1 4 19 23	40,0 71	8,0	03	297 4800	A07 865	2 3	1 49	100 36	20,486	34,683	11,0 21,0 19,0		2 20 16 2 6 2			
6	'02 '03	1 9 14 23	40,0 71	40,0	03	297 4900	A07 740	1 51	1 52	100 16	22,886	34,964	11,0 21,0 19,0	23	3 21 21 3 6 1			
7	'02 '03	1 14 6 23	40,0 72	12,6	03	297 4300	A07 705	1 39	1 59	100 18	22,931	34,984	11,0 23,5 20,0	23	3 21 17 2 6 3			
8	'02 '03	1 17 23 23	20,0 72	10,0	03	297 4000	A07 690	1 57	1 52	100 13	23,676	35,038	9,0 25,0 22,0	20	3 22 21 3 6 4			
9	'02 '03	1 20 18 23	0,0 72	7,0	03	297 <4000	A07 780	1 54	1 44	100 21	23,424	35,012	11,0 22,0 19,0		3 22 21 3 6 5			
10	'02 '03	1 23 22 22	40,0 72	4,0	03	297 <4000	A07 725	1 56	1 51	100 9	23,790	35,159	11,0 20,0 18,0		2 21 21 2 6 3			
11	'02 '03	2 2 34 22	20,0 72	2,0	03	297 4200	A07 705	2 3	1 53	100 5	23,971	35,187	10,5 19,0 17,0		1 22 18 3 6 5			
12	'02 '03	2 7 29 22	20,0 71	30,0	03	297 <4000	A07 735	1 58	1 55	100 12	23,330	34,999	9,0 19,0 17,0		1 18 16 3 6 4			
13	'02 '03	2 12 15 22	20,0 70	57,7	03	297 5000	A07 738	1 42	1 43	100 22	22,860	34,970	9,2 25,0 23,0	20	2 18 17 4 6 2			
14	'02 '03	2 15 54 22	20,0 70	36,5	03	297 1255	A07 755	2 1	1 49	100 24	18,943	34,568	8,0 24,0 22,0	20	2 19 18 3 6 2			
15	'02 '03	2 18 4 22	20,0 70	25,5	03	297 837	A07 812	1 51	1 50	100 27	18,189	34,604	7,5 22,5 21,0	5	2 19 18 3 6 2			
16	'02 '03	2 19 44 22	20,0 70	20,0	03	297 780	A07 860	1 52	1 55	100 24	17,482	34,666	8,0 21,0 20,0	4	2 19 18 4 6 2			
17	'02 '03	2 21 7 22	20,0 70	16,0	03	297 115	A07 805	1 58	1 50	100 23	15,913	34,761	8,0 20,0 17,0		2 19 18 3 6 2			
18	'02 '03	3 0 11 22	0,0 70	15,0	03	297 446	A07 768	2 5	2 4	100 16	17,029	34,721	10,0 20,0 17,0		1 19 18 2 6 2			
19	'02 '03	3 3 12 21	40,0 70	12,0	03	297 116	A07 787	2 8	2 0	100 18	16,449	34,779	9,5 18,5 18,0		1 19 16 1 6 5			
20	'02 '03	3 6 25 21	20,0 70	12,0	03	297 112	A07 710	1 59	1 56	100 2	18,266	34,775	9,0 18,0 17,0		1 19 16 1 6 7			
21	'02 '03	3 9 19 21	0,0 70	12,0	03	297 79	A07 495	1 27	1 38	70 5	14,370	34,856	10,0 20,0 18,0	8	0 20 16 2 6 7			
22	'02 '03	3 10 20 21	0,0 70	15,0	03	297 92	A07 605	1 48	1 40	85 7	15,720	34,841	10,0 20,0 19,0	6	0 20 16 1 6 5			
23	'02 '03	3 11 38 21	0,0 70	21,0	03	297 109	A07 690	1 56	1 40	100 7	18,062	34,870	10,0 21,0 20,0	9	1 20 16 1 6 4			
24	'02 '03	3 13 28 21	0,0 70	31,2	03	297 818	A07 652	1 29	1 59	100 13	20,451	34,707	10,0 21,5 20,0	6	1 20 15 3 6 4			
25	'02 '03	3 16 54 21	0,0 70	52,4	03	297 3000	A07 705	2 4	1 59	100 19	22,068	34,817	8,0 22,0 21,0	15	2 20 15 3 6 2			
26	'02 '03	3 21 53 21	0,0 71	24,0	03	297 <3000	A07 755	1 49	1 44	100 17	23,355	34,982	9,5 20,0 18,0		2 20 16 3 6 8			
27	'02 '03	4 2 59 21	0,0 71	56,2	03	297 4300	A07 712	2 13	2 7	100 7	25,041	35,338	9,9 23,0 22,0		2 20 16 2 6 7			
28	'02 '03	4 7 49 20	47,3 71	30,0	03	297 <4300	A07 698	1 54	1 56	100 22	23,990	35,127	10,0 22,0 19,0		2 20 16 3 6 7			
29	'02 '03	4 12 41 20	35,5 71	3,0	03	297 4000	A07 780	1 41	1 56	100 26	22,359	34,784	10,5 25,5 23,0	17	2 20 16 3 6 3			
30	'02 '03	4 17 29 20	22,9 70	36,0	03	297 1008	A07 720	1 59	1 46	100 15	21,663	34,803	9,5 27,0 24,0	7	2 20 16 3 6 4			
31	'02 '03	5 2 8 19	40,0 70	12,0	03	297 85	A07 510	1 49	1 38	80 5	17,170	34,822	11,2 19,0 18,0		1 19 6 7			
32	'02 '03	5 3 4 19	40,0 70	15,5	03	297 156	A07 690	2 15	1 54	100 12	17,147	34,780	11,2 19,0 18,0		1 19 6 7			
33	'02 '03	5 4 30 19	40,0 70	21,0	03	297 660	A07 685	2 6	2 4	100 5	18,275	34,741	11,0 19,0 17,5		1 19 6 7			
34	'02 '03	5 6 44 19	40,0 70	30,0	03	297 800	A07 718	2 1	1 56	100 7	19,628	34,787	10,0 19,0 17,0		1 19 6 6			
35	'02 '03	5 10 23 19	40,0 70	52,3	03	297 2115	A07 695	1 38	2 4	100 9	19,631	34,788	10,0 21,0 19,0	8	2 19 6 2			
36	'02 '03	5 15 9 19	40,0 71	24,0	03	297 6000	A07 712	1 49	1 44	100 11	24,063	35,082	10,5 24,0 22,0	25	2 19 16 3 6 3			
37	'02 '03	5 20 4 19	40,0 71	56,0	03	297 <6000	A07 735	1 48	2 6	100 7	25,367	35,341	9,5 21,0 19,0		3 19 16 3 6 8			
38	'02 '03	5 23 19 19	21,0 71	58,0	03	297 <6000	A07 840	1 52	1 56	100 30	25,158	35,313	12,0 20,0 18,0		2 19 12 3 6 4			
39	'02 '03	6 2 11 19	2,5 72	0,0	03	297 6300	A07 705	1 45	1 45	100 12	24,822	35,233	11,0 24,0 22,0		2 19 20 3 6 8			
40	'02 '03	6 5 7 18	42,9 72	2,0	03	297 6600	A07 713	2 20	1 43	100 15	25,019	35,262	9,5 23,0 21,0		1 19 10 3 6 8			
41	'02 '03	6 8 7 18	25,0 72	4,2	03	297 <6000	A07 717	1 59	1 55	100 17	24,108	34,953	9,0 22,0 19,0	12	2 14 14 4 6 7			
42	'02 '03	6 13 13 18	25,0 71	32,5	03	297 2000	A07 745	2 0	1 41	100 17	24,607	35,202	9,2 27,0 24,0	12	2 13 13 4 6 6			
43	'02 '03	6 20 13 18	25,0 71	0,0	03	297 980	A07 697	1 57	1 47	100 14	24,897	35,262	8,0 20,0 19,0		2 18 18 2 6 5			
44	'02 '03	6 1 0 18	25,0 70	40,0	03	297 630	A07 815	2 6	2 7	100 35	22,632	34,962	9,5 20,0 18,0		2 18 13 3 6 5			
45	'02 '03	6 3 33 18	25,0 70	30	03	297 108	A07 725	2 9	1 46	100 23	20,805	34,842	9,0 19,5 17,0		2 18 13 1 6 5			
46	'02 '03	6 4 52 18	25,0 70	24,9	03	297 63	A07 462	1 22	1 16	55 13	20,102	34,827	9,0 19,5 18,0		1 18 13 1 6 5			
47	'02 '03	6 6 21 18	25,0 70	21,5	03	297 26	A07 55	0 34	0 35	20 7	22,082	34,304	9,0 19,0 17,0		1 18 13 1 6 5			
Arica	'02 '03	6 5 31 18	23,0 70	24,5	03	297 50	A07 245	1 0	1 17	45 5	20,028	34,783	8,0 20,0 19,0		1 18 12 1 6 6			
Iquique	'02 '03	4 21 38 20	11,0 70	10,0	03	297 69	A07 425	1 29	1 37	60 4	16,365	34,821	11,0 21,0 19,0		1 18 6 6			
Mejillones	'02 '02	28 4 43 23	1,0 70	23,0	03	297 84	A07 515	1 17	1 13	80 15	18,735	34,730	10,0 18,0 16,0		1 20 18 2 6 4			

Tabla N° 5 Categorías por densidad

Categoría	Intervalo	Calificación de Densidad (t/mn²)
I	1 - 75	Muy baja
II	76 - 150	Baja
III	151 - 300	Densa
IV	301 - >	Muy densa

TABLA 6

Máximas y mínimas de las variables monitoreadas en los cruceros estacionales realizados entre mayo 2001 y febrero 2002.

Período Crucero	VARIABLE OBSERVADA	MÍNIMO						MÁXIMO					
		VALOR	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	TRANSECTA	D. COSTA (mn)	VALOR	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	TRANSECTA	D. COSTA (mn)
O T O Ñ O	temperatura superficial (°C)	14,1	3	23 ° 40' S	70 ° 35' W	1	10	20,7	41	18 ° 25' S	72 ° 4' W	5	100
	salinidad superficial (psu)	34,45	4	23 ° 40' S	70 ° 46' W	1	20	35,37	41	18 ° 25' S	72 ° 4' W	5	100
	densidad superficial (sigma-t)	24,81	39	19 ° 2' S	72 ° 1' W	int 4-5	100	29,95	200	20 ° 11' S	70 ° 10' W	fij Iqui	1
	anomalía de temperatura sup. (°C)	-2,44	20	21 ° 20' S	70 ° 8' W	int 2-3	2	1,08	44	18 ° 25' S	70 ° 40' W	5	20
	anomalía de salinidad sup. (psu)	-0,33	25	21 ° 0' S	70 ° 52' W	3	40	0,2	44	18 ° 25' S	70 ° 40' W	5	20
	prof. Isoterma de 15°C (m)	0	3-4-200	*				73	9	23 ° 0' S	72 ° 8' W	int 1-2	100
	anomalía prof. Isoterma de 15°C (m)	-28	37	19 ° 40' S	71 ° 56' W	4	100	14	6-9	*			
	oxígeno disuelto superficial (mL/L)	3,71	47	18 ° 25' S	70 ° 22' W	5	1	7,06	1	23 ° 40' S	70 ° 26' W	1	1
	espesor de la capa de mezcla (m)	0	19-20-32	*				48	9	23 ° 0' S	72 ° 8' W	int 1-2	100
	profundidad final termoclina (m)	6	21	21 ° 0' S	70 ° 12' W	3	1	78	9	23 ° 0' S	72 ° 8' W	int 1-2	100
	temperatura final termoclina (°C)	12,57	3	23 ° 40' S	70 ° 35' W	1	10	17,68	35	19 ° 40' S	70 ° 52' W	4	40
	espesor de la termoclina (m)	0	4-31-32-47-200	*				24	36	19 ° 40' S	71 ° 24' W	4	70
	gradiente promedio termoclina (°C/m)	0,13	14-19	*				0,6	29	20 ° 35' S	71 ° 3' W	int 3-4	48
	prof. gradiente. máximo de la termocl (m)	6	1-22-21-22	*				64	9	23 ° 0' S	72 ° 8' W	int 1-2	100
máximo gradiente termoclina (°C/m)	0,14	19	21 ° 40' S	70 ° 11' W	int 2-3	2	2,1	37	19 ° 40' S	71 ° 56' W	4	100	
I N V I E R N O	temperatura superficial (°C)	13,425	1	24 ° 20' S	70 ° 34' W	0	1	17,74	47	19 ° 40' S	70 ° 21' W	4	10
	salinidad superficial (psu)	34,517	8	24 ° 0' S	72 ° 17' W	inter 0-1	100	35,085	52	19 ° 24' S	71 ° 59' W	int 4-5	97
	densidad superficial (sigma-t)	25,33	56	18 ° 25' S	71 ° 33' W	5	70	26,061	1	24 ° 20' S	70 ° 34' W	0	1
	anomalía de temperatura sup. (°C)	-1,56	1	24 ° 20' S	70 ° 34' W	0	1	1,38	15	23 ° 40' S	70 ° 26' W	1	1
	anomalía de salinidad sup. (psu)	-0,28	6	24 ° 20' S	71 ° 48' W	0	70	0,29	28	22 ° 20' S	73 ° 46' W	2	200
	prof. Isoterma de 15°C (m)	0	6-200	*				106	28	22 ° 20' S	73 ° 46' W	2	200
	anomalía prof. Isoterma de 15°C (m)	-44	26	22 ° 20' S	72 ° 34' W	2	130	43	7	24 ° 20' S	72 ° 21' W	0	100
	oxígeno disuelto superficial (mL/L)	4	5	24 ° 20' S	71 ° 16' W	0	40	7,07	47	19 ° 40' S	70 ° 21' W	4	10
	espesor de la capa de mezcla (m)	1	59-200	*				72	28	22 ° 20' S	73 ° 46' W	2	200
	profundidad final termoclina (m)	8	2	24 ° 20' S	70 ° 38' W	0	5	113	28	22 ° 20' S	73 ° 46' W	2	200
	temperatura final termoclina (°C)	11,97	12	23 ° 40' S	70 ° 46' W	1	20	16,91	48	19 ° 40' S	70 ° 31' W	4	20
	espesor de la termoclina (m)	2	10-13-21	*				31	12	23 ° 40' S	70 ° 46' W	1	20
	gradiente promedio termoclina (°C/m)	0,1	9	23 ° 40' S	72 ° 12' W	1	100	0,39	35	21 ° 0' S	71 ° 56' W	3	100
	prof. gradiente. máximo de la termocl (m)	5	19	22 ° 20' S	70 ° 17' W	2	1	107	28	22 ° 20' S	73 ° 46' W	2	200
máximo gradiente termoclina (°C/m)	0,14	2	24 ° 20' S	70 ° 38' W	0	5	0,85	26	22 ° 20' S	72 ° 34' W	2	130	
P R I M A V E R A	temperatura superficial (°C)	15,885	17	22 ° 20' S	70 ° 17' W	2	1	22,134	35	19 ° 40' S	70 ° 52' W	4	40
	salinidad superficial (psu)	34,578	16	22 ° 20' S	70 ° 20' W	2	5	35,264	35	19 ° 40' S	70 ° 52' W	4	40
	densidad superficial (sigma-t)	24,237	41	18 ° 25' S	72 ° 4' W	5	100	25,56	200	20 ° 11' S	70 ° 11' W	fij Iqui	2
	anomalía de temperatura sup. (°C)	-3	21	21 ° 0' S	70 ° 11' W	3	1	2,94	1	23 ° 40' S	70 ° 26' W	1	1
	anomalía de salinidad sup. (psu)	-0,36	24	21 ° 0' S	70 ° 31' W	3	20	0,25	46	18 ° 25' S	70 ° 25' W	5	5
	prof. Isoterma de 15°C (m)	5	200	20 ° 11' S	70 ° 11' W	fij Iqui	2	80	6	23 ° 40' S	71 ° 40' W	1	70
	anomalía prof. Isoterma de 15°C (m)	-26	40	18 ° 42' S	72 ° 2' W	int 4-5	100	30	6	23 ° 40' S	71 ° 40' W	1	70
	oxígeno disuelto superficial (mL/L)	5,39	21	21 ° 0' S	70 ° 11' W	3	1	8,35	1	23 ° 40' S	70 ° 26' W	1	1
	espesor de la capa de mezcla (m)	0	22-32-46	*				29	7	23 ° 40' S	72 ° 13' W	1	100
	profundidad final termoclina (m)	9	18	22 ° 0' S	70 ° 14' W	int 2-3	4	87	6	23 ° 40' S	71 ° 40' W	1	70
	temperatura final termoclina (°C)	12,5	3	23 ° 40' S	70 ° 36' W	1	10	16,4	8	23 ° 20' S	72 ° 11' W	int 1-2	100
	espesor de la termoclina (m)	2	17	22 ° 20' S	70 ° 17' W	2	1	58	38	19 ° 21' S	71 ° 58' W	int 4-5	100
	gradiente promedio termoclina (°C/m)	0,07	6	23 ° 40' S	71 ° 40' W	1	70	0,7	100	23 ° 1' S	70 ° 23' W	fij Mej	2
	prof. gradiente. máximo de la termocl (m)	4	16-200-300	*				52	8	23 ° 20' S	72 ° 11' W	int 1-2	100
máximo gradiente termoclina (°C/m)	0,27	17	22 ° 20' S	70 ° 17' W	2	1	1,67	34	19 ° 40' S	70 ° 31' W	4	20	
V E R A Ñ O	temperatura superficial (°C)	14,37	21	21 ° 0' S	70 ° 12' W	3	1	25,367	37	19 ° 40' S	71 ° 56' W	4	100
	salinidad superficial (psu)	34,304	47	18 ° 25' S	70 ° 21' W	5	1	35,341	37	19 ° 40' S	71 ° 56' W	4	100
	densidad superficial (sigma-t)	23,486	37	19 ° 40' S	71 ° 56' W	4	100	25,998	21	21 ° 0' S	70 ° 12' W	3	1
	anomalía de temperatura sup. (°C)	-5,27	21	21 ° 0' S	70 ° 12' W	3	1	3,09	1	23 ° 40' S	70 ° 26' W	1	1
	anomalía de salinidad sup. (psu)	-0,62	47	18 ° 25' S	70 ° 21' W	5	1	0,09	27-43	*			
	prof. Isoterma de 15°C (m)	-5	21	21 ° 0' S	70 ° 12' W	3	1	81	10	22 ° 40' S	72 ° 4' W	int 1-2	100
	anomalía prof. Isoterma de 15°C (m)	-34	21	21 ° 0' S	70 ° 12' W	3	1	15	7	23 ° 40' S	72 ° 13' W	1	100
	oxígeno disuelto superficial (mL/L)	1,68	21	21 ° 0' S	70 ° 12' W	3	1	9,666	100	23 ° 1' S	70 ° 23' W	fij Mej	1
	espesor de la capa de mezcla (m)	0	32	19 ° 40' S	70 ° 15' W	4	5	26	39	19 ° 3' S	72 ° 0' W	int 4-5	100
	profundidad final termoclina (m)	9	18	22 ° 0' S	70 ° 15' W	int 2-3	1	70	8-38	*			
	temperatura final termoclina (°C)	13,32	38	19 ° 21' S	71 ° 58' W	int 4-5	100	19,67	11	22 ° 20' S	72 ° 2' W	2	100
	espesor de la termoclina (m)	2	21	21 ° 0' S	70 ° 12' W	3	1	46	38	19 ° 21' S	71 ° 58' W	int 4-5	100
	gradiente promedio termoclina (°C/m)	0,12	22	21 ° 0' S	70 ° 15' W	3	5	1,07	11	22 ° 20' S	72 ° 2' W	2	100
	prof. gradiente. máximo de la termocl (m)	5	100	23 ° 1' S	70 ° 23' W	fij Mej	1	39	8	23 ° 20' S	72 ° 10' W	int 1-2	100
máximo gradiente termoclina (°C/m)	0,15	21-22	*				1,88	39	19 ° 3' S	72 ° 0' W	int 4-5	100	

* Ver tablas 1, 2, 3 y 4.

Tabla 7.
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 8.
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)
Ultraoligotrofia	< 0,2
Oligotrofia	> 0,2 a < 0,5
Mesotrofia	> 0,5 a < 1,0
Eutrofia	> 1,0

Tabla N° 9

DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIAS NUMERICAS DE HUEVOS DE PECES CRUCEROS TRIMESTRALES MOBIO 2001/2002.

ESPECIE	CRUCERO	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE HUEVOS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIAS NUMERICAS %
Sardinops sagax	OTOÑO	1	115	2	115	2,1	0,2
	INVIERNO	3	807	13	269	4,9	0,3
	PRIMAVERA	0					
	VERANO	1	60	1	60	2,1	0,0
	TOTAL	5	982	5	196	2,5	0,1
Engraulis ringens	OTOÑO	9	51353	1093	5706	19,1	86,2
	INVIERNO	14	287271	4709	20519	23,0	93,4
	PRIMAVERA	11	59288	1261	5390	23,4	72,2
	VERANO	15	131361	2795	8757	31,9	62,8
	TOTAL	49	529273	2620	10801	24,3	80,4
Trachurus murphyi	OTOÑO	0					
	INVIERNO	0					
	PRIMAVERA	1	38	1	38	2,1	0,0
	VERANO	2	68	1	34	4,3	0,0
	TOTAL	3	106	1	35	1,5	0,0
Scomber japonicus	OTOÑO	0					
	INVIERNO	0					
	PRIMAVERA	2	146	3	73	4,3	0,2
	VERANO	0					
	TOTAL	2	146	1	73	1,0	0,0
Otras especies	OTOÑO	26	8113	173	312	55,3	13,6
	INVIERNO	45	19579	321	435	73,8	6,4
	PRIMAVERA	30	22604	481	753	63,8	27,5
	VERANO	26	77757	1654	2991	55,3	37,2
	TOTAL	127	128053	634	1008	62,9	19,4
Total Huevos	OTOÑO	31	59582	1268	1922	66,0	100,0
	INVIERNO	48	307657	5044	6410	78,7	100,0
	PRIMAVERA	38	82075	1746	2160	80,9	100,0
	VERANO	37	209245	4452	5655	78,7	100,0
	TOTAL	154	658559	3260	4276	76,2	100,0

Tabla N° 10

DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMERICA DE LARVAS DE PECES CRUCEROS TRIMESTRALES MOBIO 2001/2002.

ESPECIE	CRUCERO	NUMERO	NUMERO	DENSIDAD	DENSIDAD	CONSTANCIA	DOMINANCIA
		ESTACIONES POSITIVAS	DE LARVAS	PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	FRECUENCIA %	NUMERICA %
Sardinops sagax	OTOÑO	1	39	1	39	2,1	0,0
	INVIERNO	5	4052	66	810	8,2	5,5
	PRIMAVERA	0					
	VERANO	1	60	1	60	2,1	0,1
	TOTAL	7	4151	21	593	3,5	1,4
Engraulis ringens	OTOÑO	22	74386	1583	3381	46,8	72,9
	INVIERNO	28	51109	838	1825	45,9	68,9
	PRIMAVERA	21	17870	380	851	44,7	54,3
	VERANO	21	27510	585	1310	44,7	32,1
	TOTAL	92	170875	846	1857	45,5	58,0
Trachurus murphyi	OTOÑO	0					
	INVIERNO	0					
	PRIMAVERA	1	40	1	40	2,1	0,1
	VERANO	0					
	TOTAL	1	40	0	40	0,5	0,0
Scomber japonicus	OTOÑO	0					
	INVIERNO	0					
	PRIMAVERA	1	254	5	254	2,1	0,8
	VERANO	1	36	1	36	2,1	0,0
	TOTAL	2	290	1	145	1,0	0,1
Otras especies	OTOÑO	41	27638	588	674	87,2	27,1
	INVIERNO	57	19040	312	334	93,4	25,7
	PRIMAVERA	42	14732	313	351	89,4	44,8
	VERANO	39	58089	1236	1489	83,0	67,8
	TOTAL	179	119499	592	668	88,6	40,5
Total Larvas	OTOÑO	47	102063	2172	2172	100,0	100,0
	INVIERNO	59	74201	1216	1258	96,7	100,0
	PRIMAVERA	45	32896	700	731	95,7	100,0
	VERANO	47	85695	1823	1823	100,0	100,0
	TOTAL	198	294855	1460	1489	98,0	100,0

Tabla N° 11

Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de anchoveta, *Engraulis ringens*. Cruceros trimestrales Otoño 2001 - Verano 2002.

Huevos	Otoño 2001	Invierno 2001	Primavera 2001	Verano 2002
N°Total Estaciones	47	61	47	47
N° Estaciones positivas	9	14	11	15
Abundancia (H/10m ²)	51353	287271	59288	131361
Mínimo	42	43	37	69
Máximo	22475	96149	20579	88226
Std.Dev	9443,66	32208,02	7469,45	22348,76
Media Est. Positivas	5706	20519	5390	8757
Media Est. Totales)	1093	4709	1261	2795
Constancia	19,15	22,95	23,40	31,91
Dominancia numérica	86,19	93,37	72,24	62,78
CV(%)	1,66	1,57	1,39	2,55

Larvas	Otoño 2001	Invierno 2001	Primavera 2001	Verano 2002
N°Total Estaciones	47	61	47	47
N° Estaciones positivas	22	28	21	21
Abundancia (L/10m ²)	74386	51109	17870	27510
Mínimo	32	32	30	35
Máximo	60789	8592	4133	7153
Std.Dev	12850,4	2338,83	1208,85	1869,64
Media Est. Positivas	3381	1825	851	1310
Media Est. Totales)	1583	838	380	585
Constancia	46,81	45,90	44,68	44,68
Dominancia numérica	72,88	68,88	54,32	32,10
CV(%)	3,80	1,28	1,42	1,43

Tabla N° 12

Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de sardina, *Sardinops sagax*. Cruceros trimestrales Otoño 2001 - Verano 2002.

Huevos	Otoño 2001	Invierno 2001	Primavera 2001	Verano 2002
N°Total Estaciones	47	61	47	47
N° Estaciones positivas	1	3	0	1
Abundancia (H/10m ²)	115	807		60
Mínimo		48		
Máximo		486		
Std.Dev		218,85		
Media Est. Positivas	115	269		60
Media Est. Totales)	2	13		1
Constancia	2,13	4,92		2,13
Dominancia numérica	0,19	0,26		0,03
CV(%)		0,81		

Larvas	Otoño 2001	Invierno 2001	Primavera 2001	Verano 2002
N°Total Estaciones	47	61	47	47
N° Estaciones positivas	1	5	0	1
Abundancia (L/10m ²)	39	4052		60
Mínimo		44		
Máximo		2632		
Std.Dev		1110,76		
Media Est. Positivas	39	810		60
Media Est. Totales)	1	66		1
Constancia	2,13	8,20		2,13
Dominancia numérica	0,04	5,46		0,07
CV(%)		1,37		

Tabla N° 13

Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de jurel, *Trachurus murphyi*. Cruceros trimestrales Otoño 2001 - Verano 2002.

Huevos	Otoño 2001	Invierno 2001	Primavera 2001	Verano 2002
N°Total Estaciones	47	61	47	47
N° Estaciones positivas	0	0	1	2
Abundancia (H/10m ²)			38	68
Mínimo				33
Máximo				34
Std.Dev				0,6
Media Est. Positivas			38	34
Media Est. Totales)			1	1
Constancia			2,13	4,26
Dominancia numérica			0,05	0,03
CV(%)				0,02

Larvas	Otoño 2001	Invierno 2001	Primavera 2001	Verano 2002
N°Total Estaciones	47	61	47	47
N° Estaciones positivas	0	0	1	0
Abundancia (L/10m ²)			40	
Mínimo				
Máximo				
Std.Dev				
Media Est. Positivas			40	
Media Est. Totales)			1	
Constancia			2,13	
Dominancia numérica			0,12	
CV(%)				

Tabla N° 14

Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de caballa, *Scomber japonicus*. Cruceros trimestrales Otoño 2001 - Verano 2002.

Huevos	Otoño 2001	Invierno 2001	Primavera 2001	Verano 2002
N°Total Estaciones	47	61	47	47
N° Estaciones positivas	0	0	2	0
Abundancia (H/10m ²)			146	
Mínimo			37	
Máximo			109	
Std.Dev			50,82	
Media Est. Positivas			73	
Media Est. Totales)			3	
Constancia			4,26	
Dominancia numérica			0,18	
CV(%)			0,70	

Larvas	Otoño 2001	Invierno 2001	Primavera 2001	Verano 2002
N°Total Estaciones	47	61	47	47
N° Estaciones positivas	0	0	1	1
Abundancia (L/10m ²)			254	36
Mínimo				
Máximo				
Std.Dev				
Media Est. Positivas			254	36
Media Est. Totales)			5	1
Constancia			2,13	2,13
Dominancia numérica			0,77	0,04
CV(%)				

Tabla N° 15
Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica
en otoño de 1986 - 2001.

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

Tabla N° 16
Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica
en otoño de 1986 - 2001.

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

Tabla N° 17
Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica
en invierno de 1984 - 2001.

Año	Indice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
84	1,61E+11	2,15E+21	0,0797	7,00E+10	2,52E+11
85	2,16E+13	6,29E+25	0,1265	6,05E+12	3,72E+13
86	6,40E+12	1,36E+24	0,0327	4,11E+12	8,68E+12
87	1,68E+12	2,11E+23	0,0721	7,80E+11	2,58E+12
88	4,19E+12	5,96E+23	0,0334	2,77E+12	5,61E+12
89	8,86E+12	8,33E+24	0,1009	3,54E+12	1,42E+13
90	3,15E+12	1,21E+24	0,1151	1,00E+12	5,30E+12
91	8,16E+11	3,67E+22	0,0537	4,40E+11	1,19E+12
92	3,29E+12	3,19E+23	0,0290	2,18E+12	4,40E+12
93	8,08E+12	7,04E+23	0,0107	6,44E+12	9,73E+12
94	1,84E+13	1,07E+25	0,0311	1,20E+13	2,48E+13
95	5,09E+12	8,32E+23	0,0316	3,31E+12	6,88E+12
96	5,42E+12	7,03E+24	0,2146	2,21E+11	1,06E+13
97	6,84E+12	4,37E+24	0,0893	2,74E+12	1,09E+12
98	1,20E+12	4,47E+23	0,2703	-1,11E+11	2,51E+12
99	3,62E+12	2,40E+24	0,1682	5,84E+11	6,65E+12
'00	4,18E+12	8,47E+23	0,0473	2,37E+12	5,98E+12
'01	2,47E+12	4,89E+23	0,0771	1,10E+12	3,84E+12

Tabla N° 18
Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica
en invierno de 1983 - 2001.

Año	Indice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
83	1,74E+12	3,92E+23	0,1218	5,13E+11	2,97E+12
84	6,08E+11	2,77E+11	0,0000	2,81E+11	9,34E+11
85	2,43E+11	7,71E+21	0,1227	7,05E+10	4,15E+11
86	8,40E+11	5,56E+22	0,0758	3,77E+11	1,30E+12
87	6,38E+11	1,41E+23	0,2974	-9,76E+10	1,37E+12
88	5,22E+11	2,19E+22	0,0773	2,32E+11	8,12E+11
89	3,03E+11	9,61E+21	0,0996	1,11E+11	4,95E+11
90	2,34E+11	5,46E+21	0,0951	8,97E+10	3,79E+11
91	4,60E+10	8,73E+20	0,3454	-1,17E+10	1,04E+11
92	1,70E+11	1,34E+21	0,0453	9,82E+10	2,41E+11
93	1,07E+11	2,08E+21	0,1669	1,76E+10	1,96E+11
94	1,24E+11	2,08E+21	0,1269	3,43E+10	2,13E+11
95	4,90E+10	1,96E+20	0,0785	2,15E+10	7,64E+10
96	2,00E+10	1,93E+20	0,3937	-7,29E+09	4,72E+10
97	3,30E+10	5,83E+20	0,4288	-1,40E+10	8,06E+10
98	2,90E+10	4,17E+20	0,4027	-1,09E+10	6,91E+10
99	1,58E+11	1,47E+22	0,4630	-7,91E+10	3,96E+11
'00	5,10E+10	1,72E+21	0,5076	-3,06E+10	1,32E+11
'01	1,82E+11	1,67E+22	0,4082	-7,14E+10	4,35E+11

Tabla N° 19
Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica
en primavera de 1985 - 2001.

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
85	1,98E+12	2,48E+23	0,0616	9,99E+11	2,95E+12
86	1,61E+12	2,72E+23	0,0997	5,89E+11	2,63E+12
87	1,91E+11	9,91E+21	0,2403	-3,76E+09	3,86E+11
88	1,75E+12	8,24E+23	0,2380	-2,86E+10	3,53E+12
90	5,02E+11	2,40E+22	0,0910	1,99E+11	8,06E+11
91	2,17E+11	1,16E+22	0,2202	5,77E+09	4,29E+11
92	7,54E+11	7,25E+22	0,1200	2,26E+11	1,28E+12
93	3,25E+11	8,01E+21	0,0731	1,50E+11	5,01E+11
96	2,69E+12	1,98E+24	0,2417	-6,37E+10	5,45E+12
97	9,74E+11	1,35E+23	0,1330	2,53E+11	1,69E+12
98	1,20E+12	2,69E+23	0,1702	1,87E+11	2,22E+12
99	5,15E+12	1,20E+25	0,3731	-1,63E+12	1,19E+13
'00	1,08E+12	1,19E+23	0,0971	4,06E+11	1,76E+12
'01	1,24E+12	2,17E+23	0,1328	3,23E+11	2,15E+12

Tabla N° 20
Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica
en primavera de 1983 - 2001.

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
83	4,60E+10	7,40E+20	0,2999	-7,19E+09	9,98E+10
85	1,15E+11	2,93E+21	0,2001	8,49E+09	2,21E+11
86	1,31E+12	1,23E+23	0,0695	6,20E+11	1,99E+12
87	8,52E+11	1,64E+23	0,2037	5,83E+10	1,65E+12
88	2,28E+11	8,39E+21	0,1496	4,80E+10	4,07E+11
90	4,20E+10	3,27E+20	0,1701	6,13E+09	7,70E+10
91	1,32E+11	2,92E+21	0,1549	2,65E+10	2,38E+11
92	9,70E+10	1,43E+21	0,1415	2,30E+10	1,71E+11
97	6,50E+10	1,32E+21	0,2719	-6,52E+09	1,36E+11
98	2,20E+10	1,60E+20	0,2856	-2,68E+09	4,69E+10
99	2,32E+11	4,88E+22	0,6454	-2,01E+11	6,65E+11
'00	5,00E+09	2,32E+19	0,6565	-4,62E+09	1,43E+10
'01					

Tabla N° 21
Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica
en verano de 1987 - 2002.

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

Tabla N° 22
Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica
en verano de 1987 - 2002.

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

Tabla N° 23
Estimaciones de la densidad media, varianza y coeficiente de variación de la
abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Cruceros estacionales MOBIO

Huevos	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Media Est. Totales	1093	4709	1261	2795
V(media Est totales)	439579,64	4925519,5	371272,9	3596568,0
CV(%)	60,68%	47,13%	48,30%	67,85%
Media D. Delta	1266	11554	1784	2995
V(Media D. Delta)	906949,3	101597947,4	1547747,1	4404264,1
CV(%)	75,24%	87,24%	69,72%	70,08%

Larvas	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Media Est. Totales	1583	838	380	585
V(media Est totales)	1665852,6	54142,7	17409,07717	41557,5
CV(%)	81,55%	27,77%	34,70%	34,83%
Media D. Delta	748	1302	443	708
V(Media D. Delta)	160897,6	431617,4	43183,5	128220,8
CV(%)	53,62%	50,45%	46,86%	50,58%

Tabla N° 24
Número de huevos de sardina y anchoveta colectados con red CaIVET y sistema CUFES
en invierno de 2001.

	En Estación				En Ruta	
	Sardina		Anchoveta		Sardina	Anchoveta
	CUFES	CaIVET	CUFES	CaIVET	CUFES	CUFES
<i>N° Estación</i>	63	63	63	63	544	544
<i>N° Est (+)</i>	3	2	7	8	12	38
<i>N°Huevos</i>	6	3	1084	1343	51	4240
<i>Promedio</i>	2	2	155	168	4	112
<i>Mínimo</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Máximo</i>	3	2	824	385	31	1369
<i>DE</i>	1,00	0,71	299,94	146,87	8,85	274,63
<i>CV(%)</i>	0,50	0,47	1,94	0,87	2,08	2,46

Tabla N° 25
Número de huevos de sardina y anchoveta colectados con red CaIVET y sistema CUFES
en verano de 2002.

	En Estación				En Ruta	
	Sardina		Anchoveta		Sardina	Anchoveta
	CUFES	CaIVET	CUFES	CaIVET	CUFES	CUFES
<i>N° Estación</i>			29	29	149	149
<i>N° Est (+)</i>			6	13	3	44
<i>N°Huevos</i>			144	483	156	1601
<i>Promedio</i>			24	37	52	36
<i>Mínimo</i>			1	2	1	1
<i>Máximo</i>			113	247	148	427
<i>DE</i>			44,08	67,51	83	83,84
<i>CV(%)</i>			1,84	1,82	1,60	2,30

Tabla N° 26
Ecuaciones de calibración para huevos de anchoveta colectados con red CalVET y sistema CUFES
en invierno de 2001.

	Malla(μ)		No Transformado Ecuación	r ²
	CalVET (150)	CUFES(500)		
<i>Engraulis ringens</i>			CUFES = 0,169 * CalVET + 5,845 (-0,33 - 0,69) (-5,36 - 17,14)	0,007
			Transformado Ecuación	
<i>Engraulis ringens</i>			ln(CUFES+1) = 0,563 *ln(CalVET+1) + 0,087 (0,38 - 0,75) (-0,12 - 0,30)	0,42

Valores entre paréntesis límites de confianza de los parámetros estimados (95%)

Tabla N° 27
Ecuaciones de calibración para huevos de anchoveta colectados con red CalVET y sistema CUFES
en verano de 2002.

	Malla(μ)		No Transformado Ecuación	r ²
	CalVET (150)	CUFES(500)		
<i>Engraulis ringens</i>			CUFES = -0,018 *CalVET +4,142 (-0,16 - 0,12) (-2,53 - 10,81)	0,003
			Transformado Ecuación	
<i>Engraulis ringens</i>			ln(CUFES+1) = -0,020*CalVET+0,402 (-0,32 - 0,28) (-0,06 - 0,86)	0,001

Valores entre paréntesis límites de confianza de los parámetros estimados (95%)

Tabla N° 28
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 N° 29
Densidad y máximos y mínimos del ictioplancton de anchoveta, sardina, jurel y caballa,
detectado en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones entre abril de 2001 y mayo de 2002.

ESPECIE	ARICA					IQUIQUE					MEJILLONES				
	N° Est.	Densidad	Min	Max	Promedio	N° Est.	Densidad	Min	Max	Promedio	N° Est.	Densidad	Min	Max	Promedio
HUEVOS ANCHOVETA	12	348.282	45	147991	26962	7	51988	43	39919	7427	11	309218	105	162606	28111
LARVAS ANCHOVETA	10	12.647	34	4895	1161	7	13090	74	7904	1870	9	21372	32	8648	2375
HUEVOS SARDINA	0					1	171	171	171	171	4	1	29	1009	328
LARVAS SARDINA	0					2	233	62	171	116	0				
HUEVOS JUREL	0					0					0				
LARVAS JUREL	0					0					0				
HUEVOS CABALLA	0					0					0				
LARVAS CABALLA	0					0					0				

Tabla N° 30

Abundancia de los grupos zooplanctónicos analizados en la zona costera y oceánica, durante los cruces estacionales de monitoreo. Mayo 2001 - Febrero 2002.

Grupos Taxonómicos	Otoño					Invierno					Primavera					Verano				
	ZONA COSTERA					ZONA COSTERA					ZONA COSTERA					ZONA COSTERA				
	N° Est. Positivas	N° Total Indiv.	Minimo	Maximo	Promedio	N° Est. Positivas	N° Total Indiv.	Minimo	Maximo	Promedio	N° Est. Positivas	N° Total Indiv.	Minimo	Maximo	Promedio	N° Est. Positivas	N° Total Indiv.	Minimo	Maximo	Promedio
Copépodos	24	21032982	157549	3706782	876374	26	11163043	45460	1527046	429348	24	29252617	97672	4675468	1218859	24	20784051	127420	2614826	866002
Eufáusidos	24	102860	533	18063	4286	26	622317	288	318613	23935	22	70393	633	15657	3200	24	101652	600	16474	4235
Ostrácodos	24	134926	1276	24277	5622	21	101485	730	32330	4833	20	92896	589	16504	4645	18	47216	527	6425	2623
Cladóceros											8	56456	533	32288	7057	8	500817	508	458659	62602
Lar.Decápodos	24	18281	78	7074	762	21	42170	288	9540	2008	22	320322	614	192791	14560	14	164593	527	113492	11757
Anfípodos	8	5471	41	3537	684	8	51267	307	34596	6408	12	268072	589	204665	22339	6	7062	508	2802	1177
Estomatópodos	6	350	38	79	58	8	4579	288	872	572	3	14950	630	13644	4983	1	573	573	573	573
Medusas	23	3198	32	718	139	21	49376	576	7148	2351	20	56923	533	7475	2846	14	53981	508	19105	3856
Sifonóforos	21	1934	32	287	92	25	79188	288	9540	3168	22	111720	533	23295	5078	23	705772	576	300229	30686
Ctenóforos	0	0	0	0		1	288	288	288	288	2	2432	589	1843	1216	7	16384	538	9691	2341
Quetognatos	24	31009	87	14148	1292	22	366652	2348	54804	16666	21	301335	1242	49001	14349	19	486580	538	140292	25609
Poliquetos	23	30231	36	7074	1314	25	236311	861	84057	9452	23	502896	1889	200117	21865	24	472316	1164	75508	19680
Pterópodos	22	14974	44	10611	681	19	44159	287	5186	2324	11	98620	941	59204	8965	11	18605	508	4571	1691
Salpas	23	5829	33	747	253	7	4853	307	1373	693	6	23736	1255	9214	3956	1	508	508	508	508
Doliólidos	17	2448	44	376	144	12	25088	574	7491	2091	11	32847	607	12286	2986	5	5609	602	2032	1122
Apendicularias	23	326835	123	300642	14210	26	376399	544	80134	14477	24	646378	733	160659	26932	18	321620	1016	197713	17868
Radiolarios	13	25531	699	3675	1964	0	0	0	0		1	607	607	607	607		0	0	0	#jDIV/0!
L.cifonautas	20	11037	77	2371	552	24	43274	272	4895.61	1803.08	23	156783	533	27288.72	6816.65	20	393513.3161	538.1267955	71037	19676
N° Total Est.	24					26					24					24				
N° Total Ind.	21747896					13210449					32009983					24080851				

Grupos Taxonómicos	ZONA OCEANICA					ZONA OCEANICA					ZONA OCEANICA					ZONA OCEANICA				
	N° Est. Positivas	N° Total Indiv.	Minimo	Maximo	Promedio	N° Est. Positivas	N° Total Indiv.	Minimo	Maximo	Promedio	N° Est. Positivas	N° Total Indiv.	Minimo	Maximo	Promedio	N° Est. Positivas	N° Total Indiv.	Minimo	Maximo	Promedio
	Copépodos	23	8180550	114338	1007956	355676	18	5200843	71167	549587	288936	23	7399910	23578	1000798	321735	23	7135679	56288	865757
Eufáusidos	22	60152	560	12710	2734	18	385189	1371	220715	21399	20	70789	175	13414	3539	23	114055	559	50164	4959
Ostrácodos	23	122728	953	9820	5336	18	50177	686	5049	2788	22	54220	609	5415	2465	21	72131	560	18921	3435
Cladóceros											2	7378	691	6687	3689	17	178035	483	28243	10473
Lar.Decápodos	22	4734	38	851	215	9	6359	291	1373	707	13	15776	438	3194	1214	7	6284	559	1654	898
Anfípodos	13	1502	33	199	116	6	8843	598	4272	1474	18	24618	163	4885	1368	12	20637	286	5046	1720
Estomatópodos	1	40	40	40	40	0	0	0	0		3	1615	323	691	538	3	1650	495	594	550
Medusas	23	2802	22	398	122	16	136131	533	38432	8508	21	73884	438	12212	3518	17	49638	551	8649	2920
Sifonóforos	19	1655	33	278	87	18	63327	701	8201	3518	23	221358	182	37856	9624	21	298467	2340	48397	14213
Ctenóforos	0	0	0	0		0	0	0	0		6	5768	163	1278	961	3	3987	483	2913	1329
Quetognatos	23	54289	228	6050	2360	18	292998	1311	42386	16278	23	449851	2400	46978	19559	22	1077119	11435	118260	48960
Poliquetos	23	5021	22	717	218	16	40329	267	11842	2521	23	61023	275	7413	2653	20	104973	286	34885	5249
Pterópodos	23	3972	22	668	173	17	51093	314	7934	3005	21	74004	182	10549	3524	19	85062	559	14360	4477
Salpas	23	5009	37	517	218	7	12166	291	7662	1738	16	67500	275	19392	4219	7	7813	561	2888	1116
Doliólidos	21	3414	61	298	163	16	92188	658	24524	5761	20	192685	175	114789	9634	20	35642	532	4119	1782
Apendicularias	23	41668	334	5892	1812	17	254852	942	32230	14991	23	600366	816	105022	26103	19	154346	559	26073	8123
Radiolarios	15	36260	560	5090	2417	1	830	630	630	630	1	182	182	182	182	14	42824	293	7891	3059
L.cifonautas	21	5258	68	1302	250	14	20278	267	4345.56	1448.40	19	68987	163	24421	3631	14	56334	561	15767	4024
N° Total Est.	23					18					23					23				
N° Total Ind.	8529034					6615603					9389914					9444676				

Tabla N° 32
Número de estaciones positivas, porcentaje de frecuencia y dominancia de los grupos zooplanctónicos en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones.

Grupos Taxonómicos	ARICA				IQUIQUE				MEJILLONES			
	N° Est. Pos.	Constancia %	Total	Dominancia %	N° Est. Pos.	Constancia %	Total	Dominancia %	N° Est. Pos.	Constancia %	Total	Dominancia %
Copépodos	13	81,25	8586854	86,94	13	72,22	11339980	94,24	13	81,25	7890831	93,84
Eufáusidos	8	50,00	30816	0,31	10	55,56	41459	0,34	10	62,50	24046	0,29
Ostrácodos	7	43,75	66409	0,67	9	50,00	44285	0,37	9	56,25	29542	0,35
Cladóceros				0,00	1	5,56	954	0,01	1	6,25	5963	0,07
Lar.Decápodos	9	56,25	261854	2,65	10	55,56	52502	0,44	12	75,00	90565	1,08
Anfípodos	9	56,25	464234	4,70	7	38,89	42141	0,35	5	31,25	6926	0,08
Estomatópodos	4	25,00	3476	0,04	5	27,78	7584	0,06	3	18,75	8662	0,10
Medusas	7	43,75	14549	0,15	8	44,44	17296	0,14	9	56,25	19920	0,24
Sifonóforos	9	56,25	22078	0,22	9	50,00	27467	0,23	10	62,50	25961	0,31
Ctenóforos	1	6,25	2678	0,03	2	11,11	1936	0,02	1	6,25	3130	0,04
QUETOGNATOS	5	31,25	24414	0,25	9	50,00	109482	0,91	11	68,75	56444	0,67
Poliquetos	12	75,00	205315	2,08	11	61,11	94111	0,78	10	62,50	66480	0,79
Pterópodos	6	37,50	25940	0,26	4	22,22	18344	0,15	8	50,00	9401	0,11
Salpas	2	12,50	7059	0,07	3	16,67	10574	0,09	1	6,25	6107	0,07
Doliólidos	0			0,00	2	11,11	1350	0,01				
Apendicularias	9	56,25	107381	1,09	11	61,11	148739	1,24	9	56,25	81934	0,97
Radiolarios	2	12,50	44282	0,45	1	5,56	2792	0,02				
Larvas cifonauta	7	43,750	9603	0,10	12	66,667	71865	0,60	11	68,750	82598	0,98
	16		9876943	100	18		12032860	100	16		8408510	100

Tabla N° 33
Abundancia relativa estandarizada de los grupos zooplanctónicos analizados entre mayo de 2001 y mayo de 2002
en las estaciones costeras de Arica, Iquique y Mejillones.

	Copépodos	Eufáusidos	Ostrácodeos	Cladóceros	Lar.Decápodos	Anfípodos	Estomatópodos	Medusas	Sifonóforos	Ctenóforos	QUETOGNATOS	Poliquetos	Pterópodos	Salpas	Doliólidos	Apendicularias	Radiolarios	Licifonautas	TOTAL MES
ARICA																			
Abr-01	396110				554	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		409			2044	409	409		4907			178681
Jul-02	226830											409							228468
Ago-02																			0
Sep-02	302192	1778	889		16887		889	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			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
IQUIQUE																			
9876943																			
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																			0
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	307932
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						5072	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
MEJILLONES																			
12032860																			
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		2180	488975
Sep-02	420289	2228	2228		3713			743	9653		6683	743	743			35643		1485	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		7042	325870
Feb-02	236510	2825	1211		404	807			1211		1614	4440							249021
Mar-02	469790		807		807						4843							16144	492392
Abr-02	256411								331		663							994	258398
May-02	219307	663		5963	1325			663	994		2982	3313	663		994			994	237859
8408510																			

Tabla N° 34
Valores de la biomasa zooplanctónica en las estaciones
fijas de Arica, Iquique y Mejillones entre mayo 2001 -
mayo 2002 (ml zooplancton/1000m³).

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

Tabla N° 35
Biomasa promedio y rangos de los valores observados en los cruceros estacionales
de otoño, invierno y primavera del año 2001 y verano de 2002.

	N	Mínimo	Máximo	Promedio	Sd	CV (%)
OTOÑO 2001	47	84	1233	227	173,58	0,76
INVIERNO 2001	61	4	552	209	119,79	0,57
PRIMAVERA 2001	47	46	1436	331	226,03	0,68
VERANO 2002	47	15	993	263	176,8	0,67

Tabla N° 36

Indices V de Cramer para huevos y larvas de anchoveta respecto de la temperatura y salinidad.

Variables	Indices V de Cramer	
Huevos de anchoveta	Temperatura	Salinidad
Crucero Mayo 2001	0,42	0,43
Crucero Septiembre 2001	0,40	0,40
Crucero Diciembre 2001	0,36	0,39
Crucero Febrero-marzo 2002	0,48	0,50
Larvas de anchoveta	Temperatura	Salinidad
Crucero Mayo 2001	0,50	0,55
Crucero Septiembre 2001	0,47	0,53
Crucero Diciembre 2001	0,50	0,51
Crucero Febrero-marzo 2002	0,50	0,51



**Sección Documentación
Difusión y Biblioteca**

**IFOP
Valparaíso**