



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS FIP

FIP - IT / 2000 - 01

INFORME : MONITOREO DE LAS CONDICIONES
FINAL : BIO-OCEANOGRÁFICAS EN LA I Y II
REGIONES, AÑO 2000

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
EJECUTORA



INFORME FINAL CORREGIDO

FONDO INVESTIGACION PESQUERA
FIP Nº 2000-01

Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2000

Diciembre

2 0 0 1



**INFORME FINAL
CORREGIDO**

FIP 2000-01

**Monitoreo de
las condiciones
bio-oceanográficas
en la I y II Regiones,
año 2000**

• Diciembre, 2001 •



REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, CIP

Presidente del Consejo:
Felipe Sandoval Precht

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

División Evaluación Pesquerías Nacionales:
Guillermo Moreno Paredes

Directora Ejecutiva:
Juanita Gana Quiroz



JEFE DE PROYECTO

MAURICIO BRAUN ALEGRÍA

AUTORES

– *OCEANOGRAFÍA FÍSICA*

HERNÁN REYES R.

– *OCEANOGRAFÍA QUÍMICA*

JORGE OSSES R.

– *ICTIOPLANCTON*

MAURICIO BRAUN A.

– *ACÚSTICA*

JORGE CASTILLO P.

– *IMÁGENES SATELITALES*

VÍCTOR CATASTIB.

COLABORADORES

HERNÁN MILES U.

GUILLERMO GALINDO P.

• Diciembre, 2001 •



I. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, corresponde al informe final del proyecto FIP N° 2000-01 “**Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, Año 2000**” y presenta 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 0005, MOBIO 0009, MOBIO 0012 y MOBIO 0102**, realizados en otoño, invierno, primavera de 2000 y verano de 2001, respectivamente. Entrega además las series de tiempo mensual generadas producto de la ocupación de las estaciones costeras de vigilancia localizadas frente a los puertos de Mejillones, Iquique y Arica para el período abril 2000 - mayo de 2001 y la abundancia y distribución de los principales grupos constituyentes del zooplancton.

Los cruceros estacionales de monitoreo se realizaron a bordo de los 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 además 12 estaciones bio-oceanográficas complementarias 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 con medidores de flujo TSK calibrados, totalizándose 200 estaciones planctónicas.



En el crucero de otoño de 2000, y en el marco del Tercer Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, coordinado bajo la responsabilidad de la Secretaría Científica de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), 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 químico ecuatoriano del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador – INOCAR.

Sobre la base de la información superficial y sus anomalías, los promedios mensuales y la batimetría de la isoterma de 15°C, se puede concluir que en general la zona norte de Chile presentó condiciones normales durante el período mayo de 2000 a febrero de 2001.

Los vientos medidos durante el desarrollo de los cruceros estacionales presentaron un alto porcentaje de intensidades menores a 5 m/s (> 65%). Cabe señalar que durante los cruceros de invierno y primavera, este porcentaje alcanzó a 92 y 99%, respectivamente. Los vientos pueden considerarse como de intensidad moderada a débil en todos los cruceros. No obstante lo anterior, se detectó la presencia de surgencia costera de igual intensidad en todos ellos. Los vientos se presentaron en un 100% con dirección del segundo y tercer cuadrante, particularmente del SSE, lo que es favorable a la surgencia costera. Los bajos vientos registrados en todos los cruceros determinaron que no se registrarán capas de mezcla importantes en la zona. Durante el verano de 2001, esta situación sería la causante de la presencia de anomalías positivas en algunos sectores de la zona de estudio.

La profundidad de la isoterma de 15°C muestra en general para todos los cruceros una profundización desde el sector costero hacia el oceánico de 10 a 60 m como promedio, sin embargo, en el límite oeste de la zona se encuentran habitualmente hundimientos o



levantamientos de la isoterma, en forma de foco, los que son producidos por giros oceánicos superficiales de diámetro variable.

La presencia de anomalías significativas de la profundidad de la isoterma de 15°C (indicadora de la base de la termoclina local y del paso de ondas atrapadas a la costa), estuvo asociada a la presencia de estos giros habituales en la zona.

Estacionalmente, el verano de 2001 presentó los mayores gradientes térmicos focalizados en la costa, durante septiembre no se detectó gradiente costero importante. La surgencia, por lo tanto, durante el invierno sigue presente pero con menor intensidad que la encontrada durante el verano. El máximo térmico de los cruceros correspondió a 26°C, y se registro en febrero, ubicándose en la zona oceánica entre los 19° y 21° de latitud sur, las menores temperaturas superficiales se observaron en invierno de 2000. Durante este último período los valores superficiales de temperatura no superaron los 18°C en toda la zona, lo que arroja un gradiente térmico de 8°C entre verano e invierno en el sector oceánico. El sector costero correspondió al de menor variación térmica estacional ya que este se encuentra generalmente con aguas de afloramiento que tienen temperaturas entre 15° y 18°C.

En invierno se presentó una situación que puede considerarse anormal en la capa superficial en el sector noroeste (sector Arica y Pisagua por sobre las 70 mn). Esta área se encontró afectada por anomalías negativas significativas en salinidad (>0,3 psu) y en profundidad de la isoterma de 15°C (-30 m más superficial). La situación de levantamiento de la isoterma de 15°C se debería a la presencia de un giro de tipo ciclónico, pero la anomalía de salinidad sería producto de una capa de agua de tipo AST menos salina, que afectó los primeros 50 m de profundidad de ese sector. En el sector suroeste las anomalías positivas de la isóbata de la isoterma de 15°C (> +20m), por su parte, responderían a la presencia de un giro anticiclónico en esa área.

La información de las estaciones fijas de Arica, Iquique y Antofagasta analizadas durante el período mayo 2000 a mayo 2001, permite indicar también que la zona costera del norte



de Chile presentó durante el período una condición normal. Esta situación de normalidad se deduce del análisis de los valores de salinidad, temperatura y oxígeno, los que no presentaron valores que puedan ser considerados de condiciones frías o cálidas para la zona, forzadas por perturbaciones de origen ecuatorial como aquellas registradas durante el año 1997, considerado como año El NIÑO para la zona norte de Chile. Las variaciones de temperatura y salinidad observadas durante el periodo 2000-2001 se consideran propias de la variabilidad natural de la zona, producto de los cambios estacionales y de la variabilidad de la surgencia costera, la que a su vez es gobernada por los vientos presentes en cada localidad.

En relación a las TSM satelitales, se pudo apreciar que en abril éstas fluctuaron entre 15 y 25°C; destacándose una franja costera de aguas frías que recorre toda la costa debido a la ocurrencia de eventos de surgencia. Por su parte, en mayo se comenzó a observar una leve tendencia al descenso de las temperaturas, lo que es más acentuado en junio y julio, meses en que se produce una drástica disminución de las TSM, las cuales no superaron los 20°C. En agosto y septiembre aumentó la tendencia hacia la baja; es así como en las primeras semanas de agosto hubo un claro predominio de aguas de 14 y 15°C; condiciones que se mantuvieron a lo largo de septiembre y octubre, con temperaturas que no superaron los 18-19°C.

Durante noviembre-diciembre comienza una tendencia al incremento de las TSM, es así, como en la primera semana de noviembre se produce una importante penetración de aguas templadas que alcanzan temperaturas por sobre los 19-20°C, en las semanas posteriores continúa dicha intrusión, registrándose temperaturas de 23°C; a su vez que se advierte la virtual desaparición de la isoterma de 16°C.

En enero de 2001, las TSM continuaron incrementándose y se aprecia la aparición de aguas más cálidas al nor-oeste de Iquique, con valores que superaron los 24-25°C. En febrero, nuevamente se verifica una intrusión de aguas extremadamente cálidas al norte de Iquique, no obstante lo anterior los registros de TSM se mantienen en niveles normales. En marzo existió, en general, una disminución de las temperaturas



superficiales, destacándose la desaparición de la isoterma de 25°C y el afloramiento de aguas frías en los sectores costeros indicativos de la aparición de eventos de surgencia.

Desde el punto de vista de la estructura biológica de gran escala, el ecosistema de la zona norte de Chile, estuvo bajo un régimen de normalidad, con la variabilidad esperada en la oferta ambiental de productores primarios, pero siempre dentro de valores de cloa característicos de sistemas entre meso y eutróficos.

La biomasa fitoplanctónica presentó las variaciones estacionales propias de la zona, lo cual significa que las mayores agregaciones de pigmentos vegetales se encontraron asociadas a la zona costera no excediendo las 20 mn; con concentraciones características de sistemas altamente productivos especialmente en otoño y primavera para presentar en el período de verano, una baja pronunciada en sus niveles de concentración debido a la presencia de masas de agua más cálidas que desde el punto de vista de la producción biológica son clasificadas como oligotróficas.

Un proceso particularmente interesante desde el punto de vista de la producción biológica global en el ecosistema es que, a pesar del efecto de las masas de agua poco productivas, fue posible encontrar valores significativos de cloa en núcleos restringidos a la zona costera, con valores típicos de sistemas mesotróficos, lo cual indica que a pesar de la influencia pronunciada de estas masas de agua, en la zona persisten pequeños núcleos de alta agregación de biomasa, los que eventualmente pueden quedar disponibles como parches de alimentación, en zonas de alta estabilidad dinámica.

La asociación poco significativa entre la distribución de la cloa superficial y la cloaint, se debió a que la biomasa se mantuvo entre la superficie y los 10 m de profundidad, sin llegar la isolínea de 1 µg/L hasta los 25 m, salvo en contadas ocasiones, obteniéndose valores de integración muy bajos (< a 50 mg/m²).

Especialmente interesante fue la amplia distribución espacial, aunque somera, de la cloa en las transecta realizadas frente a Arica y Bahía Moreno, en otoño e invierno, en las que, las altas agregaciones de cloa llegaron hasta las 20 mn de distancia de la costa,



señalando la presencia de procesos de circulación intensos que transportaron la biomasa hacia la zona oceánica, dando origen a la formación de un gradiente intenso y continuo de cloa, desde la zona nerítica hasta la oceánica.

Se estableció el importante efecto de la estructura térmica del sistema sobre la distribución y acumulación de la biomasa vegetal y el campo físico, corroborándose especialmente el efecto significativo de los frentes costeros térmicos sobre la estructura biológica de la columna de agua, los que permiten la acumulación y estabilización de parcelas de agua con una alta oferta de alimentación disponible para los estadios tempranos de pequeños peces pelágicos.

Para el período de estudio la zona comprendida entre Bahía Moreno y Arica estuvo dominada por la presencia mayoritaria de huevos y larvas de anchoveta, respecto de sardina, jurel y caballa. Esta situación se mantiene sin alteraciones desde 1985 hasta la actualidad, con abundancias extraordinarias que no tienen precedentes las cuales han sido registradas en los inviernos de los años 1985, 1994 y 1989. De la misma manera, las disminuciones más drásticas en sus niveles de abundancia han estado asociadas a la presencia del fenómeno de "El Niño" en la zona de estudio los años 1998/87, 1991/92 y 1997/98.

El procesamiento y análisis de las muestras permitió determinar la presencia de 48 registros positivos para huevos y 104 para larvas de anchoveta, con totales de 531.216 huevos y 121.423 larvas/10m², señalando para la especie una importante actividad reproductiva especialmente durante las estaciones de primavera y verano para el estadio de huevos e invierno y primavera para las fases larvarias.

Para sardina se determinó la presencia de 5 registros positivos para ambos estadios de desarrollo, en los cuales se colectaron 11.980 huevos y 4.395 larvas/ 10m². Estos niveles de abundancia reflejan que esta especie presentó en la zona de estudio una baja actividad reproductiva. Cabe destacar que durante el crucero de primavera de 2000, se colectó más del 94% de los huevos censados durante la ejecución del proyecto y para el



caso de las larvas, el 36,6% del total se colectó en otoño de 2000 y el 63,3% de ellas en el verano de 2001.

Con respecto a jurel, se identificaron 7 registros positivos para huevos y 3 para larvas con totales de 4.345 huevos y 265 larvas/10m², correspondiéndose estos registros con el período estival, es decir, primavera 2000 - verano 2001. Cabe señalar que durante el transcurso de los cruceros de otoño e invierno de 2000 no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de esta especie.

Al igual que lo reportado para jurel, la presencia de huevos y larvas de caballa se corresponde con los cruceros realizados en primavera de 2000 y verano de 2001, revelando el carácter estival del desove de esta especie, donde fue posible determinar 5 registros positivos para la fase de huevos y 3 para larvas con totales de 1.080 y 96 especímenes/10m², respectivamente; no registrándose estaciones positivas para huevos y larvas de caballa durante los cruceros de otoño e invierno de 2000.

La intensidad del desove de anchoveta estimada a través de la densidad promedio por estaciones positivas, muestra para el verano de 2001, situaciones distintas para las respectivas fases del desarrollo. Es así, como el estadio de huevo exhibe con respecto a la primavera de 2000, una importante disminución en sus niveles de abundancia la que se traduce en un porcentaje de cambio igual 81%.

Para el período comprendido entre el invierno de 1995 y el verano de 2001, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general levemente ascendente, con cuatro 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 y primavera de 2000. 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 distribución, esta ha sido eminentemente costera a excepción de las primaveras de los años 1998 y 1999 y los inviernos de 1999 y 2000, donde se pudo apreciar una mayor cobertura longitudinal.



Las máximas abundancias se reportan 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 en el período estival 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.

La primavera de 1999 se constituyó en el registro más alto de la serie invierno 1995 - verano 2001, experimentando las fases larvarias un importante incremento en sus niveles de abundancia respecto de la primavera de 2000 igual a 106%.

Las mayores frecuencias de estaciones positivas para larvas de anchoveta (>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 como zonas de desove cuantitativamente importantes las localidades de Arica e inmediaciones del río Loa.

En cuanto a la preferencia de los huevos y larvas de anchoveta y la TSM, se indica que en la capa de superficie los huevos se localizaron en un amplio rango que va desde los 15 hasta los 22°C, con una marcada inclinación por el estrato 15-18°C. Por su parte las fases larvarias, se distribuyeron en un rango más extenso el que fluctuó entre los 14 y los 22°C, con una clara preferencia por los 16-20°C.



Por otra parte, los huevos de anchoveta se ubicaron en un rango de salinidades relativamente estrecho, principalmente entre 34,6 y 35,0 psu, con una nítida predilección por los 34,7 y 34,8 psu. A su vez las larvas de la especie, debido a su mayor cobertura geográfica, se encuentran presentes en un rango más amplio que va desde los 34,4 psu hasta los 35,2 psu, con una preferencia por salinidades comprendidas entre 34,7-34,9 psu.

En términos generales, se puede derivar que los huevos se presentan mayoritariamente dentro de las primeras 30 mn; en tanto que las larvas poseen una distribución espacial más extensa con una alta presencia en las primeras 60 mn de la costa, no obstante que las mayores concentraciones se registran en las primeras 30 mn. De la misma manera, se presenta una alta asociación entre la presencia de las variables y las áreas lindantes a los sectores donde se desarrollan eventos de surgencia, dichos sectores además poseen diferenciales latitudinales de TSM altos y moderados.

En cuanto a la relación entre las larvas de anchoveta y la estructura térmica superficial (en especial el gradiente térmico), en general los modelos ajustados dan cuenta de una alta correlación entre las variables; asimismo, señalan que las más altas densidades de larvas están asociadas a gradientes térmicos relativamente altos, principalmente superiores a los 1,2 (°C/5mn).

En el período analizado, la anchoveta fue la especie más frecuente y abundante, representando entre el 27,1% y el 72,% 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 al 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 (MOBIO 0012) y un aumento del límite occidental en el verano de 2001 hasta las 20 mn. La anchoveta presentó el mayor índice de cobertura (IC) de los cuatro cruceros analizados, variando entre 3,3% en el otoño y 7,2% en el invierno.



Los índices de densidad (ID) registrados para la anchoveta variaron entre 66,7 t/mn² en la primavera y 415,8 t/mn² en el otoño. En el sentido vertical, esta especie se localizó desde la superficie hasta los 32 m de profundidad, presentándose las mayores concentraciones en los primeros 20 m. Las isotermas límites de esta distribución variaron entre 13 y 24 °C, ubicándose preferentemente entre 16 y 19 °C en otoño-verano y desde 13 a 17°C en invierno-primavera. Las isohalinas límites de la distribución de anchoveta fueron 34,3 y 35,15 psu.

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). El índice de cobertura de esta especie (IC) fluctuó entre 3,0 y 8,6% siendo menores en invierno - verano y mayores en el otoño. Los índices de densidad fluctuaron entre 80,2 t/mn² en el verano y 213,4 t/mn² en el otoño. Batimétricamente, esta especie se detectó entre los 6,5 y 145 m, alcanzándose la profundidad máxima en la primavera de 2000, registrándose típicamente entre los 10 y 30 m. Las isotermas que limitaron la distribución del jurel fluctuaron entre 12 y 25°C, con rangos similares para otoño y primavera entre 12 y 20,7°C mientras que en verano los valores extremos estuvieron entre 16,4 y 25°C. Las salinidades que limitaron la distribución del jurel variaron entre 34,16 y 35,1 psu, ubicándose preferentemente entre 34,3 y 34,7.

La sardina sólo se detectó con altos niveles gregarios en el otoño y primavera, con índices de cobertura comprendidos entre 0,3 a 0,6% e índices de densidades entre 271,3 y 2.596,8 t/mn². La caballa también tuvo una presencia similar a la de sardina con un IC entre 0,1 en primavera-verano a 0,8% en el invierno e ID entre 22,5 y 330,2 t/mn².

El análisis de la composición y abundancia del zooplancton mostró la presencia de 17 grupos zooplanctónicos en otoño, 16 en invierno, 16 en primavera de 2000 y 17 en el



verano de 2001, con abundancias globales para la zona de estudio iguales a 28.294.422, 11.599.918, 20.148.155 y 39.499.735 individuos/1000m³, respectivamente .

En otoño de 2000, el plancton estuvo dominado principalmente por copépodos con una dominancia de 90,22%, seguido por quetognatos y larvas de apendicularias, grupos que presentaron porcentajes de dominancia radicalmente bajos respecto a los copépodos, le siguen en importancia los poliquetos y los eufáusidos, exhibiendo los estomatópodos el valor más bajo de dominancia.

En invierno el plancton de la zona de estudio vuelve a estar dominado por copépodos con una dominancia de 92,43%, seguido por los ostrácodos y eufáusidos, grupos que presentaron porcentajes de dominancia iguales a 2,01% y 1,76%, apreciándose con respecto al otoño una drástica disminución de un 59% en la abundancia del zooplancton. El resto de los grupos determinados presentaron porcentajes de dominancia que fluctuaron entre 0,02 para los estomatópodos y 0,94 en los quetognatos.

Durante el crucero de primavera 2000, los niveles de abundancia del zooplancton se incrementan presentando con respecto al invierno precedente una tasa de cambio del orden de 73,6%, exhibiendo una disminución con respecto al crucero de mayo igual a 28,8%. El grupo de los copépodos continua siendo el dominante con un porcentaje de dominancia igual a 96,5%.

Finalmente, en el verano de 2001, se consignan las más altas abundancias de zooplancton del período de estudio, las que presentaron con respecto a los cruceros precedentes tasas de cambio iguales a 39,6%, 240% y 96% para las estaciones de otoño, invierno y primavera de 2000, respectivamente.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



II. INDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO -----	1
II. INDICE GENERAL -----	13
III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS -----	17
IV. OBJETIVOS -----	27
1. Objetivo general -----	27
2. Objetivos específicos -----	27
3. Objetivo adicional -----	28
V ANTECEDENTES GENERALES -----	29
VI. PERSONAL PARTICIPANTE -----	34
VII. METODOLOGÍA POR OBJETIVO -----	37
1. Objetivo específico N° 2.1 -----	37
1.1 Colecta de muestras y registro de datos -----	37
1.2 Medición de la clorofila-a y la penetración de la luz -----	38
1.3 Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) -----	39
1.3.1 Generación de archivos dinámicos (formato *. AVI)-----	39
1.4 Procesamiento de la información -----	40
2. Objetivo específico N° 2.2 -----	41
2.1 Calibración de flujómetros TSK -----	41
2.2 Colecta de muestras -----	42
2.3 Tratamiento de las muestras a bordo -----	42
2.3.1 Procedimiento en laboratorio -----	43
3. Objetivo específico N° 2.3 -----	51
3.1 Calibración del sistema acústico -----	51
3.1.1 Calibración electroacústica -----	51
3.1.2 Identificación de especies -----	53
3.2 Distribución de los recursos -----	53
3.2.1 Indices de cobertura y densidad -----	54
4. Objetivo específico N° 2.4 -----	55



5.	Objetivo específico N° 3.1 -----	56
5.1	Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas-----	56
6.	Objetivo específico N° 3.2 -----	57
VIII.	RESULTADOS -----	59
1.	Zona de estudio -----	59
2.	Cruceros -----	59
A.	Objetivo específico N° 2.1 -----	60
3	Condiciones oceanográficas superficiales -----	60
3.1	Vientos -----	60
3.2	Temperatura superficial -----	61
3.2.1	Distribución vertical de la temperatura -----	63
3.3	Profundidad de la isoterma de 15°C -----	65
3.4	Salinidad superficial -----	67
3.4.1	Distribución vertical de la salinidad -----	68
3.5	Densidad superficial (sigma-t) -----	70
3.6	Distribución superficial del oxígeno disuelto -----	71
3.6.1	Distribución vertical del oxígeno disuelto -----	73
3.7	Masas de agua -----	76
3.8	Circulación -----	78
3.9	Distribución espacio-temporal de la TMS satelital -----	79
4.	Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica en la zona norte de Chile -----	86
4.1	Distribución espacial de los pigmentos fitoplanctónicos integrados -----	88
4.2	Asociación de la biomasa fitoplanctónica con las variables físicas temperatura, salinidad y profundidad del disco de Secchi -----	91
4.3	Distribución de la biomasa fitoplanctónica en el plano vertical -----	94
B.	Objetivo específico N° 2.2 -----	98
5.	Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces -----	98
5.1	Anchoveta, <i>Engraulis ringens</i> -----	98
5.1.1	Fase Huevos -----	99
5.1.2	Fase Larvas -----	101
5.2	Sardina, <i>Sardinops sagax</i> -----	103
5.2.1	Fase Huevos -----	103
5.2.2	Fase Larvas -----	104



5.3	Jurel, <i>Trachurus symmetricus murphyi</i> -----	104
5.3.1	Fase Huevos -----	105
5.3.2	Fase Larvas -----	105
5.4	Caballa, <i>Scomber japonicus</i> -----	106
5.4.1	Fase Huevos -----	106
5.4.2	Fase Larvas -----	106
6.	Variación temporal de la intensidad de desove de anchoveta -----	107
7.	Análisis estacional de huevos y larvas de peces -----	108
7.1	Desove de otoño -----	108
7.2	Desove de invierno -----	110
7.3	Desove de primavera -----	112
7.4	Desove de verano -----	113
8.	Exploración de las relaciones entre la distribución de huevos y larvas de anchoveta y las variables bio-oceanográficas -----	115
8.1	En relación con la temperatura -----	115
8.2	En relación con la salinidad -----	116
8.3	Análisis de la señal latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la temperatura -----	117
8.4	Modelamiento de la densidad de larvas de anchoveta y su relación con variables ambientales -----	119
8.4.1	Relación entre la densidad de larvas y el gradiente térmico -----	119
C.	Objetivo específico N° 2.3 -----	121
9.	Calibración electroacústica -----	121
9.1	Distribución espacial de los recursos -----	121
9.1.1	Total de especies -----	121
9.1.2	Anchoveta -----	122
9.1.3	Jurel -----	124
9.1.4	Indices de cobertura y densidad -----	126
D.	Objetivo específico N° 2.4 -----	128
10.	Estaciones costeras de vigilancia -----	128
10.1	Temperatura, salinidad y concentración de oxígeno disuelto en estaciones costeras de monitoreo -----	128
10.2	Pigmentos vegetales -----	135
10.3	Huevos y larvas de peces en estaciones costeras de monitoreo -----	136
10.3.1	Anchoveta -----	136
10.3.2	Sardina -----	138



10.3.3	Jurel -----	139
10.3.4	Caballa -----	139
10.3.5	Biomasa zooplanctónica en estaciones costeras de monitoreo -----	139
E.	Objetivo adicional N° 3.1 -----	140
11.	Composición y abundancia estacional del zooplancton -----	140
11.1	Otoño 2000 -----	141
11.2	Invierno 2000 -----	142
11.3	Primavera 2000 -----	143
11.4	Verano 2001 -----	144
11.5	Análisis estacional y mensual de los grupos zooplacntonicos en las estaciones fijas de monitoreo -----	146
F.	Objetivo adicional N° 3.2-----	161
12.	Abundancia relativa de la biomasa zooplanctónica -----	161
IX.	DISCUSIÓN -----	165
X.	BASE DE DATOS -----	183
1.	Datos oceanográficos y meteorológicos -----	183
2.	Clorofila-a y penetración de la luz -----	185
3.	Registros de huevos y larvas de peces -----	186
4.	Registros acústicos -----	188
XI.	CONCLUSIONES -----	191
XII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	199
FIGURAS		
TABLAS		



III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

- Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.
- Figura 2. Dirección e intensidad del viento (m/s) medido en las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros Trimestrales 2000-2001.
- Figura 3. Temperatura (°C) superficial del mar. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 4. Anomalía de temperatura (°C) superficial del mar. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 5. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 6. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 7. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 8. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 9. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 10. Profundidad (m) de la isoterma 15°C. Cruceros trimestrales 2000 - 2001.
- Figura 11. Anomalía de profundidad (m) de la isoterma 15°C. Cruceros trimestrales 2000 - 2001.
- Figura 12. Anomalía de temperatura (°C) vertical en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 13. Salinidad superficial (psu). Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 14. Anomalía de salinidad superficial (psu). Cruceros trimestrales 2000 - 2001.



- Figura 15. Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 16. Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 17. Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 18. Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 19. Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 20. Anomalía de salinidad (psu) vertical en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 21. Densidad (sigma-t) superficial (kg/m³). Cruceros trimestrales 2000 - 2001.
- Figura 22. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m³) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 23. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m³) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 24. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m³) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 25. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m³) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 26. Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m³) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 27. Concentración de Oxígeno disuelto (ml/L) superficial. Cruceros trimestrales 2000 - 2001.
- Figura 28. Distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/L) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 29. Distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/L) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 30. Distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/L) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.



- Figura 31. Distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/L) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 32. Distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/l) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 33. Diagramas t-s de todas las estaciones por crucero. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 34. Diagramas t-s de las transectas frente a Bahía Moreno, Pta Copaca y Pta Lobos. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 35. Diagramas t-s de las transectas frente a Pta Junín y Arica. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 36. Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db. Cruceros trimestrales 2000-2001.
- Figura 37. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Abril, mayo, junio y julio de 2000.
- Figura 38. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Agosto, septiembre, octubre y noviembre de 2000.
- Figura 39. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Diciembre 2000, enero, febrero y marzo de 2001.
- Figura 40. Distribución espacial mensual de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Abril 2000 – Marzo 2001.
- Figura 41. Distribución superficial de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) desde mayo de 2000 a febrero de 2001. Crucero estacionales 2000/2001.
- Figura 42. Distribución superficial de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) desde mayo de 2000 a febrero de 2001. Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 43. Distribución superficial de la clorofila a integrada (mg/m^2) desde mayo de 2000 a febrero de 2001. Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 44. Distribución superficial de los feopigmentos integrados (mg/m^2) desde mayo de 2000 a febrero de 2001. Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 45. Relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica total (clot) y la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la salinidad (psu). Cruceros estacionales 2000/2001.



- Figura 46. Relaciones funcionales entre la clorofila total y la profundidad del disco de Secchi (m) y el recíproco de la profundidad del disco Secchi (1/m). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 47. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos en la transecta 0 (Lat. 24°20'S). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 48. Distribución vertical de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 1 (Lat. 23° 40'S). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 49. Distribución vertical de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 1 (Lat. 23° 40'S). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 50. Distribución vertical de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 2 (Lat. 22° 20'S). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 51. Distribución vertical de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 2 (Lat. 22° 20'S). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 52. Distribución vertical de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 3 (Lat. 21° 00'S). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 53. Distribución vertical de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 3 (Lat. 21° 00'S). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 54. Distribución vertical de la clorofila a en la transecta 4 (Lat. 19° 40'S). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 55. Distribución vertical de los feopigmentos en la transecta 4 (Lat. 19° 40'S). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 56. Distribución vertical de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 5 (Lat. 18° 25'S). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 57. Distribución vertical de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 5 (Lat. 18° 25'S). Cruceros estacionales 2000/2001.
- Figura 58. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.
- Figura 59. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.



- Figura 60. Distribución y abundancia de Huevos de Sardina. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.
- Figura 61. Distribución y abundancia de Larvas de Sardina. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.
- Figura 62. Distribución y abundancia de Huevos de Jurel. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.
- Figura 63. Distribución y abundancia de Larvas de Jurel. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.
- Figura 64. Distribución y abundancia de Huevos de Caballa. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.
- Figura 65. Distribución y abundancia de Larvas de Caballa. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.
- Figura 66. Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta para el período invierno de 1995 - verano de 2001.
- Figura 67. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros bio-oceanográficos. Período Primavera 1998 - Verano 2001.
- Figura 68. Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta. Cruceros bio-oceanográficos. Período Primavera 1998 - Verano 2001.
- Figura 69. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2000.
- Figura 70. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2000.
- Figura 71. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en otoño del período 1986/2000.
- Figura 72. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona norte de Chile, en invierno de 1964 - 2000.
- Figura 73. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/2000.



- Figura 74. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/2000.
- Figura 75. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno del período 1984/2000.
- Figura 76. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/2000.
- Figura 77. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/2000.
- Figura 78. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en primavera del período 1983/2000.
- Figura 79. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2001.
- Figura 80. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2001.
- Figura 81. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en verano del período 1987/2001.
- Figura 82. Distribución espacial de: a) temperatura, b) salinidad y c) clorofila "a". Cruceros MOBIO.
- Figura 83. Número de celdas de: a) huevos y b) larvas de anchoveta respecto de la temperatura.
- Figura 84. Número de celdas de: a) huevos y b) larvas de anchoveta respecto de la salinidad.
- Figura 85. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0005.
- Figura 86. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0009.
- Figura 87. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0012.
- Figura 88. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0102.
- Figura 89. Relaciones entre la densidad de larvas de anchoveta y el gradiente térmico superficial.



- Figura 90. Distribución espacial del Total de especies en los cruceros MOBIO 0005 (mayo), 0009 (septiembre), 0012 (diciembre) y 0102 (febrero).
- Figura 91. Distribución espacial de anchoveta en los cruceros MOBIO 0005 (mayo), 0009 (septiembre), 0012 (diciembre) y 0102 (febrero).
- Figura 92a. Distribución de las Lecturas Acústicas (sa) de anchoveta respecto a la profundidad media, temperatura y salinidad por crucero.
- Figura 92b. Distribución de las Lecturas Acústicas (sa) de jurel respecto a la profundidad media, temperatura y salinidad por crucero.
- Figura 93. Distribución espacial de jurel en los cruceros MOBIO 0005 (mayo), 0009 (septiembre), 0012 (diciembre) y 0102 (febrero).
- Figura 94. Distribución temporal de temperatura (°C) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 - Abril 2001.
- Figura 95. Distribución temporal de salinidad (psu) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 - Abril 2001.
- Figura 96. Distribución temporal de oxígeno disuelto (mL/L) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 - Abril 2001.
- Figura 97. Distribución vertical de la clorofila total en las estaciones de monitoreo oceanográfico en Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), desde julio de 1997 a mayo de 2001.
- Figura 98. Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de anchoveta en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Febrero de 2001.
- Figura 99. Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de sardina en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Febrero de 2001.
- Figura 100. Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de jurel en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Febrero de 2001.
- Figura 101. Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de caballa en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Febrero de 2001.
- Figura 102. Distribución y abundancia temporal de la biomasa zooplanctónica en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Febrero de 2001.



- Figura 103. Distribución y abundancia de (a) Copépodos, (b) Doliólidos y (c) Apendicularias. Crucero MOBIO 0005 – Mayo 2000.
- Figura 104. Distribución y abundancia de (a) Quetognatos, (b) Poliquetos, (c) Pterópodos y (d) Salpas. Crucero MOBIO 0005 – Mayo 2000.
- Figura 105. Distribución y abundancia de (a) Eufaúsidos, (b) Ostrácodos, (c) Larvas Decápodos y (d) Anfípodos. Crucero MOBIO 0005 – Mayo 2000.
- Figura 106. Distribución y abundancia de (a) Copépodos, (b) Doliólidos y (c) Apendicularias. Crucero MOBIO 0009 – Septiembre 2000.
- Figura 107. Distribución y abundancia de (a) Eufaúsidos, (b) Ostrácodos, (c) Larvas Decápodos y (d) Anfípodos. Crucero MOBIO 0009 – Septiembre 2000.
- Figura 108. Distribución y abundancia de (a) Quetognatos, (b) Poliquetos, (c) Pterópodos y (d) Salpas. Crucero MOBIO 0009 – Septiembre 2000.
- Figura 109. Distribución y abundancia de (a) Copépodos, (b) Doliólidos y (c) Apendicularias. Crucero MOBIO 0012 – Diciembre 2000.
- Figura 110. Distribución y abundancia de (a) Eufaúsidos, (b) Ostrácodos, (c) Larvas Decápodos y (d) Anfípodos. Crucero MOBIO 0012 – Diciembre 2000.
- Figura 111. Distribución y abundancia de (a) Quetognatos, (b) Poliquetos, (c) Pterópodos y (d) Salpas. Crucero MOBIO 0012 – Diciembre 2000.
- Figura 112. Distribución y abundancia de (a) Copépodos, (b) Doliólidos y (c) Apendicularias. Crucero MOBIO 0102 – Febrero/Marzo 2001.
- Figura 113. Distribución y abundancia de (a) Quetognatos, (b) Poliquetos, (c) Pterópodos y (d) Salpas. Crucero MOBIO 0102 – Febrero/Marzo 2001.
- Figura 114. Distribución y abundancia de (a) Eufaúsidos, (b) Ostrácodos, (c) Larvas Decápodos y (d) Anfípodos. Crucero MOBIO 0102 – Febrero/Marzo 2001.
- Figura .115 Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.



TABLAS

- Tabla 1. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0005, 431(2)00CP.
- Tabla 2. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0009, 436(3)00CP.
- Tabla 3. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0012, 438(4)00CP.
- Tabla 4. Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0102, 441(1)01CP.
- Tabla 5. Categorías por densidad.
- Tabla 6. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de peces, Cruceros Trimestrales MOBIO 2000/2001.
- Tabla 7. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces, Cruceros Trimestrales MOBIO 2000/2001.
- Tabla 8. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Engraulis ringens*, Cruceros Trimestrales MOBIO 2000/2001.
- Tabla 9. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Sardinops sagax*, Cruceros Trimestrales MOBIO 2000/2001.
- Tabla 10. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Trachurus symmetricus murphyi*, Cruceros Trimestrales MOBIO 2000/2001.
- Tabla 11. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Scomber japonicus*, Cruceros Trimestrales MOBIO 2000/2001.
- Tabla 12. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en otoño de 1986 - 2000.
- Tabla 13. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en otoño de 1986 - 2000.
- Tabla 14. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en invierno de 1984 - 2000.
- Tabla 15. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en invierno de 1984 - 2000.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

- Tabla 16. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en primavera de 1985 - 2000.
- Tabla 17. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en primavera de 1985 - 2000.
- Tabla 18. Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en verano de 1987 - 2001.
- Tabla 19. Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en verano de 1987 - 2001.
- Tabla 20. Resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema de eointegración EK-5000 del B/I "Carlos Porter".
- Tabla 21. Índices de Cobertura (IC) y densidad (ID) por crucero y especie.
- Tabla 22. Frecuencia de ocurrencia y dominancia de los grupos zooplanctónicos. Cruceros estacionales 2000-2001.
- Tabla 23. Abundancia zooplanctónica de los grupos analizados en los cruceros estacionales MOBIO 2000/2001.
- Tabla 24. Número de estaciones positivas, porcentaje de frecuencia y clasificación de los grupos zooplanctónicos en Arica, Iquique y Mejillones.
- Tabla 25. Número total de individuos, porcentaje de dominancia y clasificación de los grupos zooplanctónicos en Arica, Iquique y Mejillones.
- Tabla 26. Abundancia relativa estandarizada de los grupos zooplanctónicos analizados entre abril de 2000 y mayo de 2001.
- Tabla 27. Porcentaje de la abundancia relativa de los grupos zooplanctónicos analizados durante los muestreos mensuales. Abril de 2000 a Mayo de 2001.
- Tabla 28. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero 1999/2001.



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 ESPECIFICOS

- 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.



V. ANTECEDENTES GENERALES

El valor (FOB) de exportación generado por las exportaciones del sector en el período enero-diciembre del año 2000 alcanzó a 1.874.735,8 miles de dólares, mostrando un crecimiento del 5,1% respecto a igual período del año anterior (Fuente: IFOP en base a información del Servicio de Aduanas). Con relación a los demás sectores de la economía, el sector pesquero participó, en ese período, con aproximadamente el 10% de los ingresos totales aportados por las exportaciones chilenas (IFOP, en base a información del Banco Central).

En la zona norte de Chile las capturas presentaron entre 1973 y 1989 un importante crecimiento del orden de 900%, pero con posterioridad a dicho período, se registra una drástica disminución, con una tendencia a la estabilización de los niveles de desembarque.

La pesquería pelágica de la zona norte, durante los últimos tres años ha cimentado su actividad fundamentalmente en las capturas de anchoveta (*Engraulis ringens*) y jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*), recursos que en el año 2000 contribuyeron con un 84% y 9% de los desembarques, respectivamente; sustentando un complejo industrial productor de harinas y aceite de pescado, situado en las Regiones I y II.

Entre 1977 y 1991, la sardina española predominó en los desembarques de la flota cerquera industrial y a partir de 1985 sus capturas comenzaron a disminuir anualmente hasta llegar a las 31.187 t en 1995, 22.478 t en 1996, 6.500 t en 1997, 9.600 t en 1998, 225.923 t en 1999, 42.727 t en el año 2000, alcanzando en la semana 24 (11 al 17 de junio de 2001) a 16.914 t, cifra 41% menor respecto a la obtenida en igual fecha de 2000, manteniéndose el stock de sardina española colapsado, no advirtiéndose cambios importantes en su biomasa. Sus capturas han estado constituidas por ejemplares bajo la talla de primera madurez sexual, siendo muy bajos los niveles de abundancia del ictioplancton registrados para la zona de estudio, lo cual implica que el stock se está



reproduciendo, pero la fortaleza de sus reclutamientos aún son débiles, lo que no ha permitido recuperar sus antiguos niveles de biomasa.

Con respecto a la anchoveta sus capturas se incrementaron de manera notable después del fenómeno El Niño 1982-83, destacándose los años 1986, 1989 y el período 1992-1995 en que se capturaron en promedio dos millones de toneladas anuales. Cabe señalar que las capturas en los años 1987, 1990 y 1998 tuvieron una baja sustancial como resultado de perturbaciones ambientales, eventos de El Niño. Para la zona Arica - Antofagasta su captura durante 1996 alcanzó las 815.719 t, 1.341.900 t en 1997, 141.242 t en 1998, 824.351 t en 1999, 1.187.165 t en el año 2000, alcanzando en la semana 24 (11 al 17 de junio de 2001) a 406.194 t, cifra 25% menor respecto a igual período de 2000.

La variabilidad de la abundancia en estas especies es conocida y presenta un claro componente estacional, asociado a la fase del pulso de reclutamiento y a los patrones de explotación; una anual, dependiente principalmente de la amplitud del pulso del reclutamiento y de la sobrevivencia larval subsecuente; e interanual, asociada a cambios climáticos que afectan los procesos ya señalados, teniendo especial relevancia entre los factores climáticos el fenómeno de El Niño, el cual se manifestó en la zona de estudio en 1997-98, impactando drásticamente sus niveles de desembarque.

El monitoreo de esta pesquería data desde el año 1963, habiendo generado la segunda base de datos más completa del mundo en pesquerías pelágicas. Desde 1963 a 1972 existe una cobertura trimestral ininterrumpida de secciones bio-oceanográficas para la zona Arica - Antofagasta, que en algunos años alcanza frecuencia mensual. 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 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 físicos 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, para vigilar las condiciones bio-oceanográficas y 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 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, evento que es especialmente crítico para las larvas de los pequeños pelágicos tales como la anchoveta.

En el periodo comprendido entre mayo y 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, con desviaciones positivas de hasta 6° C, respecto del promedio histórico, durante el apogeo



de este fenómeno. Al mismo tiempo estas masas de agua tienen características marcadamente oligotróficas, con concentraciones de biomasa fitoplanctónica muy bajas ($< 0,2 \mu\text{g/L}$).

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 no le permitió el desplazamiento mas allá de la línea de costa, lo cual significó que los desembarques se incrementaran significativamente. Posteriormente, este recurso disminuyó su biomasa disponible a la pesquería hasta que prácticamente desapareció de los registros de pesca.

Posteriormente, a partir de julio de 1998 el sistema comenzó a relajarse tendiendo al enfriamiento, lo que ha sido denominado "La Niña", con ese enfriamiento del sistema, 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, ca. $4 \mu\text{L}$ de clorofila a entre la costa y las 10 mn, llegando la zona de influencia de estos parches de alimentación hasta los 50 m en algunas ocasiones.

Todo esta conjunción de procesos oceanográficos 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 2000.

Debido a la importancia de este tipo de investigaciones para 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 mantener



el monitoreo de los pequeños peces pelágicos costeros y de su medio ambiente, dentro del programa de investigación para el año 2000, 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, complementando de manera eficiente la base de datos disponible.

Este documento corresponde al informe final del proyecto FIP 2000 - 01, el cual se enmarca dentro de las necesidades de investigación identificadas por el Consejo Nacional de Investigación Pesquera para el año 2000 y que fue adjudicado al Instituto de Fomento Pesquero - IFOP.



VI. PERSONAL PARTICIPANTE

OCEANOGRAFÍA FÍSICA

Hernán Reyes R. Oceanógrafo
Oceanografía, Participación Cruceros, toma de datos, procesamiento muestras de salinidad, análisis de información histórica, preparación de informes.

José Raúl Cañón C. Oceanógrafo - CORPESCA
Embarcado, toma de datos en estaciones fijas de monitoreo. Apoyo logístico.

Victor Catasti B. Ingeniero Pesquero
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.

OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA

• Ictioplancton

Mauricio Braun A. Biólogo Marino
Jefe de Proyecto, Jefe de Cruceros, Colecta de muestras, procesamiento y análisis de datos ictioplancton y zooplancton, análisis de información histórica, coordinación general, preparación de informes.

Vivian Valenzuela C. Biólogo Marino
Participación cruceros, colecta de muestras zooplanctónicas, procesamiento y análisis de zooplancton, medición biomasa zooplanctónica, procesamiento y análisis estaciones costeras de monitoreo.

Hernán Miles U. Técnico
Participación Cruceros, colecta de muestras de zooplancton, procesamiento e identificación de huevos y larvas de especies objetivo.

Guillermo Galindo P. Técnico
Participación Cruceros, colecta de muestras de zooplancton, separación de huevos y larvas de peces.



• **Fitoplancton - Clorifila a, Disco de Secchi**

Jorge Osses R.	Profesor de Química Colecta de muestras de agua para análisis de cloa – a, procesamiento y análisis de oxígeno, análisis de información histórica, preparación de informes.
----------------	--

Guillermo Pizarro	Técnico Pesquero - CORPESCA Embarcado, toma de datos en estaciones fijas de monitoreo,
-------------------	---

Gastón Rosson	Tecnólogo Embarcado, toma de muestras de agua de mar.
---------------	--

Alejandra Gómez	Asistente Embarcada, toma de muestras de agua de mar.
-----------------	--

ACÚSTICA

Jorge Castillo P.	Ingeniero Pesquero Participación Cruceros, toma y proceso de datos acústicos, análisis de datos, preparación de informes.
-------------------	--

Marcos Espejo V.	Ingeniero Electrónico Participación Calibración electroacústica sistema EK-500, procesamiento de datos acústicos en tierra.
------------------	--

Patricio Galvez	Técnico Embarcado, toma de datos acústicos.
-----------------	--

Alfredo Niklitschek	Electrónico Embarcado, calibración sistema EK-500, toma de datos acústicos.
---------------------	--



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

HORAS/HOMBRE POR ACTIVIDAD PRINCIPAL

PERSONAL	CRUCERO ESTACIONES COSTERAS	PROCESAMIENTO	ANÁLISIS	INFORME	TOTAL
TOTAL					
M. BRAUN	330	40	280	370	1020
H.REYES	320	146	175	200	841
J. CASTILLO		166	161	160	817
J. OSSES		60	106	120	286
V. VALENZUELA	320	270	70		660
H. MILES	360	670			1030
M. ESPEJO	40	40			80
V.CATASTI		45	45	10	100
G. GALINDO	90				90
G. ROSSON	90				90
P. GALVEZ	90				90
A.NIKLITSCHK	300				300
A. GOMEZ	90				90
OBJETIVO ESPECÍFICO N°1					
H. REYES	320	100	100	120	640
G.ROSSON	90				90
A.GOMEZ	90				90
J. OSSES		60	106	120	286
OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2					
M. BRAUN	330	20	200	200	750
V.VALENZUELA	320	100	40		460
H.MILES	360	300			660
G.GALINDO	90				90
V. CATASTI		45	45	10	100
OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3					
J. CASTILLO	330	166	161	160	817
P.GALVEZ	90				90
A.NIKLITSCHK	300				300
M. ESPEJO	40	40			80
OBJETIVO ESPECÍFICO N°4					
M. BRAUN			40	56	96
H.REYES		46	75	80	201
V.VALENZUELA		50			50
H.MILES		110			110
OBJETIVO ESPECÍFICO N° 5					
M. BRAUN		10	30	57	97
V.VALENZUELA		70	30		100
H.MILES		160			160
OBJETIVO ESPECÍFICO N° 6					
M. BRAUN		10	40	57	77
V.VALENZUELA.		50			50
H.MILES		100			100



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 crucero estacional de monitoreo se efectuaron estaciones oceanográficas distribuidas en 5 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes cada 80 mn. A lo largo de las transectas, las estaciones se localizaron a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa (**Fig. 1**).

En cada estación oceanográfica, se obtuvieron registros continuos de temperatura (°C), salinidad (psu) y profundidad hasta un máximo de 500 dbar, mediante el uso de un CTD marca SEA BIRD modelo 19. En las estaciones ubicadas en las transectas se tomaron 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. Con las muestras de agua se realizaron análisis de la concentración de oxígeno disuelto, los cuales se realizaron a bordo mediante el método Winkler modificado por Carpenter (1965) y clorofila- a .

Cabe señalar que durante el crucero de verano de 2001 y en las estaciones de 70 y 100 mn de la transecta realizada frente a la localidad de Arica, se registró una falla en el CTD, situación que fue subsanada por el electrónico de abordó, lo que permitió continuar con el trabajo en forma normal.



En forma adicional se obtuvieron muestras de salinidad para validar los datos de esta variable obtenidos con el equipo CTD. Las muestras fueron analizadas en tierra con un salinómetro de inducción marca T.S.K. modelo DIGI AUTO.

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.

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

Las muestras para análisis de clorofila a fueron obtenidas de las profundidades estándar mencionadas en 3.1.1 hasta una profundidad máxima de 100 m. Las muestras se filtraron *in situ* con un sistema de filtrado múltiple, utilizando filtros de acetato de celulosa (Millipore, HA, 0,45 μm , 47 mm de diámetro), con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL. Las muestras se almacenaron a -20°C en ambiente anhidro, utilizando como desecante CaCl_2 para su posterior análisis en laboratorio en tierra.

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

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



Para efectos de graficación de las isóneas de concentración, la escala utilizada para la clorofila es: 0,2-0,5 - 1 y 2 $\mu\text{g/L}$ y para los feopigmentos es: 0,2-0,5 - 0,75-1 - 1,5 y 2 $\mu\text{g/L}$.

1.3 Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)

Durante el desarrollo del proyecto se recibieron, procesaron y estudiaron 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. Las imágenes fueron recibidas en un sistema SIRS-HRPT, que posee una antena parabólica y son analizadas preliminarmente con el software de recepción satelital y de procesamiento digital de imágenes PCI. Luego las cartas satelitales fueron transmitidas al Laboratorio SIG del IFOP.

Dichas imágenes representan matrices de datos que fueron corregidas atmosféricamente y posteriormente resampleadas y georreferenciadas, para finalmente obtener los valores de TSM. Cabe destacar que la disponibilidad de imágenes de TSM está condicionada por la nubosidad presente en el área de interés, ya que la forma de registro del sensor (pasiva) no es capaz de hacer mediciones a través de las nubes transformándose en el mayor problema de la recepción de la información satelital (Barbieri *et al.*, 1989; Maravelias y Reid, 1995). Por lo tanto, el número de imágenes de TSM sin nubosidad es mayor durante los meses de verano y menor durante otoño e invierno. Por ello se utilizaron cartas compuestas elaboradas con las "pasadas" del satélite por el área de estudio.

En base de las imágenes satelitales calibradas y georreferenciadas disponibles se elaboró una imagen semanal de la TSM y con el propósito de minimizar el efecto de las nubes, se confeccionaron imágenes promedio mensual, superponiendo las imágenes de la TSM disponibles dentro de dichos períodos (Yáñez *et al.*, 1996).

1.3.1 Generación de archivos dinámicos (formato *.AVI)

Para facilitar el análisis de las cartografías de TSM, se generaron archivos dinámicos de video con extensión AVI. Esta presentación se entrega en medio magnético, y tiene la



ventaja de poder observar las distribuciones de manera interactiva a través del computador y apreciar de una manera más clara el comportamiento de la TSM.

1.4 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 utilizó en esta oportunidad los datos del análisis discreto. En todos los análisis efectuados el CTD no presentó diferencias significativas para ambas variables. En forma adicional, y en algunas estaciones de los cruceros estacionales, la información del CTD fue duplicada mediante el uso de un segundo CTD. En otras oportunidades, el equipo fue chequeado con otro, antes o después del cada crucero.

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 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 estudio por Blanco (1996).

Con los datos ya procesados se confeccionaron cartas superficiales de distribución de las variables temperatura, anomalía de temperatura, salinidad, anomalía de salinidad, oxígeno disuelto y densidad (sigma-t) y los diagramas t-s de todas las transectas.

La información de clorofila-a fue codificada y digitada georreferenciada por profundidad, confeccionándose cartas de distribución batimétrica para todas las transectas. Los resultados se expresan en $\mu\text{g/L}$.



Con respecto a la información meteorológica, en cada una de las estaciones oceanográficas se registraron datos de intensidad y dirección del viento con los cuales se confeccionó una carta superficial de esta variable por crucero. En forma adicional, y para complementar las bases de datos se registraron los siguientes datos de carácter básico: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), presión atmosférica, tipo y cantidad de nubes, altura y dirección de las olas, utilizándose las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991).

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 de monitoreo fueron calibrados a 2mn al oeste de Mejillones y durante la navegación entre Iquique y la Bahía de Mejillones, 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 - 0005	TSK 5336 (A07)	$V = 0,16855917 * N + 0,008258874$
Crucero MOBIO - 0009	TSK 4771 (A08)	$V = 0,16570057 * N - 0,001080678$
Crucero MOBIO - 0012	TSK 4771 (A08)	$V = 0,16249157 * N - 0,031299282$
Crucero MOBIO - 0102	TSK 5336 (A07)	$V = 0,14855401 * N + 0,018711644$



2.2 Colecta de las muestras

En el curso de los cruceros estacionales de monitoreo se efectuaron 200 estaciones zooplanctónicas mediante el uso de una red modelo WP-2 (UNESCO, 1968), 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 orientado a determinar la abundancia de los huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, 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 2000, el ángulo fluctuó entre 0° y 42° con una media igual a 16° en otoño, entre 0° y 25° con una media en los 11° en invierno, en primavera fluctuó entre 3° y 25° con una media en los 10° y entre 0° y 28° con una media de 13° en verano de 2001.

Durante la realización de cada lance planctónico 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**).

2.3 Tratamiento de las muestras a bordo

Las muestras zooplanctónicas fueron fijadas en solución de formalina al 5% en agua de mar neutralizada con disodio tetraborato (bórax). El proceso de fijación se realizó tan pronto como éstas fueron extraídas del colector para evitar 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 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); Chiechowski, (1971); Balbontín y Garretón, (1977); Pérez, (1978); Aron, (1980); Balbontín y Pérez, (1980); Boltovskoy, (1981); Rojas y Mujica, (1981); Rojas *et al.*, (1983); Fahay, (1983); Orellana y Balbontín, (1983); Santander *et al.*, (1984); Sinclair y Tremblay, (1984); Sinclair *et al.*, (1985); Matarese *et al.*, (1989) y Olivar y Fortuño, (1991).

2.3.1.2 Estandarización de la estimación de la abundancia del ictioplancton

Con el propósito de hacer comparable el número de huevos y larvas obtenidos de los muestreos 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 m^2)
- d = profundidad máxima del lance (m).
- w = volumen de agua filtrado (m^3).
- c = número de huevos o larvas en la muestra.

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

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

donde:

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

$$W = Q * t$$

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.

Á = área de la boca de la red (m²).

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

$$V = a * N + b$$

donde:

N = número de revoluciones por segundo.

a y b = constantes

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

Para la confección de mapas de distribución y 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 las especies sardina y anchoveta, se utilizó la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979). Este índice entrega información respecto de la intensidad y extensión del desove y puede ser usado para apreciar los cambios en la biomasa en desove. La confiabilidad del índice de abundancia sardina para la zona norte del país, está ejemplificada en Braun *et al.*, 2000.

2.3.1.3.1 Varianza del índice de abundancia larval

Estimadores

Si asimilamos el diseño de un crucero cualquiera a un muestreo aleatorio simple, entonces la varianza de L se puede calcular mediante la fórmula:

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

donde la varianza de la captura promedio por lance es:

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

La varianza de la muestra se calcula a través de toda la muestra, incluyendo estaciones positivas y negativas, mediante:

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

donde,

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



La razón de hacerlo a través de toda la muestra es porque no conocemos exactamente el número total de áreas de 10m² presentes en el área de estudio con estaciones positivas.

Es interesante observar que el promedio sobre todas las estaciones resulta de multiplicar la proporción de estaciones positivas por el promedio sobre las mismas estaciones, es decir:

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

luego, el índice larval se puede expresar como:

$$L = A \cdot c .$$

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. esta 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).



2.3.1.4 Exploración de las relaciones entre la distribución de huevos y larvas de las especies objetivo y las variables bio-oceanográficas.

2.3.1.4.1 Distribución espacio-temporal de los huevos y larvas de anchoveta y de las variables ambientales

Para realizar la descripción espacial y temporal de las variables bio-oceanográficas se confeccionaron imágenes para cada variable. Lo anterior implicó crear, previamente, archivos vectoriales con la información de las variables a cartografiar y realizar una interpolación, a través del método de Kriging, de dichas variables.

Luego, para sobreponer y relacionar distintas capas de información, fue necesario que las imágenes se encontraran a una idéntica escala espacial, de esta manera, las imágenes deben poseer una misma resolución espacial y distribución geográfica. Esto significó generar imágenes en rasters de similar cantidad de filas y columnas y también de igual posición y cobertura geográfica, lo anterior se realizó mediante el módulo RESAMPLE de los SIG y para ello se utilizó la técnica de GCP (Ground Control Point) (Butler *et al.*, 1990) que consiste en seleccionar determinados puntos relevantes de la imagen obteniendo las coordenadas geográficas exactas del mapa.

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



2.3.1.4.2 Análisis integrado

Para el análisis integrado de las variables registradas se utilizó, como plataforma de trabajo, el sistema de información geográfica TNTmips, bajo sistema operativo Windows NT. Esto permitió superponer distintos planos de información, por ejemplo zonas de alta densidad de huevos y larvas versus datos oceanográficos, para encontrar relaciones espacio-temporales.

Con el SIG mencionado anteriormente y para detectar la posible asociación entre la distribución de los huevos de anchoveta y de las variables ambientales, se emplearon tres enfoques: 1) se efectuaron análisis espaciales y visuales de la información realizando la cartografía de las variables y explorando las asociaciones a través de los SIG, 2) se establece algún tipo de relación funcional entre la distribución de los huevos de anchoveta y los indicadores ambientales, mediante un análisis de modelos de tendencia y determinación de rangos de preferencia de la especie en relación dichos parámetros y 3) se estimó la señal latitudinal de las variables biológicas y oceanográficas.

2.3.1.4.3 Relaciones entre la distribución de los huevos de anchoveta y la distribución de variables bio-oceanográficas.

Para esto se procedió a realizar un análisis entre la distribución de los huevos y las variables oceanográficas. De esta manera se realizaron correlaciones espaciales cruzadas (crosstabulación) y se calculó el número de píxeles respecto de alguna(s) variable(s), con el propósito de generar gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribución de huevos y larvas respecto de dichas variables. Con esto se determinaron rangos óptimos de preferencia de los huevos y larvas de la especie en relación a variables ambientales.



2.3.1.4.4 Análisis de las relaciones entre la distribución de los huevos de anchoveta y las variables ambientales

Para determinar la probable existencia de asociación entre la abundancia de los huevos y larvas respecto de las variables oceanográficas se efectuó un análisis de relaciones de tendencia. Lo anterior implicó dividir la zona de estudio en cuadrículas, de acuerdo a una determinada resolución. Finalmente, se realizó un análisis de las relaciones entre la densidad de huevos y larvas de la especie y las variables ambientales mediante relaciones de tendencia. Esta metodología es similar a la propuesta por Power y May (1991) y Reddy *et al.*, (1995) y ya ha sido empleada por Yáñez *et al.*, (1996) en la pesquería pelágica de San Antonio y Barría *et al.*, (2000) en la pesquería de jurel en la zona Centro-Sur.

2.3.1.4.5 Análisis de la señal latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y de las variables ambientales

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 asociado 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, localizada entre la costa y las 30 mn, la segunda llamada intermedia posicionada entre las 30 y 60 mn y una tercera situada al oeste de las 60 mn y que se denomina oceánica.



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 *op. cit.*). De acuerdo a este método es posible alcanzar un nivel de precisión de + 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 antes del inicio de cada uno de los cruceros estacionales en la Bahía de Mejillones, para lo cual 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 (Sa) se aplica el siguiente procedimiento:

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

siendo:

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

donde:

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



3.1.2 Identificación de especies

La identificación de especies fue realizada mediante la aplicación del método acústico (Guzmán *et al.*, 1983)

El método acústico 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 volumétrico de dispersión de la agregación ó cardumen.
- $C1$ = 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 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.

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 2000 y mayo de 2001, 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, penetración de la luz 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 zooplanctones cuyas densidades eran muy grandes se utilizó para su subdivisión el submuestreador Folsom (Smith y Richardson, 1979; Boltovskoy, 1981 y Griffiths *et al.*, 1984).

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

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

La representación gráfica de la densidad del zooplancton se realizó en base a la escala métrica log² que permite determinar clases de abundancia con valores equidistantes (Frontier, 1980) y el software SURFER 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 del ictioplancton a fin de evitar posibles daños a los huevos y larvas que pudieran dificultar su identificación y posterior clasificación. Para la medición del volumen se empleó el método de desplazamiento de volumen húmedo descrito por Yashnov (1959) modificado por Robertson (1970). 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).



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 2000 y marzo de 2001, el Instituto de Fomento Pesquero – IFOP – realizó a bordo del B/C “Carlos Porter” los siguientes cruceros estacionales de monitoreo:

- Otoño : **MOBIO 0005** (15 al 27 de mayo de 2000),
- Invierno : **MOBIO 0009** (06 al 15 de septiembre de 2000),
- Primavera : **MOBIO 0012** (06 al 15 de diciembre de 2000), y
- Verano : **MOBIO 0102** (26 de febrero al 08 de marzo de 2001).

Se efectuaron además las estaciones costeras de vigilancia de frecuencia de observación mensual durante el período comprendido entre abril de 2000 y mayo de 2001, frente a los puertos de Mejillones, Iquique y Arica y 12 estaciones bio-oceanográficas complementarias durante la navegación intertransectas en cada uno de los cruceros (**Fig. 1; Tablas 1, 2, 3 y 4**).



En el crucero de otoño, MOBIO 0005 y en el marco del Tercer Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, coordinado bajo la responsabilidad de la Secretaría Científica de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), se realizó una transecta adicional equidistante 40 mn al sur de Antofagasta, la que se localizó frente a Punta Tres Picos ($24^{\circ}20'S$), 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. 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 químico ecuatoriano del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador – INOCAR.

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 m.

3. Condiciones oceanográficas superficiales

3.1 Vientos

Para efectos comparativos de la intensidad del viento se definirá, como criterio de clasificación, la siguiente escala: 0 a 5 m/s viento de intensidad débil, > 5 a 10 m/s viento moderado y > 10 m/s viento fuerte. El valor de 5 m/s es considerado como la mínima intensidad de viento capaz de producir mezcla turbulenta en la capa superficial (Simpson y Dickey, 1981). Las mediciones efectuadas muestran en general una variación estacional registrándose las más bajas intensidades en primavera y las más altas en otoño.

En el crucero de otoño (**Fig. 2a**) los vientos registraron valores de intensidad moderada a débil, con un 65% de los datos entre 0,5 y 5 m/s, sin consignar datos con intensidad cero y sólo un 14% de ellos mayores a 5 m/s. El promedio medido en este crucero fue de 4 m/s



y el máximo 8,2 m/s, ambos valores corresponden a los máximos medidos durante el proyecto. El valor mínimo fue de 0,5 m/s. Las menores intensidades se registraron frente a Punta Lobos (21°S), área central de la zona de trabajo con un rango de 0,5 a 4 m/s. La dirección predominante del viento fue del ESE y SSE ya que un 70% de los registros corresponden a vientos que provienen de una dirección 110° - 160° .

En invierno (**Fig. 2b**) se registraron bajos valores de intensidad del viento, con un 92% de los registros con valores inferiores a 5 m/s y el 17% del total de datos corresponden a calma (sin viento). El máximo fue de 7,5 m/s con un promedio de 2,5 m/s. Durante este período sólo el 50% de los registros tuvo una dirección del 140 a 160 (SSE) y un 27% entre 180° y 220° (S y SSO). Las mayores intensidades se presentaron en la mitad sur del área (Antofagasta a Pta. Lobos).

En primavera (**Fig. 2c**) se presentó un valor máximo de 5,5 m/s y un promedio de sólo 1,5 m/s. Estos dos valores representan las menores intensidades de los cuatro cruceros, principalmente frente a Punta Lobos, donde se registraron valores mínimos de intensidad en la mayoría de las estaciones.

En verano de 2001 (**Fig. 3d**) se registraron vientos de magnitud débil a moderada, con valores de intensidad mayores a los encontrados durante el invierno y primavera de 2000, pero similares a los encontrados en otoño. El máximo valor para este período corresponde a 8,0 m/s con un promedio igual a 3,3 m/s. Los mayores vectores de viento se localizaron frente a Pisagua y Antofagasta, mientras que los menores se ubicaron en Punta Copaca (22°20'S) y Punta Lobos (21°S). Con respecto a su dirección, un 35% de ellos presentaron direcciones ESE-SSE y el 44% restante correspondió a dirección S-SSO.

3.2 Temperatura superficial

Los resultados de temperatura superficial medidos en cada uno de los cruceros se entregarán a continuación junto a la anomalía de temperatura superficial obtenida en base a los promedios mensuales calculados para el área.



Durante el desarrollo del crucero de otoño, la temperatura superficial fluctuó entre 14° y 21,5° C (**Fig. 3a**). Las menores temperaturas (14° a 18°C) se registraron junto a la costa, en el sector de Caleta Patillos y en el lado sur de la Península de Mejillones, donde las isotermas, ubicadas en forma paralela a ella, indican la presencia de procesos de surgencia en las primeras 20 mn. En el área oceánica (>20mn), se observó la entrada, desde el norte de agua cálida en forma de lengua, que se ubicó entre las 40 y 160 mn de la costa, con registros que estuvieron por sobre los 19°C. Cálculos de anomalías térmicas de superficie (**Fig. 4a**), señalan la presencia de valores dentro del rango 0° a -1°C para el sector oceánico y anomalías negativa más intensas -1° a -3°C en el sector costero frente a Punta Lobos.

En invierno la temperatura superficial (**Fig. 3b**) presentó valores extremos de 14,6° y 17,5°C. Los valores mínimos se registraron en la Bahía de Mejillones. En general el sector costero presentó una temperatura inferior a 16°C. La máxima térmica superficial se registró en el sector oceánico frente a Punta Lobos con valores sobre 17°C. No se aprecian gradientes de temperatura costeros importantes producto de bajos valores de temperatura oceánica y surgencia probablemente débil. En general las anomalías de temperatura superficial (**Fig. 4b**) son bajas, con valores cercanos a cero en toda la zona. Valores de anomalía negativa mayor a -1°C se encontraron próximos a la costa frente a Tocopilla e Iquique.

La temperatura superficial en primavera (**Fig. 3c**) presentó valores extremos de 15,8° a 23°C. La máxima se ubicó en el área oceánica por sobre las 40 mn entre las localidades de Arica e Iquique mientras que el valor menor estuvo en la costa entre Tocopilla y Punta Lobos. La zona costera presentó un frente térmico superficial producto de la surgencia, originando gradientes de 0,15 a 0,2 °C/mn. En el sector oceánico se aprecia una intrusión de agua cálida con temperaturas superiores a 21°C. Las máximas temperaturas se encuentran de Iquique al norte por sobre las 50 mn con valores mayores a 22°C. La anomalía térmica superficial (**Fig. 4c**) estuvo, en general, entre +1° y -1°C en el área oceánica. Anomalías negativas con valor absoluto > 1°C se localizaron muy próximos a la



costa en Arica y en el sector Iquique y Punta Lobos, mientras que rodeando la Península de Mejillones se encontró un foco de anomalía $>+1^{\circ}\text{C}$.

En verano del 2001 las mediciones de temperatura superficial del mar (**Fig. 3d**) presentaron valores extremos de $25,9^{\circ}$ y $15,8^{\circ}$ C. El máximo se ubicó en la zona oceánica sobre las 70 mn frente a Punta Junín y el mínimo se localizó en las cercanías de Iquique. La distribución de temperatura mostró gradientes de hasta $0,3^{\circ}\text{C}/\text{mn}$ en el área costera, creando frentes térmicos importantes, especialmente entre Punta Junín y Punta Lobos, sectores habituales de surgencia costera en la zona. La temperatura presentó un aumento en sentido longitudinal, lo que es corroborado por la tendencia de las isotermas a ubicarse en forma paralela a la costa. Se destaca la localización de un foco cálido con valores por sobre los 25°C en la zona oceánica entre Punta Junín y Punta Lobos. La anomalía superficial de temperatura (**Fig. 4c**) muestra en general para el área oceánica valores positivos menores a 1°C .

3.2.1 Distribución vertical de la temperatura

Para efectos comparativos en el análisis de la distribución vertical de la temperatura, se definirá como termoclina a la zona de rápido cambio de temperatura con la profundidad, la cual será de intensidad débil si el gradiente de temperatura es $< 0,15^{\circ}\text{C}/\text{m}$ y fuerte o intensa si el gradiente es $> 0,15^{\circ}\text{C}/\text{m}$. El espesor de la termoclina corresponderá a la capa de agua en metros en que se observe el gradiente de temperatura. La isoterma de 15°C se define como la isolínea que limita la parte inferior de la termoclina local.

Durante otoño se presentó una termoclina débil ($0,12^{\circ}\text{C}/\text{m}$) en el sector sur de la zona haciéndose más intensa hacia el norte para alcanzar un máximo frente a Arica ($0,25^{\circ}\text{C}/\text{m}$). La termoclina alcanzó en general un espesor de 10 a 20 m y su límite inferior se ubicó en el nivel de 50 m aproximadamente en el sector oceánico; mientras que para la costa se hace más superficial producto del levantamiento de las isotermas. Bajo el nivel de 100 m las isotermas se profundizaron de oeste a este, destacándose en este sentido la profundización de las isolíneas de 11° y 12°C , las que presentaron un descenso de 80 m,



indicando con esto una mayor temperatura subsuperficial hacia la costa. El ascenso de las isothermas en el sector costero muestra también el origen de los frentes térmicos superficiales.

El período de invierno mostró los menores gradientes térmicos subsuperficiales, siendo esto producto de las menores temperaturas del agua en superficie. La isoterma de 15°C frente a Bahía Moreno se ubicó bajo los 50 m de profundidad, a diferencia del crucero de otoño y del sector norte del área de estudio, donde la isolínea estuvo sobre ese nivel. La termoclina en invierno se presentó en general débil con valores de gradiente de 0,07 a 0,13°C/m en todas las transectas y con un espesor promedio de 15 a 20 m. La transecta 1 presentó la termoclina de menor gradiente (0,07 °C/m). En este crucero las isothermas que se ubicaron bajo los 100 m muestran una leve oscilación de Oeste a Este en su nivel de profundidad. Todas las transectas presentaron levantamiento costero de las isothermas ubicadas hasta una profundidad de 50 m.

Durante la estación de primavera reaparecieron los gradientes térmicos subsuperficiales y con ellos también los frentes costeros producto del ascenso de la isothermas. Las aguas superficiales al ser más cálidas que aquellas de invierno, intensificaron la termoclina, originando que ésta se ubicarán en algunas de las transectas desde el nivel superficial cubriendo los primeros 50 de profundidad y con gradientes de 0,17°C/m. Lo descrito difiere a la situación encontrada en otoño, período en que la termoclina ocupó una capa de 10 a 20 de espesor. Con respecto a la termoclina, ésta se presentó menos intensa en el sector oceánico de la zona sur del área, en comparación a los restantes sectores y transectas. Bajo el nivel de 100 m las isothermas muestran una oscilación en su nivel de profundidad, característica menos notoria hacia las transectas ubicadas más al norte.

En verano de 2001, las mayores temperaturas del agua en superficie originaron los mayores gradientes verticales de esta variable en la capa de los primeros 50 m de profundidad. En el área oceánica una termoclina intensa se ubicó en una capa de 30 a 40 m de espesor, pero hacia la costa esta capa de alto gradiente térmico comenzó desde la superficie. En el sector costero la base de la termoclina asciende significativamente, sin



alcanzar la superficie, lo que origina la presencia de gradientes superficiales no tan importantes.

Las anomalías de temperatura en Punta Lobos, indican que para el período de otoño (**Fig. 12a**) se presentó un predominio de valores de anomalía que varía entre $+1$ y -1°C . Una capa de anomalía negativa por sobre 1°C se localizó en el sector costero y un núcleo de anomalía positiva de hasta $+2^{\circ}\text{C}$ se presentó en la zona oceánica por sobre las 60 mn centrado a 25 m de profundidad. En invierno (**Fig. 12b**) no se registran valores de anomalía superiores a 1°C en la columna de agua. En primavera, (**Fig. 12c**), se presentaron anomalías negativas superiores a 1°C , localizadas en las estaciones más oceánicas. Para el verano de 2001 (**Fig. 12d**) las anomalías fueron principalmente negativas pero menores a 1°C . Valores de anomalías negativas de hasta -2°C se localizaron entre la costa y las 40 mn.

3.3 Profundidad de la isoterma de 15°C

La profundidad de la isoterma de 15°C para cada crucero se presenta en la **Fig. 10a**. Esta isoterma se considera como base de la termoclina local en la zona norte de Chile y la determinación de su profundidad es útil para detectar un aumento o disminución de la capa de agua de origen subtropical y el paso de ondas atrapadas a la costa asociadas a las perturbaciones de origen ecuatorial. La anomalía de la isoterma de 15°C , se obtiene de promedios mensuales determinados para el área.

Durante otoño la isoterma de 15°C (**Fig. 10a**) se localizó a profundidades de 10 a 60 m, encontrándose en niveles más superficiales en la zona costera y aumentando su profundidad hacia el sector oceánico. Frente a Punta Lobos (21°S) y centrado en las 70 mn se localizó un pequeño foco de mayor profundidad, él que, como se verá en la sección de circulación, está asociado a un giro anticiclónico en el lugar. En general, la anomalía de profundidad de la isoterma de 15°C (**Fig. 11a**) indicó que esta temperatura se ubicó a una menor profundidad, de hasta 30 m, en el sector oceánico por sobre las 160 mn, mientras que en la costa su nivel fue hasta 20 m más somero.



En invierno las isóbatas de la isoterma de 15°C (**Fig. 10b**) se distribuyeron como es habitual en forma paralela a la costa, aumentando de valor de este a oeste de <10 m a >50 m. En el extremo sur-oeste de la zona de estudio (sector oceánico frente a Antofagasta) se localizó un pequeño núcleo de profundidad de isoterma que alcanzó hasta los 80 m de profundidad, posiblemente asociado a un giro anticiclónico en el lugar. Los valores de anomalía (**Fig. 11b**) registrados desde Arica a Tocopilla fueron negativos pero cercanos a lo normal (dentro del rango <10 m) y propios de la variabilidad de la zona. Sin embargo, se encontraron anomalías negativas importantes de hasta -30 m (menos profundo) en el sector oceánico frente a Pisagua y positivas > 20 (más profundo) frente a Antofagasta.

En la primavera de 2000 los valores de la profundidad de la termoclina (**Fig. 10c**) tienen una distribución normal para el mes (diciembre). Los valores de profundidad aumentaron de este a oeste, con un valor típico en el sector costero de las primeras 20 mn en el rango de 20 a 30 m y en el sector oceánico se encontraron los máximos valores >50 m frente a Pta. Lobos, por sobre las 70 mn y también frente a Antofagasta. Las anomalías de ésta variable (**Fig. 11c**) muestran en general valores en el rango -10 y +10 m en la mitad sur de la zona, lo que corresponde a valores normales. Al norte de Pta. Lobos, sin embargo, la anomalía es negativa con valores mayores a 10 m (absoluto), es decir, la temperatura de 15°C se ubicó más superficial respecto al promedio del mes. Dado que los valores de anomalía de temperatura superficial para éste mismo sector son menores a +1, esto sugiere que la ubicación más arriba de la base de termoclina no sería producto de una menor presencia de AST a nivel superficial en la zona. Las anomalías negativas de la profundidad de la termoclina indican por lo tanto que la capa de agua cálida de origen subtropical se encontró restringida a una capa más delgada posiblemente por la mezcla con un núcleo de ASAA que se encuentra en forma importante en el sector.

Durante el verano de 2001 las isolíneas de profundidad de la isoterma de 15°C (**Fig. 10c**) muestran una profundización de la termoclina desde el sector costero hacia el oceánico. En general ésta variable presentó valores <20 m en el sector costero y > 40 m en el sector oceánico, especialmente en la mitad norte de la zona. Hacia el extremo suroeste la



profundidad de la isoterma de 15°C alcanzó valores de 60 a 70 m. La anomalía de profundidad de la termoclina (**Fig. 11d**) presentó en la costa valores entre -10 y -20 m y en el sector oceánico, en general, valores de anomalía negativos mayores sobre 10 m (absoluto), lo que indica que la isoterma de 15°C se encontró menos profunda con relación al promedio mensual en gran parte de la zona oceánica.

3.4 Salinidad superficial

La salinidad superficial registrada durante la ejecución de los cruceros estacionales de monitoreo se entrega en la **Fig. 13** y su anomalía con respecto a los promedios históricos en la zona se entrega en la **Fig. 14**.

La salinidad superficial en otoño del 2000 (**Fig. 13a**) se presentó con valores extremos de 34,5 a 35,2 psu. Los menores valores se encontraron en las primeras 25 mn de la franja costera asociados a lo surgencia. Este valor de salinidad mínimo también cubrió una importante área frente a Antofagasta alcanzando más allá de las 70 mn. La lengua cálida descrita para este mes se encontró asociada a las mayores salinidades que corresponden a valores superiores a 34,9 psu.

La salinidad superficial en invierno (**Fig. 13b**) presentó valores extremos de 34,5 y 35,0 en su valor mínimo y máximo, respectivamente. Las mayores salinidades se encontraron en el sector norte del área de estudio, con una salinidad mayor a 34,9, mientras que las mínimas se encontraron en la transecta frente a Antofagasta. Una baja salinidad, relativa a los valores oceánicos centrales en la mitad norte de la zona de estudio, se encontró tanto en la costa como en el extremo oeste. En la mitad sur de la zona de estudio (transectas 1 y 2), la mezcla de la capa superficial originó que se rompa la estructura de temperatura superficial descrita para la mitad norte, distribuyendo las isohalinas en forma más perpendicular a la costa. Toda la zona de estudio se encontró con anomalías negativas de salinidad (**Fig. 14b**). Existen anomalías negativas mayores (valor absoluto) en el sector oceánico de la mitad norte, las que alcanzaron los -0,3 psu. El sector costero, que tuvo las menores temperaturas de la zona presentó valores de anomalía negativas bajas, menores a 0,1 psu.



La salinidad superficial en primavera (**Fig. 13c**) no presentó un gradiente costero importante similar a lo encontrado en invierno. Los mayores valores se encontraron al nor-oeste de la zona con salinidades $> 34,9$. El máximo salino fue de 35,2 y se ubicó en el área oceánica centrado en los $19^{\circ}30'S$. Los menores valores de salinidad se encontraron cubriendo todo el sector costero de Mejillones a Antofagasta ($< 34,7$ psu) y en el sector oceánico desde Punta Lobos al sur ($< 34,8$ psu). La anomalía de salinidad superficial (**Fig. 14c**), presentó valores en general negativos. Desde Tocopilla al norte los valores de anomalía negativa fueron mayores mientras que de esta localidad al sur fueron entre 0 y $-0,1$, observándose incluso focos de anomalía positiva en la costa y en el sector oceánico frente a Antofagasta. Los valores de anomalía de esta variable presentaron valores extremos de $-0,3$ y $0,1$ psu. Los mayores valores de anomalía absoluta ($-0,3$ psu) se encontraron entre Iquique y Punta Lobos creando un foco de anomalía negativa en el sector y por sobre las 10 mn desde la costa. El valor máximo de anomalía negativa de salinidad coincidió con el foco de valores de anomalía térmica negativa ubicado entre Tocopilla y Punta Lobos.

En verano, la salinidad superficial (**Fig. 13d**) presentó valores extremos de 35,2 y 34,5. El máximo se ubicó en el sector oceánico asociado al foco cálido descrito anteriormente y el mínimo salino se localizó frente a Antofagasta a una distancia de 20 mn. Los valores negativos de anomalía de salinidad (**Fig. 14d**) que alcanzan valores $> 0,3$ psu (absoluto) se localizaron en un foco de baja salinidad centrado en las 40 mn en los $21^{\circ}S$ (Pta. Lobos).

3.4.1 Distribución vertical de la salinidad

El análisis de salinidad en la vertical que a continuación se entrega es útil para analizar la distribución de los núcleos de las distintas masas de agua presentes en la zona. Los núcleos de las masas de agua se pueden separar por las siguientes isohalinas: Subantártica (ASAA), $< 34,6$, Subtropical (AST) 35,0, Ecuatorial Subsuperficial (AESS), entre 34,8 y 34,9.



Los datos de otoño (**Fig. 15 a 19**) presentaron un importante núcleo salino de AESS de valor 34,8 centrado en el nivel de 200 m en la transecta 1 (Antofagasta) (**Fig 15a**). Este núcleo se hizo más grande y oceánico desde la transecta 3 al norte. Por otro lado en todas las transecta se observó el núcleo de ASAA, pero éste es más importante en las transectas 1 y 2 (sector sur), con salinidades de 34.4 psu, que en las del norte donde se mezcló con AESS y aumentó su valor de salinidad a 34,7 y aun mayores,

Durante el invierno (**Fig. 15 a 19**) la salinidad disminuyó notoriamente en la capa superficial lo que trajo que los gradientes subsuperficiales también disminuyeran. El núcleo de mínima subsuperficial asociado a la ASAA se vio más intenso y desarrollado especialmente en la transecta 2 donde ésta variable alcanzó valores menores a 34,4 psu. Hacia el norte éste núcleo se hizo más delgado y salino. En este período se observó además que el núcleo de máxima salinidad subsuperficial asociado a la AESS tiene un espesor variable y que incluso se ve partido en dos en las transectas 1 y 2, adelgazándose hacia el norte.

En primavera (**Fig. 15 a 19**) se intensificó la ASAA con su mínimo salino en la transecta 1 (extremo sur de la zona) y presentó salinidades menores a 34,3 en el extremo oceánico y pegado a la costa. Este núcleo se mantuvo en forma importante en las transectas 2 y 3 pero hacia el norte se hizo más superficial y fue separado en dos por AST que estuvo presente en la zona. Salinidades > 35,0 en superficie sólo se observaron en las transectas 4 y 5 (extremo norte).

En verano (**Fig. 15 a 19**), el mínimo salino de la ASAA se encontró bastante desarrollado en la transecta 1 y 2 pero en las transectas 4 a 5 su participación se hizo menos importante, lo que indica que la ASAA se localizó en la franja superficial de las tres últimas transectas del extremo norte. El núcleo de máxima salinidad subsuperficial correspondiente a AESS se ha intensificado con relación al crucero de primavera, presentando incluso desde la transecta 4 salinidades de 34.9 psu, las que no se habían observado en los otros tres cruceros. La salinidad superficial ha aumentado notoriamente



en este período presentando los máximos del período de estudio con valores mayores a 35,2 psu en las tres transectas del sector norte.

La anomalía de salinidad en la vertical obtenida para la transecta 3 (21°S) (**Fig. 20**) muestra para el otoño una situación similar a la descrita para la temperatura, es decir, se presentó un núcleo de anomalía de salinidad positiva (menor a 0,1 psu) asociado al núcleo de anomalía de temperatura, -2°C , ubicado en las 70 mn y a 25 m de profundidad. Este período presentó un predominio de valores de anomalía menores a 0,1 psu (tanto negativos como positivos) en el resto de la columna de agua. Para invierno (**Fig. 20b**), en la superficie del área oceánica de la transecta 3, se aprecia un núcleo de anomalía negativa que supera los $-0,2$ psu, sin embargo a nivel subsuperficial predominaron los valores de anomalía menores a 0.1 psu, tanto positivas como negativas, en el resto de la columna. En primavera (**Fig. 20c**) la presencia de anomalía de salinidad negativa en la capa de los primeros 100 m de profundidad en la zona oceánica se hizo más intensa, esto al registrarse valores que alcanzaron hasta los $-0,4$ psu. Esta anómala situación se produce por la presencia a nivel subsuperficial de un intenso núcleo de baja salinidad, de origen subantártico, que penetró desde el sector oceánico y alcanzó intensamente hasta el sector costero.

En verano, sólo se presentaron en la capa superficial de los primeros 25 m anomalías de salinidad de valor $-0,2$ psu, las que abarcaron toda la transecta (hasta las 70 mn). Lo indicado corresponde a un mayor transporte hacia el oeste de agua de surgencia.

3.5 Densidad superficial ($\sigma\text{-t}$)

En otoño (**Fig. 21a**) el rango de densidad superficial estuvo entre 24,7 a 25,9 kg/m^3 . Los mayores gradientes superficiales se encontraron en el sector costero de las primeras 20 mn el que fue de $0,03 \text{ kg}/\text{m}^3 / \text{mm}$. La isopicna de $\sigma\text{-t}$ 25 kg/m^3 , característica para la masa de agua Subtropical en la zona de estudio, estuvo asociada a la isoterma de 19°C y a la isohalina de 34,9 psu.



La densidad superficial en invierno (**Fig. 21b**) tuvo valores extremos de 25,3 a 25,8 kg/m³ los que aumentaron de norte a sur y desde el sector oceánico hacia la costa. El sector costero presentó un gradiente superficial que llegó sólo a 0,01 kg/m³/mn en las primeras 20 mn en el sector entre Iquique y Mejillones.

En primavera la densidad superficial (**Fig. 21c**) en la zona de estudio presentó nuevamente gradientes de densidad paralelos a la costa, los que ubicados en las primeras 20 mn tuvieron un valor de 0,05 kg/m³/mn, mostrando la presencia de procesos de surgencia. El rango de densidad superficial para este período es de 24,1 a 25,5 kg/m³.

Los valores de densidad superficial en verano de 2001 (**Fig. 21d**) muestran que los mayores gradientes de densidad se encontraron entre Punta Junín y Punta Lobos, alcanzando valores de 0,1 kg/m³/mn. El rango correspondiente de densidad superficial correspondiente al período fue de 23,1 a 25,5 kg/m³.

3.6 Distribución superficial del oxígeno disuelto

La distribución superficial de oxígeno disuelto (**OD**) (**Fig. 27a**), en mayo de 2000, indicó que las mayores concentraciones de esta variable (> 5 mL/L), estuvieron localizadas en toda la zona oceánica, incluyendo la zona costera de las transectas 1 (**Lat** 23° 40'S) y 2 (**Lat**. 22°20'S).

En las transectas 3 (**Lat**. 21° 00'S), 4 (**Lat**. 19° 40'S) y 5 (**Lat**. 18° 35'S) los valores de OD estuvieron bajo los 5 mL/L, llegando en ocasiones a ser cercanas a 4 mL/L, en la zona costera. Estas bajas tensiones de OD, estuvieron asociadas a anomalías térmicas negativas significativas, lo que indicó la existencia de procesos de afloramiento de aguas hipóxicas, del tipo ecuatorial subsuperficial. Al mismo tiempo estas tensiones bajas de OD, se asociaron a frentes costeros bien definidos, lo que permite reforzar el argumento de que la zona estuvo bajo un proceso intenso de afloramiento de aguas pobres en oxígeno.



Durante el crucero realizado en el mes de septiembre, la distribución superficial del OD (**Fig. 27b**) indica que toda el área oceánica presentó valores mayores de 5 mL/L desde las transectas 1 a la 3. Entre las transectas 4 y 5 los valores superficiales fueron superiores a 6 mL/L

Las estaciones costeras de las transectas 2 y 3 exhibieron valores de OD inferiores a 3 mL/L, indicando que existió un afloramiento intenso de aguas hipóxicas, proceso propio del afloramiento costero pero que no se reflejó en la distribución del campo termo-halino, ya que no se observó la presencia de frentes costeros, los que denotan en primera instancia la existencia de procesos de surgencia.

En las transectas 1, 4 y 5 se midió valores de OD superiores a 5 mL/L, y en general estuvieron asociados a los lugares en los que se cuantificó las mayores concentraciones de biomasa fitoplanctónica.

En el mes de diciembre, la distribución superficial del OD en la zona (**Fig. 27c**) indicó la presencia de un núcleo a 70 mn de la costa en la transecta 3, el que no estuvo asociado a ningún patrón físico en particular, y podría ser solamente una intensificación local del intercambio océano-atmósfera por forzamiento eólico. En el resto de la zona se pudo observar que los valores fluctuaron entre 5 y 6,5 mL/L, no presentando desviaciones de importancia.

En febrero de 2001, la distribución superficial de la concentración de OD (**Fig. 27d**), indicó que la zona se encontraba relativamente homogénea en las tensiones de oxígeno, con un solo núcleo mayor de 8 mL/L en la transecta 2 (**Lat. 22° 20'S**). Esta acumulación del OD estuvo asociada a la presencia de un fuerte gradiente de densidad en la zona, el que normalmente esta modulado por el campo térmico, situación que vuelve a repetirse en las transectas 4 (**Lat. 19° 40'S**) y 5 (**Lat. 18° 25' S**), con la formación de un frente costero de gran intensidad y donde el OD estuvo levemente sobre los 6 mL/L. Asociados a estos focos de alto OD, se registran también las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica por lo que podría indicarse que este oxígeno fue producto de la actividad biológica in situ. Por el



contrario en mar abierto el OD se mantuvo en el rango 5 a 6 mL/L, en toda la zona monitoreada, sin observarse variaciones de importancia en esta tendencia.

3.6.1 Distribución vertical del oxígeno disuelto

La distribución vertical del oxígeno disuelto (OD) en los cuatro cruceros realizados y para las transectas 1 a la 3, indicó un patrón estable tanto para la zona oceánica (i.e. 20 a 100 mn) como para la costera, (i.e. 1 a 10 mn), con la presencia importante de gradientes, es decir, diferencias de concentración de OD notables comprendidas entre 1 y 5 mL/L, a distancias no superiores a los 25 metros de profundidad. Estos gradientes se ubicaron entre los 5 y los 25 m de profundidad en la zona costera y entre los 25 y los 100 m en la zona oceánica.

Esta distribución de los gradientes de OD fue modulada estacionalmente por la intensificación de los procesos de surgencia en la zona costera y por la intrusión de masas de agua tipo AST en la zona oceánica. En el caso de las transectas 1 (Lat. 23° 40'S) (**Fig. 28**) y 2 (Lat. 22° 20'S) (**Fig. 29**), los gradientes superficiales se situaron entre los 5 a 25 m de profundidad y desde la costa hasta las 20 mn, con un predominio importante de masas de agua hipóxicas, es decir, concentraciones inferiores a 4 mL/L bajos los 25 m de profundidad, durante mayo y septiembre de 2000. En la zona oceánica éste gradiente se situó entre los 50 a 75 m, debido a la presencia de una masa de agua tipo AST con alto contenido de OD, lo cual permitió la profundización del gradiente de OD a profundidades entre 75 y mayores de 100 m.

En los meses de diciembre de 2000 y febrero de 2001, y entre la costa y las 10 mn, las isolíneas típicas de sistemas hipóxicos (i.e. 1 a 2 mL/L) llegaron hasta las inmediaciones de la superficie, formando fuertes gradientes batimétricos, los que estuvieron asociados al ingreso a la zona eufótica de masas de agua tipo AESS, lo que permitió al mismo tiempo el desplazamiento longitudinal de la posición del gradiente hasta una distancia de 40 mn de la costa.



En la transecta 3 (**Lat.** 21° 00'S) (**Fig. 30**) se observó la misma situación descrita anteriormente, con una mayor homogeneidad en los valores entre la superficie y los 50 m, es decir, todos los valores de OD mayores de 5 y hasta 6 mL/L, con una estratificación pronunciada en las cercanías de la zona costera, especialmente en diciembre de 2000 y febrero de 2001.

En la transecta 4 (**Lat.** 19°40'S) (**Fig. 31**) y 5 (**Lat.** 18° 25'S) (**Fig. 32**), el comportamiento del gradiente tendió a ser diferente respecto a las transectas anteriores, situándose mas someramente en la zona oceánica, entre los 10 a 50 m, especialmente en los meses de diciembre y febrero, sin que exista una estacionalidad marcada en esta situación. En la transecta 5 y debido a la cercanía de esta transecta con los sistemas de afloramiento de la costa del Perú, es posible observar la disminución sostenida del OD en toda la columna de agua, situándose el gradiente entre los 10 y 50 m a lo largo de toda la transecta.

Esta situación dio origen a que durante todo el año la zona del mínimo de OD estuviera en prácticamente toda la columna bajo los 50 m de profundidad, con una tendencia a la disminución sostenida de la posición espacial del gradiente en la medida que se acercó el período de verano.

La distribución de bajas concentraciones de OD en la zona costera (3 a menores de 5 mL/L), asociadas a valores negativos de anomalía térmica superficial, los que llegaron a ser menores de -2 °C, durante los cruceros de mayo y septiembre de 2000, permiten concluir que estas tensiones hipóxicas estuvieron asociadas al afloramiento intenso de masas de agua profundas y del tipo AESS en la zona costera. Aunque no se debe descartar la probabilidad de que se este utilizando biológicamente parte del OD producido *in situ*, pero es difícil que la concentración de esta molécula llegue a estos niveles de concentración solo por utilización biológica, por lo que la explicación física es la más factible.

En el mes de diciembre se midió un núcleo de importancia en la zona oceánica de la transecta 3, pero que no estuvo asociado a un aumento local de la biomasa fitoplanctónica, por lo que probablemente estuvo asociada a una mayor tasa de intercambio gaseoso océano-atmósfera. Las mayores tensiones de OD en la zona costera



si estuvieran asociadas a las mayores agregaciones de cloa, por lo que se trataría de agregaciones de OD producto de la actividad fotosintética *in situ*.

Durante el período correspondiente al mes de febrero de 2001, las tensiones de oxígeno fueron considerablemente altas en zonas en las que se midió fuertes gradientes horizontales de densidad, lo que permitió la agregación del fitoplancton y la acumulación de los productos de la fotosíntesis. El resto de la zona estuvo bajo un régimen normal en términos de la concentración de OD.

En el área oceánica las tensiones de OD disuelto estuvieron siempre en el rango mayores de 5 a mayores de 6 mL/L, situación esperable en ambientes bajo patrones oceanográficos normales y con situación de normalidad en la tasa de flujo de OD entre el océano y la atmósfera.

La menor profundidad del gradiente de OD en el plano vertical implica una barrera a la distribución de los recursos pelágicos en años normales, con un mayor gasto energético metabólico, si éstos tienden a situarse en zona de bajas concentraciones de OD. En general en las zonas hipóxicas, las acumulaciones de alimento son mucho menores a las de las zonas más superficiales y es probable que la localización del recurso en estas zonas se deba a mecanismos de evasión como e.g. predación. Este mecanismo sería diferente a los períodos de "El Niño", donde los recursos tienden a ubicarse en zonas de baja tensiones de oxígeno debido a que en ese momento existía una mayor oferta trófica con respecto a la superficie.

Al mismo tiempo la somerización de las isolíneas de concentración de OD mayores de 5 mL/L, estuvo asociada a la misma distribución espacial de la biomasa fitoplanctónica la que, en general, no presentó agregaciones significativas bajo los 10 metros. Por otro lado, los productos de degradación de la clorofila estuvieron asociados siempre a masas de agua hipóxicas, debido a la probable presencia de poblaciones autotróficas propias de éstos ambientes y/o degradación de la clorofila a en zonas de bajas tensiones de OD.



3.7 Masas de agua

Los diagramas t-s de las estaciones por crucero (**Fig. 33**) permiten identificar las cuatro masas de agua típicas de la zona que son: 1) Agua de origen subtropical (AST), ubicada en superficie, 2) agua de origen Ecuatorial Subsuperficial (AESS) a un nivel intermedio principalmente entre 100 y 500 m y 3) agua de origen subantártico (ASAA) que se puede encontrar bajo la AST o bien a nivel superficial dependiendo de la presencia de AST o procesos de surgencia en la costa y 4) agua Intermedia Antártica (AIAA) a un nivel más profundo por sobre los 400 m. Las tres primeras masas de agua se encuentran en forma importante en la zona de estudio mientras que la AIAA sólo se detecta fuertemente mezclada con AESS y su núcleo se ubica bajo los 500 m de profundidad (Robles *et al.* 1974, Silva y Konow 1975, Silva y Sievers 1981).

La presencia de AST presentó una clara variación estacional con una mayor intensidad o presencia durante el verano (febrero del 2001) y por el contrario esta fue menor durante el crucero de invierno (septiembre 2000). Además, la AST tiene mayor participación en las transectas hacia el sector noroeste de la zona de estudio. La ASAA por su parte se encontró presente durante todo el año, pero su participación espacial y temporal es variable debido a la mezcla que tiene con la AST.

Los diagramas t-s (**Fig. 34 y 35**) correspondientes a las estaciones de otoño de 2000 muestran una mayor presencia de AST desde la transecta 2 hacia el norte. La ASAA por su parte se presentó en forma más importante entre las transecta 1 y 3, evidenciado por un núcleo de 34,2 psu a 100 mn. En la transecta 2 se aprecia una mezcla entre ASAA y AESS en algunas de las líneas t-s y que corresponden a las estaciones más oceánicas.

Durante el invierno del 2000 la ASAA aumentó su presencia de norte a sur y desde la costa hacia el sector oceánico, lo que es notorio en el gráfico de las transectas 1 y 2 (sector sur) (**Fig.34**). La AESS por su parte mantuvo una presencia importante en toda la zona, lo que se refleja en valores t-s constantes, a excepción de estaciones del sector oceánico de la transecta 1 y 2 (**Fig.34**), en que se observan pares t-s menores. La AIAA



se encontró fuertemente mezclada con AESS no alcanzándose a detectar su núcleo, el que se encuentra centrado alrededor de los 600 m de profundidad.

Para el período de primavera en los diagramas t-s de las estaciones separadas por transecta, (**Fig. 34 y 35**) se observó una disminución de sur a norte de la presencia de la ASAA y un incremento de la AST, mientras la AESS se presentó en general con valores en su núcleo similares en toda la zona. Para este período se destaca que las estaciones oceánicas de las transecta 1 y 2, y en un grado menor la transecta 3, presentan pares t-s desplazados hacia la izquierda lo que indica al menos un menor valor de salinidad en estas estaciones a nivel subsuperficial en comparación con las estaciones más costeras.

Finalmente, para verano los diagramas t-s muestran que en la superficie del área oceánica se localizó la masa de agua subtropical (AST) con altos valores relativos de temperatura y salinidad. La AST se observó en todas las transectas pero su presencia es mayor hacia el sector oceánico, principalmente en las transectas 4 y 5 (**Fig.35**). El gráfico de la transecta 5 muestra valores pertenecientes a la AST mientras que hacia la costa se observó la influencia de la baja salinidad producto de los aportes atípicos de agua dulce desde el continente. En las estaciones costeras de las transectas 1 y 2, sector sur de la zona, la AST se presentó menos intensa y fuertemente mezclada con Agua Subantártica (ASAA). La ASAA se ubicó preferentemente a un nivel subsuperficial y en el área oceánica de las transectas 1 y 2 (**Fig.34**), presentándose muy mezclada y con baja participación en las transectas 3 a 5. En particular en la transecta 5 es muy escasa su participación registrándose sólo en la estación de 40 mn. La masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) tiene una alta participación en las cinco transectas realizadas, observándose su núcleo de 34,9 psu y de 13° C. En la transecta 3 y 4 la AESS tiene una alta participación en las aguas de superficie en el sector costero, pero siempre mezclada con ASAA, lo que indica que es ascendida por la surgencia, situación normal para esta zona.



3.8 Circulación

Los gráficos de anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db (**Fig. 36**) indican para el período de otoño (**Fig. 36a**) la existencia de importantes flujos paralelos a la costa. En el sector oceánico un flujo en dirección sur se localizó desde los 19°S. Por lo cercano de las isolíneas de anomalía geopotencial se puede indicar un flujo más intenso entre los 71° y 72°W. Junto a este flujo sur y al oeste de los 72°W se localizó un giro ciclónico de alrededor de 40 mn de diámetro. Inmediatamente al oeste de este giro se aprecia parte de otro giro oceánico pero de característica anticiclónica. Entre la costa y las 20 mn el flujo es hacia el norte, correspondiente a la rama costera de la Corriente de Humboldt.

En invierno (**Fig. 36b**) se aprecia el esquema clásico de circulación en la zona, es decir flujos paralelos a la costa y una menor presencia de remolinos. Se observó un remolino anticiclónico en el sector oceánico frente a Mejillones. El flujo hacia el sur estuvo centrado en los 71° W, más a la costa que lo encontrado durante otoño y alcanza hasta los 21°S. El flujo hacia el norte se encontró en esta oportunidad más desarrollado, abarcando una extensa área oceánica y costera entre Punta Lobos (21°S) y Antofagasta (23°40'S). Un flujo netamente costero, entre la costa y las 10 mn se presentó en casi toda la zona de estudio.

En primavera (**Fig. 36c**) se aprecia nuevamente la presencia de remolinos en el sector oceánico, todos de características anticiclónicas y ubicados en el extremo oeste de la zona de estudio. El primero se detectó frente a Arica, el segundo frente a Pta. Lobos y el tercero frente a Mejillones. Centrado a 60 mn se localizó un flujo hacia el norte el que se alejó de la costa, frente a Pisagua, y extendió un ramal centrado a 20 mn de la costa. Un flujo hacia el sur se centró a 60 mn y se ubicó entre los dos flujos hacia el norte. Este flujo sur llega sólo hasta la cuadra de Iquique (20°S) ya que es frenado por los flujos hacia el norte descritos anteriormente. En el sector costero predominaron los flujos hacia el norte. Finalmente, en verano (**Fig. 36d**) se observó un esquema de circulación similar al descrito para la primavera(diciembre), sólo con la presencia de dos giros anticiclónicos, uno frente a Pisagua y otro centrado en los 23°S, ambos giros localizados por sobre las 80 mn de la costa. En el área central de la zona de trabajo se localizó un flujo hacia el norte que



abarcó hasta la zona costera, excepto entre Tocopilla y Mejillones en donde se manifestó un pequeño flujo hacia el sur.

3.9 Distribución espacio-temporal de la TSM satelital

Durante el desarrollo del proyecto se recepcionó y procesó diariamente imágenes satelitales de la temperatura superficial del mar (TSM), las que provienen del sensor AVHRR a bordo de satélites NOAA. De acuerdo a las Términos Básicos de Referencia, se emplearon un total de 120 imágenes de TSM, las que fueron las más representativas de la condición oceanográfica de la zona de estudio. Con dichas imágenes y con el propósito de minimizar el efecto de las nubes, se confeccionaron las imágenes promedio semanales y mensuales superponiendo las imágenes de TSM diarias.

En la primera semana de abril las temperaturas oscilan entre 15 y 25°C; apreciándose una franja costera de aguas frías (indicador de eventos de surgencias) de aproximadamente 5 millas náuticas de ancho que recorre toda la costa del área de estudio, con un filamento surgente que se localiza al sur de Iquique y que se desplaza unas 30 mn hacia el sector oceánico. Por otra parte, también es posible advertir un foco de altas temperaturas que se ubica al nor-oeste de Iquique con temperaturas que mayoritariamente superan los 23°C. En la semana posterior, se observa un leve descenso en las TSM las que no sobrepasan los 23°C, de la misma manera se hace notar el enfriamiento de las aguas ribereñas, especialmente al sur de Iquique, lo que se traduce en un engrosamiento de la franja fría desde 5 mn a 10-20 mn. En la tercera semana se continúa con la sostenida disminución de las temperaturas, notándose la gran cobertura de nubes en la zona, además no se registran TSM sobre los 23°C. Luego, en la última semana de abril existe una predominancia de aguas entre 20-22°C produciéndose una reducción en el ancho de la franja costera de aguas frías (**Fig. 37**).

En la primera semana de mayo (01-07 de mayo) hubo una alta cobertura de nubes, especialmente en el sector sur-oceánico de la zona de estudio, asimismo se observa que la temperatura superficial del mar osciló entre los 12 y los 23°C, destacándose una pequeña intrusión de aguas frías a lo largo de toda la costa, en las primeras 20-30 mn, y



el notable descenso que presentan en general las TSM. En la segunda semana la zona continúa con una gran cantidad de nubes, además en esta semana se aprecia que las aguas frías disminuyen su extensión geográfica signo del agotamiento de los procesos de surgencia, también se debe mencionar la expansión geográfica que experimentan las aguas de temperaturas superiores a los 20°C. Entre el 15-21 de mayo la nubosidad desaparece completamente y se aprecia un sorprendente aumento de las TSM; en este período las aguas de temperaturas superiores a los 18°C predominan mayoritariamente, incluso al noroeste de Arica sobrepasan los 24°C; en tanto en el sector costero se observan focos de TSM más frías y que en algunos sectores (por ejemplo sur de Iquique, Pta Arenas y frente a Antofagasta) alcanzan grandes longitudes hacia el oeste. Durante la cuarta semana (22 - 28 de mayo) vuelve la nubosidad, especialmente al noroeste del puerto de Iquique, de la misma manera se observan importantes variaciones en la distribución espacial de las temperaturas superficiales y es así como desaparecen las temperaturas superiores a los 22°C, destacándose que la isoterma de los 16°C avanza a unas 20-25 mn hacia afuera de la costa, lo que es indicador de la aparición de aguas surgentes (**Fig. 37**).

En la primera semana de junio, se mantiene la repartición espacial de las temperaturas, la cual es muy similar a la última semana de mayo con un rango de TSM que oscila entre los 15 y 22°C y con la delgada banda costera de aguas frías. En la semana posterior, hay una drástica disminución de las temperaturas las cuales no superan los 18°C, a excepción de un pequeño foco costero que se localiza al frente de Arica. Entre el 12 y 18 de junio, se aprecia que continúa el decrecimiento de las TSM las que mayoritariamente se ubican entre 15 y 18°C, destacándose la alta nubosidad que hubo al norte del puerto de Iquique. En la cuarta semana existe un leve, pero inusual, aumento de las temperaturas debido a la intrusión de aguas oceánicas cálidas, apreciándose incluso TSM sobre los 20°C al oeste de los 71° W. Finalmente, en la quinta semana se observa un repliegue de las aguas cálidas y por lo tanto la disminución de las TSM a valores menores a los 18-19°C.

En las dos primeras semanas de julio continúa la inclinación hacia el descenso de las TSM, es así como en las dos primeras semanas los registros fluctúan entre los 14 y 19°C,



no obstante que existe un claro predominio de las aguas de temperaturas menores a 17°C. Entre el 17 y 23 de julio, hay un notorio retroceso de las aguas cálidas y, a excepción de un reducido núcleo al sur-oeste de Arica, éstas desaparecen completamente de la zona de estudio. En la última semana de julio, la zona estuvo afectada por una gran cantidad de nubes que impidieron tener una mejor imagen de las temperaturas superficiales, sin embargo en general se advierte que continúa la tendencia a la disminución de éstas (**Fig. 37**).

Durante la primera semana de agosto se acentúa la disposición hacia la baja de las temperaturas; es así como en las tres primeras semanas la TSM no sobrepasa los 16,5°C, dominando claramente las temperaturas entre los 14 y 15°C. Entre el 21-27 de agosto se vuelve a presentar un descenso de las TSM, apreciándose incluso temperaturas bajo los 12-13°C preferentemente al oeste del puerto de Arica. Finalmente, se señala que el mes se presentó con una gran nubosidad (**Fig. 38**).

En la primera semana de septiembre se mantienen condiciones muy similares a las del mes anterior, es así como la TSM no supera los 17°C y se vuelve a apreciar la dominancia de aguas entre los 14 y 15°C. Dicha distribución se mantiene en las dos semanas posteriores con aguas frías y escasa nubosidad en la zona de estudio. Durante la cuarta semana del mes se observa una pequeña intrusión de aguas con temperaturas superiores a los 18°C frente a Arica.

En la primera y segunda semanas de octubre, la zona de estudio se presentó con mucha nubosidad, preferentemente en el sector oceánico, asimismo se observa que la temperatura superficial del mar oscila entre los 13 y los 19°C, destacándose una intrusión de aguas cálidas en los sectores más oceánicos. En las semanas tercera y cuarta se aprecia que las aguas cálidas aumentan su extensión geográfica y se distingue con una mayor claridad el incremento en las temperaturas superficiales del mar (**Fig. 38**).

Durante la primera semana de noviembre prosigue la tendencia hacia el incremento de las TSM, es así entre el 01-05 del mes se produce una importante introducción de aguas



templadas que alcanzan temperaturas que sobrepasan los 19-20°C. En la segunda semana se aprecia una leve baja en las TSM, no obstante que la zona de estudio continúa presentando aguas cálidas en algunos sectores. En las semanas posteriores hay una gran intrusión de aguas con altas TSM las cuales ocupan una franja muy cercana a la costa y que alcanzan temperaturas superiores a los 23°C (**Fig. 38**).

Entre las dos primeras semanas de diciembre se produce un leve aumento de las TSM, las cuales mayoritariamente se encuentran por sobre los 18°C, también se aprecia una alta nubosidad en los sectores oceánicos. Posteriormente, se observa una drástico incremento de las temperaturas, incluso hay un repliegue completo de las aguas de TSM inferiores a 17°C, las que solamente se observan en un foco de aguas surgentes frente a Iquique. En la cuarta semana vuelven a incrementarse los registros de temperatura debido a la importante penetración de aguas oceánicas con TSM superiores a los 24°C (**Fig. 39**).

Durante las dos primeras semanas de enero del 2001 se presentan condiciones similares al mes anterior, no obstante las temperaturas superficiales continúan incrementándose y se aprecia la aparición de aguas oceánicas más cálidas al nor-oeste de Iquique con valores que superan los 24°C. Por otra parte, en las dos semanas posteriores continúa el constante aumento en las TSM, destacándose la penetración de aguas con temperaturas superiores a los 25°C, en especial al oeste del puerto de Arica lo que es normal en la zona en esta época del año (**Fig. 39**).

En la primera semana del mes de febrero las condiciones siguen muy análogas a enero, con una intrusión de aguas cálidas al nor-oeste de Iquique y con un brusco descenso de las temperaturas al sur de la latitud 22°S, también se destaca la franja de aguas frías (de 5-10 mn de ancho) que se extiende desde Arica hasta el río Loa y que indicaría eventos de surgencias. Posteriormente, hay un leve 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, especialmente en el sector oceánico, con valores que superan los 25°C (**Fig. 39**).



En la primera semana de marzo se produce 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.

Respecto de la distribución mensual de la TSM, ésta se presenta en la **figura 40**. En la figura se aprecia el típico patrón de comportamiento, con temperaturas medianamente altas en abril-mayo del 2000, las que se distribuyen entre los 17°C y los 24°C; en la medida que se acerca el invierno las TSM disminuyen bruscamente, especialmente entre junio y septiembre, meses en los cuales las temperaturas se localizan en el rango de los 13-18°C. Con la llegada de la estación de primavera se produce un leve aumento en los registros de temperatura en el período octubre-diciembre.

Posteriormente, en los meses de enero y febrero se produce un notable incremento de las TSM, las que se ubican en el rango de 18 a 26°C debido principalmente a la intrusión de aguas oceánicas con altos valores y al calentamiento general de las TSM en la zona de estudio en estos meses, no obstante lo anterior los registros de TSM se mantienen en niveles normales (BAC. 123 y 124). En marzo existe, en general, una disminución de las temperaturas superficiales, destacándose la desaparición de la isoterma de 25°C y el afloramiento de aguas frías en los sectores costeros.

Durante el periodo mayo 2000 a diciembre 2000 los Boletines de Alerta Climático de la Comisión Permanente del Pacífico Sur CPPS, (BAC, 102 a 123) reportaron la presencia de la fase fría del ENOS La Niña 1999/2000, que mantuvo a la franja del Pacífico Ecuatorial desde mayo de 1998 con anomalías negativas de temperatura en superficie. Cabe señalar, sin embargo que estas anomalías negativas, principalmente al final del año 2000, estuvieron sólo 1°C bajo el promedio histórico y que durante el primer trimestre del año 2001, estas sólo se mantuvieron en el Pacífico Central.



Tal como fue afectada la zona norte de Chile con la presencia de aguas más cálidas a lo normal producto de El NIÑO 1997-1998 (Braun 1998; Castillo *et al.*, 1998, Braun *et al.*, 1999; Braun *et al.*, 1999b), se esperaba que esta fase fría también afectara la zona norte de Chile disminuyendo los valores de temperatura en el nivel de superficie, sin embargo esta situación no se dio, ya que sólo se observaron anomalías negativas por sobre la desviación estándar en mayo de 1999 (Braun *et al.*, 2000).

Sin perjuicio de lo anterior, se puede indicar que la zona norte presentó anomalías negativas de salinidad levemente significativas, desde diciembre de 1998 a febrero del 2000, exceptuando de este período al mes de diciembre del 1999 (Braun *et al.*, 1999 y Braun *et al.* 2000). Durante el período indicado las anomalías negativas, que alcanzaron en algunos casos $-0,3$ psu, podrían ser el resultado de una menor presencia de aguas de origen subtropical en la zona. Sin embargo esto es discutible ya que no se presentaron anomalías de temperatura significativas, excepto en el mes de mayo de 1999 como ya se indicó.

Para el período mayo 2000 - febrero 2001, las anomalías de salinidad se hicieron en general no significativas, excepto para el mes de septiembre de 2000 en que se presentaron nuevamente anomalías negativas de salinidad de hasta $-0,3$ psu en la mitad norte de la zona, pero también, tal como ocurrió anteriormente, estas no fueron acompañadas de valores de temperatura bajo el promedio que fueran significativas. Anomalías de salinidad de esta magnitud serían explicadas en parte sólo por una menor participación de AST, debido a una menor transporte de aguas desde el norte o bien por una mayor mezcla con agua subantártica.

La profundidad de la isoterma de 15°C en la zona norte, representativa de la base de la termoclina local no presentó anomalías significativas que pudieran estar relacionadas con una menor o mayor participación de agua AST en la superficie de la zona de estudio o por el paso de ondas atrapadas a la costa. Las anomalías significativas encontradas fueron producto de la presencia de giros oceánicos que profundizaron o levantaron las isotermas según fuera el sentido del giro. Esto giros son habituales en la zona y rompen el esquema clásico de circulación paralela a la costa en dirección norte y sur.



Por otro lado, el análisis de las características hidrográficas en las localidades fijas de muestreo, Arica, Iquique y Mejillones, indican una situación normal para todo el período. Cabe destacar que estas características fueron notoriamente anormales durante el periodo mayo 1997 a mayo 1998 debido a la presencia del evento cálido en la zona ecuatorial y que la zona de estudio, indicando con ello que estas localidades son sensibles a estas alteraciones oceanográficas.

Información de carácter global en marzo de 2001 (BAC, 123) indicó que a partir del mes de febrero se desarrolló una profundización de las isotermas en la franja del Pacífico Ecuatorial, lo que sería indicio del comienzo de un calentamiento superficial anómalo para esa zona y que podría traer máximas térmicas a partir de agosto del 2001 asociadas a un nuevo evento El Niño. Modelos de predicción del centro meteorológico Europeo (ECMWF) también anunciaban en diciembre de 2000 una transición hacia un evento cálido. Sin embargo esta situación no se dio durante enero de 2001, por el contrario durante este mes, se presentaron situaciones meteorológicas (intensificación de vientos desde el Este), y oceanográficas (TSM con valores 1°C bajo la media) que indicaban un fortalecimiento de las condiciones frías, La Niña, en el Pacífico Ecuatorial Occidental (Boletín Climático, 2001). Lo indicado planteaba una condición incierta para el invierno de 2001.

Durante el mes de abril se presentaron anomalías positivas de temperatura a lo largo de algunos sectores de costa sudamericana, incluido Chile (Coquimbo a Talcahuano), manteniéndose en el Pacífico Central anomalías negativas con una tendencia a la normalización (BAC 127). Lo encontrado en abril y junto a la predicción de los principales modelos globales indica una normalización de las condiciones de temperatura en el Pacífico Central y para el segundo semestre de 2001 un calentamiento en el Pacífico Ecuatorial, lo que podría hacerse extensivo hacia el sur a lo largo de la costa sudamericana. (BAC 127).



4. Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica en la zona norte de Chile

La biomasa fitoplanctónica es un indicador biológico que permite la caracterización trófica de los ecosistemas en escalas espacio-temporales que van desde metros a mayores de 100 km y desde horas a meses o estaciones. Esta descripción es posible realizarla sólo cuando se utilizan variables que permitan, en una relación costo-beneficio óptima, obtener la mayor cantidad de información al menor costo y en forma cuali y cuantitativa confiable. Es así como la clorofila *a* es utilizada como un indicador del estatus trófico de las masas de agua presentes en la zona, tanto en el plano superficial como en el vertical

Otoño 2000

La distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica en el otoño de 2000, expresada como clorofila *a* (**cloa**) (**Fig. 41**), indica que los valores típicos de sistemas productivos, es decir mayores de 1 $\mu\text{g/L}$, llegaron hasta las 20 mn en promedio. Esta situación conforma una franja de alta concentración de cloa, la que solo estuvo deprimida en las transectas 0 (**Lat.** 24° 20'S) y 2 (**Lat.** 22° 20'S) en las que los valores de cloa mayores de 0,2 $\mu\text{g/L}$, indican la presencia de masas de agua oligotróficas de origen Subtropical.

Las mayores agregaciones de cloa se observaron en la transectas 1 (**Lat.** 23° 40'S), 3 (**Lat.** 21° 00'S), 4 (**Lat.** 19° 40'S) y 5 (**Lat.** 18° 25'S), con máximos superficiales entre 1 a 6 $\mu\text{g/L}$, entre la costa y las 10 mn, ésta alta concentración estuvo asociada a la presencia de un frente térmico que permitió la distribución más amplia de la cloa hacia el oeste de esta transecta.

Los productos de degradación de la cloa, expresados como feopigmentos (**feop**) (**Fig. 42**) indican una baja concentración de estos en toda la zona, con un rango general de 0,5 a 0,25 $\mu\text{g/L}$. Esto indica que la población fitoplanctónica de toda el área muestreada, estuvo bajo un óptimo estado fisiológico, predominando los pigmentos fotosintéticamente activos por sobre los degradados.



Invierno 2000

En el invierno de 2000, la biomasa fitoplanctónica, se distribuyó de manera más extensa en el sentido latitudinal y más hacia la zona oceánica (**Fig. 41**) respecto del otoño, con máximos entre 5 a 7 $\mu\text{g/L}$, en las transectas 1 y 4. Esto configuró una situación espacial diferente a la observada para el otoño, ya que asociado al aumento en la concentración de la cloa, se observó el desplazamiento significativo de la isolínea de concentración de cloa de 1 $\mu\text{g/L}$, hacia el oeste. Al igual que en la gran mayoría de los cruceros realizados hasta la fecha, las aguas de características oligotróficas dominan el sistema mas allá de las 20 mn.

Los feop no indicaron concentraciones significativas (**Fig. 42**) llegando a un máximo de 1 $\mu\text{g/L}$ en el centro de un núcleo de 5 $\mu\text{g/L}$ de cloa.

Primavera de 2000

La distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica en la primavera de 2000 (**Fig. 41**), indica que la zona, en general, estuvo bajo un régimen intermedio, entre oligo y eutrófico, es decir, mesotrófico (i.e. cloa entre $>0,2$ a <1 $\mu\text{g/L}$) en las transectas 1, 2 y 3. En las transectas 4 y 5 las concentraciones típicas de sistemas productivos, se situaron entre la costa y las 10 mn, siendo especialmente elevadas, o mayores de 2 $\mu\text{g/L}$, frente a Arica. Las concentraciones de cloa mas allá de las 20 mn, son típicas de sistemas oligo (i.e. $<0,2$ $\mu\text{g/L}$) o ultraoligotróficos (i.e. $<0,1$ $\mu\text{g/L}$).

Al comparar esta información con la obtenida en la primavera de 1999, se observa que en este año la distribución cuali y cuantitativa de la cloa fue diferente, con una disminución considerable en las magnitudes de ésta, por ejemplo en las transectas 1 a la 3 la cloa fue mayor de 2 $\mu\text{g/L}$ en 1999 y disminuyó a sólo mayores de 0,2 $\mu\text{g/L}$ durante el 2000. Por el contrario, en las transectas 4 y 5, la distribución espacial y las magnitudes de la cloa fue inversa, pasando de 0,2 $\mu\text{g/L}$ en 1999 a mayores de 1 $\mu\text{g/L}$ en el 2000.

Los productos de degradación o feop (**Fig. 42**) siguen el mismo patrón de distribución espacial que la cloa, pero las magnitudes son más reducidas. Con valores inferiores a 0,2



$\mu\text{g/L}$, en las transecta 1, aumentando a mayores de $1 \mu\text{g/L}$ en la transecta 4. En la transecta 5 y no obstante ser la cloa cercana a $5 \mu\text{g/L}$, los feop se mantuvieron en valores inferiores a $0,5 \mu\text{g/L}$, lo que indica que la población se encontraba en óptimo estado fisiológico.

Verano de 2001

La distribución de la biomasa fitoplanctónica durante el verano de 2001, presentó valores típicos de sistemas oligotróficos en el 60% de todos los valores de concentración de cloa (**Fig. 41**); observándose solamente en las cercanías de la zona costera los valores característicos de sistemas productivos, con concentraciones superiores a 1 en las transectas 1, 2, 4 y 5 y hasta $6 \mu\text{g/L}$ en la transecta 3.

Durante esta época del año, en todas las transectas fue posible observar que entre las 5 y 10 mn, los valores de cloa se mantuvieron en una banda continua igual o mayor de $0,5 \mu\text{g/L}$, típica de sistemas mesotróficos, representando estos valores un 20% del total de muestras medidas. Este continuo ha sido pocas veces observado para la zona, incluso en la transecta 3, en la que habitualmente es posible observar la intrusión de masas de agua oligotróficas hacia la zona costera.

Respecto de los feopigmentos (**Fig. 42**) no se observó valores de importancia, vale decir menores de $0,2 \mu\text{g/L}$, a lo largo de toda la costa, siendo su distribución espacial monotónica.

4.1 Distribución espacial de los pigmentos fitoplanctónicos integrados

La distribución espacial de la biomasa fitoplanctónica tiende a formar parches de agregación, los que pueden localizarse en forma superficial o subsuperficial. Una manera de observar la distribución espacial de la biomasa en forma integrada y evitar el efecto de la distribución contagiosa de ésta en la columna de agua, es transformar las unidades discretas de clorofía a ($\mu\text{g/L}$) en unidades de distribución areal (mg/m^2), lo que permite caracterizar a toda la biomasa de fitoplancton presente en la columna de agua.



Otoño 2000

La distribución de la clorofila (cloint) y feopigmentos (feopint) integrados entre la máxima profundidad de muestreo y la superficie, para el otoño de 2000 indicó valores inferiores a 25 mg/m^2 , en prácticamente toda el área de muestreo, con valores cercanos a 50 mg/m^2 solamente en las transecta 4 y 5, entre la costa y las 10 mn. Esto configuró un ambiente bajo un régimen de baja concentración de cloa en toda la columna y con valores típicos de sistemas productivos solamente en las cercanías de la superficie. Por lo tanto los valores de biomasa integrada no representan adecuadamente la estructura trófica del ecosistema cuando los máximos de biomasa son someros (**Fig. 43**).

Al mismo tiempo los productos de degradación o feopint (**Fig. 44**) presentaron valores semejantes a los de la cloint, pero tendiendo a distribuirse en ambientes más oceánicos, por lo que podría deberse a pigmentos diferentes a los feop que interfieren la medición analítica. Esto esta lejos de las capacidades analíticas de los instrumentos utilizados y será una situación constante en ambientes dominados por masas de agua oligotróficas.

Invierno 2000

En el invierno de 2000, la cloint (**Fig. 43**) presentó una distribución espacial más amplia que durante el crucero otoño, con un aumento importante de los valores de integración, es decir entre 25 a 75 mg/m^2 , especialmente en las transectas 1 y 5. El núcleo observado en la zona oceánica de la transecta 3, ésta asociado a un parche de cloa subsuperficial mayor de $0,5 \text{ } \mu\text{g/L}$, que provocó un aumento local y leve de la cloint.

Los feopint mostraron un patrón de distribución espacial, con valores sólo levemente superiores a 25 mg/m^2 en las transectas 1, 2 y 3, con una zona de influencia que no llegó más allá de las 10 mn de distancia de la costa.



Primavera 2000

En la primavera de 2000 (**Fig. 43**), se observó un núcleo de alta cloint en la zona oceánica de la transecta 2, el que llegó a ser de 50 mg/m^2 . Entre las transectas 3 a la 5, los valores de cloint son mayores de 25 mg/m^2 , únicamente entre la costa y las 20 mn. Los únicos valores significativos de cloint, es decir cercanos a 100 mg/m^2 , se midieron solamente en las localidades de Punta Lobos y Punta Junín, pero solamente a una mn de distancia de la costa, por lo que se trata de un evento muy restringido espacialmente, con impacto desconocido sobre la economía del ecosistema.

Los feopint en toda la zona fueron levemente superiores a 25 mg/m^2 , con un solo núcleo de importancia en la transecta 2, en esta misma área se midió valores de cloint inferiores a 25 mg/m^2 .

Verano 2001

En el verano de 2001 los valores de cloa (**Fig. 43**) no aumentaron en forma estacional tal como fue apreciado con la cloa superficial, con valores levemente superiores a 25 mg/m^2 entre las transectas 1 a la 5, con un sólo valor cercano a 100 mg/m^2 en la transecta 3. Este valor de integración sí se asoció a altas concentraciones de cloa, o mayores de $1 \text{ } \mu\text{g/L}$, al contrario de las otras transectas realizadas en este período, en las que altas concentraciones de cloa no se asociaron a valores altos de cloint, esto se debió a la distribución homogénea de la biomasa entre la superficie y nos mas allá de los 25 m de profundidad.

Los feopint se distribuyeron en forma más amplia que la cloint, con valores incluso más altos que ésta, destacándose un núcleo cercano a la costa en la transecta 3, el que llegó a ser superior a 100 mg/m^2 a una mn. En ambientes someros, esto significa que existió una gran presión de pastoreo sobre la biomasa fitoplanctónica, lo que se tradujo en una mayor concentración de pigmentos degradados que activos. Al contrario de los ambientes oceánicos, en los que una mayor concentración de feop respecto a la cloa, esta asociada a la presencia de pigmentos distintos a la clorofila a en la muestra analizada, más que a pastoreo.



4.2 Asociación de la biomasa fitoplanctónica con las variables físicas temperatura, salinidad y profundidad del disco de Secchi.

Las variables de estado, tales como la temperatura y la salinidad, afectan significativamente los patrones de distribución espacio-temporal de la biomasa fitoplanctónica, por lo tanto el hecho de cuantificar los niveles de asociación entre ésta y el campo físico permite definir el efecto de las variables físicas sobre las características tróficas de las masas de agua.

Otoño 2000

En el crucero de otoño de 2000, la clorofila total (clot) se asoció en forma significativa con el ambiente físico, especialmente con la temperatura (**Fig. 45**). En términos globales, es posible indicar que a temperaturas mayores de 18 °C los valores de cloa son típicos de sistemas oligotróficos, vale decir menores de 0,25 µg/L, con las mayores agregaciones entre 1 hasta 6 µg/L, asociadas a temperaturas entre 14 y 16 °C con un grado de ajuste importante entre ambas variables ($r^2 = 0,66$, $n = 46$) con una pendiente de la curva igual a $-0,52$. Para el año 1999 esta relación indicó un valor de $r^2 = 0,65$ ($n = 58$) por lo que mantuvo el nivel de ajuste, así como una pendiente de $-0,71$. Estos valores indican un alto nivel de semejanza entre ambas estaciones con una distribución semejante en los niveles de clot.

Al igual que para todos los cruceros realizados hasta la fecha, la clot no indicó ninguna asociación funcional con la salinidad ($r^2 = 0,21$, $n = 46$) (**Fig. 45**), pudiendo indicarse solamente que los valores mas oligotróficos de clot (i.e. $< 0,2$ µg/L) están asociados a salinidades mayores de 35 psu y los valores mayores de 1 µg/L a salinidades inferiores a 34,8 psu.

La profundidad del disco Secchi y el recíproco de éste versus la clot, se asociaron significativamente ($r^2 = 0,81$, intercepto (b) = 3,14 y 0,92 con $n = 17$, respectivamente) (**Fig. 46**), estableciendo la alta capacidad predictiva del disco Secchi, respecto de la concentración superficial de clot, especialmente en sistemas entre oligo y mesotróficos.



Al comparar este período con el mismo del año 1999, donde el valor de correlación fue de 0,66 ($n= 29$) y las pendiente del gráfico son $-0,11$, intercepto $0,2$ y $-0,13$ con un intercepto de $3,14$. Esto indica la alta estabilidad en la relación funcional entre la clot y el disco de Secchi, la que es solo modulada por el valor del intercepto que equivale a la máxima concentración de clot que puede ser determinada cuando el disco de Secchi tiende a ser cero.

Invierno 2000

En esta estación del año y respecto de las relaciones funcionales entre la clot y el ambiente, es posible indicar que debido a la casi ausencia de frentes costeros en la zona, no fue posible asociar las mayores agregaciones de cloa a valores específicos de temperatura, como sí fue observado en verano y otoño de 2000. Sino que más bien los valores mas altos (i.e. $>2 \mu\text{g/L}$), se distribuyeron en forma homogénea en prácticamente todo el rango de temperatura medido (i.e. 15 a $17 \text{ }^\circ\text{C}$) (**Fig. 45**), esta es la razón principal por la que no se observó una relación funcional significativa entre la clot y la temperatura (i.e. $r^2= 0,35$, $n= 35$). No obstante, la biomasa fitoplanctónica estuvo dentro de rangos considerados muy productivos para la zona (i.e. $0,2$ a $7 \mu\text{g/L}$).

La clot y la salinidad (**Fig. 45**) presentaron una situación es semejante a la descrita para la temperatura, aunque en este caso el rango de salinidad medido (i.e. $34,5$ a 35 psu) es aún mas estrecho y la clot se distribuyó en forma homogénea en todo el rango, sin observarse ninguna relación de importancia entre esta variable y la biomasa fitoplanctónica (i.e. $r^2= 0,01$, $n= 35$)

La clot y la profundidad y recíproco del disco de Secchi (**Fig. 46**), indican que se mantuvo el mismo grado significativo de asociación funcional entre esta variable y la biomasa superficial ($r^2= 0,74$, $b= 6,5$ y $r^2= 0,87$, $n= 18$) que el observado para el crucero anterior, manteniéndose además la pendiente de la curva exponencial $-0,20$ y $b= 5,8$ (Braun *et al.*, 2000).



Primavera 2000

Las variables físicas versus la clot presentaron diversos grados de funcionalidad, respecto de la temperatura (**Fig. 45**), es posible indicar que la relación durante este año no es tan significativa ($r^2= 0,33$, $n= 33$) como lo fue para 1999 ($r^2=0,48$, $n= 35$). Esta disminución en el nivel de funcionalidad para la primavera de 2000, podría deberse a que en aguas cálidas (i.e $>21^\circ\text{C}$) se encontró valores altos de clot (i.e. 0,75 a 1 $\mu\text{g/L}$). Estos valores de concentración de clot son inusuales para campos térmicos altos, los que se asocian habitualmente a valores oligo o ultraoligotróficos. El origen más probable de esta biomasa es la zona costera, desde donde son transportados por advección, en forma de filamentos o giros de pequeña escala de no más de 100 km de extensión.

La salinidad y la clot (**Fig. 45**), al igual que para otras épocas y años no presentó relaciones funcionales significativas ($r^2= 0,15$, $n= 33$), por lo que no es posible deducir nada respecto de esta variable y su efecto sobre la estructura biológica de la superficie.

En el caso de la transparencia o profundidad y recíproco del disco Secchi para la primavera (**Fig. 46**), es posible indicar que existe un alto nivel de funcionalidad con la clot versus la transparencia ($r^2=0,73$, $b= 2,0$, $n= 16$) y el recíproco ($r^2= 0,83$, $n= 16$), esta misma situación fue observada para la primavera de 1999 ($r^2= 0,78$, $b= 4,75$, $n= 21$). Aunque en ese crucero la concentración de clot fue más alta que para el 2000, es decir entre 2 a 5 $\mu\text{g/L}$ para 1999 y 1 a 2 $\mu\text{g/L}$ en el 2000, la pendiente del gráfico estuvo en el rango -0,184 para 1999 y -0,14 para el 2000. Esto significa que, independiente de la concentración superficial de clot, la relación entre estas dos variables responde siempre al mismo patrón funcional.



Verano 2001

Las relaciones funcionales entre la clorofila total y la temperatura y la salinidad en el verano de 2001 (**Fig. 45**) indican que ésta se asoció en forma importante con la temperatura ($r^2= 0,50$, $n= 32$) no así con la salinidad ($r^2= 0,37$, $n= 32$). Al comparar los valores de correlación con los obtenidos para el año 1999 ($r^2= 0,65$, $n= 35$), es posible indicar que durante este año existió una menor asociación funcional entre estas variables, asociado a la presencia importante de concentraciones mayores de $2 \mu\text{g/L}$ de cloa a temperaturas mayores de 20°C durante el 2000, esto produjo una mayor dispersión de la información disminuyendo la funcionalidad entre ambas variables.

Además es posible indicar que a temperaturas menores de 21°C y salinidades menores de 34,6 se observaron los valores mas altos de clot (i.e. 1 a $10 \mu\text{g/L}$).

En el verano de 2001 también se calculó una asociación significativa entre la clot y el disco Secchi ($r^2= 0,73$, $b= 2,0$, $n= 17$) y el recíproco de éste ($r^2= 0,91$, $n= 17$) (**Fig. 46**). Esto significa que los menores valores de transparencia se asocian significativamente a las mayores agregaciones de clot, es decir superiores a $1 \mu\text{g/L}$ en la superficie, siendo las lecturas mayores de 15 m de disco Secchi y los valores de biomasa menores de $0,2 \mu\text{g/L}$ característicos de sistemas oceánicos y las inferiores de 2 metros y mayores de $1 \mu\text{g/L}$ de clot, típicos de aguas productivas. Mientras que los interceptos de ambos gráficos indican las mayores (2,0) y menores (0,07) concentraciones posibles de ser cuantificadas gráficamente. Respecto del año 1999, el índice de correlación para esta estación ($r^2= 0,73$, $n= 16$) es igual y con pendientes semejantes, $-0,16$ para el 2000 y $-0,18$ para el 2000.

4.3 Distribución de la biomasa fitoplanctónica en el plano vertical

Punta Tres Picos Transecta 0 ($24^\circ 20' \text{S}$)

En el plano vertical la distribución espacial de la cloa y los feop indica que; en la transecta 0 (**Fig. 47**), realizada en el mes de el otoño de 2000, la columna de agua estuvo bajo un



régimen marcadamente oligotrófico en toda la transecta, con valores incluso inferiores a $0,1 \mu\text{g/L}$. No obstante esto, los productos de degradación presentaron concentraciones significativamente mas altas (i.e. $>0,2 \mu\text{g/L}$) que la cloa, esta situación ha sido asociada a problemas analíticos mas que ha valores reales de concentración y ha sido asociada a la presencia de pigmentos diferentes a la cloa y que son típicos de especies fitoplanctónicas de ambiente oligotróficos (e.g. coccolitofóridos).

Bahía Moreno Transecta 1 ($23^{\circ}40'S$).

En la transecta 1 (Figs. 48 y 49), la cloa y los feop en los cuatro cruceros realizados, presentaron distribuciones espaciales en forma de núcleos superficiales, los que formaron gradientes de importancia entre costa y las 20 mn, con las mayores concentraciones, es decir $> 1 \mu\text{g/L}$, entre la superficie y los 10 m y a una mn de la costa.

En otoño e invierno de 2000, la isolínea de $1 \mu\text{g/L}$, se distribuyó mas hacia la zona oceánica, llegando hasta las 20 mn. Esta distribución espacial indica la existencia de flujos de agua intensos desde la costa hacia el océano, los que afectaron significativamente la estructura biológica de la zona durante este periodo. Además, durante el invierno se midió las concentraciones más altas de cloa con núcleos mayores de $5 \mu\text{g/L}$ entre la costa y las 5 mn.

En el período correspondiente a la primavera de 2000, esta situación cambió drásticamente, los niveles de cloa bajaron hasta niveles inferiores a $0,5 \mu\text{g/L}$, en las transectas 1, 2 y 3 y solo fue posible observar un aumento muy local de la cloa en las transectas 4 y 5, con los valores mayores de $1 \mu\text{g/L}$ localizados entre la costa y 10 mn, formando los únicos gradientes importantes de cloa en toda la zona y época del año.

En el crucero de verano de 2001, la cloa aumentó significativamente desde el punto de vista de la estructura biológica de gran escala, llegando hasta los $4 \mu\text{g/L}$ a 5 mn en la transecta 3. Lo mas importante en la distribución espacial de los pigmentos fitoplanctónicos fue un gradiente de distribución muy homogéneo en toda el área, en



sentido costa-océano y hasta las 10 mn, con valores mayores a 0,5 $\mu\text{g/L}$ o mesotrófico. Esto estaría asociado a procesos de transporte intenso, los que no permitieron la acumulación de grandes cantidades de biomasa fitoplanctónica, sino que mas bien la distribuyeron en forma homogénea y constante en toda el área.

Punta Copaca Transecta 2 (22°20'S)

En la transecta 2 (**Figs. 50 y 51**) durante los cuatro cruceros realizados, la cloa y los feop, presentaron concentraciones oligotróficas, siendo especialmente pronunciada en la primavera, en este crucero la cloa llegó a valores típicos de sistemas ultraoligotróficos (*i.e.* $< 0,1 \mu\text{g/L}$). En el invierno de 2000 y verano de 2001, los niveles de cloa fueron característicos de sistemas mesotróficos (*i.e.* $> 0,5 \mu\text{g/L}$), con un núcleo subsuperficial superior a 1 $\mu\text{g/L}$, en el verano y a 25 m de profundidad. En los gráficos de cloa y feop de esta transecta, no se presentó la información de cloa correspondiente al tramo 100 a 200 mn, ya que le quita resolución espacial a la distribución costera de los pigmentos y no aporta información relevante para la estructura de la biomasa vegetal, toda vez que los valores de cloa son inferiores a 0,2 $\mu\text{g/L}$.

Punta Lobos Transecta 3 (21°00'S)

En la transecta 3 (**Figs. 52 y 53**) la cloa y los feop presentaron concentraciones constantemente altas entre una y 10 mn de distancia de la costa y entre la superficie y los 25 m, con valores entre 1 y 3 $\mu\text{g/L}$, formando núcleos de alta agregación en las cercanías de la zona costera. Por el contrario, en el verano del 2001 la cloa aumentó en forma considerable, manteniéndose en los mismo niveles de profundidad pero incrementándose de 1 a 5 $\mu\text{g/L}$, con un núcleo subsuperficial significativo (*i.e.* $>1\mu\text{g/L}$) a 40 mn de distancia de la costa y 25 m de profundidad. Esto conformó un gradiente de distribución entre meso y eutrófico, desde la costa y hasta las 40 mn, el que no ha sido descrito para la zona. Los feop presentaron la misma distribución pero en los niveles considerados normales para la zona oceánica (*i.e.* 0,1 a 0,2 $\mu\text{g/L}$), y costera (*i.e.* 0,5 a 0,75 $\mu\text{g/L}$). La excepción a esto se observó en el verano del 2001, en este periodo los niveles de feop fueron casi tan altos



como la cloa en la zona costera, indicando la existencia de fuertes procesos de degradación de los pigmentos activos, lo que pueden ser atribuidos a utilización de la oferta ambiental de alimento por herbivoría. Al igual que en la transecta 2, en esta transecta la distribución de pigmentos solo se graficó hasta las 100 mn.

Punta Junín Transecta 4 (19°40´S)

En la transecta 4 (**Figs. 54 y 55**), fue posible observar una constancia en los niveles de cloa para los cuatro cruceros, con valores de cloa típicos de zonas de alta producción, es decir 1 a 2 $\mu\text{g/L}$, llegando hasta los 5 $\mu\text{g/L}$ durante los cruceros de invierno y primavera. Estos altos niveles de biomasa estuvieron siempre restringidos a la costa y las 20 mn, y entre la superficie y los 50 m. Únicamente en el verano de 2001 es posible observar una disminución en la extensión espacial de los pigmentos, pero que siempre estuvieron en niveles mesotróficos. Los feop mostraron la misma tendencia en la distribución espacial, aunque batimétricamente se ubicaron en forma más profunda y asociados a zonas hipóxicas. Al contrario de la transecta 3, en zonas de alta concentración de cloa no se observó agregaciones masivas de feop, indicando que la población fitoplanctónica estaba siendo utilizada en forma menos intensa por organismos pastoreadores.

Arica Transecta 5 (18°25´S)

En la transecta 5 (**Figs. 56 y 57**), se observó la misma situación descrita para la transecta 4. Aunque en el otoño de 2000, la cloa tendió a distribuirse en forma mas extendida en el plano longitudinal, llegando valores de cloa mayores de 4 $\mu\text{g/L}$ hasta las 40 mn de distancia de la costa. Esto permitió la formación de un sistema continuo de distribución de la biomasa fitoplanctónica desde las 10 hasta las 40 mn, con gradientes intensos en el plano vertical.



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 200 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 larvianas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, permitió cuantificar la presencia de 668.644 huevos y 205.745 larvas, de los cuales 548.621 huevos (82,05%) y 126.179 larvas (61,33%) 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 6 y 7**.

Cabe señalar que durante la prospección de otoño de 2000, no se registran estaciones positivas a huevos de sardina. De la misma manera, durante los cruceros de otoño e invierno de 2000 no se reconocieron registros positivos a huevos y larvas de jurel y caballa.

5.1 Anchoveta, *Engraulis ringens*

En el curso de los 4 cruceros estacionales se reconocieron 48 registros positivos para huevos y 104 para larvas, lo que representó una frecuencia de 24,0% y 52,0% y una dominancia numérica igual a 79,4% y 59,0% para cada una de las fases de desarrollo, respectivamente.

El análisis de las muestras permitió determinar la presencia de 531.216 huevos y 121.423 larvas de anchoveta, señalando para la especie una importante actividad reproductiva especialmente durante las estaciones de primavera y verano para el estadio de huevos, e invierno y primavera para las fases larvianas (**Tabla 8**).



5.1.1 Fase Huevos

Durante la prospección de otoño de 2000, se reconocieron 3 estaciones positivas para éste estadio del desarrollo (5,1%) con un total de 935 huevos. Su abundancia, exhibió valores que fluctuaron entre 30 y 846 huevos/10m² con una densidad promedio de 16 y 312 huevos/10m² por estaciones totales y positivas, respectivamente. Estos índices señalan una muy escasa cobertura geográfica del desove de ésta especie, situación que había sido observada en cruceros de otoño precedentes.

La distribución espacial de los huevos de anchoveta (**Fig. 58a**) señala para la estación de otoño, que el desove se presentó frente a Bahía Moreno, al norte de la península de Mejillones y al oeste de Punta Lobos, adoptando este una modalidad eminentemente costera, no sobrepasando la franja de estaciones de 1mn. En este contexto, la estación con la densidad más importante (> 840 huevos/10 m²) se localizó frente a Antofagasta (23°40'S).

En invierno de 2000, se encontraron 20 estaciones positivas para huevos, lo que representó una frecuencia de 42,6% y una dominancia numérica igual a 79,2%. Se determinó la presencia de 51.285 huevos, con abundancias que fluctuaron entre 25 y 11.537 huevos/10m² con una media en los 2.564, señalando para la especie una importante actividad reproductiva. Con respecto al crucero de otoño, la fase de huevo experimentó un incremento de 722% en la densidad promedio por estaciones positivas y de 6718% en su densidad promedio por estaciones totales (**Tabla 8**).

La distribución espacial del desove de acuerdo a lo observado para la fase de huevos, señala en términos generales que el desove se verificó en todo el rango latitudinal de la zona explorada, adoptando éste una modalidad costera, concentrándose el 99,2% de los huevos de ésta especie en la franja de estaciones comprendida entre la costa y las 40 mn y, en forma ocasional, este presentó una mayor distribución longitudinal, observándose registros positivos a 100 mn de Arica y a 70 mn al oeste de Punta Copaca.



Tres focos de abundancia se distinguieron claramente, ubicándose éstos frente a Arica, entre Iquique y el sur de Punta Lobos y frente a Bahía Moreno. La zona comprendida entre Iquique y el sur de Punta Lobos, destaca como la más importante tanto en términos de la extensión del área ocupada como por los niveles de abundancia que representa, 35% respecto al total de huevos de anchoveta determinados, le sigue en importancia el foco de Arica con un 34% y finalmente Bahía Moreno con un 27,6% (**Fig. 58b**).

Durante la primavera de 2000, se encontraron 12 estaciones positivas en las cuales se colectaron 397.102 huevos lo que representó una frecuencia de 25,5% y una dominancia numérica igual a 81,8% (**Tabla 8**). La media por estación positiva, alcanzó a 33.092huevos/10m² (DS = 109.424,3), cifra 1.191% y 10.506% mayor respecto a la obtenida en invierno y otoño de 2000, respectivamente.

La distribución espacial del desove señala que éste ocurrió en toda la extensión latitudinal de la zona de estudio, adoptando una modalidad eminentemente nerítica concentrándose el 99,9% de éstos en la franja comprendida entre la costa y las 5 mn, apreciándose dos focos de abundancia claramente diferenciados y ubicados frente a Arica y Punta Arenas (21°40'S). En este contexto, la estación con la densidad más importante (380.000 huevos/10m²) se localizó a 5 mn al oeste del puerto de Arica. El resto de las estaciones presentó abundancias que fluctuaron entre 62 y 10.848 huevos/10m² (**Fig. 58c**).

En el transcurso de la exploración realizada en el verano de 2001, se localizaron 13 estaciones positivas para huevos (27,7%) identificándose un total de 81.894 especímenes. La media de huevos por estación positiva alcanzó a 6.300 huevos/10m² (DS = 8.146,8), cifra 145% mayor y 80,9% menor respecto a la obtenida en invierno y primavera del año 2000, respectivamente.

El patrón de distribución espacial, comprometió toda la extensión latitudinal de la zona explorada presentándose estrechamente asociado a la zona nerítica, alcanzando una cobertura longitudinal máxima de 10 mn, frente a Arica. Sin embargo, el desove más intenso se localizó en el sector costero comprendido entre Punta Copaca (22°20'S) y



Punta Lobos, de manera tal que el 38,4% de las estaciones positivas y el 37,9% de los huevos se concentró en la franja costera de 1 mn, determinándose al mismo tiempo que las densidades más elevadas (> 16.500 huevos/10m²) se ubicaron frente a Bahía Moreno (23°40'S) y a 1 mn al sur de Punta Lobos (21°00'S) (**Fig.58d**).

5.1.2 Fase Larvas

Durante la prospección de otoño se reconocieron 21 registros positivos para esta fase del desarrollo (35,6%), obteniéndose un total de 14.474 larvas (**Tabla 8**). Su distribución geográfica expresada de acuerdo a una categoría de densidades, señala en términos generales que el desove ocurrió en todo el rango latitudinal de la zona explorada con focos de concentración claramente definidos, concentrándose el 99% de ellas en las primeras 40 mn (**Fig. 59a**).

Los focos cuantitativamente importantes categorizados dentro de los rangos 501-5000 larvas/10m², se localizaron en ésta oportunidad al norte de Antofagasta, a 1 mn al oeste de Punta Junín y en las estaciones de 5 y 10 mn frente a Punta Madrid, las que en conjunto contribuyeron con el 80,1% al total de larvas de anchoveta cuantificadas durante el crucero.

En el curso del crucero de invierno de 2000, se registraron 39 estaciones positivas para este estadio, con un total de 58.261 larvas/10m², lo que representó una frecuencia de 83,0% y una dominancia numérica igual a 77,1% señalando para la especie una importante actividad reproductiva (**Tabla 8**). Con respecto a la distribución y abundancia de las fases larvarias, éstas se presentaron con una frecuencia superior y una densidad promedio por estaciones positivas inferior respecto a la calculada para los huevos, lo que sugiere un activo proceso reproductivo, ocupando éstas todo el rango latitudinal de la zona de estudio a excepción de las transectas 1 y 2 donde la distribución hacia el oeste se interrumpe en las 70 mn (**Fig. 59b**).



Las estaciones con las mayores densidades (> 4000 larvas) se localizaron a 1 mn al sur de Punta Lobos y a 40 mn al oeste de esta localidad, importando la primera de ellas más del 20% al total de larvas de anchoveta censadas durante esta prospección. Respecto a las densidades larvales estas fluctuaron entre 35 y 12.047 larvas/10m² con densidades promedio de 1.240 y 1.494 por estaciones totales y positivas, respectivamente.

Durante la primavera de 2000, se encontraron 22 registros positivos para larvas de anchoveta, en las cuales se colectaron 15.909 larvas, lo que representó una frecuencia de 46,8% y una dominancia numérica igual a 61,0%, señalando para la especie una importante actividad reproductiva. Con respecto a la distribución y abundancia de las fases larvianas (**Fig. 59c**), éstas se presentaron con una frecuencia superior y densidades promedio por estaciones totales y positivas inferiores respecto a la calculada para la fase de huevos (**Tabla 8**), lo que señala un activo e importante proceso reproductivo a lo largo de toda la extensión latitudinal de la zona explorada, concentrándose más del 92% de ellas en la franja de estaciones comprendida entre la costa y las 10 mn. Ocasionalmente ésta distribución se extiende hasta las 40 mn frente a Bahía Moreno y a 100 y 70 mn frente a la localidad de Arica.

La media de larvas por estación positiva en la primavera de 2000, alcanzó a 723 (DS = 1017), cifra 51,6% menor respecto a la obtenida en invierno del mismo año. Respecto a las densidades larvianas, éstas fluctuaron entre 30 y 3.536 larvas/10m², con una densidad promedio igual a 338 por estaciones totales. Las estaciones con las mayores densidades (> 2.000 larvas) se localizaron a 1 mn frente a Caleta Chipana (21°20'S), a 5 mn al oeste de Punta Lobos (21°00'S) y a 5 mn frente a Arica, las que en conjunto contribuyeron con el 54,6% al total de larvas de anchoveta censadas durante el crucero.

En el transcurso de la exploración realizada en el verano de 2001, se localizaron 22 estaciones positivas para larvas (46,8%), identificándose un total de 32.779 especímenes (**Tabla 8**).



Las larvas (**Fig. 59d**) presentaron 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 igual a 69,2%. El aumento de la frecuencia se encuentra asociado a una disminución en su densidad, el cual alcanza un orden de magnitud de -59,9% respecto de los huevos. La media de larvas por estación positiva alcanzó a 1.490 (DS = 2529), cifra 106% mayor respecto a la obtenida en primavera de 2000. Las abundancias larvárias fluctuaron entre 35 y 10.003 larvas/10m², con una densidad promedio igual a 697 por estaciones totales. Las estaciones con las mayores densidades (> 4.900 larvas) se localizaron a 1 mn frente a Bahía Moreno (21°20'S), a 1 mn al norte de Tocopilla y frente a Punta Lobos y en conjunto importan al total de larvas de la especie el 65,6%.

5.2 Sardina, *Sardinops sagax*

Durante el período de estudio se determinó la presencia de 5 registros positivos para huevos y larvas de sardina, en los cuales se colectaron 11.980 huevos y 4.395 larvas/10m². Estos niveles de abundancia reflejan que esta especie presentó en la zona de estudio una baja actividad reproductiva. Cabe destacar que durante el crucero de primavera de 2000, se colectó más del 94% de los huevos censados durante la ejecución del proyecto y para el caso de las larvas, el 36,6% del total se colectó en otoño de 2000 y el 63,3% de ellas en el verano de 2001 (**Tabla 6 y 7**).

5.2.1 Fase Huevos

Durante el crucero de otoño de 2000, no hubo registros positivos a huevos de esta especie.

En invierno de 2000, se reconocieron 3 estaciones positivas las cuales se localizaron a 1 y 5 mn frente a Bahía Moreno y a 1 mn frente a Arica, siendo la más significativa la ubicada a 1 mn frente a Bahía Moreno con un total de 494 huevos/10m² (**Tabla 9, Fig.60 b**).



Durante el crucero de primavera se determina la presencia de un registro positivo para este estadio de desarrollo, el cual se localizó a 1 mn frente a Arica con un total de 11.347 huevos (**Fig. 60c**).

En el verano de 2001, se registra la presencia de una estación positiva para huevos con un total de 40 huevos/10m², localizada en la zona contigua a la costa frente a Bahía Moreno (**Fig. 60d**).

5.2.2 Fase Larvas

En otoño, se reconoció una estación positiva a larvas de esta especie, la que se localizó a 1 mn al oeste de Bahía Moreno con un total de 1.431 larvas/10m² (**Fig. 61a**).

Al igual que en otoño, en invierno de 2000, se constata la presencia de tan sólo un registro positivo frente a la transecta 1, con un total de 116 larvas/10m² (**Fig. 61b**).

En primavera de 2000, se determinó la presencia de un registro positivo para larvas, el que se localizó a 1 mn frente Bahía Moreno con un total de 62 larvas/10m² (**Fig. 61c**).

Durante el crucero de verano de 2001, se determinó la presencia de dos registros positivos para esta fase de desarrollo, los que se localizaron en la zona contigua a la costa frente a Bahía Moreno, con totales de 2.786 larvas (**Fig. 61d**).

5.3 Jurel, *Trachurus symmetricus murphyi*

Para esta especie, el procesamiento y análisis de las 200 muestras permitió identificar 7 registros positivos para huevos y 3 para larvas con totales de 4.345 huevos y 265 larvas/10m², correspondiéndose estos registros con el período estival, es decir, primavera 2000-verano 2001 (**Tabla 6 y 7**).



5.3.1 Fase Huevos

En el transcurso de los cruceros de otoño e invierno de 2000 no se registraron estaciones positivas a huevos de jurel (**Tablas 10 y 11**).

En la primavera de 2000 se encontraron 4 estaciones positivas con un total de 4.192 huevos/10m². Los registros positivos para esta fase de desarrollo, se distribuyeron a excepción de las transectas 2 (Punta Copaca) y 5 (Arica) donde no se detectó su presencia, a 20 mn frente a Punta Junín, a 49 mn al oeste de Punta Barrancos (20°35'S), a 23 mn de Punta Gruesa (20°36'S) y a 20 mn al oeste de Bahía Moreno (**Fig. 62c**). La estación con la mayor densidad de huevos se localizó frente a Punta Gruesa con un total de 2.067 huevos/10m², representando el 49,3% de éstos.

En verano de 2001, se identificaron 3 estaciones positivas a huevos (6,3%) con un total de 153 especímenes distribuyéndose estas a 1 mn frente a Antofagasta y al norte de Tocopilla y a 100 mn durante la navegación entre Pisagua y Arica (**Tabla 10, Fig. 62d**).

5.3.2 Fase Larvas

En el curso de los cruceros realizados en otoño e invierno de 2000 no se registraron estaciones positivas a larvas de jurel.

En primavera, solo se consignaron dos registros positivos a larvas de esta especie con densidades bajas las cuales fluctuaron entre 33 y 192 ejemplares, localizándose a 100 mn frente a Punta Lobos y el sur de Arica, respectivamente (**Fig. 63c**).

En relación a las fases larvarias en el verano de 2001, un registro positivo fue reconocido con una densidad muy baja igual a 40 larvas/10m², la que se localizó a 1 mn frente a Bahía Moreno (**Fig. 63d, Tabla 10**).



5.4 Caballa, *Scomber japonicus*

Al igual que lo reportado para jurel, la presencia de huevos y larvas de caballa se corresponde con los cruceros realizados en primavera de 2000 y verano de 2001, revelando el carácter estival del desove de esta especie, donde fue posible determinar 5 registros positivos para la fase de huevos y 3 para larvas con totales de 1.080 y 96 especímenes/10m², respectivamente (**Tabla 6 y 7**).

5.4.1 Fase Huevos

En el transcurso de los cruceros de otoño e invierno de 2000 no se registraron estaciones positivas a huevos de caballa.

En la primavera de 2000, la estación con presencia de huevos de caballa se detectó a 20 mn frente a Punta Junín con un densidad igual a 581 huevos/10m² (**Fig. 64c**).

En verano de 2001, para esta especie se reconocieron 4 estaciones positivas para huevos en las cuales se colectaron 499 huevos, lo que representó una frecuencia de 8,5%, señalando para la especie una muy baja actividad reproductiva. De acuerdo a lo indicado por la fase de huevos el desove se verificó desde Punta Lobos hasta Arica, adoptando éste una modalidad eminentemente oceánica, localizándose a partir de las 40 mn al oeste de Punta Lobos para alcanzar una cobertura longitudinal máxima frente a la localidad de Arica (**Fig. 64d, Tabla 11**).

5.4.2 Fase Larvas

En el transcurso de los cruceros de otoño e invierno de 2000 no se registraron estaciones positivas a larvas de caballa.

En la primavera de 2000, la estación con presencia de larvas de caballa se detectó a 100 mn al sur de Arica con un densidad que no superó las 32 larvas/10m² (**Fig. 65c**).



En el verano de 2001, para esta especie se identificaron 2 estaciones positivas para este estadio, en las cuales se colectaron 64 especímenes, lo que representó una frecuencia de 4,3% (**Tabla 11**). Con respecto a su distribución, éstas se presentaron en la zona comprendida entre Pisagua y Arica, entre las 100 y las 40 mn (**Fig. 65d**).

6. 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 verano de 2001, situaciones distintas para las respectivas fases del desarrollo. Es así, como el estadio de huevos exhibe con respecto a la primavera de 2000, una importante disminución en sus niveles de abundancia la que se traduce en un porcentaje de cambio igual 81% (**Fig. 66**). Cabe señalar que para el período comprendido entre el invierno de 1995 y el verano de 2001, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general levemente ascendente, con cuatro 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 y primavera de 2000. 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 distribución, fue eminentemente costera a excepción de las primaveras de los años 1998 y 1999 y los inviernos de 1999 y 2000, donde se pudo apreciar una mayor cobertura longitudinal. En general, las máximas abundancias se han reportado 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 en el período estival con el área lindante al río Loa (**Fig.67**).

Con relación a las fases larvarias, éstas muestran una tendencia general ascendente, 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 la primavera de 1999 se constituyó en el registro más alto de la serie invierno 1995 - verano 2001, experimentando las fases larvarias un importante incremento en sus niveles de abundancia respecto de la primavera de 2000 igual a 106% (**Fig.66**). 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, éstas 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 como zonas de desove cuantitativamente importantes las localidades de Arica e inmediaciones del río Loa (**Fig. 68**).

7. Análisis estacional de huevos y larvas de peces

7.1 Desove de otoño

Los resultados de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, obtenidos en cruceros precedentes para una misma área geográfica en otoño de los años 1983-2000, se muestran en las **figuras 69 y 70** y éstos señalan que durante mayo de 2000 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 1999, presenta una disminución igual a 70,9% para la fase de huevos y de 49,9% para las larvas. La intensidad del desove también exhibe con respecto a 1999, una importante disminución la cual es igual a 51,3% y 24,7% para huevos y larvas, respectivamente.

La estimación del índice de abundancia larval para anchoveta durante la estación de otoño, muestra una fuerte disminución con respecto a 1999, no obstante lo anterior, 1999 y el 2000 son los años en los cuales se han estimado los índices más altos de la serie 1986/2000 (**Tabla 12, Fig. 71**).



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-junio), 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 2000, no se consignaron estaciones positivas a huevos de sardina, al igual que lo reportado en otoño de los años 1996, 1997 y 1998. En relación a las fases larvarias y con respecto al otoño precedente, éstas experimentaron un incremento en la intensidad y extensión del desove igual 1113% y 100%, respectivamente (**Figs. 69 y 70**).

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 13, Fig. 71**). No obstante lo anterior, el stock se está reproduciendo presentando reclutamientos muy débiles, los cuales no han podido restaurar los niveles de biomasa registrados entre 1980-90, manteniéndose su situación de colapso.

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 2000, 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 2000.

Con respecto a caballa, durante el otoño de 2000 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.



7.2 Desove de Invierno

La **figura 72** muestra la variación de la estimación de la abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para el período de invierno de los años 1964-2000 y en ella se aprecia que el parámetro poblacional - densidad promedio por estaciones totales - refleja con bastante fidelidad los cambios que ha experimentado a nivel del ictioplancton, la composición específica de la comunidad pelágica de la zona norte del país, los que se han caracterizado por un período comprendido entre 1964 y 1973 con un claro predominio de anchoveta en el ecosistema y un cambio de dicha situación con posterioridad a 1973 hasta 1985, por la dominancia de sardina.

La situación que se observa con posterioridad a 1985, señala que nuevamente enfrentamos un proceso de cambio con una categórica predominancia de anchoveta respecto de sardina y jurel en términos de su abundancia, con densidades espectaculares y sin precedentes las cuales fueron registradas en invierno de 1985, 1994 y en menor magnitud en 1989. De la misma manera las disminuciones más drásticas han estado asociadas a la presencia del fenómeno de El Niño en la zona de estudio los años 1986/87, 1991/92 y 1997/98.

La estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en invierno de 2000, respecto a las reportadas en inviernos precedentes para la serie 1981/2000, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presenta una disminución en la cobertura geográfica de los huevos y un incremento para la fase de larvas, lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a -30,7% y +24,2%, respectivamente (**Figs. 73 y 74**).

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas, muestran con respecto a 1999 una fuerte disminución para el estadio de huevos (64,2%) y un leve incremento para las fases larvarias igual a 2%.



Con respecto a la 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 2000, con respecto a 1999 un aumento del orden de 15,5% (**Tabla 14, Fig. 75**).

Con respecto a sardina, se determina que sus niveles de abundancia promedio tanto para huevos como para larvas respecto a cruceros precedentes, presenta una situación diferente para ambas fases de desarrollo, es así como el estadio de huevos disminuyó en un 46,5% su intensidad, incrementando su cobertura geográfica en un 71,4%. Por su parte las larvas experimentaron una significativa disminución, tanto en su cobertura geográfica como en su intensidad, lo que se reflejó en porcentajes de cambio iguales a 95% y 73,3%, respectivamente.

Para la zona de estudio y para los inviernos de los años 1983-2000, 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 1999, la estimación del índice de abundancia larval en invierno de 2000 experimentó una disminución igual a 67,7% (**Tabla 15, Fig. 75**).

En relación a jurel y caballa en invierno de 2000 no hubo registros positivos a huevos y larvas de estas especies.



7.3 Desove de Primavera

En primavera de los años 1983-2000, 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 81,8% para la fase de huevos y 61% 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 2000 se detectó un importante incremento en las densidades promedio por estaciones totales y positivas, exhibiendo porcentajes de cambio respecto a 1999 iguales a 661% en su cobertura geográfica y 823% en su intensidad, constituyéndose la primavera de 2000 en el registro más alto de la serie analizada (**Fig. 76**).

La cobertura geográfica e intensidad de desove exhibida por las fases larvarias en primavera de 2000, señala que respecto a la primavera precedente, se produce una fuerte disminución la que es igual a 76,7% y 656,8%, respectivamente (**Fig. 77**).

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% (**Tabla 16, Fig.78**).

En sardina, la extensión del desove señala que en la primavera de 2000 se produce un incremento en la cobertura geográfica de los huevos y una disminución en las fases larvales, lo que se reflejó en tasas de cambio con respecto a la primavera de 1999 iguales a 136% y - 98,5%, en cada caso, ocupando los huevos la cuarta de las mayores áreas registradas para las primaveras de los años 1988-2000. Por su parte, las densidades



promedio de larvas de sardina obtenidas en la primavera de 2000, se constituyen en el segundo registro más bajo de la serie 1983-2000.

Con respecto a la intensidad del desove de sardina, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto a 1999, un incremento para el estadio de huevos y una disminución para las fases larvarias iguales a 429% y - 93,2%, respectivamente.

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 17**). A partir de 1990 y a excepción de la primavera de 1999, el índice larval se mantiene 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, exhibiendo un porcentaje de cambio respecto a 1999 de 98% (**Fig. 78**).

En relación a jurel, la comparación de resultados respecto a 1999, señala un incremento para ambos estadios de desarrollo, exhibiendo porcentajes de cambio iguales a 1012% y 25% en la cobertura geográfica de huevos y larvas.

Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto a 1999, un incremento para las fases de huevos y larvas iguales a 217% y 214%, respectivamente.

Para el recurso caballa se dispone de una serie menor, 1996-2000, exhibiendo ambas fases de desarrollo niveles de abundancia muy bajos respecto a anchoveta, sardina e incluso jurel.

7.4 Desove de Verano

Con respecto al desove de verano, las **figuras 79 y 80** exhiben las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de las especies objetivo del presente estudio, realizadas en prospecciones precedentes para la estación de verano en el transcurso de



los años 1982-2001. El análisis de esta serie reveló que durante el verano de 2001, 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 2001 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 decremento en la cobertura geográfica de huevos y larvas, lo que se refleja en tasas de cambio respecto al 2000 iguales a 50,4% y 43% para ambas fases del desarrollo. El verano de 2001, se constituye en el tercer registro más importante en cuanto a cobertura geográfica de la serie 1982-2001, para el caso de los huevos y en el segundo de mayor relevancia, para el estadio de larvas.

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas, señalan con respecto al verano de 2000 una importante disminución, siendo ésta de mayor relevancia en los huevos, exhibiendo tasas de cambio iguales a 35,1% y 24% para dichos estadios.

Las estimaciones más altas del índice de abundancia larval de anchoveta para la estación de verano se han obtenido durante los años 2000 y 2001 y las más bajas se han registrado en los veranos de los años 1987 y 1998. Con posterioridad al verano de 1998, se aprecia una tendencia general ascendente en los valores de este índice, para disminuir nuevamente en el verano de 2001 en un 58% con respecto al 2000 (**Tabla 18, Fig. 81**).

La extensión del desove para sardina, señala que se produce una disminución en la cobertura geográfica de huevos y larvas de esta especie, con porcentajes de cambio iguales a 66,6% y 68%, respectivamente. En cuanto a la intensidad y concentración del desove, las densidades promedio por estaciones positivas indican con referencia al 2000, la misma tendencia declinante para ambas fases del desarrollo, presentando porcentajes de cambio iguales a 40,2% y 68% para ambos estadios.



El índice larval estimado presenta una tendencia a incrementar sus valores a partir del verano de 1997, pero al igual que anchoveta disminuye en el verano de 2001 en un 71% (**Tabla 19, Fig. 81**).

En relación a jurel, la comparación de resultados respecto al 2000, señala una disminución para ambos estadios de desarrollo, exhibiendo porcentajes de cambio iguales a 86% y 66% 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 crucero precedente, decrementos para las fases de huevos y larvas iguales a 66% y 36%, respectivamente.

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.

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

8.1 En relación con la temperatura

La **figura 82a** muestra la distribución espacial de la temperatura del mar en el estrato superficial. En mayo se observa que las mayores temperaturas ($> 20^{\circ}\text{C}$) se localizan al nor-oeste de Iquique, situación que se asocia a la penetración de una lengua de aguas cálidas, asimismo se advierte una franja costera de aguas frías destacándose que la isoterma de los 16°C avanza a unas 20-25 mn hacia afuera de la costa, lo que es indicador de la aparición de aguas surgentes; lo anterior es coincidente con lo apreciado a través de las imágenes satelitales, las que dan cuenta de tres focos de TSM frías y que se localizan en el sur de Iquique, Pta Arenas y frente a Antofagasta. En septiembre, la situación cambia radicalmente y se distingue un notable descenso de las TSM, especialmente desde Mejillones al sur, en este mes se presenta una distribución



homoterma en la cual aproximadamente el 70% de la cobertura espacial corresponde a aguas de 16°C y que se caracteriza por no presentar gradientes latitudinales y/o longitudinales evidentes. El mes de diciembre presenta un incremento de las temperaturas, las que fluctúan entre los 16°C y 23°C, en este período se observa un gran avance de la isoterma de 20°C la que se sitúa a unas 30 mn de la costa, a su vez se aprecia un repliegue completo de las aguas de TSM inferiores a 17°C; lo antes mencionado es muy concordante con las temperaturas registradas por satélite. Finalmente, en febrero existe un drástico aumento de las TSM, las que oscilan en el rango 17-27°C, igualmente hay una gran progresión de aguas con temperaturas superiores a los 23°C que se relacionan con la intrusión de aguas oceánicas lo que implica fuertes gradientes laterales.

Con respecto al distribución de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la TSM, ésta se muestra en la **figura 83**; de esta manera es posible apreciar que en el mes de mayo los huevos se presentaron entre los 15 y 19°C y las larvas entre 14-20°C, con una clara preferencia por temperaturas inferiores a los 16°C. En septiembre, tanto los huevos como las larvas de la especie se localizaron en el rango 14-17°C, volviendo a demostrar una marcada inclinación por TSM de 16°C. En diciembre hay un aumento de las TSM, lo que implica que los huevos y larvas se posicionen en rangos más altos de temperaturas (16-23°C), mostrando una inclinación por el estrato 18-20°C. En febrero, al igual que en diciembre, tanto huevos como larvas se ubican en temperaturas más altas, con preferencia por los 18°C.

8.2 En relación con la salinidad

En el crucero de mayo, la salinidad tuvo una clara variación clinal, con la presencia de aguas más salinas (> 35,0 psu) al oeste de la longitud 71°W y aguas comparativamente menos salinas en el sector costero, al igual que lo expresado para la temperatura, la salinidad evidenció importantes gradientes laterales (negativos a la costa) principalmente al norte del río Loa y un núcleo de bajas salinidades ubicado al sur de Mejillones (**Fig. 82b**).



En el mes de septiembre, la repartición geográfica varía significativamente al revelarse una distribución homogénea en donde las isohalinas de 34,9 y 35,0 psu cubren alrededor del 75% de la zona de estudio; asimismo, este mes se caracteriza por que la distribución latitudinal de esta variables presenta un marcado gradiente en dirección norte-sur, de esta manera en el sector norte se observan las salinidades más altas y a medida que se avanza hacia el sector sur ésta disminuye. En diciembre se vislumbra un aumento en los registros de salinidad, especialmente al nor-oeste de Iquique, alcanzando los 35,2 psu. Por último en febrero, al igual que la temperatura, se vuelve a observar un notable incremento de las salinidades superficiales, asociado a la entrada de aguas cálidas en los sectores oceánicos, que se refleja en el avance de la isohalina de 35 psu que se ubica aproximadamente a unas 50 mn de la costa.

En cuanto a la relación entre las cobertura espacial de huevos y larvas de la especie anchoveta y su relación con la salinidad, en mayo se aprecia que los huevos se localizaron entre los 34,4 y 34,9 psu, en cambio las larvas se ubicaron en un espectro más amplio de 34,4-35,1 psu, no obstante tanto huevos como larvas muestran predilección por los 34,7 psu (**Fig. 84**). Durante septiembre y diciembre, el estrato de distribución de huevos y larvas varía desde 34,5 a 35,1 psu, sin embargo ambas variables biológicas presentan una nítida preferencia por los 34,7 y 34,8 psu. En febrero, tanto huevos como larvas se ubican en salinidades elevadas que van desde 34,4 a 35,2 psu, no obstante continúan mostrando preferencia por los 34,7 psu.

8.3 Análisis de la señal latitudinal de huevos y larvas de anchoveta y su relación con la temperatura

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; así, las señales fueron estimadas como el valor registrado en una franja longitudinal de 30 mn y de 5 mn en el sentido latitudinal.



En mayo se aprecia que los huevos poseen una cobertura costera que no supera las 30 mn y que esta restringida a la banda de aguas frías de TSM menores de 16°C , latitudinalmente el núcleo de mayores concentraciones se localiza al sur de Mejillones y se encuentra relacionado con variaciones latitudinales negativas de la TSM asociada a aguas surgentes (**Fig. 85a**). En el caso, de las larvas de la especie, se destaca que éstas presentan una distribución más extensa, aunque las mas altas densidades se ubican en las primeras 30 mn; la señal latitudinal muestra que las larvas se tienden a situarse en los alrededores de aguas surgentes y/o frías; es así como en la primera franja, las mayores concentraciones de larvas (entre $19\text{-}20^{\circ}\text{S}$) están inmediatamente vecinas a un foco de aguas surgentes (**Fig. 85b**) y, en la franja de 30-60 mn, los focos mas importantes (22°S y 23°S) se encuentran en las proximidades de bolsones de aguas frías y que presentan temperaturas que van aumentando en el sentido norte-sur, con gradientes térmicos moderados.

Durante septiembre, como se menciona anteriormente, tanto huevos como larvas aumentan notablemente sus concentraciones y coberturas geográficas, lo anterior contrasta significativamente con el crucero anterior ya que estas variables estaban restringida a las primeras 30 mn. En cuanto a los huevos, en la primera banda se presentan dos focos principales; el primero esta ubicado entre Arica y Pisagua y se caracteriza por presentar altas concentraciones y estar localizado en aguas surgentes, el segundo centro se ubica en las proximidades de Tocopilla y se vincula a un sector de fuerte gradiente térmico y aguas surgentes; en la segunda franja se mantienen dichos focos aunque con intensidades menores (**Fig. 86a**). Relativo a las larvas, en las primeras 30 mn éstas presentan una señal muy pareja que da cuenta de una gran cobertura geográfica con diversos picks; en la franja de 30-60 mn prosigue la amplia cobertura de larvas, y es en este sector donde existe un máximo en las proximidades de Tocopilla que esta relacionado a una importante disminución latitudinal de la temperatura (**Fig. 86b**).

En el crucero de diciembre, las variables disminuyen considerablemente su extensión espacial, no obstante tanto huevos como larvas poseen una gran presencia en las estaciones costeras. Respecto a los huevos, se puede apreciar que en la primera franja



presentan 3 focos principales (Arica, río Loa y sur de Mejillones), de los cuales los dos últimos están altamente asociados a zonas de surgencias y a fuertes gradientes latitudinales positivos; es decir se encuentran en sectores donde la temperatura va aumentando en el sentido norte-sur (**Fig. 87a**); en la segunda franja es posible advertir un sector en que los huevos poseen altas densidades frente al río Loa, el cual esta asociado a fuertes gradientes térmicos. En relación con las larvas, se distinguen dos focos principales; el primero esta ubicado en los alrededores de Arica y Pisagua y se caracteriza por exhibir altas densidades y estar ubicado en aguas frías, el segundo centro se presenta en las proximidades de Tocopilla y esta ligado a un sector de aguas surgentes que posee gradientes moderados; en la franja de 30-60 mn, los núcleos continúan con sus altas densidades y se sitúan en zonas de grandes gradientes (**Fig. 87b**).

Durante el crucero de febrero del 2001, se presenta una distribución espacial moderada; en el caso de los huevos de la especie, en la primera sección, se observan dos focos principales; el primero se localiza en los alrededores de Arica y el segundo se ubica en las proximidades de Tocopilla y se caracteriza por las altas concentraciones que posee; en la segunda franja, los núcleos bajan considerablemente sus densidades. Respecto de las larvas, éstas presentan una repartición más extensa y homogénea, no advirtiéndose grandes núcleos (**Fig. 88 a y b**).

8.4 Modelamiento de la densidad de larvas de anchoveta y su relación con variables ambientales.

8.4.1 Relación entre la densidad de larvas y el gradiente térmico

La relación entre la densidad de larvas de anchoveta y el gradiente térmico se muestra en la **figura 89**, cabe señalar que la densidad fue estimada por estratos de gradiente térmico cada 0,20°C.



En otoño de 2000, la distribución de las larvas es de escasa cobertura geográfica destacándose dos focos principales: el primer foco se ubicó al norte de Iquique y presentó valores intermedios de densidad, en tanto que el segundo se localizó al sur de Mejillones siendo menos denso y amplio que el anterior; en este crucero las larvas se encontraron en las áreas aledañas a los focos de aguas frías con gradientes térmicos moderados, lo anterior es coincidente con el modelo ajustado (**Fig. 89**), en el cual se pudo observar que la curva polinómica dio cuenta del 63% de la varianza, lo que manifiesta un alto grado de asociación entre las variables, indicando que las mayores abundancias se registran en gradientes térmicos moderados. En el mes de septiembre, la larvas aumentaron notablemente sus concentraciones y su distribución espacial encontrándose distribuidas a lo largo de toda la costa, no obstante lo anterior, se mantienen los núcleos observados en otoño; en este crucero se vuelve a ajustar una curva polinómica, con un coeficiente R^2 de 0,48 y un “rango óptimo” que se localiza en un estrato de gradientes intermedios (entre 0,5 y 0,9 °C/5mn).

En primavera se presentó un incremento de las temperaturas, característico de la época estival, observándose un gran avance de la isoterma de 20°C, advirtiéndose la aparición de gradientes térmicos más fuertes; además, la señal latitudinal mostró que las larvas se localizaron en dos focos principales, al sur de Arica y Tocopilla, asociadas a aguas surgentes de grandes gradientes (**Fig. 87**). Lo anterior es concordante con la regresión obtenida entre las larvas de anchoveta y el gradiente térmico toda vez que el modelo indica que las mayores concentraciones de larvas se ubicaron en gradientes superiores a los 1,2 (°C/5mn), con un “rango óptimo” de 1,3 – 1,6 (°C/5mn).

Durante el verano de 2001, continúa el incremento de las TSM relacionadas con la entrada de aguas oceánicas lo que implica fuertes gradientes laterales; debido a ello, las densidades larvales más elevadas se localizaron en zonas de gradientes térmicos significativos, con una preferencia por el rango entre 1,2 y 1,6 (°C/5mn) (**Fig. 89**).



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.

9. Calibración electroacústica

Los resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 presentan variaciones inferiores a $\pm 0,2$ dB confirmando la estabilidad histórica del equipo (**Tabla 20**).

9.1 Distribución espacial de los recursos

9.1.1 Total de especies

Durante los tres cruceros realizados en el año 2000 (MOBIO 0005, MOBIO 0009; MOBIO 0012) y en el verano de 2001 (MOBIO 0102), la anchoveta se presentó entre el 27,1% y el 72,% de las lecturas acústicas de cada crucero, con una más alta presencia en invierno y más baja en primavera.

El jurel representó entre el 12,9% y 50,5% de las lecturas acústicas totales de cada uno de los cruceros, siendo el mayor en la primavera y el menor en el invierno. Cabe destacar que esta especie presentó algunos niveles de agregación relativamente más altos en el crucero de otoño (MOBIO 0005) hacia el límite sur del área de estudio, con un 45,7% de las lecturas acústicas totales del crucero.

La caballa tuvo una presencia esporádica en los cuatro cruceros, fluctuando entre un 0,098% en el verano y 2,1% en el otoño, con una mayor frecuencia en otoño e invierno. Por otro lado la sardina sólo se detectó en forma aislada en el otoño y primavera (**Fig. 90**).



En otoño (MOBIO 0005), se detectó la presencia de bacaladillo en las cercanías de Mejillones y de pez linterna a 80 mn de Punta Lobos (21°00'S); mientras que en invierno (MOBIO 0009) se registró langostino, el que se concentró entre las 2 y las 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 0102), se denominó como otras especies, a los peces linterna y langostino, los que se presentaron entre las 47 y 68 mn al oeste de Punta Pichalo (19°40'S); a 75 mn al oeste de Arica; 92 mn al oeste de Antofagasta y en las cercanías de la costa entre Punta Baquedano (18°40'S) y Pisagua.

9.1.2 Anchoqueta

El patrón típico de distribución espacial de la anchoqueta para el período 1996/99 (Braun *et al.*, 1998; 1999) señala una estacionalidad, con un aumento de las concentraciones del recurso en áreas costeras hacia los períodos primaverales y estivales, llegando hasta las 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 aprecia una tendencia similar al patrón típico, con la sola excepción de la reducción relativa de las densidades costeras de anchoqueta en la primavera del 2000 (MOBIO 0012), que pudo haber estado motivada por una localización del recurso fuera de la zona de prospección (**Fig. 91**). En este sentido, Castillo *et al.*, (2001) informa que durante el crucero RECLAN 0012 realizado en forma simultánea al MOBIO 0012 la mayor proporción de anchoqueta se detectó al sur de Antofagasta.

En el sentido vertical, la anchoqueta se localizó desde la superficie hasta los 32 m de profundidad (**Fig. 92a**), presentándose las mayores concentraciones en los primeros 20 m, las profundidades mayores se presentaron en el otoño (MOBIO 0005), en que fluctuaron entre 7 y 31 m y las más someras en el verano (MOBIO 0102) con límites entre 8 y 15 m. Las isotermas límites de esta distribución variaron entre 13 y 24°C, ubicándose preferentemente entre 16 y 19 °C en otoño-verano y desde 13 a 17°C en invierno-primavera, con variaciones en los límites extremos de las isotermas, así es como en el



invierno las isotermas fluctuaron entre 13 y 17°C y en el verano entre 16 y 24°C. Valores que se encuentran dentro de los rangos típicos de esta especie (Castillo *et al.*, 1992; Braun *et al.*, 1999), apreciándose un leve aumento de la temperatura máxima en que se ha detectado la especie, especialmente en verano. Las isohalinas límites de la distribución de anchoveta fueron 34,3 y 35,15 psu, registrándose las mayores concentraciones preferentemente entre 34,3 a 34,9 psu en el otoño; 34,8 a 35 en el invierno; 34,3 a 34,9 psu en la primavera y entre 34,5 a 34,7 psu en el verano.

Específicamente, en el otoño (MOBIO 0005) la anchoveta se detectó entre la costa y las 63 mn desde Punta Argolla (18°50'S) hasta Punta Tres Picos (24°20'S), límite sur de la prospección. Entre Punta Argolla y Punta Lobos (21°00'S) se presentó en densidades bajas y relativamente oceánica. Desde Caleta Chipana (21°20'S) a Punta Tres Picos las densidades y el grado de agregación de la anchoveta fue mayor, destacándose por sus mayores densidades las áreas costeras comprendidas entre Caleta Chipana y Punta Arenas (21°40'S); en las cercanías de Punta Copaca (22°20'S) y de Punta Tres Picos (Fig. 91).

En el invierno (MOBIO 0009), su distribución se caracterizó por su mayor presencia al sur de Pisagua, una virtual ausencia entre Arica y Pisagua, con la excepción de los registros obtenidos en las vecindades del puerto de Arica, y por presentar su límite occidental típicamente oceánico, de acuerdo al patrón característico de los períodos invernales, registrándose hasta las 75 mn de la costa. En general las mayores agregaciones se presentaron en áreas oceánicas mientras que las bajas densidades se detectaron habitualmente en las cercanías de la costa, con la excepción de la alta agregación costera ubicada frente al puerto de Iquique. Los sectores que se destacaron por las agregaciones de alta densidad de anchoveta se ubicaron desde las 21 a 30 mn y desde las 39 a 43 mn al oeste de Punta Pichalo (19°40'S); desde las 21 a 30 mn al oeste de Punta Lobos (21°00'S) y frente al puerto de Iquique; aún cuando las densidades fueron menores también es posible destacar el sector ubicado desde las 64 a 72 mn al oeste de Caleta Patillos (20°45'S). En las áreas costeras entre Punta lobos y Tocopilla; Mejillones y en las primeras 15 mn frente a Antofagasta se registró la presencia de anchoveta dispersa.



En la primavera (MOBIO 0012), la anchoveta tuvo una distribución bastante costera entre Pisagua y Antofagasta, que no superó las 10 mn de la costa, en tanto a la cuadra de Arica su límite longitudinal fue más extenso al alcanzar las 80 mn, situación que es característica de los períodos invernales y atípica de los períodos de primavera. Los sectores a destacar por la presencia de agregaciones de mayor densidad de anchoveta son; a 35 mn a la cuadra de Arica y dentro de las 5 mn entre sur de Punta Arenas (21° 45' LS) y Caleta Paquica (21° 50' LS). Estos focos de alta concentración del recurso, así como la distribución general del recurso se corresponde con lo observado durante el desarrollo del crucero de evaluación del reclutamiento de anchoveta (RECLAN 0012) (FIP 2000-07), realizado en forma contemporánea al MOBIO 0012.

En el verano (MOBIO 0102), la anchoveta se presentó en el sector costero, prácticamente en toda la zona de estudio registrándose en bajas densidades con algunos focos de mayor concentración, con una presencia esporádica entre Arica y Punta Baquedano (18°40'S), siendo más frecuente entre la costa y las 20 mn desde Pisagua a Punta Grande (22°30'S), este límite occidental supera la situación típica para los períodos estivales, que usualmente es inferior a las 10 mn. Los sectores que se destacaron por las agregaciones de alta densidad de anchoveta se ubicaron en las primeras 4 mn al oeste de Punta Pichalo (19°40'S); entre la costa y las 20 mn desde río Loa (21°30'S), hasta las cercanías de Punta Patache (21°50'S) y en el área costera de Antofagasta.

9.1.3 Jurel

En términos generales, durante el período analizado (otoño, invierno, primavera y verano de 2000 - 2001) este recurso se presentó en bajas densidades ($< 75 \text{ t/mn}^2$) 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 (MOBIO 0005), al sur de Punta Amarilla (24°S) (**Fig. 93**).



Batimétricamente, ésta especie se detectó entre los 6,5 y 145 m, alcanzándose la profundidad máxima en la primavera del 2000 (MOBIO 0012), registrándose típicamente entre los 10 y 30 m (**Fig. 92b**). Las isotermas que limitaron la distribución del jurel fluctuaron entre 12 y 25°C, con un rango similar para otoño (MOBIO 0005) y primavera (MOBIO 0012) entre 12 y 20,7°C y con las mayores lecturas acústicas situadas entre 13 y 18°C; en invierno (MOBIO 0009) el rango de las isotermas fue más estrecho variando entre 14 y 17 °C, mientras que en verano (MOBIO 0102) los valores extremos estuvieron entre 16,4 y 25°C. Las salinidades que limitaron la distribución del jurel variaron entre 34,16 y 35,1 psu, ubicándose preferentemente entre 34,3 y 34,7 en otoño (MOBIO 0005) y primavera (MOBIO 0012) y entre 34,65 y 35 en invierno (MOBIO 0009).

Específicamente, en el otoño (MOBIO 0005), ésta especie presentó un patrón de distribución similar a la anchoveta, observándose una tendencia a aumentar las densidades al sur de Caleta Chipana, así como una mayor asociación con las áreas costeras. Las mayores densidades se ubicaron a 42 mn al oeste del paralelo 24°30'S; al oeste del 21°50'S y en las primeras 10 mn al oeste de Antofagasta (**Fig. 93**).

En el invierno (MOBIO 0009) el jurel se localizó desde Pisagua al límite sur de la zona de estudio y entre la costa hasta 73 mn, siendo más frecuente a partir de las 8 mn. Su distribución se caracterizó en general por densidades bajas a medias (categoría 150 t/mn²), a excepción del sector ubicado entre las 8 y 12 mn al oeste de Punta Lobos (21°00'S) y con una mayor cobertura en el sector comprendido entre Punta Gruesa (20°20'S), Punta Lobos (21°00'S) y desde las 10 hasta las 68 mn de la costa. En la primavera de 2000 (MOBIO 0012) el jurel tuvo una alta cobertura espacial en densidades en general bajas con algunos registros aislados de alta concentración tanto en el sector oceánico como costero. En general, al norte de Iquique el jurel tendió a ubicarse preferentemente en el sector oceánico, mientras que hacia el sur se presentó hacia sectores más costeros. En este sentido, destacan los focos registrados entre las 80 a 100 mn de la costa frente a Pisagua y a 15 mn a la cuadra de Antofagasta.



En el verano de 2001 (MOBIO 0102) el jurel se localizó prácticamente en toda la zona de estudio con una distribución contagiosa caracterizada por densidades bajas a medias (categorías 150 t/mn²), con una tendencia a alejarse de la costa hacia el sur de Pisagua ubicándose en sectores costeros entre Arica y Punta Madrid (19°00'S) y desde las 8 a 70 mn al sur de Pisagua, la excepción a lo anterior lo constituye la agregación detectada a 65 mn al oeste de Arica.

9.1.4 Índices de cobertura y densidad

En los cuatro cruceros analizados, la anchoveta presentó el mayor índice de cobertura (IC), variando entre 3,33% en el otoño y 7,18% en el invierno, con la excepción del otoño de 2000 (MOBIO 0005) en que el IC del jurel superó a la anchoveta (**Tabla 21**), registrándose un valor relativamente estable en el IC en los cruceros de invierno, primavera y verano entre 5,5 y 7,2% el que tuvo un discreto aumento desde el 3,3% presentado en el otoño (MOBIO 0005). Este resultado difiere de lo registrado en el período 1999-2000 (Braun *et al.*, 2000) donde se observó un incremento persistente del IC desde el otoño hacia las estaciones más cálidas.

Los resultados históricos de este índice por especie, considerados desde el invierno de 1996 (9609) hasta el verano de 2000 (0002), han fluctuado entre 0,2 y 47,3% (**Tabla 21**), siendo la anchoveta la que ha registrado los mayores IC de la serie, con valores entre 7,5 y 47,3%; seguido por el jurel que ha registrado índices de cobertura entre 1,2 y 25,3%; la caballa y la sardina española han sido reconocidos esporádicamente en la zona de estudio, con IC que han fluctuado entre 0,2 a 10,7 % para la caballa y entre 0,2 a 6,9% para la sardina española. Estacionalmente, los IC no presentan tendencias destacables que permitan establecer patrones de comportamientos distinguibles.



Los IC para todas las especies en el período informado (cruceos MOBIO 0005, 0009, 0012 y 0102), se encuentran entre los menores de la serie, siendo levemente superiores a los alcanzados en el período 1999-2000 (Braun *et al.*, 2000), especialmente para la anchoveta.

Los índices de densidad (ID) de la anchoveta fluctuaron entre 66,7 t/mn² en la primavera (MOBIO 0012) y 415,8 t/mn² en el otoño (MOBIO 0005), mientras que el jurel registró ID entre 80,2 t/mn² en el verano (MOBIO 0102) y 213,4 t/mn² en el otoño. La caballa presentó su mayor ID en el otoño con 330,2 t/mn² y el menor en el verano con 22,5 t/mn².

El caso de la sardina es notable, presentando un ID de 2.596,8 t/mn² en el otoño y 271,3 t/mn² en la primavera. Los registros históricos de los Índices de Densidad (ID) considerados en el período 9609 a 0002, han fluctuado entre 0,4 a 3.800,9 t/mn², siendo la anchoveta la especie que en términos generales presenta los mayores ID. El jurel ha presentado ID entre 8,9 y 683,4 t/mn²; la caballa ha variado entre 0,4 y 85,4 t/mn² y la sardina ha fluctuado entre 16,5 y 2.257,7 t/mn² (**Tabla 21**).

Los ID de anchoveta y jurel son comparables a los registrados en ocasiones anteriores pero son menores que los informados por Braun *et al.* (2000) para el período 1999-2000, situación inversa a la observada para la sardina y caballa, en que los ID son notoriamente mayores que la serie histórica.

Los bajos niveles en el IC y los relativamente altos del ID indican el grado de agregación de la especie, situación que es especialmente notoria en la sardina y en menor medida en la caballa.



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.

10. Estaciones costeras de vigilancia

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

La información de las estaciones fijas analizadas durante el período abril de 2000 a mayo de 2001, permite indicar que la zona costera del norte de Chile presentó durante el período indicado una condición normal. Esto situación de normalidad se deduce del análisis de los valores de salinidad, temperatura y oxígeno los que no presentaron valores que pudieran ser considerados de condiciones frías o cálidas para la zona, forzadas por perturbaciones de origen ecuatorial como aquellas registradas durante el año 1997, considerado como año El Niño para la zona norte de Chile.

Las variaciones de temperatura y salinidad observadas durante el período 2000-2001 se consideran propias de la variabilidad natural de la zona, producto de los cambios estacionales y de la variabilidad de la surgencia costera, la que a su vez es gobernada por el sistema de vientos de cada localidad.

La distribución temporal de temperatura con profundidad, en las estaciones de monitoreo mensual (**Fig. 94**) ubicadas frente a Arica, Iquique y Mejillones, presentó una gran variación en profundidad de las isotermas 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 observó a partir de mayo de 1997 en Arica e Iquique y en julio de 1997 en Antofagasta. La segunda y de magnitud muy superior, fue registrada entre diciembre de 1997 y enero de 1998 en las tres localidades de muestreo. Entre septiembre y octubre



de 1997 se pudo apreciar 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 en lo que respecta a 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 alcanzó su máximo en enero y febrero de 1999, decayendo lentamente hasta alcanzar valores menores de 17°C 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 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 del 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 de 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° y >15°C con una distribución similar en la columna de agua, mientras que en Iquique esta 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°, 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 en 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 en relación a 1999 presentaron una profundización menor en 10 m en la termoclina de Arica e Iquique. Este 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 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 de febrero-marzo. 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 la segunda se debe al levantamiento de las isotermas de 13 a 15°C, llegando esta última 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, registrándose en superficie una temperatura igual a 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 la 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, 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 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 apreció durante el otoño de 1999, año considerado como normal, sin embargo no se aprecia esta situación en el mes de mayo de 2000, pero si está presente durante el período febrero –marzo anterior.

La salinidad (**Fig. 95**) presentó 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 periodo septiembre a diciembre de 1999 los valores en Arica y en Iquique son característicos del agua Ecuatorial Subsuperficial y en Mejillones de Agua Subantártica. De diciembre de 1999 a mayo de 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 período. 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/LI 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. En 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 la 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 con particularmente 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 anteriores. En mayo, esta localidad presentó valores levemente superiores (>34,8 psu) , a los observados 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 periodo similar.



El contenido de oxígeno disuelto (OD) (**Fig. 96**) presentó una distribución un tanto similar que la observada en temperatura y salinidad, produciéndose entre diciembre 1997 y enero 1998 una profundización de las isolíneas producto de la presencia de agua subtropical de alto contenido de oxígeno y 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 salinidades comprendidas 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, los que estarían asociados a la intensificación estacional del viento y por lo tanto de la surgencia. En Mejillones en cambio, aparece un hundimiento de las isolíneas, lo que es consistente con lo observado en la salinidad. En el último período, diciembre de 1999 a mayo de 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, registrándose 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, lo que estuvo asociado 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 esta 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 luego 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 ultimo 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 µg/L, durante prácticamente todo el año.



10.2 Pigmentos Vegetales

La distribución de la biomasa fitoplanctónica, como clorofila total (clot), para todo el período considerado (**Fig. 97**), presentó una alta variabilidad especialmente en los meses de transición de un régimen cálido a otro frío, como lo fue el período comprendido entre mediados de 1997 hasta el invierno de 1998. Durante los primeros 5 meses de 1997, la clot estuvo en niveles típicos de sistemas oligotróficos en Arica y Mejillones, efecto de la presencia de masas de agua más cálidas y salinas en la zona típicas de la presencia de un evento cálido. Por el contrario, en este mismo período en la estación localizada en Iquique se observaron valores característicos de sistemas productivos (*i.e.* $>1 \mu\text{g/L}$), 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, detectándose en algunos momentos la presencia de núcleos esporádicos de concentraciones típicas de sistemas mesotróficos (*i.e.* $> 0,5 \mu\text{g/L}$) en general el ecosistema estuvo bajo condiciones de producción biológica deprimida.

Esta situación cambió entre enero y mayo de 1999, aunque en Arica e Iquique fue posible detectar condiciones oligotróficas, la estación de 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 clot se mantuvo en los ritmos normales para la época del año, es decir aumentos considerables de la clot a fines del otoño y durante la primavera y la correspondiente disminución hacia el verano.

La clot durante fines de 1998 y durante toda la extensión de los años 1999, 2000 hasta mayo de 2001, pueden ser caracterizadas como zonas productivas, es decir valores mayores de $1 \mu\text{g/L}$ entre la superficie y los 10 m. Con algunos episodios de alta producción por ejemplo durante el verano de 2000 en Mejillones e Iquique, con núcleos entre 5 a $10 \mu\text{g/L}$. En Arica en lo particular es posible observar como las mayores agregaciones, es decir mayores de 5 a $10 \mu\text{g/L}$ de clot se produjeron en los meses correspondientes al otoño y comienzos de la primavera, durante el verano tendieron a disminuir producto del aumento estival de la temperatura en la zona.



Durante el crucero de mayo de 2001 la situación es normal y dentro de lo esperado para este mes del año, con valores en el rango 1 a 2 $\mu\text{g/L}$ entre la superficie y los 10 m, en las tres estaciones de vigilancia oceanográfica.

10.3 Huevos y larvas de peces en estaciones costeras de monitoreo

10.3.1 Anchoqueta

En la localidad de Arica y para el período abril 2000 - abril 2001, los huevos de anchoqueta presentaron densidades que fluctuaron entre 478 y 185.850 huevos/10m² con una media en los 34.757, valores extremos que fueron registrados durante los meses de junio y diciembre de 2000, respectivamente. Por su parte las fases larvarias exhibieron abundancias mínimas y máximas iguales a 26 y 9.565 larvas/10m² en enero de 2001 y junio de 2000, con una media igual a 1368. Para los primeros meses del año 2001, ambas fases de desarrollo reportan tasas de cambio negativas con respecto a los mismos meses del año 2000 iguales a 29,5% y 23,2% (**Fig. 98**).

Para la estación costera de Arica y para el período mayo 1997 – abril 2001, las máximas abundancias de huevos de anchoqueta (>10.000 huevos/10m²), se han registrado en agosto, noviembre y diciembre de 1997, marzo de 1998, enero, mayo, agosto y octubre de 1999 y enero, febrero, marzo, septiembre, octubre y diciembre de 2000 y durante el primer trimestre de 2001, con densidades iguales a 26.987, 11.837, 159.189, 97.364, 10.025, 16.676, 17.624, 55.672, 279.165, 83.311, 24.851, 26.706, 66.156, 185.850, 23.249, 15.864 y 19.249 huevos/10m², respectivamente; exhibiendo las fases larvarias máximas (>10.000 larvas/10m²), en agosto de 1997, agosto de 1998, enero de 1999 y durante los meses de enero y febrero del 2000, con densidades iguales a 39.703, 68.472, 15.159, 15.696 y 16.185 especímenes, situación que es coherente con los picks de desove primario y secundario que presenta esta especie en la zona de estudio.

En Iquique, ambas fases de desarrollo han presentado densidades máximas en febrero de 2001, iguales a 76.146 huevos y 260 larvas, no registrándose presencia de huevos



durante los meses de febrero, marzo y desde mayo a octubre de 2000. Las fases larvarias se presentan de manera continua desde septiembre de 2000 a febrero de 2001 con densidades que no superaron las 260 larvas, no registrándose su presencia en marzo y abril de 2001.

Para el período mayo 1997 – abril 2001, en Iquique las máximas densidades para huevos de anchoveta (>10.000 huevos/ $10m^2$) se registraron en noviembre y diciembre de 1997 y febrero de 2001, con 16.906, 27.087 y 76.146 huevos/ $10m^2$, respectivamente; exhibiendo las larvas máximas en agosto de 1997 y enero de 1999 con densidades iguales a 32.482 y 14.921 larvas/ $10m^2$. Durante 1998, las larvas presentaron abundancias que fluctuaron entre 29 y 1.273 con una media en las 253 larvas y en 1999, y a excepción del mes de enero, las densidades larvarias fluctuaron entre 37 y 1.848 especímenes. Para el año 2000, ambas fases de desarrollo presentaron densidades máximas iguales a 4.660 y 3.650, respectivamente, no registrándose presencia de huevos durante los meses de febrero, marzo y desde mayo a octubre del 2000. Las fases larvarias se presentan casi de manera continua desde junio a diciembre del 2000, con densidades que no superaron las 750 larvas.

Durante el transcurso del año 2000 y principios de 2001, en la localidad de Mejillones hubo prácticamente cobertura temporal máxima a excepción de los meses de marzo, junio y octubre para el caso de los huevos y durante los meses de abril y diciembre, para las fases larvarias, donde no se determinó presencia de estadios tempranos de anchoveta.

En Mejillones, se presenta prácticamente un registro continuo para ambos estadios de desarrollo desde mayo de 1997 a marzo de 1998, para ausentarse durante el 2° trimestre de 1998 y aparecer nuevamente desde julio a octubre. Los meses de noviembre y diciembre de 1998, se consignan como meses sin muestreo y para los tres primeros meses de 1999 se determinan nuevamente registros positivos para ambas fases del desarrollo, principalmente larvas las cuales exhibieron abundancias que fluctuaron entre 31 y 3.991, correspondiendo ambos valores extremos a los meses de julio y febrero de 1999, registrándose en diciembre una densidad de 2.427 larvas y de 19.007 huevos de esta especie.



Para el período mayo 1997 – abril 2001, en Mejillones las máximas densidades para huevos de anchoveta (>10.000 huevos/ 10m^2) se registraron en julio de 1997, febrero de 1998, diciembre de 1999 y septiembre de 2000, con 53.734, 13.237, 19.007 y 26.305 huevos/ 10m^2 , respectivamente; exhibiendo las larvas sólo un máximo en mayo de 2000, con 12.995 larvas/ 10m^2 .

10.3.2 Sardina

Durante los primeros cuatro meses del año 2001 no hubo registros positivos a huevos y larvas de sardina en las estaciones costeras de Arica y Mejillones, consignándose en el puerto de Iquique sólo presencia de huevos de esta especie en marzo de 2001 (**Fig. 99**).

En la localidad de Arica, la presencia de huevos y larvas de sardina se hace más frecuente a partir del 2° trimestre de 1998, con densidades que fluctuaron entre 41 para el mes de junio y 4.279 huevos/ 10m^2 en julio. Las fases larvarias presentaron abundancias comprendidas entre 39 y 85 larvas/ 10m^2 , presentándose durante el año 1999 en los meses de enero, febrero, marzo, mayo y diciembre donde se reporta la mayor de las abundancias (1.485 larvas / 10m^2) para el período mayo 1997 – abril de 2001.

En Iquique, la presencia de huevos y larvas de esta especie sólo se consigna desde julio de 1997 a febrero de 1998 en Iquique, observándose en general ausencia de estas fases de desarrollo entre los meses de marzo a diciembre de 1998. Durante el transcurso de los años 1999, 2000 e inicios de 2001, la presencia de huevos se circunscribe sólo a 4 meses presentándose las larvas solo en diciembre de 1999, no existiendo hasta la fecha registros positivos para esta fase de desarrollo. Con respecto a sus niveles de abundancia estos se han presentado bajos fluctuando entre 21 y 640 para los huevos y entre 28 y 473 para las fases larvarias.

En la estación costera de Mejillones, los valores de abundancia de huevos y larvas son extremadamente bajos con sólo 4 registros positivos a ambas fases de desarrollo, con densidades que fluctuaron entre 35 y 584 huevos y 20 y 173 larvas/ 10m^2 .



10.3.3 Jurel

La ausencia total de larvas y la presencia casi virtual de huevos de jurel en las tres localidades de muestreo, nos señala que el desove de esta especie, no se verifica en la zona costera presentando este un carácter oceánico (**Fig. 100**).

Durante el año 2000 y primeros meses de 2001, no hubo registros positivos a larvas determinándose la presencia de huevos en bajas densidades en la localidad de Mejillones en diciembre de 2000 (26 huevos/10m²).

Los valores aislados de huevos frente a las localidades de Arica e Iquique en los meses de octubre y diciembre de 1998, agosto de 1999 y diciembre de 1997, respectivamente, nos indica el inicio del período de actividad reproductiva, de esta especie para la zona norte y que de acuerdo a los antecedentes históricos, se presentaría durante los meses de noviembre y diciembre.

10.3.4 Caballa

Durante los primeros cuatro meses del año 2001, no hubo registros positivos a huevos y larvas de esta especie, situación que se ha mantenido desde abril de 1999 a la fecha, en las tres estaciones costeras de vigilancia (**Fig. 101**).

10.3.5 Biomasa zooplanctónica en estaciones costeras de monitoreo

Durante el último trimestre del año 2000 y primeros meses de 2001, los valores más bajos se presentaron en el mes de noviembre y las más altas biomásas fueron detectadas en enero, febrero y marzo especialmente en la localidad de Iquique, asociadas a una alta biomasa fitoplanctónica característica del período estival y ciclo anual del fitoplancton (**Fig. 102**).



Para la localidad de Arica se presentó una tendencia general a valores bajos de biomasa zooplanctónica para el período mayo 1997 - abril 2001, situación que tiende a revertirse a partir del mes de agosto de 1998. Durante el primer trimestre de 1999 se registraron biomazas mayores respecto a las estimadas durante el mismo período de 1998, debido a que durante este trimestre la presencia del fenómeno de El Niño 1997/1998 en la zona de estudio presentó su máxima expresión. A partir de octubre de 1999 la biomasa presentó una tendencia alcista en sus valores, reportándose en diciembre de este año el estimado más alto del período de estudio.

En Iquique en cambio las biomazas exhibieron una tendencia a incrementarse a través del tiempo, situación que se observó hasta febrero de 2000, para luego fluctuar entre 54 y 599 ml de zooplancton/1000m³ de agua filtrada. Con respecto a la estimación de la biomasa para los cuatro primeros meses de 2001, se puede señalar que estos valores son inferiores respecto a los estimados para los mismos meses del año 2000, a excepción de los muestreos realizados durante marzo y abril.

Finalmente la localidad de Mejillones presentó máximos que se registraron en septiembre de 1998 y 1999 y mayo de 2000, para luego presentar biomazas que no superaron los 295 ml/zooplancton.

E. Objetivo adicional N° 3.1

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

11. Composición y abundancia estacional del zooplancton

El análisis de la composición y abundancia del zooplancton muestra la presencia de 17, grupos zooplanctónicos en otoño, 16 en invierno, 16 en primavera de 2000 y 17 en el verano de 2001, con abundancias globales para la zona de estudio iguales a 28.294.422, 11.599.918, 20.148.155 y 39.499.735 individuos/1000m³, respectivamente (**Tabla 22**).



11.1 Otoño 2000

En otoño de 2000, el plancton estuvo dominado principalmente por copépodos con una dominancia de 90,22%, seguido por quetognatos y larvas de apendicularias, grupos que presentaron porcentajes de dominancia radicalmente bajos respecto a los copépodos, le siguen en importancia los poliquetos y los eufáusidos, exhibiendo los estomatópodos el valor más bajo de dominancia (0,02%).

El grupo de los copépodos es el más abundante, al totalizar 25.526.164 individuos/1000m³, los cuales estuvieron presentes en todas las estaciones con abundancias que fluctuaron entre 11.208 y 1.598.096 y un promedio general para la zona de estudio de 432.647 (**Tabla 23**).

Con respecto a su distribución, las mayores densidades de copépodos (>1.000.000 individuos/1000m³) se ubicaron a 40 y 100 mn al oeste de Punta Copaca, a 1 mn frente a Punta Lobos y a 1 y 20 mn frente a Punta Junín (**Fig. 103 a**).

Los quetognatos fueron el segundo grupo de importancia cuantitativa, su densidad alcanzó a 971.350 individuos/1000m³, lo que equivale a una dominancia de 3,43% respecto del total (**Tabla 23**), con una frecuencia de ocurrencia igual a 98,31% y con valores de densidad mínimos y máximos de 856 y 90.143.

Su distribución se caracterizó por presentar abundancias comprendidas dentro de la categoría > 11.374 individuos (53%) entre Punta Tres Picos y Punta Copaca, la cual es interrumpida por densidades más bajas entre Punta Lobos y la zona costera de Pisagua, observándose nuevamente abundancias altas al oeste de Pisagua y Arica, destacando el foco de abundancia ubicado a 70 mn de Punta Junín con más de 90.000 individuos (**Fig. 104 a**).



Dentro de los cordados, las apendicularias se constituyeron en el grupo más importante y a nivel general ocupó el tercer lugar presentando una frecuencia de ocurrencia igual a la presentada por los quetognatos, es decir, 98,31% y una abundancia total de 417.321 individuos, exhibiendo valores extremos de 352 y 38.429 y un promedio por estación de 7.195 individuos/1000m³.

La zona de estudio se encontró dominada por densidades de apendicularias categorizadas dentro de los rangos 1387- 4243 y 4244 – 11373 individuos, concentrando al 28,8% y 27,2% de los organismos, respectivamente. Las mayores abundancias (> 30.000 individuos) se detectaron a 40, 20 y 10 mn al oeste de Punta Copaca, siendo también cuantitativamente importantes las densidades registradas a 20 y 40 mn frente a Punta Junín con más de 22.000 apendicularias/1000m³ (**Fig. 103 c**).

La abundancia y distribución de otros grupos tales como, eufáusidos, ostrácodos, larvas de decápodos y anfípodos se muestra en la **figura 105**.

11.2 Invierno 2000

En invierno de 2000, el plancton de la zona de estudio vuelve a estar dominado por copépodos con una dominancia de 92,43%, seguido por los ostrácodos y eufáusidos, grupos que presentaron porcentajes de dominancia iguales a 2,01% y 1,76% . Con respecto a otoño del 2000, se aprecia una drástica disminución de un 59% en la abundancia del zooplancton. El resto de los grupos determinados presentaron porcentajes de dominancia que fluctuaron entre 0,02 para los estomatópodos y 0,94 en los quetognatos (**Tabla 22**).

Los copépodos mostraron una frecuencia de ocurrencia de 100% al igual que los eufáusidos, ostrácodos, larvas de decápodos, quetognatos, poliquetos, pterópodos, apendicularias y larvas de cifonauta. Su densidad total alcanzó los 10.722.239 copépodos/1000 m³, con valores mínimos y máximos de 15.777 y 688.914 individuos.



Respecto a su distribución, todas las estaciones exhibieron abundancias superiores a 11.374 organismos (**Fig. 106 a**).

Para la estación de invierno los ostrácodos se constituyen en el segundo de mayor importancia cuantitativa reuniendo un total de 232.748 ostrácodos, fluctuando sus abundancias entre 1.303 y 11.908, con un promedio por estación de 4.952 individuos.

Su distribución se caracterizó por presentar abundancias comprendidas dentro de las categorías de densidad 4.244 – 11.373 y 1.387 – 4.243 agrupando al 51,1% y 44,7%, respectivamente, registrándose la máxima de las abundancias (> 11.000 individuos) a 40 mn al oeste de Punta Lobos y la mínima a 40 mn frente a Bahía Moreno (**Fig. 107 b**).

Los eufáusidos ocuparon el tercer lugar en importancia cuantitativa, presentando una abundancia total de 204.714 individuos, exhibiendo valores extremos de 617 y 20.879 y un promedio general por estación de 4.356 individuos/10m³.

La zona de estudio se encontró dominada por densidades de eufáusidos categorizadas dentro del rango 1387- 4243 individuos , concentrando al 53,2% de ellos. (**Fig. 107 a**).

Con respecto a la distribución y abundancia de los otros grupos constituyentes del zooplancton en la **figura 108 a** se aprecia que las máximas densidades de quetognatos para el invierno de 2000 fueron registradas frente a Bahía Moreno con abundancias que superaron los 13.600 individuos. De la misma manera, la máxima densidad de poliquetos se observó frente a Arica con abundancias iguales a 16.175 poliquetos/1000m³ (**Fig. 108 b**).

11.3 Primavera 2000

Durante el crucero de primavera del 2000, los niveles de abundancia del zooplancton se incrementan presentando con respecto al invierno precedente una tasa de cambio del orden de 73,6%, exhibiendo una disminución con respecto al crucero de mayo igual a 28,8%. El grupo de los copépodos continua siendo el dominante con un porcentaje de



dominancia igual a 96,5%, le sigue en importancia el grupo de los ostrácodos con un 1,30%. El resto de los grupos presentó una dominancia que fluctuó entre 0,01% para los estomatópodos y 0,43% para los radiolarios (**Tabla 22**).

Al igual que en los cruceros de otoño e invierno de 2000, los copépodos fueron el grupo de mayor importancia cuantitativa con una dominancia igual a 96,5%, alcanzando su densidad a 19.442.576 individuos con mínimos y máximos de 68.761 y 1.259.913 copépodos/10m³ y un promedio por estación de 413.672. Las mayores abundancias (> 1.000.000 de organismos) se detectaron a 1mn frente a Bahía Moreno, a 5 mn al oeste de Punta Copaca y a 1mn frente al puerto de Arica, importando en conjunto al total de copépodos censados el 18,9%, presentando una cobertura latitudinal y longitudinal máxima (**Fig. 109 a**).

En primavera de 2000 y al igual que en invierno, los ostrácodos son el segundo grupo de mayor importancia cuantitativa reuniendo un total de 261.655 especímenes, con abundancias que variaron 1.651 y 24.619, con un promedio general por estación de 5.947 individuos.

Su distribución se caracterizó por presentar abundancias comprendidas dentro de las categorías de densidad 4.244 – 11.373 y 1.387 – 4.243 agrupando al 53,2% y 34%, respectivamente, registrándose las máximas abundancias (> 11.000 individuos) a 1 mn al oeste de Bahía Moreno y Punta Copaca y, a 100 mn frente al sur de Arica (**Fig. 110 b**).

La abundancia y distribución de otros grupos tales como, quetognatos, poliquetos, pterópodos y salpas se muestra en la **figura 111**.

11.4 Verano 2001

Finalmente en el verano de 2001, se consignan las más altas abundancias de zooplancton del período de estudio, las que presentaron con respecto a los cruceros precedentes tasas



de cambio iguales a 39,6%, 240% y 96% para las estaciones de otoño, invierno y primavera de 2000, respectivamente.

Nuevamente el plancton estuvo dominado mayoritariamente por los copépodos con una dominancia de 90,05%, seguido por quetognatos, poliquetos, apendicularias y larvas de cifonauta, grupos que presentaron porcentajes de dominancia muy bajos respecto a los copépodos, exhibiendo los radiolarios el valor más bajo de dominancia (0,01%) (**Tabla 22**).

En verano de 2001, los copépodos son el grupo es el más abundante al reunir una abundancia de 35.568.971 individuos/10m³, lo que representó un 90% de la densidad total. Estuvo presente en todas las estaciones con valores de densidad mínima de 67.242 y máxima de 2.819.660, y un promedio general de 756.787 (**Tabla 23**).

Las mayores densidades de copépodos (> 2.000.000 especímenes) se ubicaron a 1 5 mn frente a las localidades de Punta Copaca y Punta Lobos y a 1 mn al oeste de Punta Junín y Arica (**Fig. 112 a**), siendo el único grupo que presentó un 100% de constancia (**Tabla 22**).

Los quetognatos representan el segundo grupo de importancia cuantitativa, su densidad alcanzó a 1.156.523 quetognatos/1000m³, lo que equivale a una dominancia de 2,93% respecto del total, con una frecuencia de ocurrencia igual a 89,36% y con densidades mínimas y máximas de 500 y 77.956 (**Tablas 22 y 23**). Solo estuvieron ausentes en 5 de las 47 estaciones realizadas, concentrándose mayoritariamente en el rango de densidad > 11.374 individuos, donde se concentró más del 70% de los quetognatos censados durante la prospección (**Fig. 113 a**).

Espacialmente se observaron las más altas densidades de poliquetos en el sector costero entre Antofagasta y Punta Junín. Hacia el área oceánica las abundancias fluctuaron entre las categorías comprendidas dentro de los rangos 4.244 -11.373, 1.387 – 4.243 y 368 – 1.386, las que representaron el 28%, 25,5% y 19,1% del total, respectivamente (**Fig. 113 b**).



La abundancia y distribución de los otros grupos tales como, apendicularias, larvas de cifonautas etc., se muestra en las **figuras 112 c y 114**.

La comparación de los cruceros estacionales, reveló un incremento paulatino a través del tiempo de los niveles de abundancia de los organismos zooplanctónicos, siendo máxima su abundancia en la estación de verano, lo que se correspondería con el período de gran actividad fitoplanctónica que normalmente cubre el período octubre – abril (Avaria *et al.*, 1988).

11.5 Análisis estacional y mensual de los grupos zooplanctónicos en las estaciones fijas de monitoreo.

- **Mejillones**

En general un total de 16 grupos zooplanctónicos fueron identificados en la localidad de Mejillones a lo largo del período de estudio, siendo los grupos mayormente dominantes en términos de su abundancia numérica los copépodos, larvas de cifonautas, poliquetos y apendicularias, presentando porcentajes de dominancia de 95,5%, 0,90%, 0,73% y 0,86% respectivamente. Los restantes grupos exhibieron porcentajes de dominancia menores fluctuantes entre 0,01 – 0,40% (**Tabla 24**).

Los grupos más constantes a lo largo del período de muestreo mensual fueron en primer lugar los quetognatos y apendicularias, observándose éstos en el transcurso de todos los meses (100%); con igual porcentaje de ocurrencia (92,9%) estuvieron los copépodos, larvas decápodos y poliquetos, contrariamente el grupo menos frecuente correspondió a los radiolarios con solo un 7,1%.

La frecuencia porcentual exhibida por algunos grupos, permitió clasificarlos como grupos dominantes, mostrando porcentajes de ocurrencia en el área de 92,9 – 71,4%, con valores más bajos se clasificó a los grupos en la categoría de accesorios y accidentales (**Tabla 25**).



Abril 2000

Durante este período se identificó un total de 10 taxas, con una abundancia total de 336.029 individuos/1000 m³, con valores extremos fluctuantes entre 659 – 302.426 y con un promedio de 33.603. La abundancia mayor se observó en los copépodos, seguidos de las apendicularias con 15.154 individuos/1000 m³ y 7.248 quetognatos. Las densidades más bajas se detectaron en tres grupos, los que mostraron iguales valores numéricos (659 individuos/1000 m³) (**Tabla 26**).

Mayo 2000

A pesar que durante el mes de mayo el número de taxas encontradas aumentó en uno respecto del mes anterior, la abundancia numérica registrada fue la más importante de todos los meses analizados, debido al gran aporte numérico exhibido por los copépodos, eufáusidos y apendicularias. Particularmente se concentraron en valores de 12.899.451, 19.596 y 44.790 respectivamente. El aporte general de todos los grupos para este mes fue de 13.033.820, el mínimo alcanzó a 2.799 individuos, cifra que se detectó tanto para los sifonóforos como para los doliólidos (**Tabla 26**).

Junio 2000

Durante este mes se colectó un total de 253.625 individuos/1000 m³, los valores extremos estuvieron dentro del rango de 231.602 – 367 y el promedio por estación fue de 31.703. Correspondió al mes con la menor diversidad específica, detectándose solo 8 grupos zooplanctónicos. El aporte más significativo al período lo dieron los copépodos con un 91,32% de la abundancia total, la contribución porcentual de los restantes grupos estuvo por sobre el 0,14% y por debajo del 2,75% (**Tabla 27**).

Julio 2000

Corresponde al segundo mes donde se detectó una de las menores diversidades zooplanctónicas, identificándose un total de 9 taxas, las que conglomeraron en conjunto a



471.410 zooplancteres/1000 m³. Los copépodos continúan siendo numéricamente el grupo predominante, con una densidad de 447.611 individuos. Las medusas, poliquetos, apendicularias y larvas de cifonautas compartieron el mismo porcentaje de abundancia relativa de solo 0,19%, lo que equivale a 915 individuos en cada caso, siendo este el valor más bajo para este mes (**Tabla 26 y 27**).

Agosto 2000

El registro más bajo en la densidad zooplanctónica se detectó durante el mes de agosto con un total de 75.744 individuos/1000 m³, los valores que exhibieron los distintos grupos variaron desde 757 a 19.693, correspondiendo ambos valores extremos a los estomatópodos junto con los sifonóforos y las apendicularias, las que en forma individual aportaron con el 26% de la abundancia relativa. El valor promedio por estación fue de 6.312 individuos. El número de taxas aumentó durante este mes en dos respecto del mes anterior (**Tabla 26**).

Septiembre 2000

Durante este período invernal, la densidad de los organismos en el plancton fue la segunda más baja después de agosto respecto de los 14 períodos mensuales analizados, denotando una abundancia total de 118.495 zooplancteres/1000 m³. La presencia de 13 grupos zooplanctónicos se detectó en la zona costera de Mejillones en septiembre del 2000, estando ausentes solo los doliólidos y radiolarios. Las densidades extremas estuvieron determinadas por los copépodos con 85.598, los que aportan con el 72,24% de la abundancia y por los estomatópodos con 336 aportando con solo el 0,28% y al igual que el mes de agosto, este grupo fue uno de los menos abundantes.

Octubre 2000

De las 11 taxas presentes durante este mes, las más importantes en términos de la densidad numérica fueron los copépodos y las larvas de cifonautas, las que aportaron con el 89,96 y 3,91% de la abundancia relativa, respectivamente: Contrariamente las



densidades mínimas estuvieron dadas por las medusas, sifonóforos y pterópodos, quienes aportaron con igual porcentaje de abundancia (0,28%). La densidad global exhibida por el conjunto de taxas fue de 584.843 y el promedio de individuos en la estación fue de 53.168 (**Tabla 26**).

Noviembre 2000

Un total de 15 taxas se identificaron durante este mes, correspondiendo al máximo observado de las series mensuales analizadas, ausentándose solo el grupo de los radiolarios. Estas agruparon conjuntamente un valor de 533.520 individuos, de los que en forma particular destacan por su mayor dominancia numérica los copépodos y larvas de cifonautas, con porcentajes de abundancia de 81,9% y 4,29 %, respectivamente. A su vez, el valor mínimo observado estuvo compartido entre los eufáusidos, anfípodos y estomatópodos con un total de 1.040 organismos, lo que corresponde al 0,19% de la densidad relativa (**Tabla 27**).

Diciembre 2000

Durante este mes se observó una de las abundancias más significativas de todos los meses analizados, siendo superada solo por los meses de mayo de 2000 y 2001, constatándose una densidad de individuos de 1.497.455, aportando los copépodos con el porcentaje mayor de organismos los que superaron el 92%, porcentaje que corresponde numéricamente a 1.387.910 copépodos/1000 m³. Se observó un porcentaje de cambio en la densidad respecto del mes de noviembre de un 181%. El valor mínimo fue de 2.067 y se detectó en los sifonóforos, doliólidos y radiolarios, grupos que entregaron un aporte porcentual de 0,14% a la biomasa total (**Tabla 26 y 27**).

Enero 2001

Una considerable disminución respecto al mes anterior se detectó durante enero de 2001, agrupándose este mes una densidad de 350.158 individuos. Los valores extremos observados fluctuaron entre 296.744 y 848, correspondiendo ambos a lo aportado por los



copépodos y eufáusidos, lo que equivale a un 84,75% y 0,24 % de la abundancia total en cada caso.

Febrero 2001

Las 11 taxas identificadas agruparon una totalidad de 126.621 zooplancteres en la estación fija de Mejillones, determinándose máximos y mínimos de 68.389 y 339 y un promedio en la estación de 11.511. Destaca durante este mes la dominancia numérica del grupo de los poliquetos, los que superaron a los copépodos en más del 15%, situación que se presenta por primera vez. Los poliquetos aportaron a la densidad total con el 54,01%, en tanto los copépodos con el 38,77%. Cuatro grupos compartieron iguales porcentajes de abundancia (0,53%), siendo esta la más baja registrada para este mes, siendo estos los eufáusidos, larvas de decápodos, medusas y pterópodos (**Tabla 27**).

Marzo 2001

Durante este mes, se detectó un aumento de 151% en la abundancia zooplanctónica respecto de febrero, con un total de 318.263 organismos, caracterizándose por la mayor presencia de copépodos, quienes en forma particular aportaron a la densidad total con el 90,43%, la segunda mayor dominancia fue dada por los poliquetos con un dominio en la estación del 3,80%. El promedio para la estación fija fue de 28.933. Los grupos identificados en este período corresponden a los mismos observados en febrero.

Abril 2001

En abril se detectó una tasa de cambio de un 278% respecto del mes anterior, siendo la abundancia de este mes la cuarta más importante de los 14 meses analizados, alcanzando un total de 1.203.147 zooplancteres. El grupo que entrega el mayor aporte a la densidad total corresponde a los copépodos, quienes se concentraron con un total de 1.171.217, lo que en términos porcentuales equivale a un 97,35% de la densidad, los restantes grupos se concentraron en densidades fluctuantes entre 679 – 8.832



correspondiendo ambos valores a los exhibidos por las medusas conjuntamente con los quetognatos y las larvas de cifonautas respectivamente.

La densidad total de este mes superó significativamente a aquella observada en abril de 2000, produciéndose una tasa de cambio respecto a ese año de 258%, a su vez la presencia de los grupos aumentó en uno, nueve de ellos se mantuvieron en el tiempo, y cuatro no se presentaron en ninguno de los dos años, estos fueron los estomatópodos, salpas, doliólidos y radiolarios y tres de ellos se presentaron en uno u otro período. Los valores mínimos observados en ambos años fueron similares, detectándose al grupo de las medusas como uno de los que aportaron con las densidades más bajas durante el 2000 y 2001 (**Tabla 26**).

Mayo 2001

Los valores de la abundancia numérica durante este mes exhibieron un aumento respecto del mes de abril, encontrándose un total de 1.780.684 zooplancteres/1000m³, siendo el único período con la máxima presencia de grupos zooplanctónicos. Los individuos se conglomeraron en focos cuyas concentraciones fluctuaron entre 994 – 1.635.525, con un promedio general de 127.192 (Tabla 24).

Los copepodos, apendicularias y larvas de cifonautas fueron los grupos de mayor presencia numérica, revelando porcentajes de dominancia de 91,85, 2,35 y 1,73% respectivamente. Los restantes grupos exhibieron porcentajes entre 0,06 – 0,67.

• Iquique

Un total de 16 taxas fueron identificadas en la estación fija de Iquique, estación en la cual hubo una predominancia notoria del grupo de los copépodos y apendicularias, los que mostraron porcentajes de ocurrencia de 100%, 12 grupos fueron clasificados también como dominantes, pero con porcentajes menores, fluctuando entre 57,1% y 92,9%. La presencia de los restantes individuos por debajo de un 50% de ocurrencia se los clasifica como grupos accesorios y accidentales.



En términos de la dominancia numérica, se clasificaron como grupos dominantes sólo a los copépodos (89,23%), que por sus altos niveles de densidad superan significativamente a los restantes zooplancteres. Los valores porcentuales en la dominancia de los demás ítems se concentró entre 0,04 y 2,63% clasificándose como grupos accidentales y accesorios, correspondiendo ambos valores a los anfípodos y apendicularias respectivamente (**Tabla 25**).

Abril 2000

En la estación fija de Iquique, el total de grupos identificados fue de 9, los que se concentraron en una densidad de 476.589 zooplancteres/1000 m³, presentándose en abundancias que fluctuaron entre 723 y 412.224 individuos. La máxima la presentaron los copépodos, que en términos porcentuales comprometen al 86,49% de la abundancia total (**Tabla 26**).

Mayo 2000

La composición específica durante este mes aumentó a 13 respecto de abril, de la misma manera se observó un aumento considerable en la abundancia numérica, la que tuvo un aumento de un 235% respecto al mes anterior y se ubica como la tercera más importante de los 14 períodos mensuales analizados, sin embargo, esta gran densidad es atribuida al aporte numérico de los copépodos, quienes se agruparon en un número de 1.538.568, representando el 96,30% del aporte total del área, contrariamente la menor representatividad la tuvieron los anfípodos con un 0,01% (**Tabla 27**).

Junio 2000

Una tasa de cambio de -29,3% se observó en la densidad de junio respecto de mayo, continúan siendo los copépodos el grupo predominante, con el mayor aporte a la biomasa zooplanctónica, concentrándose estos en un 96,94%, un segundo grupo que sobresale del resto son las apendicularias, las que se agruparon en densidades de 21.010, en tanto los restantes 8 grupos mostraron valores bastante bajos entre 44 a 6.303.



Julio 2000

En julio se detectó la menor diversidad de grupos zooplanctónicos y la tercera biomasa más baja de todos los períodos mensuales, alcanzando a congregarse un total de 372.092 individuos/1000 m³, denotando una baja importante respecto del mes precedente, de -67%. Los copépodos aportaron con el 95,95% de la densidad total de la estación, un mínimo de 368 organismos fueron analizados durante este mes, correspondiendo a los ostrácodos, sifonóforos y poliquetos (**Tabla 27**).

Agosto 2000

La densidad para este mes alcanzó a 539.849 individuos/1000 m³, con fluctuaciones extremas entre 194 y 505.051 individuos, aportando con ambos valores respectivos los estomatópodos y copépodos. Todos los grupos presentes mostraron aumentos de densidad respecto del mes anterior. Tanto los eufáusidos como los quetognatos presentaron abundancias mayores al resto, cuya abundancia numérica correspondió a 7.387 y 12.830 individuos en cada caso.

Septiembre 2000

El aporte global de individuos para este mes fue de 305.698/1000 m³, los que se agruparon en 11 grupos, correspondiendo al segundo valor más bajo de las series mensuales analizadas, y de los cuales destacaron numéricamente los copépodos con un 87,97% de dominancia numérica, los restantes grupos se concentraron en abundancias bastante bajas fluctuantes entre 51 y 10.658.

Octubre 2000

Durante este mes se detectó la mayor diversidad de taxas, alcanzando a un total de 16, las que conjuntamente reunieron una abundancia de 403.189, cifra 32% mayor al mes anterior. La dominancia alcanzada por los copépodos se vió aumentada en un 19,3% respecto del mes de septiembre., Importante también fue la tasa de cambio exhibida por



las apendicularias, que respecto del mes precedente aumentaron en un 174 %, en tanto las larvas de cifonautas reaparecieron este mes con una densidad de 32.088, los restantes grupos se concentraron entre 43 y 6.827, con un promedio en la estación de 79.253 (**Tabla 26**).

Noviembre 2000

Un leve aumento en la densidad se observó durante este mes, totalizando 462.676 zooplancteres/1000 m³, fluctuando entre 57 y 302.755 individuos, valores extremos que estuvieron determinados por los estomatópodos y copépodos respectivamente, los que representaron porcentajes de dominancia de 65,44% y 0,01% para cada caso. Los grupos ausentes durante el mes fueron los doliólidos y radiolarios.

Diciembre 2000

En este mes se observó nuevamente un aumento en los niveles de abundancia en comparación al mes anterior, con una tasa de cambio de 18,3%. Los dos grupos más abundantes también exhibieron porcentajes de cambio positivos como lo fueron los copépodos y poliquetos, con densidades de 484.886 y 24.702 respectivamente, representando porcentajes de dominancia de 88,56% y 4,51%. El grupo menos representativo en la estación fija de Iquique correspondió a las larvas de decápodos, las que solo agruparon un total de 400 individuos/1000 m³ (**Tabla 27**).

Enero 2001

El cambio positivo de la densidad durante este mes estival se reflejó en un porcentaje de 15,3%, mes en el cual se identificaron 12 taxas, las que aportaron en conjunto una densidad de 631.345 zooplancteres/1000 m³. Los grupos que mayormente aportaron a la densidad global fueron principalmente los copépodos con un 94,22% y en menor grado los poliquetos con un 1,63% de dominancia (**Tabla 27**).



Febrero 2001

Durante este mes se registró la cuarta mayor abundancia zooplanctónica, la que alcanzó a un total de 868.517 organismos/1000 m³, aumentando los niveles de densidad respecto de enero en un 38%. Un total de 758.707 copépodos fueron identificados, representando estos al 87,36% de la dominancia de la localidad, un aporte importante a la biomasa total tuvieron los poliquetos con 72.461 individuos, 8,34% de la dominancia total. Las densidades globales de los restantes ítems fluctuaron entre los 160 y 13.640 zooplancteres.

Marzo 2001

Hacia finales del período estival, se produjo una considerable baja en los niveles de abundancia, siendo esta la más baja de los 14 meses analizados, llegando a concentrar una cifra de tan solo 177.660 organismos, producto de lo cual se observó el menor promedio de zooplancteres para la localidad de Iquique, promedio que alcanzó a solo 17.766. Los organismos se concentraron en valores que fluctuaron entre 1.880 y 117.500 organismos, valores que fueron exhibidos por los eufáusidos y copépodos respectivamente.

Abril 2001

En este mes se observó una recuperación de los niveles de abundancia, con tasas de cambio de 210%, once ítems se identificaron durante abril, con una densidad igual a 552.404 individuos/1000 m³. Prácticamente se determinaron los mismos grupos del mes anterior, exceptuando a las larvas de cifonautas, quienes se mantuvieron ausentes desde febrero de 2001. Los copépodos aportaron con el 80,09% de la dominancia para la estación fija y los quetognatos con el 13,98% (**Tabla 27**).

Mayo 2001

La densidad de individuos exhibida durante el mes de mayo fue la mayor de los 14 períodos mensuales analizados, con un total de 2.579.362, revelando una tasa de cambio



respecto de abril de 366,9%. Los organismos en general se concentraron en valores extremos entre 3.929 – 2.298.442. El grupo ampliamente dominante correspondió a los copépodos, cuyo porcentaje de dominancia fue de 89,11%. Las apendicularias revelaron una densidad importante en comparación al resto de los zooplancteres, con una abundancia total de 153.229, correspondiendo al 5,94% de la dominancia para la estación (Tabla 24 y 25).

- **Arica**

Para la estación fija de Arica se determinó la presencia de 17 grupos zooplanctónicos, los que en forma global contribuyeron con un total de 9.382.377 individuos/1000 m³. De acuerdo a los porcentajes de la frecuencia de ocurrencia, se clasificó dentro de la categoría de dominantes a 12 de estos grupos, los que presentaron valores comprendidos dentro del rango de 71,4% a 100%. Los grupos accesorios y accidentales fueron 5 y su presencia en la estación de Arica reveló un porcentaje que fluctuó entre 7,1% y 50% (Tabla 24).

En términos de la abundancia numérica el ítem ampliamente dominante fue el de los copépodos, con una densidad de 93,40%, los restantes 16 grupos por sus bajos porcentajes de abundancia fueron categorizados como accidentales, con valores fluctuantes entre 0,02% y 1,51% (Tabla 25).

Abril 2000

La presencia de 10 grupos zooplanctónicos durante este mes, determinó la existencia numérica de 1.562.777 zooplancteres/1000 m³, los que se distribuyeron en concentraciones variables entre 1.126 y 1.525.622 individuos, con un promedio general para esta localidad de 156.278. El mayor aporte a la densidad total fue dada por los copépodos, quienes presentaron una dominancia de 97,62%. El grupo menos frecuente correspondió a los ctenóforos, quienes solo se presentaron en forma accidental en la estación, con un



porcentaje de ocurrencia y de dominancia numérica de 7,7% y 0,03%, respectivamente **(Tabla 27)**.

Mayo 2000

La abundancia zooplanctónica mostró durante este mes una leve disminución respecto del mes de abril, sin embargo, se constituyó en el tercer registro más importante en la densidad después de abril de 2000 y mayo 2001, denotando una concentración total de organismos de 1.249.786, densidad de la cual los copépodos contribuyen con el 95,14%. Los restantes zooplancteres se encontraron en densidades que fluctuaron entre 486 y 26.240, correspondiendo ambos valores a los pterópodos y apendicularias, respectivamente.

Junio 2000

La abundancia zooplanctónica durante este mes revela una nueva disminución respecto a mayo, llegando a concentrarse en esta oportunidad un total de 969.863 individuos/1000 m³, exhibiendo valores extremos iguales a 1.636 y 892.994, los que corresponden particularmente a los eufáusidos, ostrácodos y copépodos, respectivamente. Las apendicularias al igual que el mes anterior se constituyeron en el segundo grupo de mayor densidad, con un aporte para la estación de 3,63% **(Tabla 27)**.

Julio 2000

En julio la tasa de cambio en la densidad total, respecto a junio fue de -14,4%, llegando a reunirse un total de 830.344 zooplancteres en esta localidad, contribuyendo con el 93,05% de la dominancia los copépodos y 2,37% las apendicularias, grupos que continúan siendo los de mayor aporte numérico. Las medusas y salpas aparecen por primera vez en la estación fija de Arica.



Agosto 2000

Durante este mes el cambio en la abundancia numérica fue más notorio, concentrándose un total de 380.183 organismos, con valores fluctuantes entre 410 y 356.114 individuos y un promedio general para la estación de 29.245. Todos los grupos en forma general exhibieron porcentajes de cambio negativos respecto a julio, siendo los copépodos los de mayor aporte, con un 93,67%, las apendicularias continúan siendo el segundo grupo de mayor densidad, decreciendo, sin embargo, significativamente a un 1,56% respecto de julio (**Tabla 26**).

Septiembre 2000

La paulatina disminución de la densidad zooplanctónica queda de manifiesto también durante este mes, la que alcanza a 345.153 zooplancteres, distribuidos en niveles de concentración entre 410 y 325.886 individuos, con un promedio para la estación igual a 28.763. Los copépodos continúan siendo el grupo dominante, con un 94,42% de la dominancia global, mientras que las larvas de decápodos desplazan a las apendicularias, siendo éstas, las que esta vez se ubican en el segundo lugar, con una abundancia de 4.099 larvas/1000 m³, mientras que las apendicularias comparten el cuarto lugar en la dominancia numérica con los ostrácodos y salpas, con 2.050 individuos.

Octubre 2000

Durante este mes se observó la aparición por primera vez de dos grupos, doliólidos y radiolarios, con densidades de 3.406 y 2.555, respectivamente. La abundancia numérica total experimentó un leve incremento con una tasa de cambio de 13% respecto de septiembre, así como también el 80% de los grupos mostró porcentajes de cambio positivos en sus niveles de abundancia, en tanto los copépodos y quetognatos que durante el mes anterior exhibieron los porcentajes más altos de dominancia numérica, este mes revelaron tasas de cambio negativas, sin embargo, los copépodos siguen siendo el grupo ampliamente predominante, ocupando el segundo lugar de importancia las



larvas de cifonautas, reuniendo un total de 319.320 copépodos y 22.140 larvas respectivamente (**Tabla 26**).

Noviembre 2000

Un nuevo grupo se suma a la densidad específica del mes de noviembre, estos son los anfípodos quienes aparecen con una abundancia de 1.749 individuos, lo que corresponde a un 0,61%, compartiendo igual porcentaje de dominancia junto a las medusas, salpas y doliólidos. Los copépodos aportaron en esta ocasión con el 87,23% de la dominancia numérica, detectándose durante este mes una nueva baja sus niveles de abundancia, la que llegó a un total de 287.730 individuos, con valores extremos que fluctuaron entre 875 y 250.999, con un promedio general igual a 20.552 individuos.

Diciembre 2000

La máxima diversidad específica se registró durante este mes, identificándose 15 grupos zooplanctónicos, los que reunieron en conjunto una densidad de 369.199 individuos, en focos que fluctuaron entre 437 y 321.518, aportando con la máxima densidad los copépodos con un 87,09% y compartiendo el valor mas bajo los eufáusidos, estomatópodos y sifonóforos. Las larvas de decápodos logran por primera vez la segunda abundancia mas importante, alcanzando a 23.622 individuos (**Tabla 26**).

Enero 2001

La densidad observada durante este mes demuestra una disminución respecto de diciembre, con un total de 234.584 organismos, correspondiendo a la segunda densidad más baja de los muestreos mensuales analizados, disminuyendo también el número de grupos zooplanctónicos determinados, (12). Los valores extremos estuvieron dentro del rango de 448 y 218.468 individuos, correspondiendo éstos, tanto a los anfípodos, sifonóforos y copépodos. En esta oportunidad, los poliquetos ocuparon la segunda mayor densidad con 4.029 poliquetos/1000 m³.



Febrero 2001

El aumento experimentado por la densidad de organismos durante febrero fue bastante importante, siendo superior a los registros observados desde agosto de 2000, llegando a una concentración global de 765.820, de ésta, el 89,9% la constituyeron los copépodos, seguidos de los poliquetos quienes acumularon un total de 20.483 poliquetos/1000 m³, representando el 2,53% de la dominancia de la estación, exhibiendo durante este mes el registro más alto de todos los meses. El foco de individuos menos importante fue el de los anfípodos con un total de 2.276 (**Tabla 27**).

Marzo 2001

Contrariamente a lo observado durante el mes de febrero, en marzo se detectó la abundancia numérica más baja de todos los períodos analizados, alcanzando un valor de 119.868, con valores extremos comprendidos entre 228 y 109.594 individuos y un promedio en la estación de 9.221. Los copépodos contribuyeron con el 91,43% de la dominancia, en tanto los demás grupos mostraron aportes bastante más bajos los que fluctuaron entre 228 y 1.827, correspondiendo ambos valores a los sifonóforos y larvas de decápodos, respectivamente.

Abril 2001

La densidad de organismos zooplanctónicos denotó este mes un aumento, concentrando un total de 412.176 zooplancteres/1000 m³, el 96,10% fue aporte de los copépodos y el 3,9% restante lo constituyeron los otros nueve 9 grupos, con abundancias comprendidas entre 554 y 7.202 individuos, la mínima densidad fue compartida tanto por las larvas de decápodos, anfípodos, estomatópodos, medusas y larvas de cifonautas, mientras que la segunda densidad de mayor aporte numérico lo constituyeron las apendicularias, con 7.202 organismos, representando un 1,75% de la dominancia total (**Tabla 27**).



Mayo 2001

La variación de la densidad total respecto de abril fue de más de un 255%, presentándose una abundancia igual a 1.465.748, donde los valores extremos exhibidos por los diferentes grupos fluctuaron desde 1.330 – 1.396.584. Los copépodos revelaron la segunda densidad más importante después de lo observado para el mes de abril de 2000 (Tabla 24).

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.

12. Abundancia relativa de la biomasa zooplanctónica

En otoño de 2000 y con el fin de obtener un valor estimativo de la productividad secundaria de la zona de estudio y de sus variaciones, los volúmenes de desplazamiento húmedo de zooplancton se expresan en centímetros cúbicos presentes en 1000 m³ de agua filtrada, encontrándose que dichos valores en su dimensión individual muestran un amplio rango de variación que fluctúa entre 86 y 886 ml/1000 m³ con un valor promedio de 326, predominando los valores comprendidos dentro de los rangos de densidades categorizados entre 101-300 y 301-900, los que representaron el 54,2 y 44,1%, respectivamente.

Con respecto a la constitución de las muestras, el porcentaje de frecuencia de aparición de los diferentes grupos constituyentes del zooplancton fue el siguiente: el 45,6% correspondió al grupo de los copépodos, seguidos por los quetognatos (26,6%), eufáusidos (20,3%) y finalmente las salpas y múnidos (5,1% y 2,5%, respectivamente).

La distribución espacial de la biomasa señala que para la zona Antofagasta - Punta Madrid y para la franja de estaciones comprendida entre la costa y las 20 primeras millas,



correspondió a una zona de alta concentración de biomasa zooplanctónica, la cual presenta una cobertura longitudinal mayor al oeste de Punta Copaca (130 mn) y frente a Punta Lobos y Arica (100 mn) (**Fig. 115 a**). Al comparar los resultados obtenidos en otoño de 2000 respecto de cruceros precedentes realizados a similar zona y período de estudio, se puede señalar que la biomasa promedio registrada durante el presente crucero se constituye en la más alta de la serie 1989/2000, observándose en general una tendencia alcista en los valores de la biomasa promedio. Con respecto al otoño de 1999, la biomasa promedio experimenta un importante incremento igual a 60,5%, evidenciando con respecto al verano del presente año una leve disminución (-12,8%) (**Tabla 28**).

En invierno de 2000, los valores de la biomasa zooplanctónica exhibieron un amplio rango de variación el que fluctuó entre 24 y 354 ml/1000m³ de agua filtrada con un valor promedio de 139, predominando los valores categorizados dentro de los rangos de densidad comprendidos entre 34 - 100 y 301 - 900, los que representaron el 34% y 61,7%, respectivamente.

La distribución espacial de la biomasa del zooplancton, señala que la más alta de las densidades (> 350) se presentó a 1mn al oeste de la transecta 2, Punta Copaca (22°20'S) y la más baja (< 25) se localizó a 20 mn frente al puerto de Arica. Desde Iquique al norte la zona presentó bajas densidades las que tuvieron una cobertura longitudinal máxima. Esta distribución ocasionalmente es interrumpida por densidades comprendidas entre 100 y 300 ml/1000m³ frente a Pisagua y 40 mn al oeste de Arica. Para la zona Iquique - Antofagasta prevalece la categoría 100 y 300 ml/1000m³ desde la costa hasta las 100 mn (**Fig. 115 b**). Con respecto al crucero precedente, MOBIO 0005, la biomasa promedio registrada en invierno de 2000 experimenta una disminución del orden de 57,4%, y al comparar los valores promedio para el período verano de 1999 – invierno de 2000, se aprecia que durante el crucero MOBIO 0009 se registra la más baja de las biomazas promedio de la serie señalada (**Tabla 28**).

En primavera de 2000, la estimación de la biomasa zooplanctónica, fluctuó entre 38 y 955, con un promedio general para la zona de estudio de 256, 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 27,6%, respectivamente. El resto del área prospectada se caracterizó por el predominio del rango de densidad comprendido entre 34-100 el que fue detectado en el 14,9% de las estaciones, focalizándose las mayores biomásas, rango 901-10.000 sólo en el 2,1% de las muestras (**Fig. 115 c**).

Con respecto a la distribución espacial, se puede señalar que las altas densidades se presentaron en la zona nerítica comprendida entre Bahía Moreno e inmediaciones de la península de Mejillones, a 20 y 40 mn al oeste de Punta Copaca (22°20'S) y desde las 10 mn al oeste de Punta Junín hasta Arica, en esta última zona, esta distribución de altas biomásas, es interrumpida por abundancias más bajas las que se detectaron a 40 y 70 mn frente a la localidad de Arica. Cabe señalar que el elemento predominante en las muestras fue el mesozooplankton y particularmente los copépodos, consignándose también la presencia de salpas coloniales y solitarias de pequeño y gran tamaño como también la presencia de langostino.

Al comparar los niveles de biomasa promedio obtenidos durante el año 2000, se determina que en la primavera de 2000, la biomasa zooplanctónica presentó una media de 256 (DS= 163,73), siendo este valor 84,2% mayor respecto al crucero de invierno y 21,5% menor en relación a otoño de 2000 (**Tabla 28**).

En verano de 2001, la biomasa zooplanctónica presentó valores extremos de 84 y 726 ml de zooplankton/1000m³, exhibiendo un promedio general para la zona de estudio de 304. En términos generales la biomasa exhibió una distribución bastante homogénea, observándose una tendencia ascendente en sentido sur-norte, particularmente en la zona costera comprendida entre Punta Lobos y Arica donde se agrupa la mayor biomasa del área (**Fig. 115 d**). Durante la prospección se constató el claro predominio de las categorías de densidad comprendidas entre 101-300 y 301-900 ml/1.000 m³, los que representaron el 48,9% y 46,8%, respectivamente. La primera categoría (101 – 300) penetra desde el norte hasta alcanzar la costa en las inmediaciones de Tocopilla, exhibiendo una distribución más oceánica en la zona que se extiende desde Punta



Copaca hasta Bahía Moreno. La categoría 301-901 está presente en la zona nerítica abarcando prácticamente todo el rango latitudinal de la zona de estudio y también en la zona oceánica desde 100 mn al oeste de Arica, hasta 1 mn frente a Bahía Moreno, detectándose a 1 mn frente a Arica la máxima concentración de organismos (726 ml de zooplancton/1000m³).

Los niveles promedio de biomasa zooplanctónica alcanzados respecto al verano del año 2000, indican una leve disminución con una tasa de cambio igual a -18,7%, con un leve aumento respecto a 1999 (12,6%) (**Tabla 28**).



IX. DISCUSIÓN

Los vientos en la zona de estudio se caracterizan por presentar direcciones predominantes del S y SW en el sector oceánico y durante todo el año, experimentando una variabilidad estacional en su intensidad con máximos en invierno (agosto) y mínimos en verano (marzo) (Bjernes, 1966, Fuenzalida, 1971; Hellerman y Rosententein, 1983; Bakun y Parrish, 1982; Bakun y Nelson, 1991). En el sector costero los vientos favorables a la surgencia se registran durante todo el año con una mayor intensidad en el período noviembre-enero y menor en mayo-julio (Fuenzalida, 1989; Montecinos, 1991).

Si bien los datos de viento registrados durante las cruceros estacionales no corresponden a una situación sinóptica para la zona y no son, necesariamente, representativos de los vientos que la afectan en cada período estacional, estos pueden dar una referencia del comportamiento de ésta variable y ayudan a interpretar de mejor forma el comportamiento oceanográfico.

El 100% de los datos medidos en los cuatro cruceros (vientos con intensidad distinta de cero) tuvo una dirección del segundo y tercer cuadrante. La dirección predominante en la mayoría de los cruceros fue del SSE, la cual es distinta a la indicada por la literatura que señala un predominio de vientos del S y SW durante todo el año. En otoño e invierno los porcentajes de vientos con dirección SSE fueron iguales a 70% y 50%, respectivamente mientras que los vientos medidos en primavera y verano se ajustaron más al esquema indicado, presentando un 38% y 44% de los datos con dirección del S y SW, contra un 26% y 35% del SSE para estos dos últimos cruceros respectivamente.

Con respecto a la intensidad de los vientos medidos durante los cruceros estos presentaron un alto porcentaje con valores menores a 5 m/s. El valor de 5 m/s es considerado como la mínima intensidad del viento necesaria para producir mezcla turbulenta en la capa superficial (Simpson y Dickey, 1981). Las mayores intensidades se



registraron en los cruceros de otoño de 2000 y verano de 2001, mientras que las menores correspondieron al crucero de primavera, situación que ocurrió tanto en la costa como en el sector oceánico.

En general los datos medidos en terreno no se ajustaron al esquema de vientos indicado en la literatura, pues las intensidades observadas en el sector oceánico fueron más bajas en invierno que aquellas medidas en verano. Un resultado similar se obtuvo del análisis de la información de vientos de los cruceros del período mayo 1999 a febrero de 2000 (Braun *et al.* 2000).

El verano de 2001 presentó los mayores gradientes térmicos localizados en la costa y principalmente en los focos de mayor surgencia. El invierno por el contrario, prácticamente no presentó gradiente costero debido a la similitud de los valores superficiales y aquellos correspondientes a las aguas que están participando en la surgencia. Durante el invierno la surgencia siguió presente pero con menor intensidad que la observada durante el verano y sólo se aprecia claramente en las secciones verticales de las variables temperatura y salinidad. El gradiente térmico superficial en el sector oceánico fue de 8°C entre verano e invierno. El sector costero es el que presenta estacionalmente la menor variación térmica, ya que éste se encuentra generalmente con aguas de afloramiento con temperaturas comprendidas entre 15° y 18°C.

El sector costero presentó valores de anomalía negativa más intensos de hasta -3°C (verano) lo que se debe a la intensidad de la surgencia. Esta situación es la normal para todos los períodos estacionales estudiados. La condición de anomalía positiva "+1", como la observada en el sector de Antofagasta en primavera corresponden a una situación de relajo de la surgencia costera, lo cual es consistente con los bajos valores de vientos registrados en la zona.

Los cruceros estacionales de monitoreo, presentaron en general en el sector oceánico anomalías térmicas dentro del rango considerado normal (-1 a +1°C de anomalía). La anomalía +2 encontrada entre Pisagua y Punta Lobos en verano corresponde a la entrada de agua subtropical AST.



En la mayoría de las transectas el levantamiento de las isotermas en el sector costero a nivel superficial es indicativo del desarrollo de surgencia y de que estos están presentes durante los cuatro períodos de muestreo. Sólo en la transecta 1, Bahía Moreno y en menor grado en la transecta 2, Punta Copaca realizadas en invierno, se observó una capa de mezcla que alcanzó 50 m de espesor ubicada en el límite oeste de la zona. Esta situación provocó una disminución de los valores de temperatura superficial e incrementó las anomalías negativas de ésta variable.

En general para la zona de estudio se observó una capa superficial muy estratificada térmicamente, principalmente durante los cruceros de primavera y verano. La termoclina en estos casos se presentó prácticamente desde la superficie y alcanzó 50 m de profundidad. Asimismo, en cada uno de los cruceros, este gradiente térmico de los primeros 50 m de profundidad aumentó hacia las transectas del norte por la mayor presencia de agua AST. De los cuatro cruceros en análisis, el de menor variación térmica vertical correspondió al de invierno, el cual exhibió una leve termoclina en algunas de las transectas.

La columna de agua mostró en otoño, en general, una condición de normalidad, sin embargo el núcleo de anomalía de $+2^{\circ}\text{C}$ centrado en las 70 mn y a 40 m de profundidad sería producto de una capa de AST más gruesa, afectando los valores subsuperficiales que señalan un valor positivo de anomalía térmica. En la zona costera el valor de anomalía negativa sería producto de la surgencia presente en el sector y que levanta agua desde un nivel de 50 m, produciendo menores valores de temperatura en esa capa de agua.

En invierno no se presentaron anomalía superiores a 1°C de temperatura en la columna de agua de la transecta realizada frente a Punta Lobos, lo que indica que tanto a nivel superficial y al menos a nivel subsuperficial de esta transecta, las condiciones estuvieron más cercanas a los promedios históricos.



En primavera, las anomalías de temperatura negativas superiores a 1°C , localizadas en las estaciones más oceánicas realizadas frente a Punta Lobos, serían indicativas de una menor presencia de agua ecuatorial subsuperficial a ese nivel, idea que se refuerza por las anomalías negativas de salinidad, de valor $<0,1$ psu, ubicadas al mismo nivel de profundidad.

Las anomalías levemente negativas detectadas en verano indican valores no significativos correspondientes a una situación considerada normal. Los valores de anomalía negativa de hasta -2°C localizadas en la costa y las 40 mn sería producto de un proceso de surgencia intenso, el que habría ocurrido anteriormente al muestreo, transportando una capa de agua de menor temperatura y salinidad hacia el sector oceánico, originando los valores negativos de anomalía registrados.

La isoterma de 15°C indicadora de la base de la termoclina local, muestra en general una profundización desde el sector costero hacia el oceánico, sin embargo en el límite oeste de la zona se encuentran habitualmente hundimientos o levantamientos importantes en forma de foco que son productos de giros oceánicos de diámetro variable. Los giros de tipo ciclónico producen una depresión del nivel del mar y un levantamiento de las isotermas y por el contrario los giros anticiclónicos acumulan agua y elevan el nivel del mar originan una profundización de las isotermas.

La profundidad de la termoclina tiende a presentarse con valores dentro de los rangos considerados normales para la zona (-10 a $+10$ m de anomalía). Las anomalías fuera de este rango, son producto de los giros oceánicos.

En invierno, la profundidad de la isoterma de 15°C en el área suroeste no se encuentra afectada por la mezcla de la capa superficial, indicada anteriormente para el sector, ya que la isoterma se ubicó a una profundidad mayor a 50 m, bajo la capa de mezcla, por lo tanto, los valores indicados, representan la situación térmica de la columna de agua en esa área.



En primavera, la mitad norte de la zona, las anomalías negativas de la profundidad >10 m indican que la capa de agua cálida de origen subtropical AST se encuentra restringida a una capa más delgada, posiblemente afectada por la presencia de un núcleo de ASAA (salinidad < 34,6 psu) ubicada bajo ella.

Durante el verano la isoterma de 15°C se encontró menos profunda con relación al promedio mensual en gran parte de la zona oceánica. Este valor, además, es levemente significativo. Esto puede indicar que la presencia de aguas AST se restringe sólo a una angosta capa de agua superficial. Otra situación que puede explicar una menor profundidad de la termoclina es la presencia de un núcleo intenso de ASAA ubicada bajo ella.

La salinidad en otoño indica la presencia de agua más cálida de tipo AST. Las anomalías de salinidad superficial, entre 0 y -0,1 psu, se encuentran asociados a la lengua cálida encontrada en la zona.

En invierno gran parte de la zona de estudio se encontró con anomalías negativas de salinidad dentro del rango de normalidad $\pm 0,15$ psu. Existen anomalías negativas mayores en el sector oceánico de la mitad norte de -0,3 psu. En esta última área no se presentaron anomalías negativas de temperatura y el giro ciclónico es modesto, lo que dificulta la explicación a la presencia de estas anomalías. Puede indicarse no obstante que la situación respondería a una capa de AST menos intensa y de valores más bajos a los habitualmente encontrados.

Las anomalías negativas de salinidad, encontradas en primavera entre Iquique y Punta Lobos es indicativa de un proceso de surgencia intenso ocurrido con anterioridad al crucero y que dejó un remanente de agua fría y menos salina que se extendió hasta el sector oceánico alcanzando al menos las 70 mn.

En verano se presentó una situación especial, en lo que respecta a la baja salinidad superficial en el sector costero frente a Arica, con un valor de 34,14, que se debe a



aportes de agua dulce del río Lluta y que son provenientes de las abundantes lluvias registradas en el sector costero en días previos al muestreo.

En otoño, el máximo subsuperficial, que alcanzó valores cercanos a 34,9 psu, corresponde al núcleo de la AESS, que presentó una capa de grosor y presencia variable de norte a sur. En general este núcleo presentó un menor grosor hacia la transecta 1, mientras que hacia el norte se hace más ancha y abarca un área más extensa hacia el oeste, sin embargo en algunas transectas se hace más costero y pequeño, sin presentar un patrón de comportamiento definido en los cuatro períodos de muestreo.

La anomalía vertical de salinidad para la transecta 3 que presentó núcleo positiva (menor a 0,1 psu) asociado al núcleo de anomalía de temperatura, -2°C , ubicado a 70 mn y a 25 m de profundidad ratifica lo indicado con relación a la presencia de una capa de AST de mayor grosor al habitual en ese lugar, él que eleva la temperatura y salinidad en los primeros 50 m de profundidad. Para invierno y primavera el núcleo de anomalía negativa que supera los $-0,2$ psu debe estar originado por una mayor presencia de ASAA a nivel subsuperficial que afecta la salinidad de los 100 primeros metros en ese sector. En verano del 2001 las anomalías de salinidad de valor $-0,2$ psu en la capa superficial de los primeros 25 m corresponde a la situación de un mayor transporte hacia el oeste de agua de surgencia.

La densidad en la vertical presentó los mayores gradientes en los cruceros de primavera y verano. La capa de los primeros 50 m en general, durante estos meses, se encuentra fuertemente estratificada con gradientes máximos producto de las altas temperaturas en superficie. El crucero de invierno mostró los menores gradientes verticales, observándose claramente la capa de mezcla en las transectas realizadas frente a Bahía Moreno y Punta Copaca.

Del análisis de diagramas t-s para el período de estudio se puede indicar que las masas de agua ubicadas en la columna de agua presentan en general una distribución que puede considerarse normal. La AESS está participando como es habitual en los procesos



de surgencia costera mezclada con ASAA y afectando la columna de agua de las estaciones más costeras, principalmente de aquellas que se encuentran en las primeras 10 mn. La AST se presenta intensamente en verano y latitudinalmente es más intensa también hacia la mitad norte de la zona de estudio.

En los diagramas t-s por crucero correspondientes a primavera se destaca la separación de los pares t-s bajo el núcleo de AESS en las estaciones más oceánicas de las transectas 1 (23°40'S) y 2 (22°20'S). Esto indicaría una menor presencia de AESS por una ubicación más costera y de menor tamaño de los núcleos de salinidad >34.8. La transecta 3 para este mismo período presenta una situación similar que es la responsable de las anomalías negativas de salinidad encontradas bajo el nivel de 10 m. La situación de menor presencia de AESS indicada parece ser una condición estacional ya que se ha observado un comportamiento similar para las mismas transectas realizadas en los años 1996 y 1999 (Braun *et al.* 1997 y 2000). Esta situación estacional, sin embargo, no estaría siendo representada de buena forma por los valores de anomalía de salinidad.

El esquema de la circulación general descrito para la zona de estudio corresponde a flujos paralelos a la costa. El flujo en dirección sur corresponde a la Contracorriente Perú-Chile que transporta Agua de origen subtropical, AST. El flujo hacia el norte corresponde a la rama costera de la Corriente de Humboldt que transporta agua de origen subantártico (ASAA) y a la rama oceánica de la misma corriente pero ubicada por sobre las 150 mn de la costa.

En otoño, el sector oceánico tuvo un flujo en dirección sur que nace del extremo noroeste. Por lo cercano de las isolíneas de anomalía geopotencial se puede indicar un flujo de mayor velocidad entre los 71 y 72°W. Entre la costa y las 20 mn el flujo norte correspondiente a la rama costera de la Corriente de Humboldt. El giro ciclónico observado y centrado a 170 mn frente a Tocopilla es el responsable del levantamiento de las isotermas. En invierno se presentó un esquema clásico, es decir con flujos paralelos a la costa más marcados y una menor presencia de remolinos. Sólo se observó el habitual giro anticiclónico en el extremo suroeste de la zona. Se destaca para este período el



marcado flujo en dirección norte que se encuentra ocupando el área abarcada en el crucero pasado por el flujo hacia el sur. El flujo sur ahora se ha desplazado hacia el este ocupando el área entre las 20 y 70 mn entre Arica y Pta. Lobos. En primavera la presencia de remolinos anticiclónicos en el sector oeste de la zona de estudio es la característica para el período, situación similar a lo encontrado en la misma época del año 2000 (Braun *et al.*, 2000).

En el verano del 2001 se observa un esquema de circulación similar al descrito para primavera pero sólo con la presencia de dos giros anticiclónicos situación similar para la descrita en igual período del 2000. (Braun *et al.*, 2000).

Al comparar los resultados de circulación estacional con los del período 1999 –2000 (Braun *et al.*, 2000) se observa una clara similitud. En este caso, durante la época de invierno, se ven fortalecidos los flujos hacia el norte de la corriente de Humboldt, abarcando una mayor área oceánica y disminuyendo notablemente la circulación hacia el sur. En este período también se observan menos y más débiles giros en el área oceánica dando lugar a flujos más paralelos a la costa. La presencia de giros habitualmente de tipo anticiclónico en el extremo suroeste en el período invierno-verano y de tipo ciclónico en otoño sería también otra característica estacional para la zona en estudio.

En relación a las TSM satelitales, se puede mencionar que los meses de abril y mayo del 2000 presentaron TSM más cálidas que 1999. Es así como mayo del año 2000 exhibió TSM que superan los 24°C especialmente al norte de Iquique, en tanto que en 1999 la zona mostró temperaturas que no superaron los 19°C. No obstante lo anterior, el período junio-agosto presentó una gran similitud entre los dos años debido al drástico descenso que experimentaron las temperaturas en dicha época, lo que es concordante con el enfriamiento observado también a lo largo del Pacífico ecuatorial durante estos meses (Diagnostic Advisory 2000/8, NOAA, citado en BAC 123).

Durante los meses de septiembre y octubre del 2000, se comenzó a producir un leve pero sostenido aumento de las temperaturas superficiales con aguas que registran valores en



el rango 12-19°C, apreciándose un claro dominio de las TSM comprendidas entre 14 y 16°C. Situación que había sido observada en el año anterior donde las TSM oscilaron entre los 12-18°C, con una marcada dominancia de las aguas de 15 y 16°C.

En diciembre se produce un notable incremento de las TSM debido a importantes intrusiones de aguas oceánicas con TSM superiores a los 24°C, especialmente al noroeste de Iquique; asimismo, cabe destacar la ausencia de la nubosidad característica en la zona. En concordancia con lo expuesto, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) manifiesta que, en diciembre de 2000, las anomalías de TSM observadas a lo largo de la zona norte y centro-sur de Chile -entre los 18°29'S y 36°41'S- presentaron un pequeño aumento (BAC 123).

Posteriormente, en enero-febrero continúa el notable aumento de las TSM satelitales que se localizan entre los 18 y 27°C, debido a la intrusión de aguas oceánicas y al calentamiento general de las TSM en la zona de estudio. Lo anterior es totalmente concordante con lo expresado por las estaciones de monitoreo a lo largo del Pacífico (BAC 124), dicho boletín menciona que entre 20°S y 30°S se configuro un cinturón de anomalías positivas que cubren toda la extensión del Pacífico, no obstante que la mayoría de los modelos globales sugerían la normalización de las condiciones en los próximos meses.

Finalmente se destaca que, en general, las TSM satelitales son un buen indicador de la estructura térmica del mar ya que contribuyen al conocimiento de fenómenos tales como surgencias, filamentos, gradientes térmicos, etc que están en directa relación con la distribución y abundancia de las especies (Barbieri *et al.*, 1995; Cáceres, 1992; Fonseca y Farías 1987); además se puede señalar la existencia de un un buen grado de correspondencia entre las TSM y los registros superficiales de las estaciones de monitoreo.

En los cruceros de otoño e invierno, los valores de concentración de cloa superficial, que llegaron hasta los 5 µg/L, formaron núcleos bien definidos en las transectas 1 y 5, con máximos subsuperficiales de hasta 1 µg/L a 20 m de profundidad. En el plano superficial,



las isolíneas correspondientes a sistemas productivos, es decir, concentraciones mayores de 1 $\mu\text{g/L}$, llegaron no más allá de las 20 mn de la costa. Mientras que en la primavera y verano, la biomasa de cloa y feop disminuyó significativamente en las mismas zonas, es decir, de 4 a menores de 1 $\mu\text{g/L}$, llegando en ocasiones a ser inferiores a 0,2 $\mu\text{g/L}$, por ejemplo transectas 1, y 2. Además, se formaron núcleos de alta concentración, vale decir mayores a 1 $\mu\text{g/L}$, restringidos a distancias no superiores a las 5 mn de la costa, especialmente en las transectas 4 y 5, pero que se situaron batimétricamente hasta los 25 m de profundidad, poniendo de manifiesto el fuerte impacto de la estructura física sobre la distribución longitudinal de la biomasa fitoplanctónica.

En el crucero de primavera, los valores superiores a 1 $\mu\text{g/L}$ de cloa se distribuyeron hasta 20 mn de la costa y llegaron hasta los 25 m de profundidad en la transecta 1, situación que no había sido observada durante los años precedentes. Esto significa que en la zona hubo un cambio en los patrones de circulación, lo que permitió la formación de este gradiente pronunciado y continuo de la biomasa fitoplanctónica. Al mismo tiempo en este periodo del año se midió las concentraciones y gradientes mas altos de todo el proyecto, con una expansión importante de la isolínea mayor de 0,5 $\mu\text{g/L}$ hacia el oeste.

En términos globales, la biomasa fitoplanctónica presentó las variaciones propias de la zona, es decir las mayores agregaciones de biomasa vegetal en las cercanías de la zona costera y no mas allá de las 20 mn. Además no se observó la formación de máximos subsuperficiales o agregaciones significativas de cloa (i.e. > 1 $\mu\text{g/L}$) a profundidades mayores de 25 m, con los mayores valores de agregación a profundidades inferiores a los 10 m. La estación de verano indujo una baja pronunciada en los niveles de concentración de pigmentos, debido a la presencia de masa de agua mas cálidas (> 18 °C) y salinas (>35 psu), cuyas características desde el punto de vista de la producción biológica, son oligotróficas.

Un proceso particularmente interesante desde el punto de vista de la producción biológica global en el ecosistema es que, a pesar del efecto de las masas de agua poco productivas, es posible encontrar valores significativos de cloa en núcleos restringidos a la



zona costera, con valores típicos de sistemas mesotróficos. Esto indica que a pesar de la influencia pronunciada de éstas masas de agua, en la zona persisten pequeños núcleos de alta agregación de biomasa, los que eventualmente pueden quedar disponibles como parches de alimentación, en zonas de alta estabilidad dinámica.

Los productos de degradación no presentaron altas concentraciones siendo en su mayoría inferiores a los $0,75 \mu\text{g/L}$, indicando la existencia de procesos leves de degradación o utilización de la biomasa fitoplanctónica..

En términos globales la distribución de la biomasa fitoplanctónica activa (cloint) y degradada (feopint) integrada, presentó valores diferentes a la cloa superficial, con valores inferiores a 25 y 50 mg/m^2 , con escasos valores cercanos a los 100 mg/m^2 . Desde el punto de vista estrictamente biológico, este rango indicó que la zona estuvo bajo un régimen deprimido de producción. No obstante, la información de la distribución superficial de la cloa indicó otro escenario, los valores cercanos a 100 mg/m^2 , sólo se presentaron en forma restringida a la zona costera y en el mes de la primavera del 2000, esto significa que aunque la cloa superficial fue baja, esta tendió a formar máximos subsuperficiales lo que se tradujo en valores mas altos de cloint., situación que fue provocada por la presencia de masa de agua mas cálidas y salinas que indujeron el hundimiento de la biomasa fitoplanctónica.

En el verano, los valores superficiales de cloa y cloint, no son representativos de la estructura biológica de la columna de agua, debido a que los valores mas altos de cloa superficial no estuvieron asociados a los valores mas altos de cloint. Esto se debió a que en esta época del año la cloa se distribuyó en forma muy somera, es decir entre la superficie y no mas allá de los 10 m de profundidad. Además, en algunas zonas la presencia de masas de agua más cálidas y salinas indujo el hundimiento de las isóneas de alta concentración de cloa (i.e. $> 1 \mu\text{g/L}$), permitiendo calcular valores altos de cloint asociados a valores superficiales de cloa típicos de sistemas oligotróficos.



La poca o nula asociación entre la distribución de la cloa superficial y la cloint, se debió a que la biomasa se mantuvo entre la superficie y los 10 m de profundidad, sin llegar la isolínea de 1 $\mu\text{g/L}$ hasta los 25 m. Esto provocó que los valores de integración calculados fueran muy bajos, en general menores a 50 mg/m^2 , aunque la clorofila superficial fue muy alta.

La biomasa fitoplanctónica total superficial, se asoció funcionalmente sólo con la temperatura, siendo especialmente significativa durante el otoño del 2000 ($r^2=0,69$, $n= 46$) y el verano de 2001 ($r^2= 0,504$, $n= 32$). Durante el invierno y debido a lo estrecho del rango de variación de esta variable, la clot no se asoció en forma significativa ($r^2=0,358$, $n= 35$), no obstante esto los valores de concentración de clot fueron significativamente altos, llegando hasta los 8 $\mu\text{g/L}$, con una cantidad considerable de valores ($n= 13$) en el rango 1 a 6 $\mu\text{g/L}$.

En la primavera, no obstante tener un amplio rango de temperatura superficial (entre 16 a 23°C) la clot no varió en forma significativa, situándose casi un 95% de éstos bajo los 0,5 $\mu\text{g/L}$, valores característicos de sistemas entre meso y oligotróficos.

Es importante destacar que los estaciones de año en las que se midió las mayores agregaciones de clot superficial fueron el otoño y el invierno, periodos en los que se observó fluctuaciones importantes en los rangos de temperatura. Esta variabilidad tuvo un gran impacto sobre los niveles de biomasa fitoplanctónica, estimulando el aumento significativo de ésta a través de mecanismos de surgencia y la consecuente formación de frentes costeros, los que estuvieron estructurados en forma importante por el campo térmico. Además, es posible indicar que a temperatura inferiores a 18 °C, la biomasa fitoplanctónica fue alta y a temperaturas mayores que esta, los valores de clot fueron típicos de sistemas de baja producción biológica.

La salinidad versus la clot no presentó asociaciones de importancia durante los cuatro cruceros realizados, tendiendo a tener algún nivel de asociación en el crucero realizado en el verano del 2001 ($r^2=0,373$, $n= 32$), debido al aumento en la amplitud del rango de



salinidad, pero no es una situación típica para la zona. Respecto de la salinidad, sólo es posible concluir que a valores mayores de 34,8 psu, los valores de clot tienden a ser típicos de sistemas oligotróficos y menores de 34,8 de sistemas productivos.

La información obtenida establece el efecto importante de la estructura térmica del sistema sobre la distribución y acumulación de la biomasa vegetal, corroborándose el efecto significativo de los frentes costeros térmicos sobre la estructura biológica de la columna, no así con la salinidad. Los que permiten la acumulación y estabilización de parcelas de agua, aumentando en forma local la oferta de alimentación y que queda disponible para los estadios de desarrollo temprano de pequeños pelágicos.

La clorofila total superficial (clot) presentó asociaciones funcionales significativas con la transparencia medida como profundidad del disco Secchi (m) o como atenuación luminosa o el recíproco de la profundidad (1/m). Esta información permite indicar como la clot influencia significativamente la transparencia de la masa de agua y como, a través de la medición de la transparencia con el disco de Secchi, es posible predecir con hasta un 90% de precisión la concentración superficial de la biomasa fitoplanctónica, especialmente en aguas oceánicas en las que las concentraciones de cloa son en general menores que 0,5 µg/L.

A medida que las mediciones de disco Secchi son realizadas mas cerca de la zona costera, es posible encontrar una alta variabilidad en las magnitudes de concentración de la clot, asociadas a muy poca variabilidad en la profundidad del disco Secchi, especialmente en la primavera, con valores entre 2 a 6 µg/L, y a fines del verano, con valores entre 2 a 10 µg/L, para mediciones de disco Secchi en el rango 2,5 a 5 m.

Durante el período de estudio, la anchoveta presentó una importante actividad reproductiva especialmente durante los cruceros de primavera y verano para el estadio de huevos e invierno y primavera para las fases larvarias.



En otoño, la media por estación positiva de larvas de anchoveta alcanzó a 689 larvas, cifra 24,7% menor y 72,7% mayor respecto a la calculada para el otoño de 1999 y 1998, respectivamente. La frecuencia de estaciones positivas, utilizada como un índice de la extensión espacial del desove, señala que las larvas de anchoveta ocuparon un área inferior a la registrada en otoño de 1999 y superior a la detectada en otoño de los años 1996/98. Sin embargo, la densidad promedio por estaciones positivas, utilizada como la expresión de la intensidad del desove, revela un valor igual a 689 larvas, lo que junto con sugerir que el desove se habría iniciado con antelación respecto del inicio del crucero, corrobora además los procesos de dispersión y mortalidad que afecta a las primeras fases del desarrollo embrionario.

En los períodos invernales, las densidades promedio por estaciones totales han reflejado con bastante fidelidad los cambios que ha experimentado a nivel del ictioplancton la composición específica de la comunidad pelágica de la zona norte, los que se han caracterizado por un período comprendido entre 1964 y 1973 con un claro predominio de anchoveta en el ecosistema y un cambio de dicha situación con posterioridad a 1973 hasta 1985, por la dominancia de sardina. Con posterioridad a 1985, los niveles de abundancia de huevos y larvas de anchoveta, señalan que nuevamente estamos frente a un proceso de cambio con una categórica predominancia de ésta con respecto de las otras especies objetivo, con densidades extraordinarias y sin precedentes las cuales fueron registradas en invierno de los años 1985, 1994 y en menor magnitud en 1989. De la misma manera las disminuciones más drásticas han estado asociadas a la presencia del fenómeno de El Niño en la zona de estudio los años 1986/87, 1991/92 y 1997/98.

En invierno de 2000, las abundancias promedio de huevos y larvas de anchoveta exhibieron respecto de 1999 una disminución en la cobertura geográfica para el estadio de huevos y un incremento de las fases larvianas, lo que se tradujo en porcentajes de variación iguales a -30,7% y +24,2%, respectivamente. En relación a la intensidad del desove, el estadio de huevos muestra una fuerte disminución (-64,2%), experimentando las fases larvianas un leve incremento (2%).



La primavera de 2000 presentó con respecto a 1999 y 1998 para la fase de huevos tasas de cambio negativas iguales a 75,2% y 54,4%, respectivamente, constituyéndose la primavera de 2000 en el registro más alto para el estadio de huevo de la serie 1983-2000, concentrándose más del 92% de las larvas de anchoveta en la franja de estaciones comprendida entre la costa y las 10 mn. Ocasionalmente esta distribución se extendió hasta las 40 mn frente a Bahía Moreno y a 100 y 70 mn frente a la localidad de Arica.

La vinculación de las áreas de desove a la zona costera observada durante el verano de 2001, es consecuente con las variaciones espacio temporales del desove descritas para esta especie en base al análisis de una serie de tiempo de 14 años (Braun *et al.*, 2000).

En relación al número de huevos, el verano de 2001 presentó respecto al crucero precedente, verano de 2000, una tasa de cambio negativa igual a 50,4%, constituyéndose el verano del año 2001 en el tercer registro más alto para el estadio de huevo de la serie 1982-2001.

Durante los cruceros estacionales de monitoreo, la sardina presentó una baja frecuencia de estaciones positivas a huevos y larvas, reflejando que para la zona de estudio, esta especie presentó una actividad reproductiva muy disminuida.

La presencia de las fases larvarias de caballa en el verano de 2001, es concordante con la reportada en igual época del año 1980 por Rojas y Mujica (1981). Con respecto a la distribución latitudinal, esta especie muestra dos áreas de desove: una comprendida entre Arica y Antofagasta y otra entre Caldera y Coquimbo, la que se caracteriza por presentar una modalidad más oceánica en la puesta (Rojas *et al.*, 1983). Respecto al carácter estival del desove, Santander y Castillo (1972), señalan que la principal época de desove de caballa en Perú ocurre durante el verano, a la vez que Chiechomski (1971) coincide con estos autores en la época de desove de la subespecie *Scomber japonicus marplatensis* presente en aguas argentinas.



En cuanto a las relaciones entre la distribución de huevos y larvas de anchoveta respecto de las variables oceanográficas, se destaca que no son muchas las investigaciones anteriores que se enmarcan dentro de este ámbito en la zona de estudio. Sin embargo, se puede observar que en general tanto huevos como larvas tienen preferencias relativamente similares, no obstante que el rango de distribución de larvas es mayor que el de los huevos. Así, se aprecia que ambas variables mostraron preferencias por los 15-16°C en los meses fríos (mayo-septiembre), en tanto que en los meses más cálidos (diciembre-febrero) el rango predilecto es de 17-18°C. Los resultados reportados en esta oportunidad, se contrastaron con cruceros similares desarrollados para la evaluación del stock desovante de anchoveta, realizados solamente en el período invernal (Oliva *et al.*, 2001), los cuales también dan cuenta de una predilección de los huevos por temperaturas entre 15 y 16°C durante los meses de agosto y septiembre.

Con respecto a la salinidad, las relaciones entre las variables indicaron que los huevos de anchoveta se distribuyen principalmente entre los 34,5 y 34,9 psu, con una marcada moda en los 34,7 y 34,8 psu; en cambio las larvas se localizan en un rango más extenso que abarca desde los 34,4 hasta los 35,2 psu, pero con idénticas modas. Lo anterior es muy semejante a lo detallado para el crucero realizado entre agosto y septiembre del año 2000, el cual da cuenta de una marcada inclinación de los huevos por salinidades entre 34,7 y 34,9 psu (Oliva *et al.*, 2001).

El análisis de la señal latitudinal y de los modelos de tendencia muestra que las mayores densidades de huevos y larvas de la especie se ubican en sectores que presentan variaciones latitudinales moderadas y fuertes de la temperatura y asociada con aguas surgentes. En términos generales, 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. Por otra parte, Oliva, *op. cit.*, mencionan que, en los años 1999 y 2000, las mayores concentraciones de huevos de la especie se encuentran entre los 1,0 y 1,4 (°C/2mn), no obstante este rango podría estar subestimado ya que en el período de invierno las TSM



tienen un comportamiento más homotermo (Yáñez *et al.*, 1995), lo que implica menores niveles de gradientes térmicos laterales.

Durante los tres cruceros realizados en el año 2000 (MOBIO 0005, MOBIO 0009; MOBIO 0012) y en el verano de 2001 (MOBIO 0102), la anchoveta fue la especie más frecuente y abundante, representando entre el 27,1% y el 72,% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en el invierno y menor en la primavera.

El jurel representó entre el 12,9% y 50,5% de las lecturas acústicas totales de cada uno de los cruceros, siendo el mayor en la primavera y el menor en el invierno, esta especie presentó algunos niveles de agregación relativamente más altos en el crucero de otoño hacia el límite sur del área de estudio, con un 45,7% de las lecturas acústicas totales del crucero.

La caballa tuvo una presencia esporádica en los cuatro cruceros, fluctuando entre un 0,098% en el verano y 2,1% en el otoño, con una mayor frecuencia en otoño e invierno. Por otro lado la sardina sólo se detectó en forma aislada en el otoño y primavera.

En otoño, se detectó la presencia de bacaladillo en las cercanías de Mejillones y de pez linterna a 80 mn de Punta Lobos (21°00'S); mientras que en invierno se registró langostino, el que se concentró entre las 2 y las 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 se detectaron otras especies como los peces linterna y langostino, los que se presentaron entre las 47 y 68 mn al oeste de Punta Pichalo (19°40'S); a 75 mn al oeste de Arica; 92 mn al oeste de Antofagasta y en las cercanías de la costa entre Punta Baquedano (18°40'S) y Pisagua.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



X. BASE DE DATOS

La estructura de las bases de datos con toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del proyecto FIP 2000 -01 "Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, Año 2000", 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: **CRUCE431**, **CRUCE436**, **CRUCE438** y **CRUCE441** cuyo formato de grabación (Formulario de codificación), corresponde a una modificación del formato **NODC**. El formato **IFOP** esta 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 último dato observado

Los datos meteorológicos se encuentran codificados de acuerdo las normas y códigos del NODC.

2. Clorofila-a y Penetración de la luz

Nombre del archivo: cloamayo2000 = Indica archivo cloa, mes y año en que se realizó el crucero.

Estructura Interna del Archivo:

Columna A Tran número de transecta

Columna B Est Estación

Columna C Dist distancia desde la costa en millas náuticas

Columna D Prof Profundidad en metros

Columna E Cloa Clorofila a en $\mu\text{g/L}$

Columna F Feop Feopigmentos en $\mu\text{g/L}$

Columna G Clot Clorofila total en $\mu\text{g/L}$



3. Registros de Huevos y Larvas de Peces

La información zooplanctónica de cada una de las estaciones planctónicas que se realizaron durante los cruceros estacionales de monitoreo 2000/2001 y estaciones costeras, se almacenaron en los siguientes archivos:

Otoño: Cru431, Invierno: Cru436, Primavera: Cru438, Verano: Cru441 y coste00, cuyo formato de grabación se detalla a continuación:

Columna	Tipo de información
1	Código estación
2,3,4	Año, Mes y día
5 y 6	Hora estación: hora, minutos
7	Latitud grados
8	Latitud minutos
9	Longitud grados
10	Longitud minutos
11	Código Red
12	Abertura de mallas de la red, en micras
13	Profundidad (m)
14	Código flujómetro
15	N° Final Revoluciones
16 y 17	Tiempo Calado minuto, segundo
18 y 19	Tiempo Virado minuto, segundo
20	Metros Cable arriado
21	Angulo cable
22	Temperatura 0m (°C)
23	Salinidad 0m (ups)
24	Factor Estandarización
25	Huevos de Sardina

Cont.1



Cont.'

Columna	Tipo de información
26	Huevos de Anchoveta
27	Huevos de Jurel
28	Huevos de Caballa
29	Huevos de otras especies
30	Larvas de Sardina
31	Larvas de Anchoveta
32	Larvas de Jurel
33	Larvas de Caballa
34	Larvas de Otras Especies
35	Biomasa Zooplanctonica
36	Volumen Agua Filtrada
37	Copépodos
38	Eufáusidos
39	Ostrácodos
40	Cladóceros
41	Larvas Decápodos
42	Anfípodos
43	Estomatópodos
44	Medusas
45	Sifonóforos
46	Ctenóforos
47	Quetognatos
48	Poliquetos
49	Pterópodos
50	Salpas
51	Doliólidos
52	Apendicularias
53	Radiolarios
54	Larvas Cifonautas



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 0005, MOBIO 0009, MOBIO0012 y MOBIO 0102.

BIOMA.Dat

Contiene en un solo archivo los datos de eointegración obtenidos en los cruceros. Las columnas son las siguientes:

Col.	Dato	Descripción
1	Transecta	Número de la transecta o intertransecta
2	IBM	Número del Intervalo Básico de Muestreo en la transecta
3	Especie	Código de la especie: 1 Sardina 2 Jurel 3 Anchoveta 4 Caballa
4	Agregación	Código de la agregación 1 Cardumen 2 Estrato 3 Disperso 4 Individual
5	Prof. Sup.	Profundidad superior de la agregación
6	Prof. Inf.	Profundidad inferior de la agregación
7	Sa	Valor de eointegración



POSICION.Dat

Archivo que contiene los datos del total de las IBMs prospectadas.

Col.	Dato	Descripción
1	Transecta	Número de la transecta o intertransecta
2	IBM	Número del Intervalo Básico de Muestreo en la transecta
3	Hora	Hora en el formato HHMMSS HH Hora MM minutos SS segundos
4	Latitud	Latitud en el formato GGMM.mm GG Grados MM minutos mm décimas de minuto
5	Sur	Hemisferio de latitud Sur
6	Longitud	Longitud en el formato GGGMM.mm GG Grados MM minutos mm décimas de minuto
7	Weste	Hemisferio de longitud Oeste (Weste)



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



XI. CONCLUSIONES

Los vientos medidos durante el desarrollo de los cruceros se presentaron con intensidad moderada a débil. Las direcciones del viento fueron del segundo y tercer cuadrante lo que es favorable a la surgencia costera, la cual se presentó durante el período de estudio con una intensidad similar.

Si bien febrero en particular, presentó durante el crucero vientos que pueden ser considerados más bajos en comparación a la información histórica disponible, esto no es extrapolable a la situación estacional ya que los datos obtenidos durante los cruceros pueden no ser representativos del sistema de vientos de cada época. De igual forma la surgencia costera del mes de febrero, al no ser particularmente más intensa que la encontrada en invierno, no permite concluir una disminución de intensidad durante la estación de verano.

Los vientos de características débiles durante el crucero del mes de febrero de 2001 permitieron una mayor estratificación superficial y con ello un aumento de la temperatura a ese nivel. Esto originó durante el mes de febrero anomalías positivas en el sector oceánico.

La temperatura y salinidad superficial presentaron en general valores normales para cada época. Las anomalías de estas variables no fueron en general significativas y cuando lo fueron, son explicadas por procesos locales como calentamiento superficial por falta de viento (mezcla), surgencia costera con transporte intenso de agua hacia el sector oeste, etc.

La presencia de pequeños focos de anomalía de temperatura y salinidad principalmente en la costa o cercana a ella responden a los procesos de surgencia que se desarrollan en esa franja, lo que no es indicativo de condiciones de enfriamiento de la zona.



Si bien en el Pacífico Ecuatorial se desarrolló durante el año 2000 un proceso de enfriamiento conocido como La Niña, en la zona norte de Chile, no se produjeron anomalías térmicas que permitan indicar que la zona haya sido afectada oceanográficamente por ese evento frío.

Las anomalías de salinidad, que fueron significativas para el mes de septiembre, en el extremo noroeste de la zona responden a una condición de baja salinidad de la capa de agua subtropical localizada en la zona. Este sector no presentó anomalías negativas de temperatura. Puede indicarse que esta situación de baja salinidad es la única a considerar como atípica para la zona durante el periodo de estudio.

Las anomalías, positivas y negativas, de magnitud significativa de la profundidad de la isoterma de 15°C, que se presentaron en sectores oceánicos durante el desarrollo de los cruceros, responden sólo a la presencia de pequeños giros oceánicos ciclónicos y anticiclónicos. Esto descarta el paso de ondas atrapadas a la costa y de un aumento de la temperatura superficial producto de una perturbación ecuatorial, principalmente durante el mes de febrero de 2001. Asimismo para el sector oceánico las anomalías negativas de esta variable no representan un proceso de enfriamiento producto del evento frío La Niña, que afectó al Pacífico Ecuatorial durante el año 2000.

La información recopilada en las estaciones fijas permite indicar que durante el período mayo 2000 - mayo 2001, la franja costera presentó condiciones normales en las variables temperatura, salinidad y oxígeno. Estas variables presentaron solo oscilaciones estacionales asociadas a los cambios de intensidad de la surgencia costera.

La biomasa fitoplanctónica presentó las variaciones estacionales propias de la zona, es decir, las mayores agregaciones de pigmentos vegetales se encontraron asociadas a la zona costera no excediendo las 20 mg; con concentraciones características de sistemas altamente productivos especialmente en otoño y primavera para presentar en el período de verano, una baja pronunciada en sus niveles de concentración debido a la presencia de



masas de agua más cálidas que desde el punto de vista de la producción biológica son clasificadas como oligotróficas.

La asociación poco significativa entre la distribución de la cloa superficial y la cloaint, se debió a que la biomasa se mantuvo entre la superficie y los 10 m de profundidad, sin llegar la isolínea de 1 $\mu\text{g/L}$ hasta los 25 m, salvo en contadas ocasiones, obteniéndose valores de integración muy bajos ($< 50 \text{ mg/m}^2$).

La amplia distribución espacial, aunque somera, de la cloa en las transecta 5 y 1, en mayo y septiembre, en las que, las altas agregaciones de cloa llegaron hasta las 20 mn de distancia de la costa, señalaron la presencia de procesos de circulación intensos que transportaron la biomasa hacia la zona oceánica, dando origen a la formación de un gradiente intenso y continuo de cloa, desde la zona nerítica hasta la oceánica.

Existió un importante efecto de la estructura térmica del sistema sobre la distribución y acumulación de la biomasa vegetal y el campo físico, corroborándose especialmente el efecto significativo de los frentes costeros térmicos sobre la estructura biológica de la columna de agua, los que permiten la acumulación y estabilización de parcelas de agua con una alta oferta de alimentación disponible para los estadios tempranos de pequeños peces pelágicos.

Para el período comprendido entre el invierno de 1995 y el verano de 2001, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general levemente ascendente, con cuatro picks de abundancias significativamente importantes ($> 18.000 \text{ huevos/10m}^2$), los que se han registrado en el período de primavera de 1996 y 1997, invierno de 1998 y primavera de 2000.

Las drásticas disminuciones en la intensidad del desove se han observado durante los períodos de verano - otoño de 1997, otoño de 1999 y 2000. Con respecto a su distribución, esta ha sido eminentemente costera a excepción de las primaveras de los



años 1998 y 1999 y los inviernos de 1999 y 2000, donde se pudo apreciar una mayor cobertura longitudinal.

Las máximas abundancias de huevos de anchoveta se reportan 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 en el período estival con el área lindante al río Loa.

Las larvas de anchoveta 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.

Las mayores frecuencias de estaciones positivas para larvas de anchoveta (>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 como zonas de desove cuantitativamente importantes las localidades de Arica e inmediaciones del río Loa.

Para sardina se determinó la presencia de 5 registros positivos para ambos estadios de desarrollo, en los cuales se colectaron 11.980 huevos y 4.395 larvas/ 10m². Estos niveles de abundancia reflejan que esta especie presentó en la zona de estudio una baja actividad reproductiva. Cabe destacar que durante el crucero de primavera de 2000, se colectó más del 94% de los huevos censados durante la ejecución del proyecto y para el caso de las larvas, el 36,6% del total se colectó en otoño de 2000 y el 63,3% de ellas en el verano de 2001.



Con respecto a jurel, se identificaron 7 registros positivos para huevos y 3 para larvas con totales de 4.345 huevos y 265 larvas/10m², correspondiéndose estos registros con el período estival, es decir, primavera 2000 - verano 2001. Cabe señalar que durante el transcurso de los cruceros de otoño e invierno de 2000 no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de esta especie.

En relación a caballa, la presencia de huevos y larvas de caballa se corresponde con los cruceros realizados en primavera de 2000 y verano de 2001, revelando el carácter estival del desove de esta especie, donde fue posible determinar 5 registros positivos para la fase de huevos y 3 para larvas con totales de 1.080 y 96 especímenes/10m², respectivamente; no registrándose estaciones positivas para huevos y larvas de caballa durante los cruceros de otoño e invierno de 2000.

En el plano superficial, los huevos de la especie se ubican mayoritariamente entre los 15 y 22°C, con una clara preferencia por los 15-18°C. En tanto, que las larvas se localizaron entre los 14 y 22°C, con una clara inclinación por el rango 16-20°C.

En cuanto a las salinidades, los huevos de anchoveta se distribuyeron principalmente entre 34,6 y 35,0 psu, con una predilección por los 34,7 y 34,8 psu. Por su parte las larvas se ubican en un rango más amplio que va desde los 34,4 psu hasta los 35,2 psu, con una preferencia por el rango 34,7-34,9 psu.

En general, tanto los huevos como las larvas se encuentran en las proximidades de sectores de aguas frías (surgentes) y de diferenciales latitudinales de TSM altos y moderados. En cuanto a la relación de las larvas de anchoveta y el gradiente térmico, las curvas ajustadas indican que las mayores concentraciones de larvas se localizan en gradientes superiores a los 1,2 (°C/5mn).

La anchoveta fue la especie más frecuente y abundante, representando entre el 27,1% y el 72,% de las lecturas acústicas de cada crucero, siendo mayor la proporción en el invierno y menor en primavera.



La anchoveta se distribuyó de acuerdo al patrón histórico, con un aumento de las concentraciones en las áreas costeras hacia los períodos primaverales y estivales, a excepción de la reducción relativa que experimentaron sus densidades en primavera de 2000.

La anchoveta presentó el mayor índice de cobertura (IC) de los cuatro cruceros analizados, variando éste entre 3,3% en el otoño y 7,2% en el invierno.

Los índices de densidad (ID) registrados por la anchoveta variaron entre 66,7 t/mn² en la primavera y 415,8 t/mn² en el otoño.

En el sentido vertical, esta especie se localizó desde la superficie hasta los 32 m de profundidad, presentándose las mayores concentraciones en los primeros 20 m. Las isotermas límites de esta distribución variaron entre 13 y 24 °C, ubicándose preferentemente entre 16 y 19 °C en otoño-verano y desde 13 a 17°C en invierno-primavera. Las isohalinas límites de la distribución de anchoveta fueron 34,3 y 35,15 psu.

El jurel 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).

El índice de cobertura de jurel fluctuó entre 3,0 y 8,6% siendo menores en invierno - verano y mayores en el otoño; fluctuando sus índices de densidad entre 80,2 t/mn² en el verano y 213,4 t/mn² en el otoño.

Batimétricamente, el jurel se detectó entre los 6,5 y 145 m, alcanzando una profundidad máxima en la primavera de 2000, registrándose típicamente entre los 10 y 30 m. Las isotermas que limitaron la distribución del jurel fluctuaron entre 12 y 25°C, con rangos similares para otoño y primavera entre 12 y 20,7°C mientras que en verano los valores extremos estuvieron entre 16,4 y 25°C.

La sardina sólo se detectó con altos niveles gregarios en el otoño y primavera, con índices de cobertura comprendidos entre 0,3 a 0,6% e índices de densidades entre 271,3 y



2.596,8 t/mn². La caballa también tuvo una presencia similar a la de sardina con un IC entre 0,1 en primavera-verano a 0,8% en el invierno e ID entre 22,5 y 330,2 t/mn².

El análisis de la composición y abundancia del zooplancton mostró la presencia de 17, grupos zooplanctónicos en otoño, 16 en invierno, 16 en primavera de 2000 y 17 en el verano de 2001, con abundancias globales para la zona de estudio iguales a 28.294.422, 11.599.918, 20.148.155 y 39.499.735 individuos/1000m³, respectivamente .

En otoño de 2000, el plancton estuvo dominado principalmente por copépodos con una dominancia de 90,22%, seguido por quetognatos y larvas de apendicularias, grupos que presentaron porcentajes de dominancia radicalmente bajos respecto a los copépodos, le siguen en importancia los poliquetos y los eufáusidos, exhibiendo los estomatópodos el valor más bajo de dominancia.

En invierno el plancton de la zona de estudio vuelve a estar dominado por copépodos con una dominancia de 92,43%, seguido por los ostrácodos y eufáusidos, grupos que presentaron porcentajes de dominancia iguales a 2,01% y 1,76%, apreciándose con respecto al otoño una drástica disminución de un 59% en la abundancia del zooplancton. El resto de los grupos determinados presentaron porcentajes de dominancia que fluctuaron entre 0,02 para los estomatópodos y 0,94 en los quetognatos .

Durante el crucero de primavera 2000, los niveles de abundancia del zooplancton se incrementan presentando con respecto al invierno precedente una tasa de cambio del orden de 73,6%, exhibiendo una disminución con respecto al crucero de mayo igual a 28,8%. El grupo de los copépodos continúa siendo el dominante con un porcentaje de dominancia igual a 96,5%.

En el verano de 2001, se consignan las más altas abundancias de zooplancton del período de estudio, las que presentaron con respecto a los cruceros precedentes tasas de cambio iguales a 39,6%, 240% y 96% para las estaciones de otoño, invierno y primavera de 2000, respectivamente.



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 102 a 127. Boletín de Alerta Climático. Marzo 1999 a Abril 2001. Comisión Permanente del Pacífico Sur.
- 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.
- 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. 1996. Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile, Informe Interno para IFOP.
- 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., 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 y J. Castillo 1999. Monitoreo bioceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II Regiones. Informe Final Proyecto FIP N°97-02, 131 pp, 122 Figuras, 14 Tablas.
- Braun, M., H. Reyes, J. Osses , J. Castillo, V. Valenzuela y M. Espejo 2000a. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones. Pre Informe Final Proyecto FIP N°99-01, 165 pp, 91 Figuras, 15 Tablas.
- Braun, M., H. Reyes, J. Osses y J. Castillo 2000b. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2000. Primer Informe de Avance Proyecto FIP N°2000-01, 63 pp, 21 Figuras, 4 Tablas.
- Braun, M., H. Reyes, J. Osses y J. Castillo 2000c. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2000. Segundo Informe de Avance Proyecto FIP N°2000-01, 71 pp, 28 Figuras, 6 Tablas.
- 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.

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.

Foot, K., H.Knudsen, G.Vestnes, D. Mac Lennan and J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. ICES Cooperative Research Report 144, Palaegade 2, 1261 Copenhagen K, Denmark.

Frontier, S.1966. Zooplancton de la región de Nosy-Bé I(Programa des 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. Rose, S. Weitzman y G. Myers. 1966. Phyletic studies of teleostean fishes, with a provisional classification of living forms. An. Mus. Nat. Hist., Bull 131(4):341-455.
- 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.
- 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.
- Palma, S. y S. Rosales. 1995. Composición, distribución y abundancia estacional del macroplankton 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.
- 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.
- Robertson, A.1970. An improved apparatus for determining, plankton volumen. Fish. Bull.S.Africa (6):23-26.
- 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 Anchoveta Peruana *Engraulis ringens*, 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos".mimeo.
- 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 og spawning of Atlanctic 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, Guyana Zool., 15:1-98.
- E. Yáñez., A. González y M. Barbieri. 1995. Estructura térmica superficial del mar asociada a la distribución espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. Invest. Mar., Valparaíso, 23:123-147.
- Yáñez. E., V. Catasti, M. A. Barbieri y G. Böhm. 1996. Relaciones entre la distribución de recursos pelágicos pequeños y la temperatura superficial del mar registrada con satélites NOAA en la zona central de Chile. Invest. Mar, Valparaíso, 24: 107-122.
- Yashnov, U.A. 1959. A new model of volume meter for rapid and precise plankton evaluation under field conditions. Zoologicheskü, Zhurnal (Moscow), 38: 1741-1744.

FIGURAS

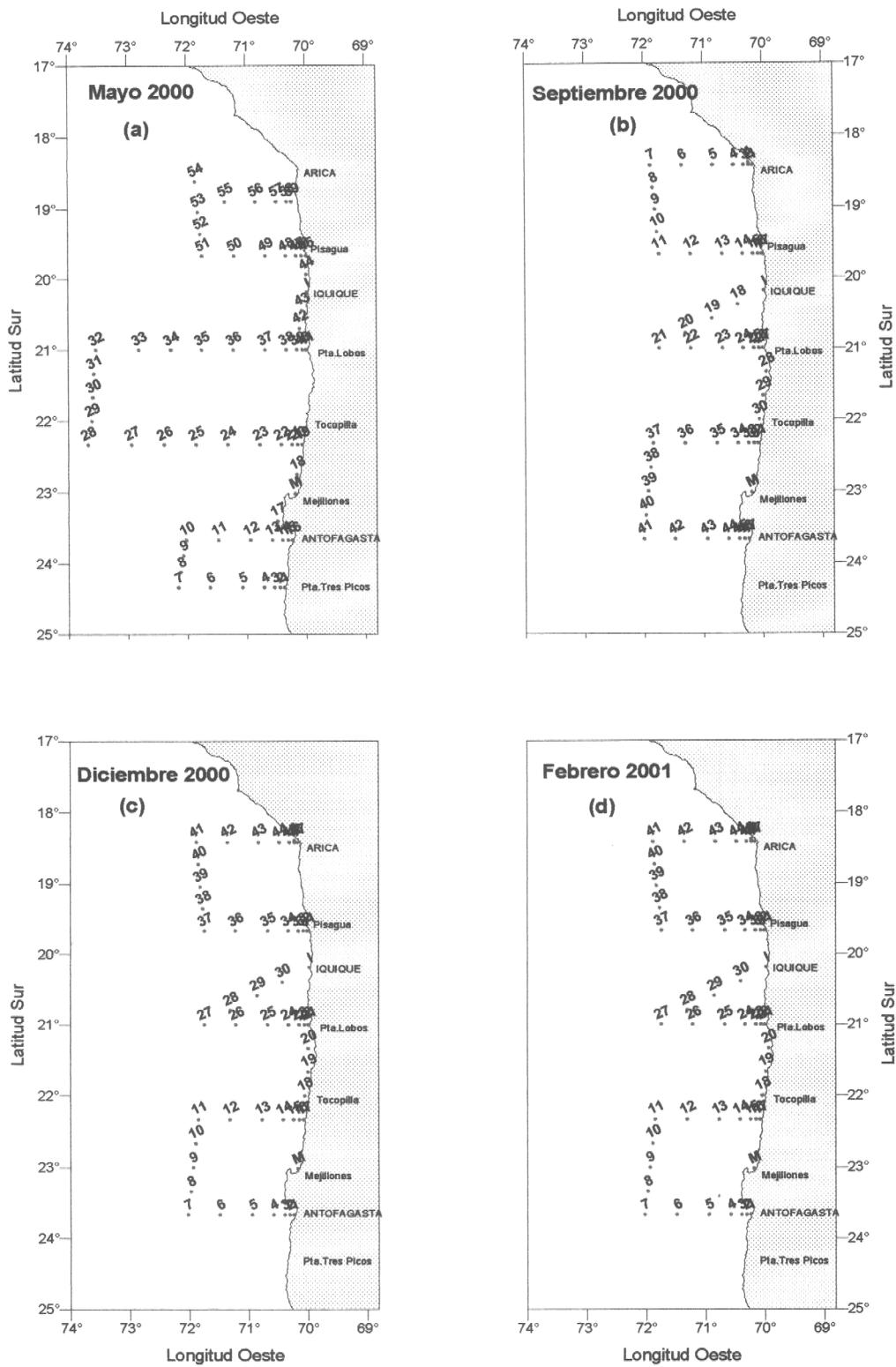


Figura 1.- Posición geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.

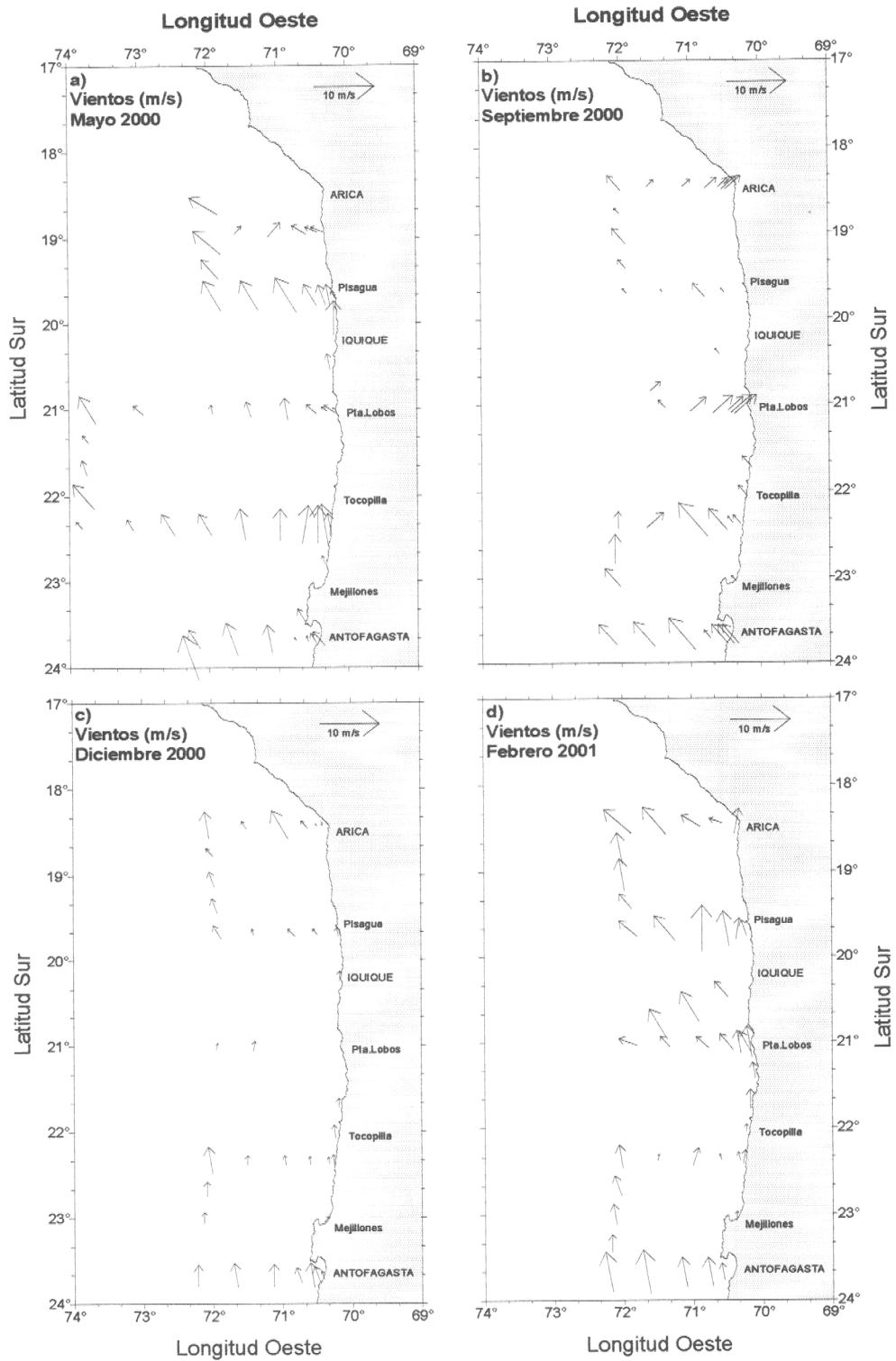


Figura 2.- Dirección e intensidad del viento (m/s) medido en las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros Trimestrales 2000 -2001

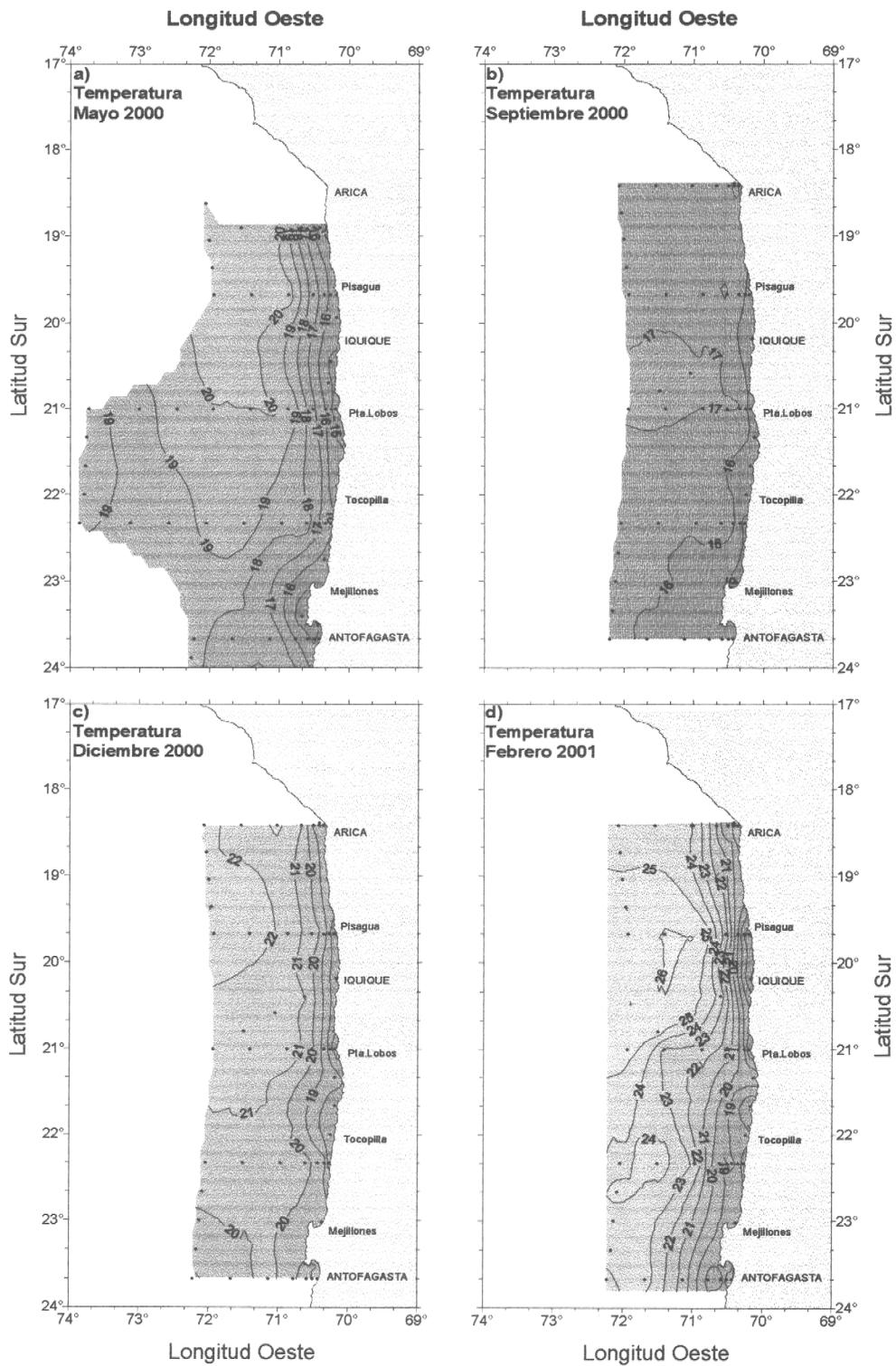


Figura 3.- Temperatura (°C) superficial del mar. Cruceros trimestrales 2000-2001.

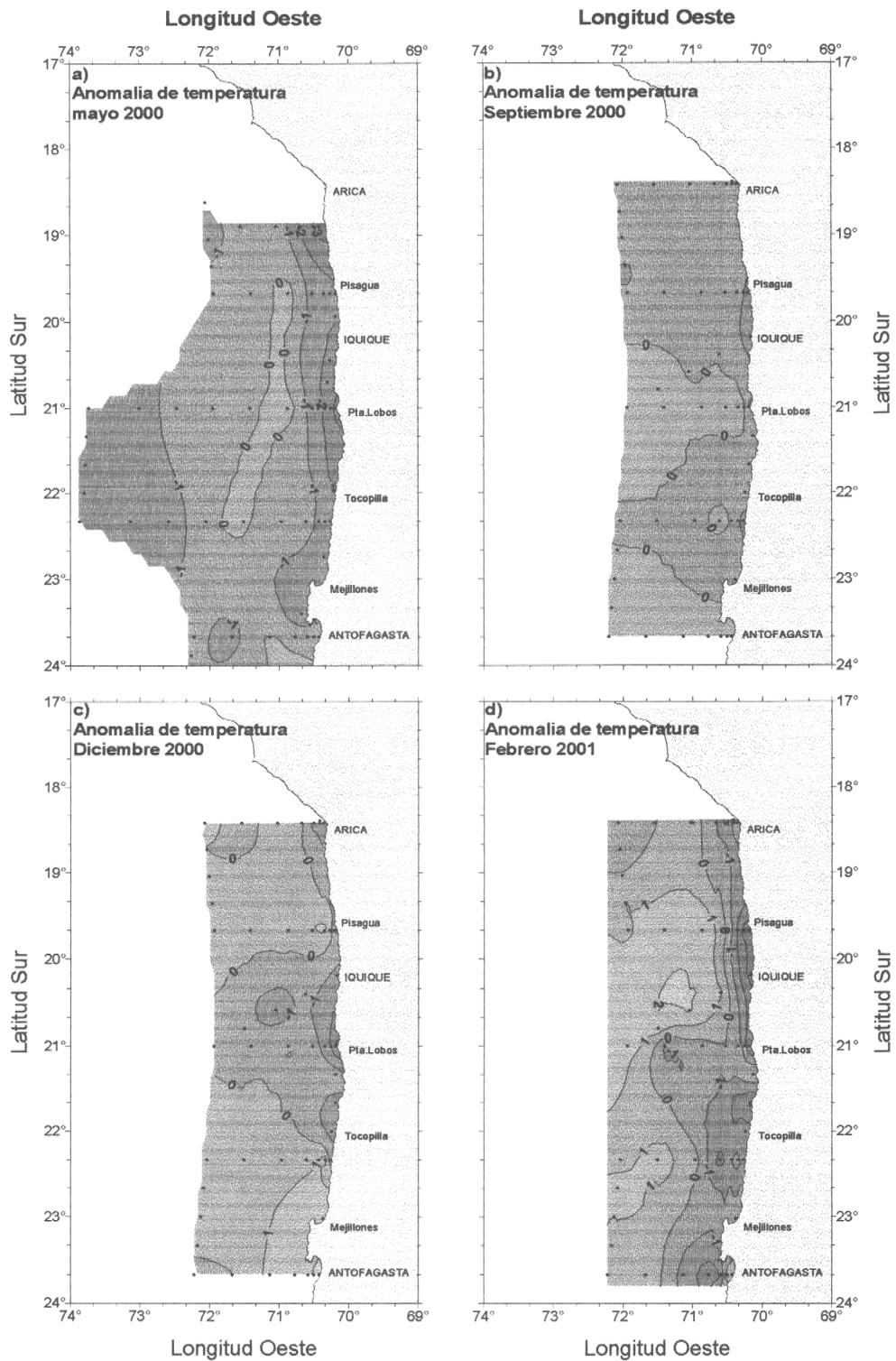


Figura 4.- Anomalia de temperatura (°C) superficial del mar. Cruceros trimestrales 2000-2001.

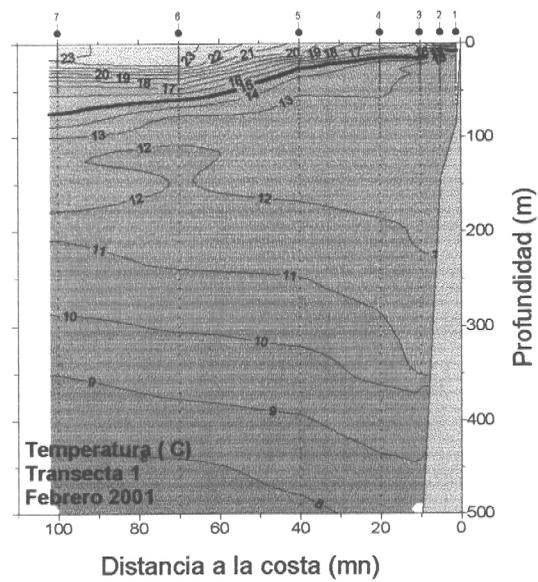
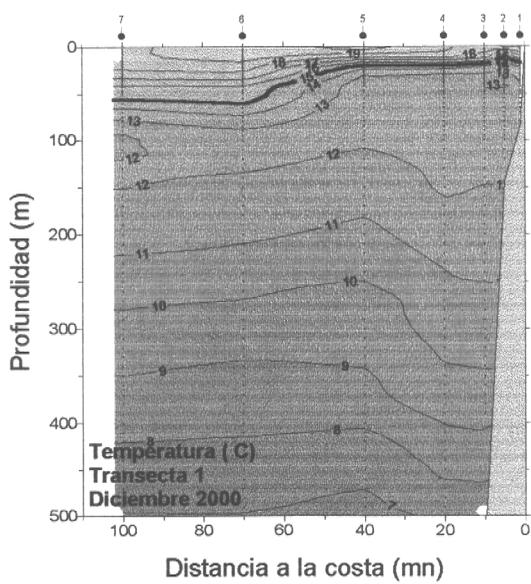
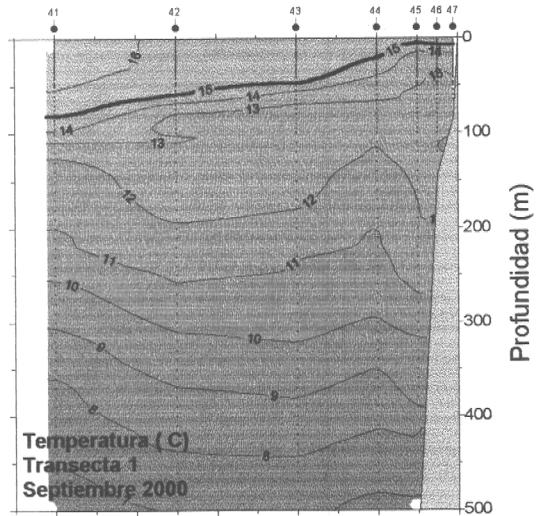
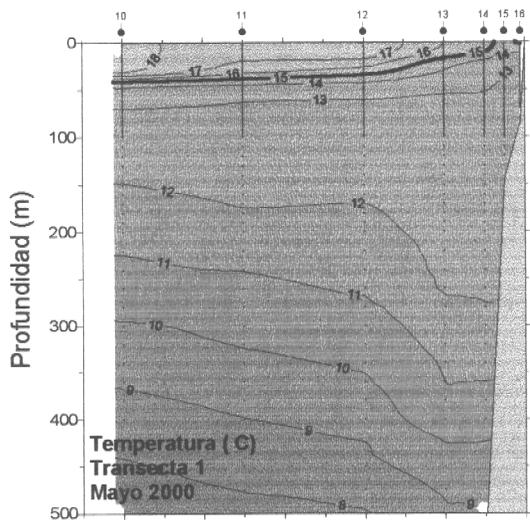


Figura 5.- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

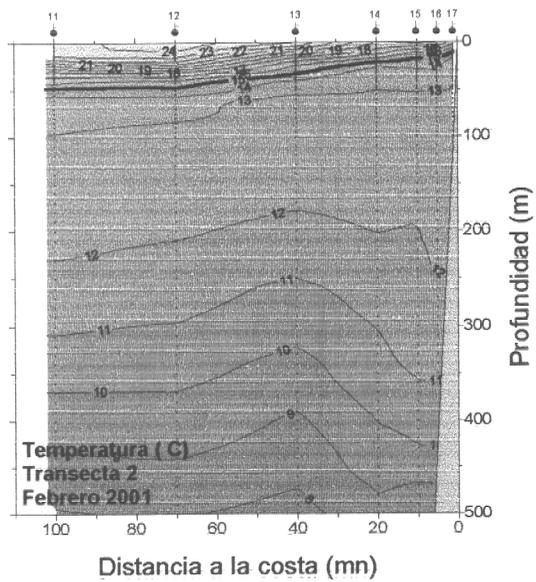
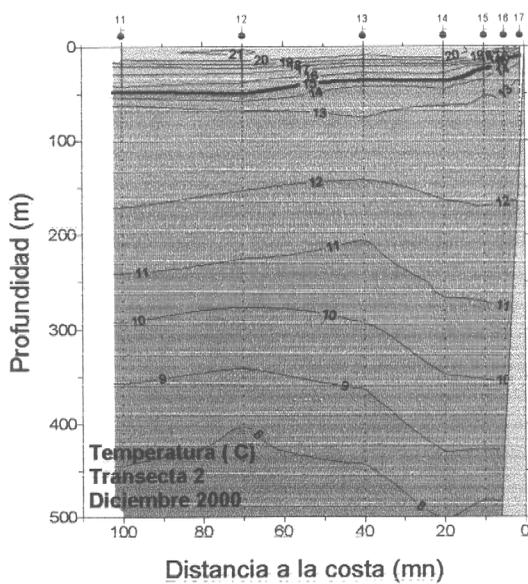
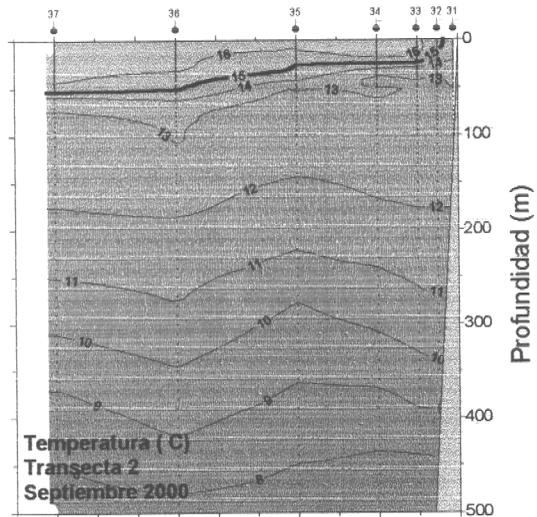
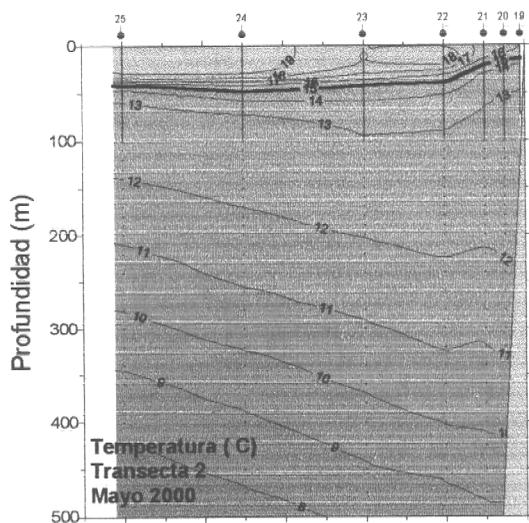


Figura 6.- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

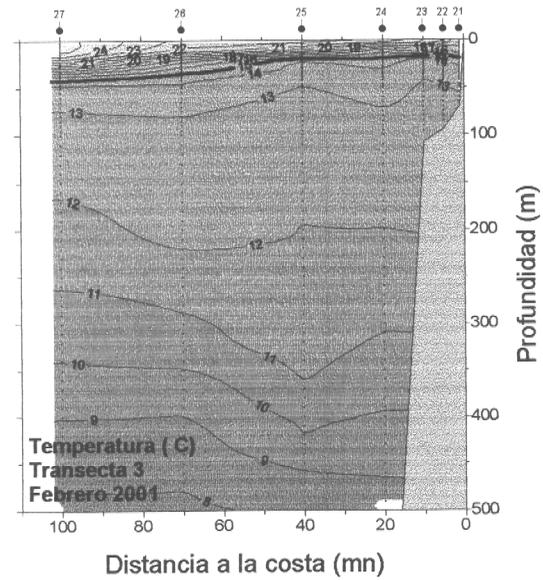
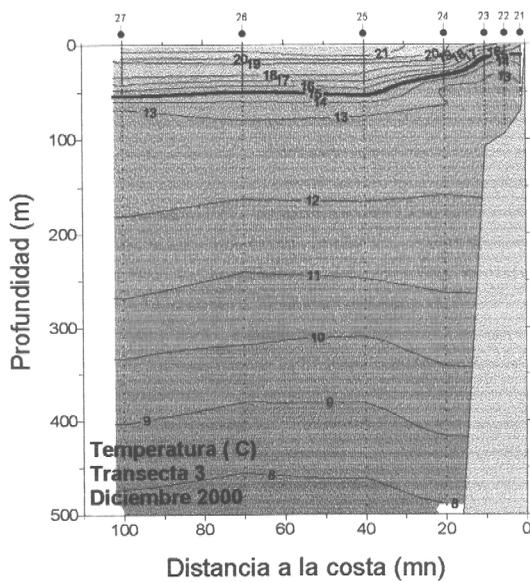
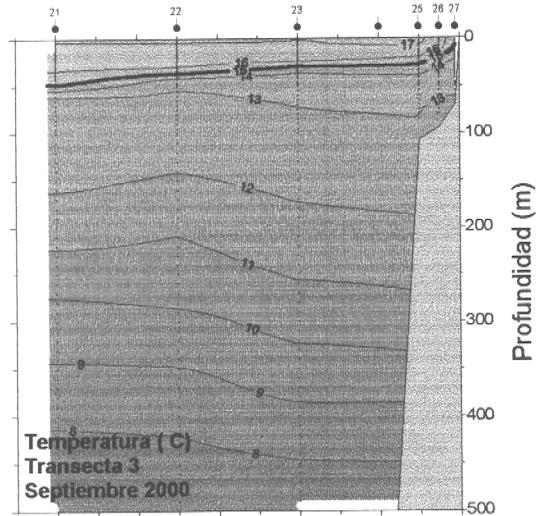
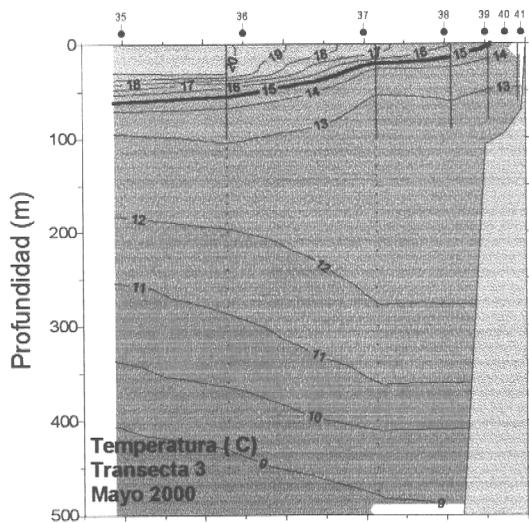


Figura 7.- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

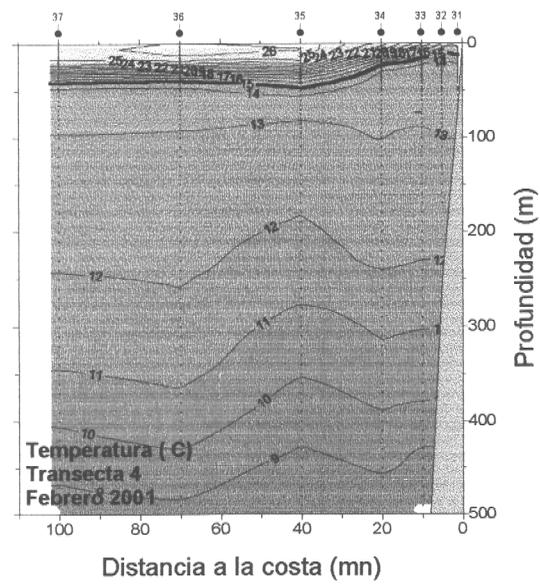
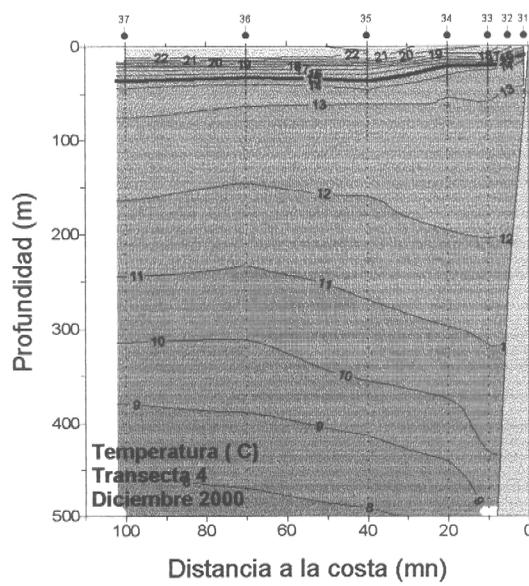
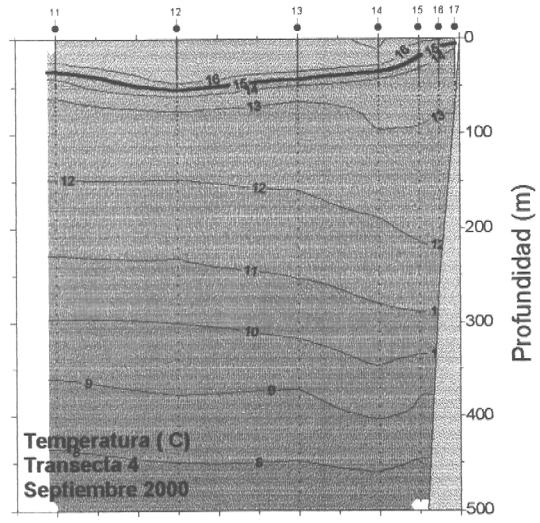
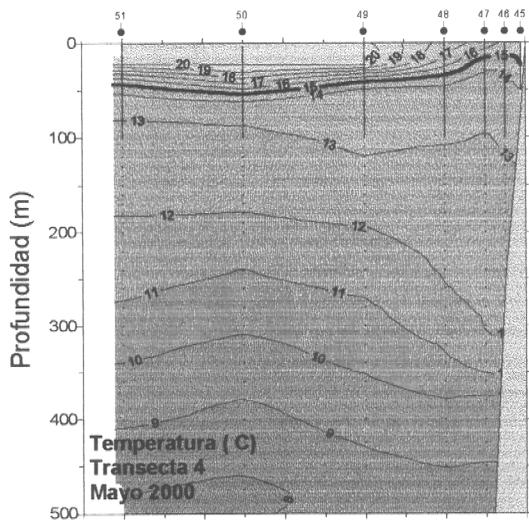


Figura 8.- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

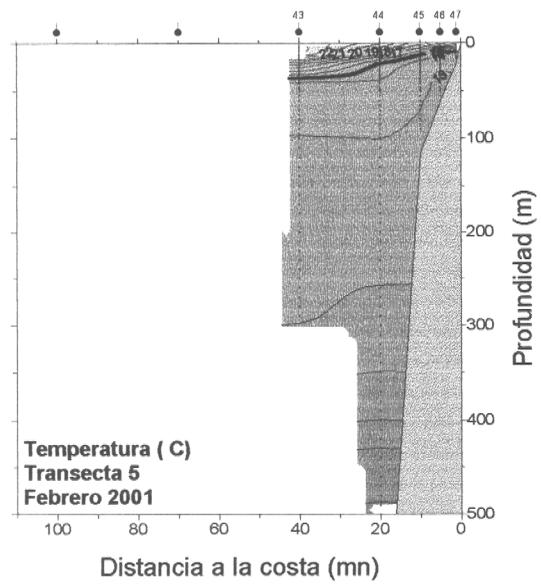
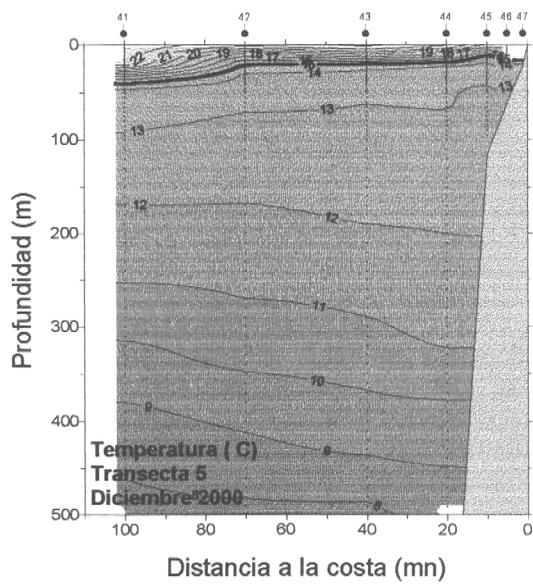
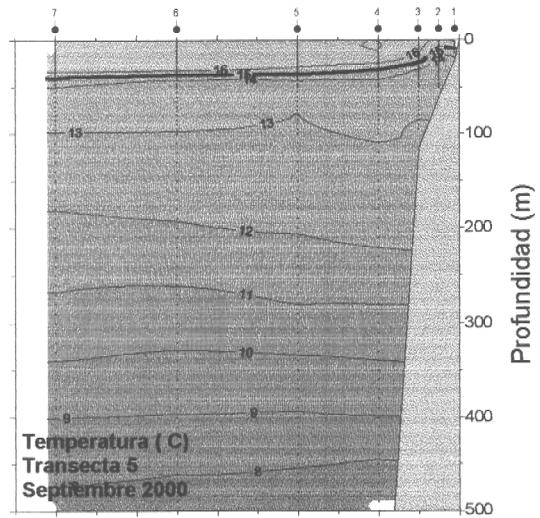
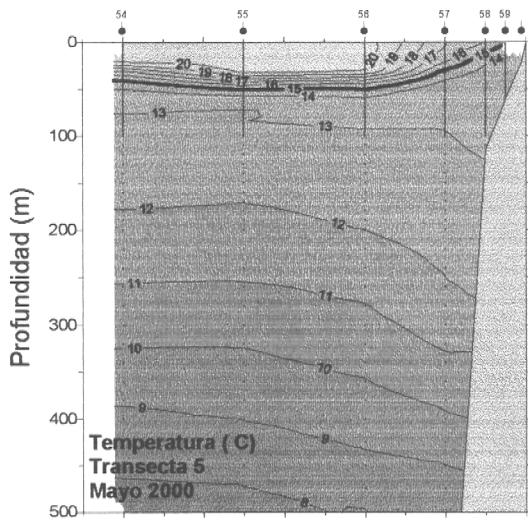


Figura 9.- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceos trimestrales 2000-2001.

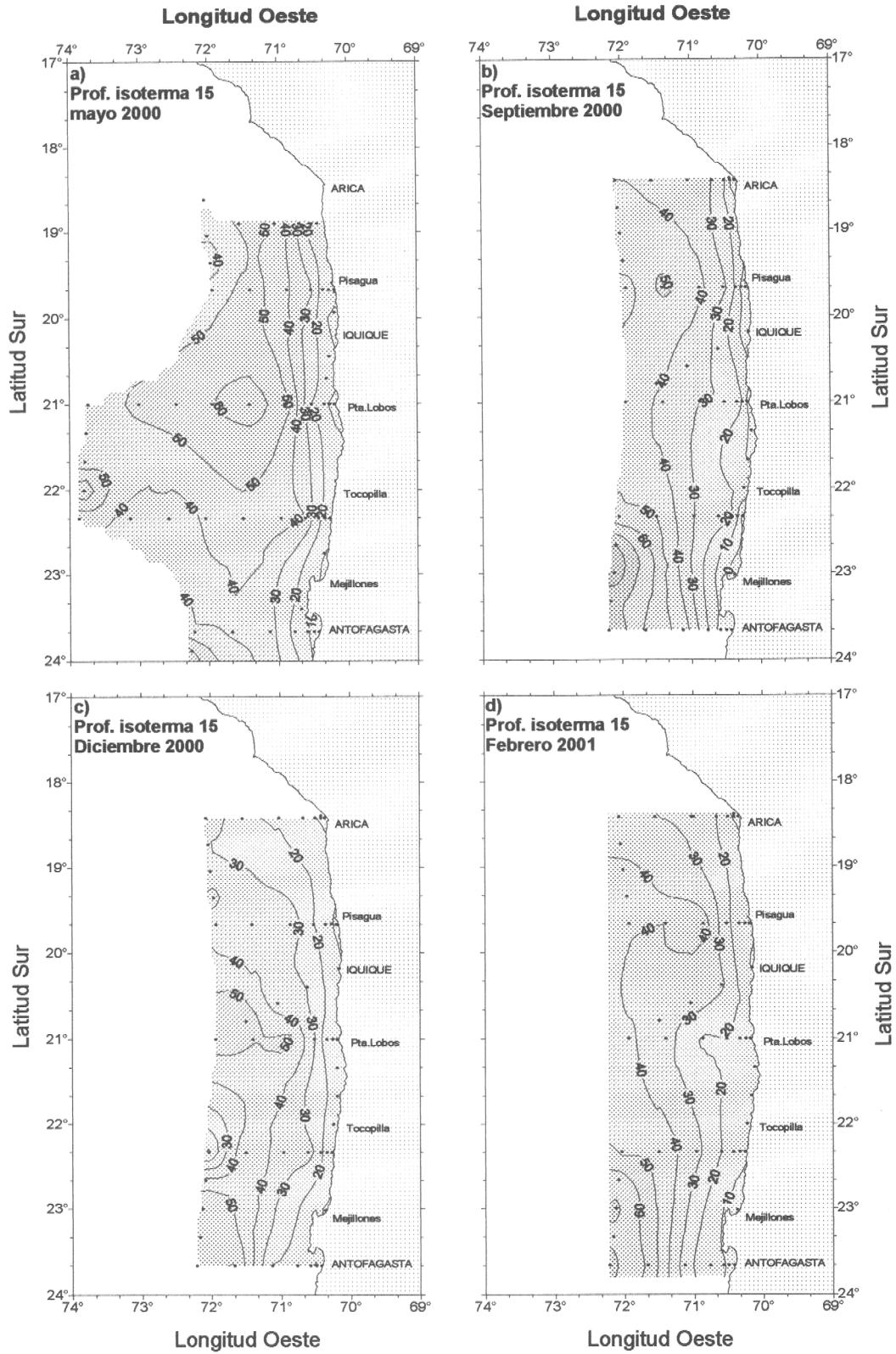


Figura 10 . Profundidad (m) de la isoterma 15°C. Cruceros trimestrales 2000 - 2001.

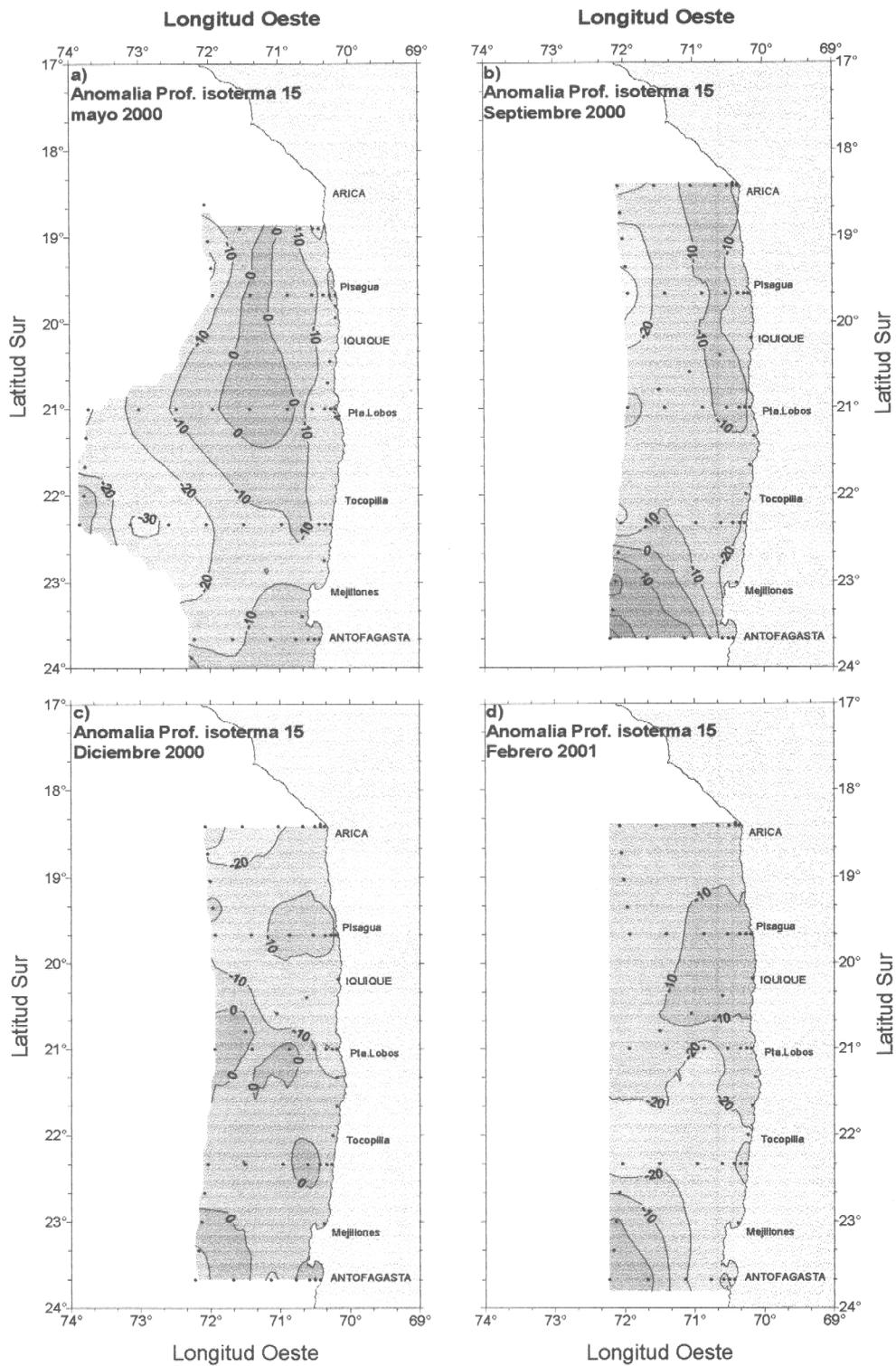


Figura 11 .- Anomalia de profundidad (m) de la isoterma 15°C. Cruceros trimestrales 2000 - 2001.

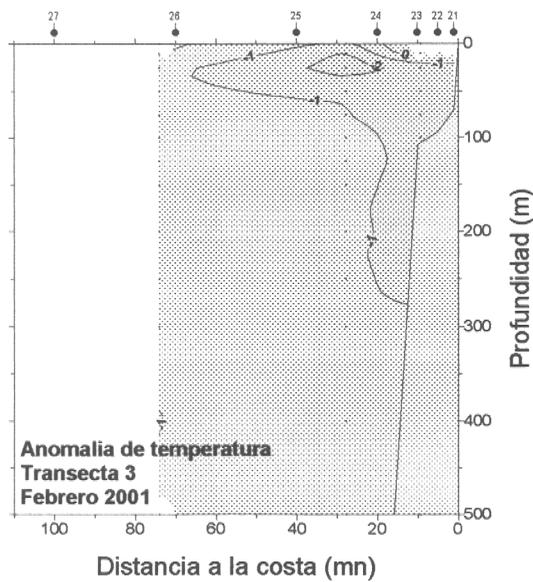
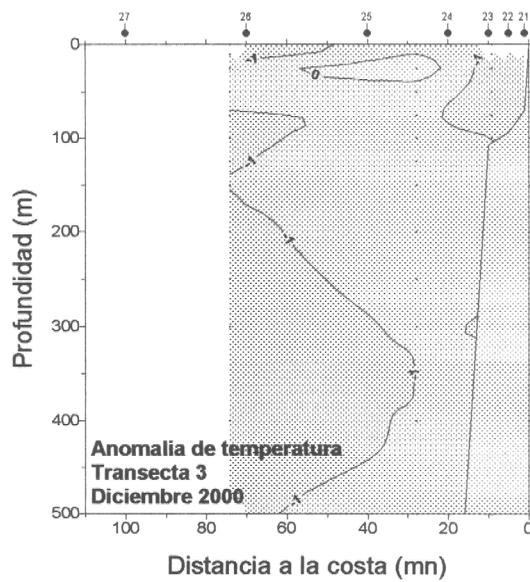
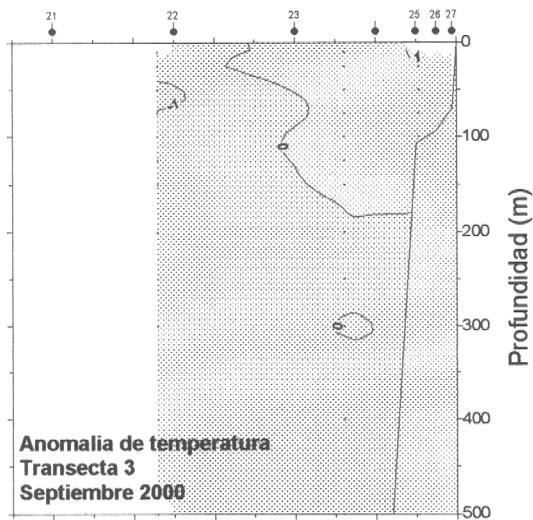
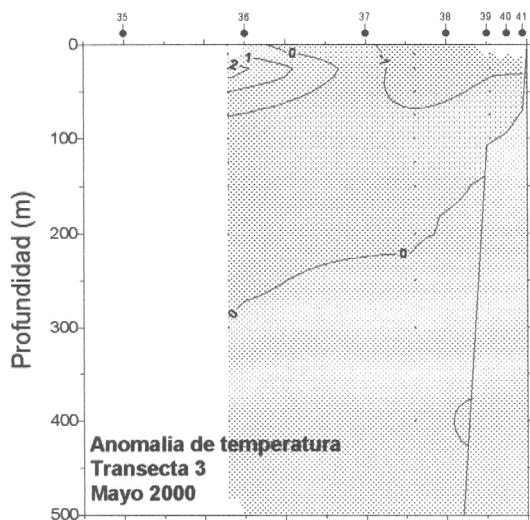


Figura 12.- Anomalia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) vertical en la transecta 3. Latitud $21^{\circ}00' \text{ S}$.
Cruceros trimestrales 2000-2001.

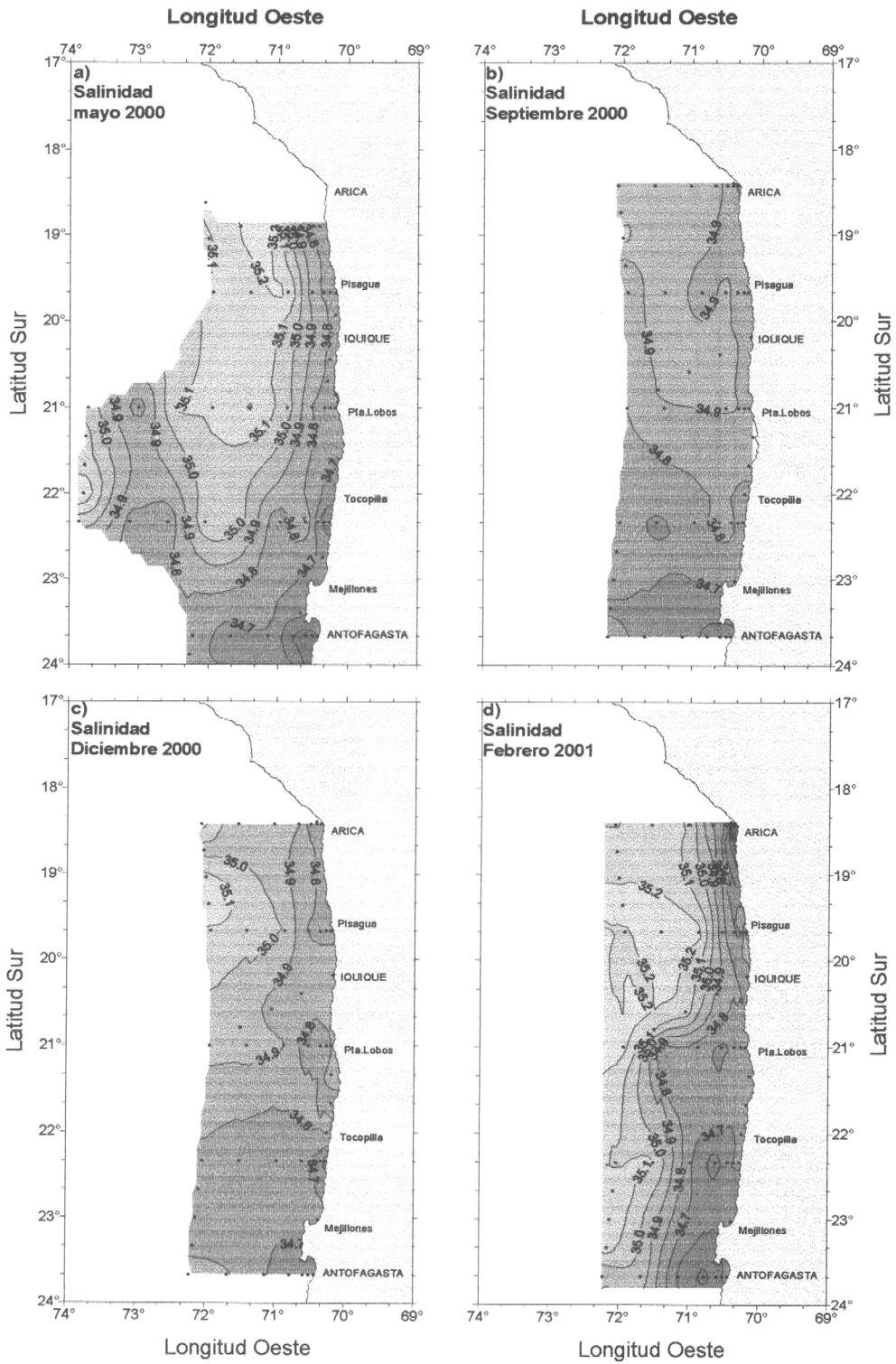


Figura 13.- Salinidad superficial (psu). Cruceros trimestrales 2000-2001.

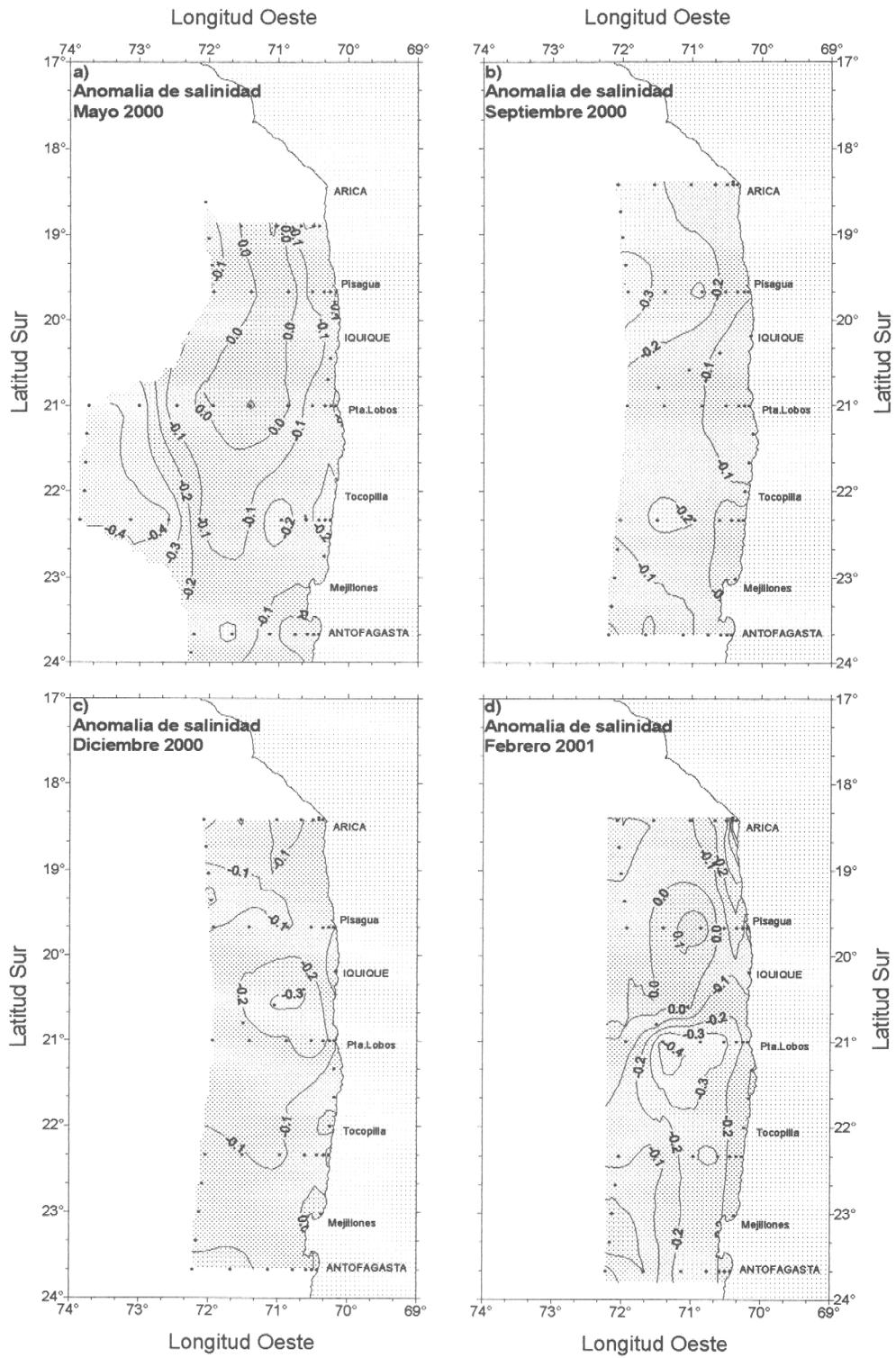


Figura 14.- Anomalia de salinidad superficial (psu). Cruceros trimestrales 2000-2001.

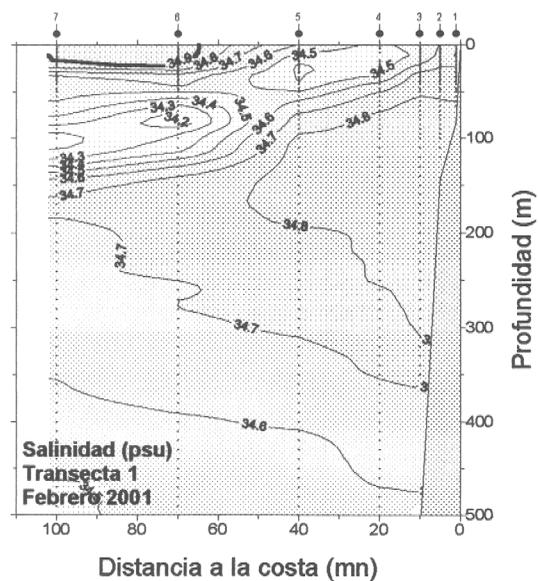
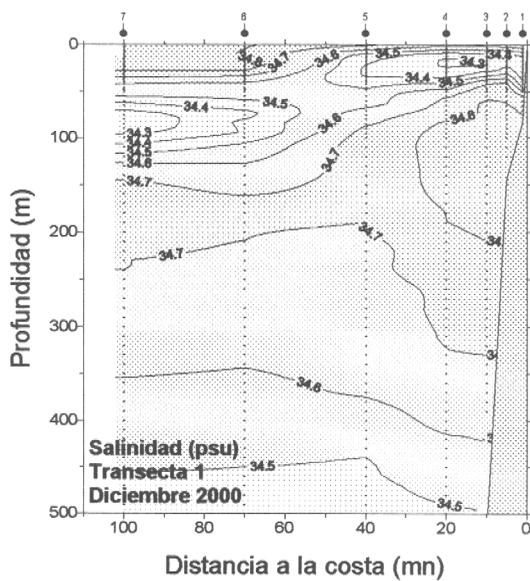
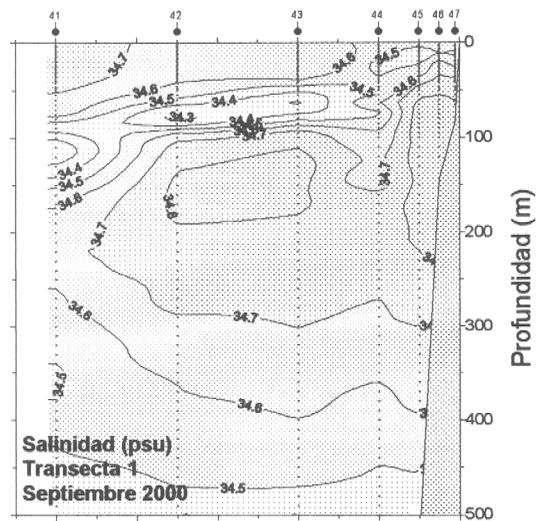
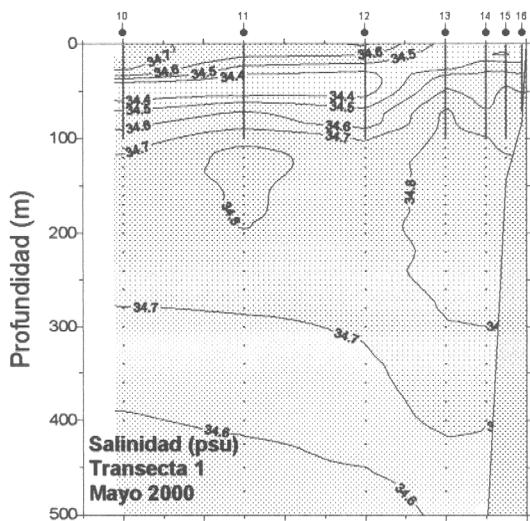


Figura 15.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

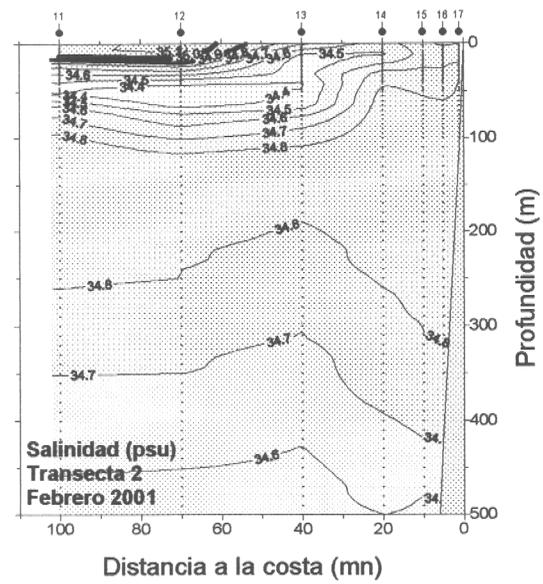
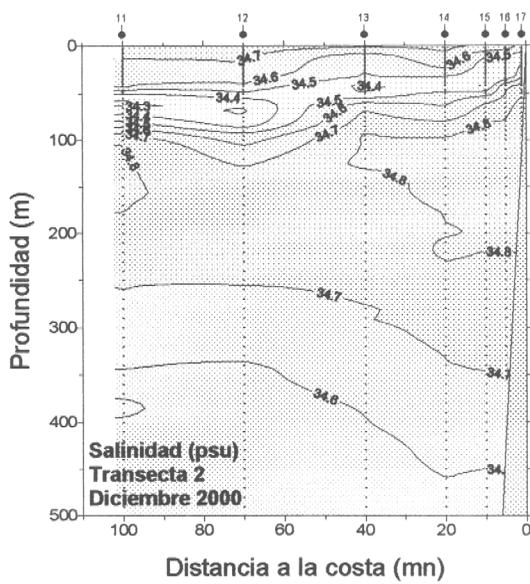
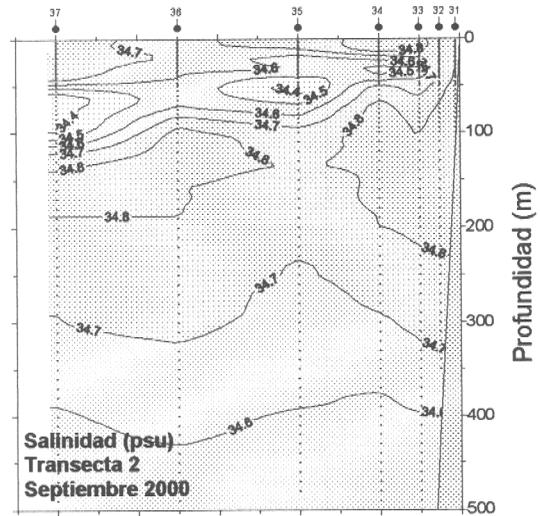
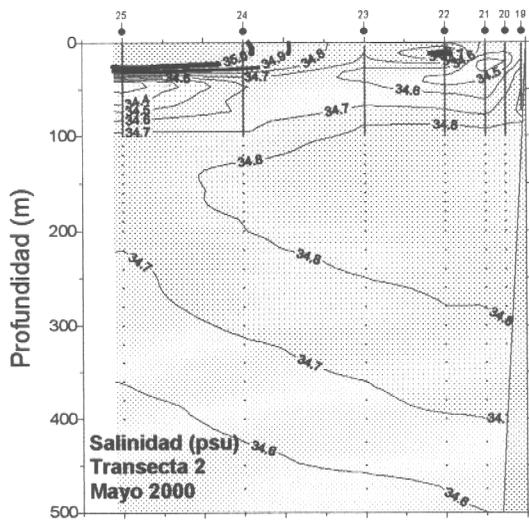


Figura 16.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

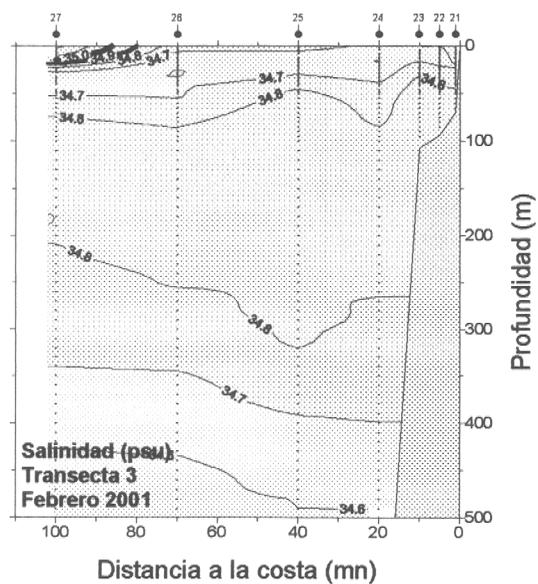
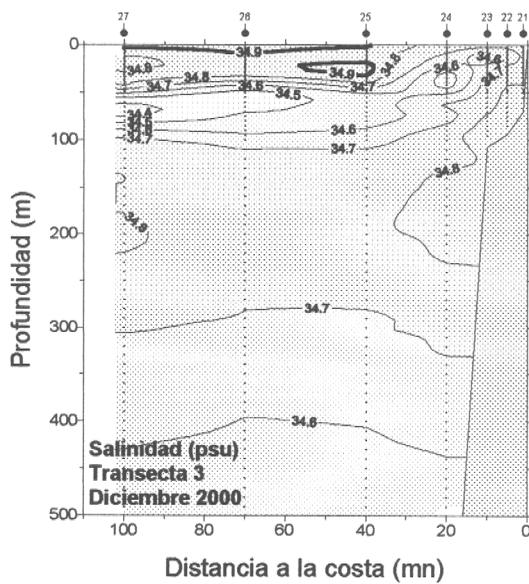
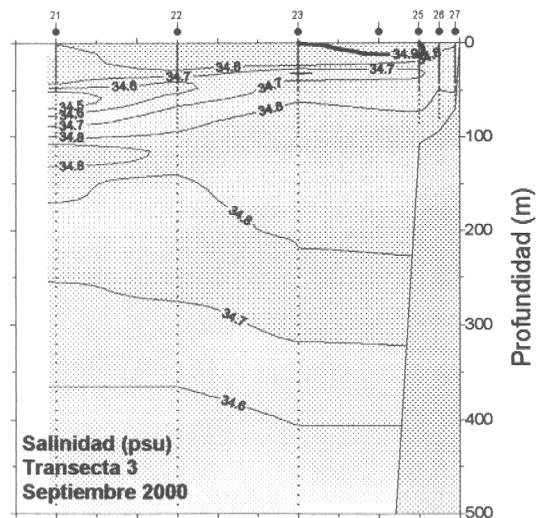
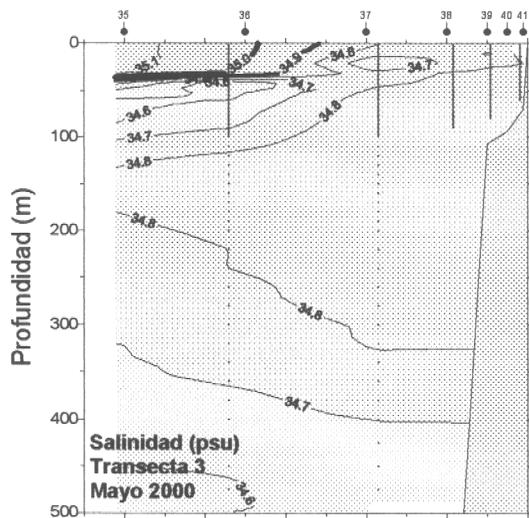


Figura 17.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

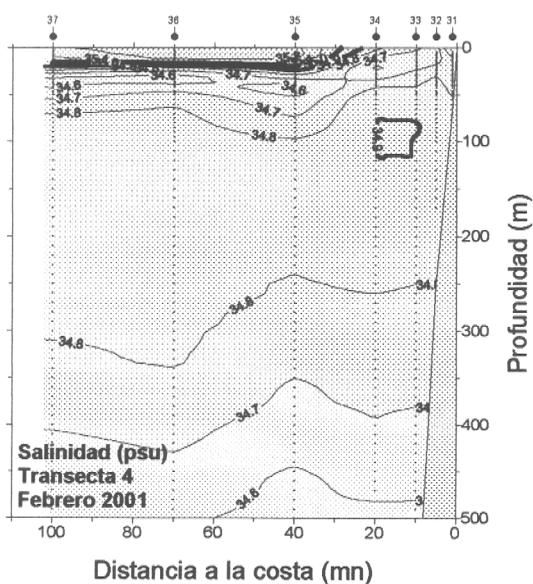
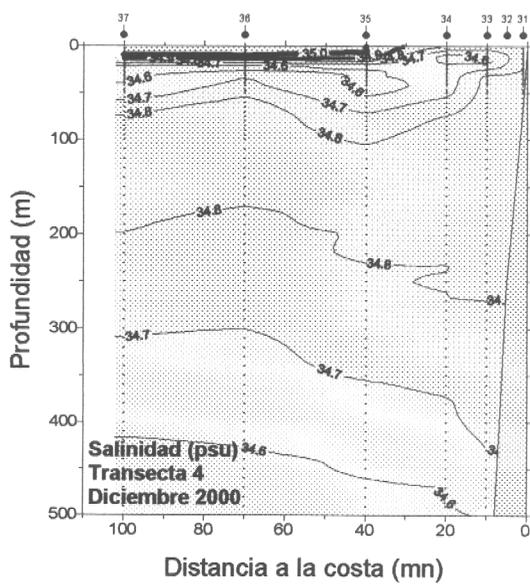
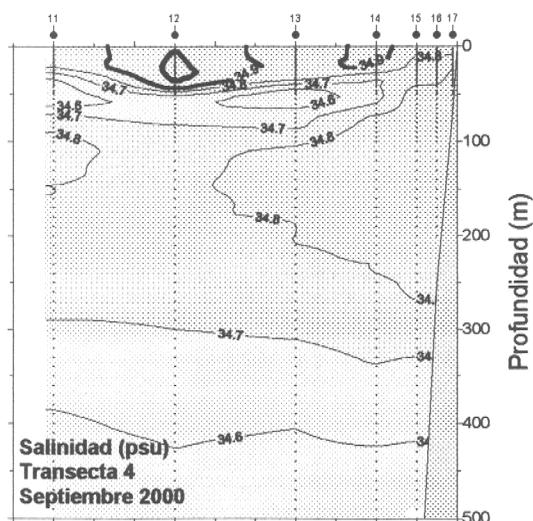
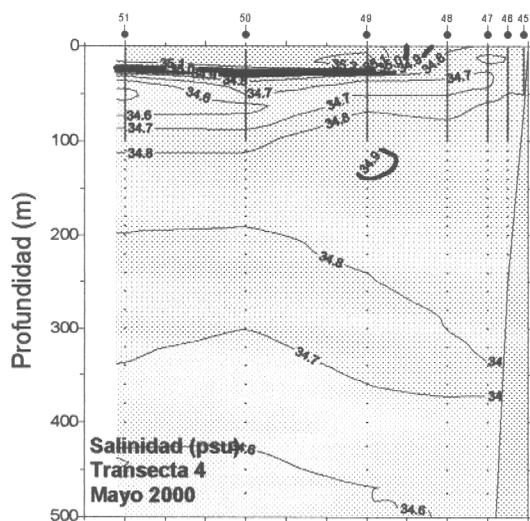


Figura 18.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

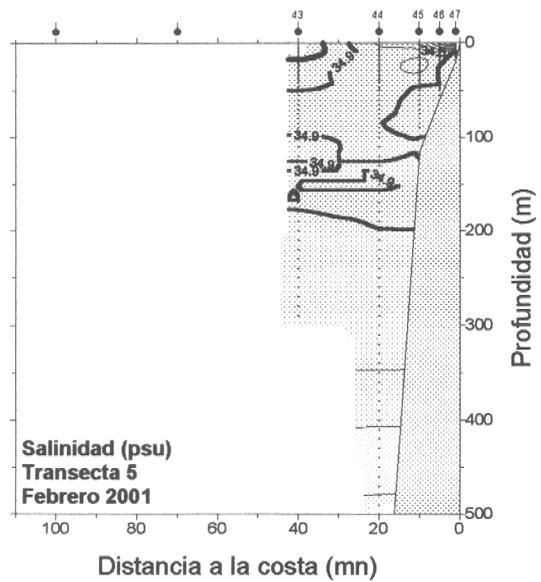
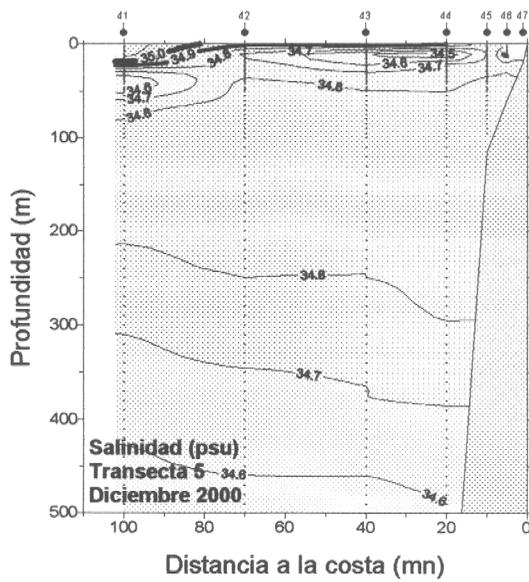
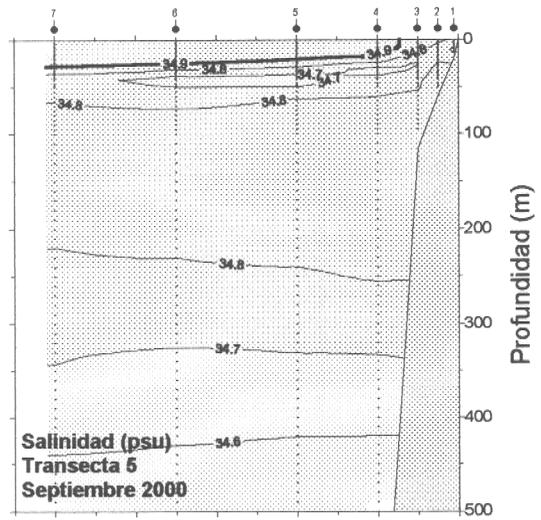
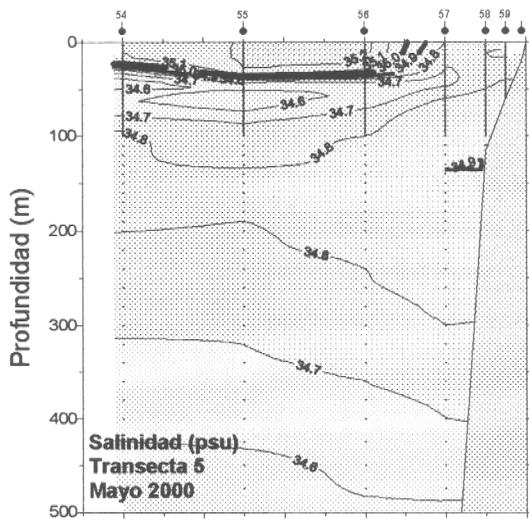


Figura 19.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

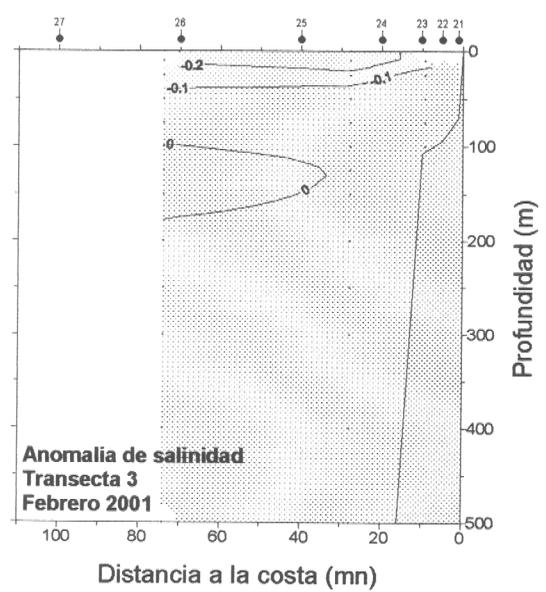
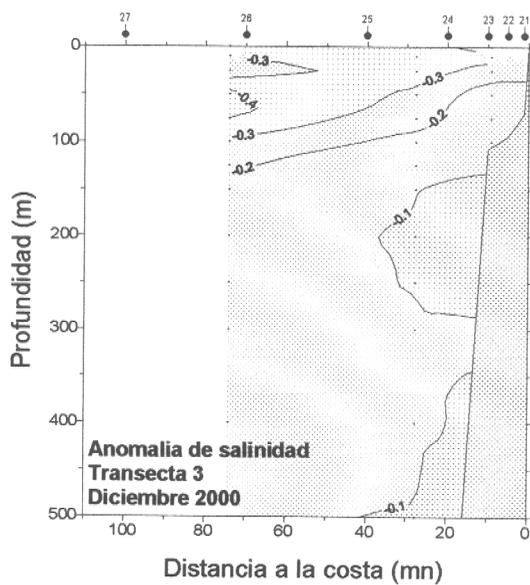
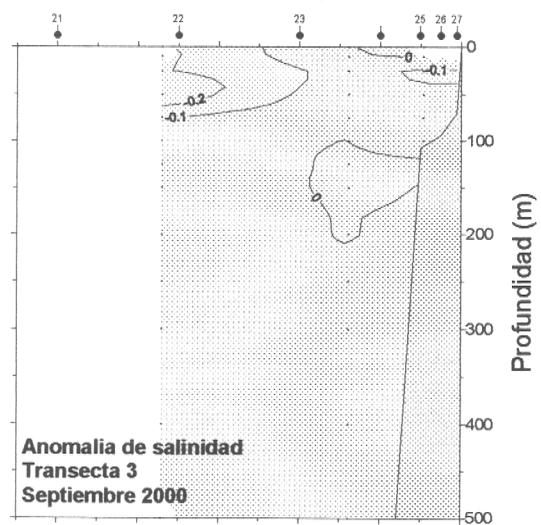
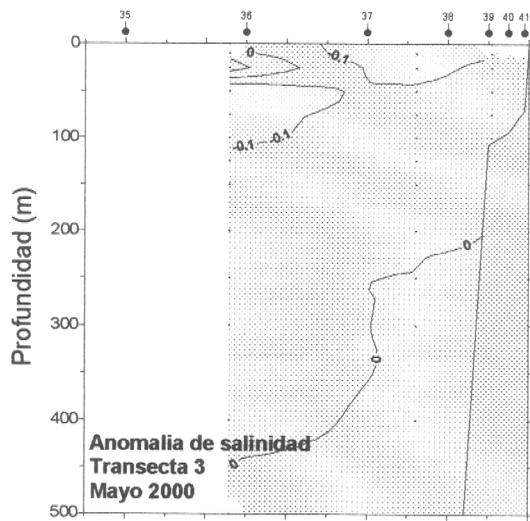


Figura 20.- Anomalia de salinidad (psu) vertical en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

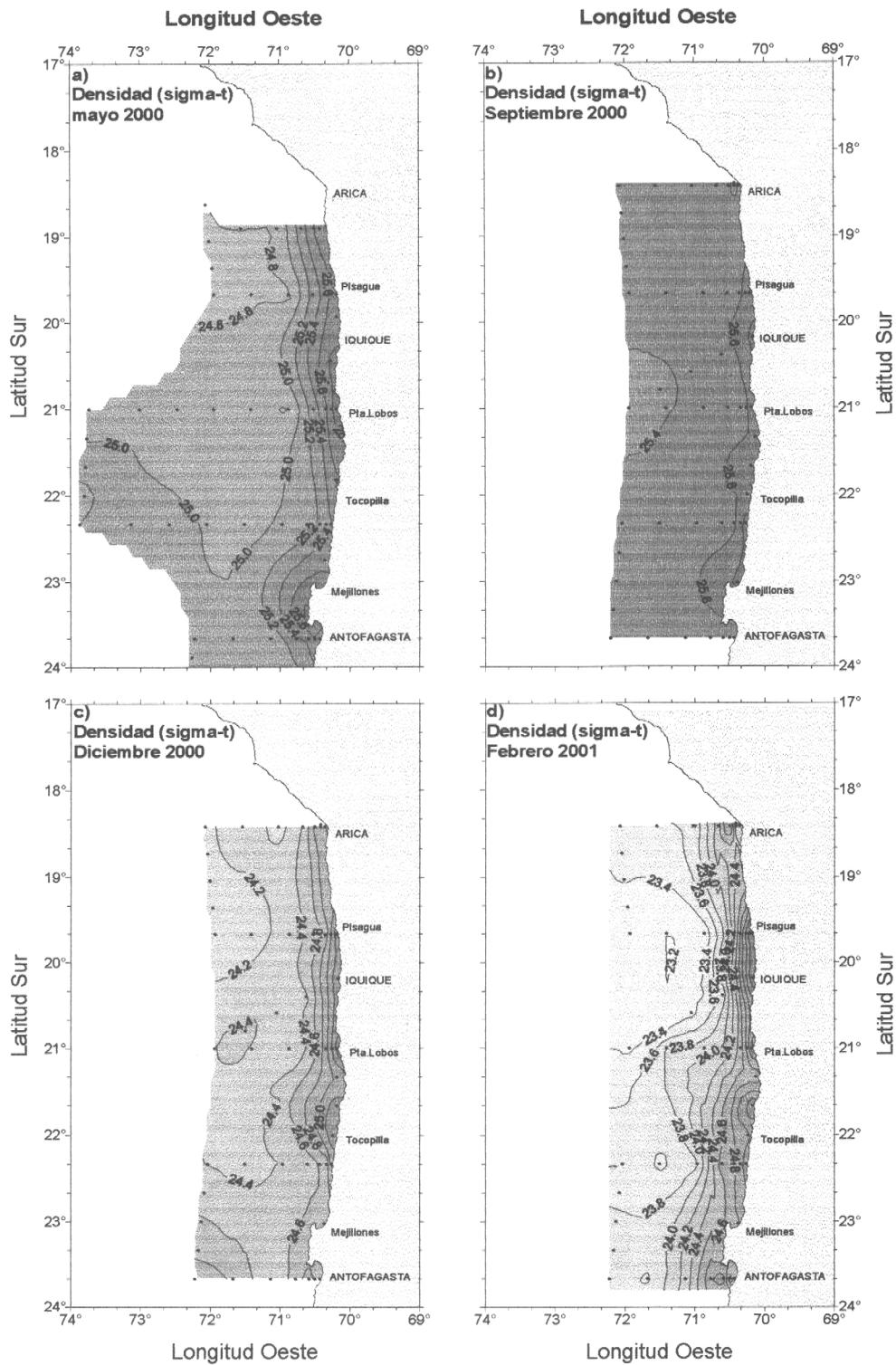


Figura 21.- Densidad (σ_t) superficial (kg/m^3). Cruceros trimestrales 2000 - 2001.

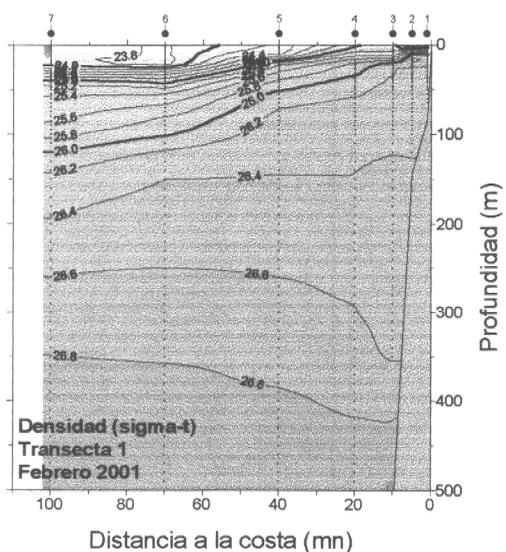
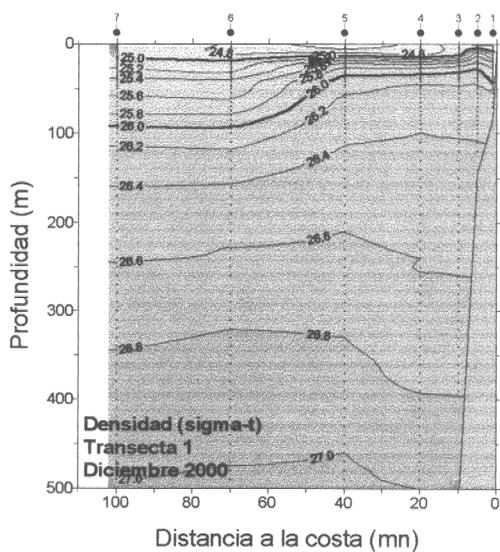
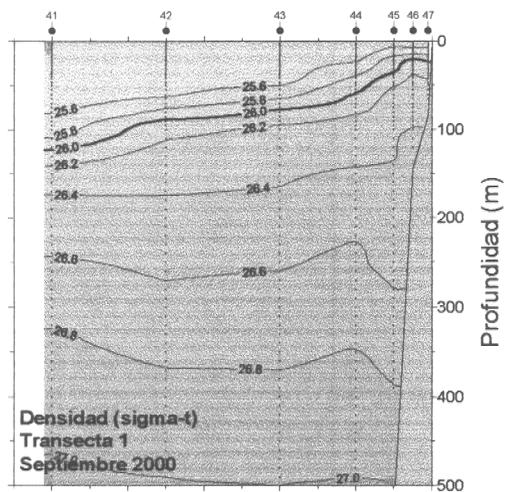
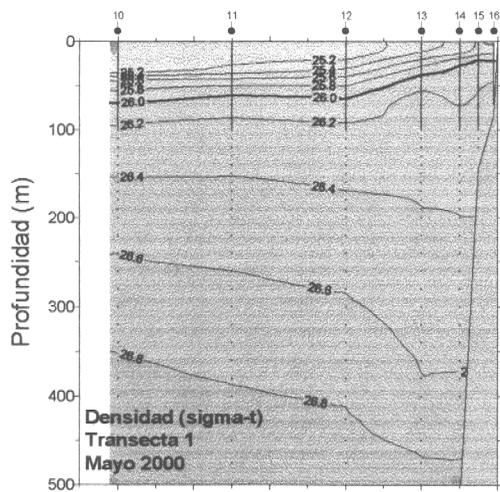


Figura 22.- Distribución vertical de densidad (σ_t)(kg/m³) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001

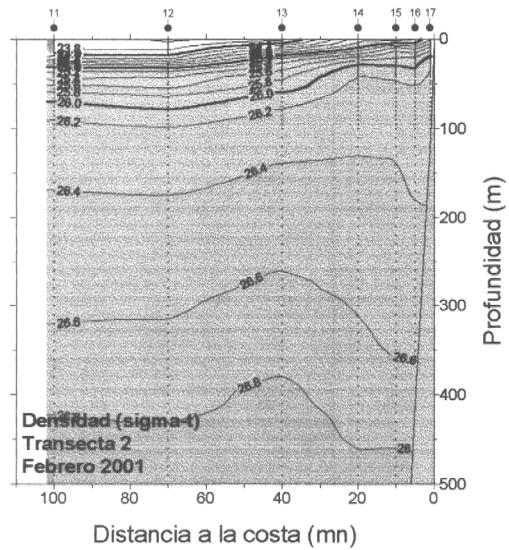
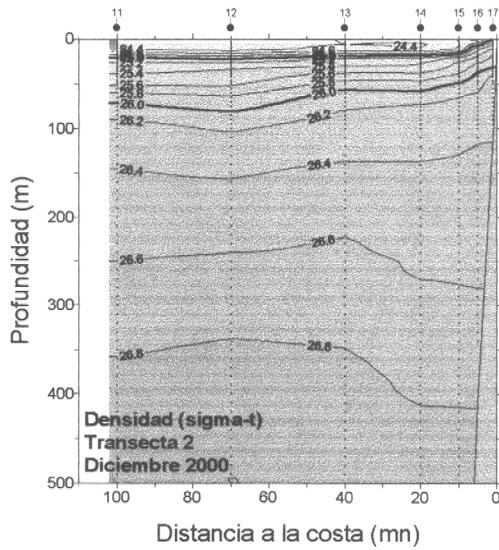
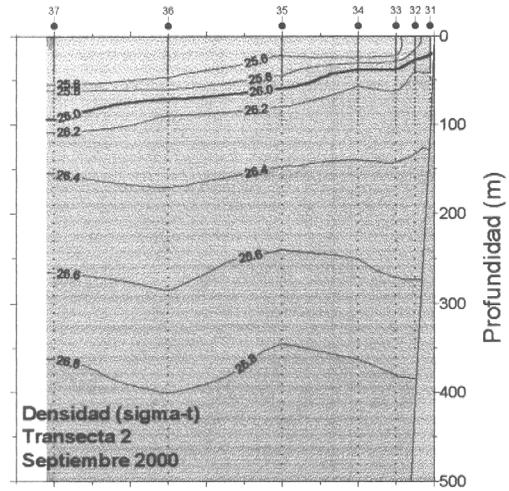
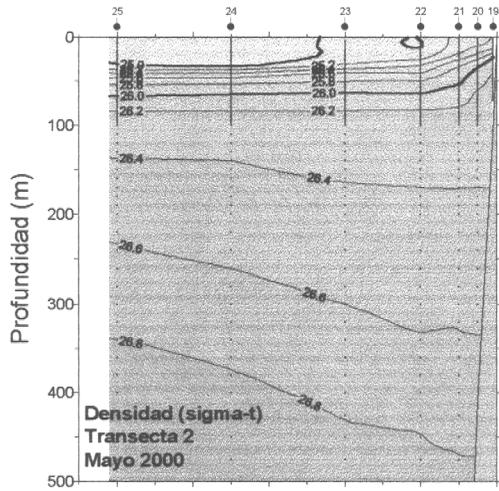


Figura 23.- Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m³) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros trimestrales 2000-2001

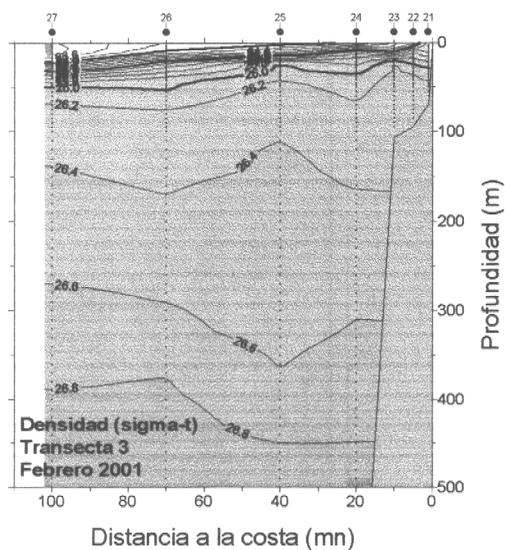
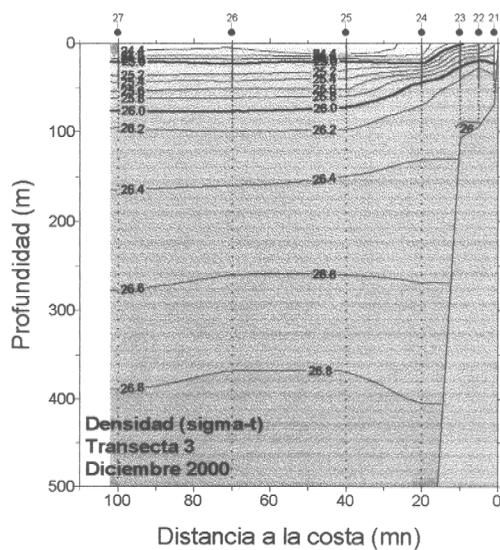
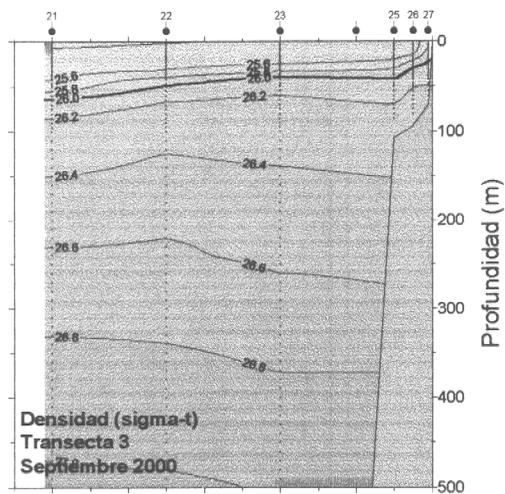
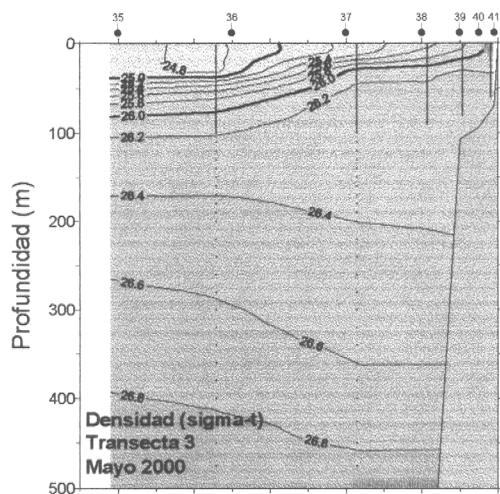


Figura 24.- Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m³) en la transecta 3.
Latitud 21°00' S. Cruceros trimestrales 2000-2001

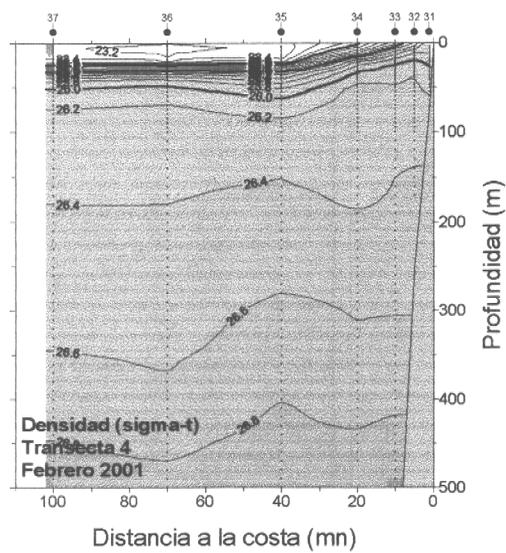
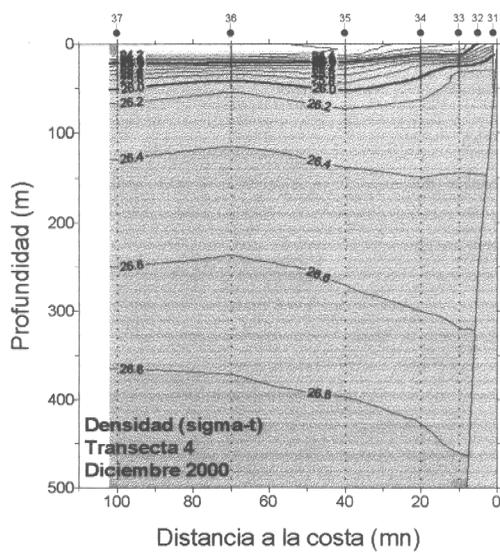
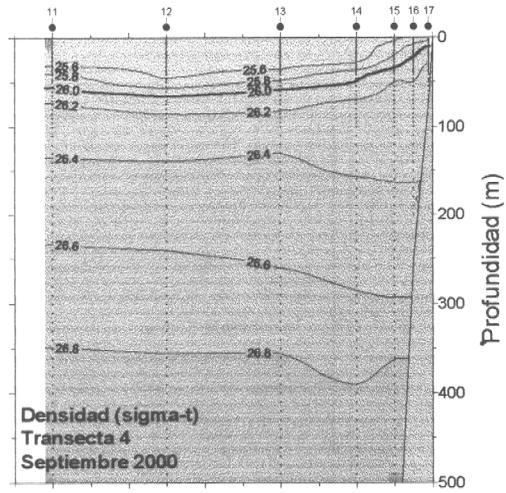
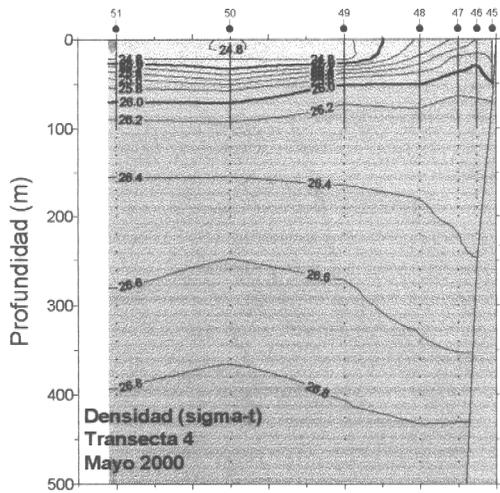


Figura 25.- Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m³) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

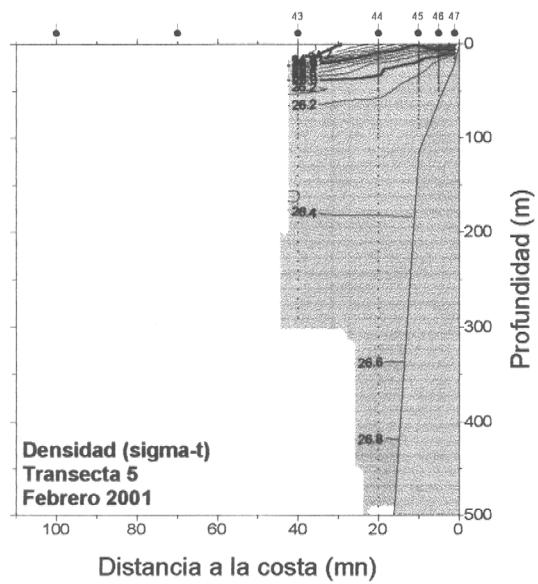
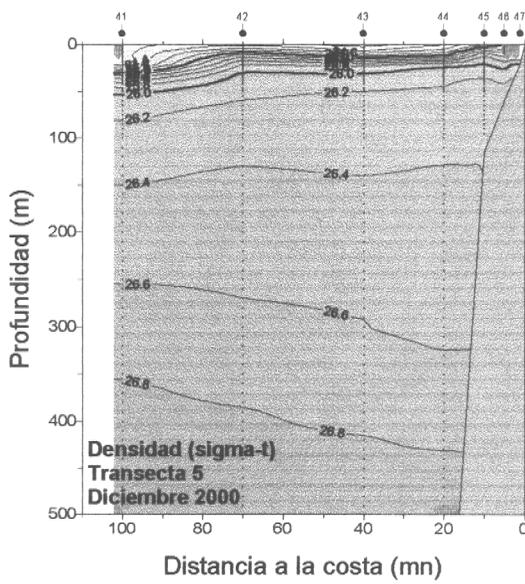
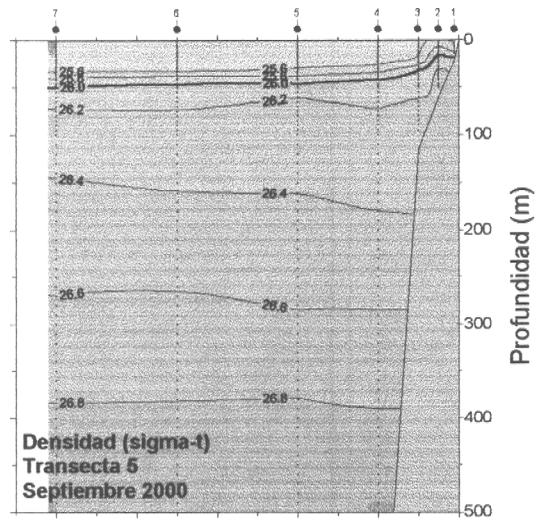
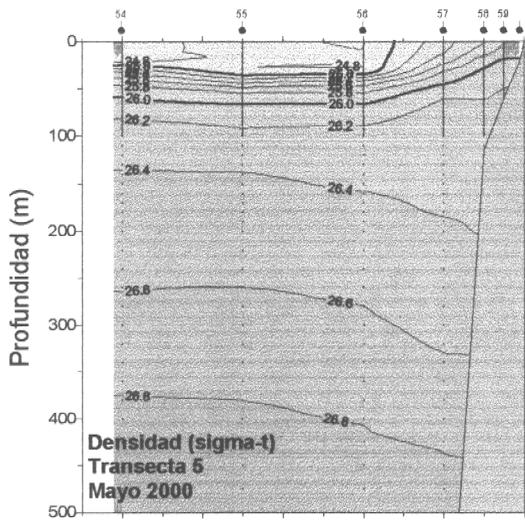


Figura 26.- Distribución vertical de densidad (sigma-t)(kg/m3) en la transecta 5.
Latitud 18°25' S. Cruceros trimestrales 2000-2001

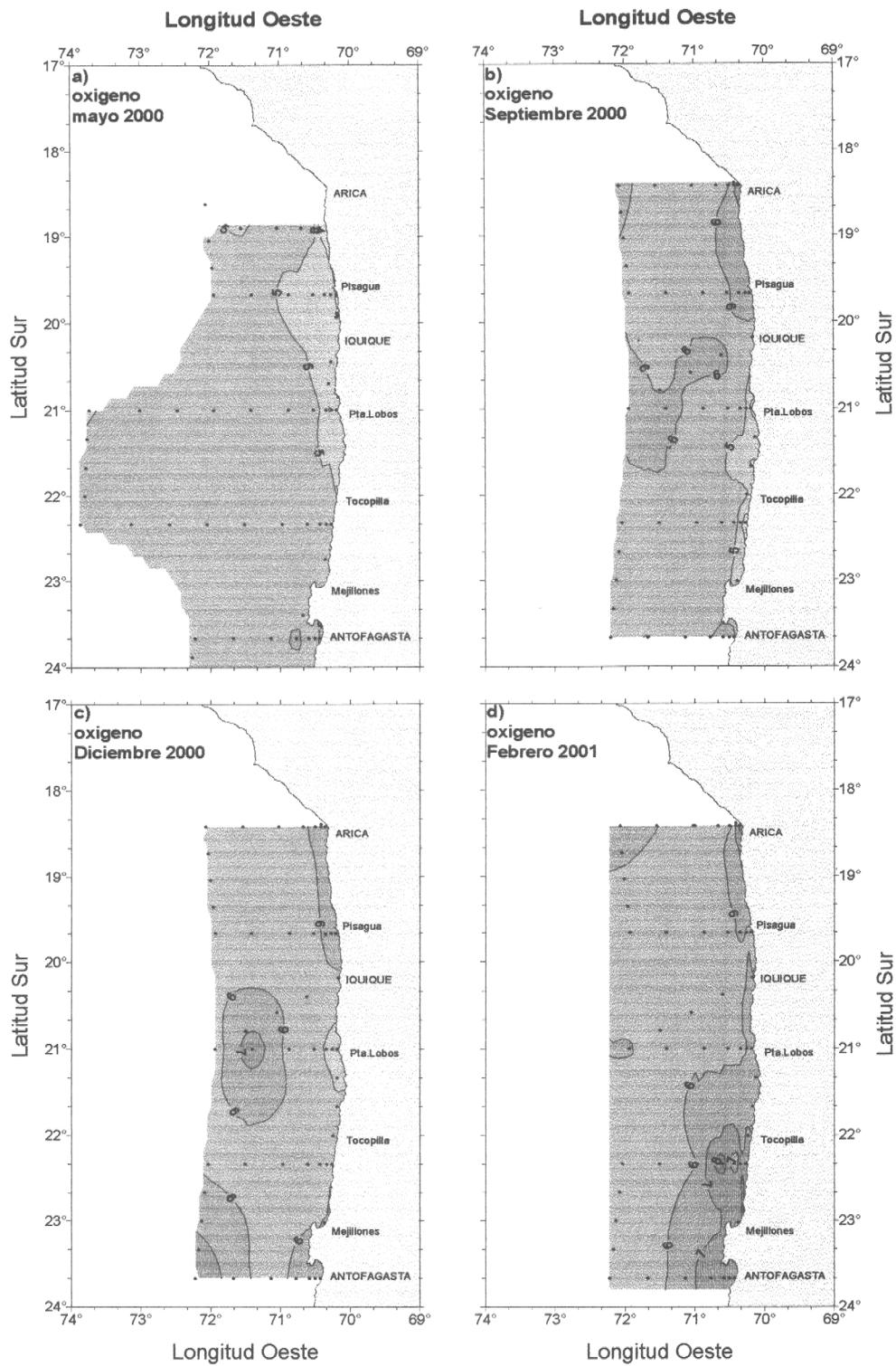


Figura 27.- Concentración de Oxígeno disuelto (mL/L) superficial. Cruceros trimestrales 2000 - 2001.

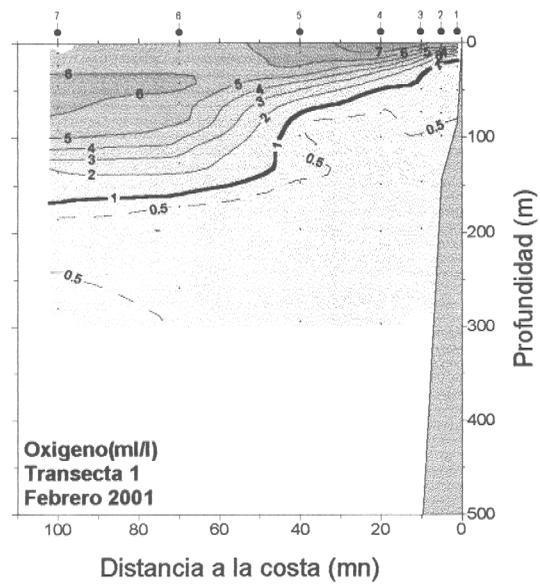
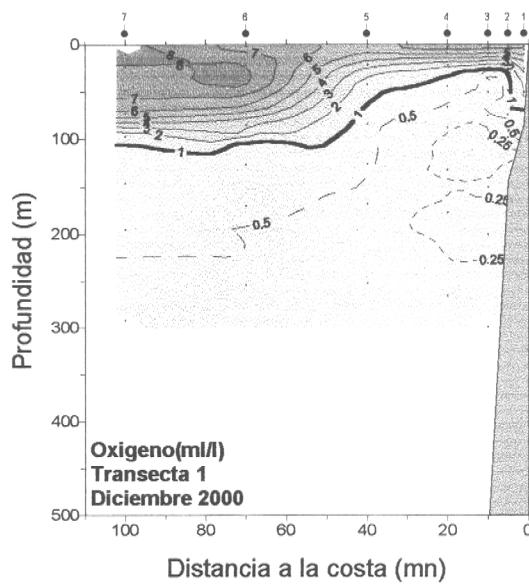
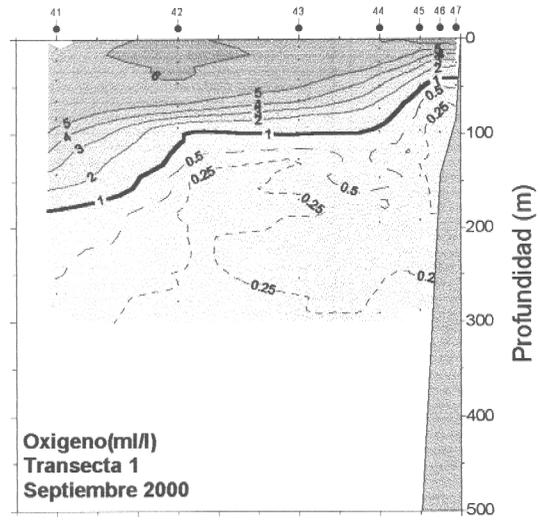
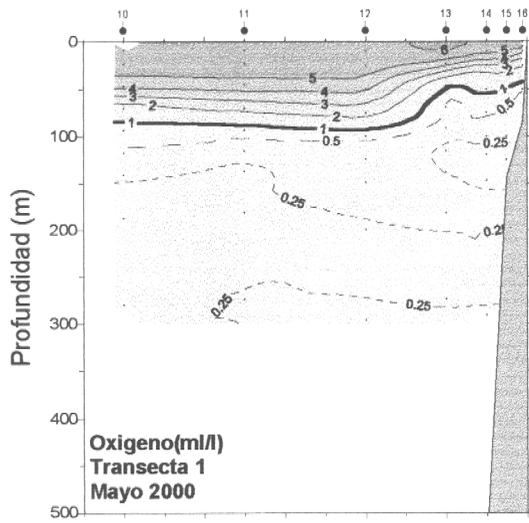


Figura 28.- Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

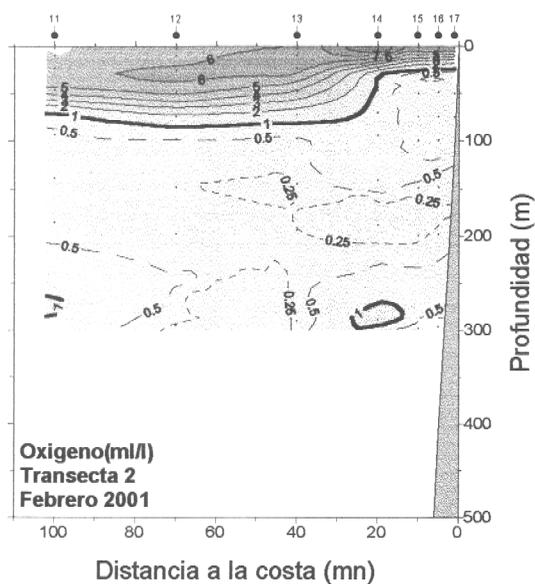
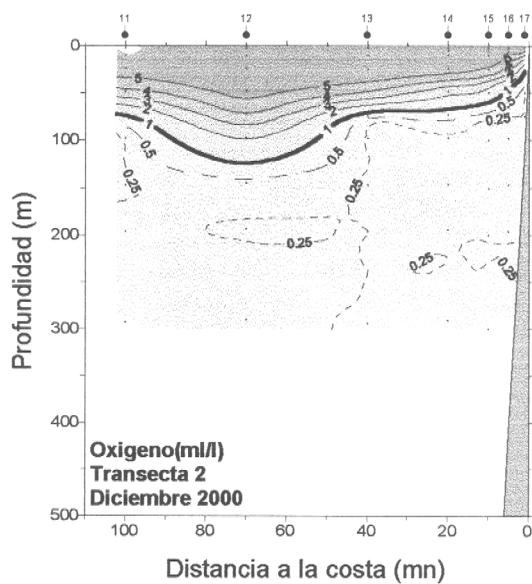
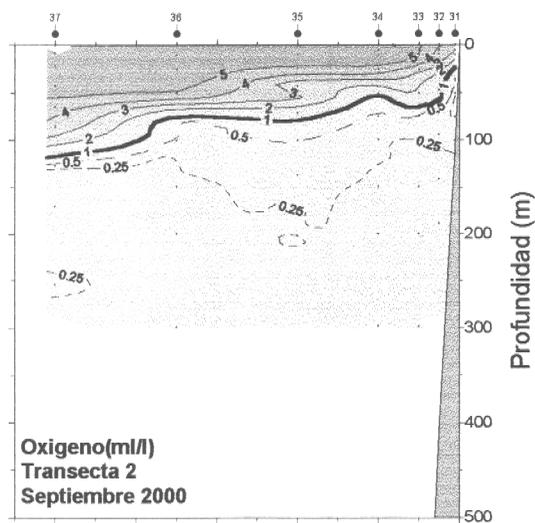
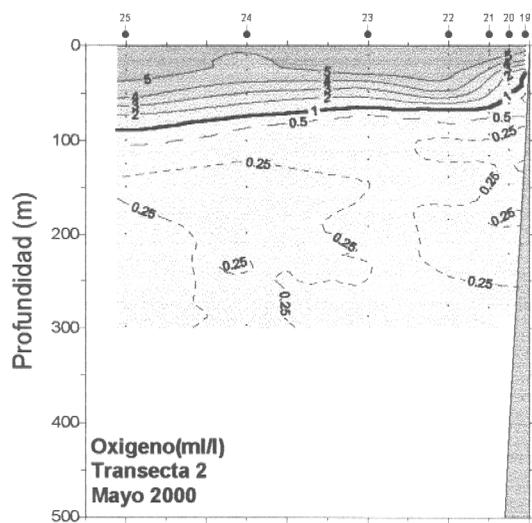


Figura 29.- Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

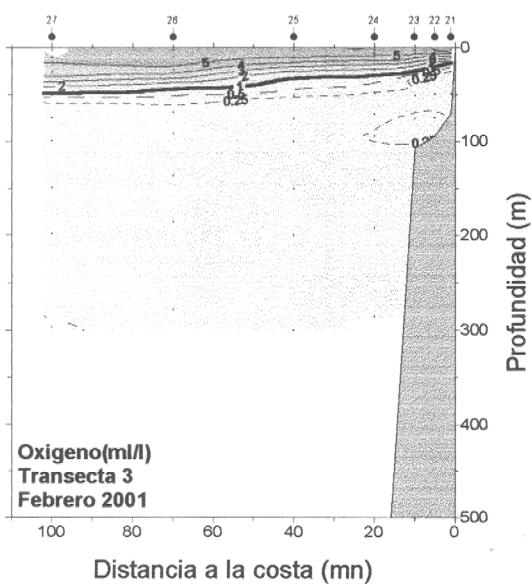
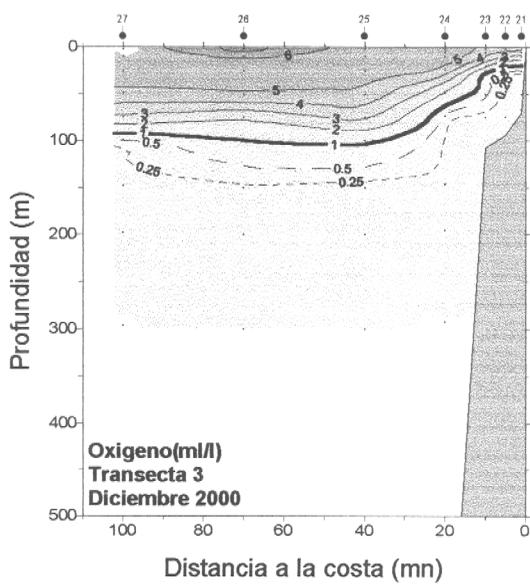
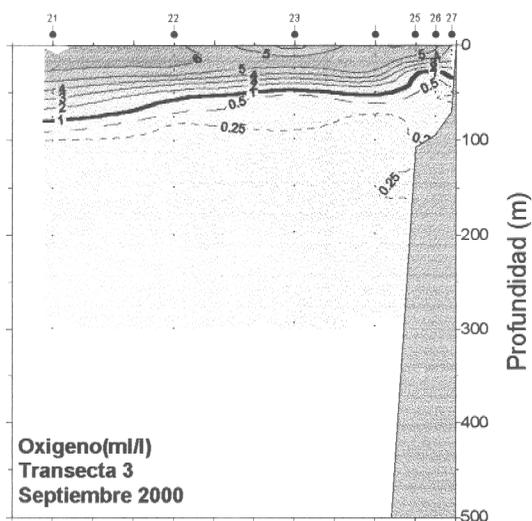
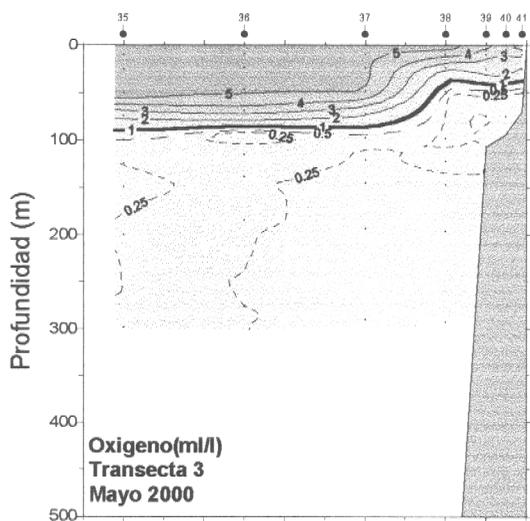


Figura 30.- Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

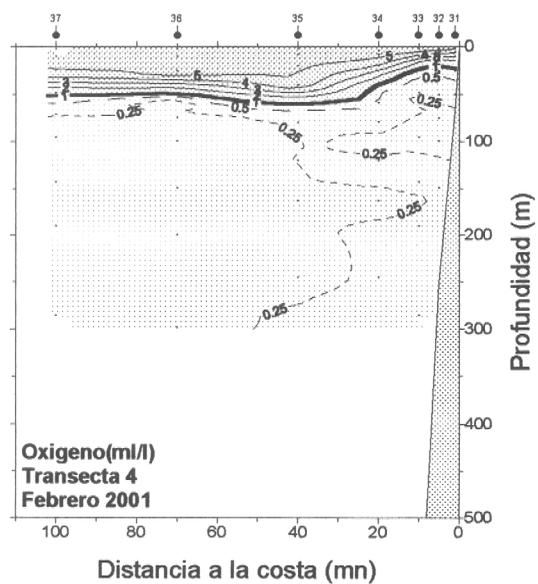
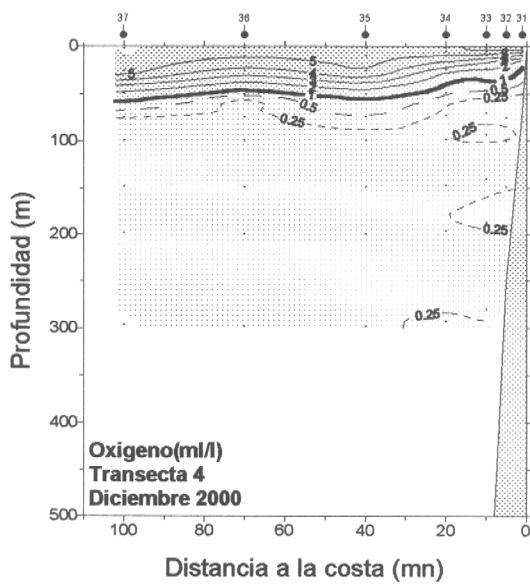
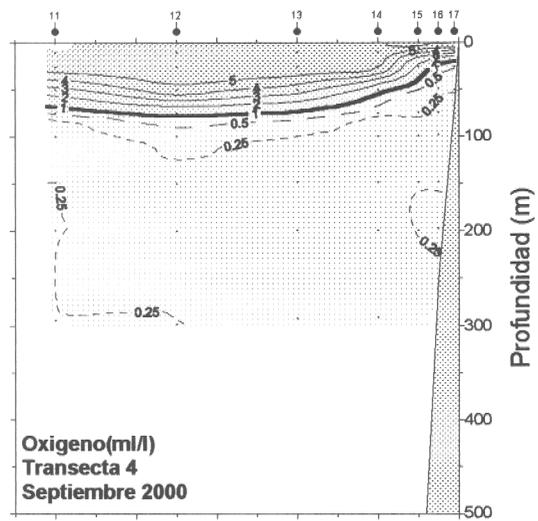
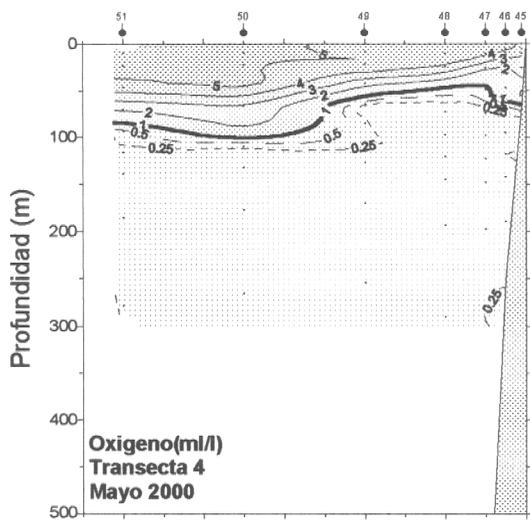


Figura 31.- Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

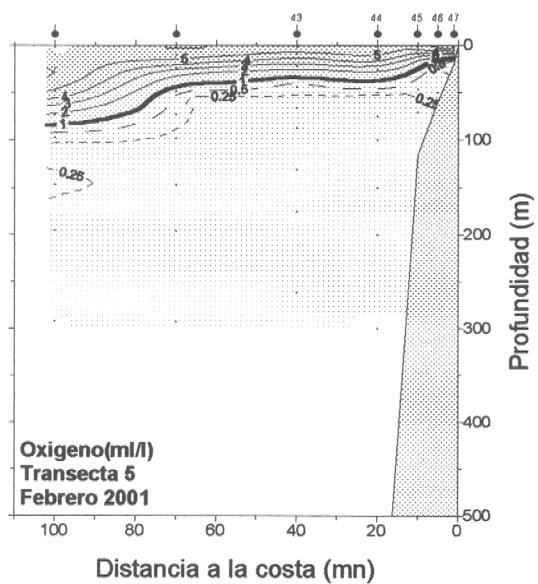
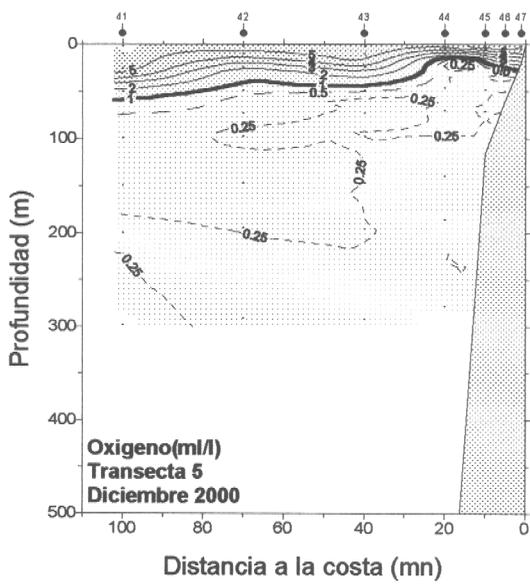
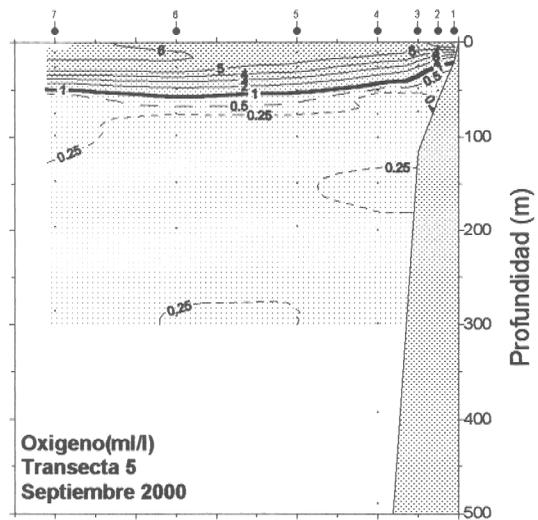
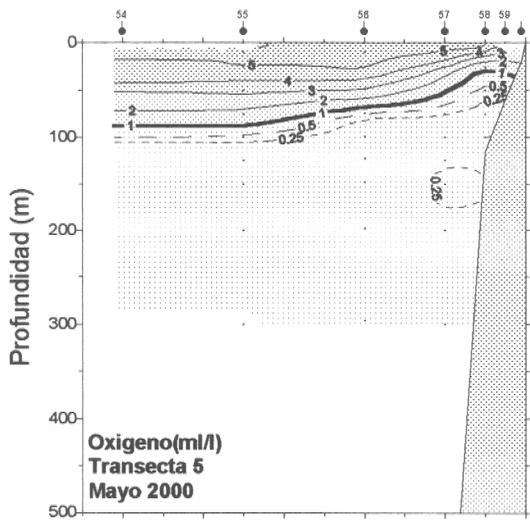


Figura 32.- Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros trimestrales 2000-2001.

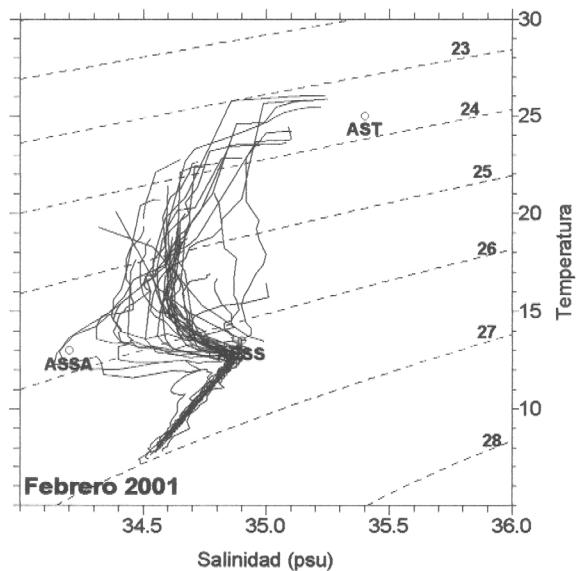
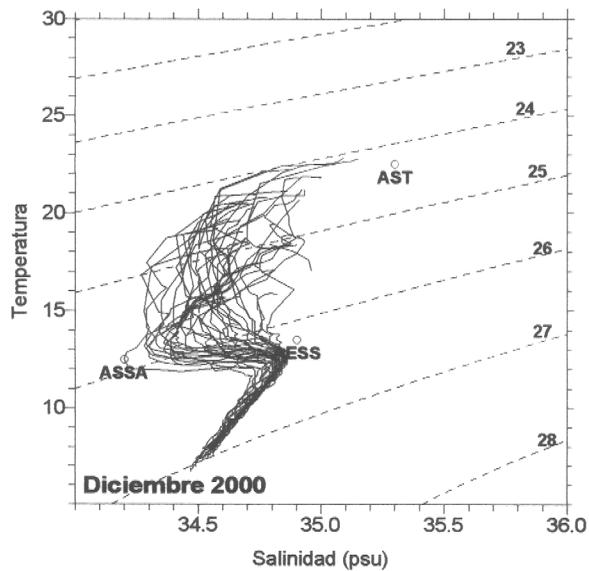
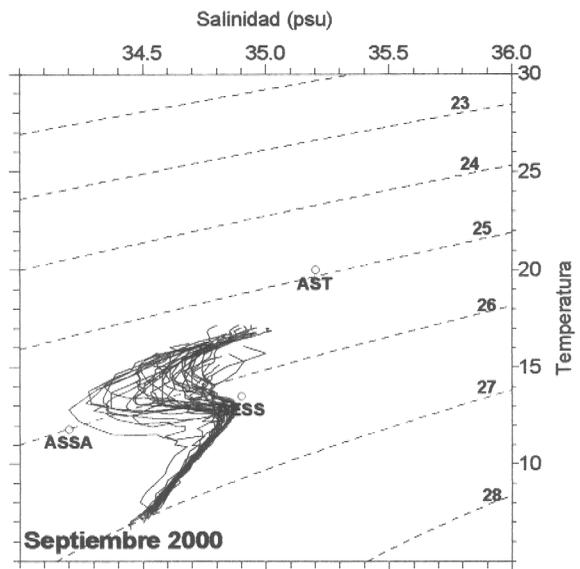
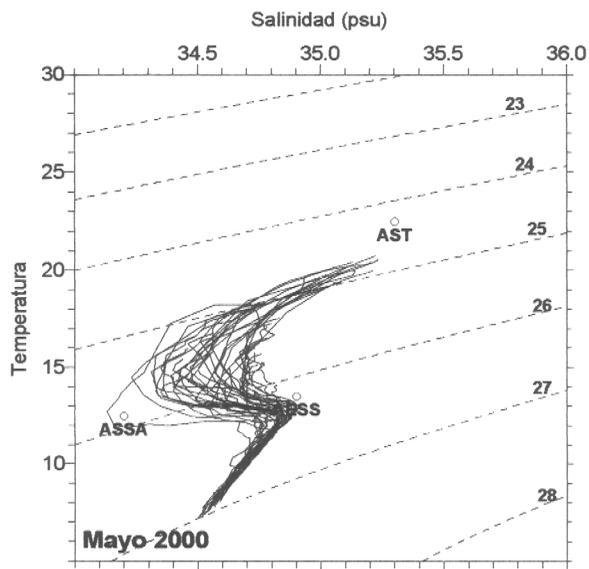


Figura 33.- Diagramas t-s de todas las estaciones por crucero. Cruceros trimestrales 2000-2001.

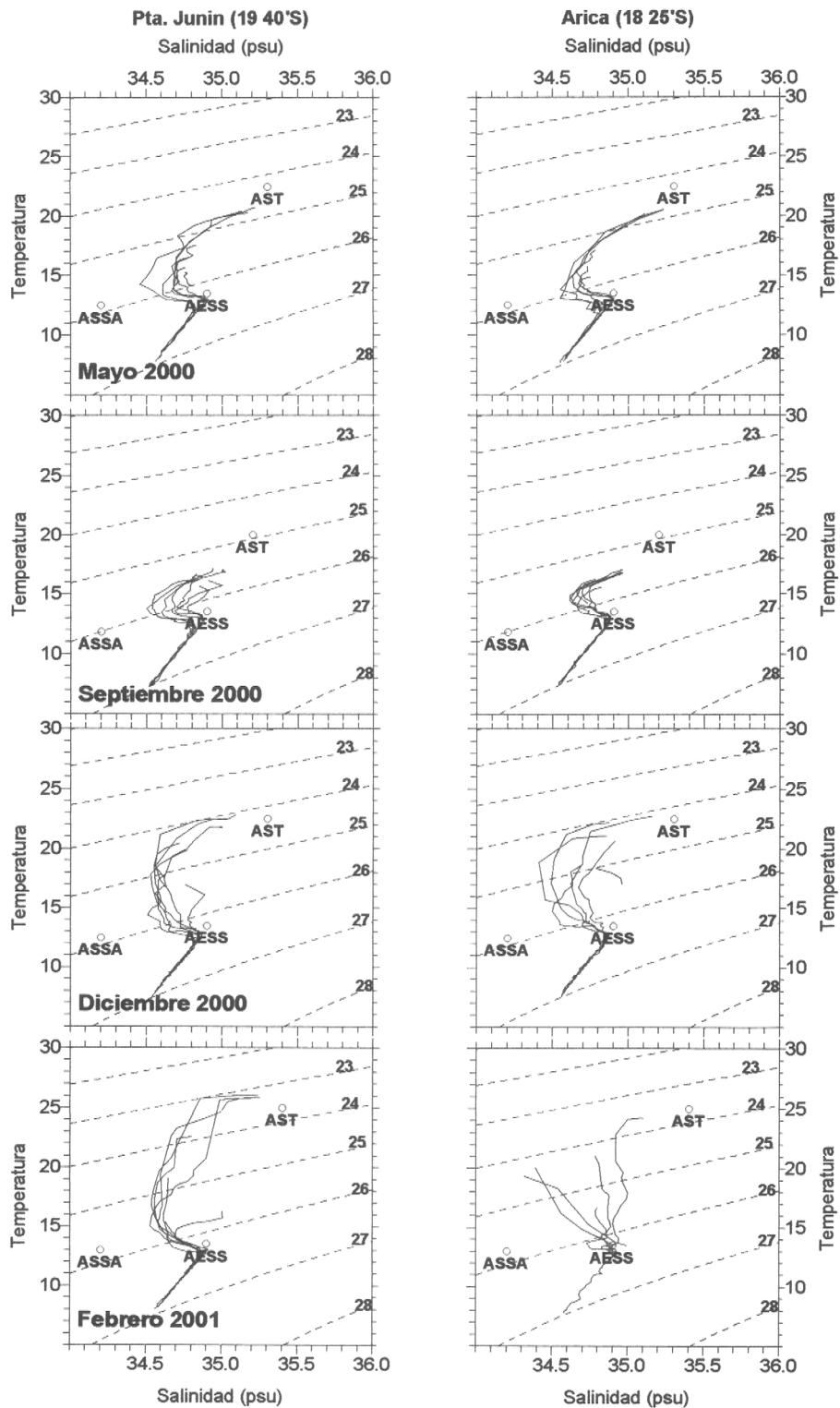
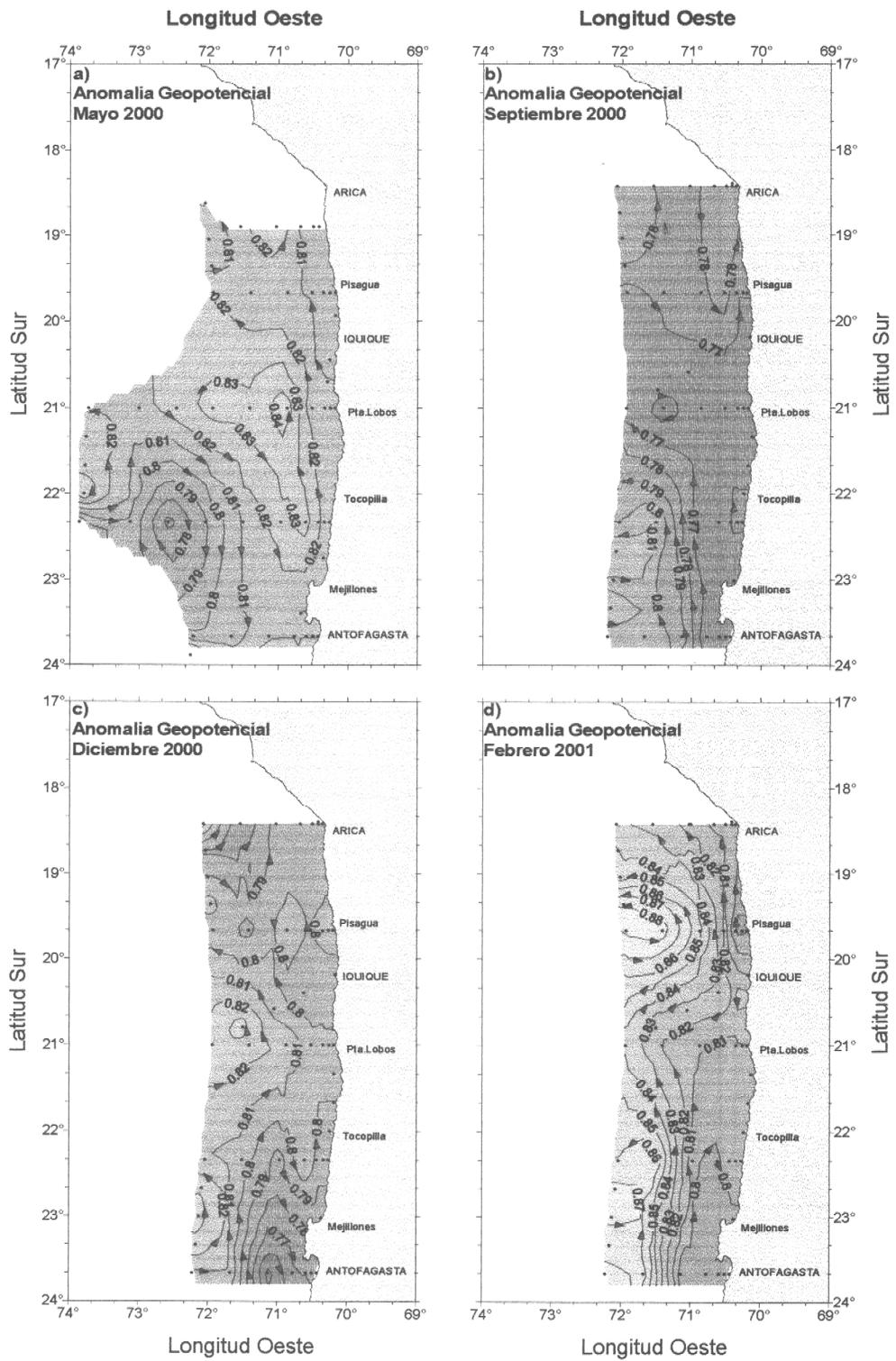


Figura 35.- Diagramas t-s de las transectas frente a Pta. Junin y Arica. Cruceros trimestrales 2000-2001.



**Figura 36.- Anomalia geopotencial de superficie referida a 500 db.
Cruceros trimestrales 2000-2001.**

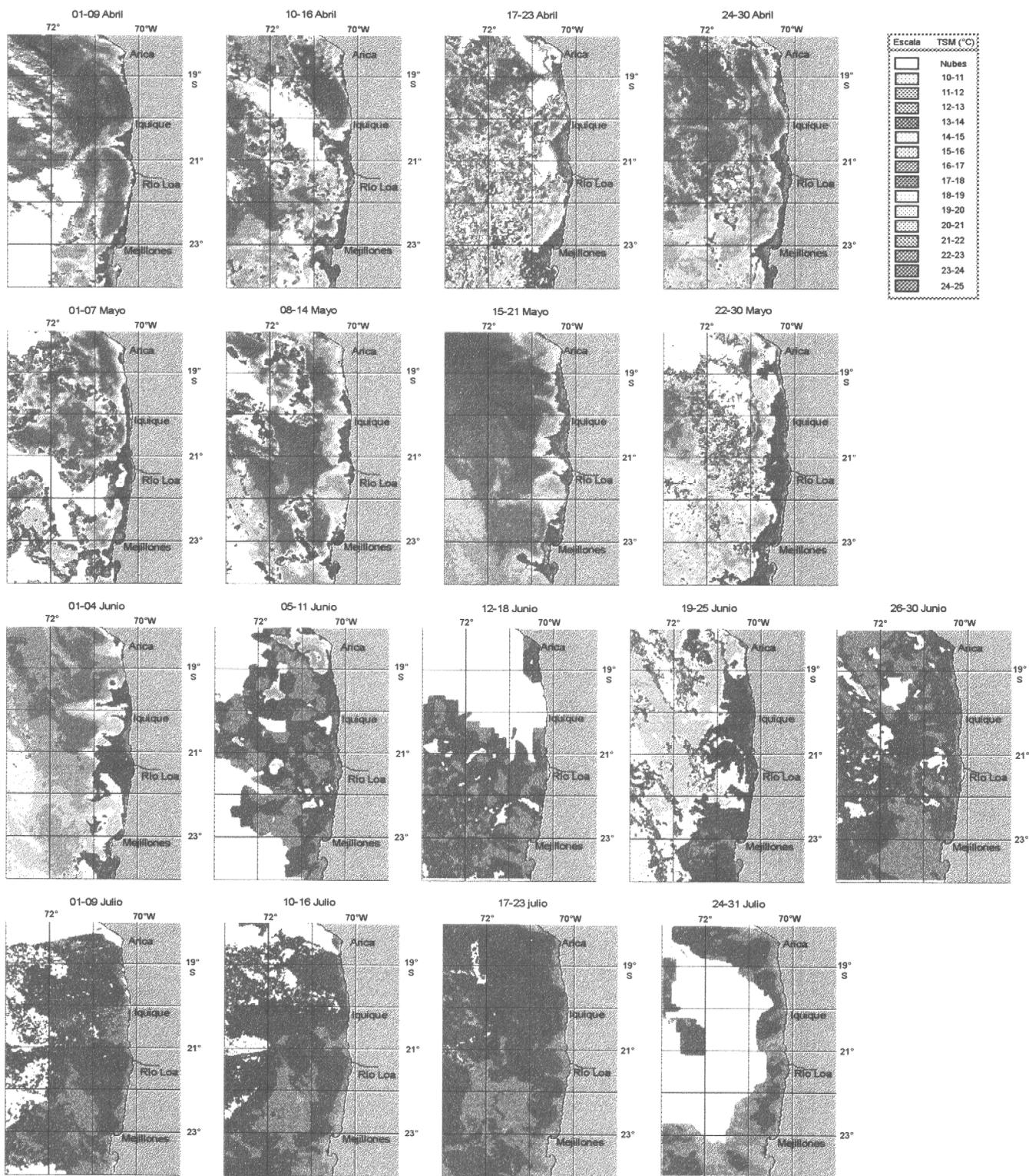


Figura 37. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Abril, mayo, junio y julio del 2000.

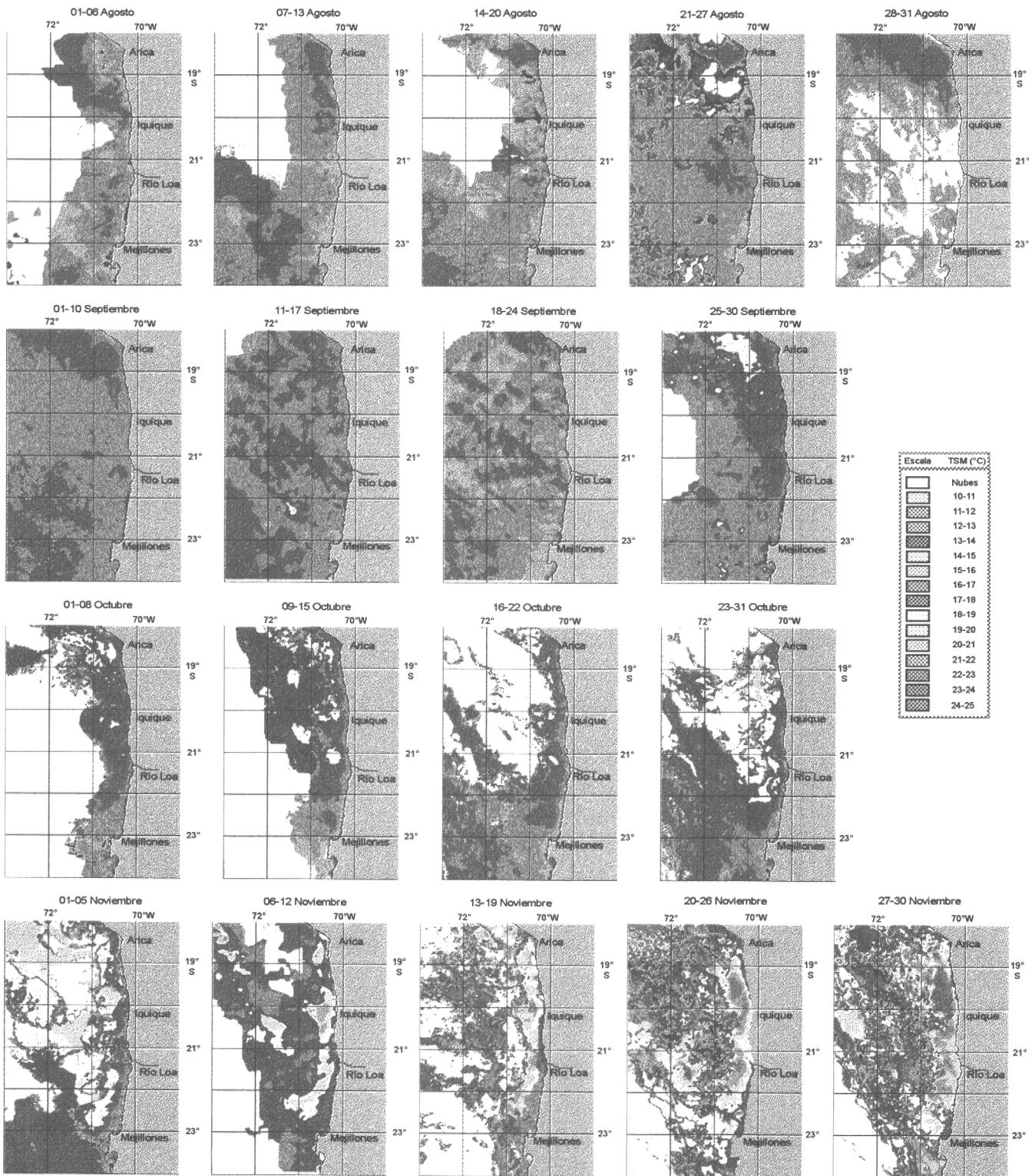


Figura 38. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Agosto, septiembre, octubre y noviembre 2000.

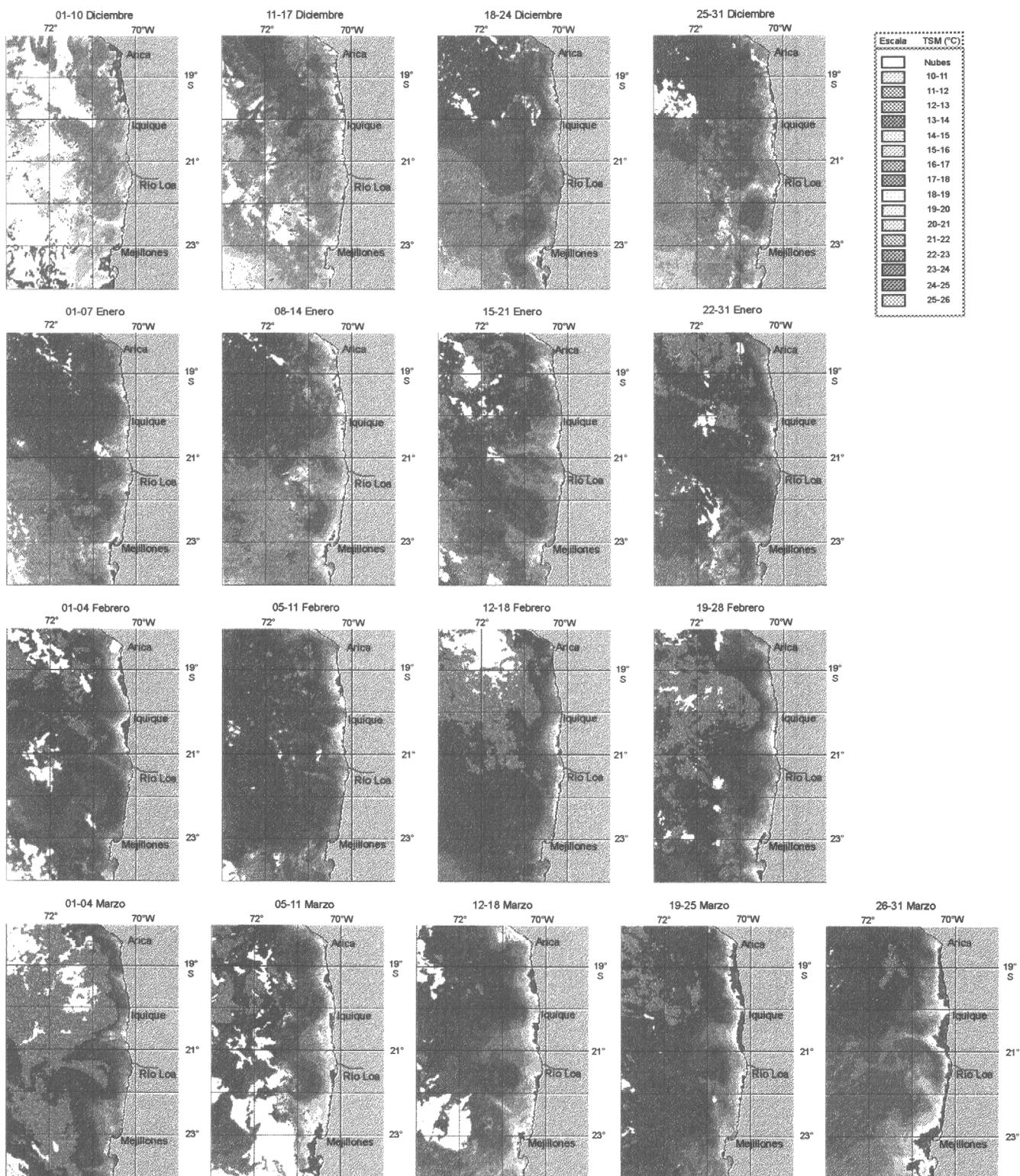


Figura 39. Distribución espacial semanal de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Diciembre 2000 y enero, febrero y marzo del 2001.

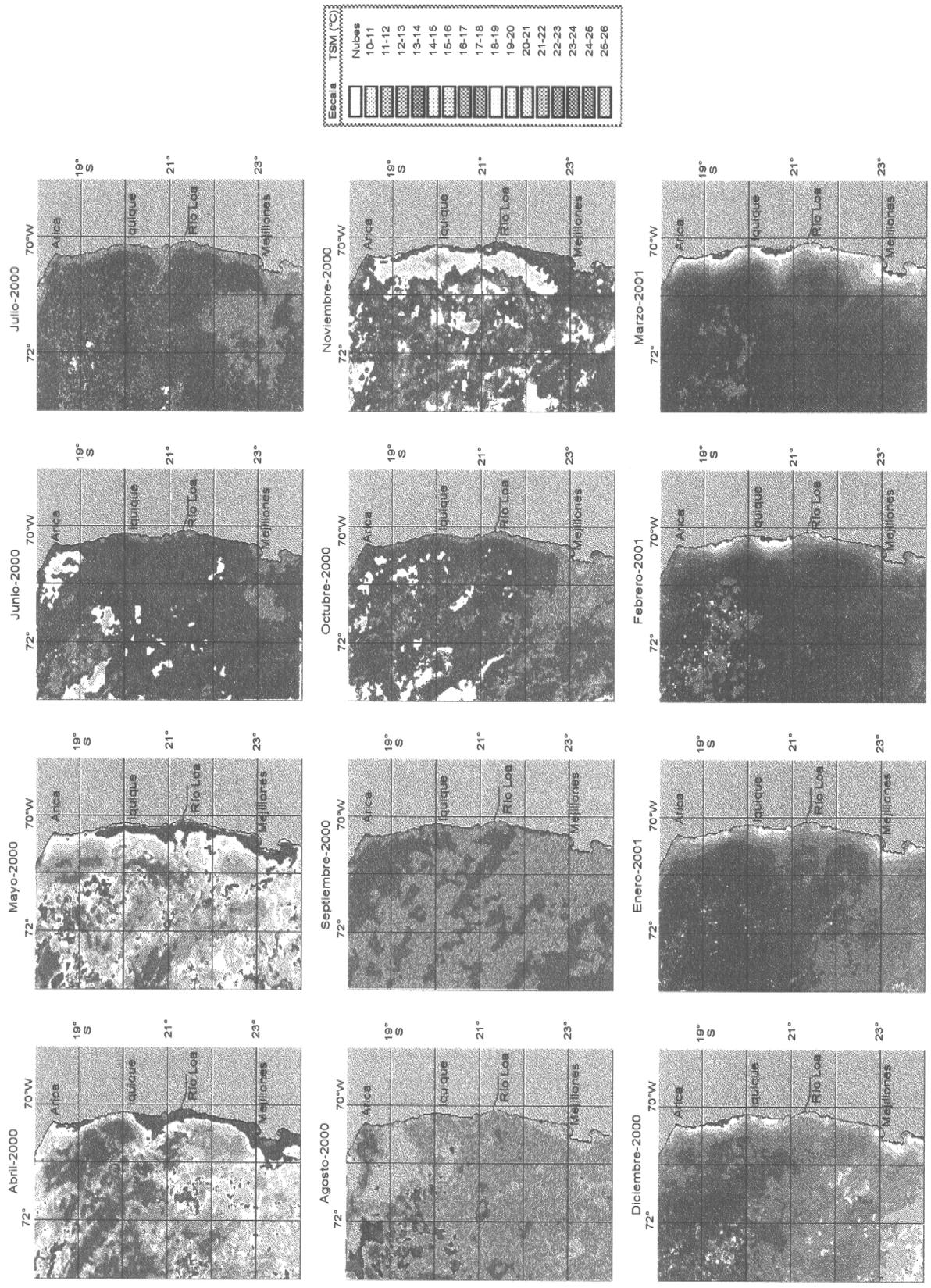


Figura 40. Distribución espacial mensual de la TSM satelital en la zona norte de Chile. Abril 2000 – Marzo 2001.

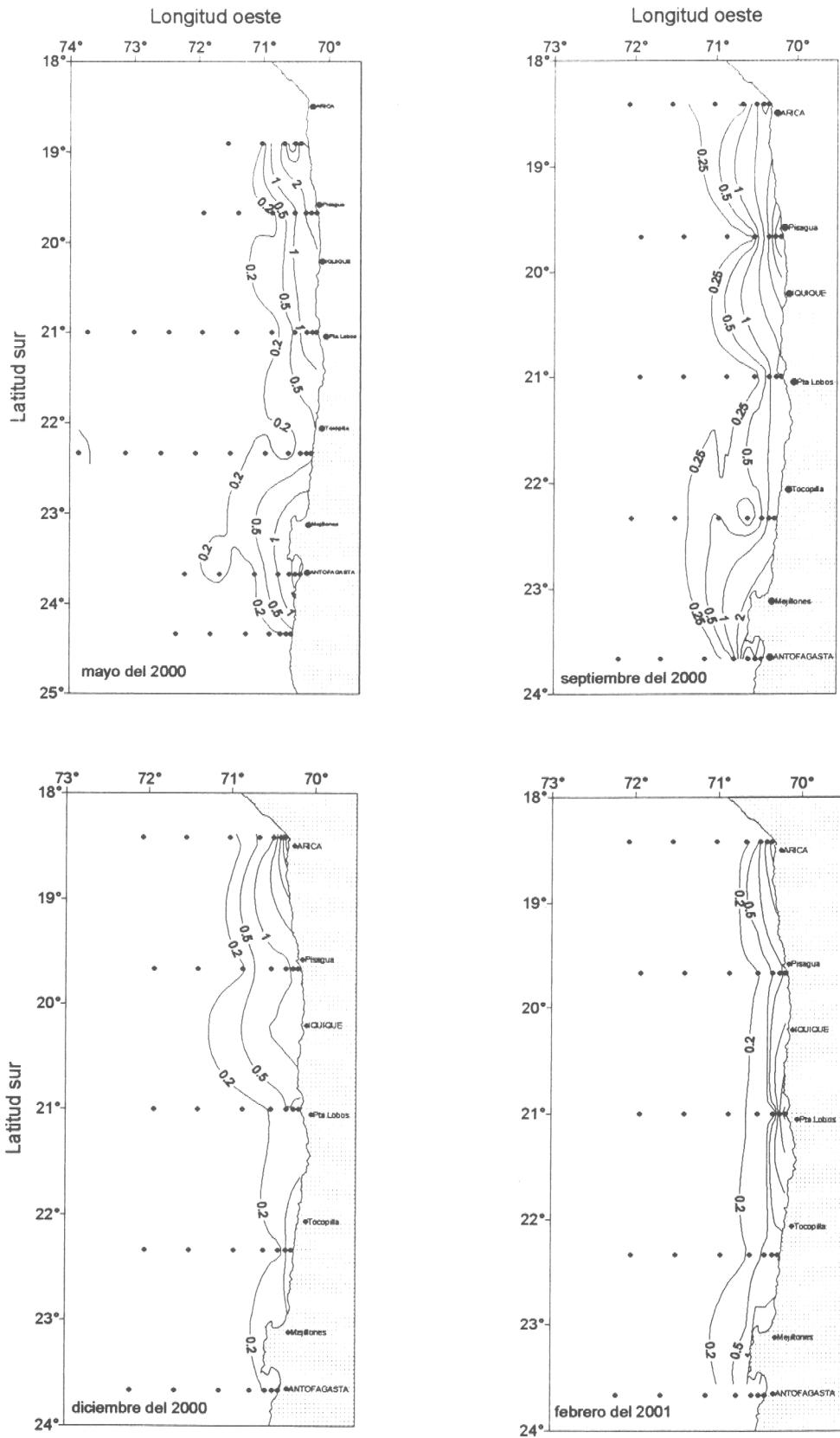


Figura 41. Distribución superficial de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) desde mayo del 2000 a febrero del 2001. Cruceros estacionales 2000/2001.

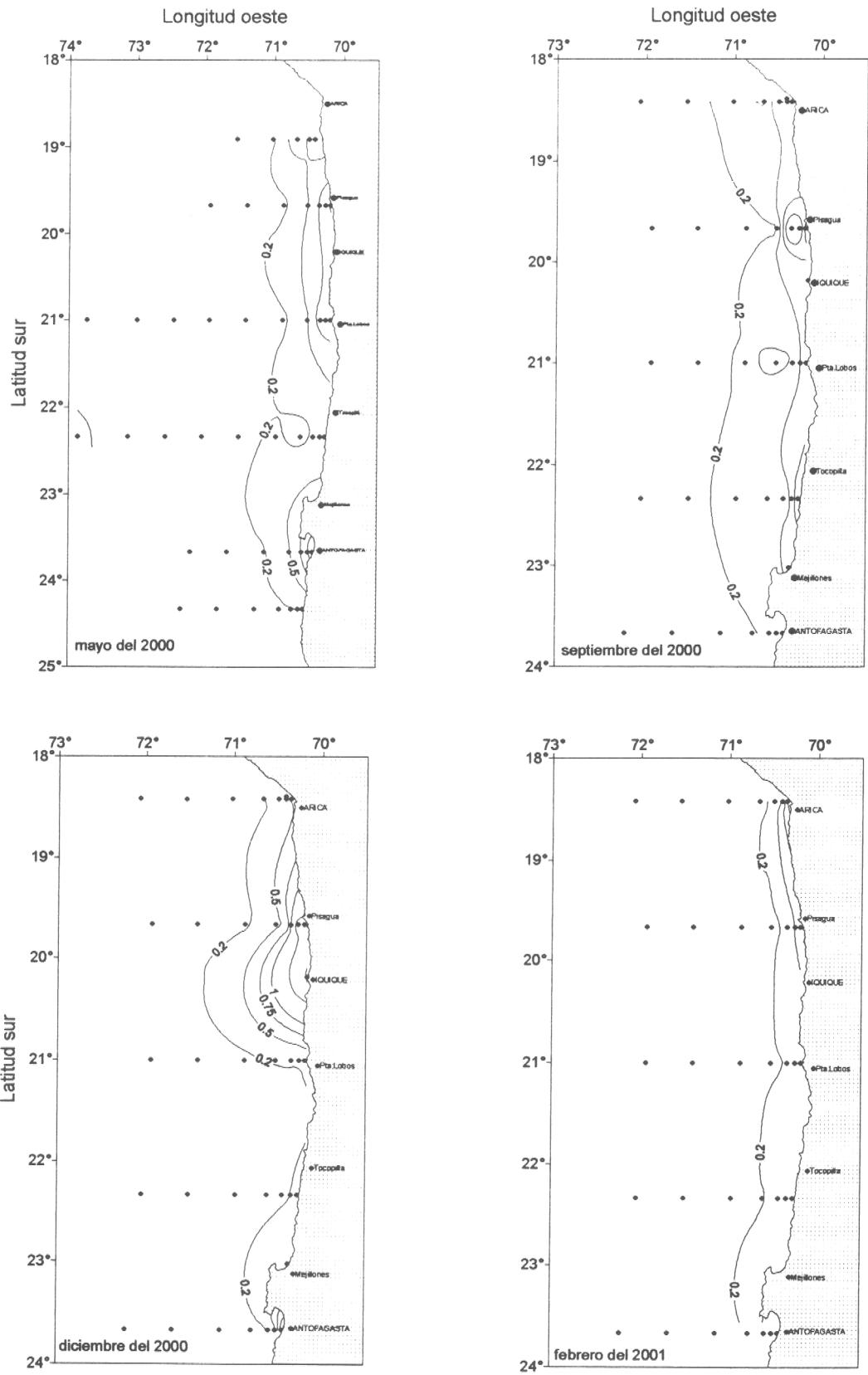


Figura 42. Distribución superficial de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) desde mayo del 2000 a febrero del 2001. Cruceos estacionales 2000/2001.

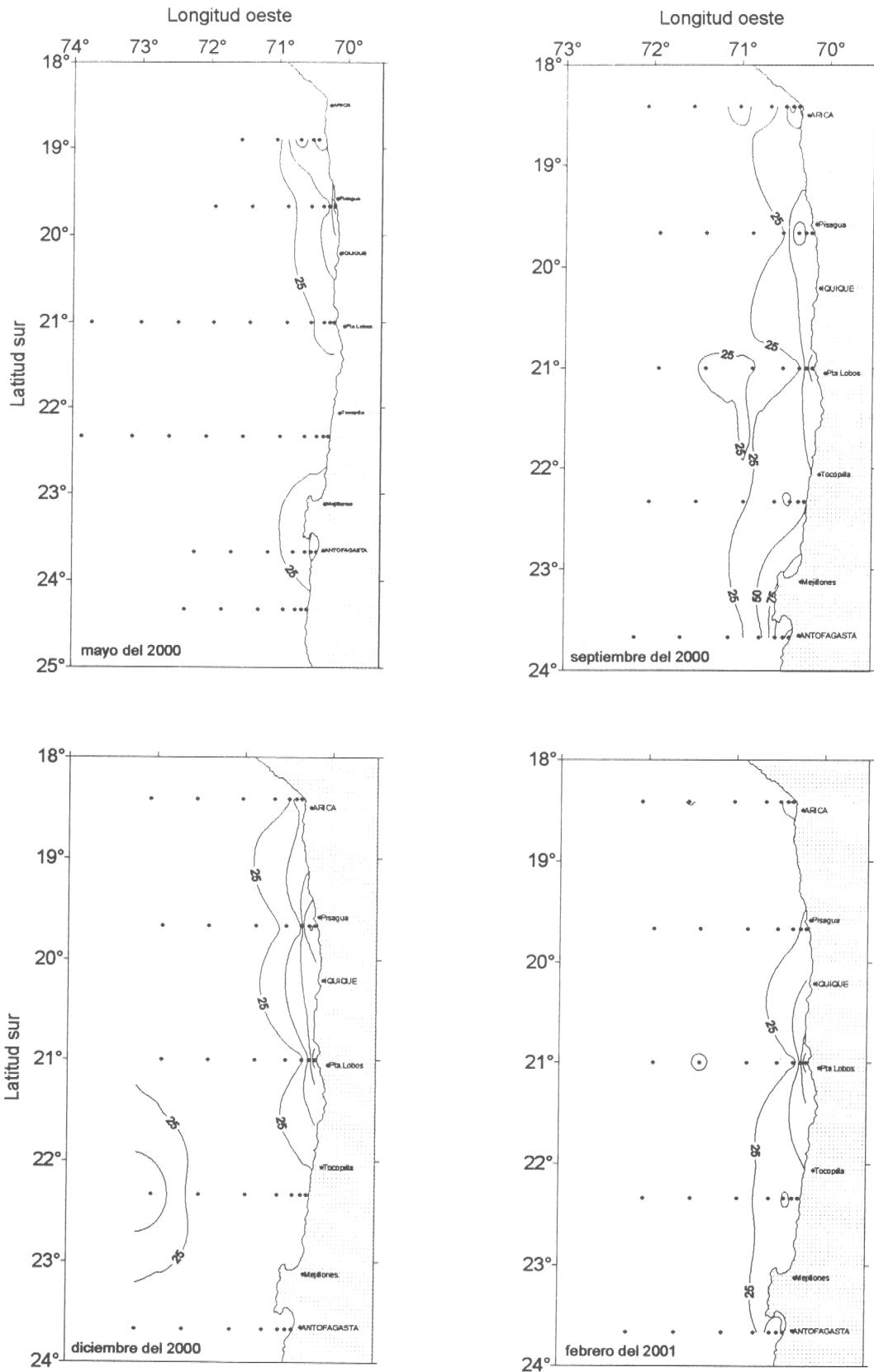


Figura 43. Distribución espacial de la clorofila a integrada (mg/m²), desde mayo del 2000 a febrero del 2001. Cruceros estacionales 2000/2001.

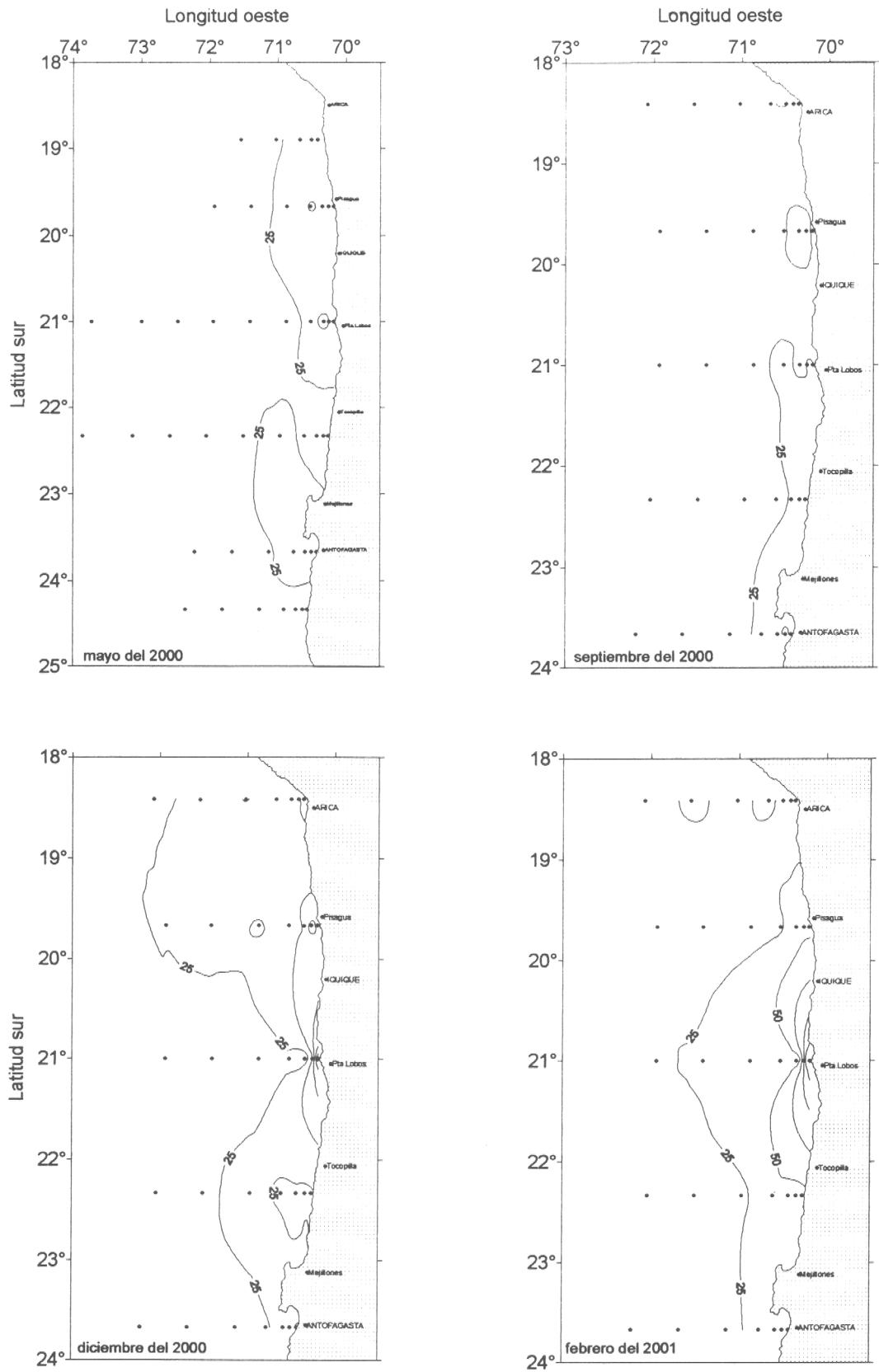


Figura 44. Distribución espacial de los feopigmentos integrados (mg/m²) desde mayo del 2000 a febrero del 2001. Cruceros estacionales 2000/2001.

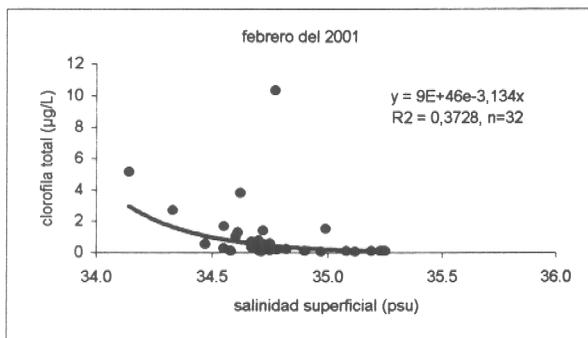
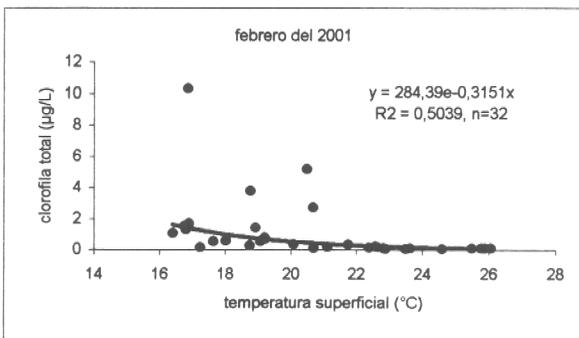
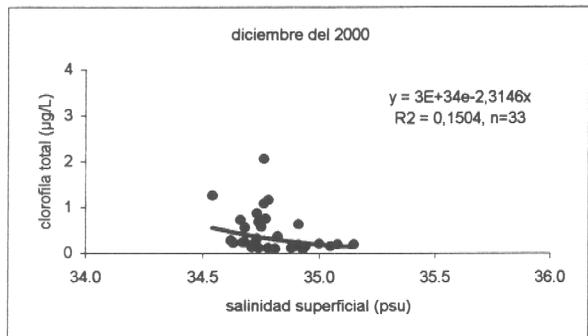
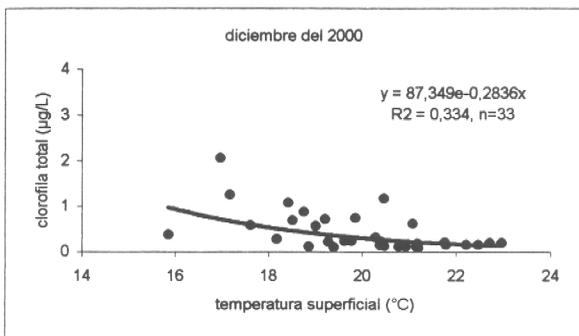
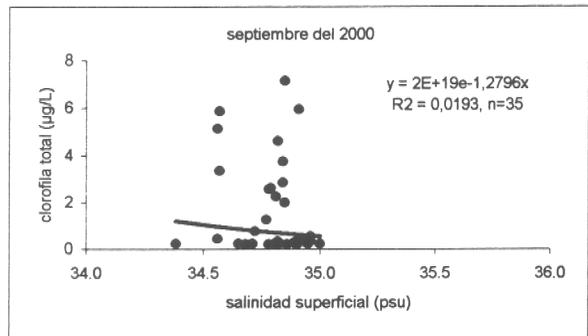
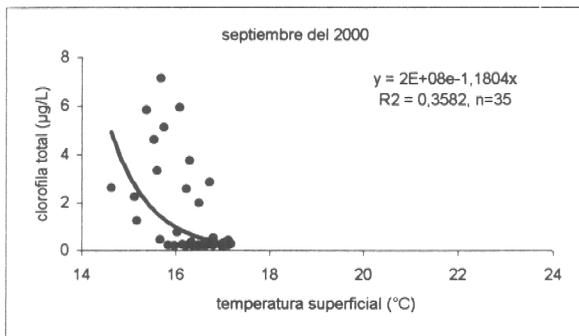
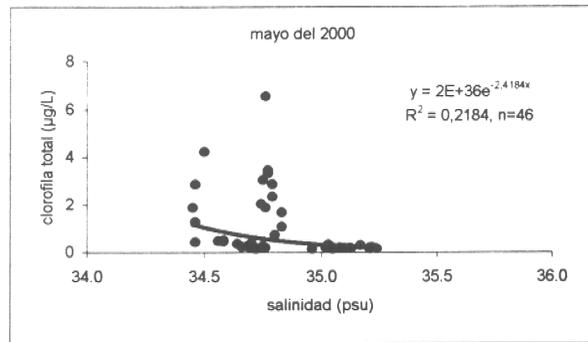
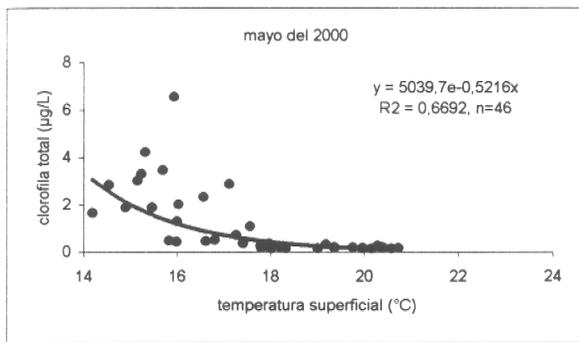


Figura 45. Relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica total (clot) y la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la salinidad (psu). Cruceros estacionales 2000/2001.

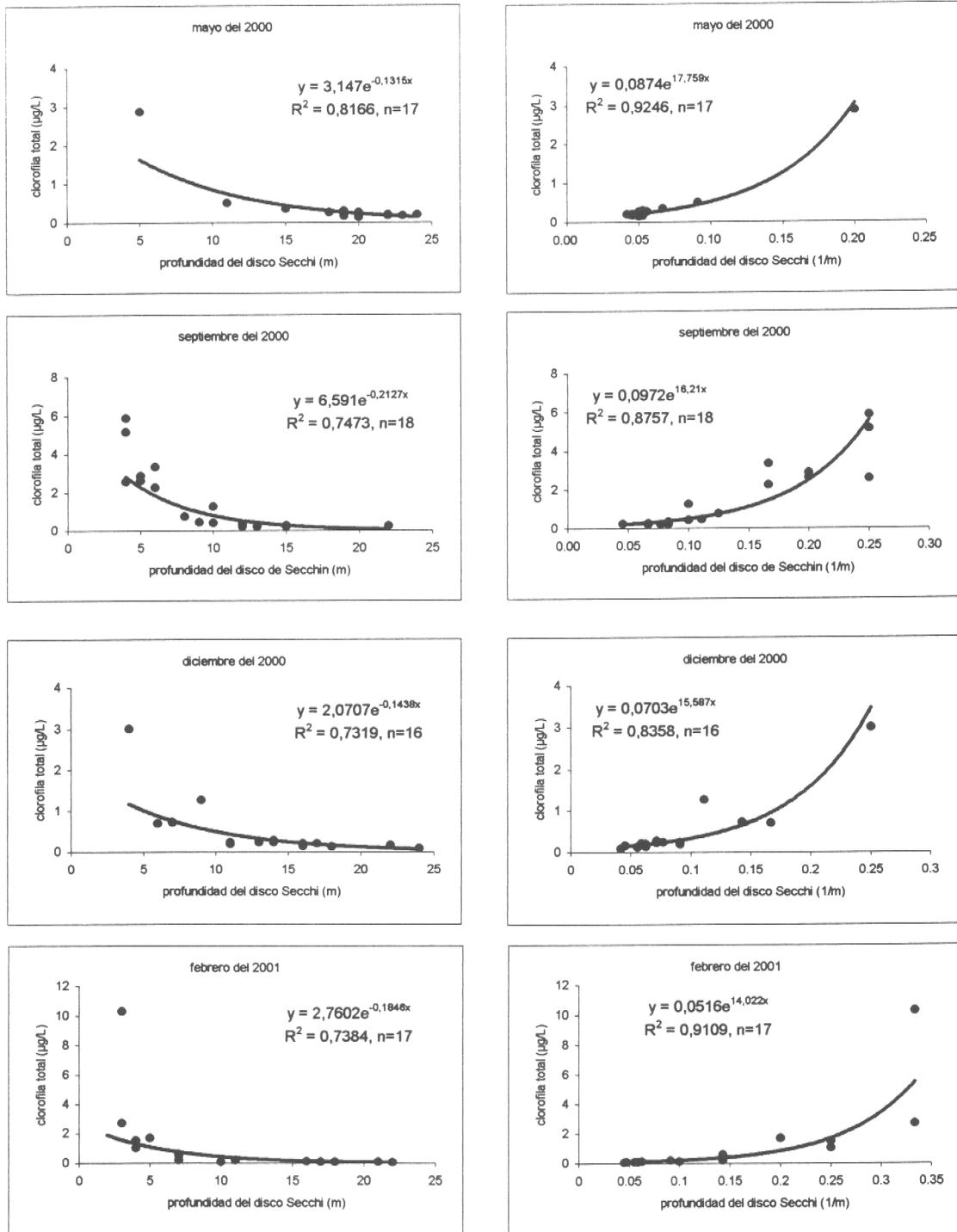


Figura 46. Relaciones funcionales entre la clorofila total y la profundidad del disco de Secchi (m) y el recíproco de la profundidad del disco Secchi (1/m). Cruceros estacionales 2000/2001.

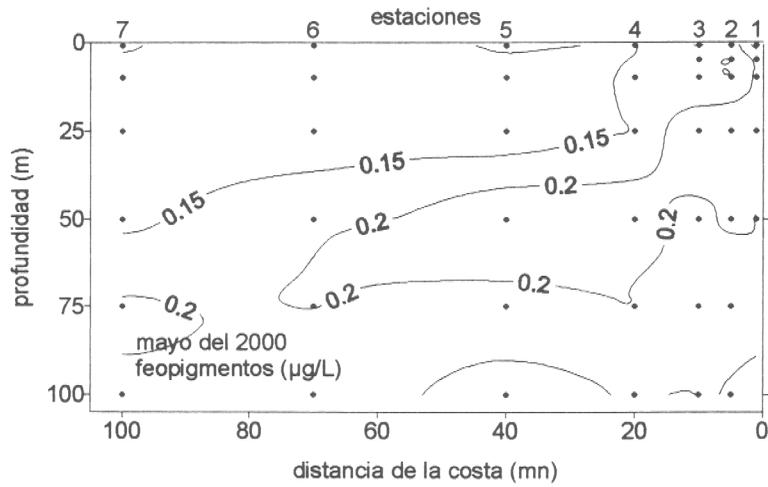
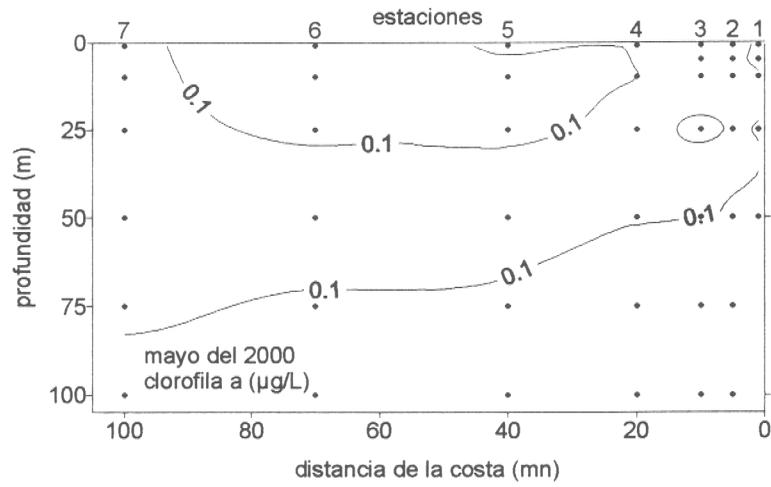


Figura 47. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos en la transecta 0 (Lat. 24° 20'S). Cruceros estacionales 2000/2001.

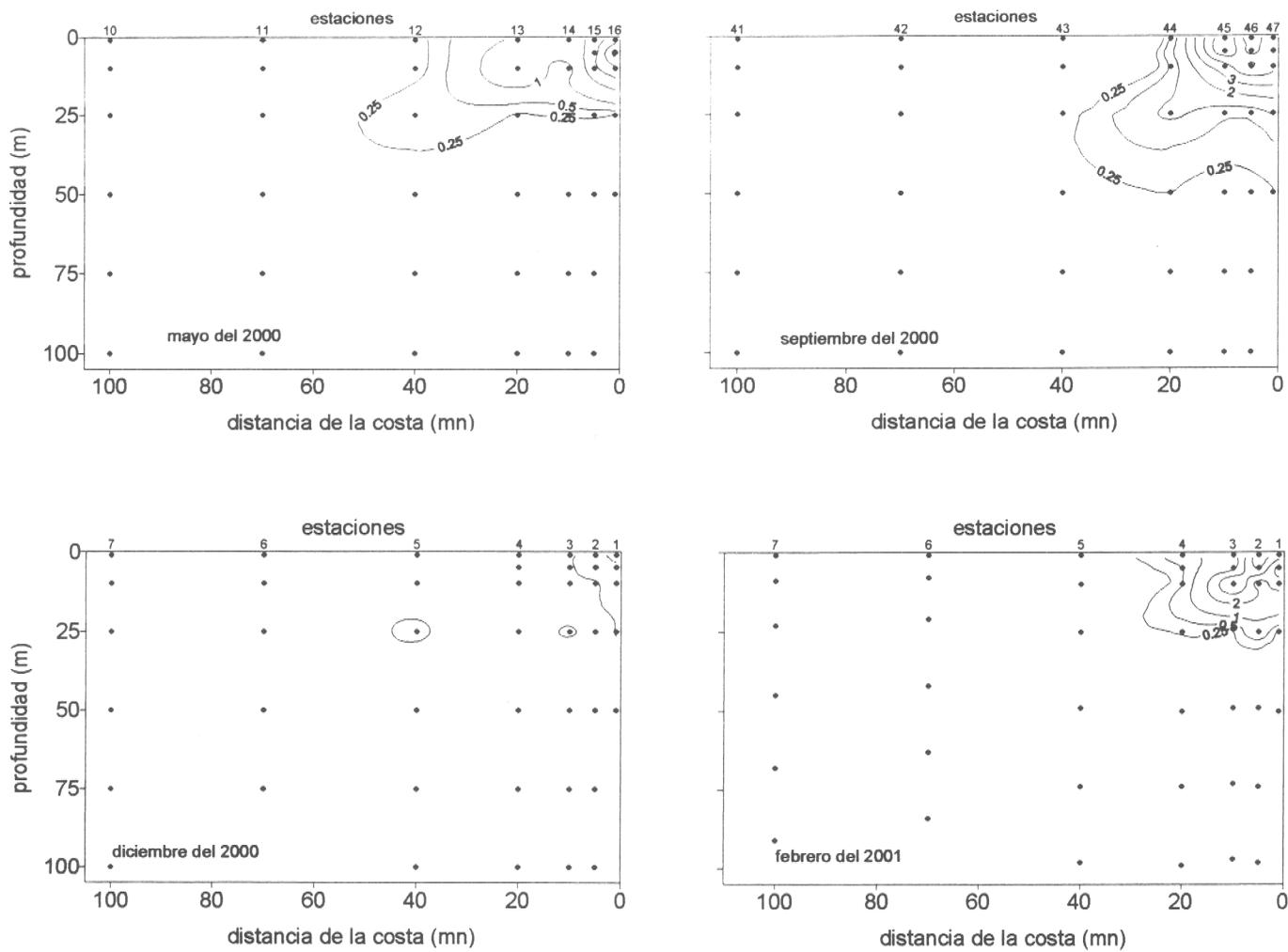


Figura 48. Distribución vertical de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 1 (Lat. $23^{\circ} 40'S$). Cruceros estacionales 2000/2001.

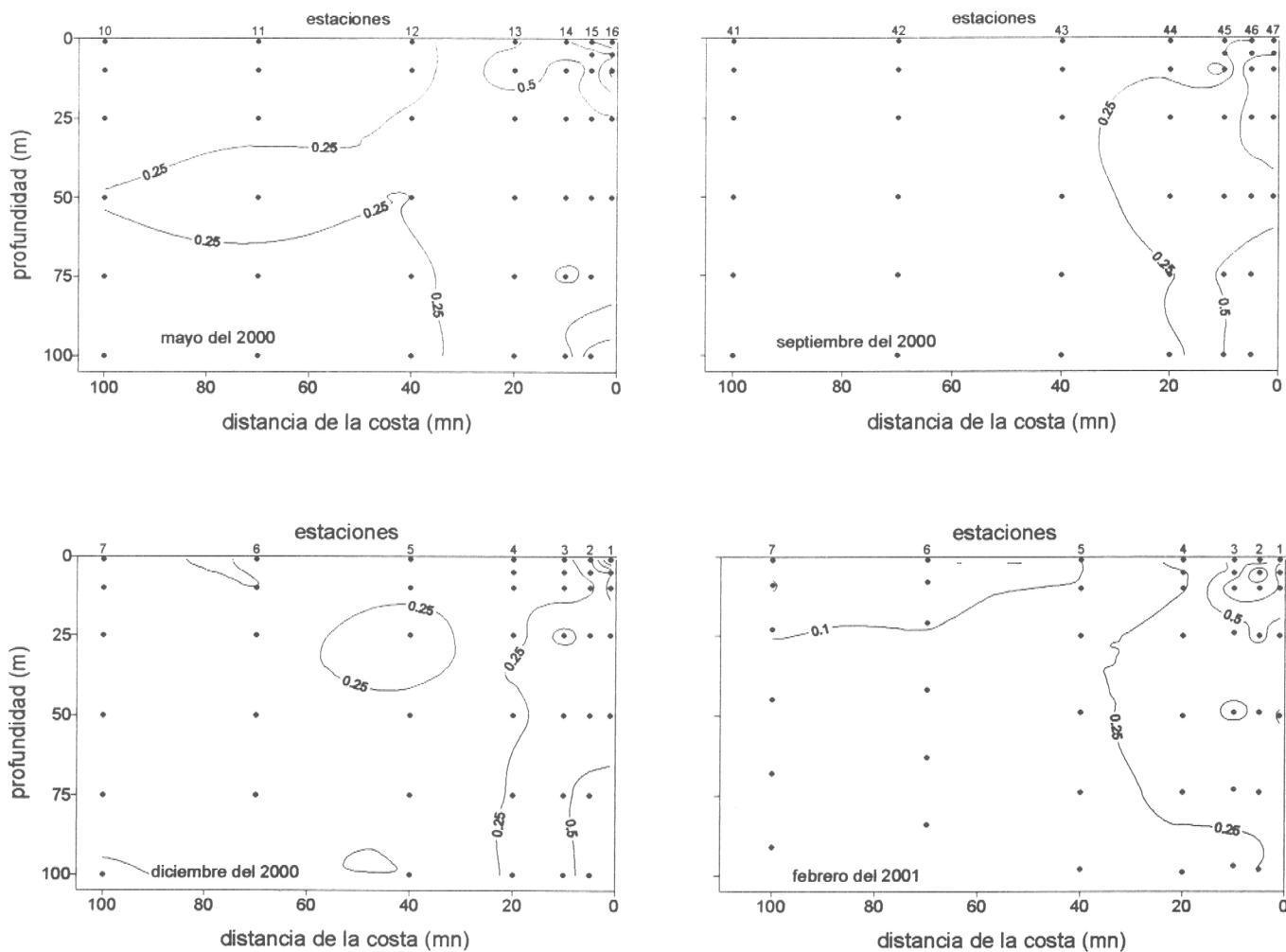


Figura 49. Distribución vertical de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 1 (Lat. $23^{\circ} 40'S$). Cruceros estacionales 2000/2001.

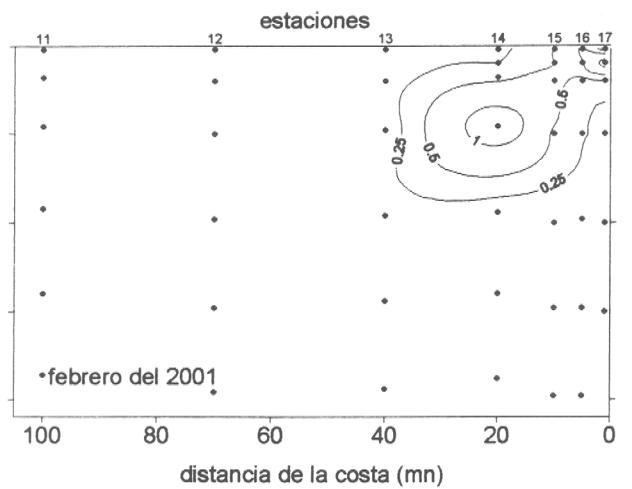
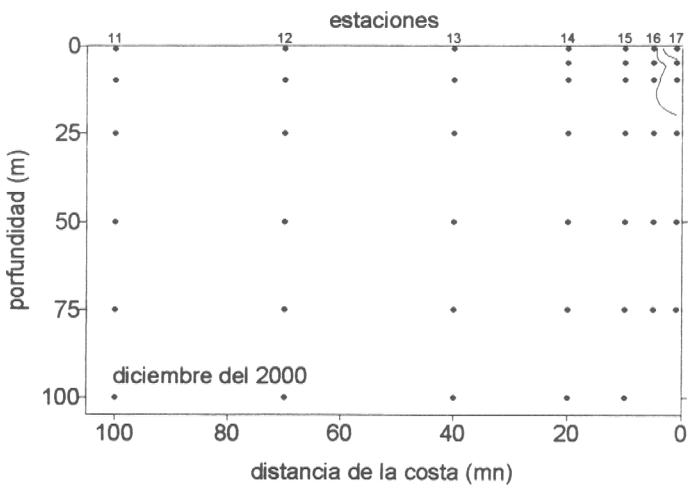
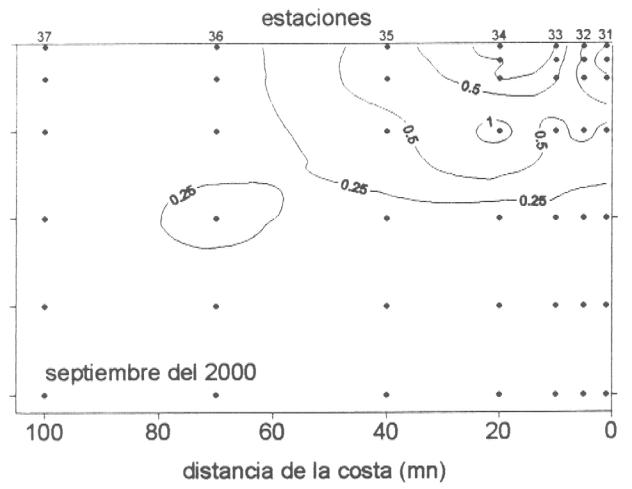
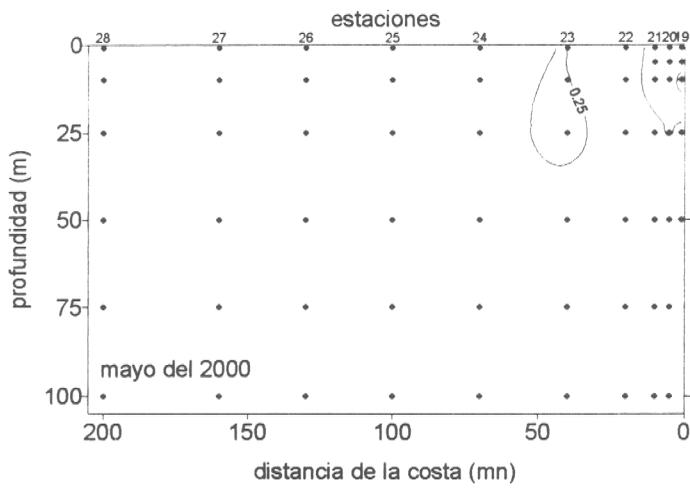


Figura 50. Distribución vertical de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 2 (Lat. $22^\circ 20'S$). Cruceros estacionales 2000/2001.

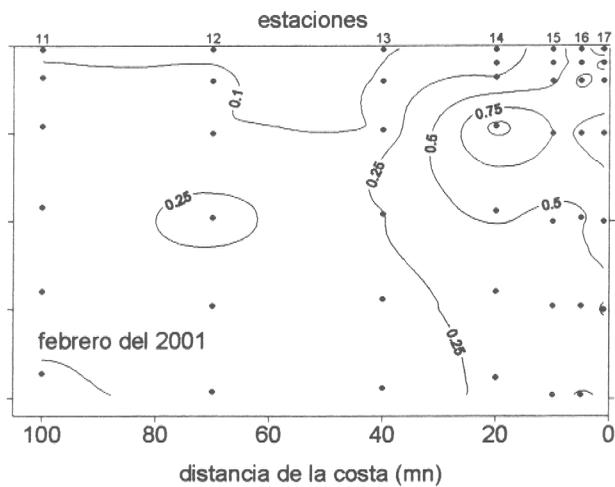
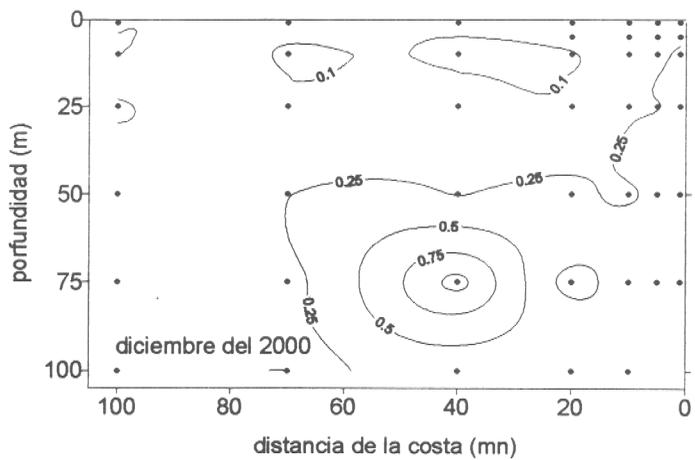
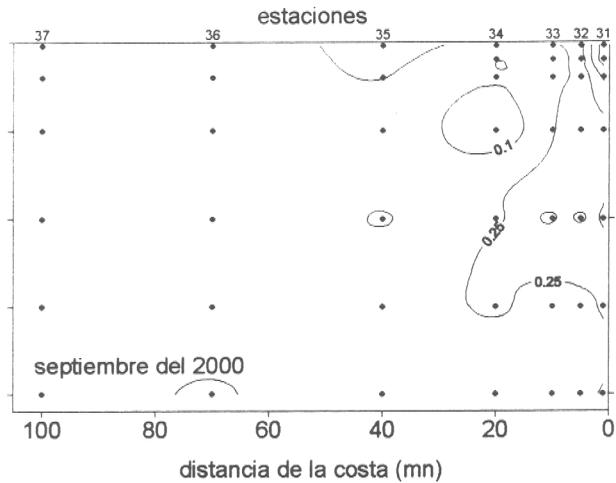
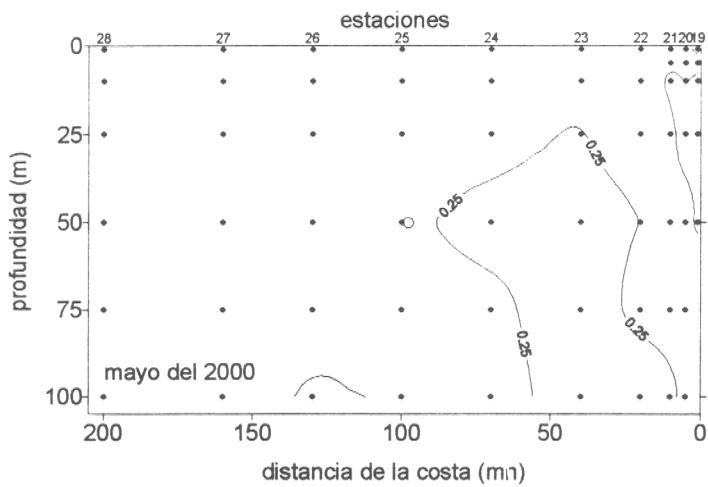


Figura 51. Distribución vertical de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 2 (Lat. $22^\circ 20'S$). Cruceros estacionales 2000/2001.

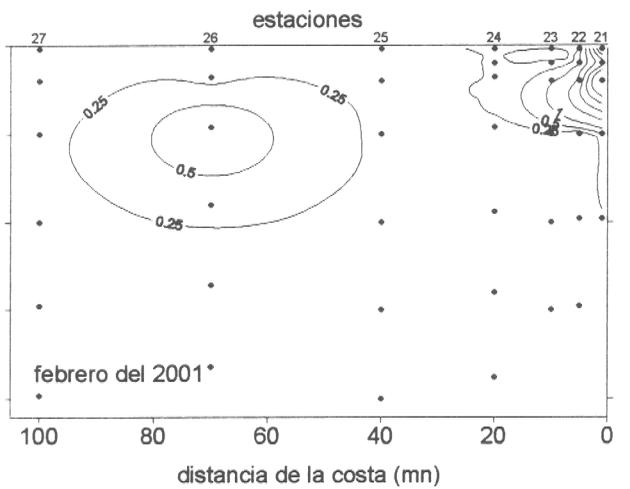
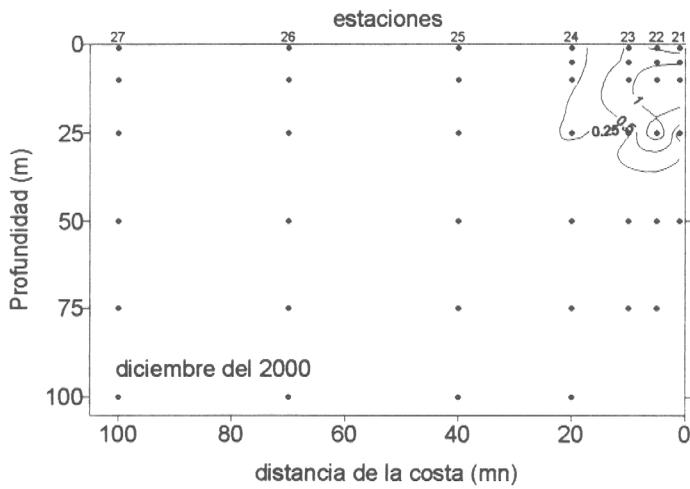
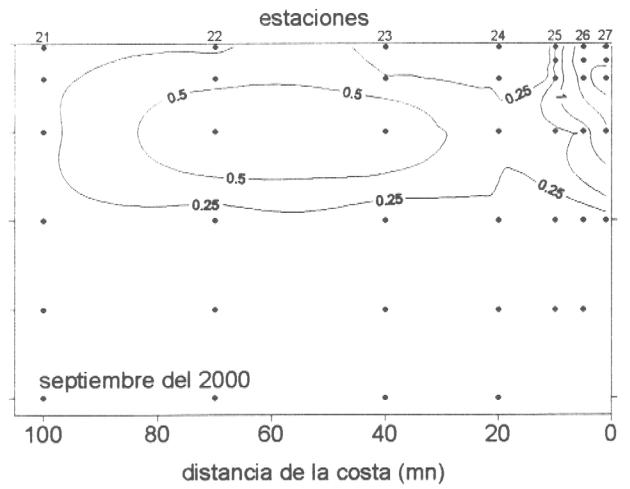
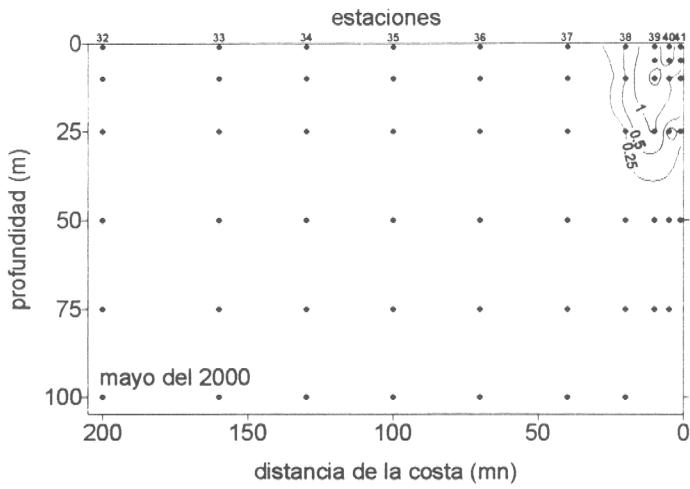


Figura 52. Distribución vertical de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 3 (Lat. $21^\circ 00'S$). Cruceros estacionales 2000/2001.

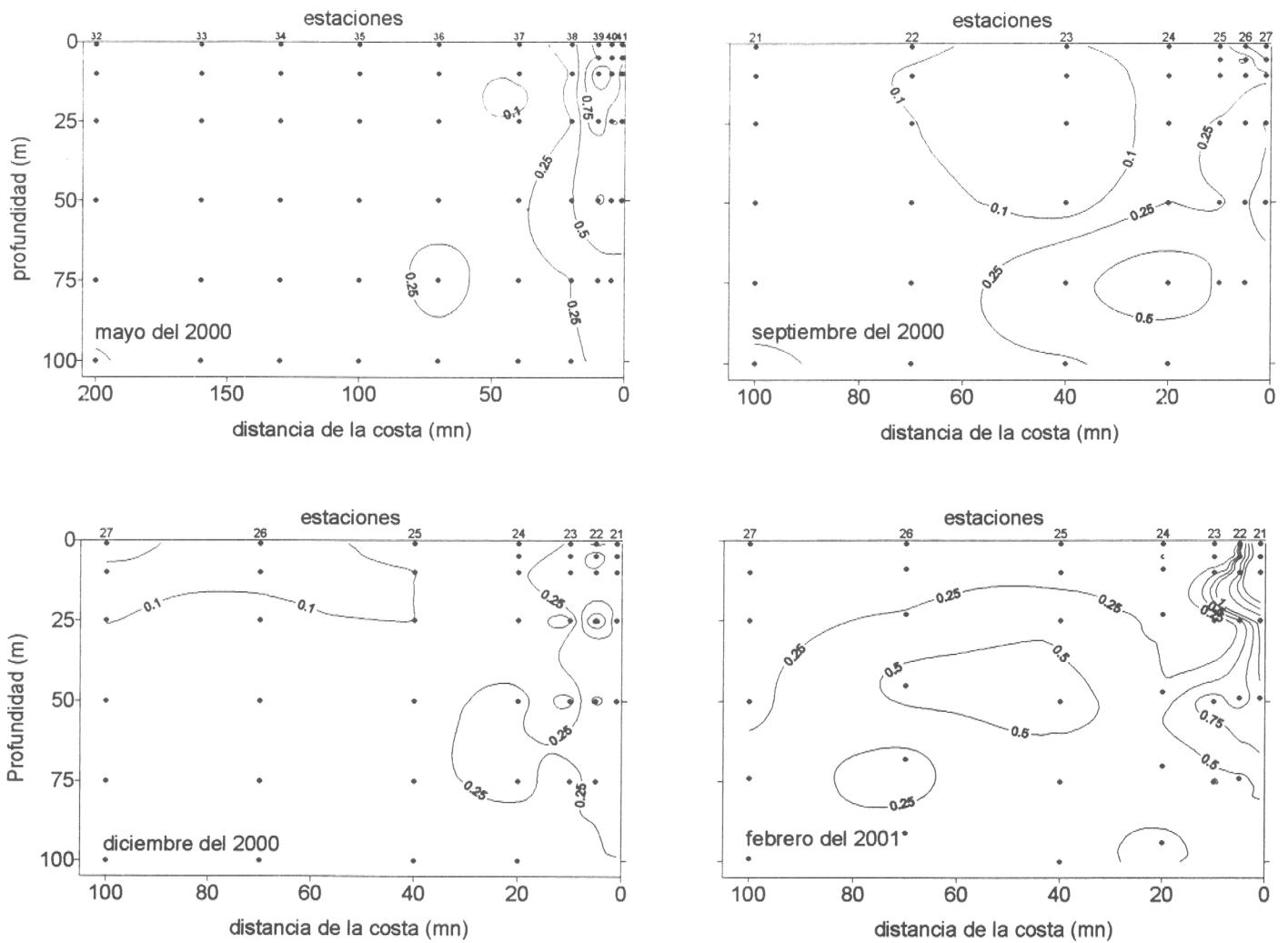


Figura 53. Distribución vertical de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 3 (Lat. $21^\circ 00'S$). Cruceros estacionales 2000/2001.

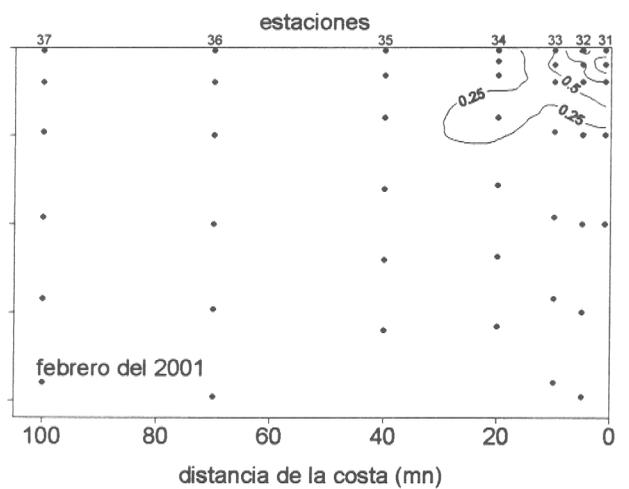
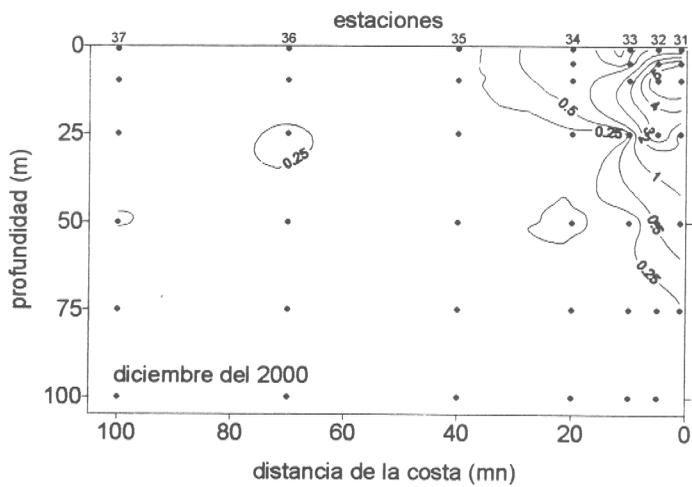
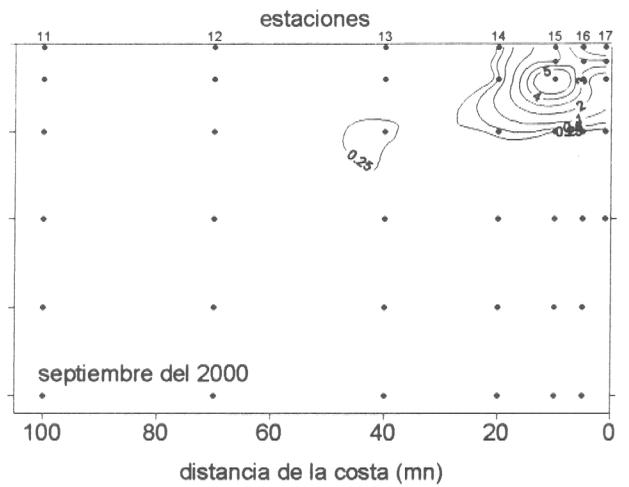
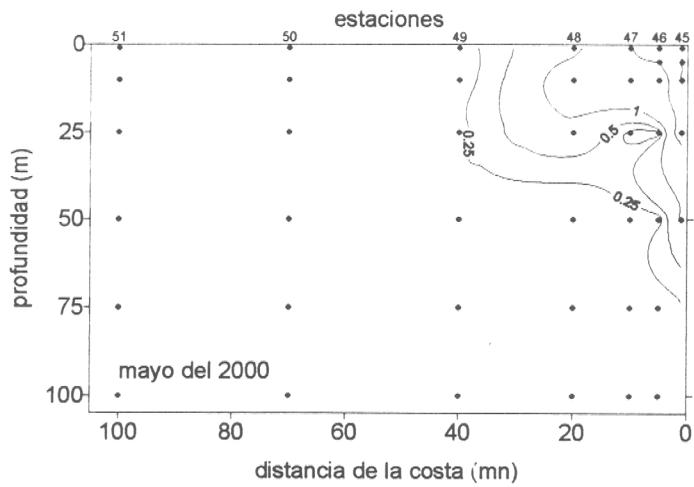


Figura 54. Distribución vertical de la clorofila a en la transecta 4 (Lat. 19° 40'S). Cruceros estacionales 2000/2001.

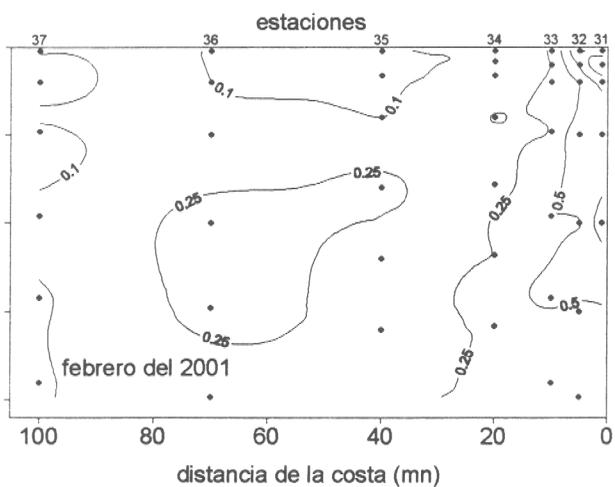
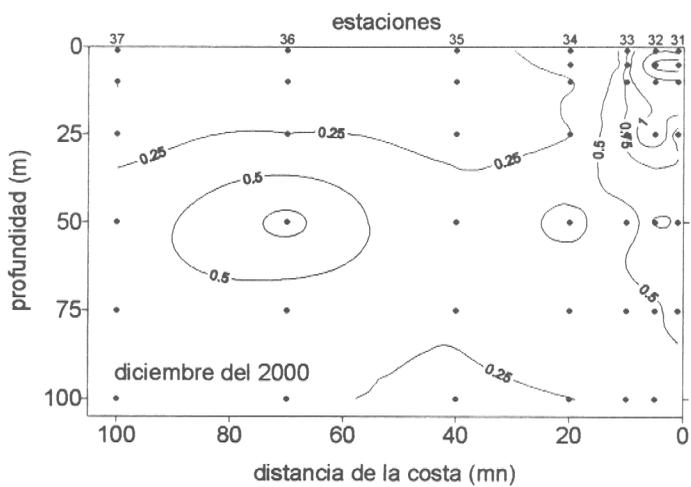
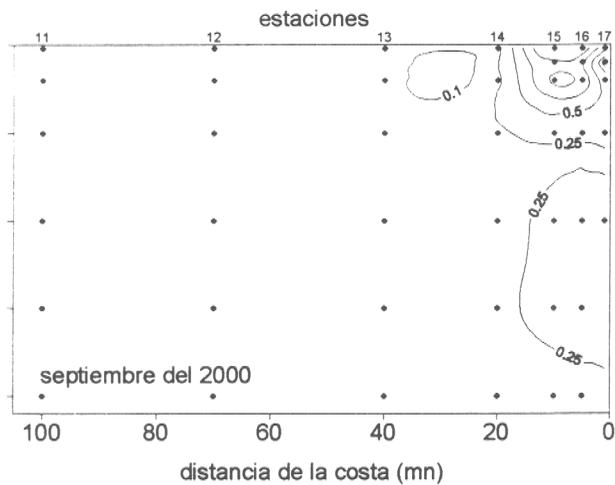
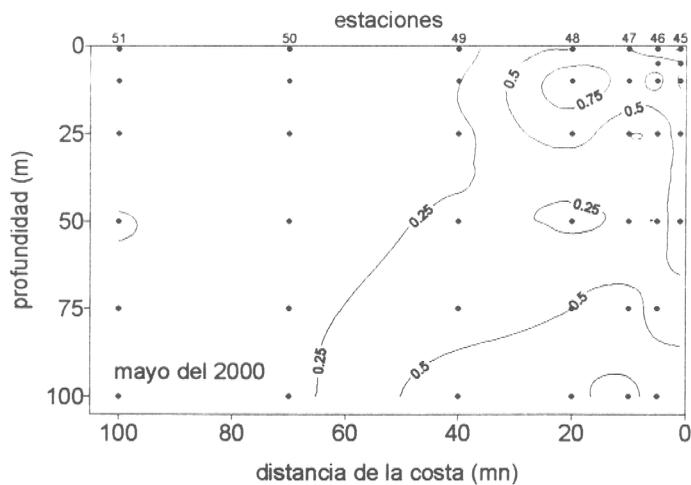


Figura 55. Distribución vertical de los feopigmentos en la transecta 4 (Lat. 19° 40'S). Cruceros estacionales 2000/2001.

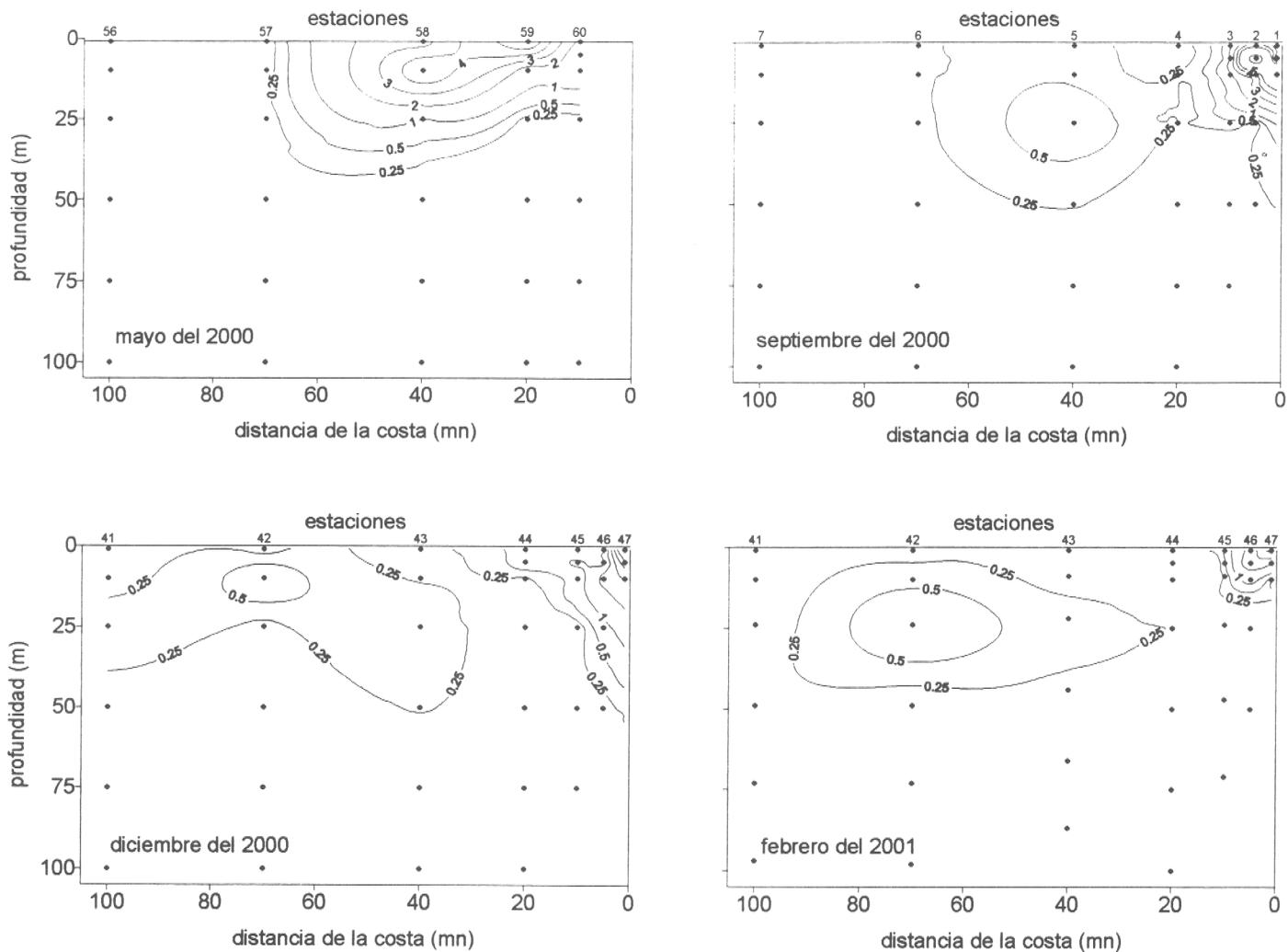


Figura 56. Distribución vertical de la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 5 (Lat. $18^{\circ} 25'S$). Cruceros estacionales 2000/2001.

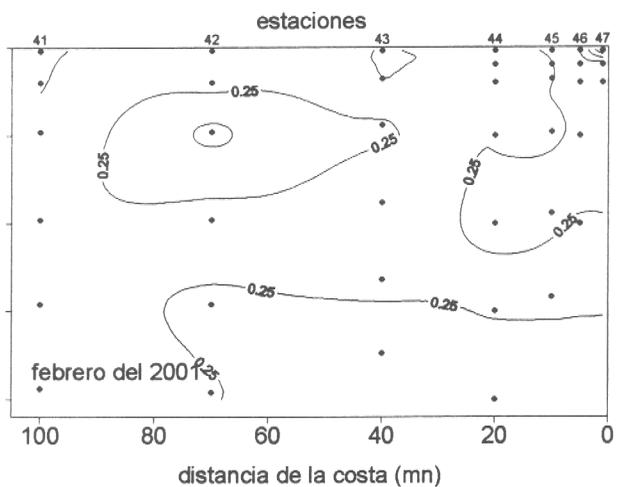
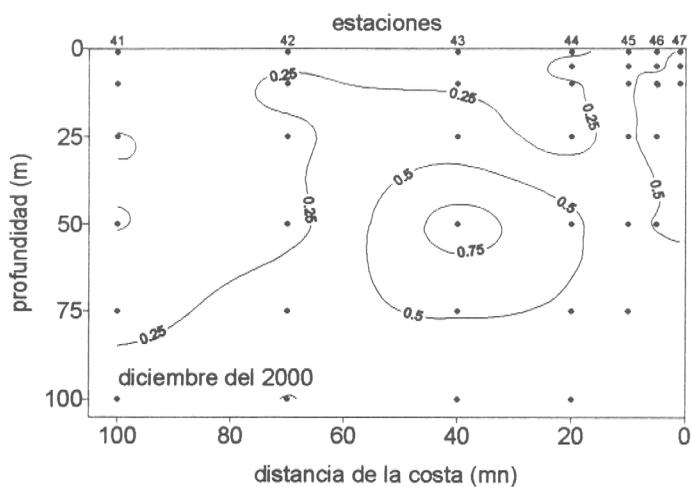
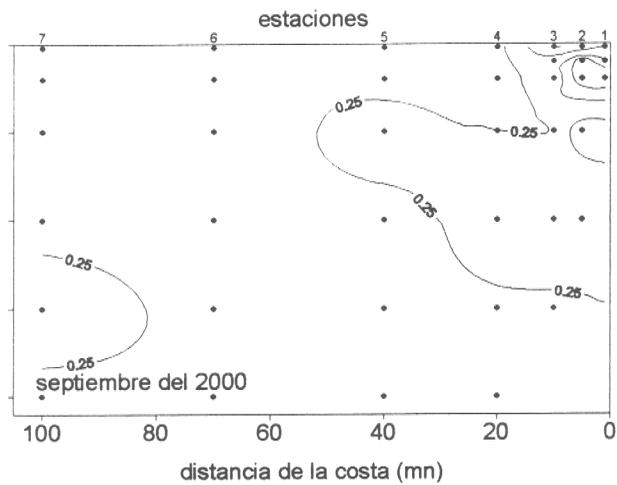
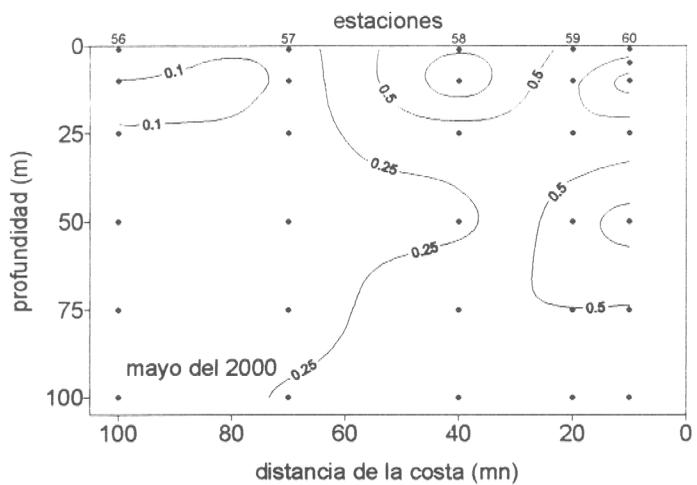


Figura 57. Distribución vertical de los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) en la transecta 5 (Lat. $18^\circ 25'S$). Cruceros estacionales 2000/2001.

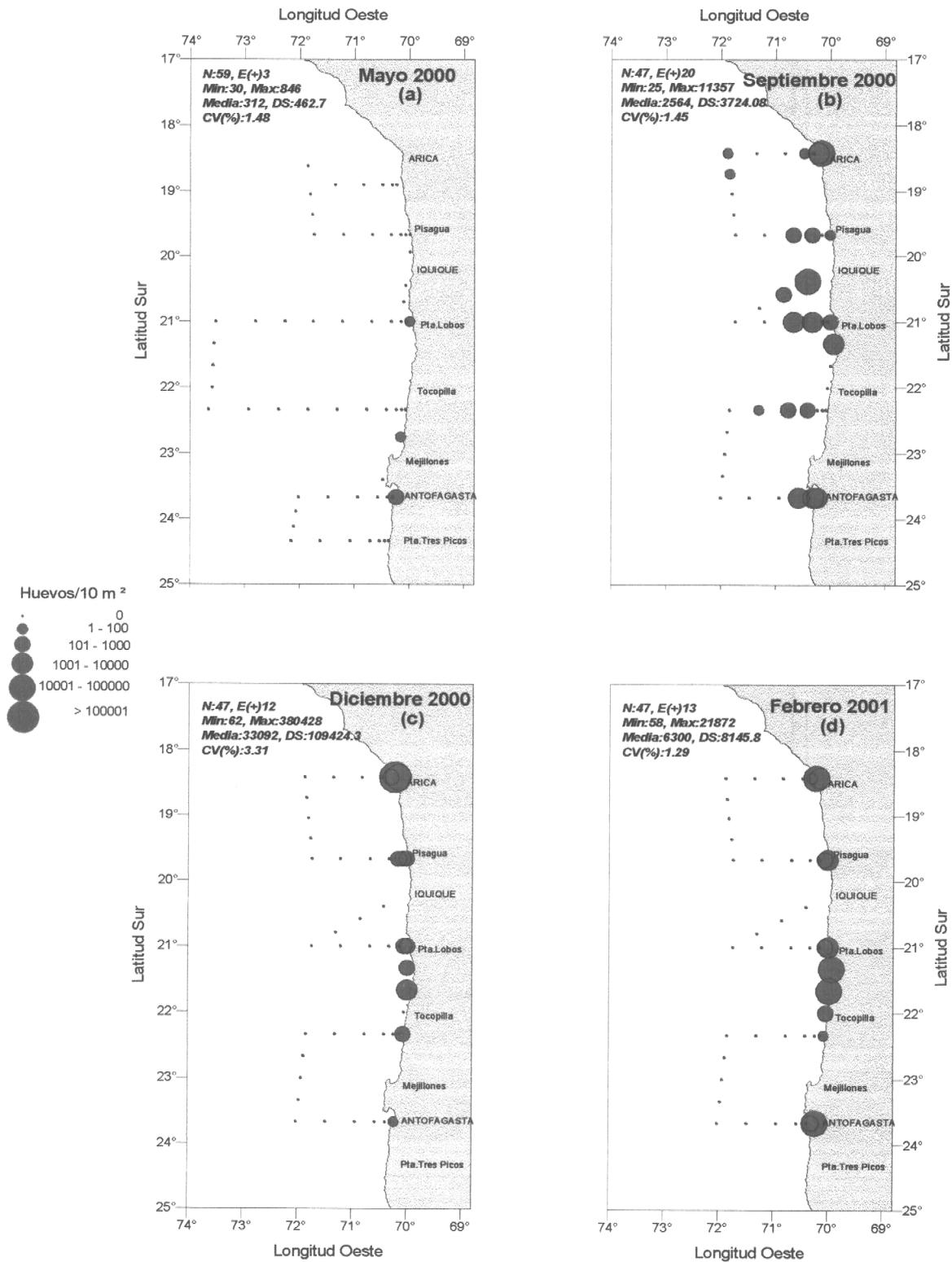


Figura 58.- Distribución y abundancia de Huevos de Anchofeta. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.

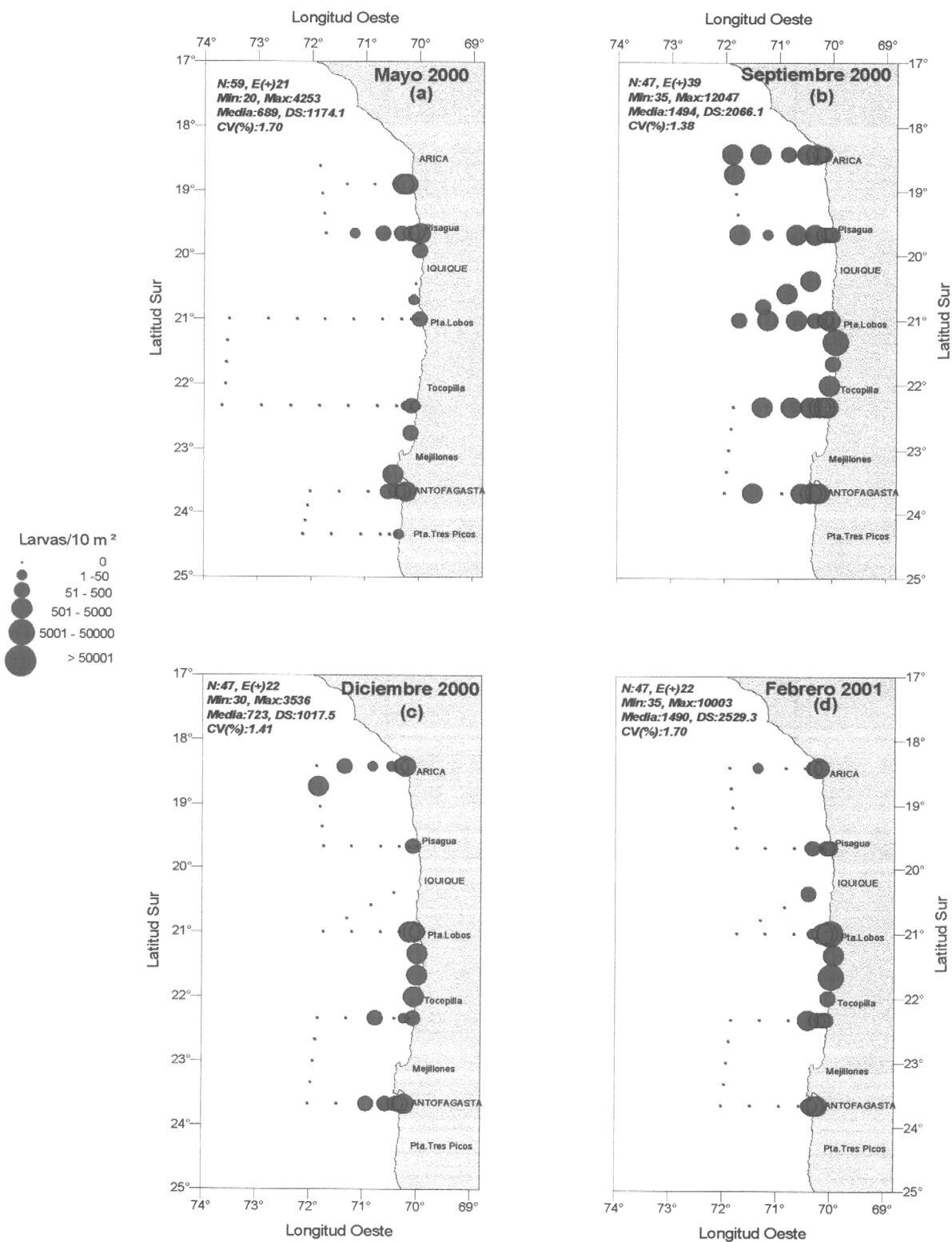


Figura 59.- Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.

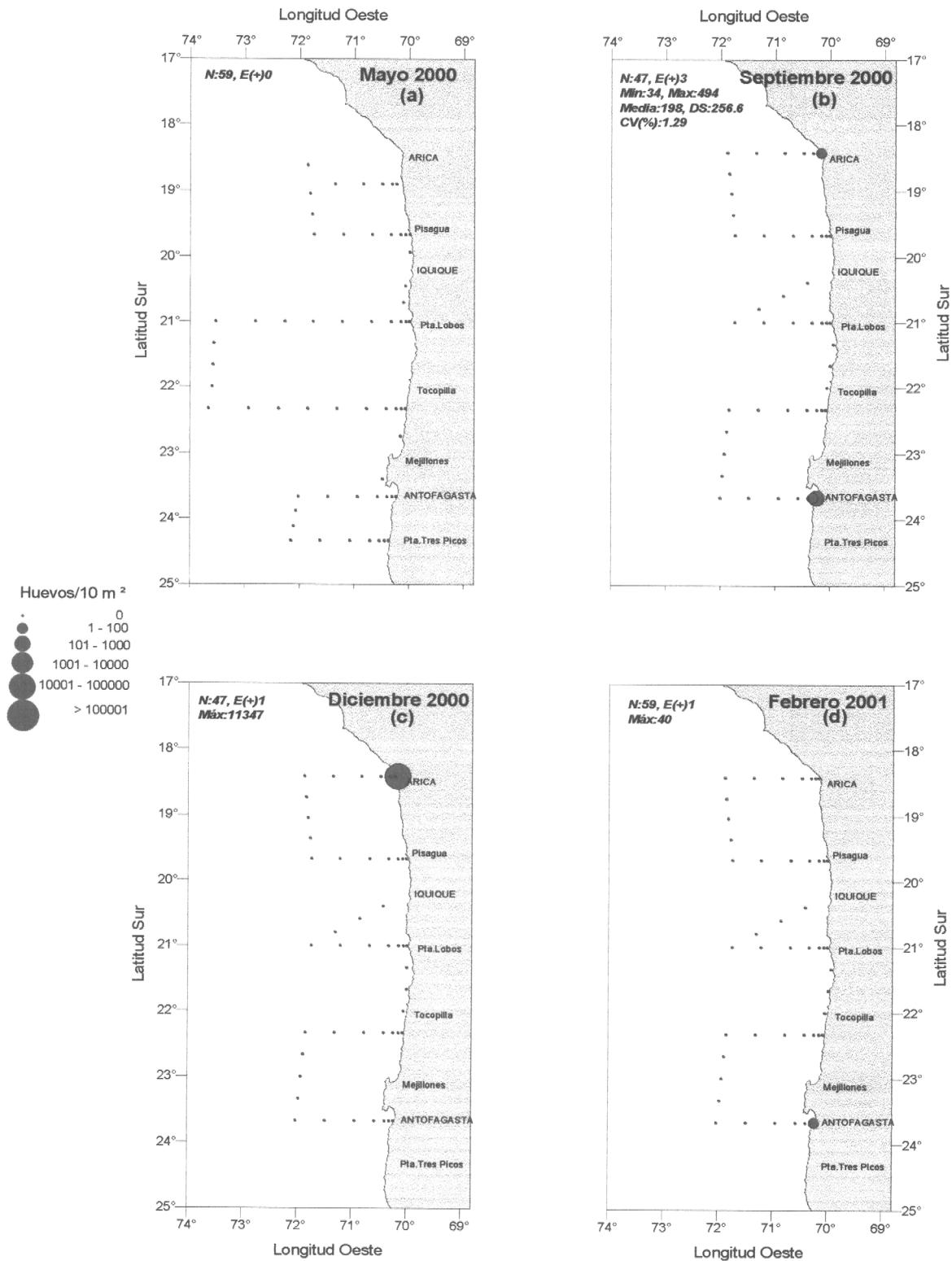


Figura 60.- Distribución y abundancia de Huevos de Sardina. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.

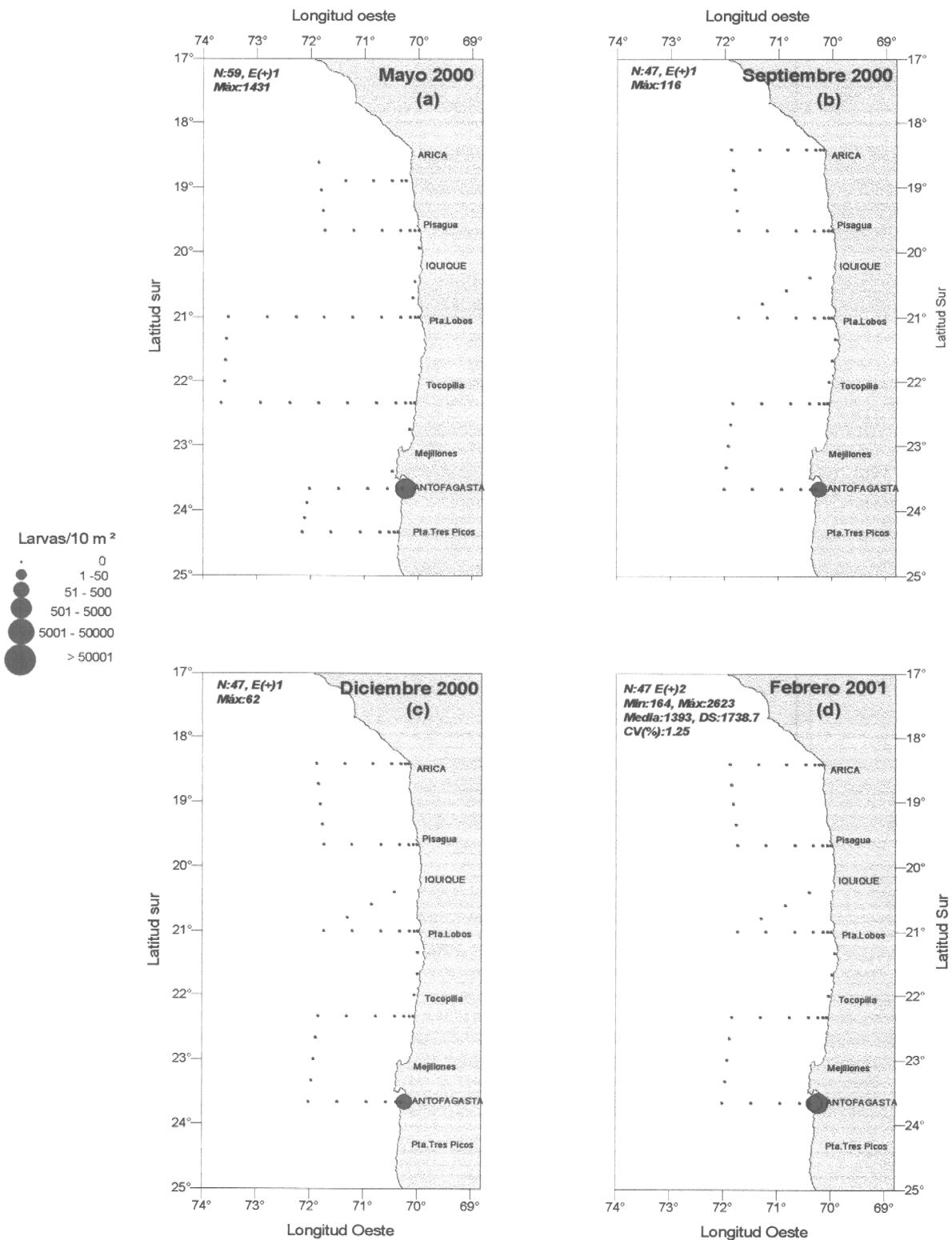


Figura 61 .- Distribución y abundancia de Larvas de Sardina. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.

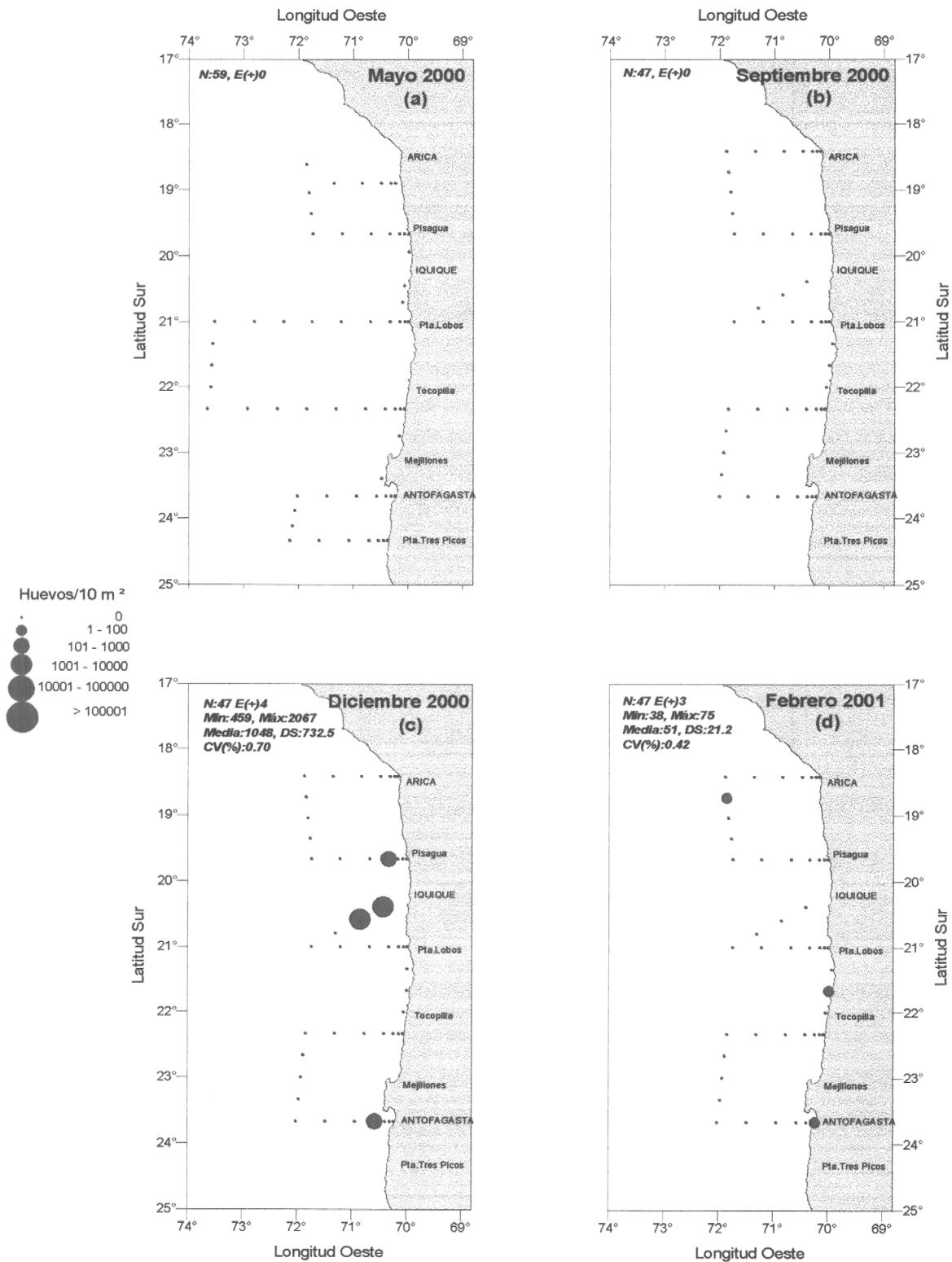


Figura 62.- Distribución y abundancia de Huevos de Jurel. Cruceos estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.

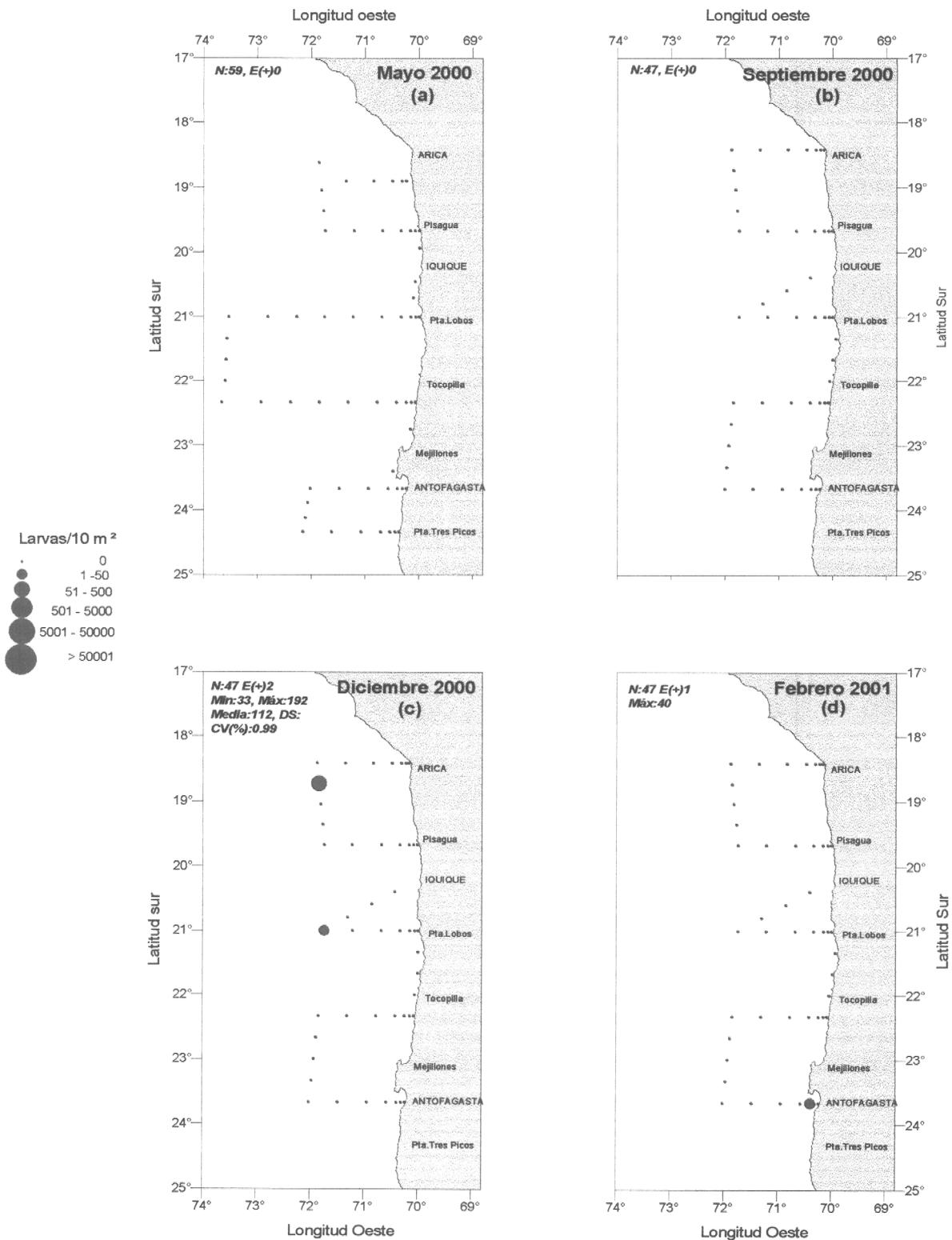


Figura 63 .- Distribución y abundancia de Larvas de Jurel. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.

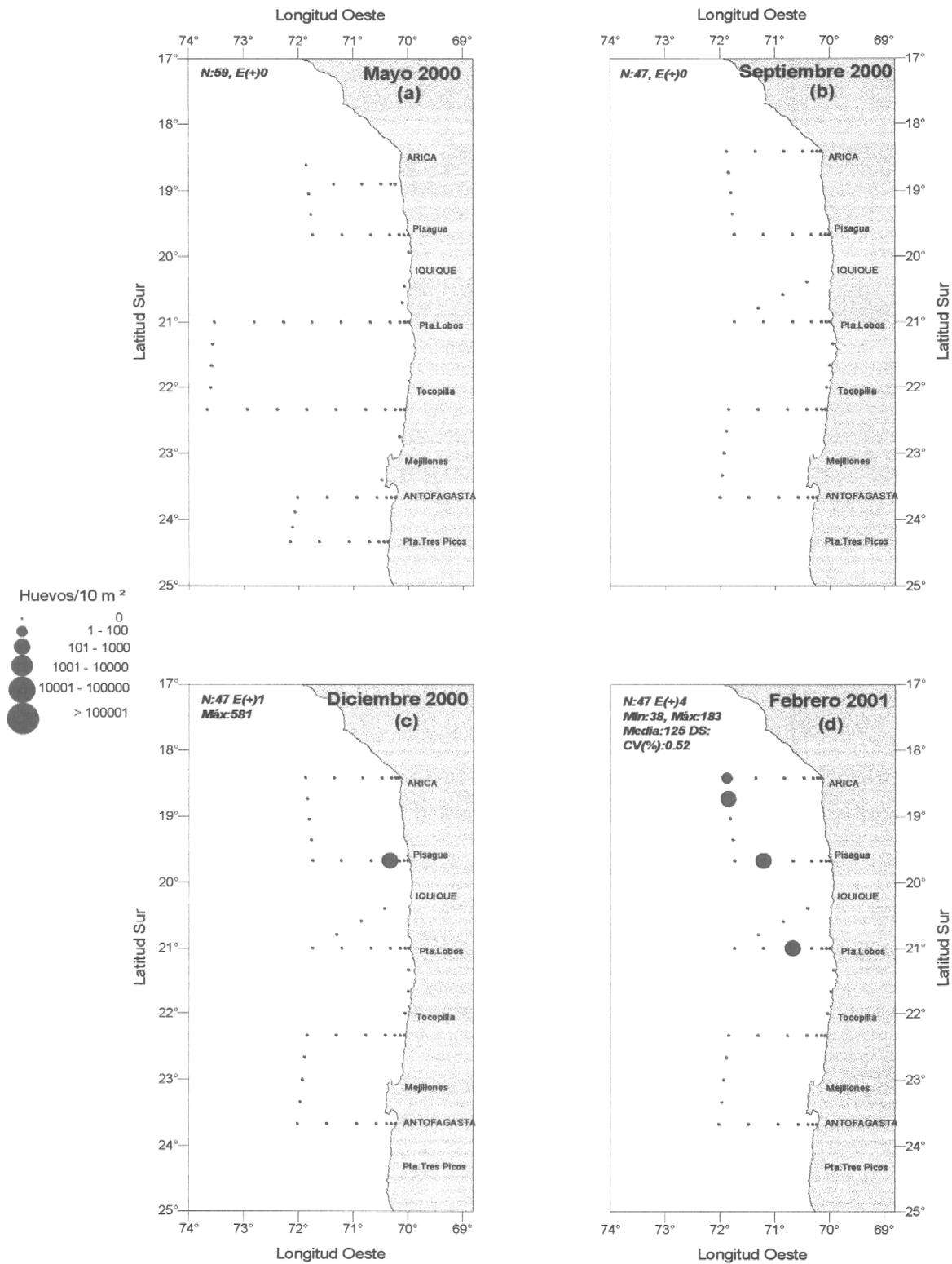


Figura 64.- Distribución y abundancia de Huevos de Caballa. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.

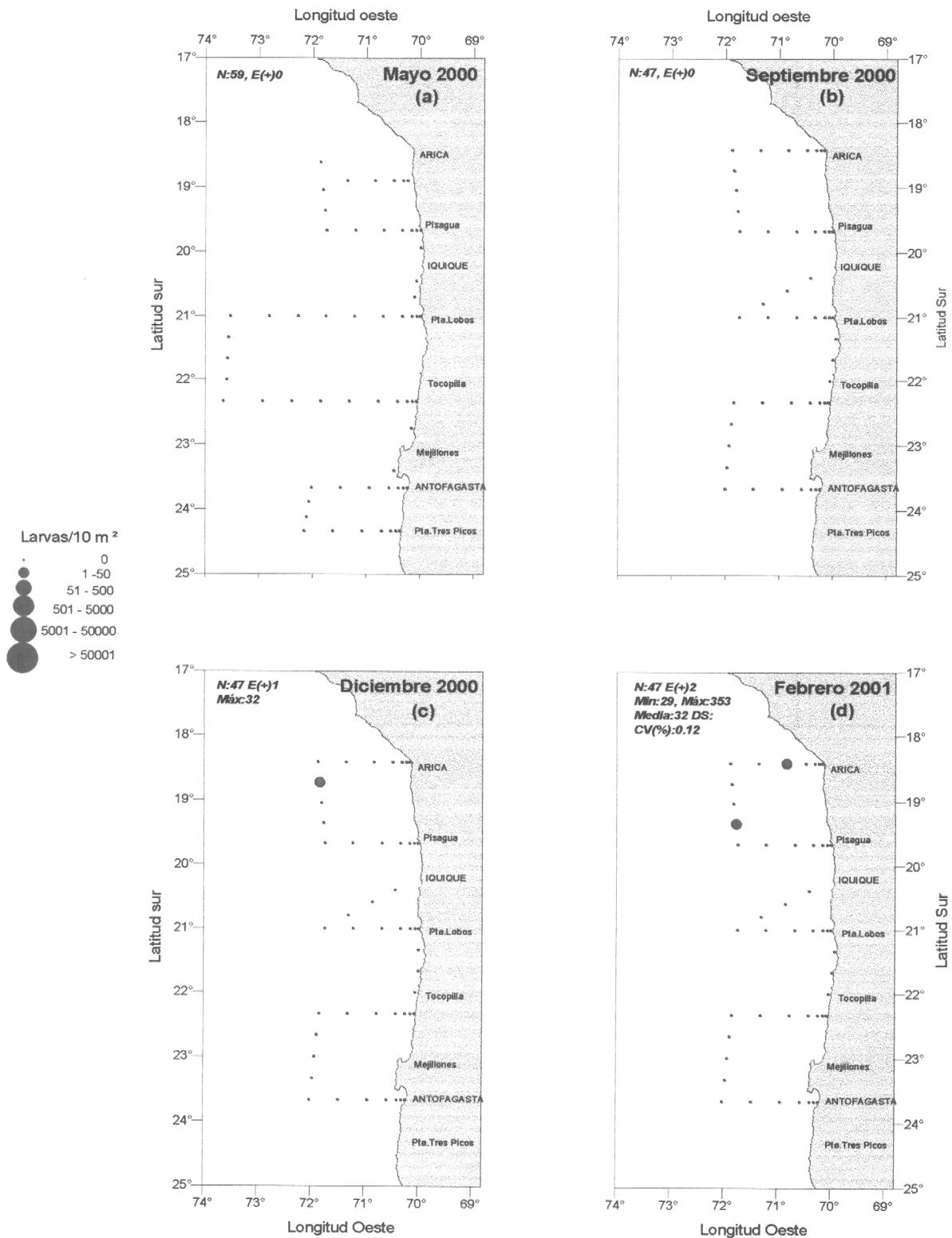


Figura 65.- Distribución y abundancia de Larvas de Caballa. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.

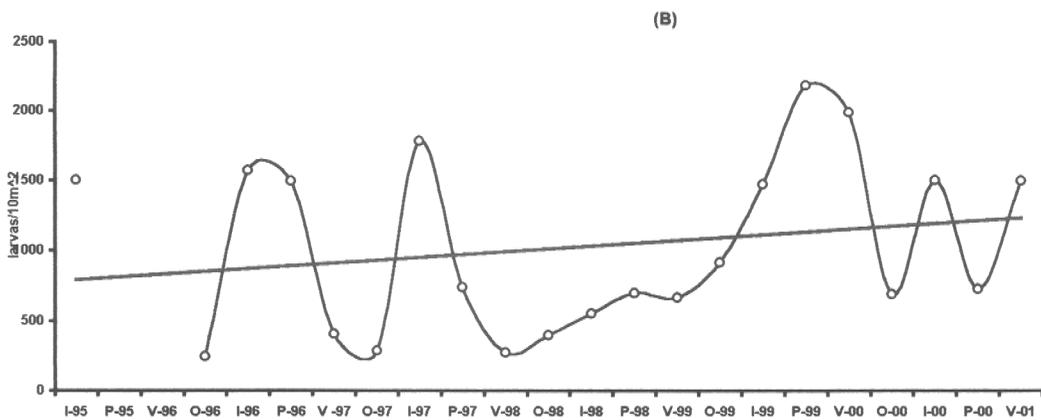
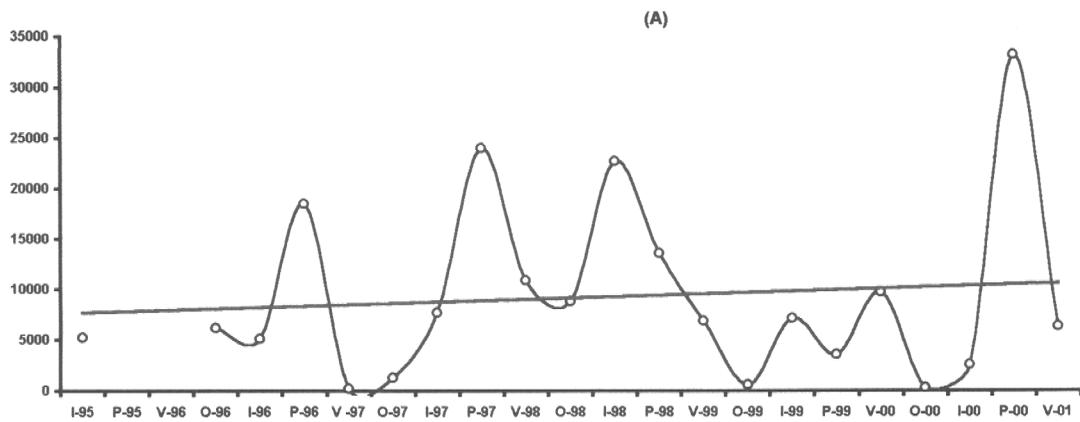


Fig. 66 Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta para el período invierno de 1995 a verano de 2001. (Línea roja = Línea de tendencia).

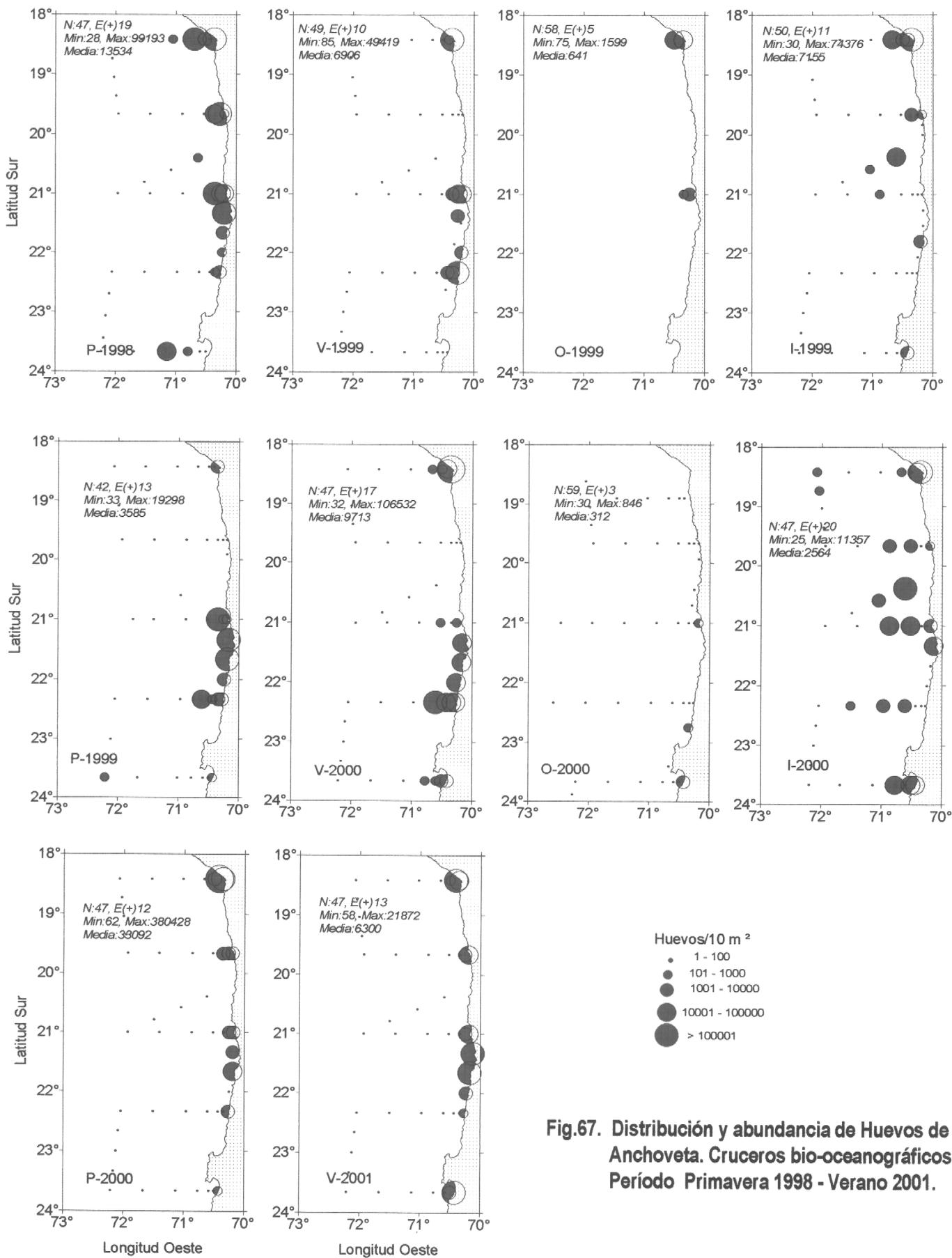
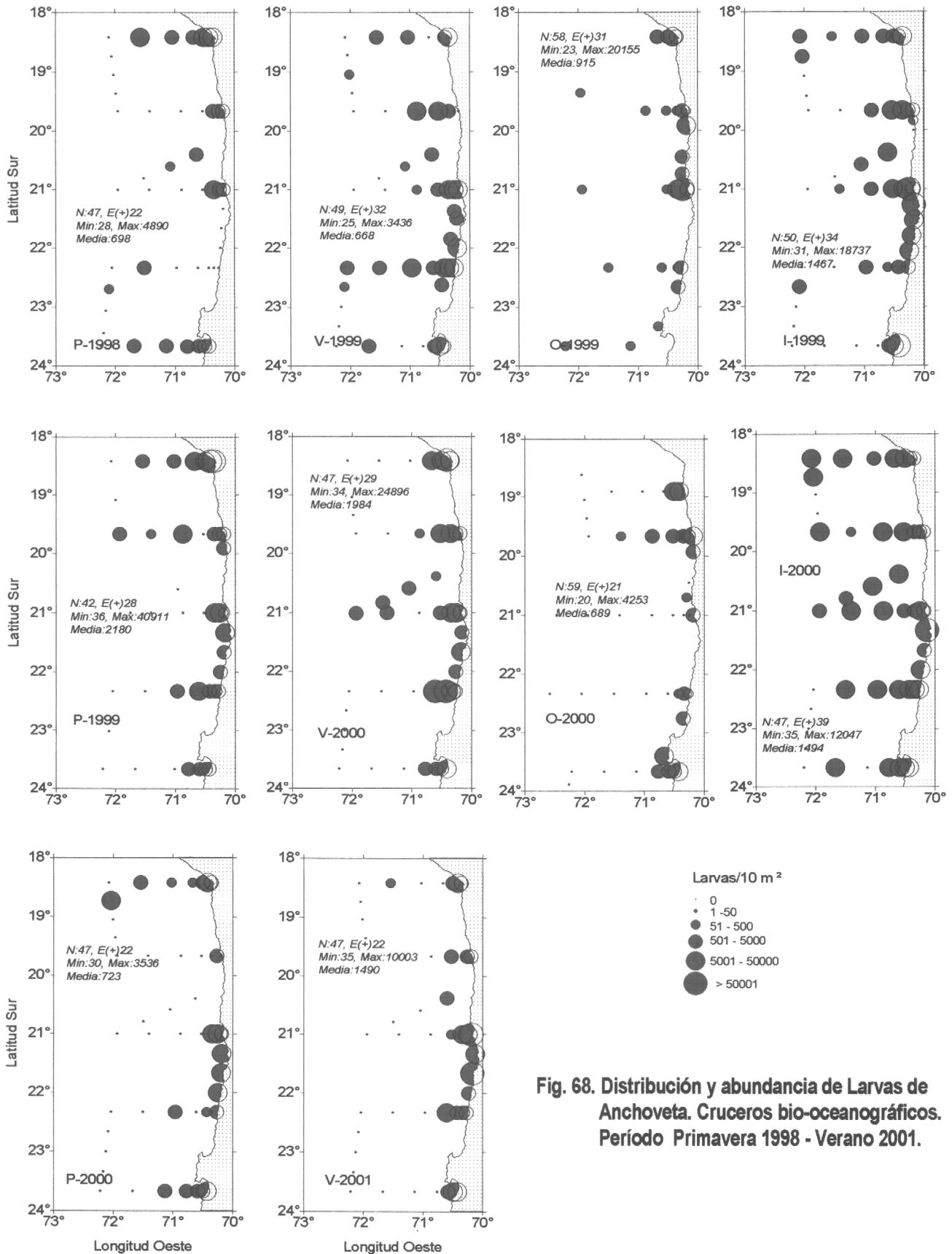


Fig.67. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros bio-oceanográficos. Período Primavera 1998 - Verano 2001.



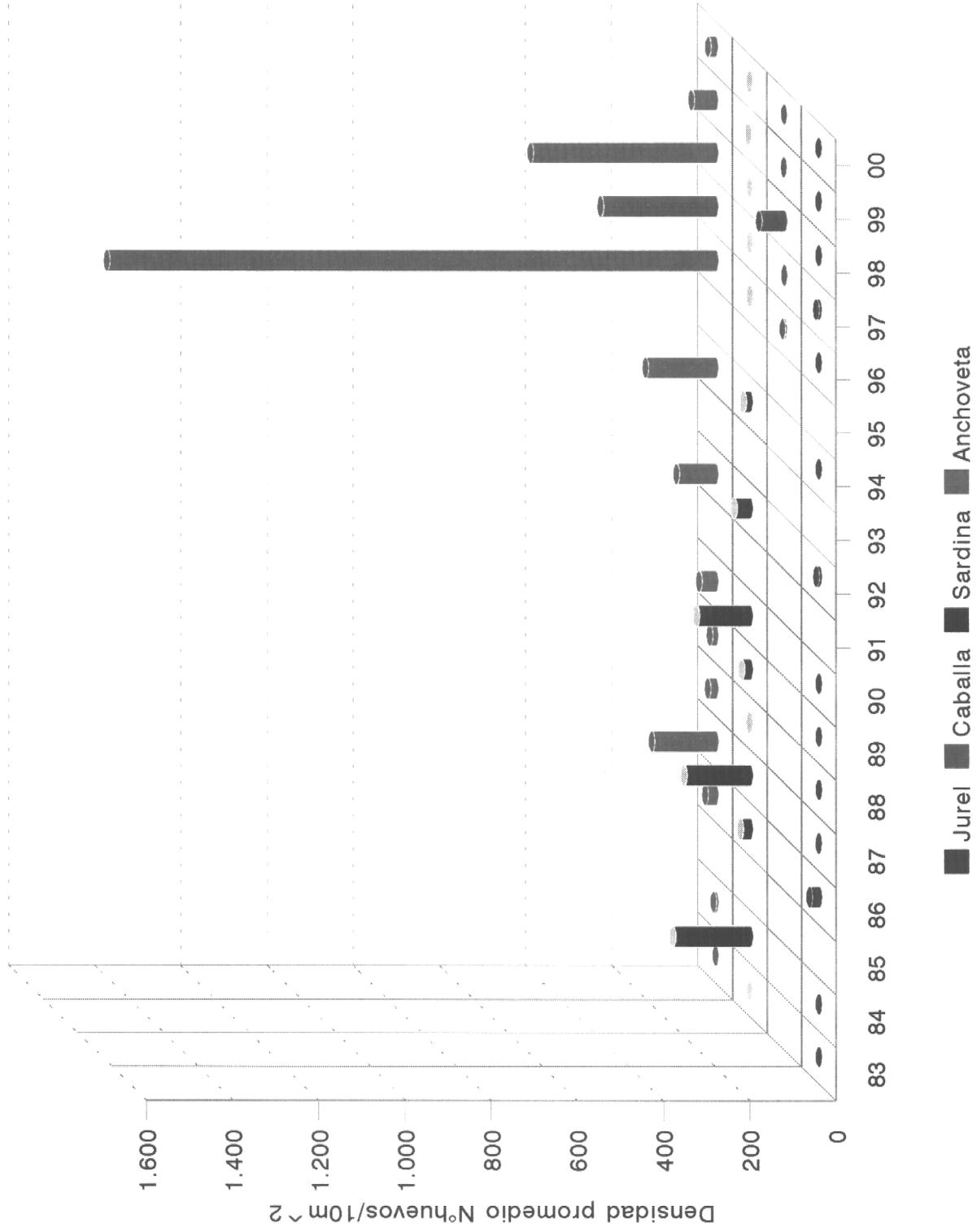


Fig. 69 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2000.

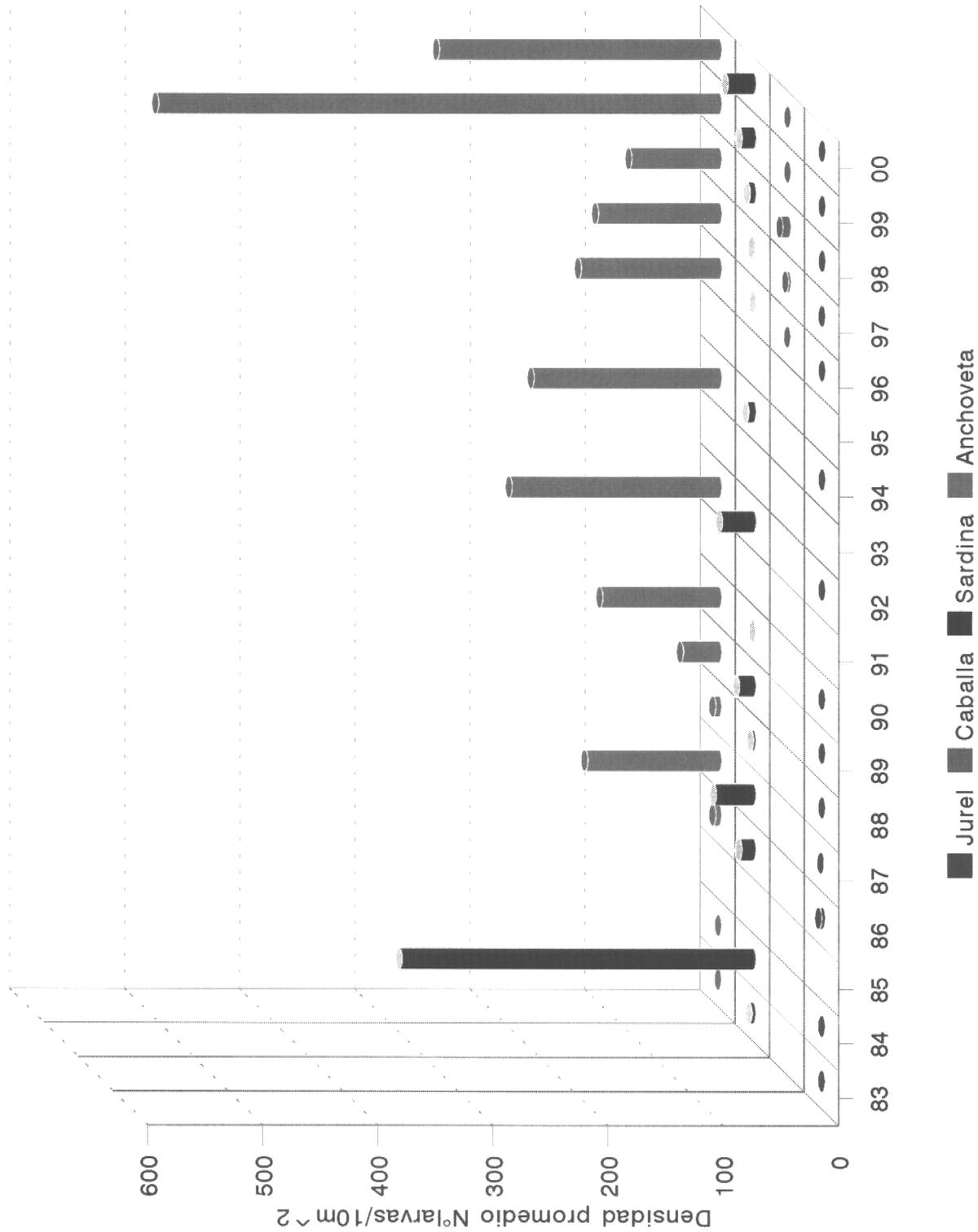


Fig. 70 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2000.

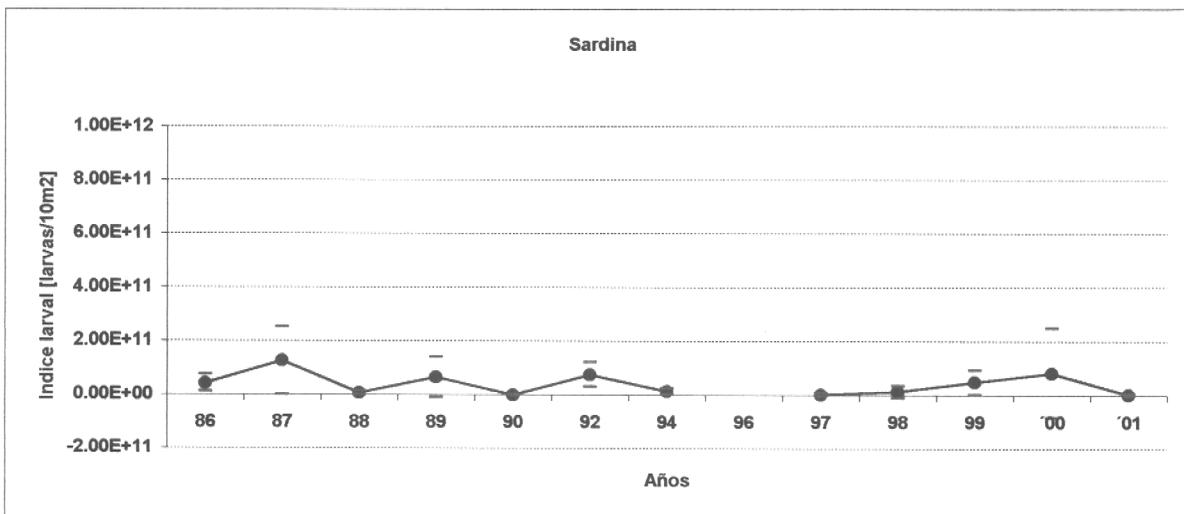
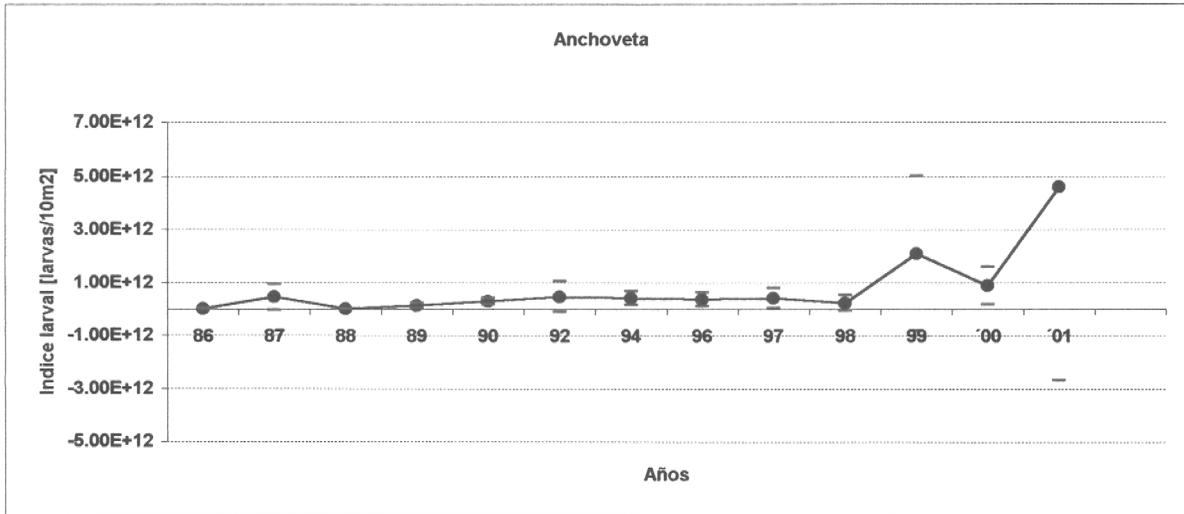


Fig. 71 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en otoño del período 1986/2001.

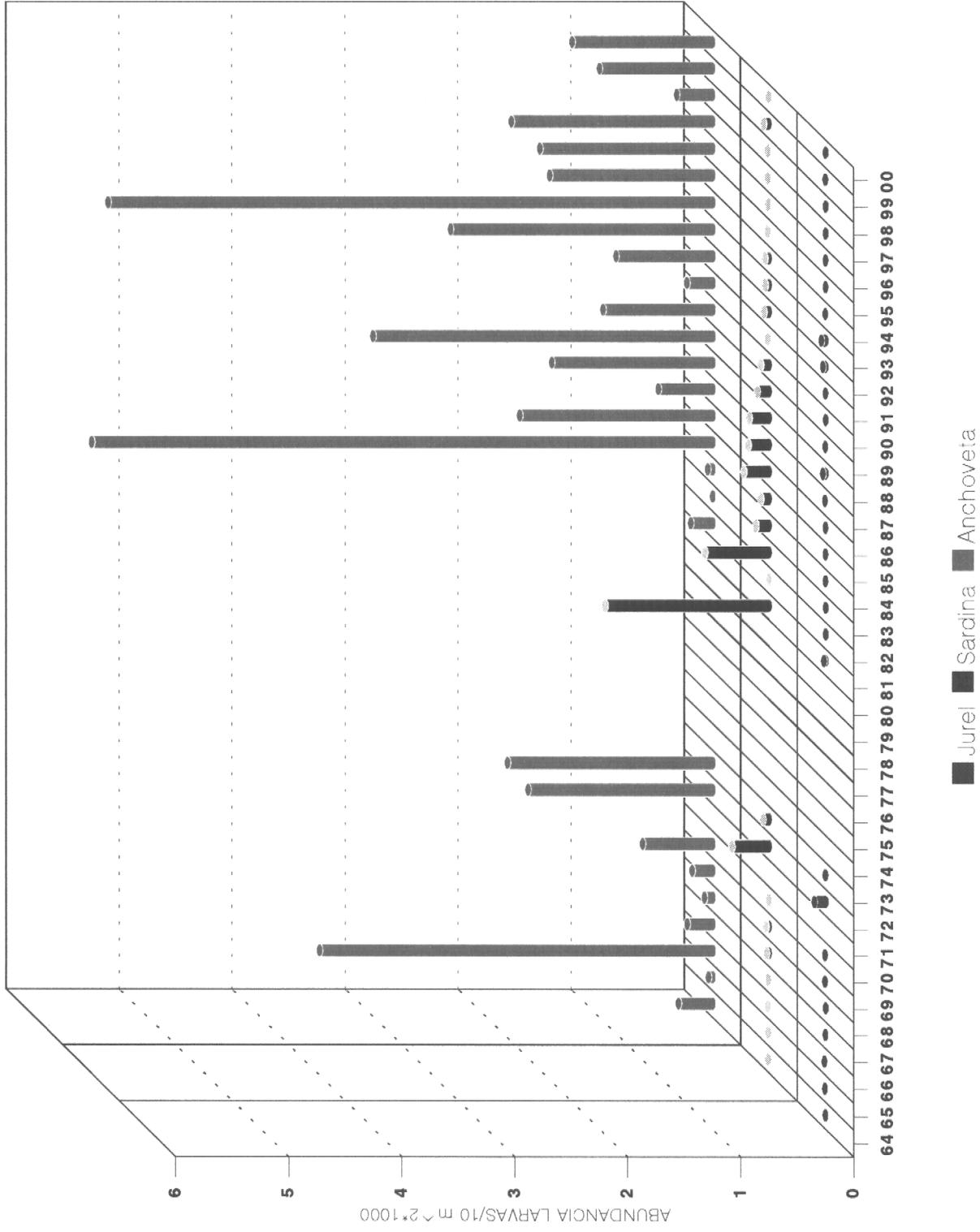


Fig. 72 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona norte de Chile en invierno de 1964 - 2000.

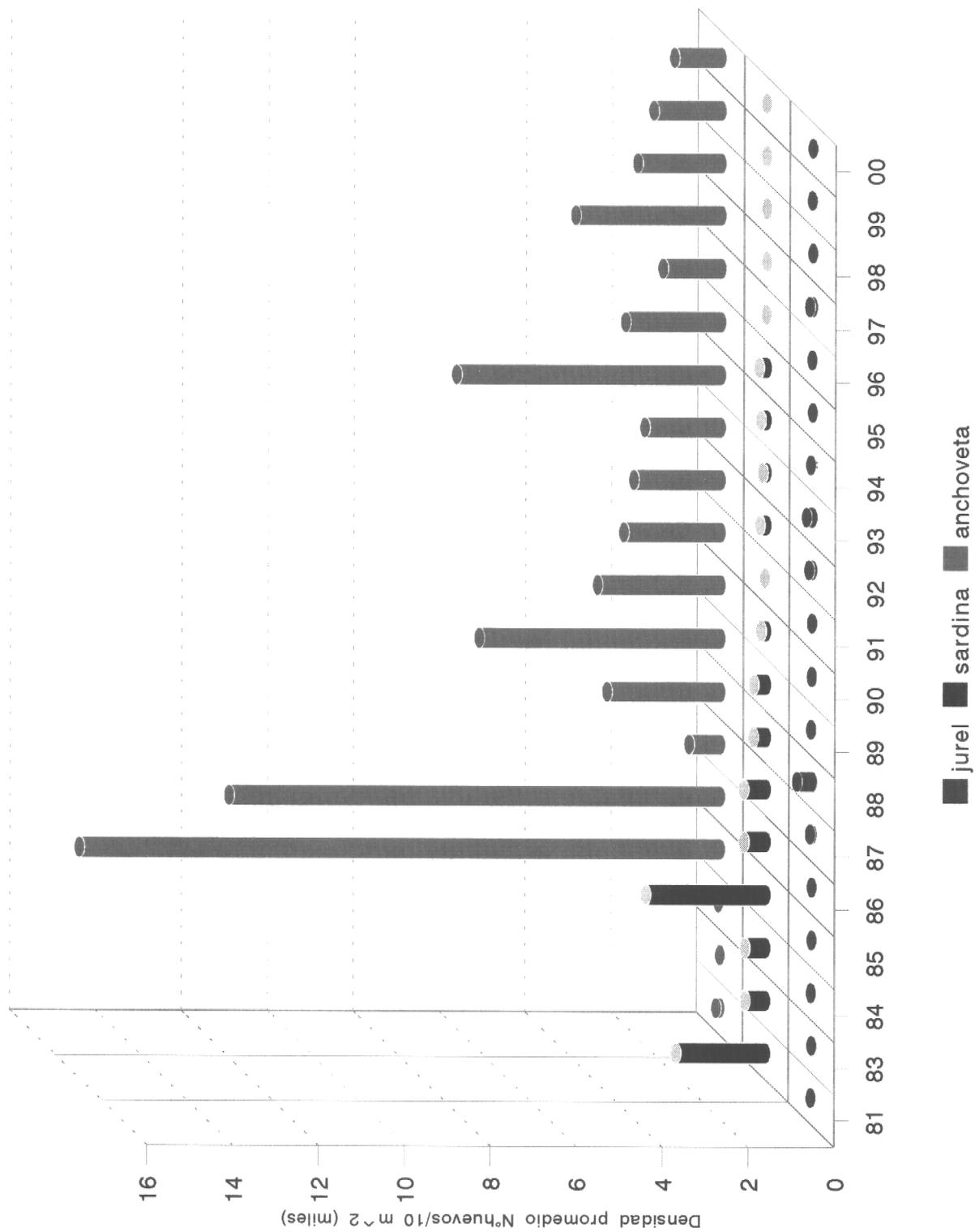


Fig. 73 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/2000.

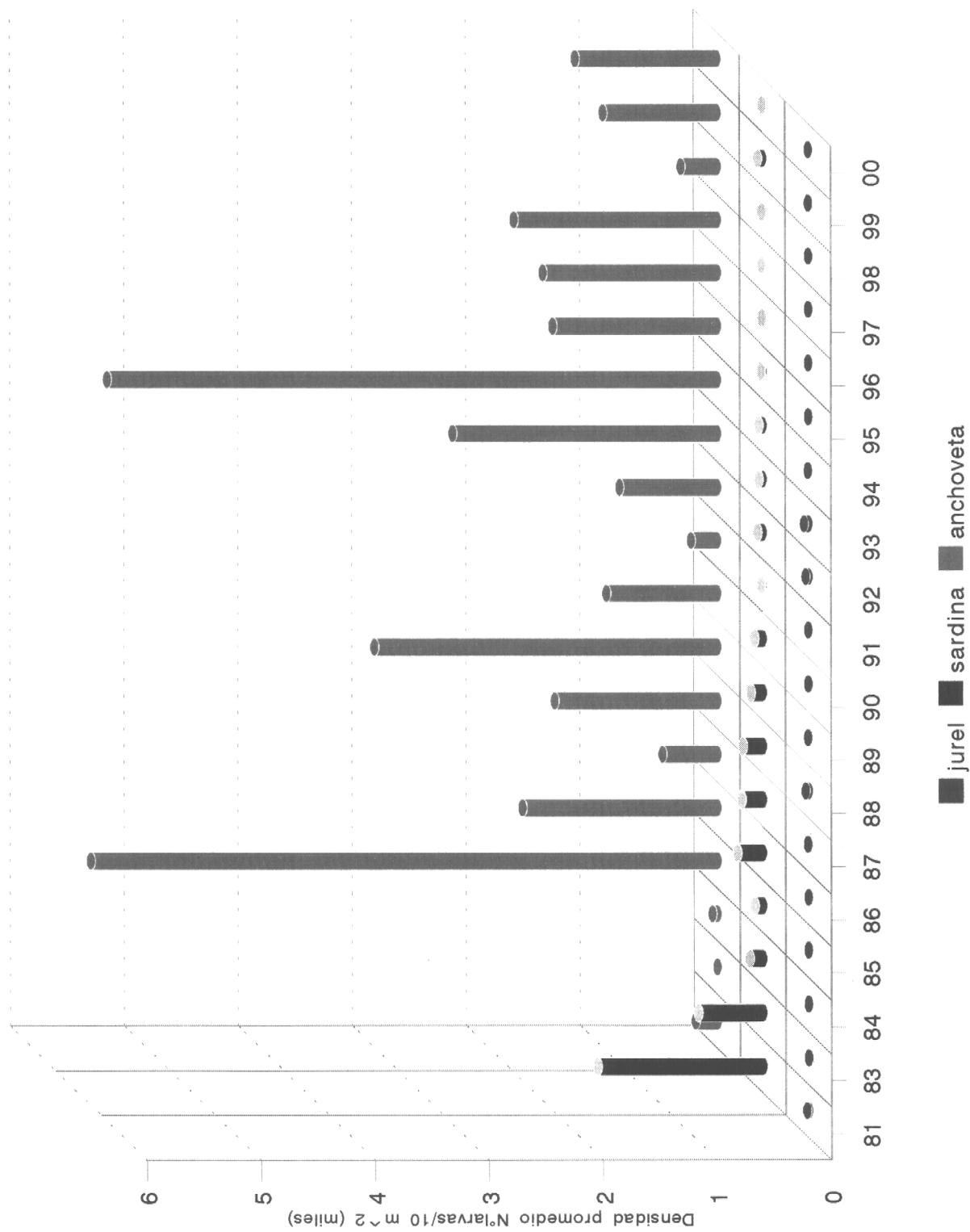


Fig. 74 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/2000.

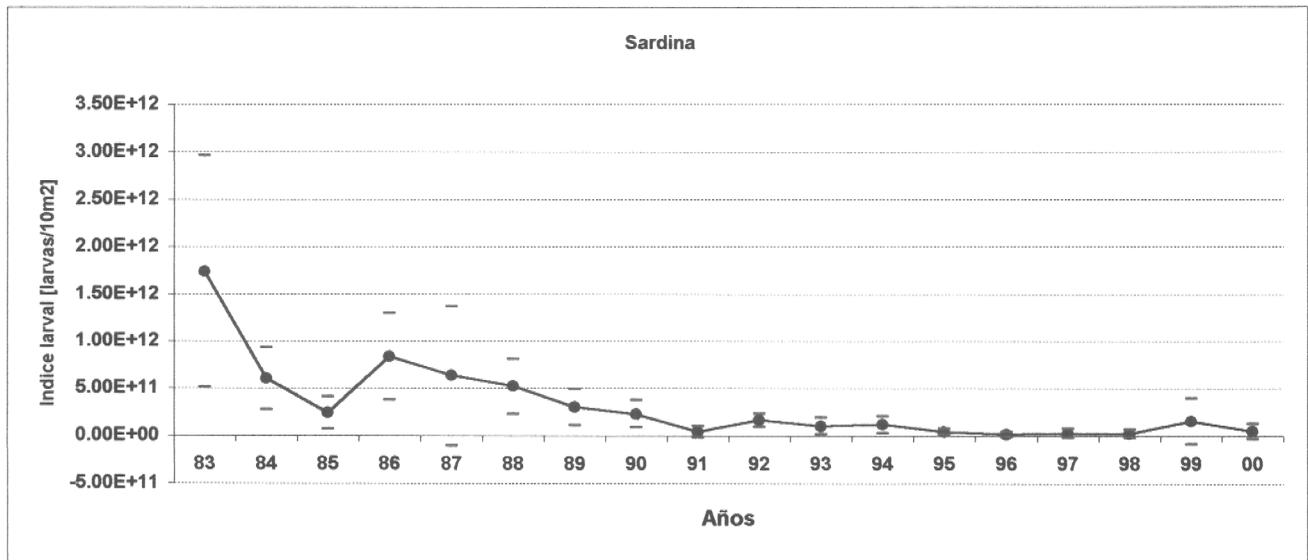
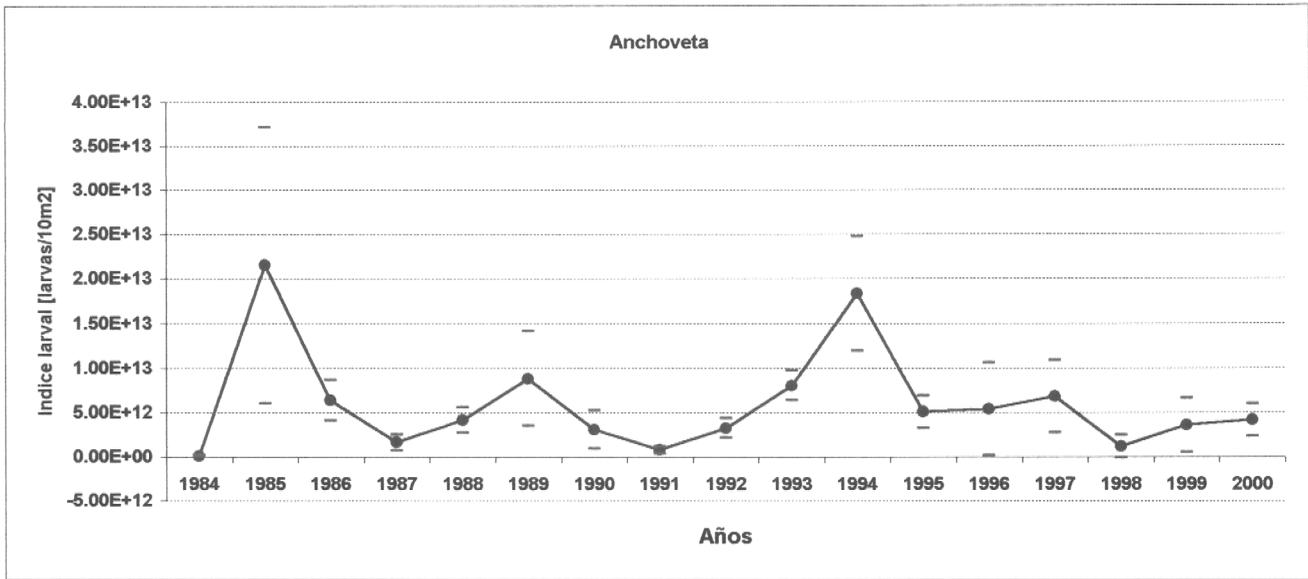


Fig. 75 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en invierno de período 1984/2000.

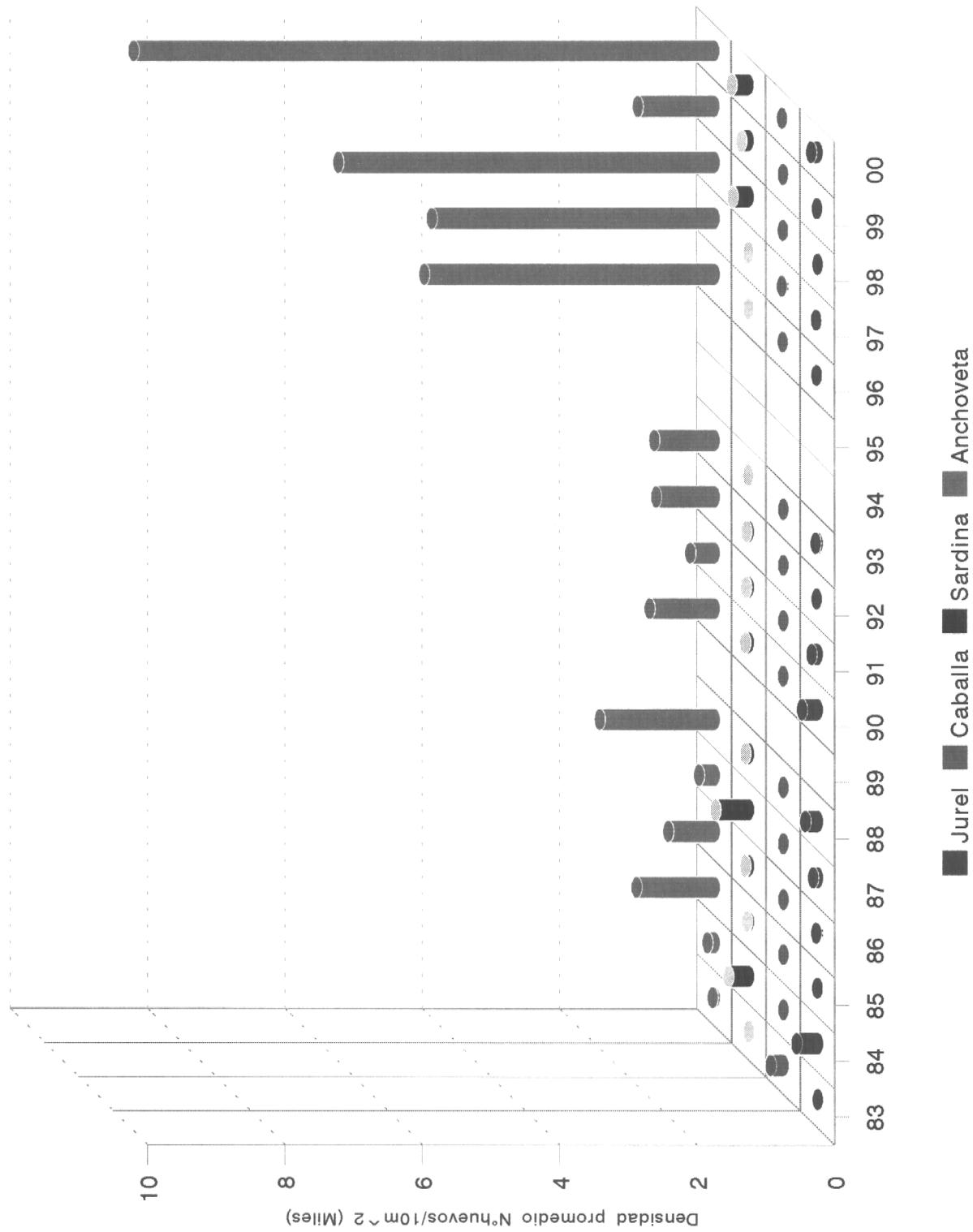


Fig. 76 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/2000.

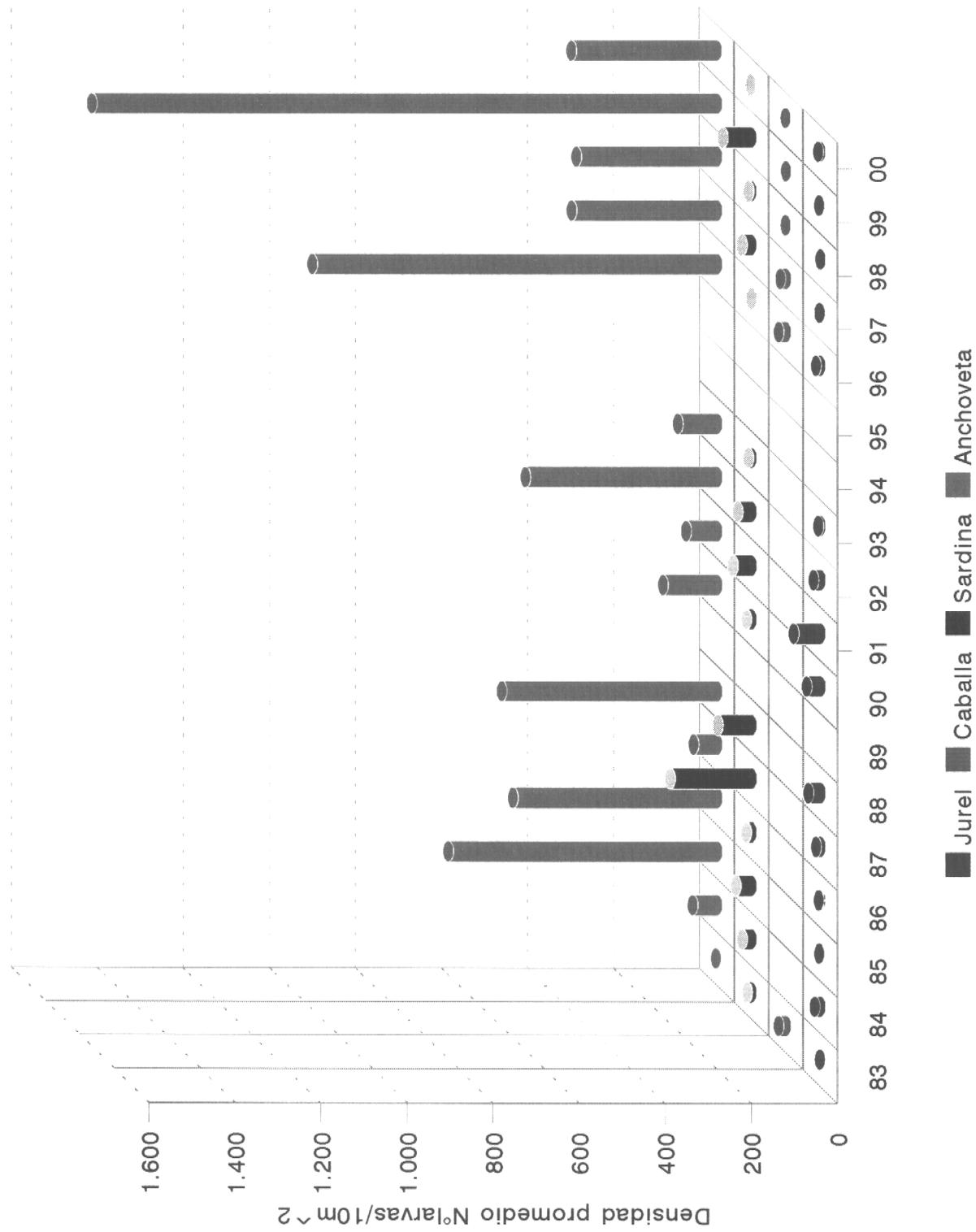


Fig. 77 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/2000.

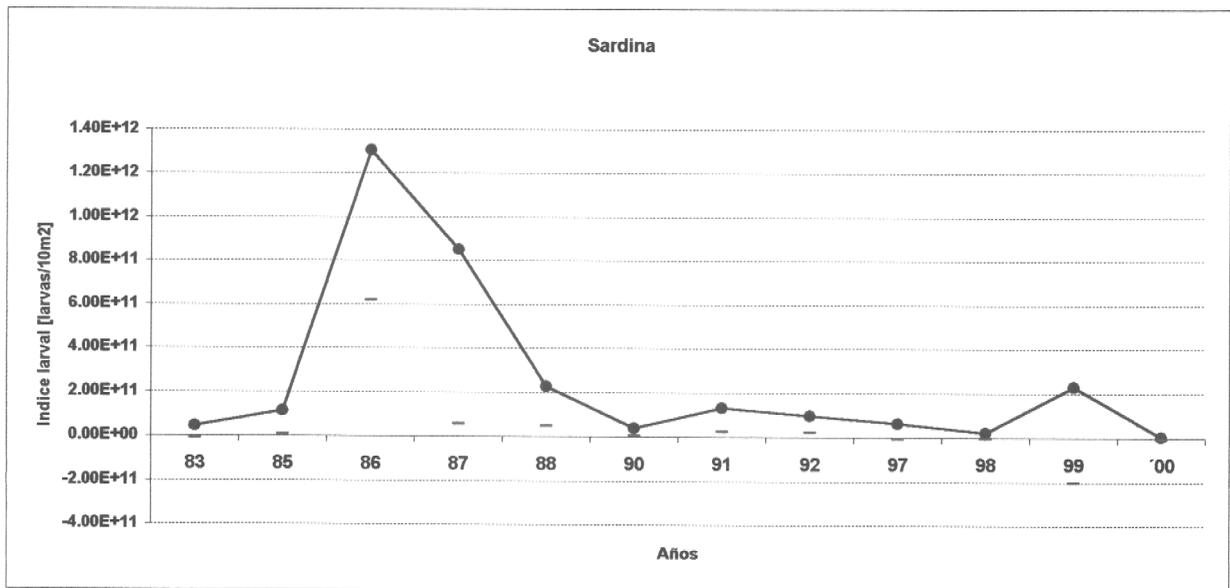
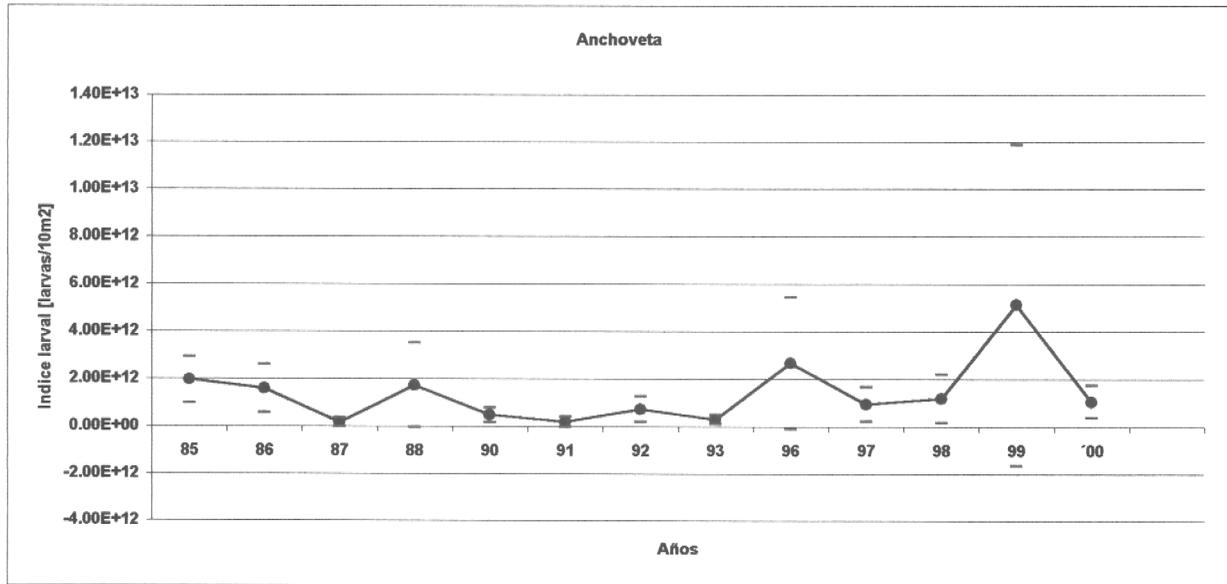


Fig. 78 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en primavera del período 1983/2000.

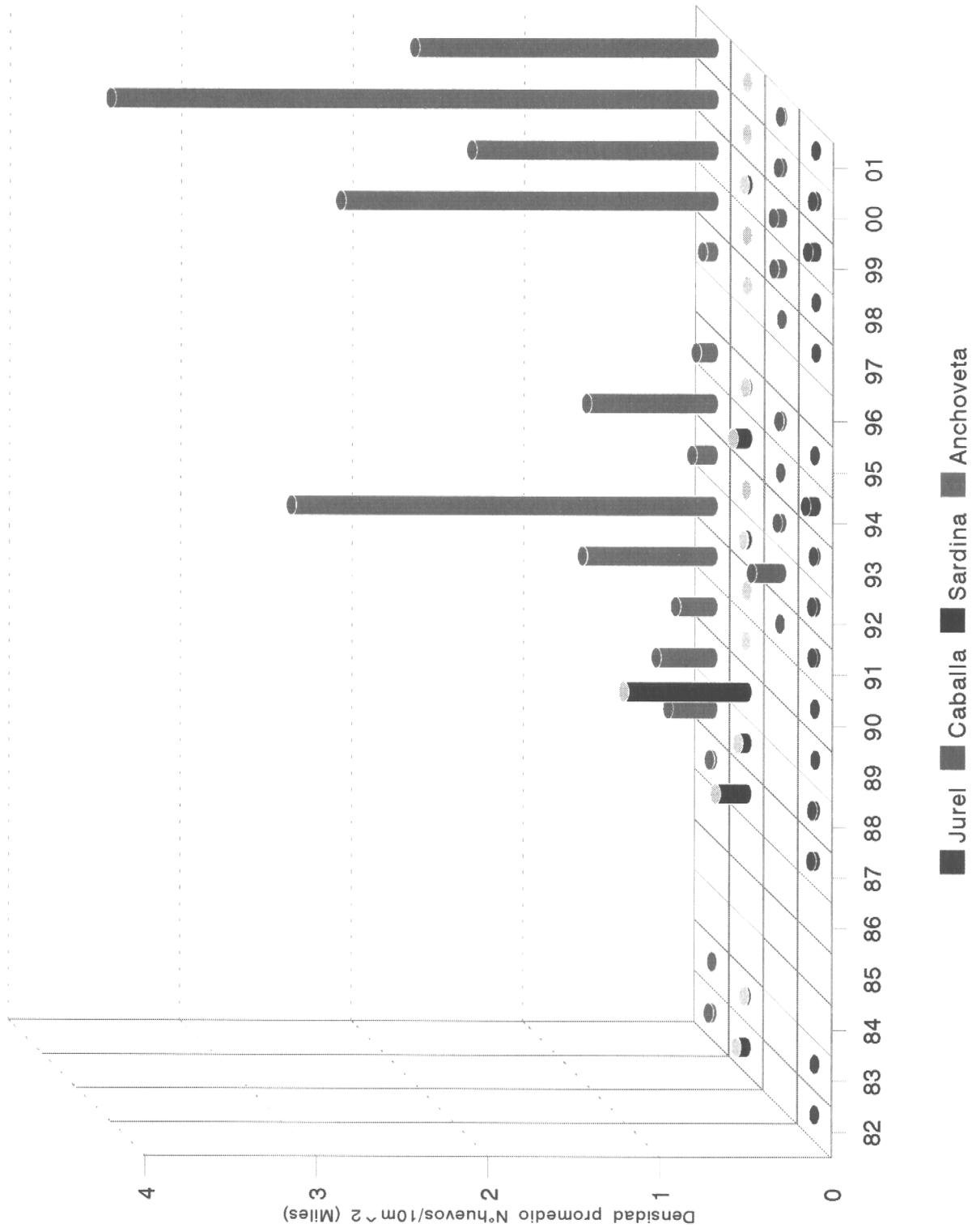


Fig. 79 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2001.

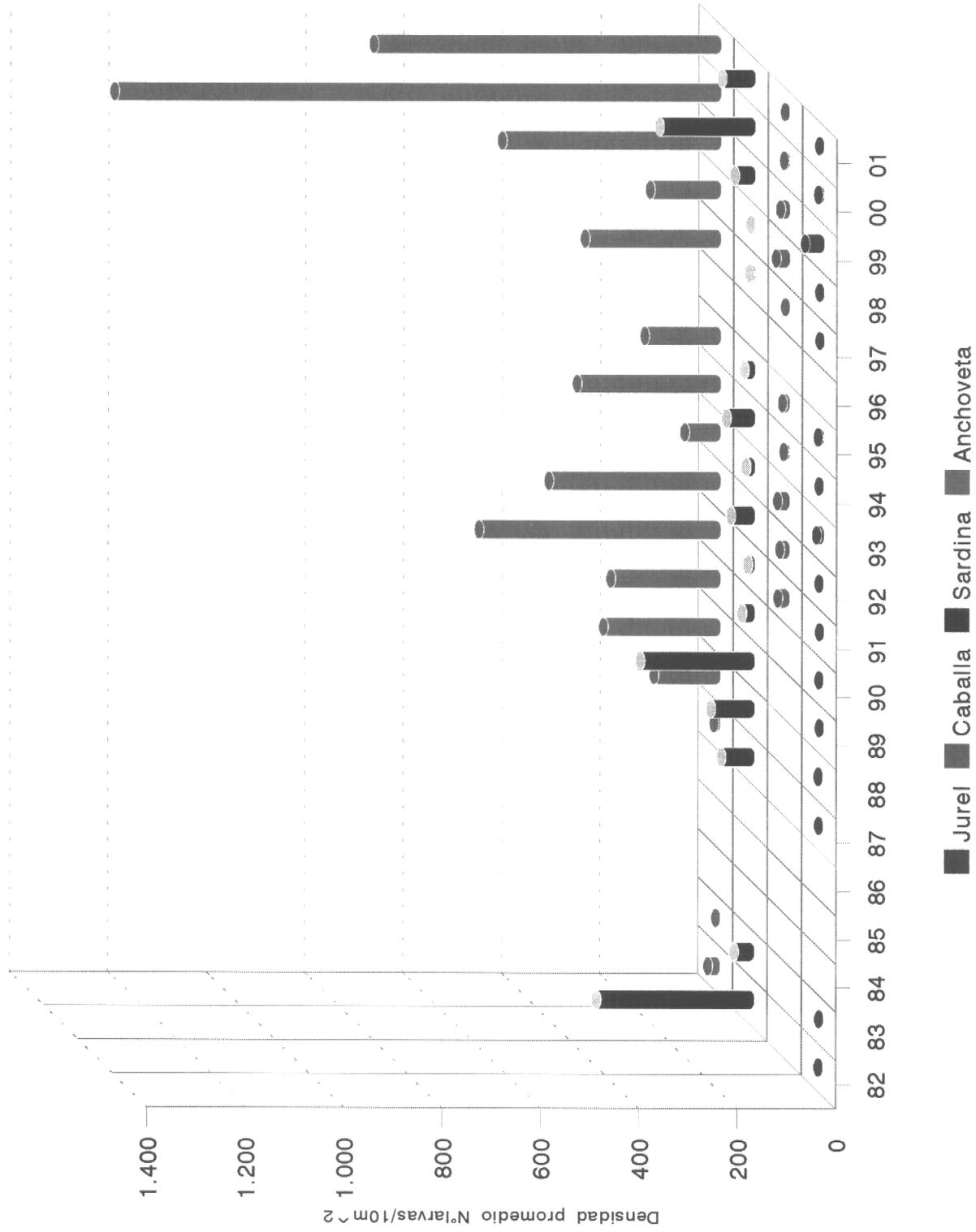


Fig. 80 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2001.

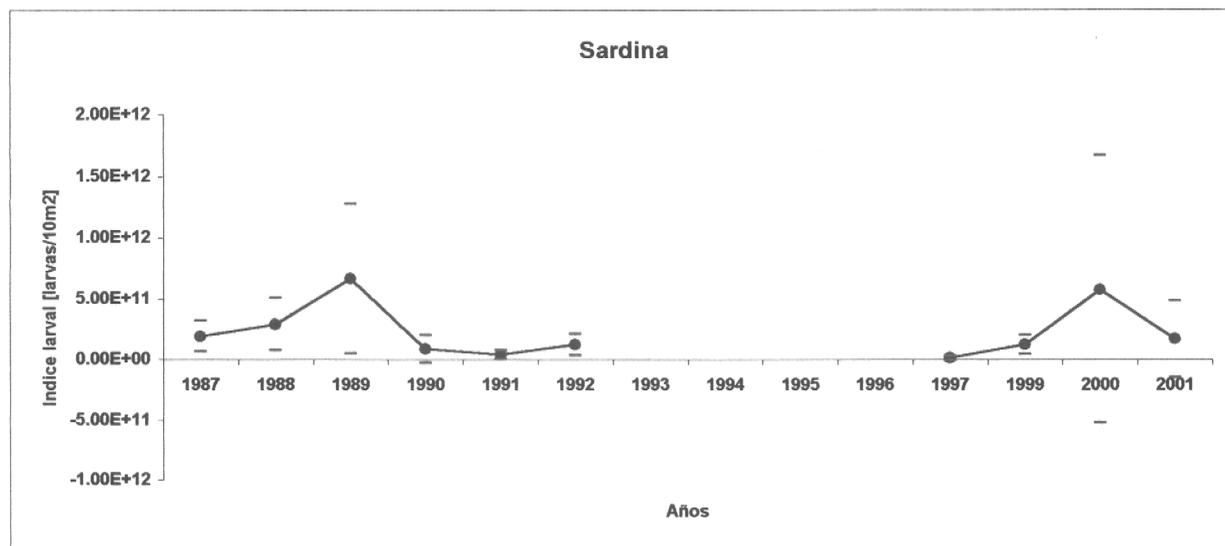
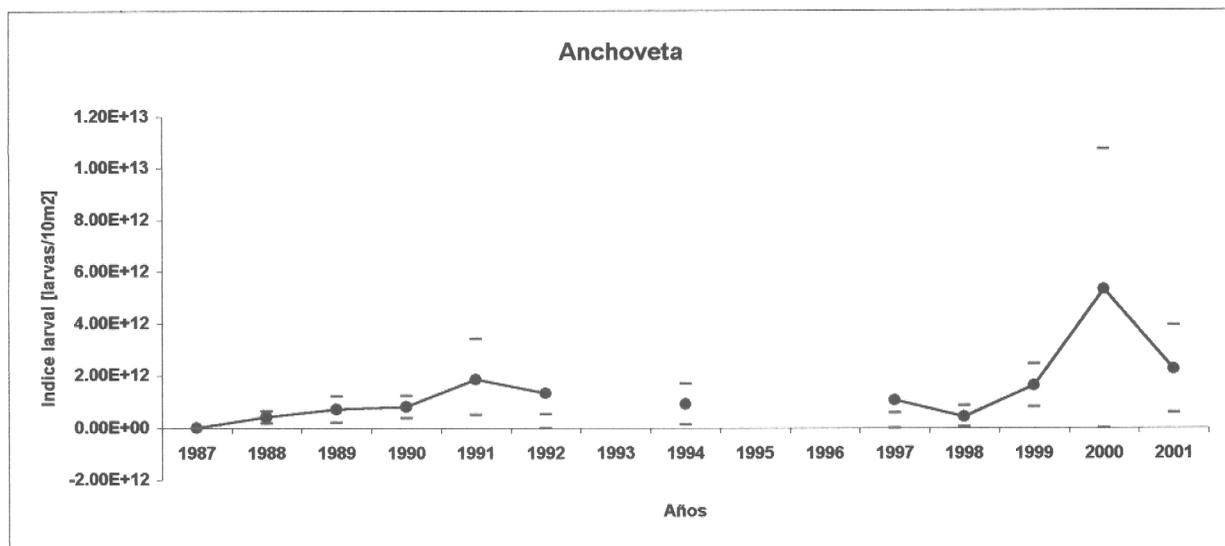


Fig. 81 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta y sardina en verano del período 1987/2001.

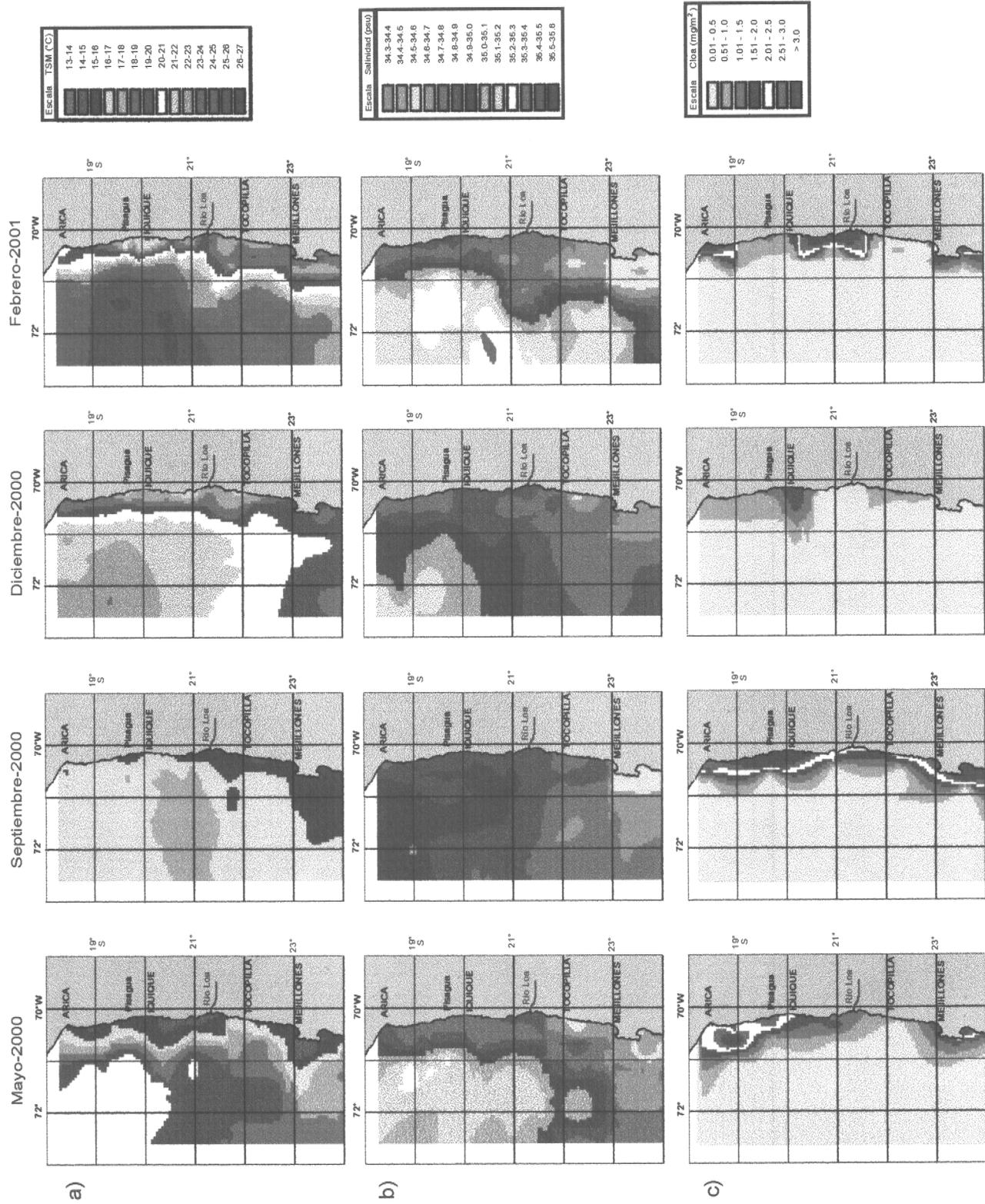


Figura 82. Distribución espacial de: a) temperatura, b) salinidad y c) clorofila "a". Cruceros MOBIO.

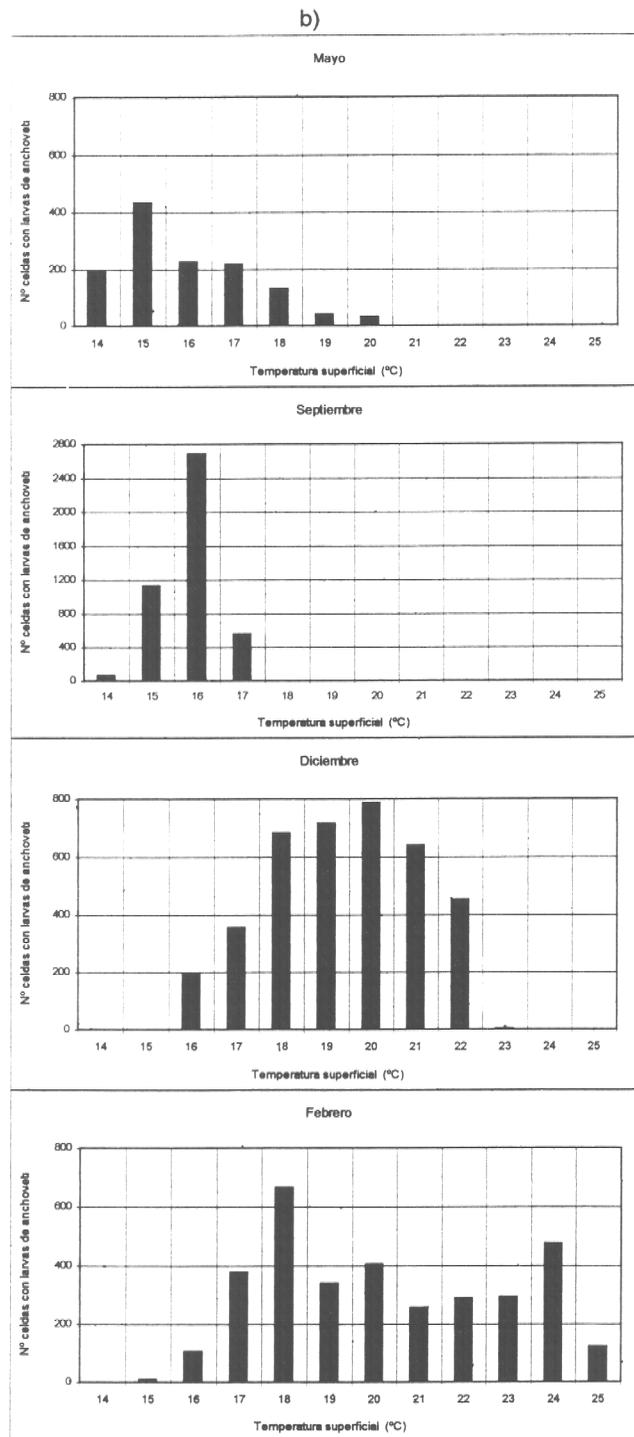
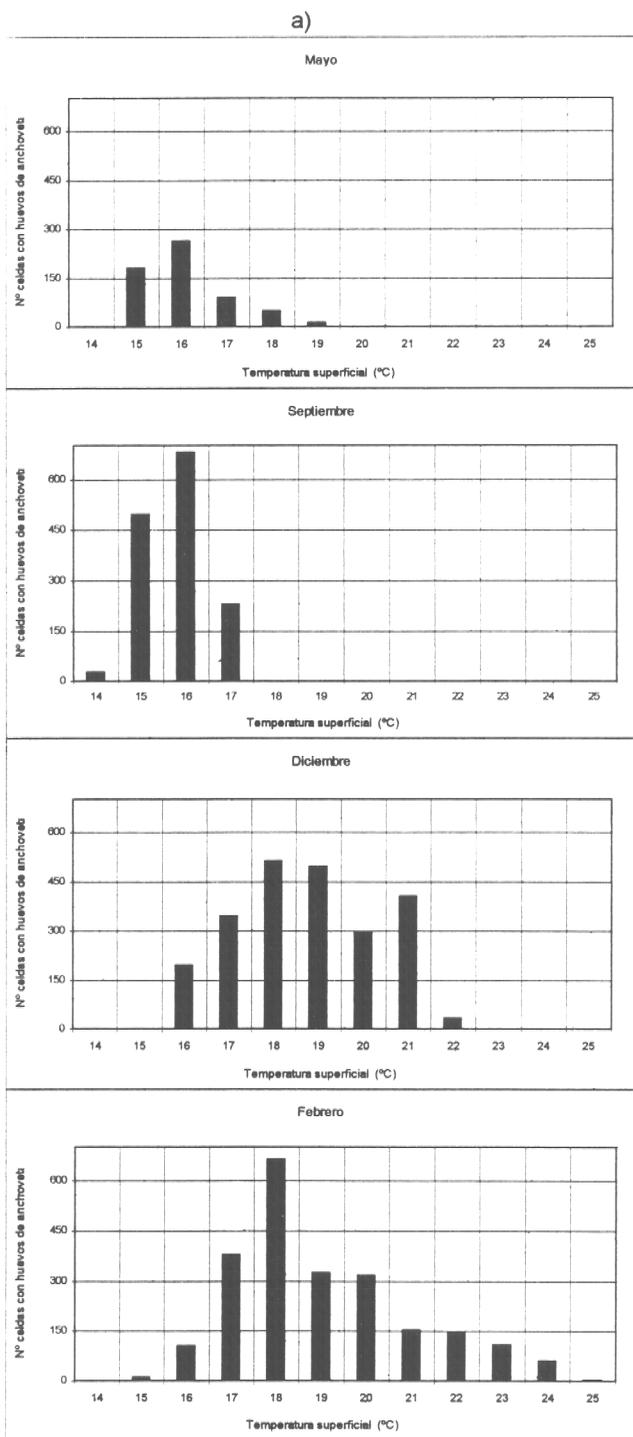


Figura 83. Número de celdas de a) huevos y b) larvas de anchoveta respecto de la temperatura.

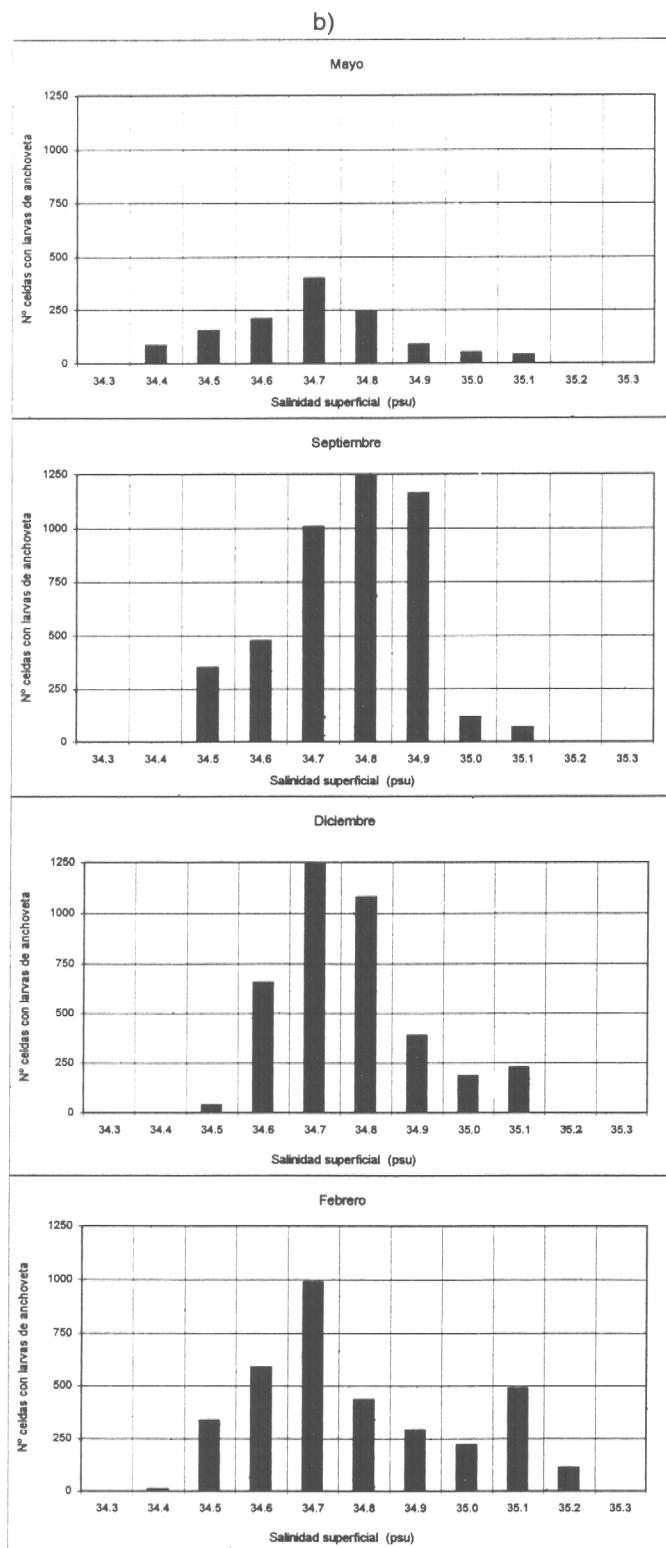
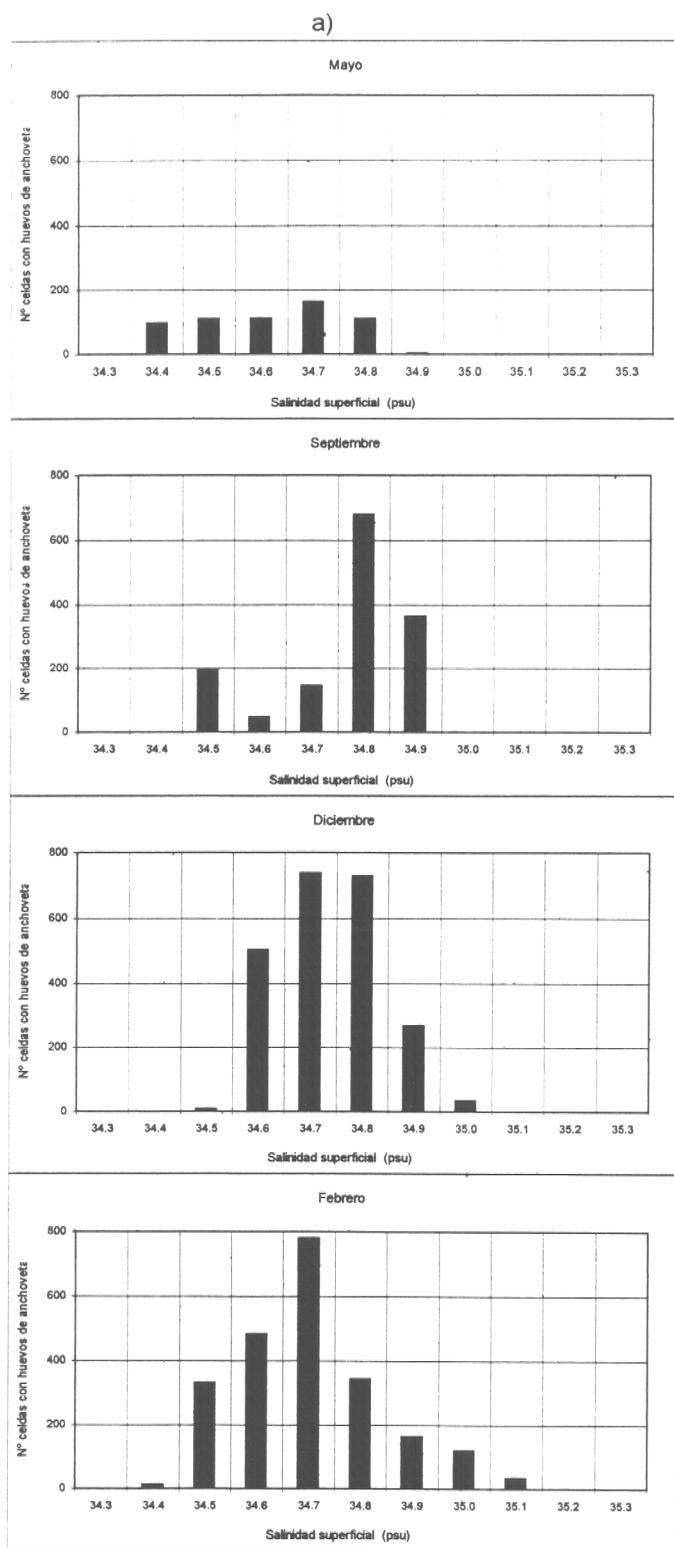
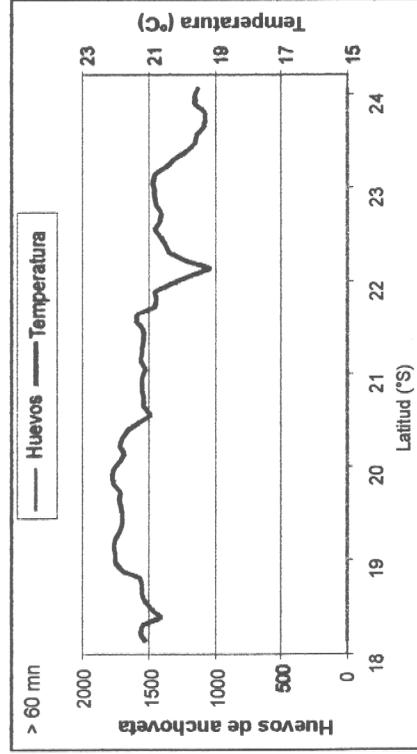
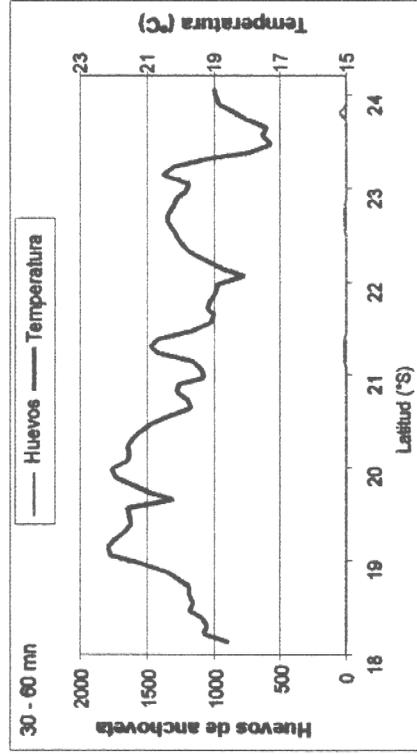
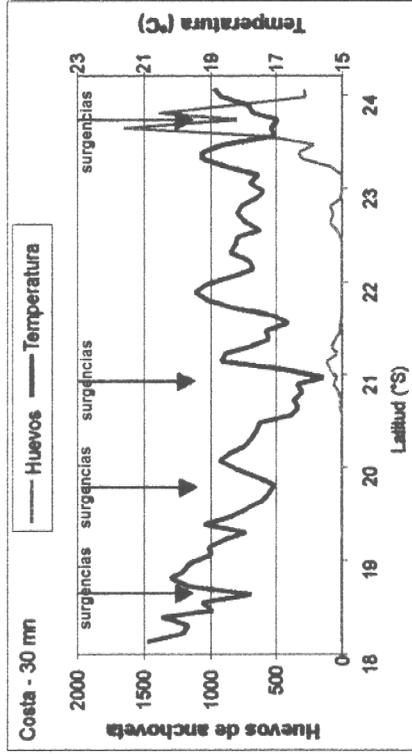


Figura 84. Número de celdas de a) huevos y b) larvas de anchoveta respecto de la salinidad.

a) Huevos



b) Larvas

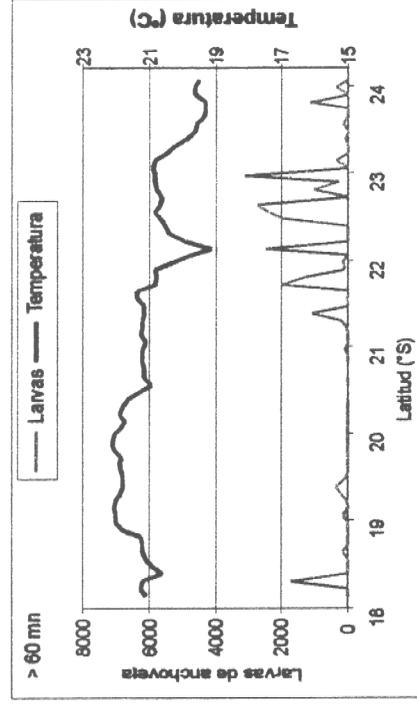
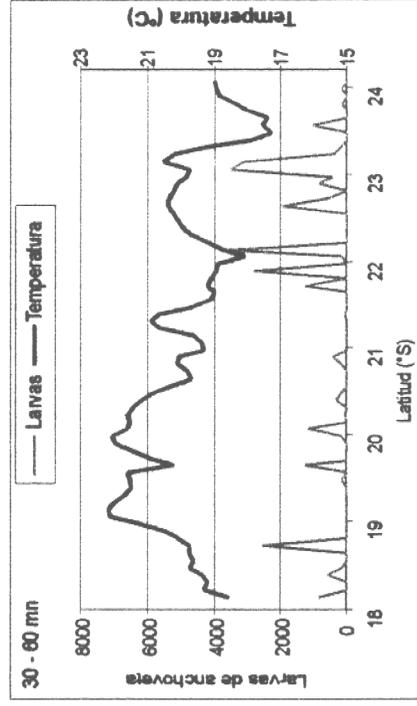
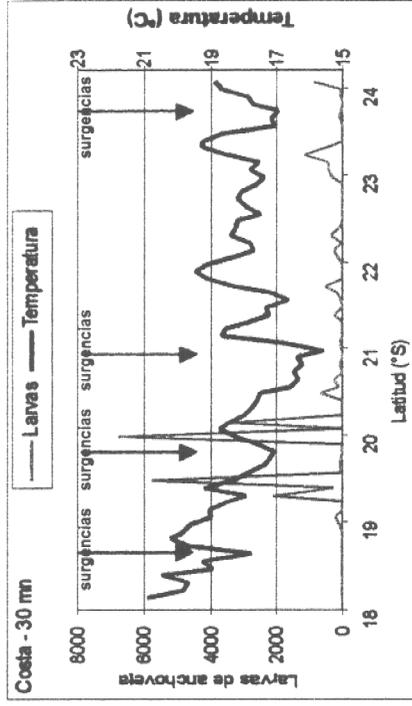
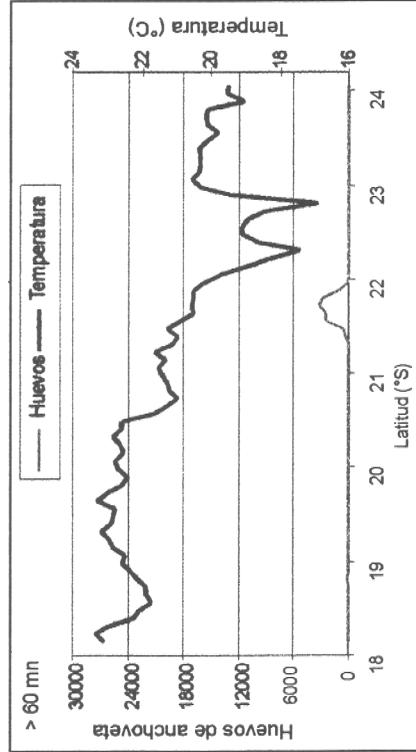
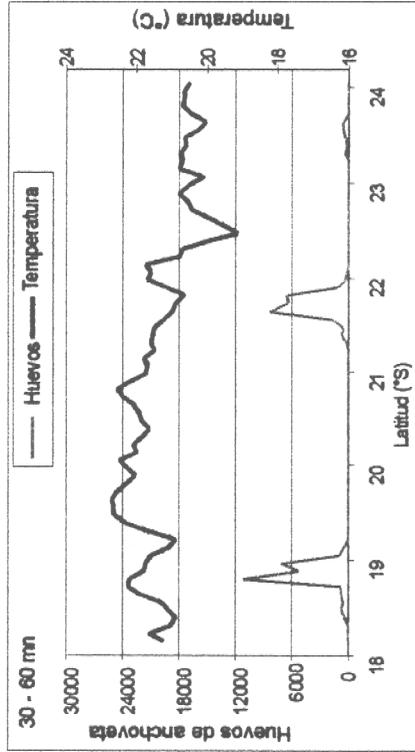
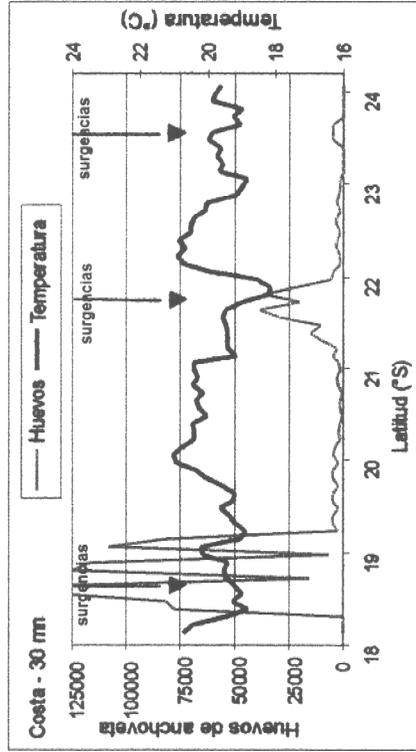


Figura 85. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0005.

a) Huevos



b) Larvas

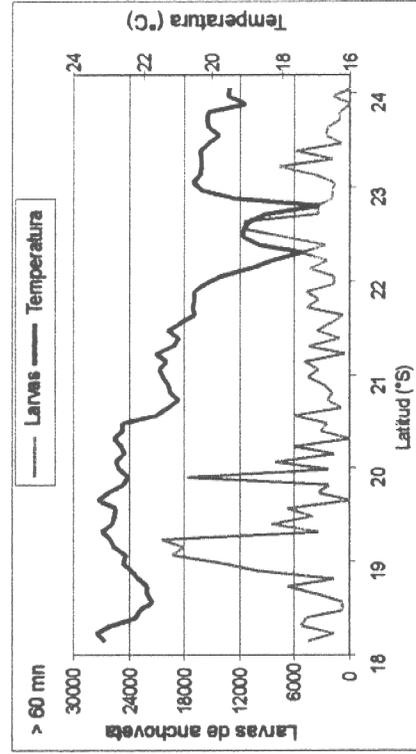
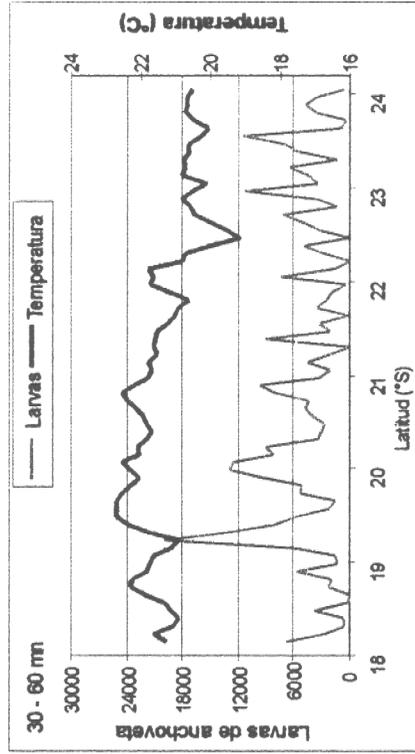
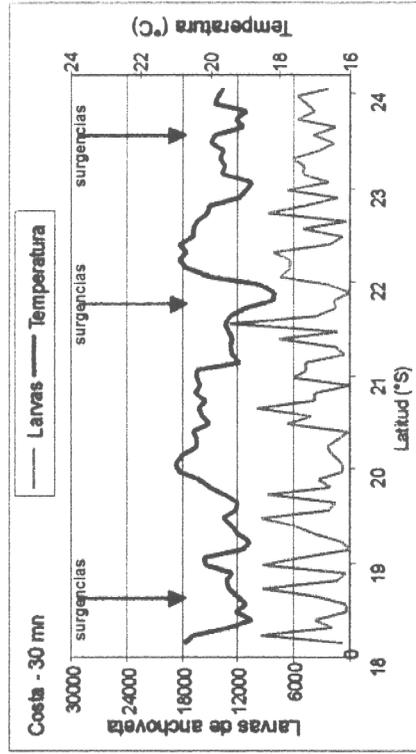
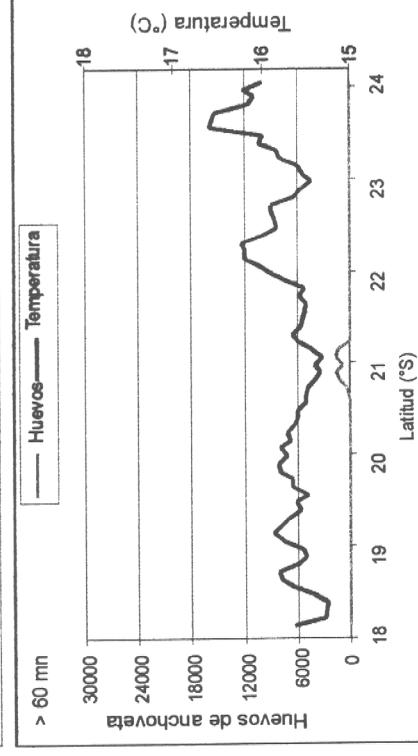
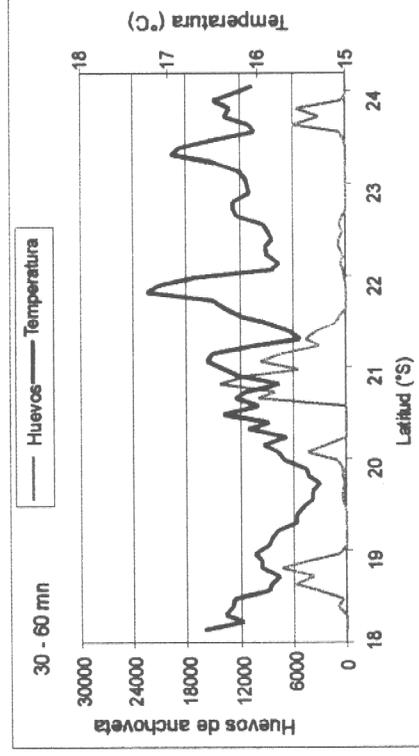
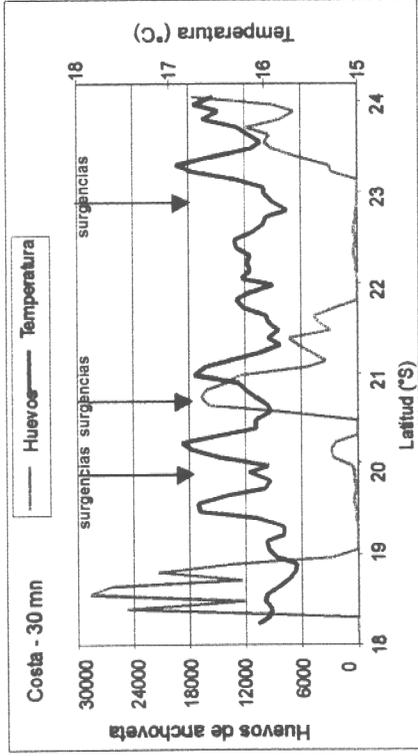


Figura 86. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0009.

a) Huevos



b) Larvas

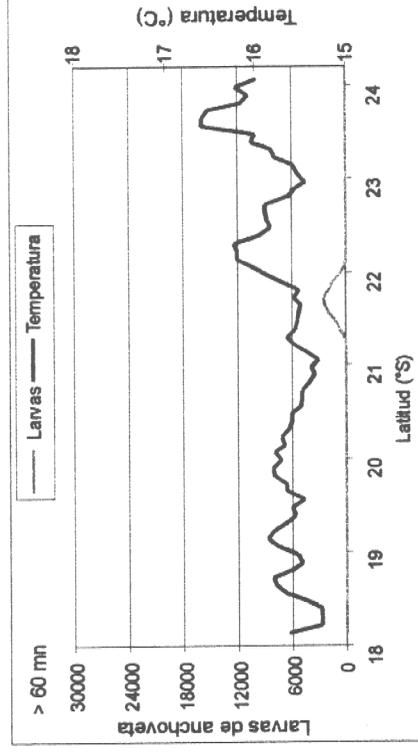
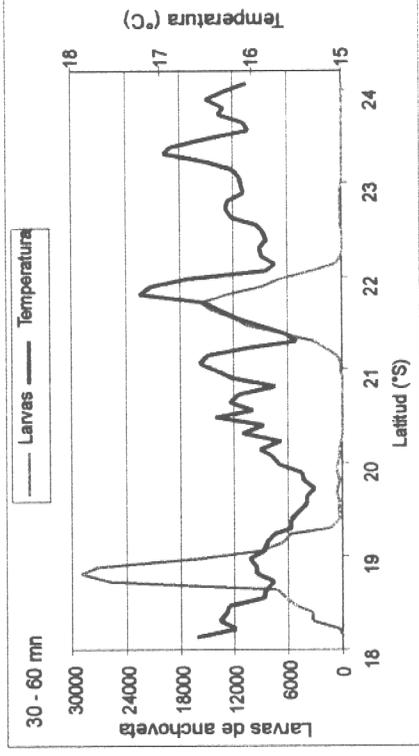
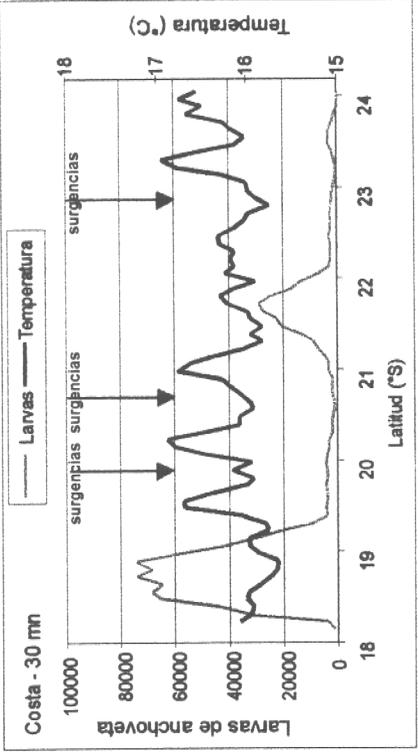
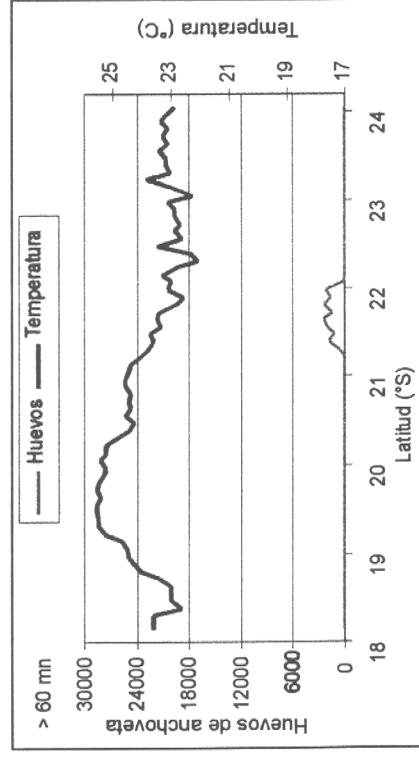
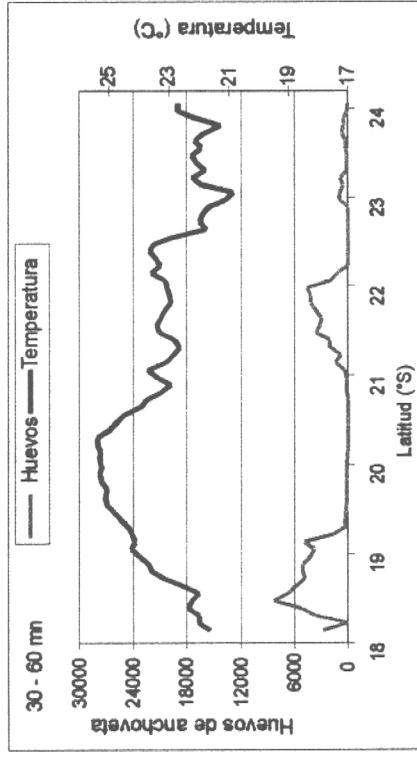
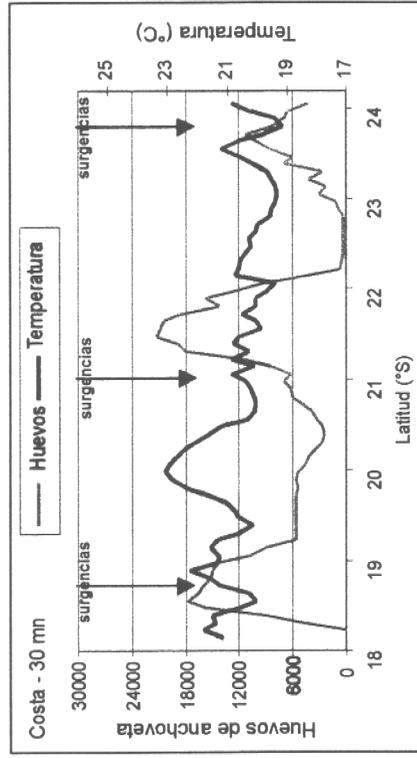


Figura 87. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0012.

a) Huevos



b) Larvas

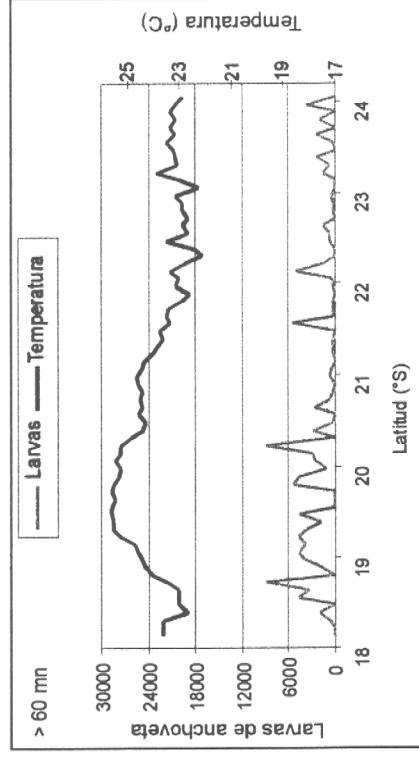
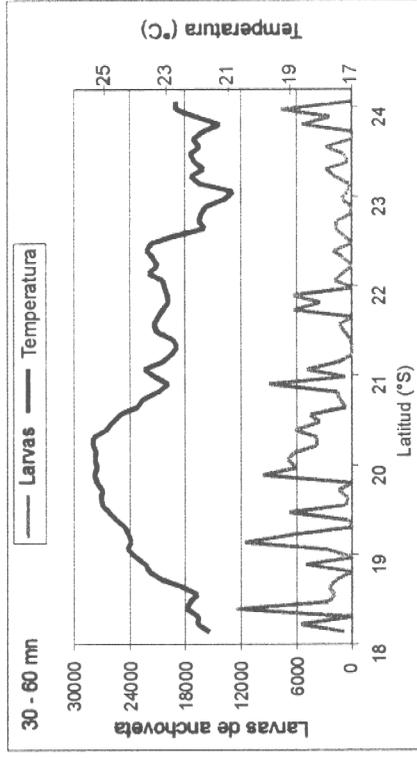
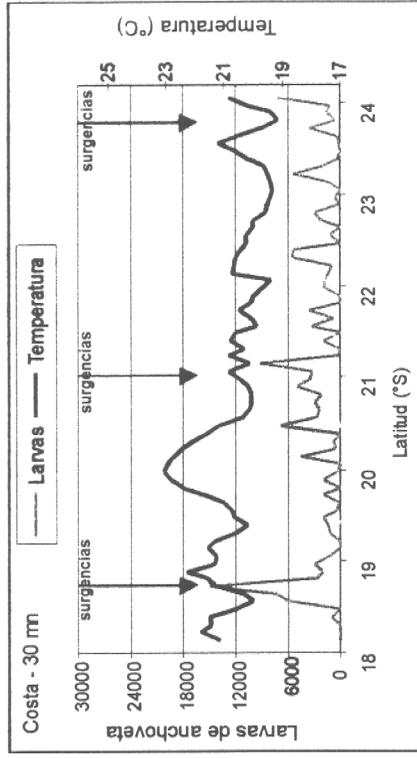


Figura 88. Señal latitudinal de: a) huevos y b) larvas de anchoveta y su relación con la temperatura. Crucero MOBIO 0102.

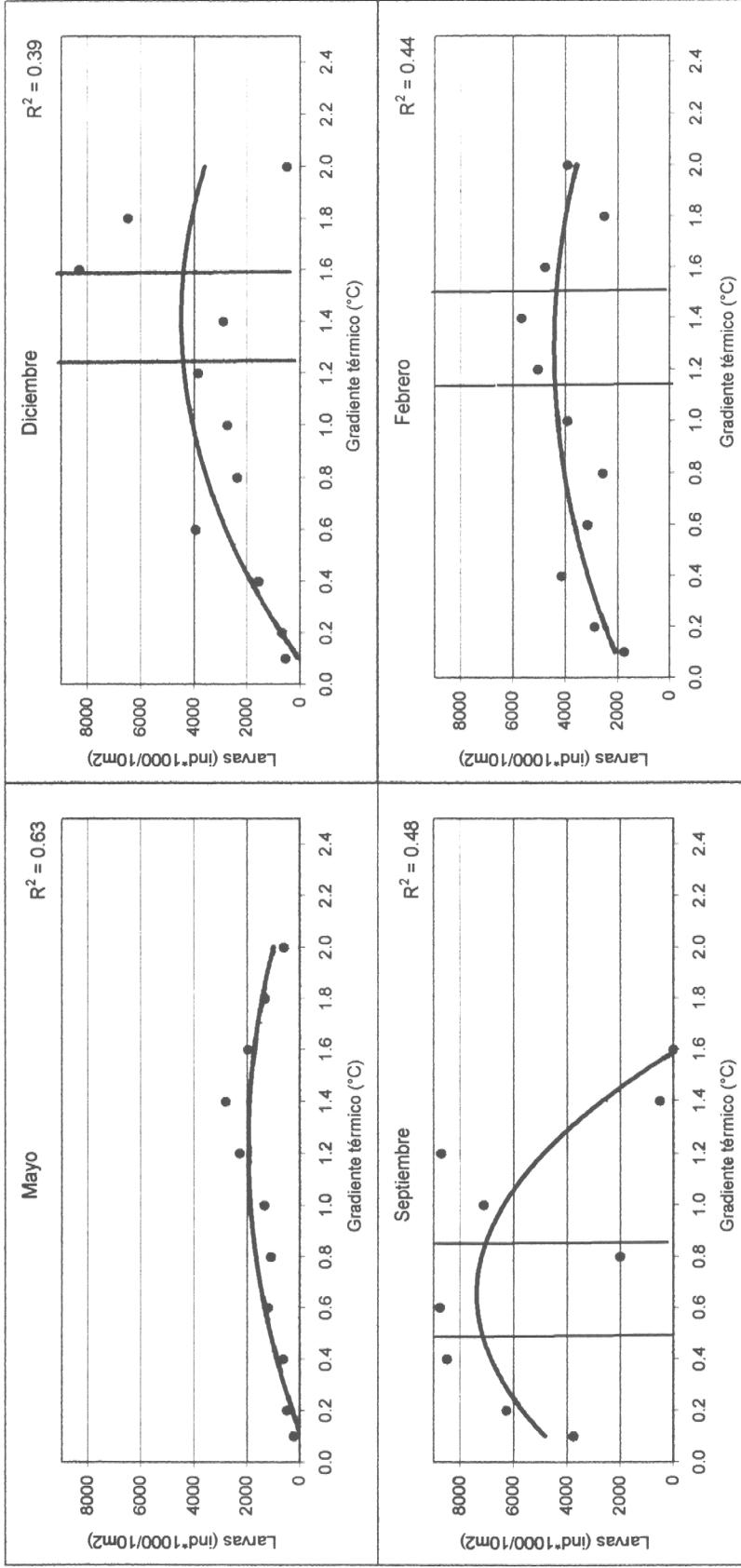


Figura 89. Relaciones entre la densidad de larvas de anchoveta y el gradiente térmico superficial.

_____ : "Rango óptimo" de larvas de anchoveta respecto de la variable ambiental.

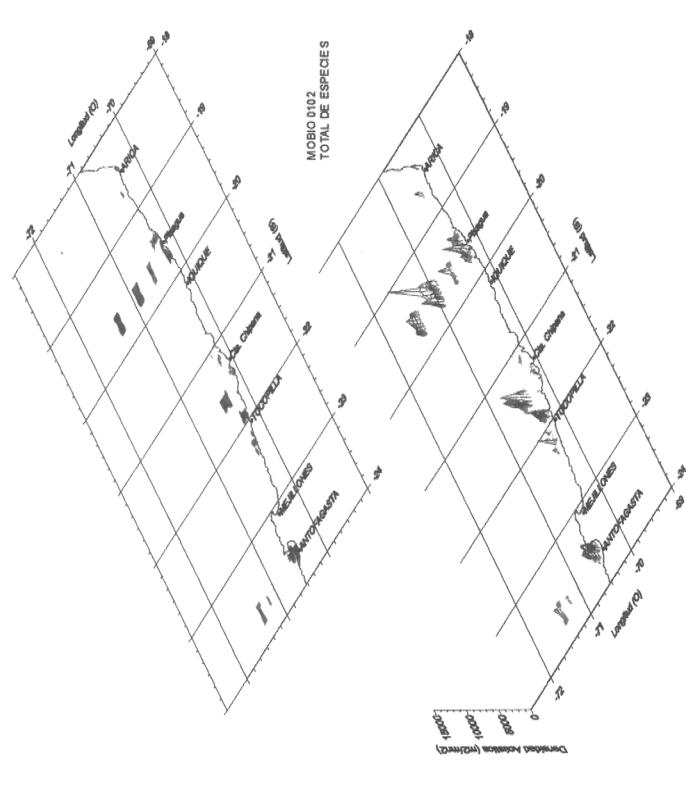
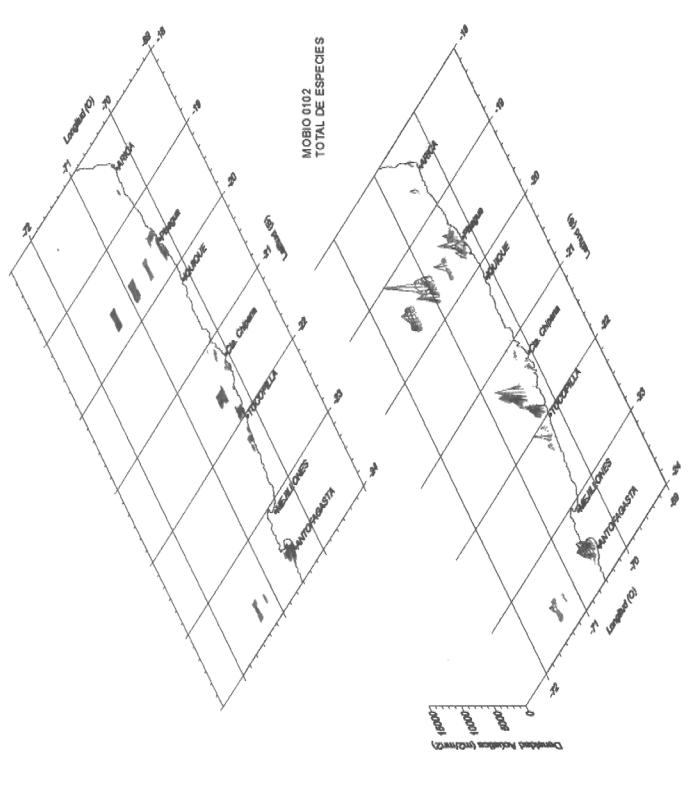
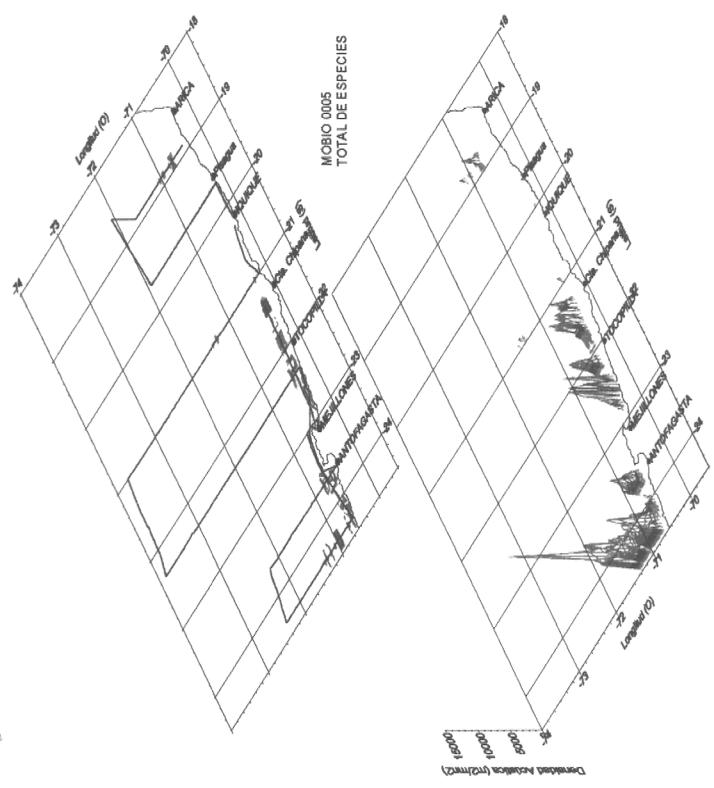
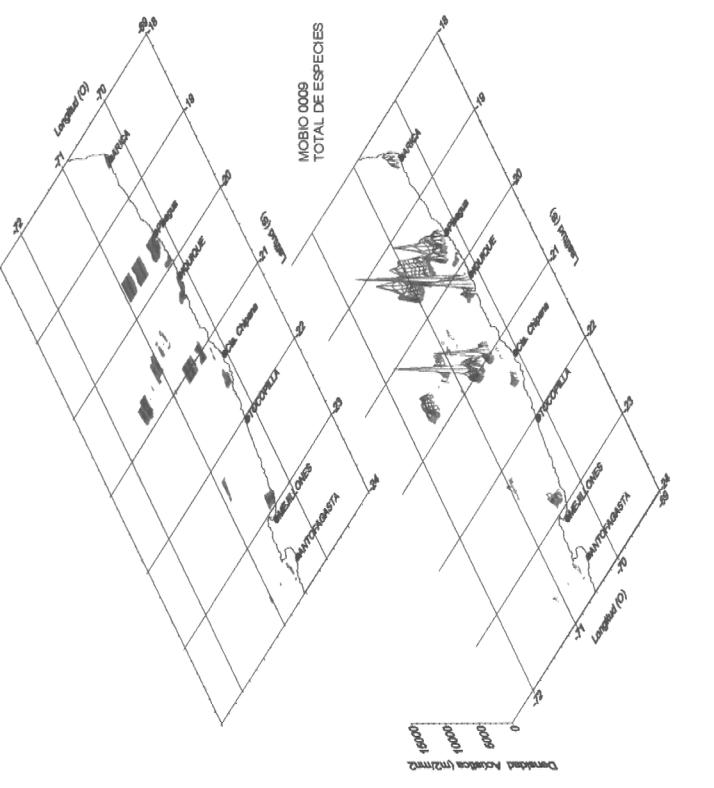


Figura 90. Distribución espacial del Total de especies en los cruceros MOBIO 0005 (mayo), 0009 (septiembre), 0012 (diciembre) y 0102 (febrero).

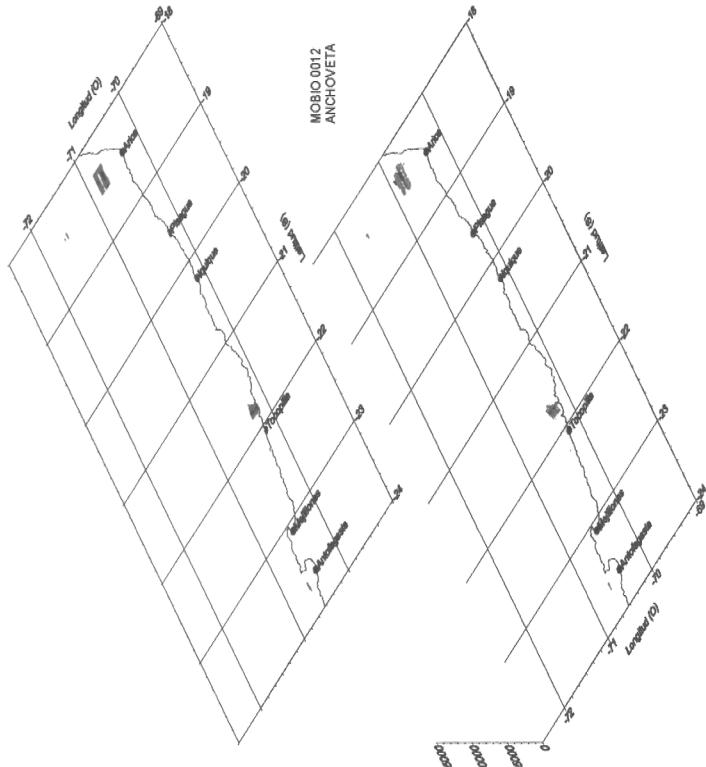
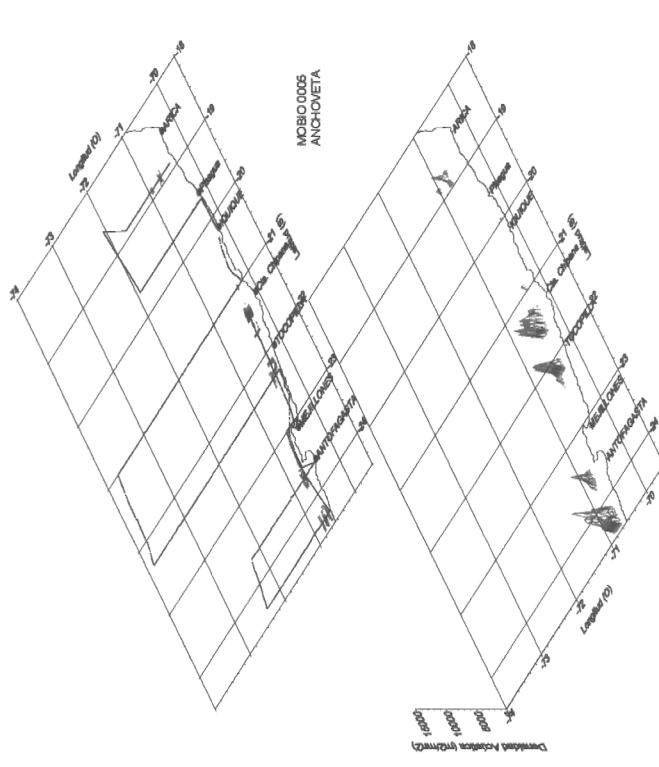
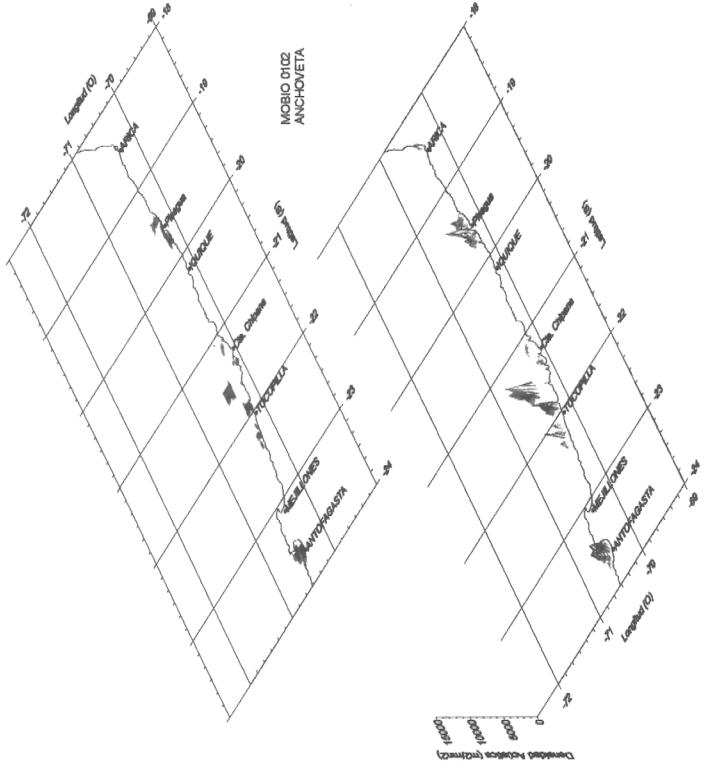
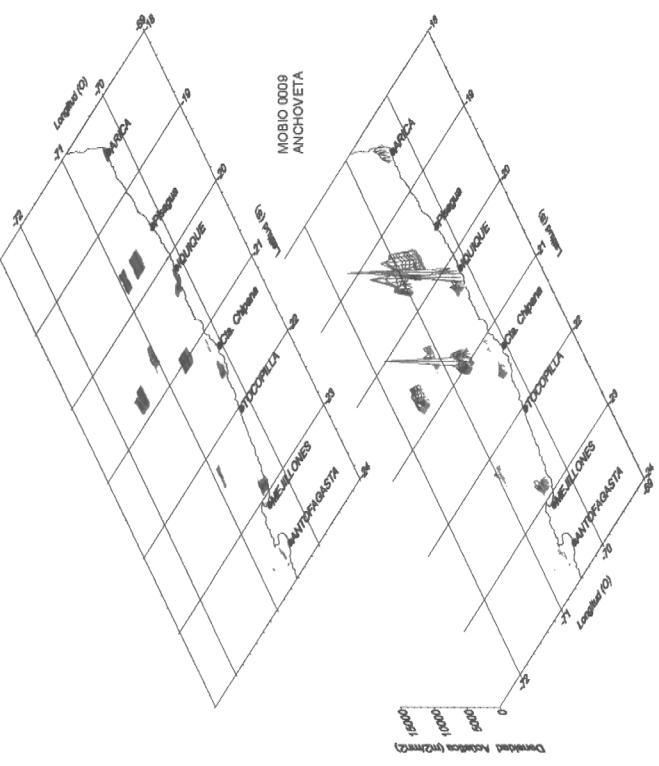


Figura 91. Distribución espacial de anchoveta en los cruceros MOBIO 0005 (mayo), 0009 (septiembre), 0012 (diciembre) y 0102 (febrero).

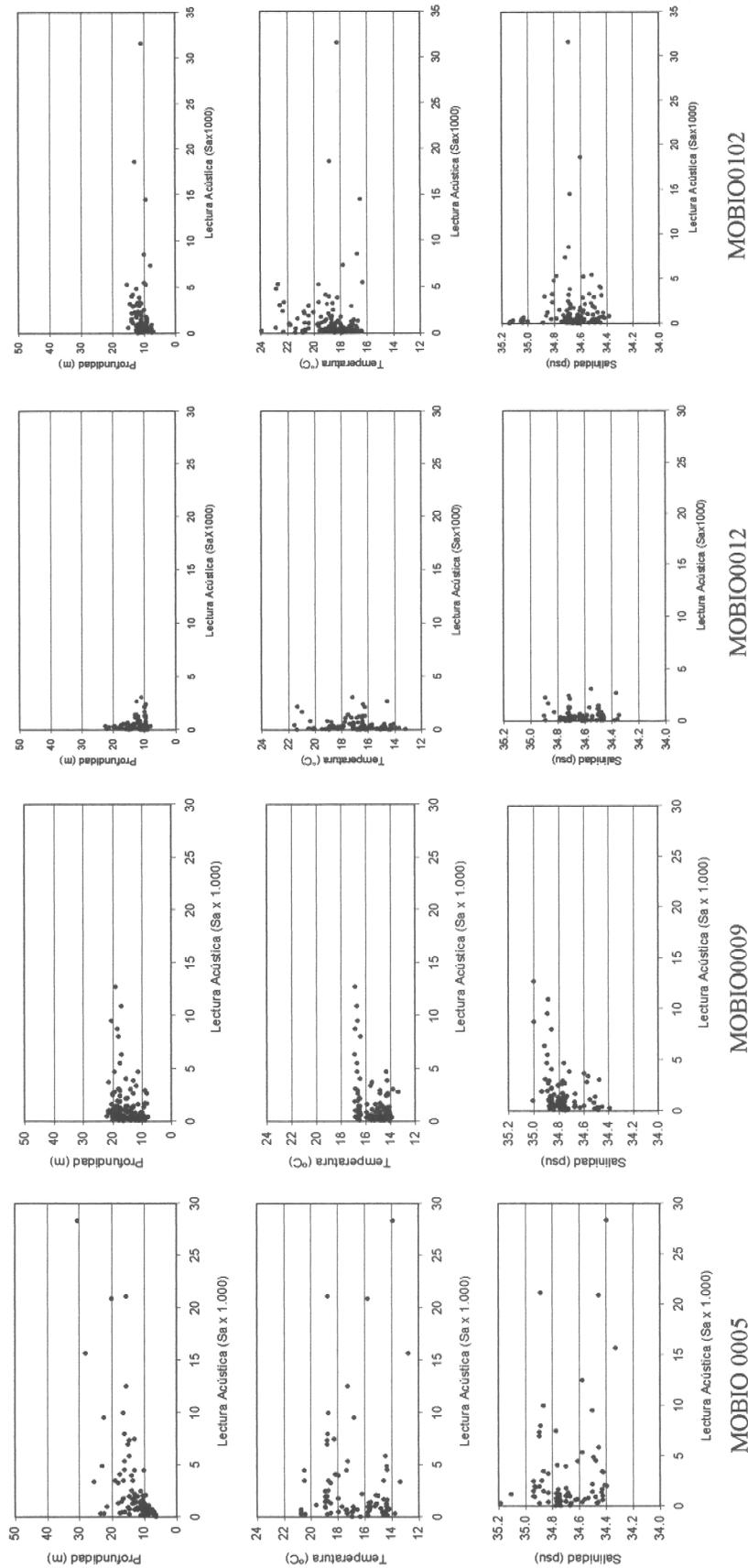
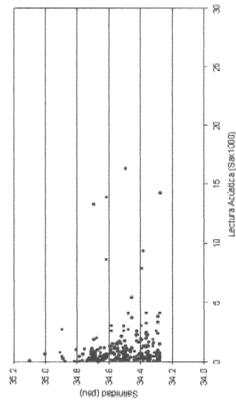
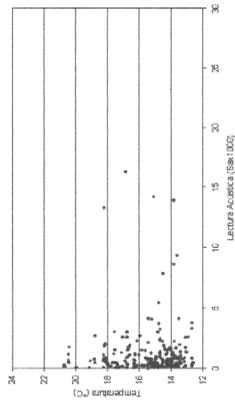
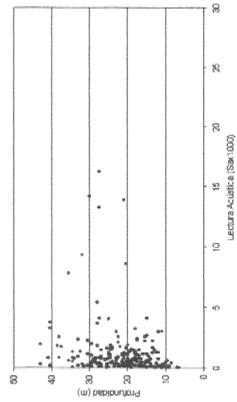
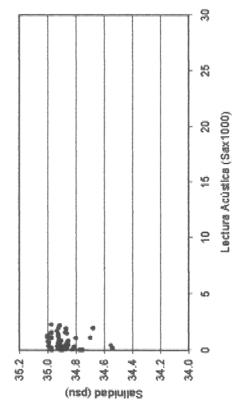
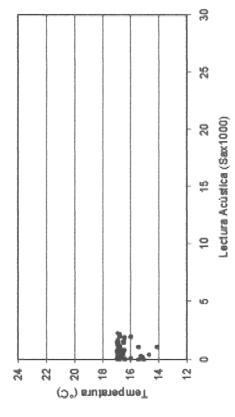
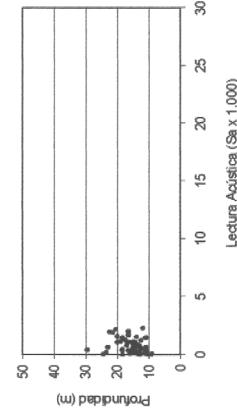


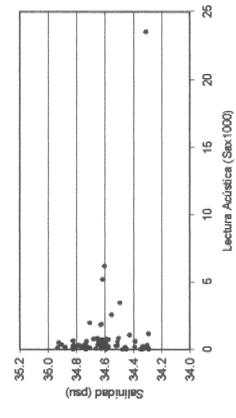
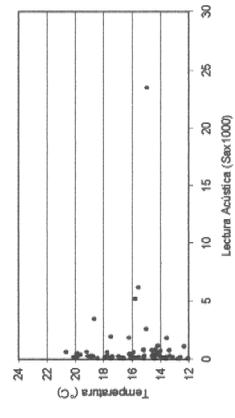
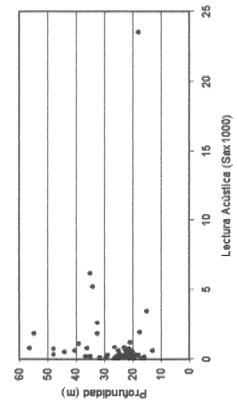
Figura 92a. Distribución de las Lecturas Acústicas (Sa) de anchoveta respecto a la profundidad media, temperatura y salinidad por crucero.



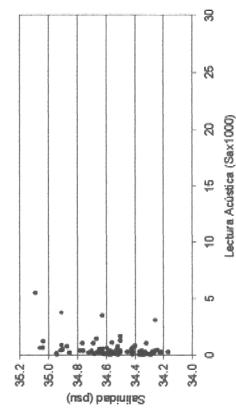
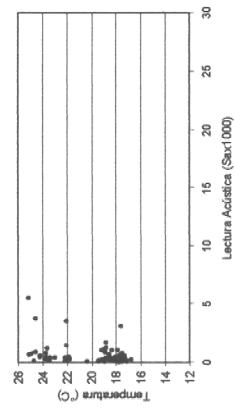
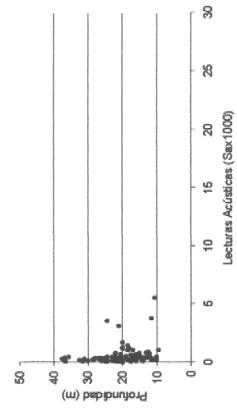
MOBIO 0005



MOBIO0009



MOBIO0012



MOBIO0102

Figura 92 b. Distribución de las Lecturas Acústicas (Sa) de jurel respecto a la profundidad media, temperatura y salinidad por crucero.

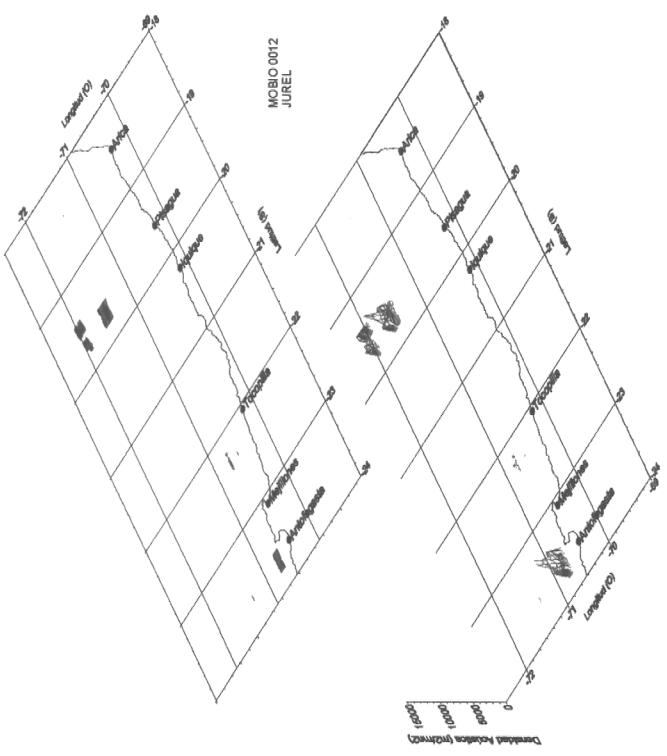
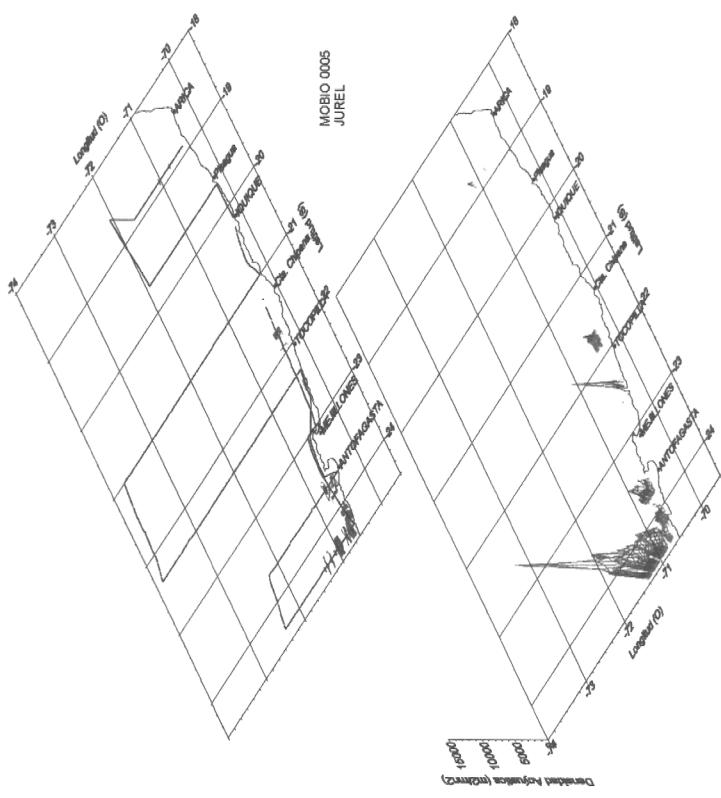
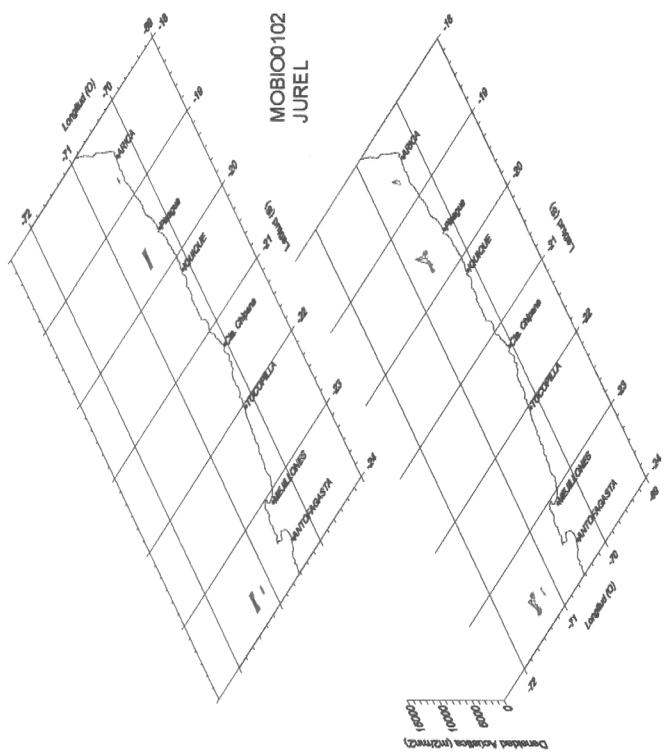
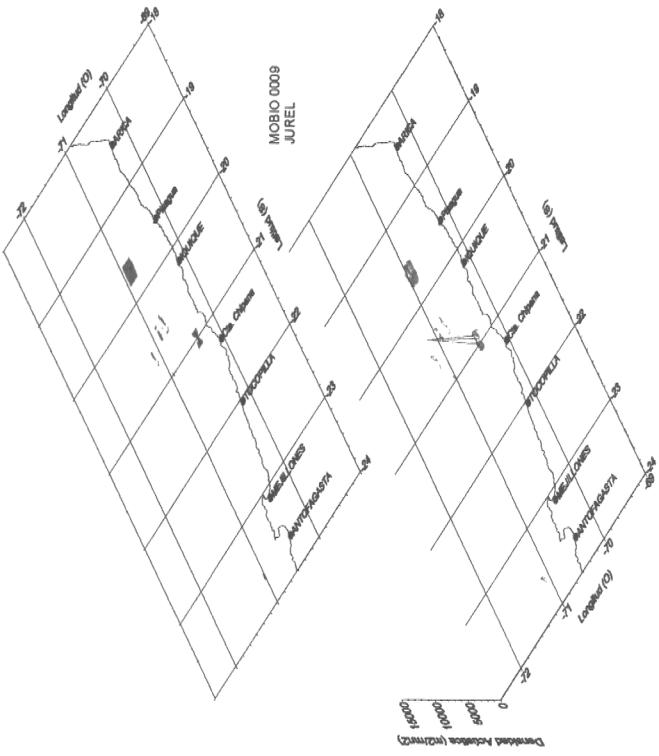


Figura 93. Distribución espacial de jurel en los cruceros MOBIO 0005 (mayo), 0009 (septiembre), 0012 (diciembre) y 0102 (febrero).

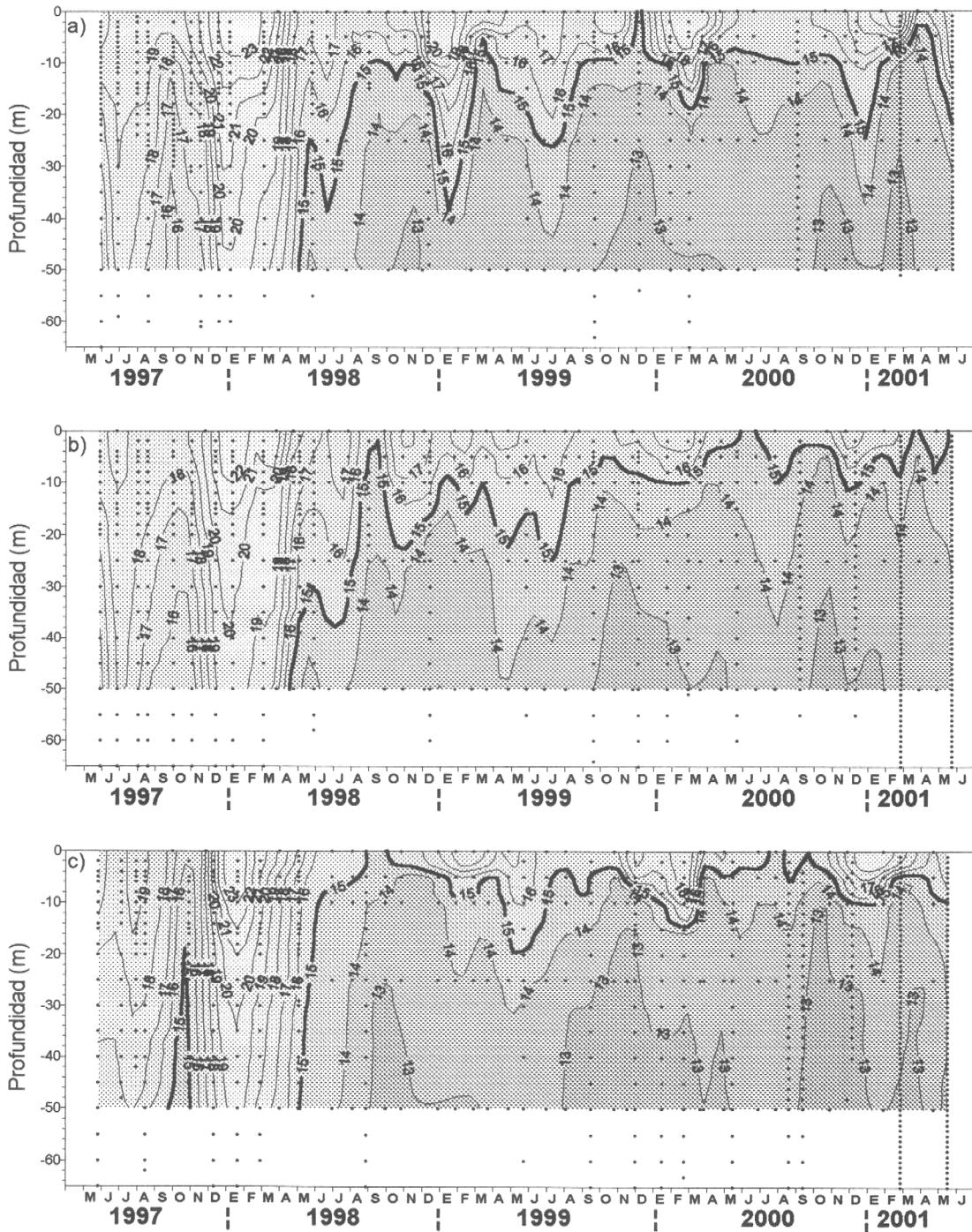


Figura 94.- Distribución temporal de temperatura (°C) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a Mayo 2001.

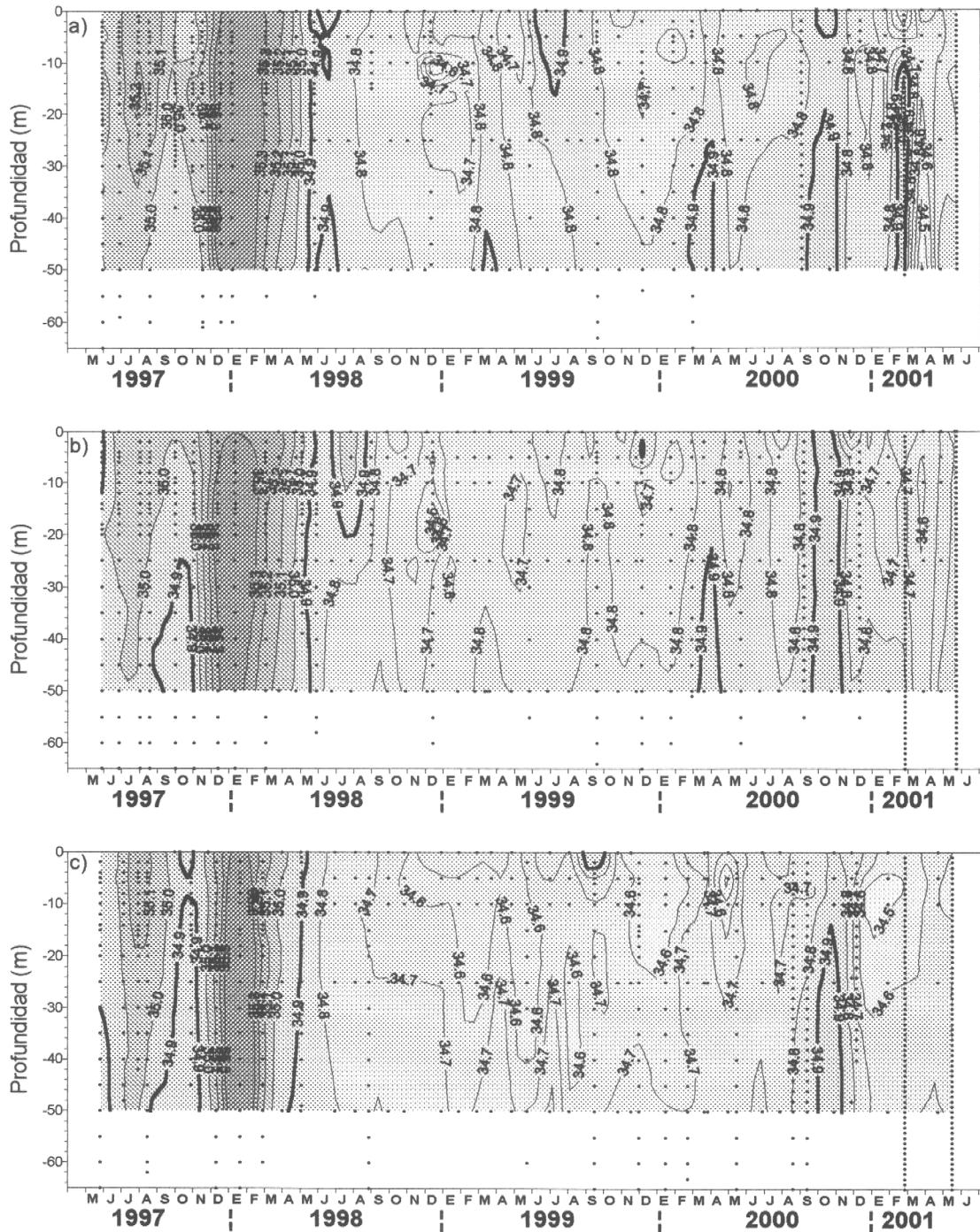


Figura 95.- Distribución temporal de salinidad (psu) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a Mayo 2001.

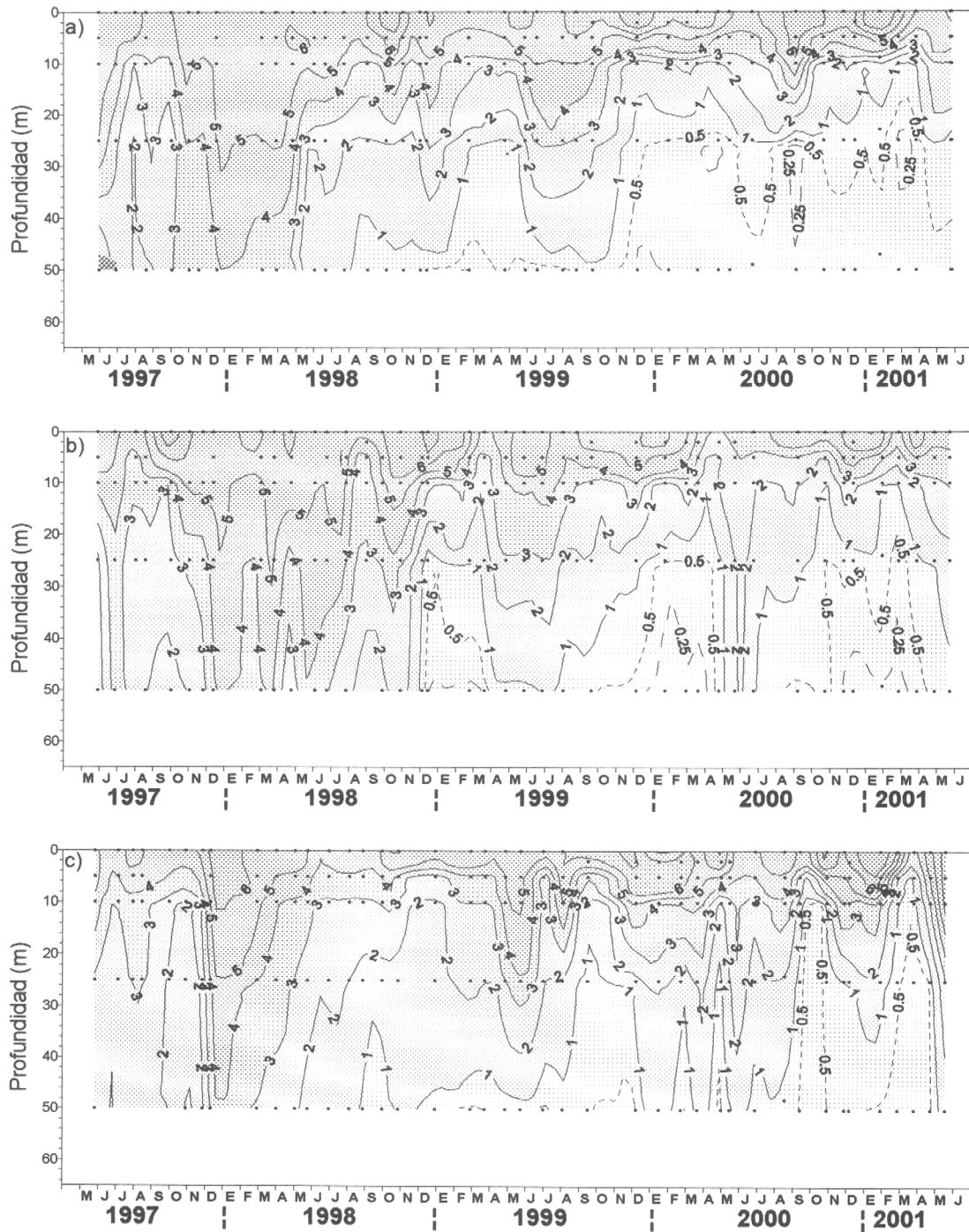


Figura 96. Distribución vertical del oxígeno disuelto en las estaciones de monitoreo oceanográfico en Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), desde abril de 2000 a mayo de 2001.

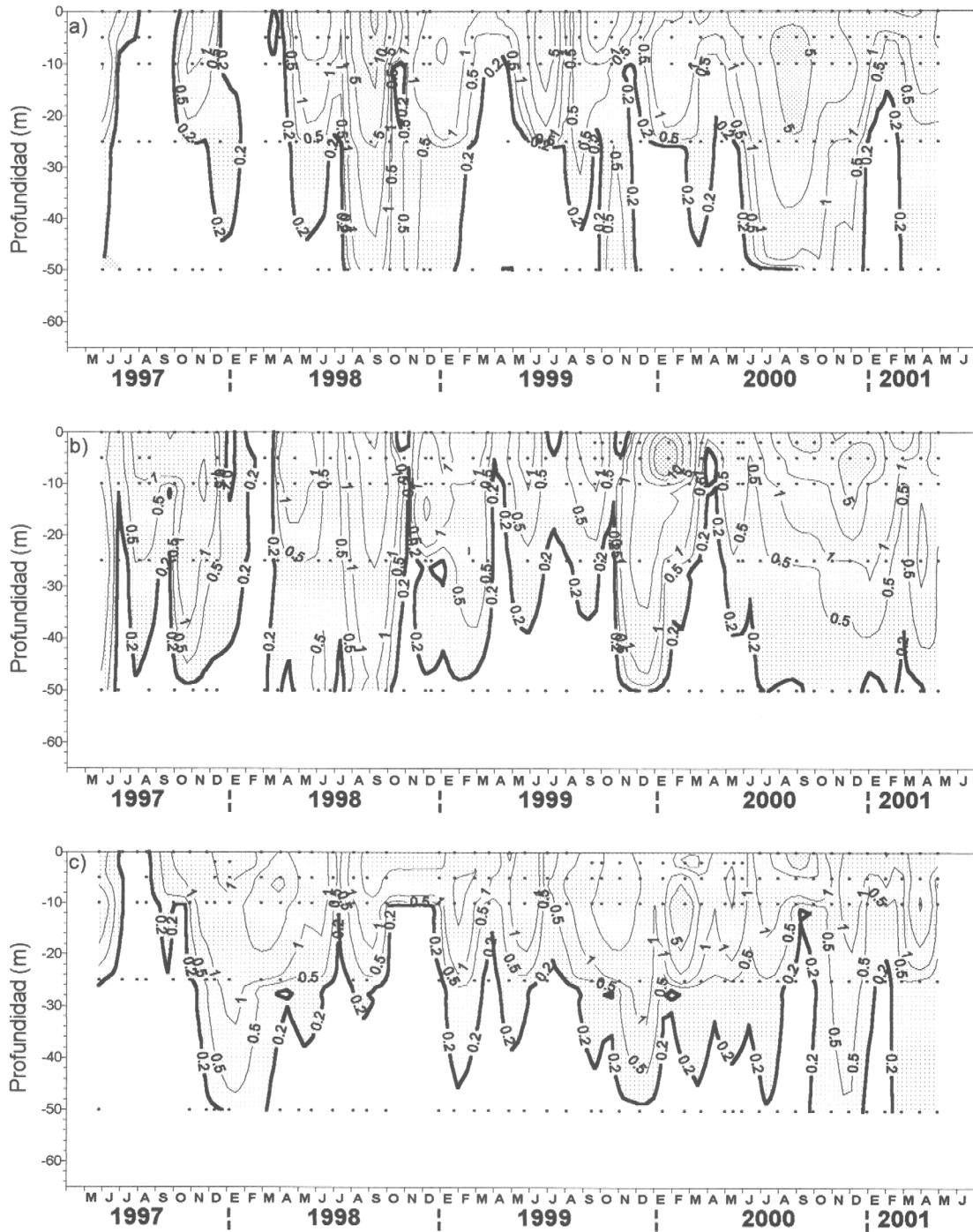


Figura 97. Distribución vertical de la clorofila total en las estaciones de monitoreo oceanográfico en Arica (a), Iquique (b) y Mejillones (c), desde abril de 2000 a mayo de 2001.

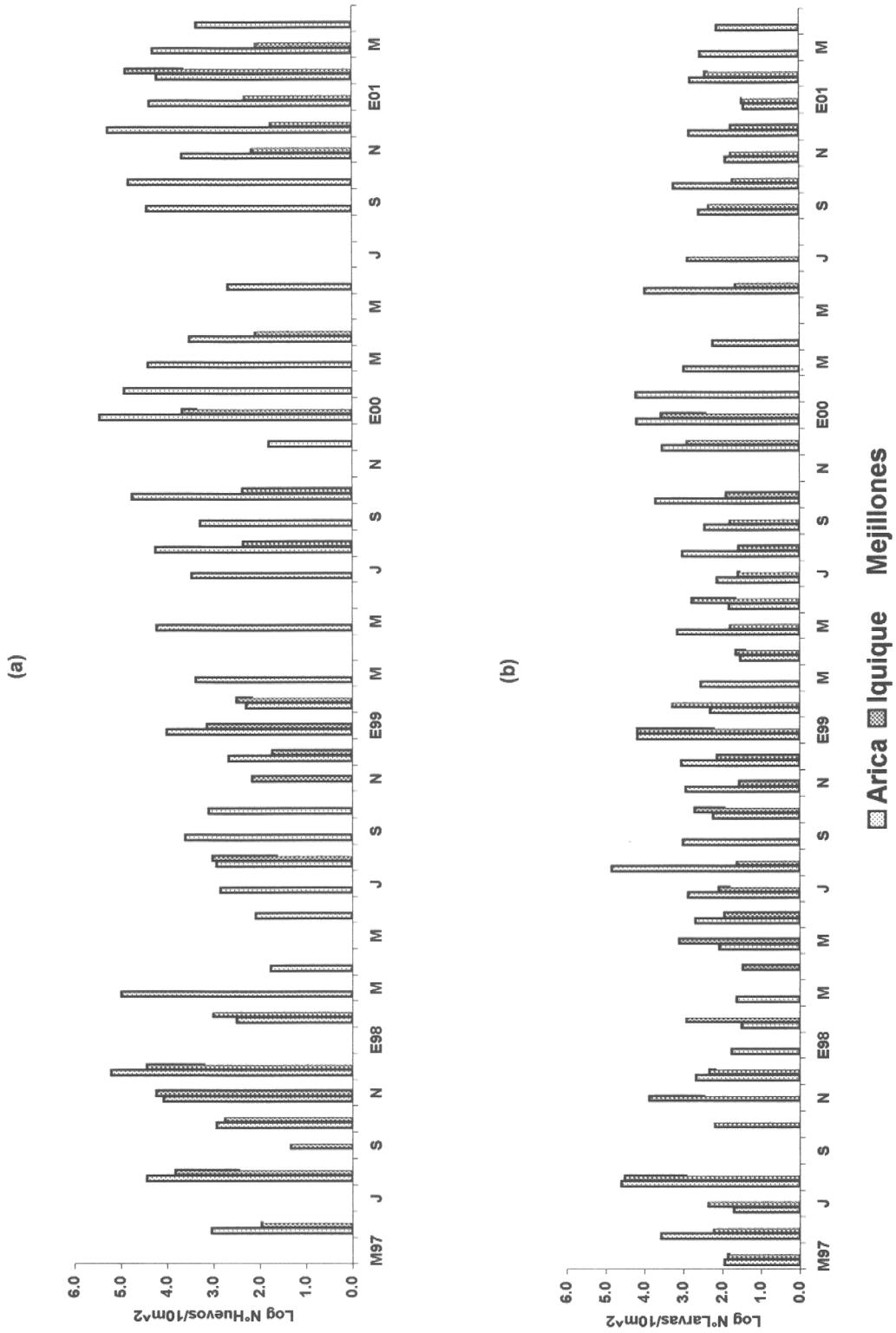


Fig. 98 Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de anchoveta en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Abril 2001.

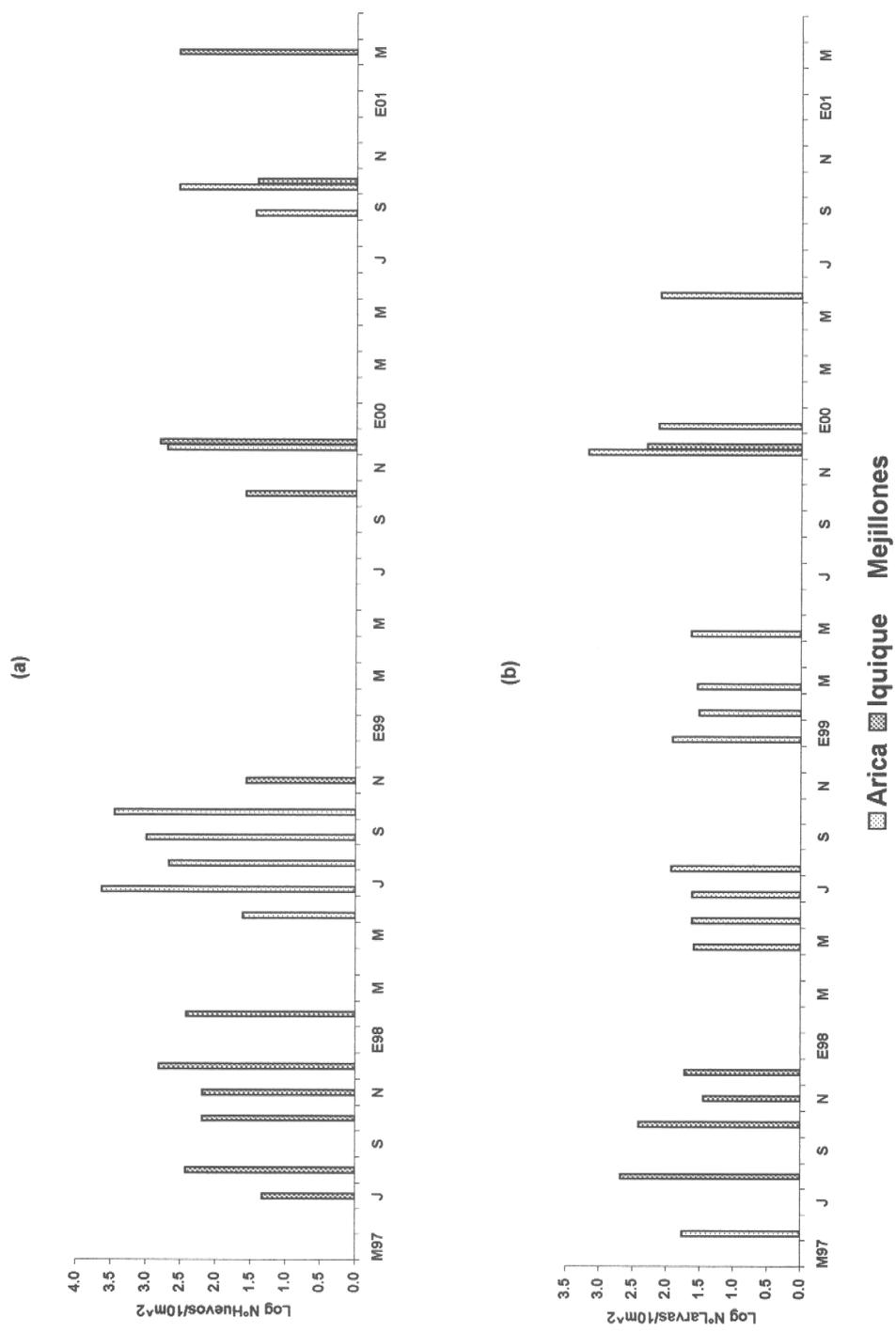
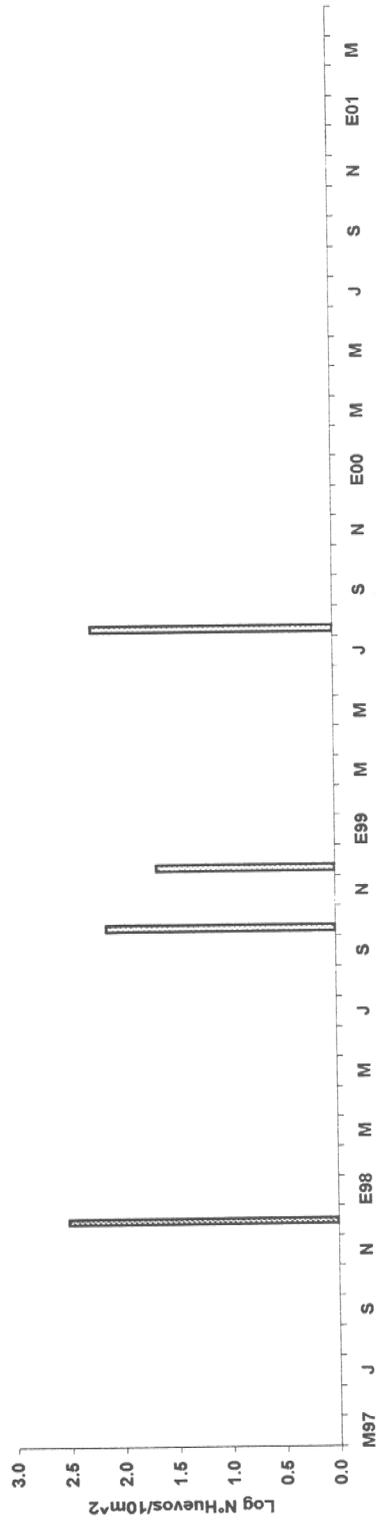
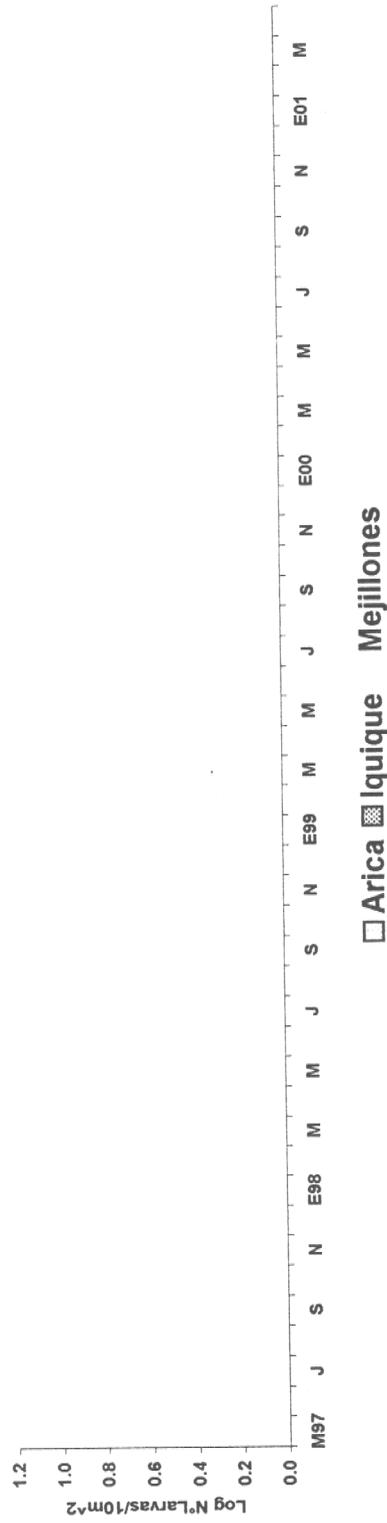


Fig. 99 Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de sardina en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Abril 2001.

(a)



(b)



□ Arica ▨ Iquique Mejillones

Fig. 100 Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de jurel en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Abril 2001.

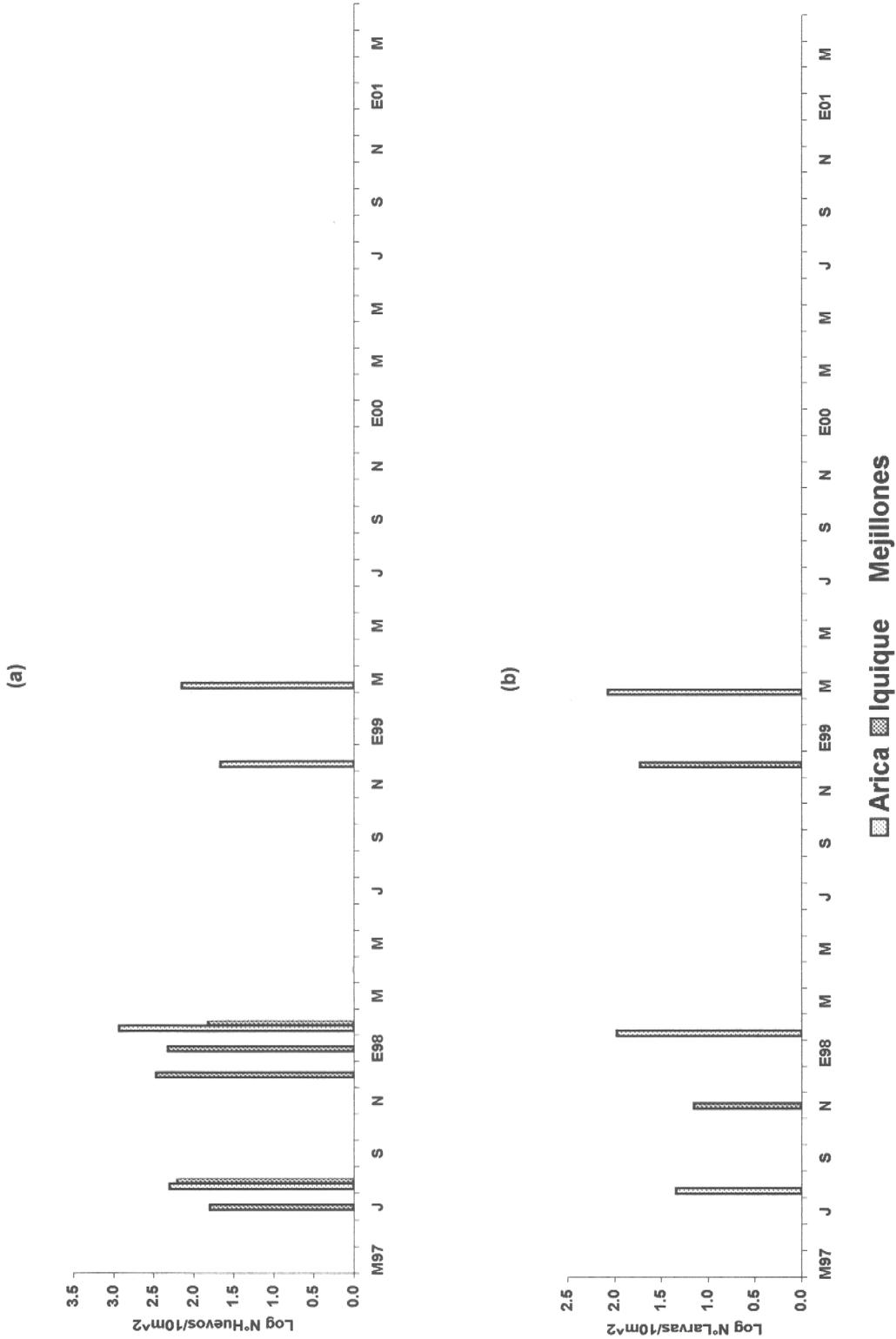


Fig. 101 Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de caballa en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Abril 2001.

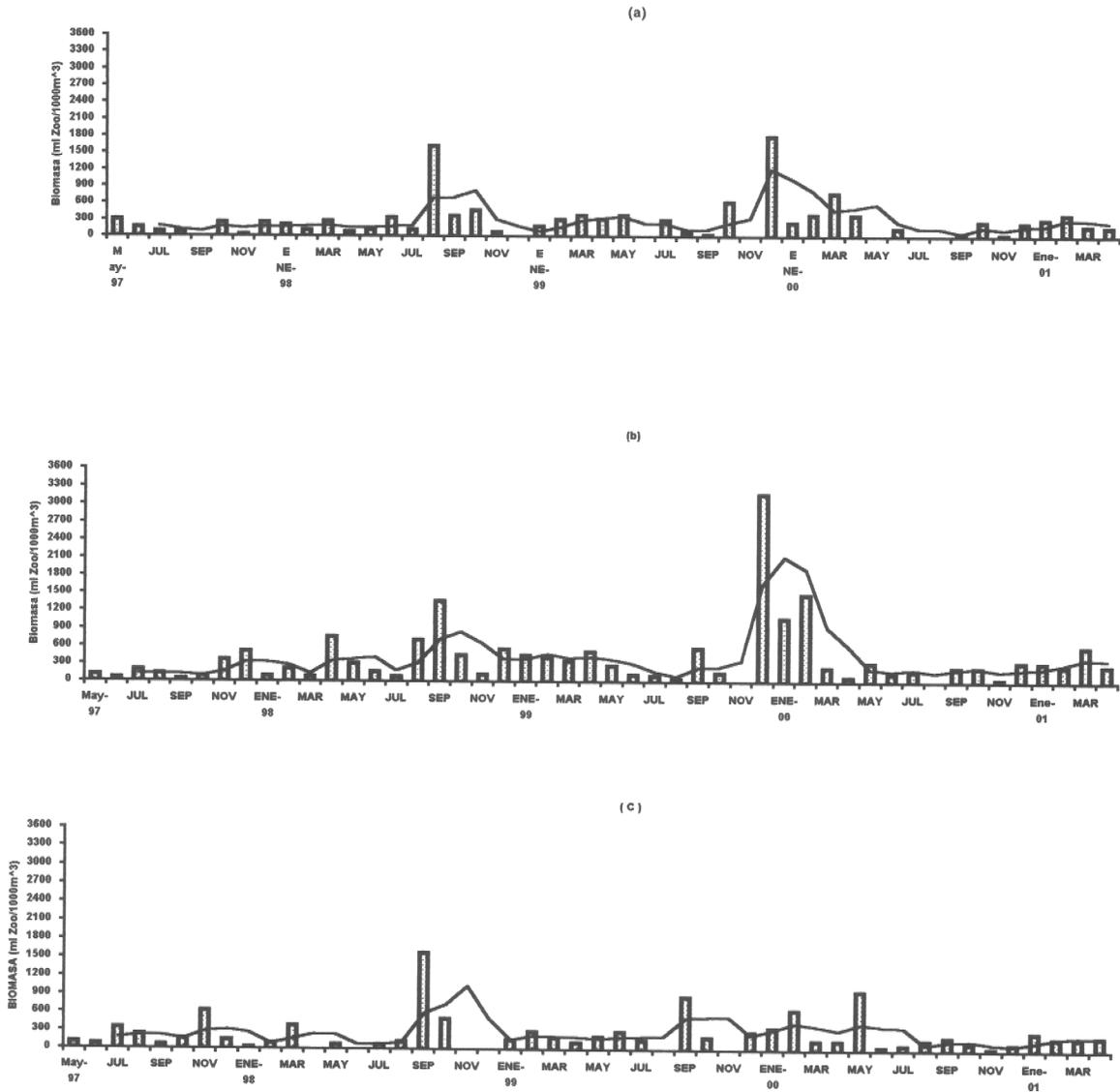


Fig. 102 Distribución y abundancia temporal de la biomasa zooplanctónica en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Abril 2001.

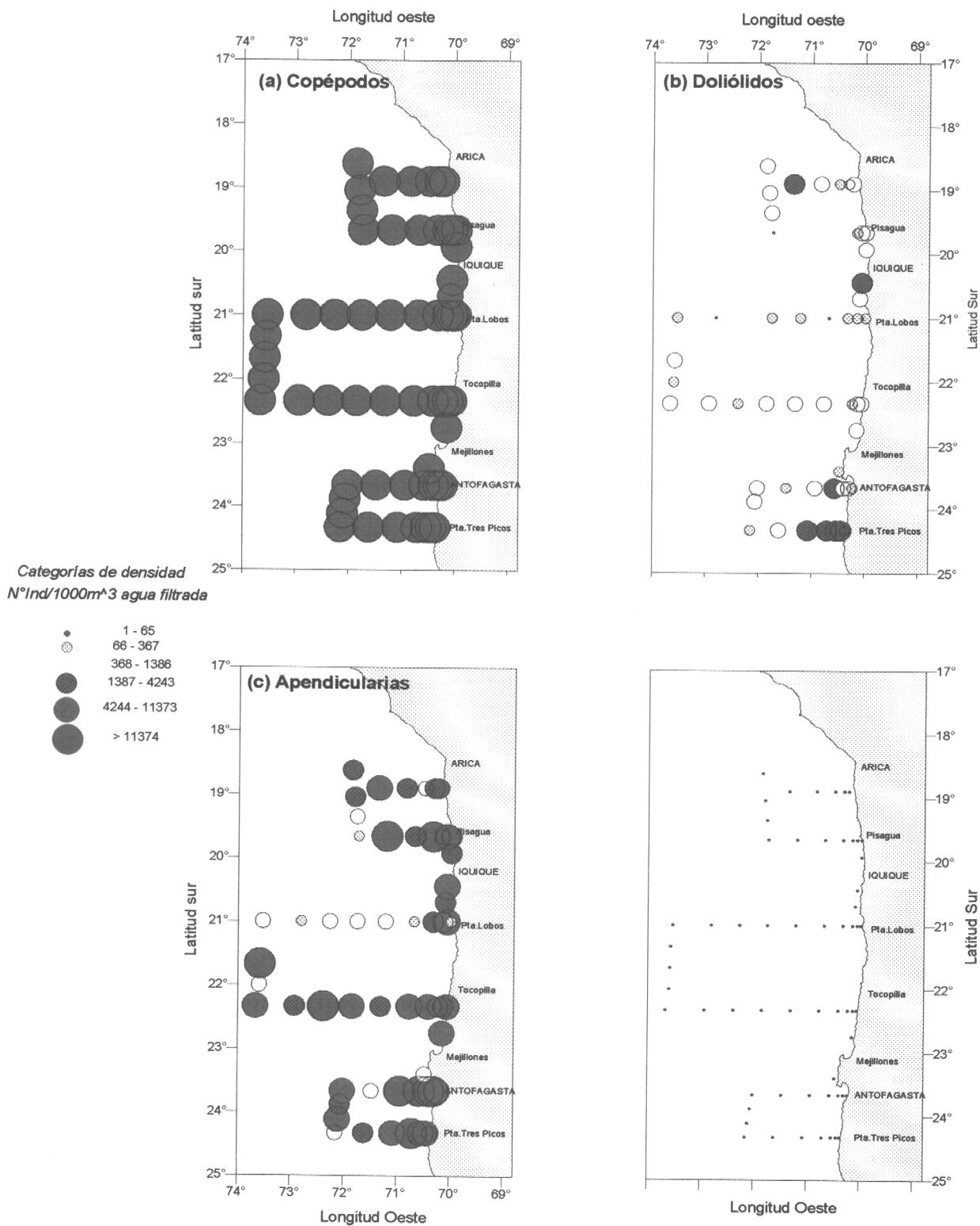


Figura 103 .- Distribución y abundancia de (a) Copépodos, (b) Doliólidos y (c) Apendicularias
Crucero MOBIO 0005 - Mayo 2000.

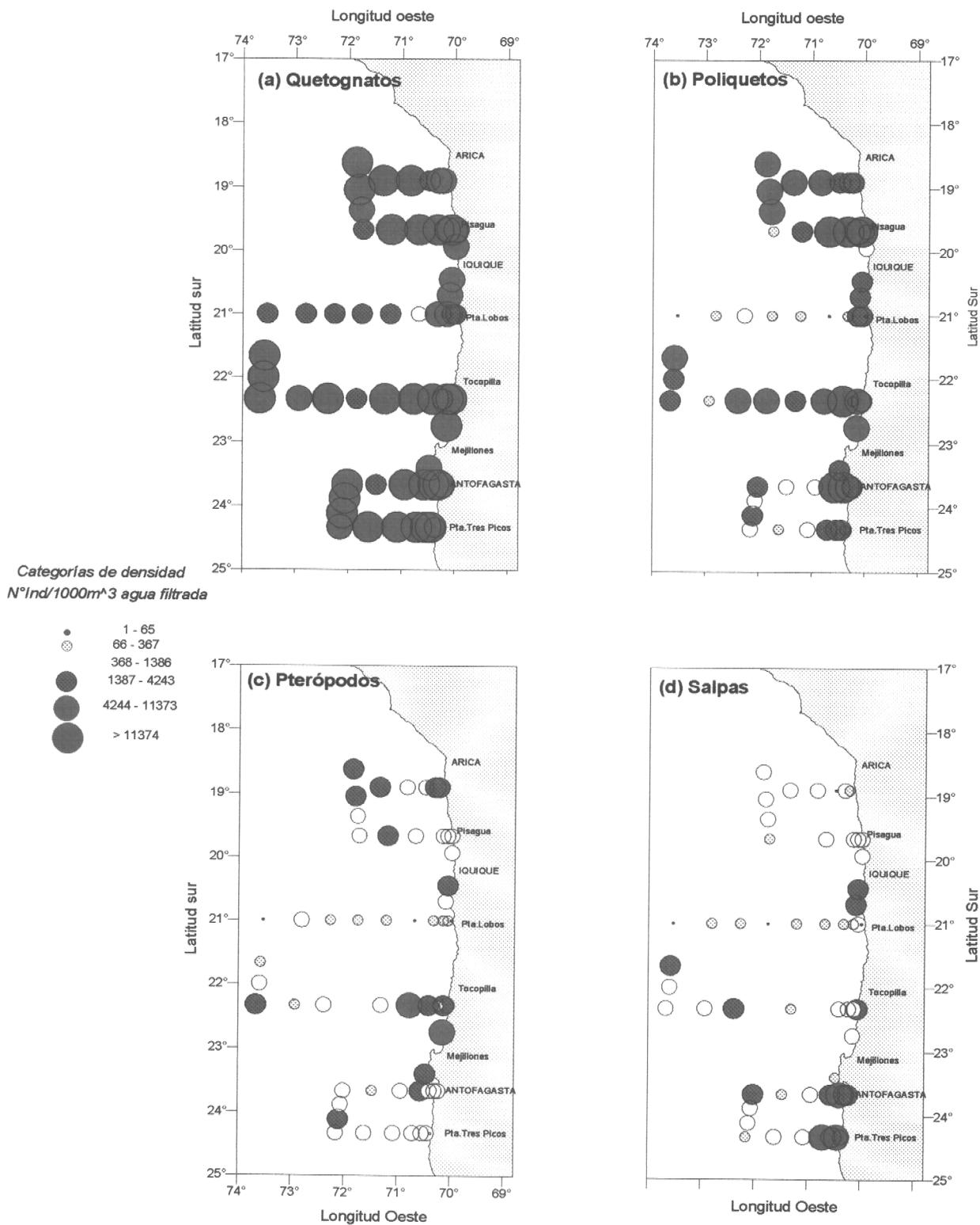


Figura 104 .- Distribución y abundancia de (a) Quetognatos, (b) Poliquetos, (c) Pterópodos y (d) Salpas. Crucero MOBIO 0005 - Mayo 2000.

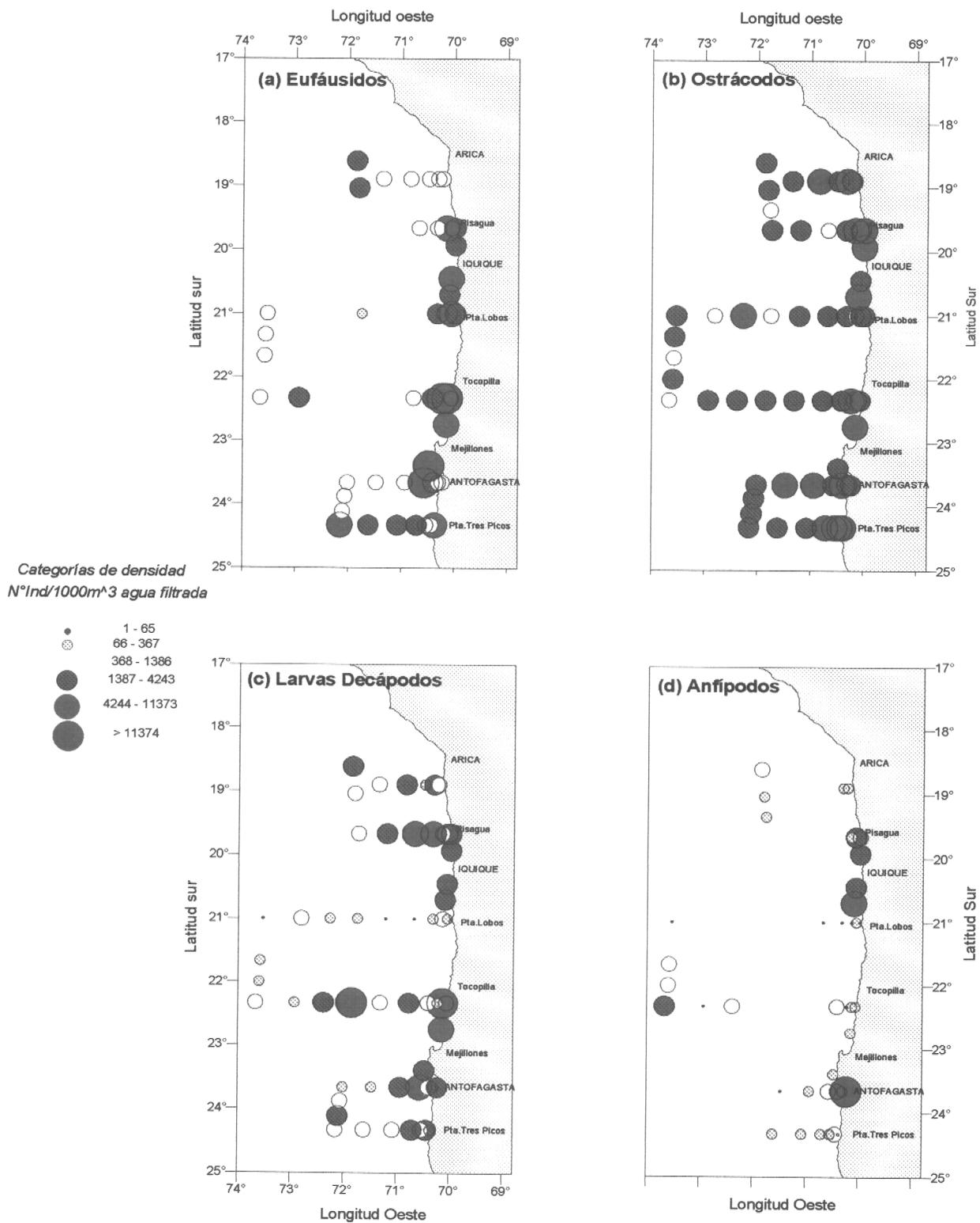


Figura 105 .- Distribución y abundancia de (a) Eufáusidos, (b) Ostrácodos, (c) Larvas Decápodos y (d) Anfípodos. Crucero MOBIO 0005 - Mayo 2000.

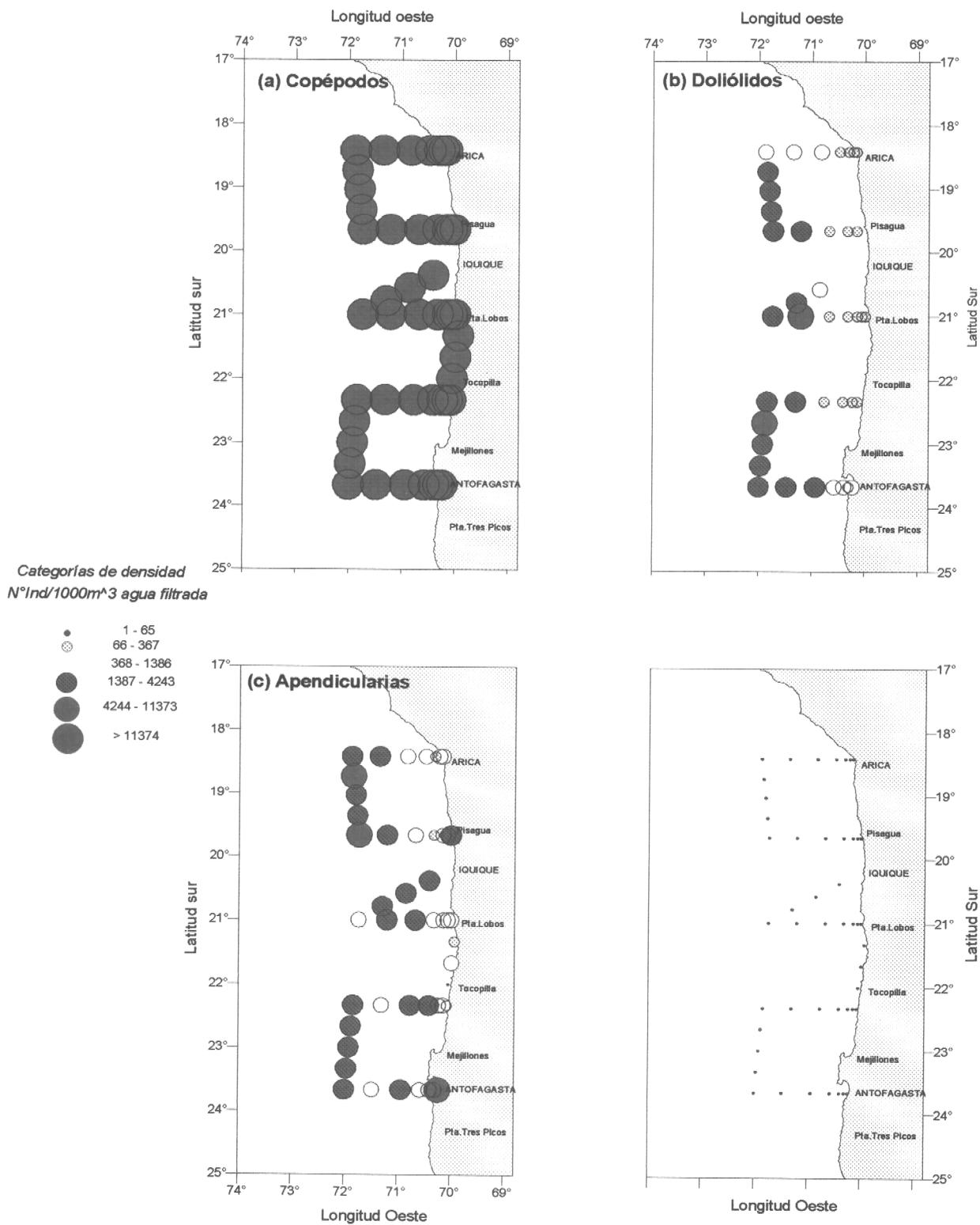
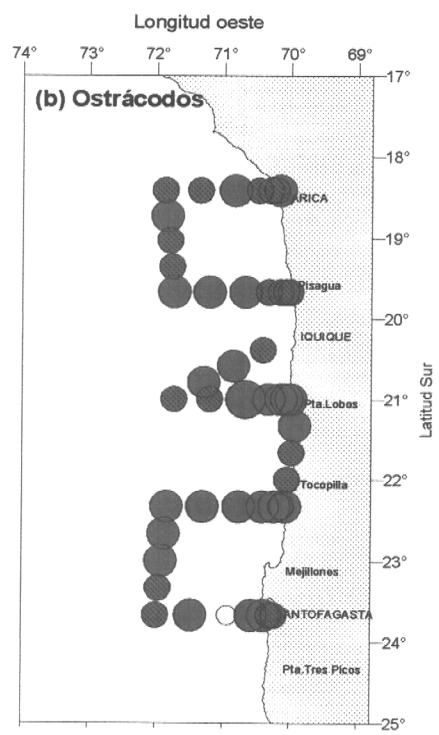
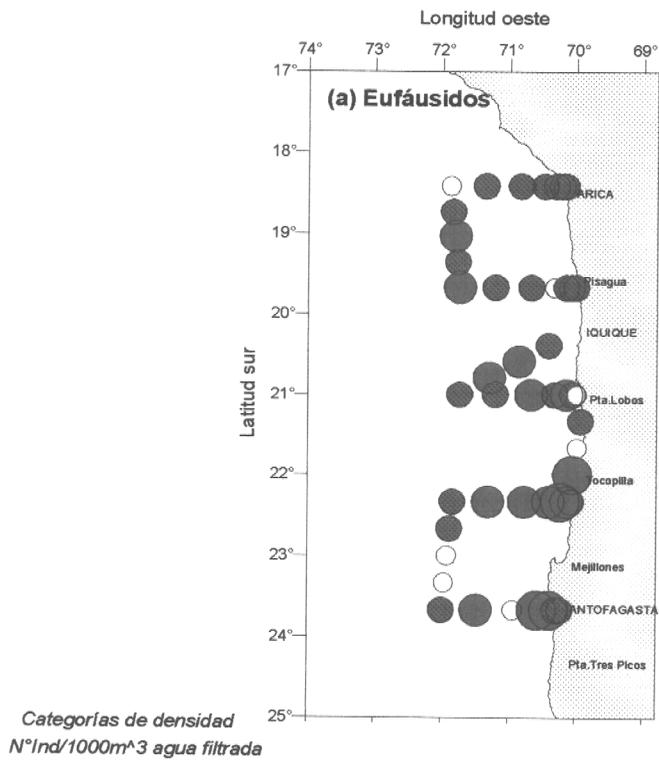


Figura 106 .- Distribución y abundancia de (a) Copépodos, (b) Doliólidos y (c) Apendicularias
Crucero MOBIO 0009 - Septiembre 2000.



- 1 - 65
- ⊙ 66 - 367
- 368 - 1386
- 1387 - 4243
- 4244 - 11373
- > 11374

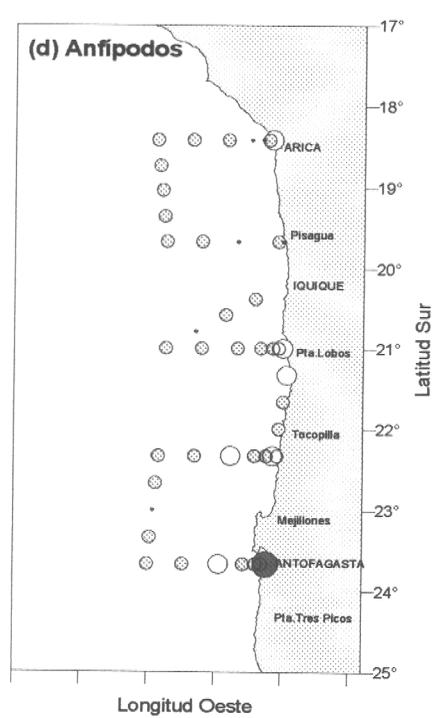
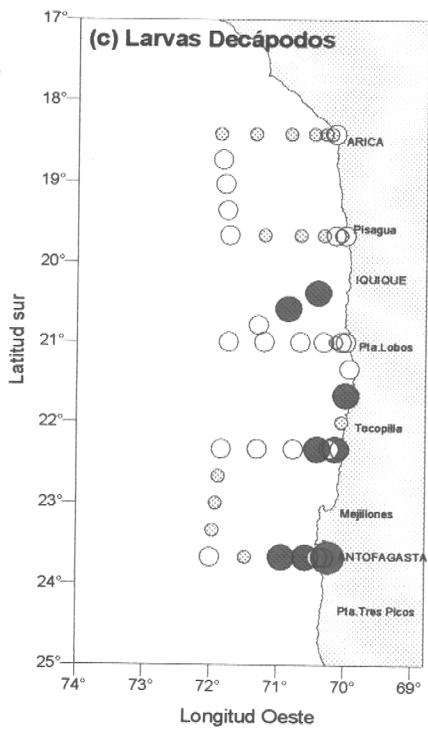


Figura 107 .- Distribución y abundancia de (a) Eufáusidos, (b) Ostrácodos, (c) Larvas Decápodos } (d) Anfípodos. Crucero MOBIO 0009 - Septiembre 2000.

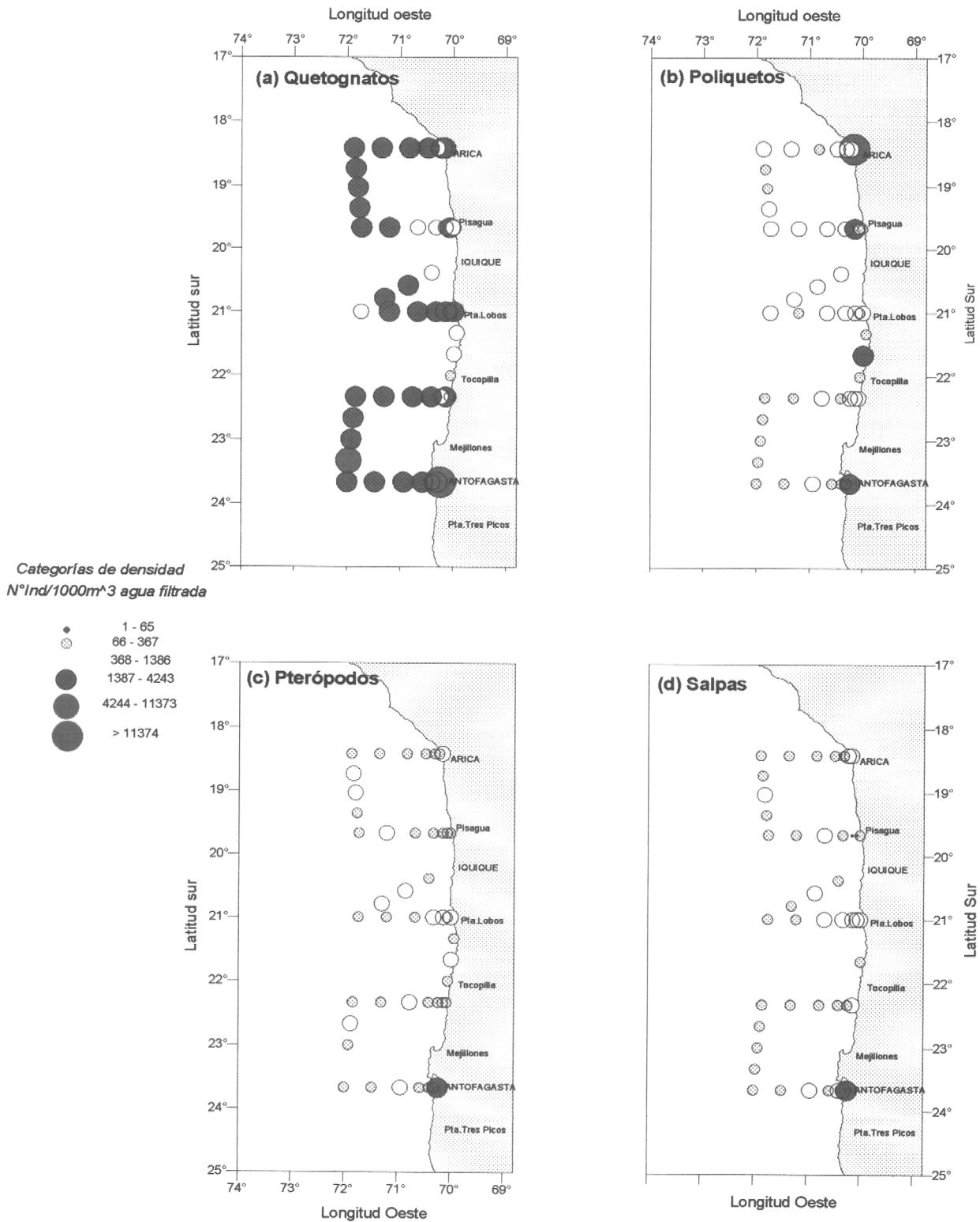


Figura 108 .- Distribución y abundancia de (a) Quetognatos, (b) Poliquetos, (c) Pterópodos y (d) Salpas. Crucero MOBIO 0009 - Septiembre 2000.

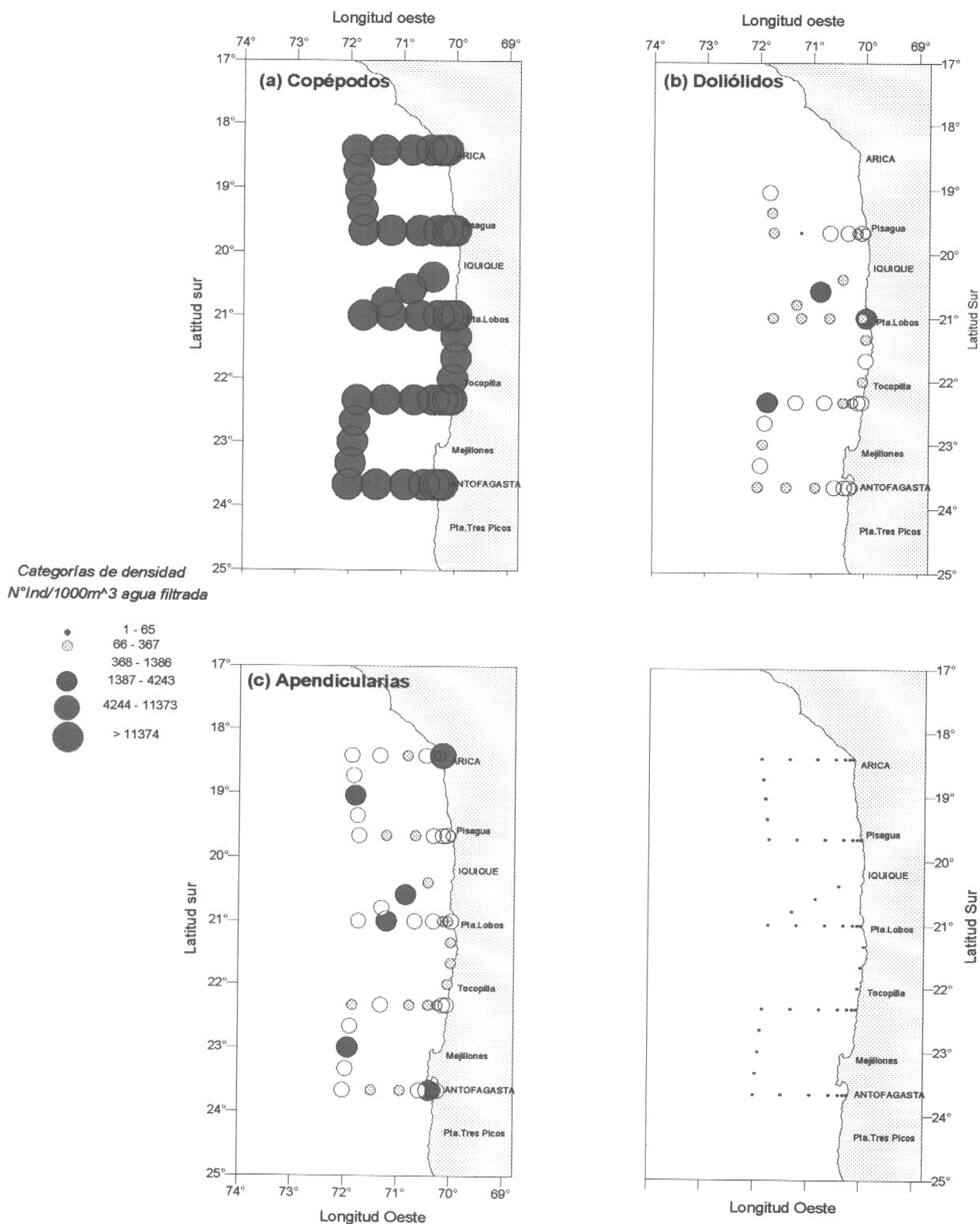


Figura 109 .- Distribución y abundancia de (a) Copépodos, (b) Doliólidos y (c) Apendicularias
Crucero MOBIO 0012 - Diciembre 2000.

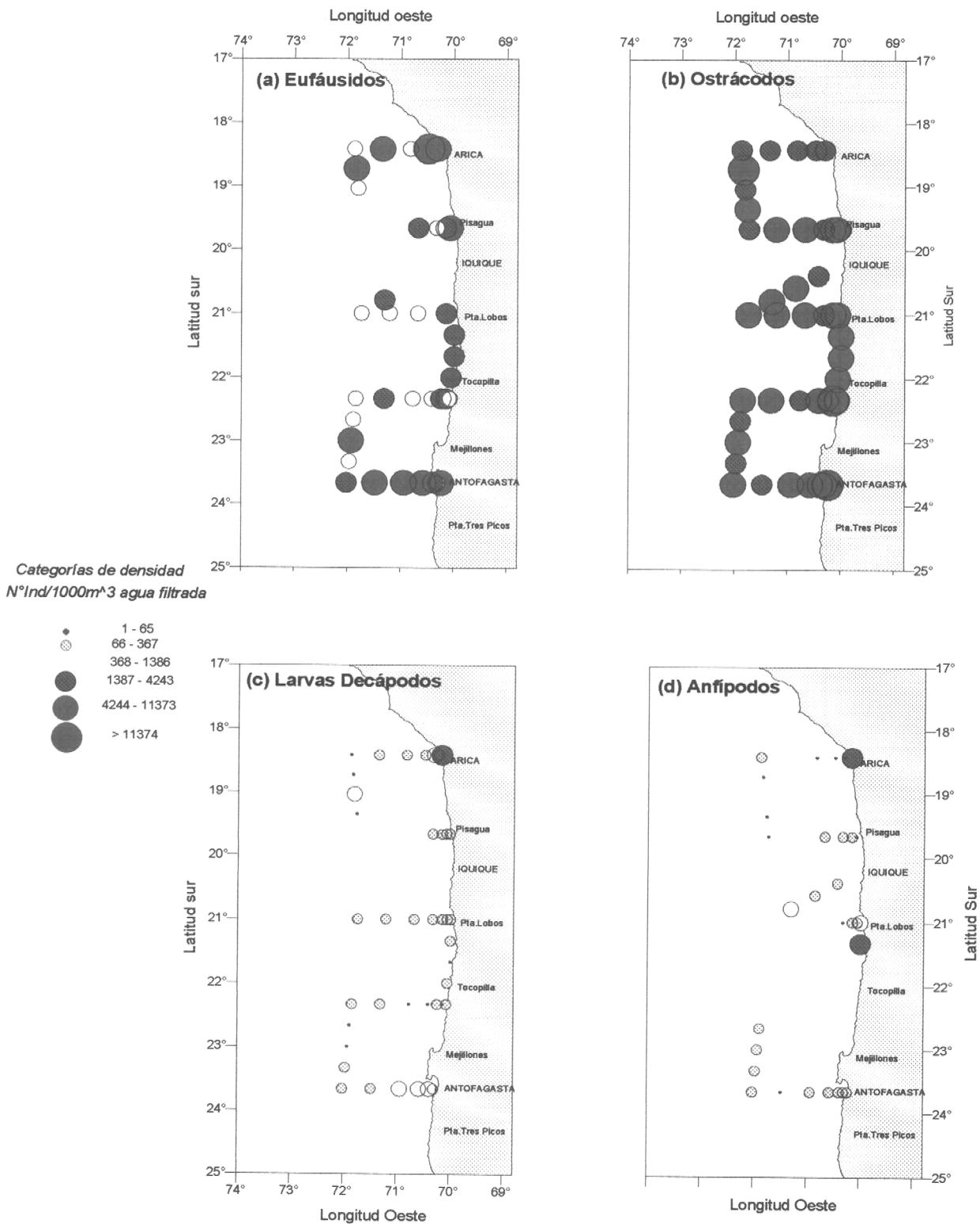


Figura 110 .- Distribución y abundancia de (a) Eufáusidos, (b) Ostrácodos, (c) Larvas Decápodos y (d) Anfípodos. Crucero MOBIO 0012 - Diciembre 2000.

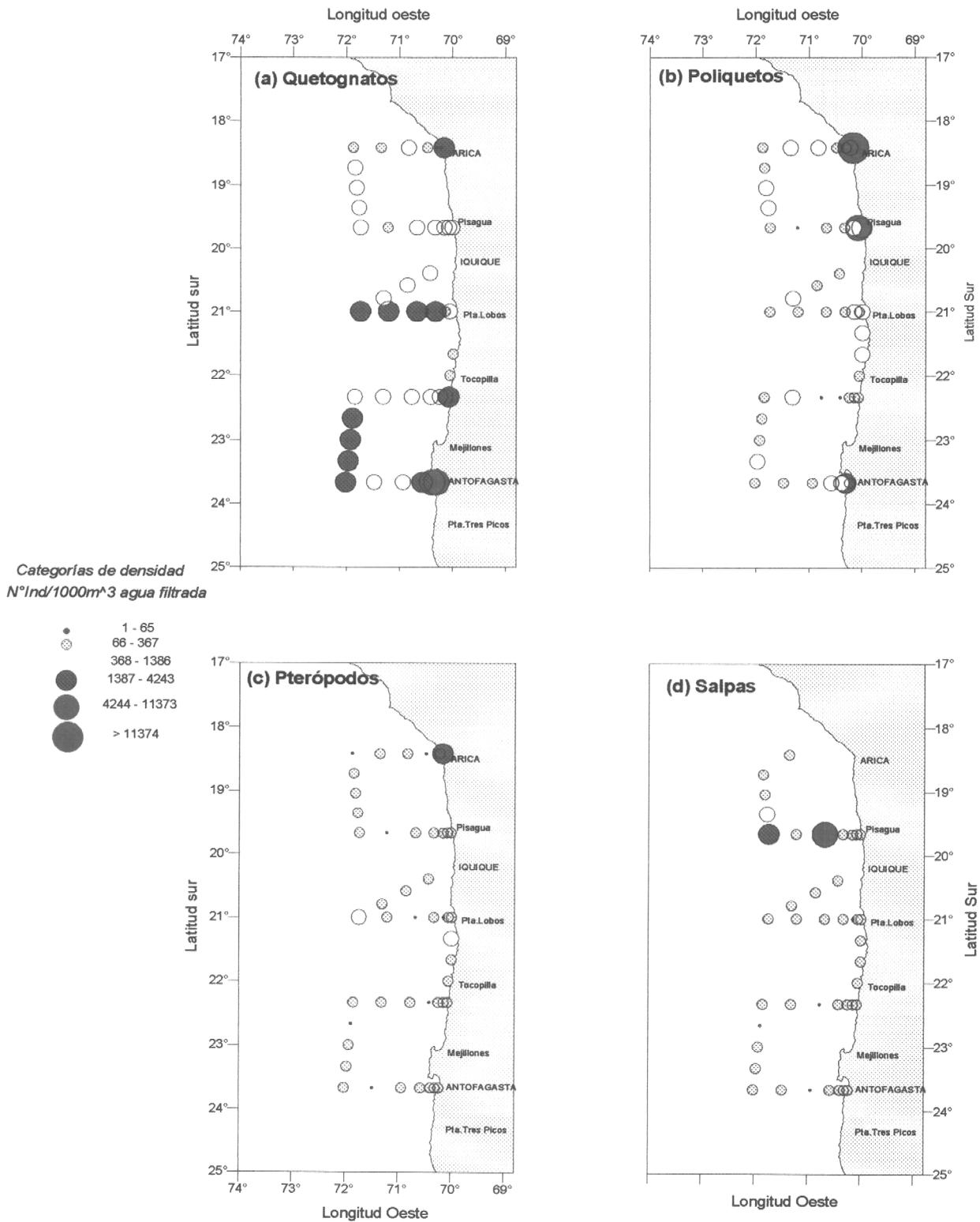


Figura 111 .- Distribución y abundancia de (a) Quetognatos, (b) Poliquetos, (c) Pterópodos y (d) Salpas. Crucero MOBIO 0012 - Diciembre 2000.

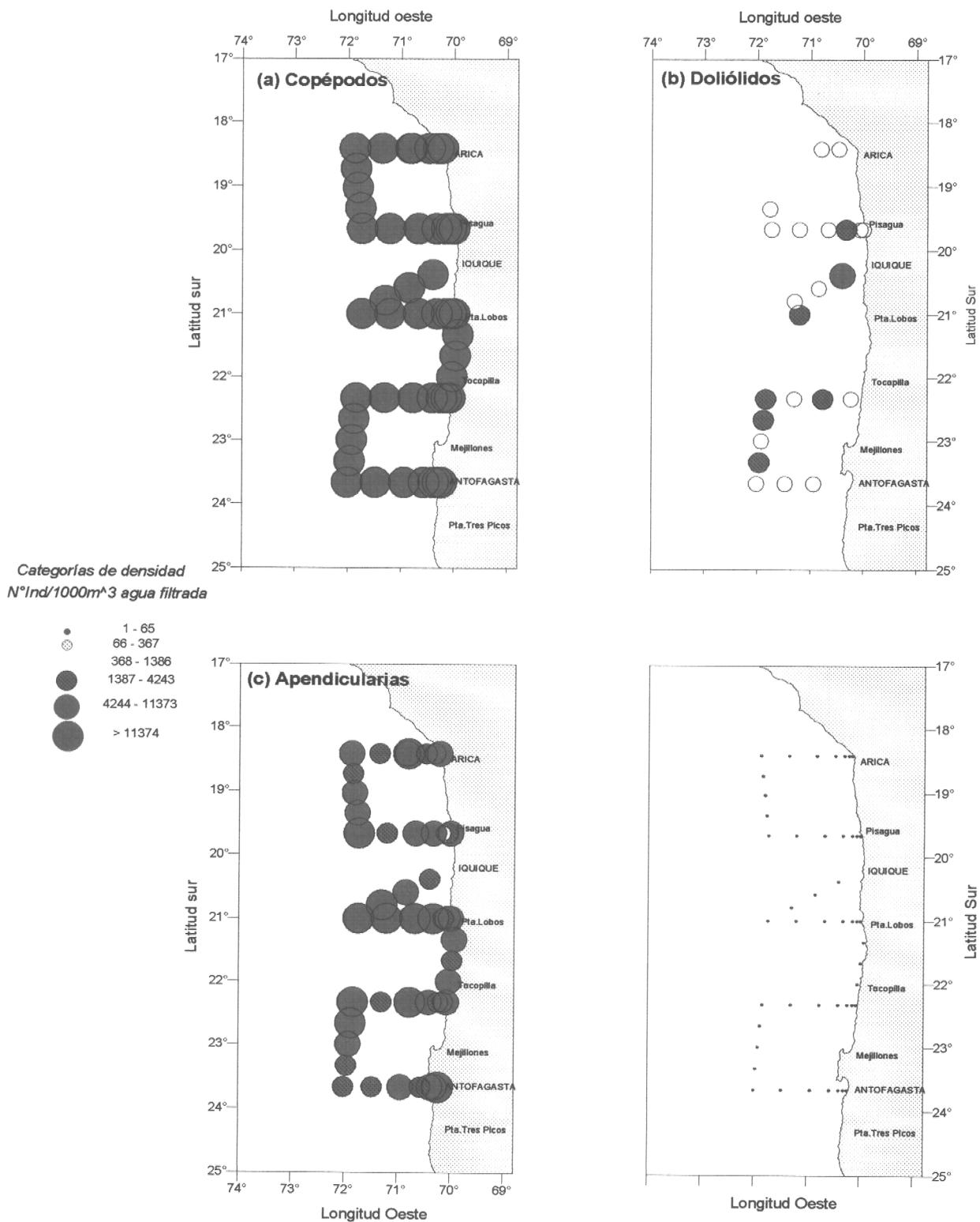


Figura 112 .- Distribución y abundancia de (a) Copépodos, (b) Doliólidos y (c) Apendicularias
Crucero MOBIO 0102 - Febrero/Marzo 2001.

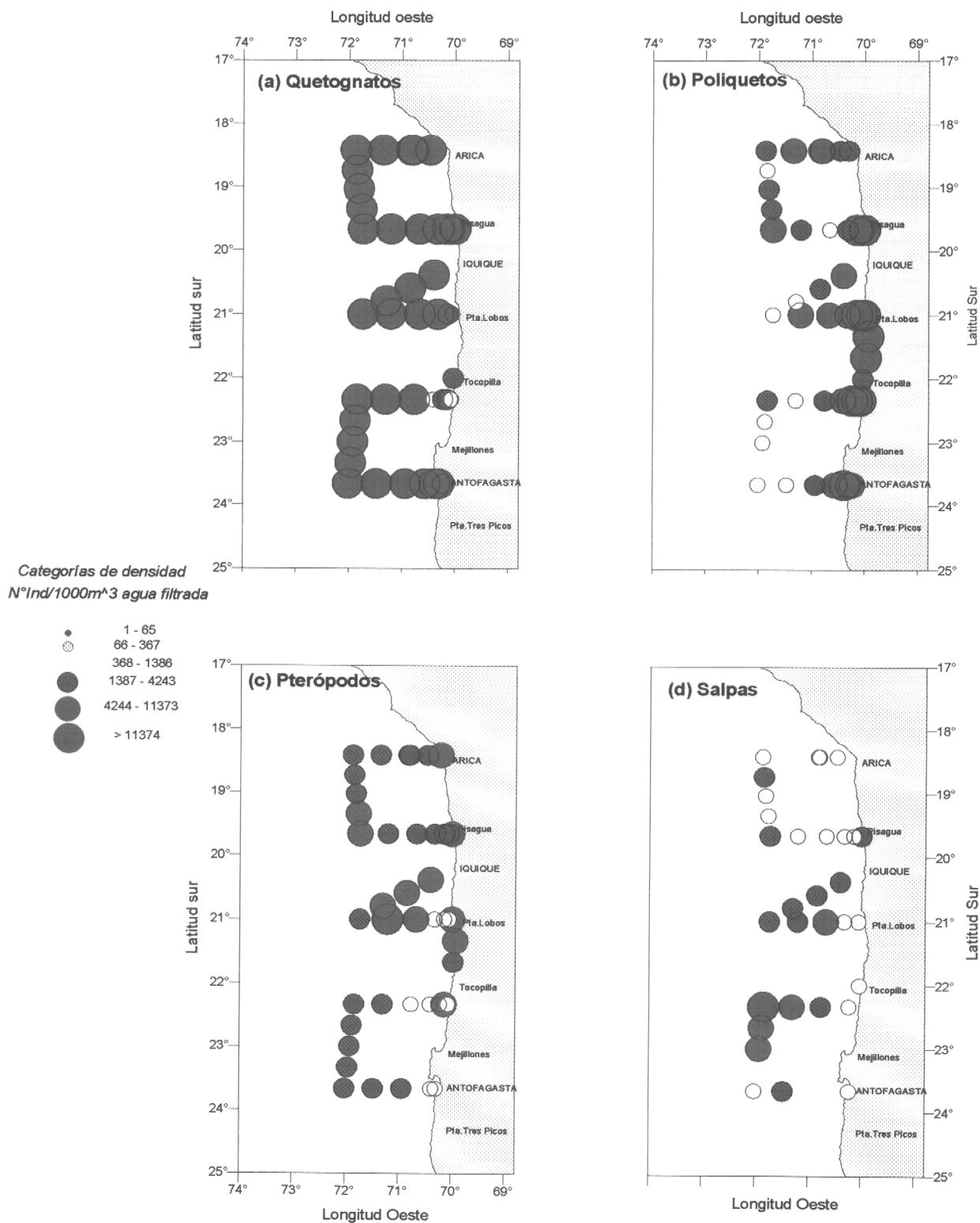


Figura 113 .- Distribución y abundancia de (a) Quetognatos, (b) Poliquetos, (c) Pterópodos y (d) Salpas. Crucero MOBIO 0102 - Febrero/Marzo 2001.

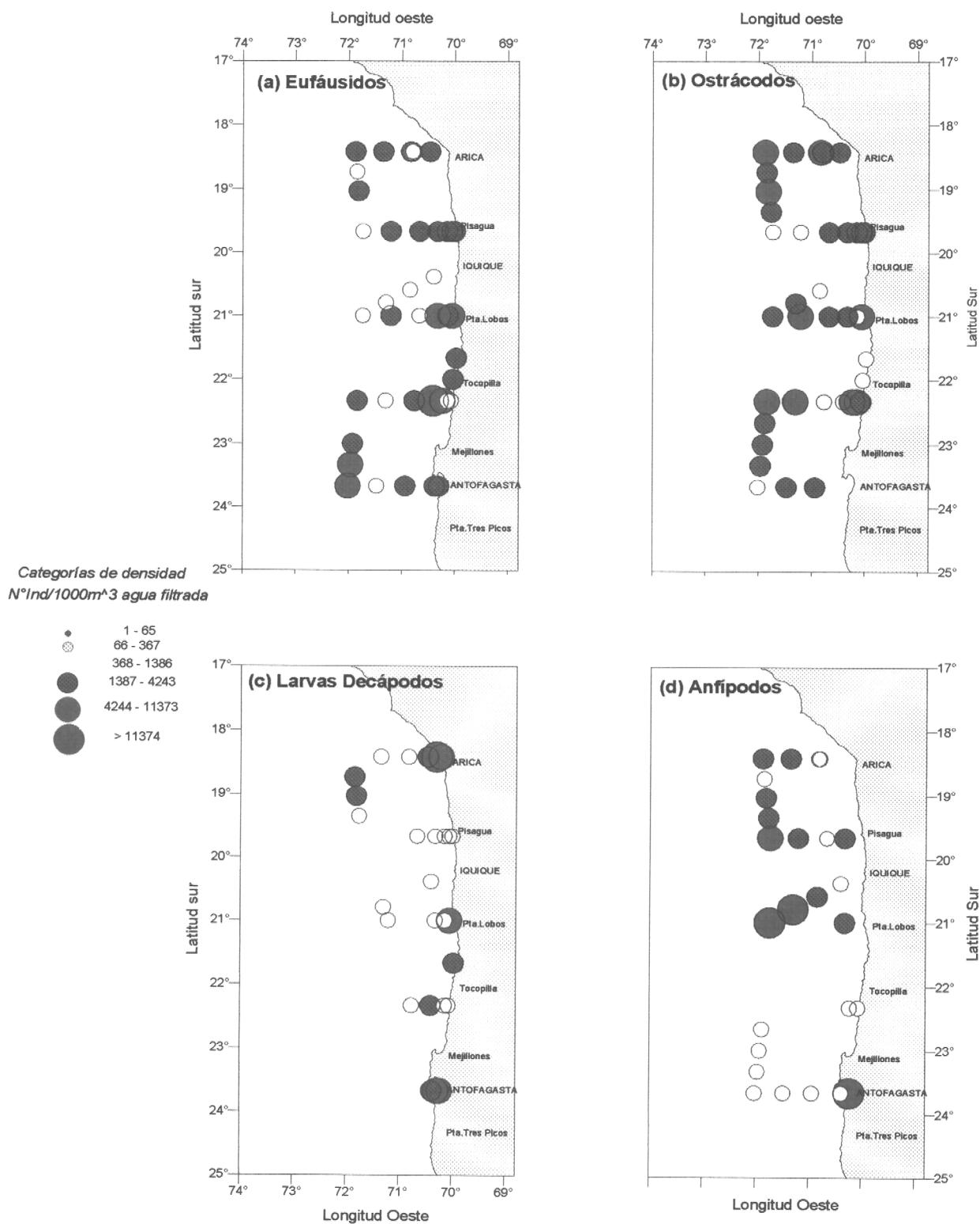


Figura 114 .- Distribución y abundancia de (a) Eufáusidos, (b) Ostrácodos, (c) Larvas Decápodos, (d) Anfípodos. Crucero MOBIO 0102 - Febrero/Marzo 2001.

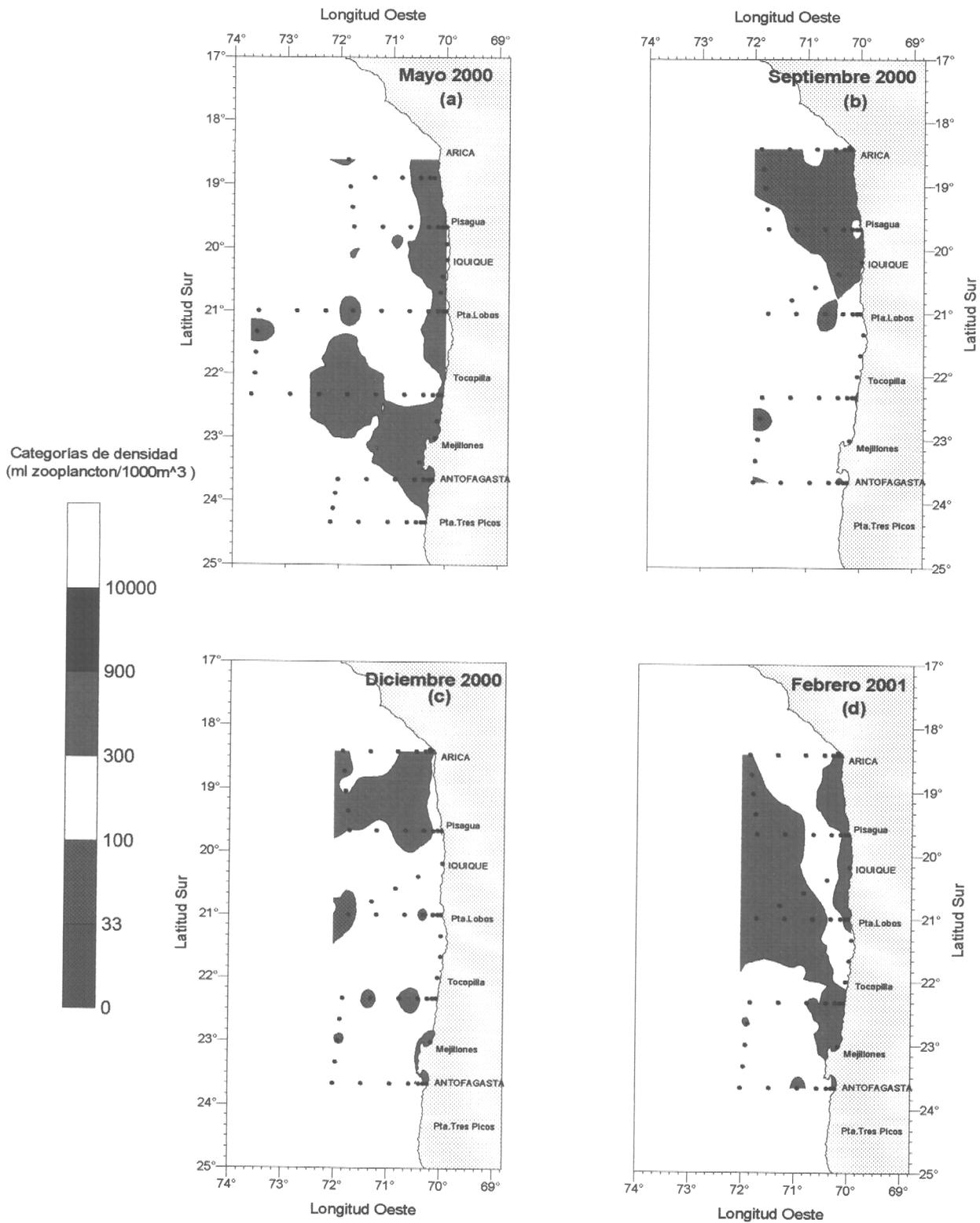


Figura 115.- Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica. Cruceros estacionales 2000/2001. (a) Otoño 2000, (b) Invierno 2000, (c) Primavera 2000 y (d) Verano 2001.

T A B L A S

Tabla N° 1
Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0005 - 431(2)00CP.

N° EST	FECHA		HORA		LAT		LONG		RED	CODIGO	MALLA	PROF. ECOS. COD.	FLUJOMETRO	CALADO	VIRADO		CABLE	TEMP(°C)	SALINI.	PRESION	TEMPAIRE	SECCHI	OLAS		VIENTO		NUBES			
	AA	MM	DD	HH	MIN	GR	MIN	GR							MIN	SEG							MIN	SEG	ARR.	ANG.		0m	0m	ALT.
1	0	5	18	7	38	24	20	70	03	297	85	A07	618	1	1	0	60	27	34.460	22.5	18.5	20	2	20	11	1	6	5		
2	0	5	18	8	43	24	20	70	03	297	237	A07	792	1	1	25	100	22	34.660	23.1	17.2	18	3	16	15	3	0	4		
3	0	5	18	10	13	24	20	70	03	297	290	A07	730	2	1	29	100	7	34.660	23.0	17.5	15	4	15	14	3	6	5		
4	0	5	18	12	22	24	20	70	03	297	2600	A07	705	1	1	30	100	20	34.720	23.8	17.0	16	4	15	14	3	6	5		
5	0	5	18	16	18	24	20	71	03	297	6000	A07	725	1	1	43	100	17	34.720	21.8	17.0	20	4	15	15	4	6	6		
6	0	5	18	16	18	24	20	71	03	297	5000	A07	775	2	2	43	100	37	34.720	22.0	16.5	15	4	14	15	4	6	6		
7	0	5	18	21	17	24	20	71	03	297	4300	A07	757	2	2	9	100	37	34.700	23.2	15.0	14.0	4	14	15	4	6	6		
8	0	5	19	2	11	24	20	72	03	297	4300	A07	760	1	1	37	100	27	34.740	23.0	15.5	14.5	4	14	16	4	6	6		
9	0	5	19	4	52	24	7.0	72	03	297	4000	A07	745	1	1	100	18	18.20	34.740	22.9	17.5	16.5	2	15	15	3	6	8		
10	0	5	19	9	45	23	53.0	72	03	297	4000	A07	715	1	1	38	100	17	34.640	24.2	20.0	18.5	2	15	16	4	6	8		
11	0	5	19	14	40	23	40.0	71	03	297	5000	A07	748	1	1	52	100	6	34.710	22.5	17.5	16.5	4	16	17	3	6	8		
12	0	5	19	19	40	23	40.0	71	03	297	5000	A07	730	1	1	43	100	42	34.460	23.5	17.0	18.0	0	17	14	1	6	8		
13	0	5	19	23	19	23	40.0	70	03	297	4700	A07	765	2	4	41	100	32	34.450	23.8	16.5	15.5	0	17	16	2	6	8		
14	0	5	20	1	46	23	40.0	70	03	297	140	A07	715	1	1	38	100	20	34.500	23.0	18.0	15.0	0	17	15	2	6	8		
15	0	5	20	3	12	23	40.0	70	03	297	76	A07	482	1	1	70	8	18.320	34.500	23.0	18.0	15.0	0	16	14	3	6	8		
16	0	5	20	7	45	23	24.0	70	03	297	688	A07	710	1	1	23	100	16	34.670	21.8	15.0	14.5	12	2	16	16	2	6	8	
17	0	5	20	14	7	22	45.0	70	03	297	290	A07	730	1	1	28	100	20	34.560	20.0	22.0	21.0	11	4	16	17	4	6	3	
18	0	5	20	17	53	22	20.0	70	03	297	90	A07	585	1	10	1	80	21	34.580	20.5	17.7	17.0	8	2	14	17	3	6	8	
19	0	5	20	18	55	22	20.0	70	03	297	397	A07	685	1	49	1	11	100	16	34.580	21.0	16.5	15.5	4	16	17	4	6	1	
20	0	5	20	18	55	22	20.0	70	03	297	873	A07	720	1	42	1	33	100	18	34.960	21.4	18.5	15.5	0	17	19	4	6	1	
21	0	5	20	22	33	22	20.0	70	03	297	1255	A07	715	1	47	1	14	100	22	34.700	21.4	17.0	15.5	24	4	16	18	4	6	7
22	0	5	20	22	33	22	20.0	70	03	297	5000	A07	740	1	46	1	47	100	18	34.700	21.4	17.0	15.5	24	4	16	18	4	6	8
23	0	5	21	1	58	22	20.0	71	03	297	5000	A07	705	1	48	1	100	11	19.760	35.020	20.2	17.0	15.5	22	4	16	17	4	6	8
24	0	5	21	13	8	22	20.0	71	03	297	4200	A07	720	1	35	1	29	100	5	35.080	21.0	18.0	16.5	22	4	16	15	3	6	8
25	0	5	21	17	45	22	20.0	72	03	297	4500	A07	725	1	33	1	27	100	6	34.720	18.5	17.0	16.0	8	2	15	2	6	8	
26	0	5	21	17	45	22	20.0	72	03	297	4500	A07	730	1	48	1	11	100	6	34.760	21.0	17.0	15.5	22	4	15	2	6	8	
27	0	5	22	2	27	22	20.0	73	03	297	4000	A07	695	1	44	1	24	100	3	35.030	21.0	16.5	15.0	24	4	13	14	4	6	8
28	0	5	22	8	13	22	20.0	73	03	297	4000	A07	755	1	44	1	100	13	35.320	21.5	17.5	16.5	24	4	13	14	4	6	8	
29	0	5	22	8	13	22	20.0	73	03	297	4300	A07	708	1	36	1	11	100	13	35.320	21.5	17.5	16.5	25	2	13	16	3	6	8
30	0	5	22	11	20	21	40.0	73	03	297	5000	A07	713	1	37	1	18	100	13	35.140	21.0	18.2	17.0	24	2	13	14	2	6	8
31	0	5	22	11	20	21	40.0	73	03	297	5000	A07	718	1	36	1	26	100	17	35.140	21.0	23.0	20.0	24	2	14	15	4	6	3
32	0	5	22	20	45	21	0.0	73	03	297	4700	A07	720	1	44	1	20	100	8	35.050	21.5	18.0	17.5	22	2	14	15	4	6	8
33	0	5	22	20	45	21	0.0	73	03	297	4500	A07	710	1	40	1	30	100	6	34.740	21.5	17.5	16.0	23	2	14	13	2	6	4
34	0	5	23	7	37	21	0.0	71	03	297	4000	A07	695	1	48	1	24	100	3	35.120	21.3	15.5	15.5	22	2	14	13	1	6	4
35	0	5	23	12	5	21	0.0	71	03	297	4000	A07	685	1	33	1	21	100	3	35.100	21.5	23.0	20.0	20	4	16	17	3	6	8
36	0	5	23	16	37	21	0.0	71	03	297	5000	A07	718	1	37	1	28	100	11	35.210	18.5	16.5	20	4	16	16	2	6	8	
37	0	5	23	17	21	0.0	70	70	03	297	790	A07	685	1	50	1	18	100	9	35.090	21.5	18.0	17.5	22	4	17	13	2	6	8
38	0	5	23	0	53	21	0.0	70	03	297	104	A07	670	1	50	1	37	100	15	34.800	22.5	18.0	17.0	22	2	17	12	2	6	7
39	0	5	23	5	21	0.0	70	20.6	03	297	89	A07	630	1	51	1	39	85	8	34.800	22.5	18.0	17.0	22	2	17	12	2	6	8
40	0	5	24	4	25	21	0.0	70	03	297	89	A07	610	1	51	1	80	9	16.030	34.740	21.5	18.0	17.0	22	2	17	12	2	6	8
41	0	5	24	8	20	20	42.0	70	03	297	89	A07	610	1	50	1	22	80	21	34.830	21.5	18.0	16.0	22	2	18	12	1	6	7
42	0	5	24	10	18	19	58.0	70	03	297	114	A07	695	1	42	1	4	80	9	34.830	21.5	16.5	16.0	8	2	18	14	1	0	0
43	0	5	24	18	19	18	40.0	70	03	297	89	A07	685	1	42	1	28	100	12	34.780	23.0	16.5	15.0	4	2	18	18	3	0	0
44	0	5	24	18	19	18	40.0	70	03	297	89	A07	685	1	37	1	3	85	15	34.780	23.0	17.5	15.5	8	2	16	14	2	7	1
45	0	5	24	20	39	18	40.0	70	03	297	114	A07	660	1	41	1	26	100	10	34.780	23.0	20.0	18.5	4	2	16	18	4	7	1
46	0	5	24	21	51	19	40.0	70	03	297	89	A07	695	1	49	1	80	26	15.120	34.780	23.0	17.5	15.5	4	2	16	14	2	7	1
47	0	5	24	23	16	19	40.0	70	03	297	89																			

Tabla N° 2
 Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0009 - 436(3)00CP.

N° EST	FECHA		HORA		LAT		LONG		RED	CODIGO MALLA	PROF. FLUJÓMETRO ECOS. COD.	N°FIN.	CALADO		VIRADO		CABLE	TEMP(°C)	SALIN.	PRESIÓN		TEMPAIRE		SECCHI	OLAS		VIENTO	NUBES				
	AA	MM	DD	HH	MM	GR	MIN	MIN					MIN	SEG	MIN	SEG				ARR.	ARR.	ANG.	0m		5m	ATMOSF.			SECA	HÚMEDA	ALT.	DIR.
1	0	9	6	17	45	18	25.0	70	21.5	03	297	A07	158	0	20	0	15	15	16.230	34.780	13.8	20.0	18.0	4	1	180	230	6.7	6	3		
2	0	9	6	18	45	18	25.0	70	25.1	03	297	A07	439	0	66	0	55	60	15.540	34.820	14.0	16.5	15.5	4	1	180	230	6.2	6	5		
3	0	9	6	20	39	18	25.0	70	30.2	03	297	A07	782	1	57	1	51	100	17	16.490	34.850	15.1	16.5	14.5	5	1	180	230	4.2	6	8	
4	0	9	6	22	37	18	25.0	70	40.5	03	297	A07	895	2	6	1	56	100	3	17.030	34.860	15.1	17.0	15.0	6	1	180	230	5.1	6	8	
5	0	9	7	2	30	18	25.0	71	1.6	03	297	A07	630	1	50	2	3	100	5	16.900	34.860	13.8	16.0	14.5	15	1	180	230	3.4	6	8	
6	0	9	7	7	34	18	25.0	71	33.0	03	297	A07	665	1	51	1	39	100	8	16.750	34.850	13.5	18.5	14.5	15	1	180	230	3.2	6	8	
7	0	9	7	12	35	18	25.0	72	4.6	03	297	A07	685	1	48	1	56	100	8	16.710	34.850	13.0	18.0	15.5	22	1	180	140	7	6	8	
8	0	9	7	16	44	18	44.0	72	2.4	03	297	A07	652	1	49	1	38	100	4	16.960	34.870	11.5	18.0	16.0	14	1	180	140	2.3	6	7	
9	0	9	7	19	35	19	2.0	72	0.1	03	297	A07	683	1	45	1	36	100	4	16.860	35.030	12.5	18.5	15.0	14	1	180	140	7	6	4	
10	0	9	7	23	1	19	21.4	71	58.1	03	297	A07	691	1	55	1	43	100	1	16.810	34.860	13.8	18.0	14.0	14	1	180	140	4.1	6	8	
11	0	9	7	25	2	19	40.0	71	58.0	03	297	A07	683	1	45	1	36	100	4	16.810	34.860	13.8	18.0	14.0	14	1	180	140	4.1	6	8	
12	0	9	8	7	29	19	40.0	71	24.1	03	297	A07	683	1	45	1	36	100	4	16.810	34.860	13.8	18.0	14.0	14	1	180	140	4.1	6	8	
13	0	9	8	12	42	19	40.0	70	52.3	03	297	A07	642	1	42	1	37	100	17	17.010	35.000	12.0	17.0	15.5	13	1	180	140	2	6	8	
14	0	9	8	16	20	19	40.0	70	31.5	03	297	A07	649	1	47	1	47	100	4	16.860	34.830	12.5	21.5	19.0	12	1	180	140	1	6	8	
15	0	9	8	18	35	19	40.0	70	21.0	03	297	A07	664	1	59	1	47	100	16	17.170	34.840	10.9	20.0	18.5	12	1	180	140	1.5	6	8	
16	0	9	8	20	15	19	40.0	70	16.0	03	297	A07	648	1	44	1	32	100	12	16.300	34.840	11.5	17.0	16.0	12	0	180	0	0	6	8	
17	0	9	8	21	30	19	40.0	70	12.1	03	297	A07	609	2	1	1	47	100	4	16.080	34.840	11.5	17.0	16.0	12	0	180	0	0	6	8	
18	0	9	8	6	41	20	33.0	70	38.5	03	297	A07	660	1	33	1	18	75	14	15.880	34.850	13.0	18.5	15.5	10	0	180	0	0	6	8	
19	0	9	8	11	38	20	35.0	71	3.0	03	297	A07	692	1	68	1	18	100	0	17.060	34.830	12.2	16.0	15.0	10	0	180	0	0	6	8	
20	0	9	9	15	40	20	47.3	71	29.6	03	297	A07	676	1	55	1	40	100	9	17.010	34.830	13.2	18.0	18.0	13	1	180	140	2.2	6	8	
21	0	9	9	16	20	21	0.0	71	58.3	03	297	A07	635	1	45	1	47	100	5	17.510	34.910	11.5	18.0	18.0	12	1	180	0	0	6	6	
22	0	9	10	1	15	21	0.0	71	24.4	03	297	A07	640	1	49	1	47	100	12	17.130	34.800	12.5	16.5	15.0	12	1	180	230	4.5	6	8	
23	0	9	10	1	15	21	0.0	71	24.4	03	297	A07	640	1	49	1	47	100	12	17.130	34.800	12.5	16.5	15.0	12	1	180	230	4.5	6	8	
24	0	9	10	10	51	21	0.0	70	52.2	03	297	A07	640	1	52	1	35	100	15	17.000	34.890	14.5	17.0	18.0	15	1	180	140	3.4	6	4	
25	0	9	10	13	48	21	0.0	70	31.3	03	297	A07	640	1	52	1	35	100	15	17.000	34.890	14.5	17.0	18.0	15	1	180	140	3.4	6	4	
26	0	9	10	14	58	21	0.0	70	16.4	03	297	A07	640	1	52	1	35	100	15	17.000	34.890	14.5	17.0	18.0	15	1	180	140	3.4	6	4	
27	0	9	10	16	56	21	0.0	70	16.4	03	297	A07	640	1	52	1	35	100	15	17.000	34.890	14.5	17.0	18.0	15	1	180	140	3.4	6	4	
28	0	9	10	18	51	21	0.0	70	11.5	03	297	A07	690	1	55	1	42	100	9	17.120	34.910	17.0	19.5	17.5	10	1	180	230	8.6	6	8	
29	0	9	10	18	51	21	0.0	70	8.0	03	297	A07	690	1	35	1	28	85	25	16.720	34.840	15.0	21.5	18.5	10	1	180	230	8.6	6	8	
30	0	9	10	23	30	21	40.0	70	11.2	03	297	A07	482	1	13	1	12	85	15	15.120	34.810	14.2	20.0	19.0	5	1	180	230	9	6	8	
31	0	9	10	3	49	22	0.0	70	15.0	03	297	A07	480	1	33	1	15	75	7	15.850	34.820	14.2	20.0	19.0	8	1	180	230	9.4	6	8	
32	0	9	11	7	23	22	20.0	70	16.4	03	297	A07	508	1	59	1	39	90	9	15.470	34.840	14.5	16.5	14.5	8	1	180	0	0	6	8	
33	0	9	11	7	23	22	20.0	70	16.4	03	297	A07	508	2	18	1	53	100	22	15.640	34.760	13.0	15.5	15.0	10	1	180	140	4.6	6	8	
34	0	9	11	24	22	20.0	70	26.0	03	297	A07	648	1	47	1	27	100	1	14.630	34.770	13.5	15.0	14.0	6	1	180	140	4.4	6	6		
35	0	9	11	24	22	20.0	70	26.0	03	297	A07	648	1	47	1	27	100	1	14.630	34.770	13.5	15.0	14.0	6	1	180	140	4.4	6	6		
36	0	9	11	23	37	22	20.0	71	30.3	03	297	A07	730	1	57	1	48	100	14	16.210	34.690	14.0	16.5	15.0	8	1	180	140	15	6	7	
37	0	9	12	4	48	22	40.0	72	2.5	03	297	A07	762	2	11	1	40	100	13	16.150	34.710	13.5	15.0	14.0	17	3	140	180	6	6	8	
38	0	9	12	13	6	23	40.0	72	7.4	03	297	A07	762	2	11	1	40	100	13	16.150	34.710	13.5	15.0	14.0	17	3	140	180	6	6	8	
39	0	9	12	13	6	23	40.0	72	7.4	03	297	A07	762	2	11	1	40	100	13	16.150	34.710	13.5	15.0	14.0	17	3	140	180	6	6	8	
40	0	9	12	16	59	23	20.0	72	10.0	03	297	A07	723	2	2	1	37	100	9	16.210	34.710	13.5	15.0	14.0	17	3	140	180	6	6	8	
41	0	9	12	21	24	23	40.0	72	12.0	03	297	A07	723	2	2	1	37	100	9	16.210	34.710	13.5	15.0	14.0	17	3	140	180	6	6	8	
42	0	9	13	2	41	23	40.0	71	40.6	03	297	A07	840	2	1	55	1	47	100	13	16.040	34.670	13.2	16.5	15.0	14	4	140	140	0	6	7
43	0	9	13	7	53	23	40.0	71	8.0	03	297	A07	840	2	23	1	54	100	20	15.840	34.780	14.5	15.0	13.0	14	2	180	140	9.2	6	6	
44	0	9	13	11	31	23	40.0	71	48.4	03	297	A07	890	1	54	1	21	100	13	15.870	34.680	15.1	14.5	13.0	14	2	180	140	11	6	6	
45	0	9	13	13	39	23	40.0	70	35.5	03	297	A07	854	1	38	1	34	100	12	15.670	34.560	17.0	18.5	16.5	9	2	180	140	3.4	6	8	
46	0	9	13	16	6	23	40.0	70	30.2	03	297	A07	726	2	3	1	38	100	10	15.380	34.570	15.8	20.0	18.0	10	2	180	140	8.5	6	7	
47	0	9	13	16	6	23	40.0	70	30.2	03	297	A07	726	2	3	1	38	100	10	15.380	34.570	15.8	20.0	18.0	10	2	180	140	8.5	6	7	
M108-ARICA	0	9	6	18	25	18	23.3	70	25.4	03	297	84	1	4	1	20	75	22	15.800	34.570	15.0	21.0	19.0	6	2	180	140	8.5	6	6		
M208/QUIQUE	0	9	2	21	20	11.0	70	10.0	03	297	80	A07	482	1	4	1	10	55	12	15.700	34.810	14.2	16.5	15.5	4							

Tabla N° 3
Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Cruceiro MOBIO - 0012 - 438(4)00CP.

N° EST	FECHA AA MM DD	HORA HH MIN GR	LAT MIN GR	LONG MIN GR	RED CÓDIGO	MALLA	PROF. ECOS. COD.	FLUJOMETRO N°FIN.	CALADO MIN SEG	VIRADO MIN SEG	ARR.	CABLE ARR.	TEMPYC 0m	SALINI. 0m	PRESIÓN ATMOSF.	TEMPAIRE SECA	HUMEDAD	SECCHI	OLAS ALT. DR.	VIENTO DIR. VEL. TIP. CAN.	NUBES TIP. CAN.					
1	0 12 9	6	0 23	40	0 70	25,7	03	297 80	545	1	17	1	3	70	11	18,010	34,680	12,5	18,5	18,0	0,2	160	180	3,0	Sc	8
2	0 12 9	7	20	23	40	0 70	30,1	03	297 140	A06	828	1	44	1	23	100	3	5	7	0,4	160	180	8,5	Sc	6	
3	0 12 9	8	40	23	40	0 70	35,0	03	297 444	A06	892	1	52	1	35	100	8	14	0,5	170	165	8,5	Sc	4		
4	0 12 8	11	11	23	40	0 70	48,4	03	297 2371	A06	822	2	1	1	54	100	17	14	1,5	170	180	5,7	-	-	-	-
5	0 12 8	15	15	23	40	0 71	8,0	03	297 5000	A06	852	1	50	1	23	100	9	16	1,5	200	180	7,6	Sc	5		
6	0 12 8	21	5	23	40	0 71	40,8	03	297 5000	A06	808	1	53	1	48	100	14	18	1,5	190	170	8,9	Sc	5		
7	0 12 10	2	31	23	40	0 72	13,0	03	297 4300	A06	785	2	12	1	54	100	16	18	1,5	180	180	7,0	Sc	5		
8	0 12 10	6	25	23	20	0 72	10,1	03	297 4000	A06	700	2	7	2	1	100	12	18	0,5	190	-	-	Sc	8		
9	0 12 10	13	48	23	40	0 72	5,3	03	297 4100	A06	763	1	54	1	44	100	8	19	0,4	220	180	3,8	Sc	8		
10	0 12 10	17	15	22	20	0 72	2,5	03	297 4200	A06	895	2	5	1	49	100	10	21	1,0	220	180	5,0	Sc	7		
11	0 12 10	22	40	22	20	0 71	30,5	03	297 4200	A06	752	2	26	1	47	100	3	18	1,5	200	170	8,4	Sc	7		
12	0 12 11	4	0	22	20	0 70	58,0	03	297 5000	A06	768	2	21	2	13	100	7	18	0,5	180	180	3,4	Sc	6		
13	0 12 11	7	35	22	20	0 70	38,8	03	297 1281	A06	730	2	4	1	35	100	16	17	0,5	180	170	2,8	Sc	8		
14	0 12 11	9	50	22	20	0 70	26,2	03	297 811	A06	763	1	59	1	29	100	18	13	0,5	180	170	3,4	Sc	6		
15	0 12 11	8	50	22	20	0 70	20,3	03	297 391	A06	730	1	53	1	31	100	11	13	0,5	200	170	4,4	Sc	5		
16	0 12 11	11	30	22	20	0 70	16,0	03	297 112	A06	882	1	54	1	49	100	10	6	0,5	200	180	3,2	Sc	5		
17	0 12 11	12	45	22	20	0 70	15,0	03	297 107	A06	755	2	38	1	47	100	7	5	1,3	180	-	-	Sc	4		
18	0 12 11	15	42	22	0 70	11,5	03	297 240	A06	445	2	5	1	11	65	7	15	0,2	190	-	-	Sc	4			
19	0 12 11	18	50	21	40	0 70	11,4	03	297 73	A06	685	2	5	1	30	80	3	16	0,2	190	-	-	Sc	5		
20	0 12 12	2	0	21	20	0 70	11,2	03	297 90	A06	615	2	5	1	30	80	3	16	0,2	190	-	-	Sc	5		
21	0 12 12	2	25	21	0 70	15,1	03	297 105	A06	710	2	10	2	0	95	5	15	0,2	190	-	-	Sc	5			
22	0 12 12	3	35	21	0 70	20,5	03	297 814	A06	778	2	3	1	38	100	15	18	0,2	190	-	-	Sc	6			
23	0 12 12	5	30	21	0 70	31,3	03	297 3000	A06	778	2	5	1	38	100	15	18	0,2	190	-	-	Sc	6			
24	0 12 12	8	25	21	0 70	52,4	03	297 8000	A06	688	1	47	1	44	100	9	21	0,2	190	-	-	Sc	4			
25	0 12 12	8	25	21	0 71	24,4	03	297 6000	A06	730	1	58	1	38	100	6	21	0,4	180	180	1,9	Sc	8			
26	0 12 12	14	52	21	0 71	58,2	03	297 4000	A06	688	2	10	1	38	100	5	21	0,2	190	-	-	Sc	4			
27	0 12 12	20	5	21	0 71	58,2	03	297 5200	A06	688	2	15	1	38	100	5	21	0,2	190	-	-	Sc	4			
28	0 12 13	0	58	20	47,5	71	30,0	03	297 4000	A06	658	1	56	1	38	100	5	15	0,3	190	-	-	Sc	8		
29	0 12 13	5	40	20	35,0	71	3,0	03	297 90	A06	535	2	0	1	18	80	7	20	0,3	190	-	-	Sc	8		
30	0 12 13	10	17	20	23,8	70	37,5	03	297 317	A06	648	2	4	1	28	100	12	18,5	0,4	185	185	3,2	Sc	3		
31	0 12 13	22	7	19	40	0 70	12,2	03	297 672	A06	648	2	4	1	28	100	12	18,5	0,4	185	185	3,2	Sc	3		
32	0 12 13	23	5	18	39,8	70	18,2	03	297 780	A06	733	2	12	1	38	100	25	17,0	0,4	180	-	-	Sc	3		
33	0 12 14	0	29	18	40	1 70	21,3	03	297 8000	A06	685	2	3	1	37	100	8	14,0	0,5	180	140	2,4	Sc	3		
34	0 12 14	6	37	19	40	0 70	52,2	03	297 2000	A06	685	2	3	1	37	100	5	20,5	0,5	180	125	3,2	Sc	8		
35	0 12 14	6	37	19	40	0 70	52,2	03	297 8000	A06	685	1	35	1	21	100	5	18,5	0,5	170	180	2,4	Sc	8		
36	0 12 14	11	59	19	40	0 71	25,0	03	297 5000	A06	685	1	33	1	15	100	10	22,0	0,5	170	150	5,2	Sc	7		
37	0 12 14	16	57	19	40	0 71	56,0	03	297 5000	A06	685	1	41	1	28	100	7	22,5	0,5	170	155	5,4	Sc	8		
38	0 12 14	20	14	18	21,3	71	57,9	03	297 5000	A06	715	1	41	1	28	100	5	23,0	0,5	170	145	5,7	Sc	8		
39	0 12 14	23	35	18	2,6	72	0,5	03	297 5000	A06	745	2	16	1	40	100	16	23,0	0,5	170	140	3,5	Sc	8		
40	0 12 15	2	58	18	43,7	72	2,3	03	297 6000	A06	740	2	1	1	27	100	18	22,5	0,3	180	185	9,2	Sc	8		
41	0 12 15	6	20	18	24,9	72	4,4	03	297 5000	A06	656	1	40	1	30	100	14	21,0	0,5	180	145	3,2	Sc	8		
42	0 12 15	11	54	18	25,1	71	32,7	03	297 2000	A06	685	1	38	1	37	100	9	22,5	0,5	180	150	11,0	Sc	4		
43	0 12 15	17	15	18	25,0	71	1,5	03	297 928	A06	685	1	48	1	52	100	22	21,0	0,2	165	140	3,3	Sc	3		
44	0 12 15	21	10	18	25,0	70	40,5	03	297 688	A06	735	2	4	1	42	100	8	22,5	0,2	165	145	0,7	-	-		
45	0 12 15	23	25	18	25,0	70	30,2	03	297 111	A06	480	1	19	1	7	100	7	18,410	0,2	165	150	0,6	-	-		
46	0 12 16	0	35	18	25,0	70	25,2	03	297 70	A06	480	1	19	1	7	100	7	18,410	0,2	165	150	0,6	-	-		
47	0 12 16	2	6	18	25,0	70	21,7	03	297 21	A06	240	0	24	0	20	15	9	13,0	0,2	165	150	0,6	-	-		
M12-ARICA	0 12 11	15	7	18	23,3	70	25,3	03	297 60	A06	452	1	7	0	57	55	13	17,250	0,2	165	150	0,6	-	-		
M212-QUIQUE	0 12 11	7	18	23,3	70	25,3	03	297 59	A06	430	0	59	0	43	50	10	11,2	0,3	180	180	3,5	Sc	5			
M312-WEJILLONES	0 12 8	8	50	23	1 70	22,1	03	297 68	A06	382	0	45	0	45	40	7	19,430	0,1	220	220	2,3	Sc	7			

Tabla N° 4

Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0102 - 441(1)0101CP.

N° EST	FECHA		HORA		LAT		LONG		RED CÓDIGO	MALLA	PROF. ECOS. COD.	FLUJÓMETRO N°FIN.	CALADO MIN SEG	VIRADO MIN SEG	CABLE ARR. ANG.	TEMP(°C) Om	SALIN. Om	PRESIÓN ATMOSF.		TEMP.AIRE SECA HUMEDA	SECCHI	OLAS ALT. DIR. DIR. VEL. TIP. CAN	VIENTO DIR. DIR. VEL. TIP. CAN	NUBES TIP. CAN							
	AA MM	DD MM	HH	MM	GR	MIN	GR	MIN										Om	Om												
1	'01	3	1	5	45	23	40	70	25.7	03	287	69 A07	412	1	25	2	16	65	6	18.770	34.820	9.2	18.5	18.0	1.0	22	1.0	22	6	4	
2	'01	3	1	8	48	23	40	70	30.0	03	287	145 A07	620	2	1	48	100	11	20.500	34.810	9.2	18.5	18.0	1.0	22	1.0	22	6	4		
3	'01	3	1	8	5	23	40	70	35.0	03	287	478 A07	630	1	34	1	38	100	11	18.900	34.550	8.5	18.5	18.0	5	1.0	18	17	2.0	6	4
4	'01	3	1	10	14	23	40	70	48.0	03	287	2700 A07	710	1	58	1	38	100	9	17.640	34.470	10.2	18.5	18.0	7	3.0	18	17	3.0	6	4
5	'01	3	1	13	50	23	40	71	8.2	03	287	4900 A07	740	1	58	1	57	100	11	20.880	34.580	8.0	21.5	20.0	10	4.0	17	17	3.0	6	4
6	'01	3	1	18	42	23	40	71	40.8	03	287	4900 A07	1080	1	22	1	26	100	15	23.480	34.970	8.0	21.5	20.0	18	5.0	17	17	4.0	6	8
7	'01	3	1	23	28	23	40	72	13.0	03	287	4300 A07	910	2	5	1	12	100	18	22.820	34.900	8.0	19.5	18.0	5	5.0	18	17	4.0	6	5
8	'01	3	2	2	45	23	20	72	10.0	03	287	4000 A07	725	2	17	2	4	100	9	23.300	35.150	8.0	22.5	21.0	5	5.0	18	17	4.0	6	8
9	'01	3	2	5	45	22	40	72	7.6	03	287	4200 A07	769	1	59	1	56	100	11	23.550	35.140	7.8	22.5	21.0	2	4.0	18	17	3.0	6	8
10	'01	3	2	8	45	22	40	72	5.0	03	287	4000 A07	728	1	53	1	40	100	2	24.250	35.180	8.5	22.5	21.0	8	4.0	18	17	3.0	6	8
11	'01	3	2	11	57	22	20	72	2.5	03	287	4190 A07	760	1	44	1	51	100	16	23.820	35.080	9.5	26.0	24.0	18	4.0	16	16	3.0	6	8
12	'01	3	2	16	30	22	20	71	30.3	03	287	4000 A07	708	1	51	1	48	100	7	24.580	35.120	8.8	25.5	23.0	22	3.0	18	19	1.0	1	4
13	'01	3	2	21	0	22	20	70	98.0	03	287	5000 A07	910	1	53	1	27	100	28	22.870	34.710	7.8	22.5	21.5	22	3.0	18	19	1.0	1	4
14	'01	3	3	0	21	22	20	70	36.5	03	287	1285 A07	830	2	9	1	58	100	21	18.750	34.550	8.5	21.0	20.0	20	2.0	17	20	2.0	6	6
15	'01	3	3	3	38	22	20	70	28.0	03	287	880 A07	712	1	58	2	0	100	10	18.220	34.550	8.5	21.0	20.0	20	2.0	17	16	1.0	7	1
16	'01	3	3	4	8	22	20	70	20.5	03	287	410 A07	728	2	1	2	8	100	5	18.920	34.720	9.0	20.0	19.5	1	2.0	17	16	1.0	7	1
17	'01	3	3	5	34	22	20	70	16.4	03	287	115 A07	870	2	0	1	48	100	0	17.240	34.700	9.0	19.5	19.0	1	1.0	17	18	2.0	7	1
18	'01	3	3	10	5	22	0	70	14.2	03	287	133 A07	743	1	37	1	43	100	23	18.400	34.710	10.2	20.0	19.5	1	1.0	17	18	1.0	7	3
19	'01	3	3	12	55	21	40	70	10.5	03	287	75 A07	480	1	12	1	12	70	1	18.840	34.790	10.2	23.0	21.5	1	1.0	17	18	3.0	7	3
20	'01	3	3	15	58	21	20	70	7.7	03	287	83 A07	575	1	21	1	19	75	8	19.820	34.790	8.0	24.5	22.5	3	1.0	17	18	2.0	1	3
21	'01	3	3	18	50	21	0	70	11.5	03	287	77 A07	538	1	11	1	10	70	13	18.860	34.770	8.2	29.0	28.0	3	1.0	17	18	2.0	1	3
22	'01	3	3	19	43	21	0	70	15.3	03	287	94 A07	660	1	48	1	52	85	19	20.200	34.700	9.1	22.5	21.5	2	2.0	16	15	3.0	7	4
23	'01	3	3	20	50	21	0	70	20.5	03	287	107 A07	860	1	47	1	28	100	4	20.090	34.720	10.2	21.5	20.5	2	2.0	17	17	3.0	7	5
24	'01	3	3	22	30	21	0	70	31.5	03	287	781 A07	710	2	7	1	47	100	14	21.750	34.670	11.2	22.0	21.0	2	2.0	15	14	3.0	7	5
25	'01	3	4	1	45	21	0	70	52.3	03	287	3000 A07	760	1	48	1	53	100	13	22.380	34.750	12.3	22.0	21.0	2	2.0	15	13	2.0	1	3
26	'01	3	4	6	20	21	0	71	24.5	03	287	5900 A07	745	1	43	1	28	100	9	22.830	34.730	11.3	22.0	21.0	2	2.0	15	14	2.0	1	3
27	'01	3	4	10	44	21	0	71	56.2	03	287	4300 A07	732	1	36	1	25	100	4	25.480	35.230	12.8	25.0	23.0	2	2.0	14	11	3.0	7	2
28	'01	3	4	15	0	20	47.5	71	30.0	03	287	5200 A07	740	1	40	1	45	100	14	25.620	35.140	11.0	29.5	27.0	16	2	15	15	4.0	1	2
29	'01	3	4	18	15	20	35.4	71	2.8	03	287	4000 A07	820	1	40	1	18	100	27	25.410	35.160	10.5	28.5	26.5	13	3	15	15	4.0	7	4
30	'01	3	4	23	13	20	33.0	70	36.0	03	287	1027 A07	805	2	0	1	35	100	18	23.820	34.880	12.0	23.5	22.0	4	0	16	16	1.0	7	4
31	'01	3	5	8	45	19	40	70	12.0	03	287	81 A07	495	1	34	0	57	75	19	16.770	34.880	11.0	19.0	17.0	4	0	15	14	3.0	7	4
32	'01	3	5	8	45	19	40	70	15.7	03	287	182 A07	710	1	48	1	27	100	7	16.410	34.900	11.2	18.5	18.5	4	1	16	16	2	7	5
33	'01	3	5	10	55	19	40	70	21.0	03	287	687 A07	753	1	53	1	19	100	11	19.070	34.720	12.2	20.0	19.5	7	2	19	17	3	6	5
34	'01	3	5	13	3	18	40	70	31.5	03	287	800 A07	895	1	52	1	54	100	27	22.560	34.820	11.8	23.0	21.5	11	2	19	17	4.0	6	5
35	'01	3	5	18	19	19	40	70	52.0	03	287	2888 A07	910	1	49	1	51	100	22	25.890	35.250	9.0	25.0	23.0	18	3	19	18	4.0	6	5
36	'01	3	5	20	58	19	40	71	24.5	03	287	6500 A07	820	2	15	1	48	100	15	28.050	35.240	10.0	24.5	22.0	3	17	14	4.0	6	8	
37	'01	3	5	28	18	40	71	56.0	11.0	03	287	5000 A07	840	2	21	1	48	100	20	25.770	35.190	11.0	24.0	23.0	2	2	17	13	3.0	6	3
38	'01	3	6	4	50	19	21	0	58.0	03	287	5900 A07	715	2	9	1	48	100	14	28.030	35.190	8.2	24.0	23.0	2	2	17	14	3.0	6	3
39	'01	3	6	8	4	50	19	21	1.0	03	287	8300 A07	750	2	2	1	30	100	18	25.170	35.190	9.0	25.0	24.0	2	2	17	17	4.0	6	8
40	'01	3	6	11	8	18	44	72	3.0	03	287	6300 A07	885	1	41	1	39	100	4	24.800		9.6	27.0	25.0	12	2	17	17	4.0	6	8
41	'01	3	6	14	2	18	25	0	72	4.5	03	6000 A07	890	1	50	1	43	100	9			8.5	28.5	27.5	17	2	15	13	4.0	6	5
42	'01	3	6	18	25	18	25	0	71	33.0	03	5000 A07	810	1	33	1	19	100	3			11.0	27.0	26.5	7	2	16	14	4.0	6	4
43	'01	3	7	2	34	18	25	0	71	1.8	03	928 A07	820	2	3	1	25	100	6			9.8	23.0	22.0	7	1.0	16	12	3.0	6	2
44	'01	3	7	7	18	25	0	70	40.0	03	287	687 A07	890	2	3	1	20	100	21			11.0	27.0	26.5	1	15	11	2.0	6	4	
45	'01	3	7	10	36	18	25	0	30.1	03	287	110 A07	815	1	42	1	25	100	6			11.0	27.0	26.5	1	15	11	2.0	6	4	
46	'01	3	7	10	36	18	25	0	25.0	03	287	76 A07	660	1	13	1	40	100	24			11.0	22.5	20.5	7	0	11	2.0	6	8	
47	'01	3	7	12	14	18	25	0	71.8	03	287	21 A07	112	0	19	0	19	15	19			11.0	27.0	25.0	3	0	11	2.0	6	8	
48	'01	3	7	17	17	18	23	0	70	21.8	03	287	61 A07	365	1	4	0	47	55	19			11.0	23.5	22.0	2	0	11	2.0	6	8
M103-ARICA	'01	3	5	3	3	20	11	0	10.3	03	297	75 A07	485	1	35	1	20	70	8			11.0	18.5	18.5	1	15	1.0	15	3	6	8
M203-CHIQUE	'01	3	5	3	3	20	11	0	10.3																						

Tabla N° 5 Categorías por densidad

Categoría	Intervalo	Calificación de Densidad (t/mn ²)
I	1 - 75	Muy baja
II	76 - 150	Baja
III	151 - 300	Densa
IV	301 - >	Muy densa

Tabla N° 6

DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMERICA DE HUEVOS DE PECES CRUCEROS TRIMESTRALES MOBIO 2000/2001.

ESPECIE	CRUCERO	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE HUEVOS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES		DENSIDAD ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA FRECUENCIA		DOMINANCIA NUMERICA
				TOTALES	%		%	%	
Sardinops sagax	OTOÑO	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
	INVIERNO	3	593	13	198	198	6.4	0.9	0.9
	PRIMAVERA	1	11347	241	11347	11347	2.1	2.3	2.3
	VERANO	1	40	1	40	40	2.1	0.0	0.0
	TOTAL	5	11980	60	2396	2396	2.5	1.8	1.8
Engraulis ringens	OTOÑO	3	935	16	312	312	5.1	3.5	3.5
	INVIERNO	20	51285	1091	2564	2564	42.6	79.2	79.2
	PRIMAVERA	12	397102	8449	33092	33092	25.5	81.8	81.8
	VERANO	13	81894	1742	6300	6300	27.7	88.9	88.9
	TOTAL	48	531216	2656	11067	11067	24.0	79.4	79.4
Trachurus murphyi	OTOÑO	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
	INVIERNO	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
	PRIMAVERA	4	4192	89	1048	1048	8.5	0.9	0.9
	VERANO	3	153	3	51	51	6.4	0.2	0.2
	TOTAL	7	4345	22	621	621	3.5	0.6	0.6
Scomber japonicus	OTOÑO	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
	INVIERNO	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
	PRIMAVERA	1	581	12	581	581	2.1	0.1	0.1
	VERANO	4	499	11	125	125	8.5	0.5	0.5
	TOTAL	5	1080	5	216	216	2.5	0.2	0.2
Otras especies	OTOÑO	35	25635	434	732	732	59.3	96.5	96.5
	INVIERNO	29	12852	273	443	443	61.7	19.9	19.9
	PRIMAVERA	27	72048	1533	2668	2668	57.4	14.8	14.8
	VERANO	28	9487	202	339	339	59.6	10.3	10.3
	TOTAL	119	120022	600	1009	1009	59.5	18.0	18.0
Total Huevos	OTOÑO	36	26570	450	738	738	61.0	100.0	100.0
	INVIERNO	37	64730	1377	1749	1749	78.7	100.0	100.0
	PRIMAVERA	37	485270	10325	13115	13115	78.7	100.0	100.0
	VERANO	37	92074	1959	2488	2488	78.7	100.0	100.0
	TOTAL	147	688644	3343	4549	4549	73.5	100.0	100.0

Tabla N° 7

DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANANCIA NUMERICA DE LARVAS DE PECES CRUCEROS TRIMESTRALES MOBIO 2000/2001.

ESPECIE	CRUCERO	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE LARVAS	DENSIDAD		CONSTANCIA		DOMINANANCIA	
				PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	FRECUENCIA %	NUMERICA %		
Sardinops sagax	OTOÑO	1	1431	24	1431	1.7	3.8		
	INVIERNO	1	116	2	116	2.1	0.2		
	PRIMAVERA	1	62	1	62	2.1	0.2		
	VERANO	2	2786	59	1393	4.3	4.2		
	TOTAL	5	4395	22	879	2.5	2.1		
Engraulis ringens	OTOÑO	21	14474	245	689	35.6	38.0		
	INVIERNO	39	58261	1240	1494	83.0	77.1		
	PRIMAVERA	22	15909	338	723	46.8	61.0		
	VERANO	22	32779	697	1490	46.8	49.6		
	TOTAL	104	121423	607	1168	52.0	59.0		
Trachurus murphyi	OTOÑO	0	0	0	0	0.0	0.0		
	INVIERNO	0	0	0	0	0.0	0.0		
	PRIMAVERA	2	225	5	113	4.3	0.9		
	VERANO	1	40	1	40	2.1	0.1		
	TOTAL	3	265	1	88	1.5	0.1		
Scomber japonicus	OTOÑO	0	0	0	0	0.0	0.0		
	INVIERNO	0	0	0	0	0.0	0.0		
	PRIMAVERA	1	32	1	32	2.1	0.1		
	VERANO	2	64	1	32	4.3	0.1		
	TOTAL	3	96	0.5	32	1.5	0.0		
Otras especies	OTOÑO	55	22164	376	403	93.2	58.2		
	INVIERNO	44	17153	365	390	93.6	22.7		
	PRIMAVERA	38	9894	211	260	80.9	37.9		
	VERANO	38	30389	647	800	80.9	46.0		
	TOTAL	175	79600	398	455	87.5	38.7		
Total Larvas	OTOÑO	58	38069	645	656	98.3	100.0		
	INVIERNO	47	75530	1607	1607	100.0	100.0		
	PRIMAVERA	45	26087	555	580	96.7	100.0		
	VERANO	47	66059	1406	1406	100.0	100.0		
	TOTAL	197	205745	1029	1044	98.5	100.0		

Tabla N° 8 Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Engraulis ringens*, Cruceros Trimestrales MOBIO 2000/2001.

HUEVOS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones			Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
					Totales	Positivas	Positivas		
MOBIO 0005	OTOÑO	431(2)00CP	3	935	16	312	5.1	3.5	
MOBIO 0009	INVIERNO	436(3)00CP	20	51285	1091	2564	42.6	79.2	
MOBIO 0012	PRIMAVERA	438(4)00CP	12	397102	8449	33092	25.5	81.8	
MOBIO 0102	VERANO	441(1)01CP	13	81894	1742	6300	27.7	88.9	
TOTAL			48	631216	2656	11067	24.0	79.4	

LARVAS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de larvas	Densidad promedio por estaciones			Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
					Totales	Positivas	Positivas		
MOBIO 0005	OTOÑO	431(2)00CP	21	14474	245	689	35.6	38.0	
MOBIO 0009	INVIERNO	436(3)00CP	39	58261	1240	1494	83.0	77.1	
MOBIO 0012	PRIMAVERA	438(4)00CP	22	15909	338	723	46.8	61.0	
MOBIO 0102	VERANO	441(1)01CP	22	32779	697	1490	46.8	49.6	
TOTAL			104	121423	607	1168	52.0	59.0	

Tabla N° 9 Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de Sardinops sagax, Cruceros Trimestrales MOBIO 2000/2001.

HUEVOS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones			Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
					Totales	Positivas			
MOBIO 0005	OTOÑO	431(2)00CP	0	0	0	0	0.0	0.0	
MOBIO 0009	INVIERNO	436(3)00CP	3	693	13	198	6.4	0.9	
MOBIO 0012	PRIMAVERA	438(4)00CP	1	11347	241	11347	2.1	2.3	
MOBIO 0102	VERANO	441(1)01CP	1	40	1	40	2.1	0.0	
TOTAL			5	11980	60	2396	2.5	1.8	

LARVAS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de larvas	Densidad promedio por estaciones			Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
					Totales	Positivas			
MOBIO 0005	OTOÑO	431(2)00CP	1	1431	24	1431	1.7	3.8	
MOBIO 0009	INVIERNO	436(3)00CP	1	116	2	116	2.1	0.2	
MOBIO 0012	PRIMAVERA	438(4)00CP	1	62	1	62	2.1	0.2	
MOBIO 0102	VERANO	441(1)01CP	2	2786	59	1393	4.3	4.2	
TOTAL			5	4395	22	879	2.5	2.1	

Tabla N° 10 Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Trachurus symmetricus murphyi*, Cruceros Trimestrales MOBIO 2000/2001.

HUEVOS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
					Totales	Positivas		
MOBIO 0005	OTOÑO	431(2)00CP	0	0	0	0	0.0	0.0
MOBIO 0009	INVIERNO	436(3)00CP	0	0	0	0	0.0	0.0
MOBIO 0012	PRIMAVERA	438(4)00CP	4	4192	89	1048	8.5	0.9
MOBIO 0102	VERANO	441(1)01CP	3	153	3	51	6.4	0.2
TOTAL			7	4345	22	621	3.5	0.6

LARVAS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de larvas	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
					Totales	Positivas		
MOBIO 0005	OTOÑO	431(2)00CP	0	0	0	0	0.0	0.0
MOBIO 0009	INVIERNO	436(3)00CP	0	0	0	0	0.0	0.0
MOBIO 0012	PRIMAVERA	438(4)00CP	2	225	5	113	4.3	0.9
MOBIO 0102	VERANO	441(1)01CP	1	40	1	40	2.1	0.1
TOTAL			3	265	1	88	1.5	0.1

Tabla N° 11 Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Scomber japonicus*, Cruceros Trimestrales MOBIO 2000/2001.
HUEVOS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
					Totales	Positivas		
MOBIO 0005	OTOÑO	431(2)00CP	0	0	0	0	0.0	0.0
MOBIO 0009	INVIERNO	436(3)00CP	0	0	0	0	0.0	0.0
MOBIO 0012	PRIMAVERA	438(4)00CP	1	581	12	581	2.1	0.1
MOBIO 0102	VERANO	441(1)01CP	4	499	11	125	8.5	0.5
TOTAL			5	1080	5	216	2.5	0.2

LARVAS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de larvas	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
					Totales	Positivas		
MOBIO 0005	OTOÑO	431(2)00CP	0	0	0	0	0.0	0.0
MOBIO 0009	INVIERNO	436(3)00CP	0	0	0	0	0.0	0.0
MOBIO 0012	PRIMAVERA	438(4)00CP	1	32	1	32	2.1	0.1
MOBIO 0102	VERANO	441(1)01CP	2	64	1	32	4.3	0.1
TOTAL			3	96	0	32	1.5	0.0

Tabla N° 12 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° 13 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° 14 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en invierno de 1984 - 2000.

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
84	1.61E+11	2.15E+21	0.0797	7.00E+10	2.52E+11
85	2.16E+13	6.29E+25	0.1265	6.05E+12	3.72E+13
86	6.40E+12	1.36E+24	0.0327	4.11E+12	8.68E+12
87	1.68E+12	2.11E+23	0.0721	7.80E+11	2.58E+12
88	4.19E+12	5.96E+23	0.0334	2.77E+12	5.61E+12
89	8.86E+12	8.33E+24	0.1009	3.54E+12	1.42E+13
90	3.15E+12	1.21E+24	0.1151	1.00E+12	5.30E+12
91	8.16E+11	3.67E+22	0.0537	4.40E+11	1.19E+12
92	3.29E+12	3.19E+23	0.0290	2.18E+12	4.40E+12
93	8.08E+12	7.04E+23	0.0107	6.44E+12	9.73E+12
94	1.84E+13	1.07E+25	0.0311	1.20E+13	2.48E+13
95	5.09E+12	8.32E+23	0.0316	3.31E+12	6.88E+12
96	5.42E+12	7.03E+24	0.2146	2.21E+11	1.06E+13
97	6.84E+12	4.37E+24	0.0893	2.74E+12	1.09E+12
98	1.20E+12	4.47E+23	0.2703	-1.11E+11	2.51E+12
99	3.62E+12	2.40E+24	0.1682	5.84E+11	6.65E+12
00	4.18E+12	8.47E+23	0.0473	2.37E+12	5.98E+12

Tabla N° 15 Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en invierno de 1983 - 2000.

Año	Índice Larval (L)	Varianza de (L) (VarL)	Varianza logaritmo (L) (VarlogL)	Límite inferior (LI)	Límite superior (LS)
83	1.74E+12	3.92E+23	0.1218	5.13E+11	2.97E+12
84	6.08E+11	2.77E+11	0.0000	2.81E+11	9.34E+11
85	2.43E+11	7.71E+21	0.1227	7.05E+10	4.15E+11
86	8.40E+11	5.56E+22	0.0758	3.77E+11	1.30E+12
87	6.38E+11	1.41E+23	0.2974	-9.76E+10	1.37E+12
88	5.22E+11	2.19E+22	0.0773	2.32E+11	8.12E+11
89	3.03E+11	9.61E+21	0.0996	1.11E+11	4.95E+11
90	2.34E+11	5.46E+21	0.0951	8.97E+10	3.79E+11
91	4.60E+10	8.73E+20	0.3454	-1.17E+10	1.04E+11
92	1.70E+11	1.34E+21	0.0453	9.82E+10	2.41E+11
93	1.07E+11	2.08E+21	0.1669	1.76E+10	1.96E+11
94	1.24E+11	2.08E+21	0.1269	3.43E+10	2.13E+11
95	4.90E+10	1.96E+20	0.0785	2.15E+10	7.64E+10
96	2.00E+10	1.93E+20	0.3937	-7.29E+09	4.72E+10
97	3.30E+10	5.83E+20	0.4288	-1.40E+10	8.06E+10
98	2.90E+10	4.17E+20	0.4027	-1.09E+10	6.91E+10
99	1.58E+11	1.47E+22	0.4630	-7.91E+10	3.96E+11
00	5.10E+10	1.72E+21	0.5076	-3.06E+10	1.32E+11

Tabla N° 16 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en primavera de 1985 - 2000.

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

Tabla N° 17 Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en primavera de 1983 - 2000.

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

Tabla N° 18 Estimación del índice de abundancia larval para anchoveta, Zona Antofagasta - Arica en verano de 1987 - 2001.

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

Tabla N° 19 Estimación del índice de abundancia larval para sardina, Zona Antofagasta - Arica en verano de 1987 - 2001.

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

Tabla 20. Resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema de Ecointegración EK-500 del B/I "Carlos Porter".

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

Tabla 21. Índices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) por crucero y especie.

Crucero	Anchoveta		Sardina		Jurel		Caballa	
	IC (%)	ID(t/mn ²)	IC (%)	ID(t/mn ²)	IC (%)	ID(t/mn ²)	IC (%)	ID(t/mn ²)
MONOR 9609	13,3	105,7	2,3	150,1	4,4	15,6		
MONOR 9612	13,7	146,1	0,6	88,0	6,4	12,6	0,4	14,6
MONOR 9703	13,7	110,4			12,1	26,1	4,6	14,8
MONOR 9705	11,0	175,2	1,6	121,0	2,5	52,1	1,3	38,4
MONOR 9708	18,1	82,6	6,9	63,4	19,7	22,3	3,8	12,5
MONOR 9712	8,4	168,1			6,9	110,7	0,3	85,4
MOBIO 9803	24,2	46,8	0,4	11,4	13,0	8,9	10,7	23,1
MOBIO9805 I	47,3	191,2	0,5	28,2	1,6	9,1	1,2	24,9
MOBIO9805II	15,9	128,0	0,2	16,5	25,3	17,3	4,4	11,4
MOBIO 9808	7,5	54,2			1,2	18,7	0,2	0,4
MOBIO9812	30,8	106,3						
MOBIO 9905	1,8	966,9	0,1	384				
MOBIO9909	4,3	743,3			0,9	683,4		
MOBIO9912	5,5	3800,9			0,8	254,3		
MOBIO0002	8,4	1788,6	0,3	2.257,7	4,5	516,7		
MOBIO0005	3,3	415,8	0,3	2.596,8	8,6	213,4	0,3	330,2
MOBIO0009	7,2	262,1			3,0	112,3	0,8	52,5
MOBIO0012	6,7	66,7	0,6	271,3	5,0	167,0	0,1	90,5
MOBIO 0102	5,5	198,4			3,1	80,2	0,1	22,5

Tabla N° 22 Frecuencia de ocurrencia y dominancia de los grupos zooplanctónicos. Cruceros estacionales 2000-2001

Grupos Taxonómicos	MOBIO Otoño 2000				MOBIO Invierno 2000				MOBIO Primavera 2000				MOBIO Verano 2001			
	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)
ARTROPODOS (Crustráceos)																
Copepodos	59	25526164	100.00	90.22	47	10722239	100.00	92.43	47	19442576	100.00	96.50	47	35568971	100.00	90.05
Eufáusidos	48	173327	81.36	0.61	47	204714	100.00	1.76	47	127525	100.00	0.63	39	128136	82.98	0.32
Cestrácos	59	228466	100.00	0.81	47	232748	100.00	2.01	47	261655	100.00	1.30	38	121776	80.85	0.31
Cladóceros	3	1361	5.08	0.00									21	323684	44.68	0.82
Lar. Decápodos	57	134458	96.61	0.48	47	44653	100.00	0.38	47	10236	100.00	0.05	27	73839	57.45	0.19
Anfípodos	40	66415	67.80	0.23	45	11615	95.74	0.10	45	7266	95.74	0.04	26	84694	55.32	0.21
Estomatópodos	25	7059	42.37	0.02	33	2796	70.21	0.02	33	1052	70.21	0.01	27	77714	57.45	0.20
CELENTEROS																
Medusas	56	61410	94.92	0.22	44	8769	93.62	0.08	44	5609	93.62	0.03	36	124410	76.60	0.31
Sifonóforos	12	78824	20.34	0.28	39	4856	82.98	0.04	39	4190	82.98	0.02	42	254238	89.36	0.64
QUETOGNATOS																
	58	971350	98.31	3.43	47	108648	100.00	0.94	47	53639	100.00	0.27	42	1156523	89.36	2.93
ANELIDOS																
Poliquetos	58	267369	98.31	0.94	47	38554	100.00	0.33	47	37915	100.00	0.19	45	465916	95.74	1.18
MOLUSCOS																
Pterópodos	56	75179	94.92	0.27	47	16631	100.00	0.14	47	10559	100.00	0.05	43	171645	91.49	0.43
CORDADOS																
Salpae	54	71014	91.53	0.25	44	17018	93.62	0.15	44	17189	93.62	0.09	31	78777	65.96	0.20
Doliólidos	52	36937	88.14	0.13	40	53593	85.11	0.46	40	21302	85.11	0.11	23	33634	48.94	0.09
Apendicularias	58	417321	98.31	1.47	47	80468	100.00	0.69	47	35968	100.00	0.18	47	428037	100.00	1.08
Radiolarios	35	26428	59.32	0.09	37	39487	76.72	0.34	37	87474	76.72	0.43	7	4973	14.89	0.01
Larvas cifonaua	46	151340	77.97	0.53	47	13129	100.00	0.11	47	24100	100.00	0.12	37	393281	78.72	1.00
N° Total Estaciones	47															
N° Total Individuos	59 28294422				47 11599918				47 20148155				47 39499735			

Abundancia zooplanctónica de los grupos analizados en los cruceros estacionales MOBIO 2000/2001.

Grupos Taxonómicos	MOBIO Ochoño 2000						MOBIO Invierno 2000						MOBIO Primavera 2000						MOBIO Verano 2001						
	N° Total Individuos	N° Est Positivas	Mínimo	Máximo	Promedio	DS	N° Total Individuos	N° Est Positivas	Mínimo	Máximo	Promedio	DS	N° Total Individuos	N° Est Positivas	Mínimo	Máximo	Promedio	DS	N° Total Individuos	N° Est Positivas	Mínimo	Máximo	Promedio	DS	
ARTROPODOS																									
(Crustáneos)																									
Copepodos	25523164	59	11208	1598088	432847	368102.2	10722238	47	15777	888814	228133	124308.6	19442576	47	68781	1259813	413672	326688.3	35568871	47	87242	2819680	758787	805182.1	
Eufusídeos	173327	48	272	17573	3811	4166.7	204714	47	617	20879	4356	4252.7	127525	36	481	31039	3542	5405.1	128136	39	492	27974	3286	4725.5	
Ostráceos	228488	59	778	11823	3872	2165.7	232748	47	1303	11908	4852	2290.1	281655	44	1851	24619	5947	3863.9	121776	38	458	8126	3205	1922.2	
Chedáceos	1361	3	268	574	454	184.7	44853	47	150	6011	850	1143.0	10236	41	32	3268	250	508.7	323684	27	675	157287	15414	34349.6	
Lar. Desápodos	134458	57	32	20026	2359	3888.8	44853	47	150	6011	850	1143.0	10236	41	32	3268	250	508.7	73839	27	464	21485	2735	4288.4	
Amfibios	86415	40	8	38412	1860	5840.4	11815	45	33	2872	269	438.2	7266	30	31	2860	242	545.3	84684	26	384	21025	3257	5084.9	
Estomatópodos	7058	25	32	1013	282	270.7	2796	33	26	688	85	114.9	1052	17	29	387	82	80.9	77714	27	500	11802	2878	3339.9	
CELENTEREOS																									
Medusas	81410	56	34	5840	1097	1245.4	8769	44	33	2338	188	342.3	5609	40	34	485	140	94.8	124410	36	384	52483	3458	8572.3	
Sifonóforos	78824	12	8	17341	6589	5681.2	4858	39	30	1670	125	258.2	4190	42	29	336	100	73.5	254236	42	628	17816	6053	4353.5	
Ctenóforos																			9491	11	458	2504	883	584.6	
QUETOGNATOS	871350	58	858	90143	16747	14973.9	108848	47	313	13893	2312	2008.8	53539	45	34	5548	1180	1160.2	1166523	42	500	77856	27536	21139.0	
ANELIDOS																									
Poliquetos	287388	58	32	23849	4610	5353.1	38554	47	72	18175	820	2318.7	37915	47	34	14705	807	2203.7	465918	45	484	74094	10354	15286.6	
MOLLUSCOS																									
Pterópodos	75178	58	24	8884	1342	1475.8	16831	47	65	2872	354	381.8	10559	46	33	3288	230	472.2	171845	43	668	13387	3892	3347.5	
CORDADOS																									
Salpas	71014	54	64	8123	1315	1684.4	17018	44	37	3874	387	548.8	17188	41	35	5821	419	1080.8	78777	31	484	11451	2541	2713.1	
Doliólidos	38837	52	24	2820	710	882.6	53853	40	73	8852	1340	1804.7	21302	37	36	3186	576	744.4	33634	23	458	5166	1462	1256.3	
Apudiciarias	417321	58	352	38429	7195	8767.5	80488	47	52	7881	1712	1488.1	35868	47	87	4902	785	851.9	428037	47	553	48389	9107	9381.0	
Radiales	26428	35	40	3736	755	771.5	39487	37	208	2218	1087	534.1	87474	35	481	8688	2499	1735.0	4873	7	459	1235	710	328.0	
L. cifonáidas	151340	48	64	28807	3280	5407.9	13128	47	37	3008	278	422.8	24100	45	32	5886	538	988.0	383281	37	462	60944	10629	14286.4	
Total							2829422				11589818		20148155						38489735						

Tabla 24. Número de estaciones positivas, porcentaje de frecuencia y clasificación de los grupos zooplanctónicos en Arica, Iquique y Mejillones.

Grupos	Arica Costeras			Iquique Costeras			Mejillones Costeras		
	Nº Est	Constancia %	Clasificación	Nº Est	Constancia %	Clasificación	Nº Est	Constancia %	Clasificación
Copépodos	14	100,00	DOMINANTES	14	100,00	DOMINANTES	13	92,9	DOMINANTES
Eufáusidos	10	71,4	DOMINANTES	13	92,9	DOMINANTES	11	78,6	DOMINANTES
Ostrácodos	13	92,9	DOMINANTES	13	92,9	DOMINANTES	12	85,7	DOMINANTES
Lar. Decápodos	13	92,9	DOMINANTES	10	71,4	DOMINANTES	13	92,9	DOMINANTES
Artrópodos	6	42,9	ACCESORIOS	7	50,0	ACCESORIOS	4	28,6	ACCESORIOS
Estomatópodos	7	50,0	ACCESORIOS	8	57,1	DOMINANTES	6	42,9	ACCESORIOS
Medusas	11	78,6	DOMINANTES	12	85,7	DOMINANTES	12	85,7	DOMINANTES
Sifonóforos	13	92,9	DOMINANTES	10	71,4	DOMINANTES	11	78,6	DOMINANTES
Ctenóforos	1	7,1	ACCIDENTALES						
Quetognatos	14	100,00	DOMINANTES	12	85,7	DOMINANTES	14	100,00	DOMINANTES
Poliquetos	14	100,00	DOMINANTES	13	92,9	DOMINANTES	13	92,9	DOMINANTES
Pterópodos	12	85,7	DOMINANTES	10	71,4	DOMINANTES	12	85,7	DOMINANTES
Salpas	10	71,4	DOMINANTES	10	71,4	DOMINANTES	10	71,4	DOMINANTES
Doliólidos	3	21,4	ACCIDENTALES	3	21,4	ACCIDENTALES	3	21,4	ACCIDENTALES
Apendicularias	14	100,00	DOMINANTES	14	100,00	DOMINANTES	14	100,00	DOMINANTES
Radiolarios	3	21,4	ACCIDENTALES	4	28,6	ACCESORIOS	1	7,1	ACCIDENTALES
L. Cifonautas	12	85,7	DOMINANTES	10	71,4	DOMINANTES	11	78,6	DOMINANTES
Total Est.	14			14			14		

Tabla 25. Número total de individuos, porcentaje de dominancia y clasificación de los grupos zooplanctónicos en Arica, Iquique y Mejillones.

Grupos	Arica Costeras			Iquique Costeras			Mejillones Costeras		
	N° Total	Dominancia %	Clasificación	N° Total	Dominancia %	Clasificación	N° Total	Dominancia %	Clasificación
Copépodos	8763310	93,4	DOMINANTES	9497533	89,23	DOMINANTES	19757901	95,52	DOMINANTES
Eufáusidos	9788	0,10	ACCIDENTALES	52437	0,49	ACCIDENTALES	45565	0,22	ACCIDENTALES
Ostrácodos	51258	0,55	ACCIDENTALES	87219	0,82	ACCIDENTALES	52005	0,25	ACCIDENTALES
Lar. Decápodos	85764	0,91	ACCIDENTALES	82076	0,77	ACCIDENTALES	81749	0,40	ACCIDENTALES
Anfípodos	12590	0,13	ACCIDENTALES	4294	0,04	ACCIDENTALES	8091	0,04	ACCIDENTALES
Estomatópodos	9865	0,11	ACCIDENTALES	7911	0,07	ACCIDENTALES	13486	0,07	ACCIDENTALES
Medusas	19849	0,21	ACCIDENTALES	28891	0,27	ACCIDENTALES	19616	0,09	ACCIDENTALES
Sifonóforos	30090	0,32	ACCIDENTALES	37254	0,35	ACCIDENTALES	18996	0,09	ACCIDENTALES
Ctenóforos	2252	0,02	ACCIDENTALES						
Quetognatos	69146	0,74	ACCIDENTALES	171694	1,61	ACCIDENTALES	78871	0,38	ACCIDENTALES
Poliquetos	65741	0,70	ACCIDENTALES	208033	1,95	ACCIDENTALES	151942	0,73	ACCIDENTALES
Pterópodos	26008	0,28	ACCIDENTALES	39879	0,37	ACCIDENTALES	58751	0,28	ACCIDENTALES
Salpas	26923	0,29	ACCIDENTALES	38043	0,36	ACCIDENTALES	24325	0,12	ACCIDENTALES
Doliólidos	7342	0,08	ACCIDENTALES	5944	0,06	ACCIDENTALES	6946	0,03	ACCIDENTALES
Apendicularias	141796	1,51	ACCIDENTALES	279564	2,63	ACCESORIOS	177914	0,86	ACCIDENTALES
Radiolarios	7981	0,09	ACCIDENTALES	12814	0,12	ACCIDENTALES	2067	0,01	ACCIDENTALES
L. Cifonautas	52675	0,56	ACCIDENTALES	90858	0,85	ACCIDENTALES	185587	0,90	ACCIDENTALES
Total Ind.	9362377			10644446			20663812		

Tabla 26. Abundancia relativa estandarizada de los grupos zooplancónicos analizados entre abril de 2000 y mayo de 2001.

Estación	Copépodos	Eufáusidos	Ostrácodeos	L. Decápodos	Antípodos	Estomatópod.	Medusas	Sifonóforos	Ctenóforos	Quetognatos	Poliquetos	Pterópodos	Salpas	Dolíolidos	Apendicularias	Radioarios	L. cifonautas	Total mes
Abr-00	1525622	0	1126	0	1126	0	2252	0	2252	4504	1126	1126	0	0	12385	0	11259	1562777
May-00	1189046	972	1458	7289	0	2430	0	4859	0	6803	3887	486	0	0	26240	0	6317	1249786
Jun-00	892994	1636	12266	10236	0	3271	0	6542	0	8178	5724	0	0	0	35164	0	2453	988863
Jul-00	772613	1228	2866	10236	0	1638	1638	4094	0	6960	4504	819	2047	0	19653	0	2047	830344
Ago-00	356114	512	1741	4609	0	410	1229	1434	0	3175	1946	615	1536	0	5940	0	922	380183
Sep-00	325886	410	2050	4099	0	0	1640	820	0	2869	1640	820	2050	0	2050	0	820	345163
Oct-00	319320	1703	4258	6812	0	0	3406	5109	0	2555	3406	2555	6812	3406	5109	2555	22140	389145
Nov-00	250999	875	6122	4373	1749	0	1749	875	0	5247	2624	3498	1749	1749	3498	0	2624	287730
Dic-00	321518	437	2625	23622	0	437	1312	437	0	2187	4812	3500	1312	2187	875	0	2187	368198
Ene-01	218468	0	1343	1343	448	0	1791	448	0	2686	4029	895	895	0	1343	0	895	234584
Feb-01	668442	0	19345	3414	2276	0	3414	0	0	9103	20483	5690	3414	0	5690	4552	0	765820
Mar-01	109594	685	1370	1827	913	0	457	228	0	913	1142	685	457	0	1142	0	457	119868
Abr-01	396110	0	0	554	554	0	554	1662	0	3324	1108	0	0	0	7202	0	554	412178
May-01	1396584	1330	5320	6650	6650	0	2660	1330	0	10641	9311	5320	6650	0	14631	0	0	1468748
Iquique																		
Abr-00	412224	723	723	1446	0	2170	723	0	0	10125	0	0	0	0	47731	0	723	476589
May-00	1535568	4887	11867	873	131	5017	698	2792	0	698	27923	2094	0	0	698	0	1396	1697643
Jun-00	1095300	6303	0	44	44	219	0	4902	0	0	700	700	0	700	21010	0	0	1129823
Jul-00	357017	2574	368	0	0	0	368	0	0	7354	368	0	0	0	1103	0	2941	372092
Ago-00	505051	7387	1555	1118	826	194	1166	778	0	12830	389	0	1555	0	3888	0	3110	539848
Sep-00	268908	9838	2460	1435	51	51	2460	820	0	10658	0	0	3279	0	5739	0	0	305698
Oct-00	320878	4096	6827	299	43	43	3414	2048	0	7340	3414	1365	4096	3414	15703	2731	32088	403199
Nov-00	302755	1835	8257	76402	975	57	2752	1835	0	7340	19266	4587	2752	0	10092	0	24771	482678
Dic-00	484886	0	8234	400	0	0	1830	915	0	3660	24702	4574	3660	1830	2745	2745	7319	547499
Ene-01	594868	2810	5621	527	2225	0	2810	0	0	3747	10305	2810	937	0	1874	0	2810	631345
Feb-01	758707	852	10230	533	0	160	1705	0	0	1705	72461	13640	2557	0	2557	3410	0	868517
Mar-01	117500	1880	4700	0	0	0	3760	16920	0	10340	7520	2820	6580	0	5640	0	0	177680
Abr-01	442427	3358	840	0	0	0	1679	5877	0	77236	3358	840	0	0	7556	0	5877	552404
May-01	2298442	5893	25538	0	0	0	5893	0	33396	27503	3929	11787	0	153229	3929	9822	0	2678362
Mejillones																		
Abr-00	302426	659	659	3294	0	0	659	0	0	7248	659	1318	0	0	15154	0	3953	336029
May-00	12899451	19596	0	5599	0	2799	0	2799	0	2799	5599	16796	0	2799	44790	0	30793	13033820
Jun-00	231602	2202	1101	5873	0	0	0	0	0	3670	0	0	367	0	6974	0	1835	253625
Jul-00	447611	1831	0	0	0	4577	915	2746	0	10984	915	0	0	0	915	0	915	471410
Ago-00	0	7574	2272	11362	0	757	1515	757	0	12876	2272	1515	2272	0	19693	0	12876	76744
Sep-00	85598	2350	5035	2014	671	336	1343	671	0	4700	12084	1007	671	0	2014	0	0	118495
Oct-00	526114	0	3263	2447	0	0	1631	1631	0	6525	2447	1631	2447	0	13867	0	22839	584843
Nov-00	436800	1040	10400	4160	1040	1040	4160	2080	0	7280	18720	9360	4160	2080	8320	0	22880	533520
Dic-00	1387910	0	5167	21702	0	0	17568	2067	0	3100	13435	3100	2067	4134	2067	0	32037	1487455
Ene-01	296744	848	6783	3391	0	0	1696	0	0	2544	4239	1696	848	0	13585	0	17805	350158
Feb-01	49091	677	1693	677	0	0	677	339	0	2031	68389	1016	677	0	1354	0	0	126621
Mar-01	287813	834	3337	2920	0	0	1251	834	0	2503	12096	2503	834	0	3337	0	0	318263
Abr-01	1171217	0	1359	3397	3397	0	679	4076	0	679	6114	1359	0	0	2038	0	8832	1203147
May-01	1635525	7954	10937	14914	2983	3977	1988	994	0	11931	4971	2983	8948	0	41758	0	30821	1780684

Tabla 27. Porcentaje de la abundancia relativa de los grupos zooplanctónicos analizados durante los muestreos mensuales.

Estación	Copepodos	Eufáusidos	Ostráceos	L. Decápodos	Antípodos	Estomatópodos	Medusas	Sifonóforos	Ctenóforos	Quetognatos	Poliquetos	Pterópodos	Salpas	Dolibóidos	Apendicularias	Radiolarios	L. cónaulas
Abr-00	97.62	0.00	0.07	0.00	0.00	0.07	0.00	0.14	0.14	0.28	0.07	0.00	0.00	0.00	0.79	0.00	0.72
May-00	95.14	0.08	0.12	0.58	0.00	0.19	0.00	0.39	0.00	0.54	0.31	0.04	0.00	0.00	2.10	0.00	0.51
Jun-00	92.07	0.17	0.17	1.26	0.00	0.34	0.00	0.67	0.00	0.84	0.59	0.00	0.00	0.00	3.63	0.00	0.25
Jul-00	93.05	0.15	0.35	1.23	0.00	0.20	0.20	0.49	0.00	0.84	0.54	0.10	0.25	0.00	2.37	0.00	0.25
Ago-00	93.67	0.13	0.46	1.21	0.00	0.11	0.32	0.38	0.00	0.84	0.51	0.16	0.40	0.00	1.56	0.00	0.24
Sep-00	94.42	0.12	0.59	1.19	0.00	0.00	0.48	0.24	0.00	0.83	0.48	0.24	0.59	0.00	0.59	0.00	0.24
Oct-00	82.06	0.44	1.09	1.75	0.00	0.00	0.88	1.31	0.00	0.66	0.88	0.66	1.75	0.88	1.31	0.66	5.69
Nov-00	87.23	0.30	2.13	1.52	0.61	0.00	0.61	0.30	0.00	1.82	0.91	1.22	0.61	0.61	1.22	0.00	0.91
Dic-00	87.09	0.12	0.71	6.40	0.00	0.12	0.36	0.12	0.00	0.59	1.30	0.95	0.36	0.59	0.47	0.24	0.59
Ene-01	93.13	0.00	0.57	0.57	0.19	0.00	0.76	0.19	0.00	1.15	1.72	0.38	0.38	0.00	0.57	0.00	0.38
Feb-01	89.90	0.00	2.53	0.45	0.30	0.00	0.45	0.00	0.00	1.19	2.67	0.74	0.45	0.00	0.74	0.59	0.00
Mar-01	91.43	0.57	1.14	1.52	0.76	0.00	0.38	0.19	0.00	0.76	0.95	0.57	0.38	0.00	0.95	0.00	0.38
Abr-01	96.10	0.00	0.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.40	0.00	0.81	0.27	0.00	0.00	0.00	1.75	0.00	0.13
May-01	95.28	0.09	0.36	0.36	0.45	0.00	0.18	0.09	0.00	0.73	0.64	0.36	0.45	0.00	1.00	0.00	0.00
Liquique																	
Abr-00	86.49	0.15	0.15	0.30	0.00	0.46	0.15	0.00	0.00	0.00	2.12	0.00	0.00	0.00	10.02	0.00	0.15
May-00	96.30	0.31	0.74	0.05	0.01	0.31	0.04	0.17	0.00	0.04	1.75	0.13	0.00	0.00	0.04	0.00	0.09
Jun-00	96.94	0.56	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.43	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.06	1.86	0.00	0.00
Jul-00	95.95	0.69	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	1.98	0.10	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.79
Ago-00	93.55	1.37	0.29	0.21	0.15	0.04	0.22	0.14	0.00	2.38	0.07	0.00	0.29	0.00	0.72	0.00	0.58
Sep-00	87.97	3.22	0.80	0.47	0.02	0.02	0.80	0.27	0.00	3.49	0.00	0.00	1.07	0.00	1.88	0.00	0.00
Oct-00	79.59	1.02	1.69	0.07	0.01	0.01	0.85	0.51	0.00	0.68	0.85	0.34	1.02	0.85	3.89	0.68	7.96
Nov-00	65.44	0.40	1.78	16.30	0.21	0.01	0.59	0.40	0.00	1.59	4.16	0.99	0.59	0.00	2.18	0.99	5.35
Dic-00	88.56	0.00	1.50	0.07	0.00	0.00	0.33	0.17	0.00	0.67	4.51	0.84	0.67	0.33	0.50	0.50	1.34
Ene-01	94.22	0.45	0.89	0.08	0.35	0.00	0.45	0.00	0.00	0.59	1.63	0.45	0.15	0.00	0.30	0.45	0.45
Feb-01	87.36	0.10	1.18	0.06	0.00	0.02	0.20	0.00	0.00	0.20	8.34	1.57	0.29	0.00	0.29	0.39	0.00
Mar-01	66.14	1.06	2.85	0.00	0.00	0.00	2.12	9.52	0.00	5.82	4.23	1.59	3.70	0.00	3.17	0.00	0.00
Abr-01	80.09	0.61	0.15	0.00	0.00	0.00	0.30	1.06	0.00	13.98	0.61	0.61	0.15	0.00	1.37	0.00	1.06
May-01	89.11	0.23	0.99	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	1.29	1.07	0.15	0.46	0.00	5.94	0.15	0.38	1.06
Mejillones																	
Abr-00	90.00	0.20	0.20	0.98	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	2.16	0.20	0.39	0.00	0.00	4.51	0.00	1.18
May-00	98.97	0.15	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.04	0.13	0.00	0.02	0.34	0.00	0.24
Jun-00	91.32	0.87	0.43	2.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.14	0.00	2.75	0.00	0.72
Jul-00	94.95	0.39	0.00	0.00	0.00	0.97	0.19	0.58	0.00	2.33	0.19	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.19
Ago-00	0.00	10.00	3.00	15.00	0.00	1.00	2.00	1.00	0.00	17.00	3.00	2.00	3.00	0.00	26.00	0.00	17.00
Sep-00	72.24	1.98	4.25	1.70	0.57	0.28	1.13	0.57	0.00	3.97	10.20	0.85	0.57	0.00	1.70	0.00	0.00
Oct-00	89.96	0.00	0.56	0.42	0.00	0.00	0.28	0.28	0.00	1.12	0.42	0.28	0.42	0.00	2.37	0.00	3.91
Nov-00	81.87	0.19	1.95	0.78	0.19	0.19	0.78	0.39	0.00	1.36	3.51	1.75	0.78	0.39	1.56	0.00	4.29
Dic-00	92.68	0.00	0.35	1.45	0.00	0.00	0.21	0.14	0.00	0.21	0.90	1.17	0.21	0.14	0.28	0.14	2.14
Ene-01	84.75	0.24	1.94	0.97	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.73	1.21	0.48	0.24	0.00	3.87	0.00	5.08
Feb-01	38.77	0.53	1.34	0.53	0.00	0.00	0.53	0.27	0.00	1.60	54.01	0.80	0.53	0.00	1.07	0.00	0.00
Mar-01	90.43	0.26	1.05	0.92	0.00	0.00	0.39	0.26	0.00	0.79	3.80	0.79	0.26	0.00	1.05	0.00	0.00
Abr-01	97.35	0.00	0.11	0.28	0.28	0.00	0.06	0.34	0.00	0.06	0.51	0.11	0.00	0.00	0.17	0.00	0.73
May-01	91.85	0.45	0.61	0.84	0.17	0.22	0.11	0.06	0.00	0.67	0.28	0.17	0.50	0.00	2.35	0.00	1.73

Tabla N° 28 Biomasa promedio y rangos del zooplancton por cruceo 1999/2001.

	MOBIO-9902	MOBIO-9905	MOBIO-9909	MOBIO-9912	MOBIO-0002	MOBIO-0005	MOBIO-0009	MOBIO-0012	MOBIO-0102
N	49	58	50	41	47	59	47	47	47
Mínimo	54	44	54	93	66	86	24	38	84
Máximo	1268	1495	701	6622	1933	886	354	955	726
Promedio	270	203	254	621	374	326	139	256	304
Sd	223.6	201.1	132	1052.2	359.0	180.5	79.2	163.73	130.09
CV(%)	0.83	0.99	0.52	1.69	0.96	0.55	0.57	0.64	0.43